جمهورية العراق

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة ديالى

كلية التربية للعلوم الانسانية

وقائع المؤتمر التخصصي الدولي العشرون

لكلية التربية للعلوم الإنسانية

بمناسبة اليوم العالمي للمياه 2026

تحت شعار

مياهنا المستعادة .... نحو دورة مائية مستدامة

للمدة من 30-31 اذار – مارس 2026







اهداف المؤتمر

1- رفع الوعي بأهمية المياه المستعادة كمورد استراتيجي مستدام

2- تعزيز الاطر التشريعية والسياسات الوطنية لمعالجة واعادة استخدام مياه الصرف الصحي

3- ربط اعادة استخدام المياه بمسارات التنمية المستدامة والعدالة الاجتماعية وحماية البيئة

4- تحفيز التعاون الدولي والاقليمي بين الحكومات والمؤسسات البحثية والقطاع الخاص لتوسيع نطاق استخدام المياه المستعادة

5-ارساء مؤشرات واضحة لرصد التقدم في مشاريع المياه المستعادة وتقييم اثرها البيئي

محاور المؤتمر

- **عناوين المحاور باللغة العربية :**
- المحور الأول: استدامة المياه
- **المحور الثاني**: المياه والتغير المناخي
- **المحور الثالث**- التكنلوجيا والذكاء الاصطناعي في خدمة المياه
- **المحور الرابع**: المياه والاقتصاد الدائري
- **المحور الخامس**: العدالة المائية والمساواة الاجتماعية
- **المحور السادس** :دبلوماسية المياه كأداة للتعاون الدولي
- **المحور السابع : المحور البيئي**
- **عناوين المحاور باللغة الانكليزية:**
- **Axis 1: Water Sustainability-**
- **Axis 2: Water and Climate Change-**
- **Axis 3: Technology and Artificial Intelligence in Water Management-**
- **Axis 4: Water and the Circular Economy-**
- **Axis 5: Water Justice and Social Equality-**
- **Axis 6: Water Diplomacy as a Tool for International Cooperation-**
- **Axis 7: Environmental Axis**



اللجنة العلمية

ت	الاسم	المنصب	الجامعة
1	أ.د.تنزيه مجيد حميد	رئيساً	ديالى
2	أ.د.محمد يوسف حاجم	عضواً	ديالى
3	أ.د.خلود علي هادي	عضواً	ديالى
4	أ.د. فراس عبدالجبار عبدالله	عضواً	ديالى
5	أ.د. هالة محمد سعيد	عضواً	ديالى
6	أ.د. اسراء هيثم احمد	عضواً	ديالى
7	أ.د ازهار سلمان هادي	عضواً	ديالى
8	ا.د مي ثامر رجب	عضواً	ديالى
9	أ.د رجاء خليل احمد	عضواً	ديالى
10	أ.د نسرين هادي رشيد	عضواً	ديالى
11	أ.د وسام وهيب مهدي	عضواً	ديالى
12	أ.د حسين عبد المجيد حميد	عضواً	ديالى
13	أ.د محمد الخزامي محمد عزيز	عضواً	الفيوم
14	أ.د احمد محمد حسين القناوي	عضواً	المنصورة
15	أ.د ريان غازي ذنون	عضواً	الموصل
16	أ.د رقية احمد محمد امين	عضواً	العراقية
17	أ.د سرحان نعيم طشطوش	عضواً	المثنى
18	أ.د احمد عبد الستار جابر	عضواً	المستنصرية
19	أ.د رحيم حميد العبدان	عضواً	ذي قار
20	أ.د محمد عبد الوهاب الاسدي	عضواً	البصرة
21	أ.م.د رشيد سعدون محمد	عضواً	ديالى
22	أ.م.د عمر عبد الله القصاب	عضواً	الموصل
23	أ.م.د اياد عايد والي	عضواً	القادسية
24	أ.م.د نهلة عباس محمد حامد	عضواً	حائل
25	أ.م.د ساكار بهاء الدين المدرس	عضواً	صلاح الدين
26	أ.م.د امير محمد خلف	عضواً	الانبار
27	أ.م د امنة جبار مطر	عضواً	الانبار

اللجنة التنظيمية للمؤتمر

ت	الاسم	منصب	الجامعة
-1	أ.د عبد الامير احمد عبد الله	رئيساً	ديالى
-2	أ.م.د وسام متعب محمد	عضواً	ديالى
-3	أ.م.د ياسر محمد عبد	عضواً	ديالى
-4	أ.م.د طلال منيهل كريم	عضواً	ديالى
-5	أ.م.د ذكرى عادل محمود	عضواً	ديالى
-6	أ.م.د سهاد شلاش خلف	عضواً	ديالى
-7	أ.م.د مروة سالم محمد	عضواً	ديالى
-8	م.د حسام نجم الدين عبد	عضواً	ديالى
-9	م.د هشام توفيق جميل	عضواً	ديالى
-10	د ياسر فخري صبري	عضواً	ديالى
-11	م.د نبراس سعدون مطشر	عضواً	ديالى
-12	م.د خالد نعمان محمد	عضواً	ديالى
-13	م.د نور رشيد حميد	عضواً	ديالى
-14	م.د عواطف تحسين احمد	عضواً	ديالى
-15	م.د لميس سعد حميد	عضواً	ديالى
-16	م.د علي عبد الكريم صالح	عضواً	ديالى
-17	م.د علي شعلان حسين خضير	عضواً	ديالى
-18	أ.م باسم نجم الدين عبد	عضواً	ديالى
-19	م.م يونس مهدي صالح	عضواً	ديالى
-20	م.م ديار طاهر ياسين	عضواً	ديالى
-21	م.م نور حسن علي	عضواً	ديالى
-22	م.م حسين كنعان غايب	عضوا	ديالى

لجنة الاستقبال

ت	الاسم	منصب	الجامعة
-1	م.م. سهى سالم علي	رئيساً	ديالى
-2	م.م. مروج هاشم كامل	عضواً	ديالى
-3	م.م. حسين كنعان غائب	عضواً	ديالى
-4	م.م. ضياء مدلول فرج	عضواً	ديالى
-5	م.م.احمد طلال اكرم	عضواً	ديالى
-6	م.م. نزار محمود محمد	عضواً	ديالى
-7	م.م.نوارس عبد المنعم عبدالله	عضواً	ديالى
-8	م.م. عمر غافل حجي	عضواً	ديالى
-9	م.م.رغدة شمران امانة	عضواً	ديالى
-10	م.م. ياسمين حافظ علي	عضواً	ديالى
-11	م.م. نهضة سلمان ابراهيم	عضواً	ديالى

لجنة الاعلام

ت	الاسم	منصب	الجامعة
-1	م.د.مروان عبد ابراهيم	رئيساً	ديالى
-2	م.د.فيصل عبد حمود	عضواً	ديالى
-3	جاسم حسين ابراهيم	عضواً	ديالى
-4	احمد رياض علي	عضواً	ديالى

سكرتارية المؤتمر

ت	الاسم	منصب	الجامعة
-1	م.د. سيف عبد منديل	رئيساً	ديالى
-2	م.م.زينب يونس مجول	عضواً	ديالى
-3	م.م.نهلة واثق محمود	عضواً	ديالى
-4	زيدون انور عبد الكريم	عضواً	ديالى
-5	زينب سهد فرحان	عضواً	ديالى

المؤتمر العلمي التخصصي الدولي العشرون ،بمناسبة اليوم العالمي للمياه للمدة من 30-31 مارس 2026 تحت شعار (مياهنا المستعادة ...نحو دورة مائية مستدامة)

التسلسل	اسماء الباحثين	عنوان الورقة	الصفحة
1	حسين علي رشيد المزوري فراس حسن سلمان	تقييم دقة بيانات درجات الحرارة المُقاسة بالأقمار الصناعية مقارنة ببيانات المحطات الأرضية: دراسة حالة لمحافظة دهوك، شمال العراق	1-12
2	م.مقداد هادي خضير م. حسين احمد ذياب م.خليل سعد علي	تطوير نموذج تخطيطي حضري لتفعيل الاقتصاد الدائري في ادارة أنظمة المياه الحضرية: دراسة تحليلية تطبيقية للتصميم الاساسِ لمقتربات طريق دورة–يوسفية	13-30
3	ا.د احمد محمد جهاد الكبيسي[1] ا.د كمال صالح كزكوز العاني [2]	ستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي عبر مستكشف (Copernicus) لتحليل خرائط المؤشرات الزراعية في ريف قضاء هيت	31-39
4	م. د. ياسر لفته حسين	التحليل الجغرافي– الإحصائي لصناعة تعبئة المياه في مدينة تكريت	40-53
5	ميمونة الإمام محمد عالي المختار	الماء والاستدامة في موريتانيا، المصادر، المشاكل، طرق الترشيد	54-65
6	ماجد صدام سالم حسام صاحب ال طعمه	النمذجة المكانية للعلاقة بين الاستخدام المائي والضغط السكاني وأثرهما في زيادة الفجوة التنموية في العراق	66-77
7	duraidmajeed mutarShurooq LaftaAbbas' SajaNafea Yousif' Lina Majeed Matar Saleh [4,] Muna Abdulnabi Abbas	Qualitative Characteristics of Lake Habbaniya and its Impact on Agricultural Production in the City of Ramadi	78-89
8	نهلة عباس محمد حامد	التحليل المكاني لتقييم الكفاءة المكانية لشبكة توزيع المياه في مدينة حائل باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS)	90-95
9	اللواء الركن الدكتور خالد عبد الغفار البياتي	ياه والتغير المناخي وأثره على الأمن القومي العراقي رؤية استراتيجية لمواجهة حديات المائية في إطار الأمن القومي	96-106
10	أ.د.سرحان نعيم الخفاجي أ.م.د.رشيد سعدون محمد	العجز المائي و الجفاف واثره في انخفاض مناسيب المياه الجوفية في بادية محافظة المثنى	107-119
11	ا.م.د حربية شيرزا عزيز د مروه محمد جوده	الأمن المائي غير التقليدي في العراق بين الندرة وإدارة الطلب والاستدامة المستقبلية في ظل التغيرات المناخية	120-128
12	ا.م.د.ياسر محمد عبد	تاثير عمليات الارواء بمياه الصرف الزراعي على تربة منطقة بلدروز (دراسة جيومورفولوجية)	129-138
13	ليلى علي عبد	تقدير الاحتياجات المائية لقطاع الثروة الحيوانية في محافظة كركوك للمدة (2015 – 2025) م	139-154
14	أ.د. عدنان عودة فليح الطائي سحر مجهول هارون كاظم	العجز المائي المناخي كمؤشر للجفاف في المناطق الصحراوية دراسة حالة قضاء السلمان للفترة(1990-2023)	155-164
15	م.م مروة علي حسون م.م حنين حارث احمد [2]	تقدير تعرية التربة باستخدام معادلة (RUSLE) في حوض وادي بنكك في دهوك شمال العراق باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS)	165-172
16	م.د. زينب عبد الحسين	قياس نسب العناصر الضارة بصحة السكان لقناني مياه الشرب المعبأة في مدينة	173-183

	م.د. مريم عبد الهادي	بغداد:مقارنة مع النسب العالمية والعراقية	
17	سفير جاسم حسين عذراء حسين ثامر خمائل جميل حمود	تباين تراكيز بعض العناصر الثقيلة في المياه السطحية في قضاء الرميثة ومدى صلاحيتها لأغراض الشرب والري	184-192
18	أ.د مي ثامر رجب، أ.د خلود علي هادي أ.م.د ذكرى عادل	تحليل مكاني لمياه محطات الصرف الصحي وتأثيرها على مياه نهر دجلة في مدينة بغداد	193-201
19	ا.م. د. طلال منيهل كريم م.م. نزار محمود محمد	أثر التخطيط التنموي (مشاريع الري والبزل) على قابلية الأراضي الزراعية في ناحية بني سعد باستخدام التقنيات الجيومكانية	202-208
20	م.د علي شعلان حسين خضير	المعايرة والتحقق لنموذج(HEC-HMS)في تقدير الجريان السطحي لحوض(نارين جاي).	209-220
21	م. حازم سلمان مجيد أ.د. إعياد عبد الرضا	دور إنترنت الأشياء في تطوير واستدامة شبكات المياه	221-226
22	شهد احمد حسن	النمذجة المكانية لاحتمالية توطن المياه الجوفية في ناحية العظيم باستخدام تقنيات GISو AHP	227-235
23	*Ruqaya Ahmed Amin[1], Radwan J. El-Kelani [2], Dilveen Jafaar Mohamed Balsam Shaker Shneshil*	Snow Cover Spatial Non-Stationarity Modeling Using Hexagonal Grids and GWR: Jabal Shirin, Northern Iraq	236-260
24	حمزه عبد الرحمن تنزيه مجيد حميد	تقييم الملاءمة المكانية لمشاريع الغابات الاصطناعية في محافظة ديالى بإستخدام أسلوب التحليل الهرمي (AHP)	261-280
25	تغريد رامز هاشم العذاري	امن العراق المائي بين تحديات الجوار والسياسات الإقليمية	281-292
26	محمد شاكر حميد هادي فدايي	نمذجة ديناميكيات نسبة الغطاء السحابي وعلاقاتها الهيدرولوجية في جنوب غرب إيران بالاعتماد على بيانات الاستشعار عن بُعد متعددة المصادر وتقنيات الذكاء الاصطناعي الجغرافي(GeoAI)	293-303
27	م. د فاطمة هادي عناد	ازمة المياه في محافظة ذي قار وتداعياتها البيئية	304-319
28	Abdulameer Ahmed Abdullah 1, Basim Najim AL-Din Abed 2, Tanzeeh Majeed Hameed 3, Khalid Nueman Muhamad 4, Yazan Jaradat 5,	ntegrating Artificial Intelligence Models with GIS for Predicting Drought and Water Degradation in Diyala Governorate	320-332
29	Basim Najim AL-Din Abed 1, Abdulameer Ahmed Abdullah 2، Hussein Abd ALmajeed Hameed 3 Firas Abd UL-Jabbar Abdullah 3، Khalid Nueman Muhamad	Design and Implementation of a Smart Geo-Analytic Cyber Early Warning System for Predicting and Mapping Cyber Threats in Iraq	333-359
30	First Author1, Awatif T. Ahmed , Second Author 1, Hala Muhammed S Majeed, Third Author 1, Basim Najim AL-Din Abed	Landscape Change in the Middle Diyala River Basin (Multi-Decadal Geospatial, Machine-Learning, and Explainable-AI Analysis)	360 - 374

تقييم دقة بيانات درجات الحرارة المُقاسة بالأقمار الصناعية مقارنةً ببيانات المحطات الأرضية: دراسة حالة لمحافظة دهوك، شمال العراق

فراس حسن سلمان **حسين علي رشيد المزوري**

Hussein.alzoury@uomosul.edu.iqfiras.alzebari@gmail.com

[1] المديرية العامة لتربية محافظة نينوى/ قسم تربية دهوك

[2] قسم الجغرافية ، كلية التربية للعلوم الإنسانية ، جامعة الموصل ، نينوى، العراق

الملخص

يهدف البحث الى تقييم دقة و موثوقية بيانات درجات الحرارة السطحية المستمدة من قاعدة البيانات الشبكية العالمية التابعة لوكالة ناسا (NASA-POWER) ومقارنتها بالبيانات المرصودة فعليا في ثماني محطات رصد ارضية في محافظة دهوك ، الواقعة شمال العراق وللتفرة الممتدة من (2018-2022)وبرزت اهمية الدراسة في التحقق حول كفاءة هذه البيانات كبديل للمحطات الارضية في المناطق ذات التضاريس الجبلية المعقدة. اعتمد البحث على المنهج التحليلي الكمي والاساليب الكارتوجرافية والاحصائية، متضمنا مؤشرات الانحياز المتوسط(MBE) ، والجذر التربيعي لمتوسط مربع الخطا (RMSE) ، ومعاملات الارتباط لتحليل درجات الحرارة العظمى والصغرى والمدى الحراري السنوي .

اظهرت النتائج وجود ارتباط زمني قوي جدا ($R > 0.96$) بين كل من المصدرين، مما يؤكد كفاءة بيانات (POWER) في تمثيل النمط الزمني العام للتغيرات الحرارية. رغم ذلك كشفت الدراسة عن وجود انحياز منهجي مزدوج حيث تبالغ القاعدة في تقدير درجات الحرارة العظمى بانحياز موجب يصل الى (7.08 درجة مئوية)، وفي المقابل تقلل من تقدير درجات الحرارة الصغرى بانحياز سالب وصل الى (9.57- درجة مئوية)، مما ادى الى تضخيم غير واقعي للمدى الحراري السنوي. كما لوحظ ان قيم الاخطاء(RMSE) ترتفع بشكل ملحوظ في المحطات الجبلية المرتفعة (كالعمادية وبامرني)، وتزداد حدة في درجات الحرارة الصغرى خلال فصلي الشتاء والخريف لقصور النمذجة في تمثيل التبريد الليلي. في النهاية توصل الباحثان الى انه لا يمكن الاعتماد على القيم المطلقة لبيانات NASA-POWER مباشرة في الدراسات المناخية الدقيقة دون اجراء تصحيح احصائي للانحياز (Bias Correction) المسبق .

الكلمات المفتاحية:

قاعدة بياناتNASA-POWER ، درجات الحرارة السطحية، المحطات الأرضية، تصحيح الانحياز، محافظة دهوك

1- المقدمة

تعد مشكلة الحصول على بيانات العناصر المناخية بدقة زمانية ومكانية كافية من أبرز التحديات التي تواجه الباحثين في دراسات الغلاف الجوي عمومًا والمناخ خصوصًا، وذلك بسبب صعوبة الإجراءات المادية والإدارية للحصول على سجلات المحطات، والتوزيع غير المتكافئ لمحطات الأرصاد، وتوقف عدد منها لفترات زمنية مختلفة. وقد حدّت هذه المعوقات من إمكانية الاعتماد على سجلات المحطات الأرضية وحدها في الدراسات المناخية المتعمقة.في المقابل، أسهمت قواعد البيانات المناخية التي توفرها التقنيات الحديثة في تزويد الباحثين ببيانات منتظمة ودورية، تغطي مساحات واسعة من سطح الأرض، بما في ذلك المناطق التي تفتقر إلى محطات رصد، مما ساعد في تتبع التباينات المكانية والزمانية للظواهر الجوية، وجعل هذه القواعد منافسًا ومكملًا مهمًا للقياسات الحقلية التقليدية، خاصة في الدول التي تعاني من قلة المحطات أو ضعف دقة توزيعها. (هشام ،2020)

1. **اهمية الدراسة :**

تتمثل أهمية الدراسة في تقييم كفاءة وموثوقية بيانات NASA-POWER بوصفها بديلاً رقمياً للمحطات الأرضية، ولاسيما في المناطق الجبلية ذات التضاريس المعقدة مثل محافظة دهوك. كما تسهم في معالجة مشكلة ندرة البيانات المناخية الناتجة عن ضعف توزيع محطات الرصد أو تعطلها، من خلال توفير مصدر بيانات منتظم وواسع التغطية.وتبرز أهميتها أيضاً في دعم الدراسات المناخية والبيئية والزراعية التطبيقية عند غياب البيانات الميدانية، فضلاً عن تمهيد الطريق للاعتماد على هذه القواعد الرقمية في أبحاث التغير المناخي وتحليل اتجاهاته المستقبلية

2. **مشكلة الدراسة :**

تتمثل مشكلة البحث في التساؤل الرئيس التالي: "ما مدى كفاءة وموثوقية بيانات NASA-POWER في تمثيل درجات الحرارة السطحية (العظمى والصغرى) في محافظة دهوك مقارنة ببيانات المحطات الأرضية؟".وينبثق عن هذا السؤال التساؤلان الفرعيان الآتيان: كيف تؤثر التباينات التضاريسية والارتفاعات في المناطق الجبلية الوعرة بمحافظة دهوك على دقة هذه البيانات ومقدار الخطأ المسجل فيها؟. وإلى أي مدى تنجح قاعدة بيانات NASA-POWER في تمثيل النمط الزمني العام للتغيرات الحرارية، وهل يمكن الاعتماد على قيمها المطلقة في الدراسات المناخية الدقيقة دون إجراء تصحيح إحصائي للانحياز (BiasCorrection)؟.

3. **فرضية الدراسة :**

لحل مشكلة الدراسة، تم وضع فرضيتين مركزتين تعكسان جوهر البحث ونتائجه: توجد علاقة ارتباط طردية قوية ذات دلالة إحصائية بين بيانات قاعدة POWER والمحطات الأرضية في رصد درجات الحرارة العظمى، مع وجود ميل عام للقاعدة نحو المبالغة في تقدير القيم المطلقة مقارنة بالواقع الميداني. تنخفض كفاءة وموثوقية بيانات قاعدة POWER في رصد درجات الحرارة الصغرى والمدى الحراري السنوي في المناطق الجبلية الوعرة بمحافظة دهوك، مما يؤدي إلى انحياز سالب (تقليل القيم) يزداد مع زيادة الارتفاع عن سطح البحر.

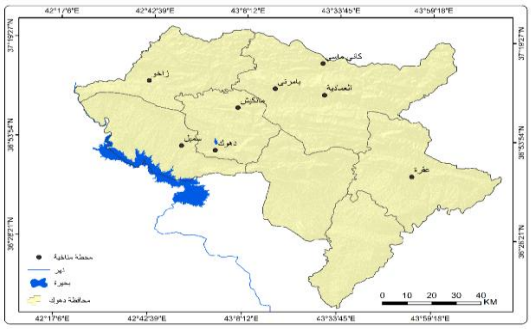
4. **اهداف الدراسة :**

تهدف هذه الدراسة بالأساس إلى تسليط الضوء على دقة مطابقة ومصداقية البيانات المناخية الخاصة بدرجة الحرارة السطحية التي تتيحها قاعدة البيانات الشبكية (POWER) Dataset التابعة لوكالة ناسا لعلوم الفضاء، ومدى صلاحية هذه البيانات في الاعتماد عليها في إجراء دراسات مناخية ومتيورولوجية متعمقة مثل دراسات التغير المناخي.

5. **منهج الدراسة :**

اعتمد البحث على المنهج التحليلي الكمي من خلال التحليل المنظم لدرجات الحرارة ومنهج التحليلي الذي يمكن من خلاله تبويب البيانات ومعالجتها وإخراجها بما ينسجم مع متطلبات الدراسة. كما واعتمد البحث في تقييم دقة بيانات NASA-POWER على الفترة الممتدة من 2018 إلى 2022 لضمان توافر سجلات مناخية حديثة ومستمرة تتزامن مع نصب المحطات الأوتوماتيكية المتطورة التابعة لمنظمة (FAO) في المنطقة والنسخ التقنية الأخيرة من قاعدة البيانات العالمية .وقد تمت المعالجة التحليلية من خلال تحويل القراءات اليومية المستمرة لمحطات الرصد الجوي إلى متوسطات شهرية، ومن ثم إلى معدلات زمنية تمكّن من تشخيص التباينات الحرارية في كل محطة .كما تم قياس الدقة عبر أربعة معايير إحصائية دقيقة شملت :الانحياز المتوسط لتحديد اتجاه الخطأ المنهجي سواء بالمبالغة أو التقليل في تقدير

الشكل (2) التوزيع الجغرافية للمحطات المناخية



المصدر من عمل الباحثين اعتمادا على: حكومة إقليم كردستان العراق، وزارة النقل والمواصلات، مديرية الانواء الجوية والرصد الزلزالي / دهوك قسم إحصاء وتقارير، سجلات غير منشورة (2020). و برنامج ArcMap v 10.8

الجدول (1) خصائص المحطات المناخية في منطقة الدراسة

ت	المحطة	دائرة العرض	خط طول	الارتفاع (م)
1	دهوك	36.850459	43.001001	569
2	زاخو	37.144721	42.692077	444
3	عقرة	36.746979	43.896562	636
4	العمادية	37.094	43.493524	1195
5	سميل	36.860688	42.865728	456
6	كاني ماسي	37.23041	43.436237	1340
7	بامرني	37.119119	43.268794	1211
8	مانكيش	37.035224	43.100114	945

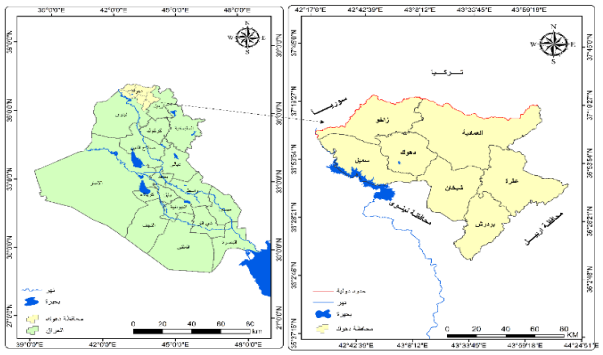
المصدر من عمل الباحثين اعتمادا على: حكومة إقليم كردستان العراق، وزارة النقل والمواصلات، مديرية

القيم المطلقة ، وجذر متوسط مربع الخطأ (RMSE) لقياس حجم الانحراف الفعلي وتأثير الأخطاء الكبيرة خاصة في المناطق المعقدة تضاريسياً ، بالإضافة إلى معامل ارتباط بيرسون (R) ومعامل التحديد (R2) لتقييم مدى نجاح البيانات الفضائية في تمثيل النمط الزمني العام للتغيرات الحرارية المرصودة ميدانياً.

6. حدود منطقة الدراسة :

تقع منطقة البحث ضمن المنطقة الجبلية والشبه الجبلية في شمال غرب العراق ينظر الشكل رقم (1)، تحدها من الشمال الجمهورية التركية ومن الغرب الجمهورية العربية السورية ومن الشرق محافظة اربيل ومن الجنوب محافظة نينوى ، اما فلكيا فتقع المنطقة بين دائرتي عرض (36° 8 '12 "N) و (37° 22' 17 "N) وخطي طول (42° 20' 42 "E) و (42° 22' 42 "E).

الشكل (1) موقع محافظة دهوك



المحطات المناخية المعتمدة في منطقة الدراسة

تم الاعتماد في هذه الدراسة على ثماني محطات مناخية موزَّعة جغرافيًا داخل محافظة دهوك والمحطات هي:محطة زاخو، سميل، دهوك، بامرني، العمادية، أكرى، كاني ماسي، مانكيش. تتباين هذه المحطات بيئاتها التضاريسية بين مناطق جبلية وسهلية، الأمر الذي ينعكس على قيم العناصر المناخية المسجلة فيها. وقد استُخدمت بيانات هذه المحطات لوصف مناخ محافظة دهوك والكشف عن التباينات المكانية في عناصره. (Al-Hussein et al., 2024) . ينظر للجدول (1) والشكل (2).

الجدول (2) توزيع المعدلات السنوية لدرجة الحرارة العظمي في محطات الأرصاد الجوية في محافظة دهوك في الفترة (2018 – 2022)

المحطة	معدل فصل الشتاء	معدل فصل الربيع	معدل فصل الصيف	معدل فصل الخريف	المعدل السنوي
دهوك	13.99	24.5	40.08	29.32	26.97
زاخو	14.76	24.99	41.26	30.28	27.82
عقرة	13.53	24.26	40.56	29.5	26.96
العمادية	8.512	20.44	37.33	25.75	23.01
سميل	16.32	25.46	41.43	28.04	27.81
كاني ماسي	13.9	24.19	40.35	28.48	26.73
بامرني	10.28	20.88	35.8	25.74	23.17
مانكيش	10.89	21.07	36.31	26.38	23.66

المصدر: عمل الباحثين بالاعتماد على: وزارة النقل والمواصلات، دائرة الانواء الجوية والرصد الزلزالي، قسم المناخ، بغداد ، بيانات غير منشورة ، 2022

أما بالنسبة لخط الحرارة المتساوي (27)^{o} فنرصد تباينا بين الخريطتين؛ ففي الخريطة المتعلقة بمحطات الأرصاد التقليدية؛ يمر هذا الخط بمدينة زاخو ليشملها بكاملها؛ ، أما في الخريطة الممثلة لبيانات قاعدة الانواء الجوية والرصد الزلزالي / دهوك قسم إحصاء وتقارير، سجلات غير منشورة (2020) .

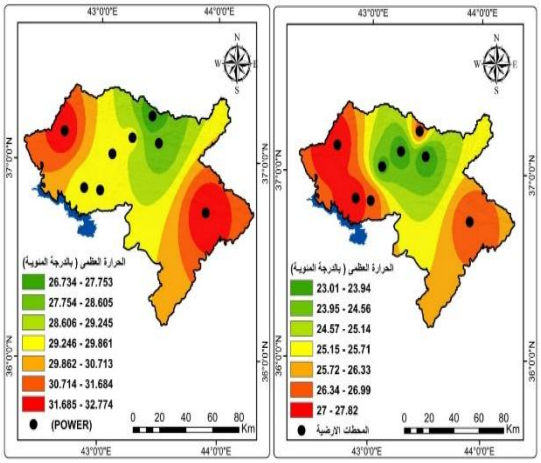
7. المناقشة والنتائج :

يعد تقييم كفاءة قاعدة البيانات المناخية Dataset (POWER)أمراً مهما للوقوف علي مدي صلاحيتها في الاعتماد علي بياناتها في التطبيقات المختلفة، أو استخدامها كمصدر مكمل لبيانات الرصد الأرضي، ويمكن تقييم ذلك من خلال تطبيق بعض الأساليب الكرتوجرافية والإحصائية لمقارنتها ببيانات الامطار المرصودة بواسطة محطات الأرصاد الجوية التقليدية.

اولا : تقييم كفاءة درجة الحرارة العظمى 2018 – 2022 :

تعتبر درجة الحرارة العظمى ذات أهمية كبيرة؛ لأنها تعبر عن اعلى ما وصل اليها درجات الحرارة في اليوم ولها اهمية خاصة في فصل الشتاء ؛ لأنها تساعد على التخفيف من الساعات الطويلة لبرودة الهواء اثناء ليالي وصباح الشتاء (الدزيى، 2013). يوضح الجدول (2) و (3) والشكل (3) و (4) توزيع المعدلات السنوية والفصلية لدرجة الحرارة العظمى في محطات الأرصاد الجوية المختارة ، والنقاط المختارة بقاعدة البيانات Dataset (POWER) ، ويلاحظ ايضا ان المعدلات السنوية لدرجات الحرارة العظمي تتزايد في القاعدتين أيضا في توزيع الحرارة العظمي في قضاء زاخو وبردةرش، مع وجود بعض الاختلافات في التوزيع في الخريطتين ، ففي الخريطة المتعلقة بالمحطات الأرضية تركز كلا الخريطتين بالاتجاه من الشمال والوسط إلي الغرب والشرق، كما ونجد أن خط الحرارة المتساوي (26)^{o} يمتد في شمال قضاء العمادية في محطة Dataset (POWER) ، بينما نجد تمركز نفس خط الحراري بالنسبة للمحطات الأرضية في قضاء بردةرش،

الشكل (3) توزيع المعدلات السنوية لدرجة الحرارة العظمي في محطات الرصد الجوي والنقاط المختارة بقاعدة بيانات POWER في محافظة دهوك في الفترة (2022 – 2018)



المصدر: اعتمادا على الجدول (2-3) واستخدام برنامج Arc Gis10.8

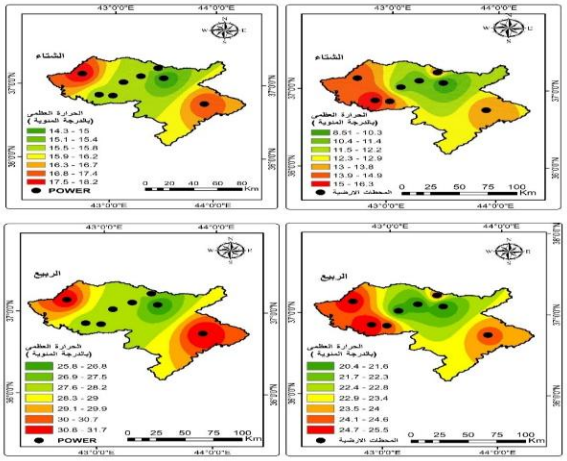
أما بالنسبة لمدي التشابه والاختلاف في التوزيع الجغرافي لبيانات درجة الحرارة العظمي علي مستوي فصول السنة في قاعدتي البيانات محل المقارنة، فمن تحليل الشكل (4) يتبين أن الخرائط المتعلقة بتوزيع درجة الحرارة العظمي في فصل الربيع في قاعدتي البيانات محل الدراسة تعد الأكثر تبايناً فخط الحرارة العظمي المتساوي (25) ^{o} يمر بمدينة زاخو في قاعدة البيانات الأرضية، بينما نفس الخط يمر عند مدينة العمادية في محطة Dataset (POWER) ، كما تتباين قاعدتي البيانات في توزيع درجة الحرارة العظمي بالأجزاء الوسطى والجنوبية من دهوك، ويشمل ذلك قضاء دهوك وسميل وعقرة.

وفي فصل الشتاء يتضح من تحليل الشكل (4) أن القاعدتين المدروستين تختلفان في مرور خط الحرارة العظمى المتساوي (14) ^{o} فنجد بان هذا الخط بالنسبة لقاعدة البيانات الأرضية يمر عند مدينة زاخو واطرافها الجنوبية، بينما يمر نفس الخط بأطراف مدينة العمادية بالنسبة لمحطات Dataset (POWER) ؛ بينما تتشابهة نوعا ما في امتداد خط بيانات Dataset (POWER) ، فإن نفس الخط ينحسر شمالاً ليمر بكاني مازي، وهناك تباين ايضا توزيع باقي الخطوط المتساوية كلا القاعدتين.

الجدول (3) توزيع المعدلات السنوية لدرجة الحرارة العظمي في النقاط المختارة بقاعدة بيانات POWER في محافظة دهوك في الفترة (2018 – 2022)

المحطة	معدل فصل الشتاء	معدل فصل الربيع	معدل فصل الصيف	معدل فصل الخريف	المعدل السنوي
دهوك	15.53	27.64	42.27	32.25	29.42
زاخو	18.2	31.67	45.56	35.66	32.77
عقرة	17.15	31.73	45.91	36.05	32.71
العمادية	14.33	25.75	40.96	30.9	27.98
سميل	15.53	27.64	42.27	32.25	29.42
كاني ماسي	15.53	27.64	42.27	32.25	29.42
بامرني	15.53	27.64	42.27	32.25	29.42
مانكيش	15.53	27.64	42.27	32.25	29.42

المصدر: بالاعتماد على البيانات الفضائية لمنطقة الدراسة. بالاعتماد على: https;//power.larc.nasa.gov/data-access-viewer

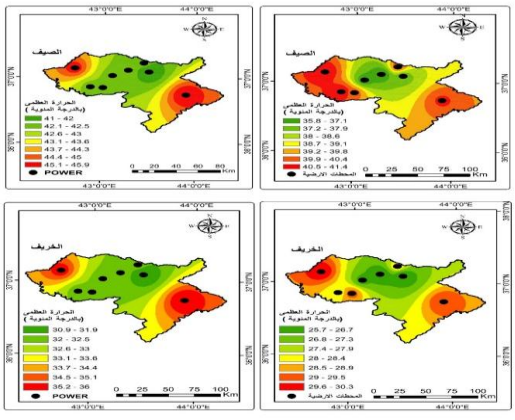


وجود فروقات منهجية واضحة في تقدير درجات الحرارة. إذ يعبّر مؤشر الانحياز المتوسط (MBE) عن متوسط الفرق بين القيم المقدرة والقيم المرصودة، وبالتالي فهو يكشف اتجاه الخطأ، سواء كان النموذج يميل إلى المبالغة أو التقليل. وقد أظهرت قيم MBE السنوية قيماً موجبة في جميع المحطات، تراوحت بين نحو +2.46°C في محطة دهوك وقرابة +7.08°C في محطة بامرني، مما يدل على أن بيانات NASA–POWER تميل بشكل عام إلى المبالغة في تقدير درجات الحرارة العظمى مقارنة بالمشاهدات الحقيقية. وتزداد أهمية هذا المؤشر عند النظر إلى المعدل السنوي لأنه يمثل الانحياز التراكمي طويل الأمد وليس مجرد اختلاف موسمي مؤقت، وهو ما قد يؤثر على التطبيقات المناخية مثل حساب التبخر–نتح أتقييم الإجهاد الحراري.

أما مؤشر الجذر التربيعي لمتوسط مربع الخطأ (RMSE)فهو يقيس دقة النموذج ويعكس حجم الخطأ الفعلي بغض النظر عن اتجاهه، ويُعد من أهم مقاييس الدقة لأنه يضخم تأثير الانحرافات الكبيرة. وقد سجلت المحطات الجبلية مثل بامرني ومانكيش وعقرة أعلى قيم RMSE، وهو ما يعكس تأثير التضاريس والارتفاع وعدم قدرة الشبكة المناخية لـ NASA-POWER على تمثيل التباين المحلي الدقيق في المناطق المعقدة طبوغرافياً. كما أظهرت النتائج الموسمية أن الأخطاء كانت أكبر خلال فصل الربيع والصيف في بعض المحطات، مما قد يرتبط بزيادة التأثيرات الإشعاعية الموسمية وشدة التسخين السطحي خلال هذه الفترات، فضلاً عن عدم تمثيل الخصائص السطحية المحلية (مثل الغطاء الأرضي والانحدار والارتفاع) بشكل كامل ضمن الدقة الشبكية لبيانات POWER. ورغم ذلك، فقد أظهر معامل ارتباط بيرسون قيمة مرتفعة جداً ($R = 0.977$) ومعامل تحديد قوي($R^2 = 0.954$) ، مما يشير إلى أن NASA-POWER قادر على تمثيل النمط الزمني العام للتغيرات الحرارية بدرجة ممتازة، إلا أن وجود

الحرارة المتساوي (16 –17)° ليغطي الاجزار الغربية من المحافظة، كما تختلف الحرارة العظمي في مدينة عقرة والمنطقة المحيطة بها بين القاعدتين بنحو درجة إلي درجتين مئويتين.اما في فصل الصيف فيتضح من الشكل (5) تباين قاعدتي البيانات المدروستين في مرور خط الحرارة العظمي المتساوي (41)° فهذا الخط بالنسبة لمحطات الأرضية نجدها يمر في بقضاء عقرة زاخو وسميل، بينما نجد نفس الخط بالنسبة لمحطات (POWER) Dataset يتركز عند قضاء العمادية، كما تختلف القاعدتين إلى حد كبير في باقي الخطوط. وفي فصل الخريف فيتضح من الشكل (5) تباين قاعدتي البيانات المدروستين في مرور خط الحرارة العظمي المتساوي (30)° يمر الخط بالنسبة لمحطات الأرضية عند مدينة زاخو ، بينما نجد نفس الخط بالنسبة لمحطات (POWER) Dataset يتركز عند قضاء عقرة ومدينة واطراف مدينة زاخو، وفيما يخص باقي الخطوط فانها تختلف حد كبير أيضا بالنسبة لقاعدتين.

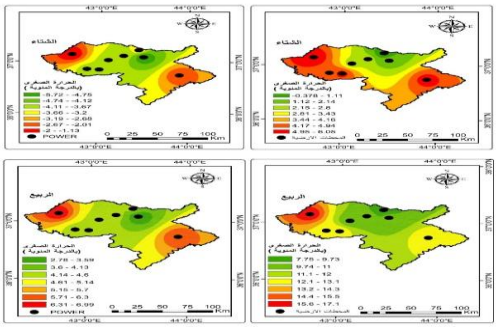
الشكل (5) توزيع معدلات الحرارة العظمي في فصلي الصيف والخريف لمحطات الرصد الجوي والنقاط المختارة بقاعدة بيانات POWER في محافظة دهوك في الفترة (2018 – 2022)



المصدر: اعتمادا على الجدول (2-3) واستخدام برنامج Arc Gis10.8

تشير نتائج التقييم الإحصائي بين بيانات درجات الحرارة العظمى المرصودة في المحطات الأرضية وبيانات NASA–POWER في محافظة دهوك إلى

الشكل (6) توزيع المعدلات السنوية لدرجة الحرارة الصغرى في محطات الرصد الجوي والنقاط المختارة بقاعدة بيانات الفضائية في محافظة دهوك في الفترة (2018 - 2022)



المصدر: اعتمادا على الجدول (5-6) واستخدام برنامج Arc Gis10.8 أما بالنسبة لمدي التشابه والاختلاف في التوزيع الجغرافي لبيانات درجة الحرارة الصغرى في قاعدتي البيانات محل المقارنة علي المستوي الفصلي، فيظهر من تحليل خريطتي توزيع درجات الحرارة الصغرى في فصل الشتاء بالشكل (7) أن قاعدتي البيانات المدروستين تختلفان في بيانات الحرارة الصغرى إلي حد كبير، فنلاحظ ان قيم درجة الحرارة الصغرى في شرق المحافظة بلغت قرابة 4 ^{o} بالنسبة لقاعدة البيانات الارضية، في حين بلغت 2- ^{o} لنفس المنطقة حسب قاعدة البيانات POWER ، كما وتقل قيم درجات الحرارة الصغرى بكل من الخريطتين في الأجزاء الشمالية من المحافظة لكن بدرجات متفاوتة حيث بلغت (1-) ^{o} بالنسبة لقاعدة البيانات الارضية، في حين بلغت 5- ^{o} لنفس المنطقة حسب قاعدة البيانات POWER ، ويتضح بان خطوط الحرارة الصغرى في فصل الشتاء حسب قاعدة البيانات العالمية تتجه دائما نحو السالب.

وفي فصل الربيع يظهر من الشكل (7) أن توزيع خطوط الحرارة الصغرى متباينة بكل من قاعدتي البيانات موضوع المقارنة بهذه الدراسة اكثر اختلافا في هذا الفصل مقارنة بسابقه، حيث يبدو الاختلاف بين خريطتي التوزيع في غرب المحافظة وبالتحديد عند مدينة زاخو، ففي الخريطة الأولي المعتمدة علي بيانات محطات الأرصاد الجوية التقليدية؛ يغطي منطقة زاخو خط الحرارة الصغرى انحياز موجب واضح يستلزم تطبيق إجراءات تصحيح الانحياز (Bias Correction) قبل اعتماد هذه البيانات في الدراسات المحلية الدقيقة أو النمذجة المناخية التفصيلية.

ثانيا-تقييم كفاءة درجة الحرارة الصغرى2018-2022:

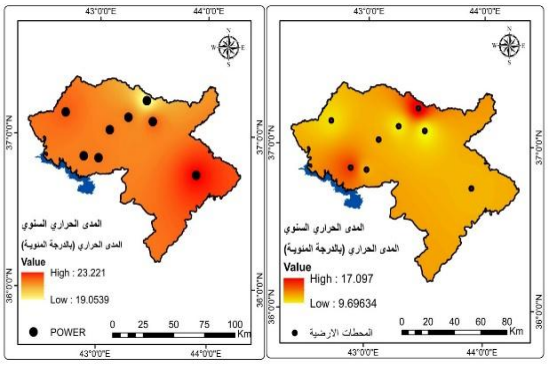
تُعرف درجات الحرارة الصغرى بأنها انعكاس لأوضاع ساعات الليل ويسمى بالدرجات الحرارة الليلية وهي مهمة في الدراسات المناخية خصوصا في دراسة تغير درجات الحرارة وتسجل اقل درجات الحرارة خلال اليوم في الدقائق الاولى من نهار كل يوم اي بعد فقدان سطح الارض لمعظم الحرارة التي اكتسبها أثناء النهار (الدزيى، 2013).توضح الخرائط (6-7-8) توزيع المعدلات السنوية والفصلية لدرجة الحرارة الصغرى في محطات الأرصاد الجوية المختارة؛ وقاعدة البيانات POWER في محافظة دهوك، ومن تحليل هذه الخرائط نلاحظ أن المعدلات السنوية لدرجات الحرارة الصغرى تتناقص في كل من الخريطتين المبينتين بالشكل (6) كلما اتجهنا من الجنو ب نحو الشمال، ويلاحظ أن خط الحرارة المتساوي (9)^{o} في ذات الخريطتين مختلفتين؛ حيث يمتد هذا الخط من كاني مازي باتجاه مدينة العمادية حسب قاعدة البيانات المحطات الارضية، فيما يمتد هذا الخط في الأجزاء المالية الغربية من مدينة زاخو حسب قاعدة البيانات المحطات POWER ، وهناك ثمة اختلافات كبيرة بين البيانات علي الخريطتين؛ ففي الخريطة الخاصة بتوزيع الحرارة الصغرى بالنسبة لمحطات الأرصاد التقليدية سجلت الأجزاء الشرقية من المحافظة قيم لدرجات الحرارة الصغرى (15.4-14.5)^{o} بينما سجلت نفس المنطقة علي الخريطة الممثلة لبيانات قاعدة البيانات التابعة لناسا (POWER) Dataset قيم لدرجة الحرارة الصغرى تتراوح بين (9.59-8.93)^{o} ، وثمة اختلاف آخر بين الخريطتين في باقي الخطوط الحرارة المتساوية.

قيمًا مرتفعة(R=0.96–0.99) ، مما يعني أن NASA–POWERينجح في تمثيل النمط الزمني العام لتغير درجات الحرارة الصغرى، إلا أن الانحياز الكبير يستوجب تطبيق إجراءات تصحيح الانحياز قبل الاعتماد على هذه البيانات في التطبيقات المناخية المحلية الدقيقة.

ثالثا : تقييم كفاءة المدى الحراري2018-2022:

هو الفرق بين أعلى وأدنى درجة حرارة تسجلان خلال فترة زمنية معينة، ويمكن ان يكون هذا المدى إما يوميا أو شهريا أو سنويا. توضح الشكل (9) والجدول (8) توزيع معدلات المدي الحراري السنوي في محطات الأرصاد الجوية التقليدية وقاعدة البيانات المناخية في دهوك، ويلاحظ أن قيم المدي الحراري السنوي تصل إلي أقصاها في الأجزاء الشمالية عند كاني ماسي محسب قاعدة البيانات الارضية؛ بينما نجد ان أقصاها تكون في الأجزاء الشرقية من المحافظة حسب قاعدة البيانات العالمية POWER، لذا يختلف الشكلان في التفاصيل، ففي الأولي يمتد خط التساوي (11.79) ^{o} عند مدينة دهوك بالنسبة لقاعدة البيانات الارضية، بينما يمتد خط التساوي الى (21.93) ^{o}عند نفس المنقطة بالنسبة لقاعدة البيانات العالمية POWER .

الشكل (9) توزيع معدلات السنوية للمدى الحراري لمحطات الرصد الجوي والنقاط المختارة بقاعدة بيانات POWER في محافظة دهوك في الفترة (2018 – 2022)



المصدر: اعتمادا على الجدول (8) واستخدام برنامج Arc Gis10.8

المتساوي (15) ^{o} ، في حين يمر بها خط الحرارة الصغرى المتساوي (6) ^{o} في الخريطة الثانية المعتمدة علي بيانات قاعدة البيانات المناخية (POWER) Dataset، كذلك الحال في المناطق الاخرى.

تتشابه قاعدتي البيانات موضوع المقارنة بشكل كبير في فصل الصيف، فمن تحليل خريطتي توزيع خطوط الحرارة الصغرى المتساوية في فصل الصيف بالشكل (8) يظهر أن الخريطتين تتشابهان نوعا ما في توزيع درجات الحرارة الصغرى في أجزاء الشمالية من المحافظة ، حيث يغطيها خطوط الحرارة الصغرى المتساوية التي تتراوح ما بين (19-20)^{o} ، كما تتشابه الخريطتان في تمثيل خطوط درجة الحرارة الصغرى في غرب المحافظة، حيث سجلت (23-25)^{o} لمحطة الأرصاد الأرضية والعالمية على التوالي. وتختلف الخريطتان في تمثيل درجة الحرارة الصغرى في الأقسام الوسطى من المحافظة. في فصل الخريف بالشكل (8) يظهر أن الخريطتين تختلفان في درجات الحرارة الصغرى في غرب المحافظة، حيث يمر بهذه المناطق خطوط الحرارة الصغرى المتساوية (17)^{o} حسب قاعدة البيانات لمحطات الأرضية، في حين بلغ خطوط الحرارة الصغرى المتساوية (11) ^{o} حسب قاعدة البيانات لمحطات POWER كما وتختلف خطوط الحرارة الصغرى المتساوية في باقي المناطق المحافظة.

تشير نتائج التحقق الإحصائي لدرجات الحرارة الصغرى بين المحطات الأرضية و-NASA POWER إلى وجود انحياز سلبي كبير في جميع المحطات، حيث تراوحت قيم MBE السنوية بين نحو 6.91– درجة مئوية و 8.45– ، مما يدل على أن NASA-POWER يميل إلى التقليل من تقدير درجات الحرارة الصغرى بشكل منهجي. كما سجلت محطات المناطق الجبلية مثل العمادية أعلى قيم RMSE ، وهو ما يعكس تأثير الارتفاع والتضاريس المعقدة التي لا تستطيع الدقة الشبكية لبيانات POWER تمثيلها بدقة. وقد لوحظ أن الأخطاء تكون أكبر خلال فصل الشتاء والخريف مقارنة بالصيف، مما يشير إلى ضعف تمثيل النموذج لظروف التبريد الليلي والانقلاب الحراري في الفصول الباردة. ورغم ذلك، أظهرت معاملات الارتباط

حساب المعدل السنوي يخفّف جزئيًا من أثر الانحياز الموجب في العظمى والانحياز السالب في الصغرى، فيظهر النمط العام للمحطة الحرارية ممثّلًا بشكل أفضل في بيانات POWER، مع بقاء فروق عددية في القيم المطلقة تتطلّب التصحيح عند الحاجة إلى استخدام هذه القيم مباشرة في النماذج أو المؤشرات الحرارية الحسّاسة.

وفيما يخص المدى الحراري السنوي (الفرق بين العظمى والصغرى)، فقد بلغ معامل ارتباط سبيرمان بين البيانات الأرضية وبيانات POWER نحو (–0.57) لعينات المحطات المدروسة، وهو ما يعكس ارتباطًا سالبًا متوسطًا يميل إلى القوة؛ أي إن ترتيب المحطات من حيث المدى الحراري في بيانات POWER لا يتطابق مع ترتيبها في البيانات الأرضية، بل يميل في بعض الحالات إلى العكس، ولا سيّما في المحطات الجبلية مثل كاني ماسي وغيرها. ويعود ذلك إلى اجتماع عاملين؛ مبالغة القاعدة في تقدير درجات الحرارة العظمى من جهة، وتقليلها لقيم درجات الحرارة الصغرى من جهة أخرى، مما يؤدي إلى تضخيم المدى الحراري السنوي في بيانات POWER مقارنة بالبيانات الأرضية.

وبصورة عامة، تُظهر نتائج معامل ارتباط سبيرمان أن قاعدة بيانات POWER تمتلك قدرة مقبولة إلى جيدة على تمثيل الأنماط العامة لدرجات الحرارة العظمى والصغرى والمعدل السنوي في محافظة دهوك، لكنها في الوقت نفسه تعاني من انحياز منهجي في القيم المطلقة، ولا سيّما في درجات الحرارة الصغرى والمدى الحراري السنوي، الأمر الذي يستوجب إجراء تصحيح إحصائي للانحياز قبل الاعتماد على هذه البيانات في التطبيقات المناخية الدقيقة أو في الدراسات التي تتطلب دقة عالية في تمثيل التذبذب الحراري بين الليل والنهار أو بين المحطات المختلفة.

الاستنتاجات :

1. خلصت هذه الدراسة إلي وجود تباين واختلاف في المطابقة بين قاعدتي البيانات المدروستين، وقد ظهر ذلك من خلال الجداول ومخرجات خرائط.
2. وقد توصلت الدراسة إلي اختلاف بالنسبة لدرجة الحرارة الصغرى من تحليل الخرائط اكثر مما هي عليه بالنسبة لدرجة الحرارة العظمي.

رابعا :بمعامل ارتباط سبيرمان بين البيانات الأرضية وبيانات POWER

أُجري تحليل معامل ارتباط سبيرمان (Spearman's rho)لقياس قوة واتجاه العلاقة بين درجات الحرارة المسجَّلة في محطات الرصد الأرضية في محافظة دهوك ونظيراتها المستخرجة من قاعدة البيانات المناخية العالميةPOWER ، وذلك لكون هذا المعامل يرتكز على رتب القيم ولا يفترض توزيعًا طبيعيًا للبيانات، مما يجعله مناسبًا لطبيعة السلاسل الزمنية المناخية القصيرة نسبيًا.

أظهرت نتائج معامل ارتباط سبيرمان لدرجات الحرارة العظمى (Tmax) أن قيم الارتباط بين البيانات الأرضية وبيانات POWER جاءت في معظم المحطات موجبة ومرتفعة، وهو ما يشير إلى قدرة جيدة لقاعدة POWER على تمثيل التباين الزماني والمكاني للعظمى بين المحطات، إذ يتقارب ترتيب المحطات من حيث شدّة الحرارة العظمى في القاعدة مع ترتيبها في السجلات الأرضية على الرغم من الانحياز الموجب الواضح في القيم المطلقة للعظمى. وبذلك يمكن عدّ بيانات POWER مقبولة في تتبّع الأنماط العامة لدرجة الحرارة العظمى، شريطة أخذ هذا الانحياز بالحسبان عند استخدام القيم العددية في التطبيقات المناخية التفصيلية.

أما بالنسبة لدرجات الحرارة الصغرى(Tmin) ، فقد أظهر معامل سبيرمان ارتباطًا موجبًا أضعف نسبيًا مقارنة بالعظمى، ولا سيّما في المحطات الجبلية ذات التضاريس المعقّدة. ويدلّ ذلك على أن قاعدة POWERتمثّل الاتجاه الزمني العام لدرجات الحرارة الصغرى، لكنها لا تعكس بدقّة التباين المكاني الدقيق بين المحطات الأرضية، ويتّسق هذا مع الانحياز السالب المسجَّل في قيم Tmin في بيانات POWER ، حيث تميل القاعدة إلى تقليل درجات الحرارة الصغرى مقارنة بالواقع، مما يبرز حساسية هذا المتغيّر للعوامل المحلية الدقيقة (الارتفاع، وتوجيه السفوح، والانغلاق التضاريسي للأحواض).

وعند تحليل المعدل السنوي لدرجة الحرارة (Tmean)، جاءت قيم معامل ارتباط سبيرمان موجبة ومرتفعة في معظم المحطات أيضًا، وهو ما يعكس تقاربًا جيدًا في ترتيب المحطات من حيث متوسط درجة حرارتها السنوي بين المصدرين. ويُعزى ذلك إلى أن

السهول يقلل من التباينات المناخية المجهرية والانقلابات الحرارية الليلية، مما يجعل الدقة الشبكية الحالية للقاعدة أكثر قدرة على تمثيل الواقع الميداني بدقة أعلى مما هي عليه في التضاريس الوعرة التي تفرض ظروفاً مناخية خاصة تعجز النمذجة الحالية عن استيعابها

التوصيات:

توصي الدراسة بإجراء مزيد من الدراسات التقنية لتطوير قاعدة البيانات المدروسة.

1. تطوير النمذجة المناخية الإقليمية Regional climate modelingعالية الدقة المعتمدة علي الدمج بين مختلف مصادر البيانات المناخية.
2. ضرورة إجراء دراسات تقييمه أخري لرصد وقياس التشابه والتوافق بين بيانات هذه القاعدة الشبكية العالمية بالنسبة لعناصر المناخ الأخرى مثل المطر والضغط الجوي وسرعة الرياح واتجاهها، من خلال مقارنة السجلات المناخية الخاصة بهذه العناصر بمحطات الأرصاد الجوية علي مستوي العراق أو علي مستوي نطاقات إقليمية أكثر اتساعا.
3. العمل علي زيادة الدقة المكانية لقاعدة البيانات Prediction Of Worldwide Energy Resources لتصل إلي (0,25 × دائرة عرض 0,25 خط طول)، لإمكان الاستفادة منها في الدراسات التي تحتاج لدقة عالية؛ مثل الدراسات المتعلقة بالتغيرات المناخية واتجاهاتها
4. ضرورة التحديث المستمر لقاعدة بيانات POWERاعتماداً علي صور الأقمار الصناعية عالية الدقة والنمذجة لتلافي الأخطاء بشكل مستمر، مما يجعلها ذات أهمية للعديد من التخصصات، وتخصيص موقع علي شبكة المعلومات الدولية لهذه القاعدة؛ مع إتاحة البيانات مجانا للباحثين .

قائمة المصادر

- الدزيى، سلار علي خضر (2013) ، مناخ العراق القديم والمعاصر ، دار الشؤون الثقافية العامة – بغداد .ط1 .
- ديوانه، أمانج احمد حمدامين ; حسين، عمر حسن (2017) . أثر المعالم الطبيعية في جذب المشاريع السياحية في قضاء راوندز ، مجلة تويزر ، العدد1 .

3. كفاءة التتبع الزماني مقابل دقة القيم المطلقة :أظهرت قاعدة بيانات NASA-POWER قدرة عالية جداً على تمثيل النمط الزمني العام لتغير درجات الحرارة في محافظة دهوك، حيث تجاوز معامل الارتباط (R)حاجز 0.96 لدرجات الحرارة العظمى والصغرى على حد سواء .ومع ذلك، لا يمكن الاعتماد على القيم العددية الخام مباشرة في الدراسات الدقيقة دون إجراء تصحيح إحصائي للانحياز.(Bias Correction)
4. الانحياز المنهجي المزدوج :تعاني قاعدة البيانات من انحياز منهجي متضاد؛ فهي تميل إلى المبالغة (Overestimation)في تقدير درجات الحرارة العظمى بانحياز موجب يصل إلى $+7.08\ c^{o}$ ، في مقابل التقليل (Underestimation) الملحوظ في درجات الحرارة الصغرى بانحياز سالب وصل إلى - $9.57\ C^{o}$
5. تضخيم المدى الحراري السنوي :أدى اجتماع الانحيازين (الموجب للعظمى والسالب للصغرى) إلى ظهور فجوة كبيرة وغير واقعية في حساب المدى الحراري السنوي لدى POWER مقارنة بالواقع الميداني، مما يجعلها أقل كفاءة في الدراسات التي تعتمد على التذبذب الحراري اليومي أو الموسمي.
6. قصور النمذجة في المناطق المعقدة تضاريسياً :أثبتت الدراسة أن دقة البيانات الشبكية تتأثر بشكل مباشر بالعامل الطبوغرافي؛ حيث سجلت المحطات الجبلية المرتفعة (مثل العمادية وبامرني وكاني ماسي) أعلى قيم للخطأ .(RMSE). وهذا يعكس عجز الدقة المكانية الحالية للقاعدة (0.5^{o} * 0.5^{o}) عن استيعاب التباينات المناخية الدقيقة التي تفرضها التضاريس الوعرة في شمال العراق.
7. ضعف تمثيل الظواهر الليلية والشتاء :تبرز الأخطاء بشكل أكثر حدة خلال فصلي الشتاء والخريف وفي درجات الحرارة الصغرى، مما يشير إلى ضعف النماذج الرياضية للقاعدة في محاكاة ظروف التبريد الليلي والانقلابات الحرارية في الأحواض الجبلية بظروف دهوك.
8. تزداد كفاءة وموثوقية بيانات NASA-POWER في المناطق بسيطة التضرس (وسط وجنوب العراق) لغياب التعقيد الطبوغرافي الذي أدى لرفع قيم الخطأ RMSE في المناطق الجبلية.لافاستواء السطح في

- السامرائي، قصي عبد المجيد (2008)، مبادىء الطقس والمناخ ، دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع، عمان الاردن سنة .
- محمود، عبد الحق نايف (2003)، تحليل جغرافي لعناصر المناخ وبعض الظواهر الجوية في محافظة صلاح الدين، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة تكريت ، كلية التربية .
- هشام داود صدقي، تقييم كفاءة قاعدة البيانات المناخية العالمية في رصد درجة الحرارة السطحية في مصر ، مجلة البحث العلمي في الاداب (العلوم الاجتماعية والانسانية)، العدد الواحد والعشرون ، الجزء السادس ، 2020.

References

- Al-Hussein, A. A. M., Khalil, S. A., Salman, F. H., & Mahmood, B. F. (2024). Evaluation of accuracy for satellites rainfall datasets compared in ground stations: a case study of Duhok governorate, Northern Iraq. Sustainable Water Resources Management, 10, Article 179. https://doi.org/10.1007/s40899-024-01158-4
- Diwane, A. A. H., & Hussein, O. H. (2017). Athar al-ma'alim al-tabi'iyya fi jadhb al-mashari' al-siyahiyya fi qada' Rawanduz [The impact of natural features in attracting tourism projects in Rawanduz District]. Tweyer Journal, (1).
- Taha, D. A. (2013). Munakh muhafazat Dahuk (dirasa fi al-jughrafiya al-munakhiya) [Climate of Duhok Governorate (A study in climatological geography)]. Master's Thesis, Salahaddin University-Erbil.
- Mahmoud, A. N. (2003). Tahlil jughrafi li-anasir al-munakh wa ba'd al-zhawahir al-jawiyya fi muhafazat Salah al-Din [A geographical analysis of climate elements and some atmospheric phenomena in Salah al-Din Governorate]. Unpublished Master's Thesis, University of Tikrit, College of Education.
- Al-Samarrai, Q. A. (2008). Mabadi' al-taqs wa al-munakh [Principles of Weather and Climate]. Dar Al-Yazouri Scientific for Publishing and Distribution, Amman, Jordan.
- Al-Diznee, S. A. K. (2013). Munakh al-Iraq al-qadim wa al-mu'asir [Climate of Ancient and Contemporary Iraq]. 1st Ed, Dar Al-Shu'oon Al-Thaqafiyya Al-Ammah, Baghdad.

Evaluating the accuracy of satellite-measured temperature data compared to ground-based station data: A case study of Duhok Governorate, northern Iraq

Firas Hassan Salman 1 , Hussein Ali Rasheed AL-Mzuory [2]
firas.alzebari@gmail.com Hussein.alzoury@uomosul.edu.iq
[1] Directorate General of Education of Nineveh Governorate / Duhok Education Department
[2]Department of Geography , College of Education Human Sciences, University of Mosul, Nineveh, Iraq

ABSTRACT

The research aims to evaluate the accuracy and reliability of surface temperature data derived from the NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources (NASA-POWER) gridded dataset, comparing it with observed data from eight ground-based monitoring stations in Duhok Governorate, Northern Iraq, for the period (2018–2022). The significance of this study lies in verifying the efficiency of these data as a proxy for ground stations in regions with complex mountainous terrain. The research adopts a quantitative analytical approach alongside cartographic and statistical methods, utilizing indicators such as Mean Bias Error (MBE), Root Mean Square Error (RMSE), and correlation coefficients to analyze maximum and minimum temperatures, as well as the annual thermal range.

The results revealed a very strong temporal correlation ($R > 0.96$) between the two sources, confirming the efficiency of POWER data in representing the general temporal pattern of thermal variations. However, the study uncovered a systematic dual bias: the dataset overestimates maximum temperatures with a positive bias reaching (7.08°C), while underestimating minimum temperatures with a negative bias reaching (-9.57°C), leading to an unrealistic inflation of the annual thermal range. It was also noted that RMSE values rise significantly at high-altitude mountainous stations (such as Amadiya and Bamarni), becoming more pronounced in minimum temperatures during winter and autumn due to modeling limitations in representing nocturnal cooling. Ultimately, the researchers concluded that absolute NASA-POWER values cannot be directly relied upon in precise climatological studies without performing prior statistical Bias Correction.

Keywords:

NASA-POWER Dataset, Surface Temperature, Ground-based Stations, Bias Correction, Duhok Governorate

تطوير نموذج تخطيطي حضري لتفعيل الاقتصاد الدائري في ادارة أنظمة المياه الحضرية: دراسة تحليلية تطبيقية للتصميم الاساسِ لمقتربات طريق دورة–يوسفية

م.مقداد هادي خضير [1]، م. حسين احمد ذياب [2]، م.خليل سعد علي

1، 2، 3 المديرية العامة للتخطيط العمراني/ وزارة الاعمار والاسكان والبلديات العامة، بغداد، العراق.

الملخص

يسلط هذا البحث الضوء على تطوير نموذج تخطيطي حضري لتفعيل مبادئ الاقتصاد الدائري في إدارة أنظمة المياه الحضرية في العراق، في ظل التحديات المتزايدة المتمثلة بشح المياه، وتنامي الطلب السكني، وتأثيرات التغير المناخي، وضعف استثمار الموارد المائية غير التقليدية.

ويهدف البحث الراهن إلى دراسة تصميم مقتربات طريق دورة–يوسفية في مدينة بغداد بوصفه حالة تطبيقية، لما يحظى به من أهمية تخطيطية ومؤسسية، إذ يعد من المشاريع الحضرية الاستراتيجية التي أعدت ضمن إطار السياسات العامة للتخطيط العمراني التي تضطلع بوضعها المديرية، باعتبارها الجهة المركزية المختصة برسم التوجهات التخطيطية على المستويين الوطني والمحلي.

وتنبع أهمية البحث من كون التصميم المعلن لمقتربات طريق دورة–يوسفية يمثل نواة عمرانية وتنموية للمنطقة المحيطة، لما يتضمنه من معالجة متكاملة للبنية التحتية، وشبكات النقل، والمساحات الخضراء، والمجمعات السكنية الأفقية والعمودية، فضلاً عن مجاورته لمساحات زراعية (بساتين) وإدماجه لمشاريع ري حديثة، الأمر الذي يوفر بيئة مناسبة لاختبار وتفعيل الاقتصاد الدائري في إدارة المياه الحضرية، مع إمكانية تعميم نتائج النموذج على مشاريع حضرية مماثلة.

وينطلق البحث من فرضية مفادها أن تطبيق النموذج التخطيطي الحضري المقترح على تصميم مقتربات طريق دورة–يوسفية يُبرز إمكانية دمج مبادئ الاقتصاد الدائري ضمن المنظومة التخطيطية الرسمية، وبما ينسجم مع توجهات الحكومة في تطوير بيئات حضرية أكثر استدامة ومرونة في مواجهة تحديات شح المياه والتغير المناخي؛ ولتحقيق ذلك، اعتمد البحث إطاراً تحليلياً تطبيقياً يرتكز على مؤشرات أداء مائية وحضرية قابلة للقياس.

وأظهرت نتائج البحث أن تبني النموذج التخطيطي المقترح يسهم في تحسين كفاءة استخدام المياه، وتقليل الفاقد، وحصاد المياه، وتعزيز إعادة الاستخدام، بما يعزز فرص تحقيق التنمية الحضرية المستدامة .

ويوصي البحث بإدماج مبادئ الاقتصاد الدائري ضمن السياسات والخطط الحضرية الوطنية، مع الاستفادة من التجارب العالمية وتوظيف الفرص التصميمية للمشاريع الحضرية العصرية، وتطبيقها على الواقع العراقي، كما في نموذج تصميم مقتربات طريق دورة–يوسفية في مدينة بغداد.

الكلمات المفتاحية: نموذج تخطيطي حضري، الاقتصاد الدائري، الاستدامة المائية ، ادارة المياه الحضرية.

مصادر تقليدية وشحة في الموارد، وانطلق البحث الراهن بتساؤلات اساسية كالاتي:-

كيف يمكن تطوير نموذج تخطيطي حضري يدمج مبادئ الاقتصاد الدائري لإدارة المياه في مشروع تصميم مقتربات طريق دورة- يوسفية؟

ما أثر تطبيق هذا النموذج على تحسين كفاءة استخدام المياه وتقليل الفاقد في المنطقة؟

2-1- اهمية البحث: تنبع اهمية البحث من خلال شقين هما:-

1- الأهمية النظرية: يساهم هذا البحث في إثراء المعرفة الأكاديمية بتطوير نموذج تخطيطي حضري مستند إلى مبادئ الاقتصاد الدائري لإدارة المياه الحضرية، مع التركيز على السياق العراقي لإدارة المياه الحضرية، وكما يعالج البحث الفجوة العلمية المتعلقة بضعف تطبيق نماذج تخطيطية متكاملة تستثمر الإمكانات التصميمية للمشاريع الحضرية الحديثة مثل مشروع تصميم مقتربات طريق دورة- يوسفية كنموذج حالة، ويمثل هذا البحث مثالاً عملياً تطبيقياً لكيفية دمج التخطيط الحضري في الاقتصاد الدائري، مما يعزز الفهم النظري لعلاقة الاستدامة المائية بالتخطيط العمراني في بيئات المدن النامية.

2- الأهمية التطبيقية: يقدم البحث إطاراً عملياً لتفعيل مبادئ التخطيط الحضري في ظل الاقتصاد الدائري لإدارة المياه في العراق وعلى مستوى بمنطقة مقتربات طريق دورة- يوسفية كنموذج حالة، اذ يمكن للنموذج المقترح تحسين استغلال مياه الأمطار، وإعادة استخدام المياه المعالجة، والاستفادة من المشاريع الروائية والمساحات الخضراء والبساتين المجاورة.

ويعزز هذا الإطار الفاعلية البيئية والاقتصادية والاجتماعية، ويساهم في تقليل الفاقد المائي وتحسين جودة الحياة، على مستوى بلدنا العزيز، ويوفر البحث أدوات ومنهجيات قابلة للتطبيق في مشاريع حضرية أخرى تعاني تحديات مائية مشابهة، مما يدعم تحقيق أهداف التنمية الحضرية المستدامة المتعلقة بالمياه والبيئة الحضرية.

المقدمة

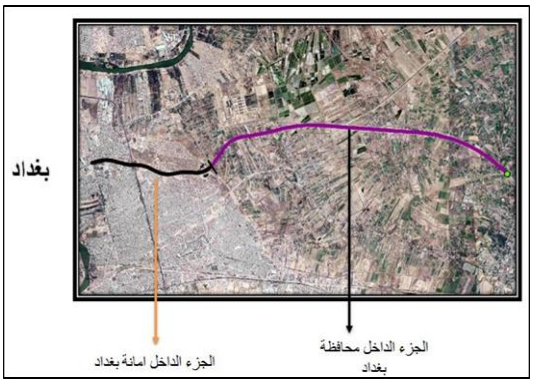
تُعد المياه من الموارد الحيوية التي تواجه ضغطاً متزايداً في المدن العراقية بسبب النمو السكاني السريع والتوسع العمراني غير المخطط، إلى جانب تداعيات التغير المناخي الذي يفاقم من شح المياه ويزيد من التحديات البيئية؛ تعاني العديد من المدن العراقية من ضعف البنية التحتية للمياه، وارتفاع معدلات الفاقد، وقلة الاستفادة من مصادر المياه غير التقليدية مثل مياه الأمطار والمياه المعالجة .

وفي هذا السياق؛ يعد التصميم الاساس لمشروع مقتربات طريق دورة- يوسفية نموذجاً حضرياً عصرياً متكامل الاستعمالات، تتخلله مشاريع ري متقدمة يمكن استثمارها في إعادة تدوير المياه وتعزيز الاقتصاد الدائري؛ كما يضم المشروع مساحات خضراء واسعة ومجاورة لمساحات زراعية كبساتين، مما يفتح آفاقاً واسعة لتطبيق مبادئ التخطيط الحضري في الاقتصاد الدائري وإدارة المياه الحضرية؛ ورغم الفوائد المتعددة التي يقدمها الاقتصاد الدائري، لم يتم تبني هذا النموذج بشكل منهجي في التخطيط الحضري العراقي-حسب علم الباحثين-، مما يستدعي البحث في تطوير نماذج تخطيطية تدمج هذه المبادئ في سياق المشاريع الحضرية الواقعية مثل مقتربات طريق دورة- يوسفية، ويهدف هذا البحث إلى سد هذه الفجوة من خلال تقديم نموذج تخطيطي حضري يحفز على تطبيق مبادئ الاقتصاد الدائري في أنظمة المياه الحضرية العراقية، مدعوماً بتحليل مؤشرات أداء وتطبيق عملي على دراسة الحالة، مما يعزز فرص تحقيق الاستدامة المائية والتنموية في المدن.

المبحث الاول: منهجية البحث والتجارب العالمية

1-1- مشكلة البحث: يعاني بلدنا العزيز من مشاكل عدة في ادارة المياه الحضرية بشكل عام؛ ومنها منطقة دورة- يوسفية في بغداد من تحديات مائية واضحة، وأن عدم وجود نموذج تخطيطي حضري يدمج مبادئ الاقتصاد الدائري لإدارة المياه يحد من الاستفادة الفعلية من موارد المياه المتاحة، يؤدي إلى هدر وارتفاع الاعتماد على

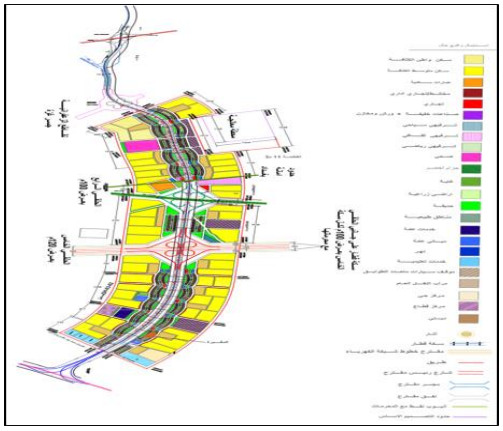
الشكل(1) يبين موقع طريق دور-يوسفية على الصورة الجوية



المصدر: المديرية العامة للتخطيط العمراني، بيانات غير منشورة، 2026.

قد تم تصميم مقتربات طريق دورة –يوسفية في مدينة بغداد في سنة(2023-2026) بشكل نموذج خطي محاذي للشارع يتضمن خمسة ابراج تجارية – ادارية مطلة على الشارع و بمساحة 1000 م² وبارتفاع 123 م، كل برج يتضمن 30 طابق كمعدل، الطوابق الثلاث الاولى هي طوابق تجارية يبلغ ارتفاع كل طابق (بضمنها الارضي) 4.5 م، اما الطوابق الادارية المتكررة فيبلغ ارتفاع كل طابق 4م، ويضم التصميم عدة استعمالات (سكني- تجاري- تعليمي- خضراء- ترفيهي- صحي-مباني عامة- صناعات خفيفة...) واراضي زراعية وبساتين وغابة كما موضح في الشكل(2).

الشكل(2) يبين التصميم الاساسِ لمقتربات طريق دورة–يوسفية (مرحلة الاعلان)



المصدر: المديرية العامة للتخطيط العمراني، بيانات غير منشورة، 2026.

1-3- أهداف البحث :

يهدف البحث الى تحقيق مجموعة من الاهداف الاتية:-

1. تطوير نموذج تخطيطي حضري يدمج مبادئ الاقتصاد الدائري لإدارة المياه في العراق ومنطقة مقتربات تصميم طريق دورة- يوسفية كنموذج حالة.
2. تحديد مؤشرات أداء مائية وحضرية قابلة للقياس لتقييم فاعلية النموذج المقترح.
3. تقييم أثر تطبيق النموذج على تحسين كفاءة استهلاك المياه وتقليل الفاقد في المشروع مما يعزز الرصيد المائي للبلد بشكل عام.
4. تقديم توصيات تخطيطية وسياسات داعمة لتعزيز الاستدامة الحضرية المائية في المشروع ومدن العراق الأخرى يمكن الاستفادة من التجربة والنموذج المطبق للبحث.

1-4- فرضية البحث : ينطلق البحث من فرضيتين اساسيتين مفادهما:

- يمكن تطوير نموذج تخطيطي حضري فعال لتفعيل مبادئ الاقتصاد الدائري في أنظمة المياه الحضرية في مشروع مقتربات طريق دورة- يوسفية، مما يؤدي إلى تحسين إدارة الموارد المائية وتحقيق استدامة حضرية مستدامة.
- يساهم النموذج التخطيطي في زيادة نسبة إعادة استخدام المياه وتقليل الهدر في المياه الحضرية في تصميم طريق دورة -يوسفية.

1-5- حدود الدراسة المكانية والزمانية: تم انشاء مشروع التصميم الاساسِ لطريق دورة يوسفية من قبل وزارة الاعمار والاسكان والبلديات العامة/ المديرية العامة للتخطيط العمراني لكي يربط مدينة بغداد بالمحافظات الوسطى والجنوبية، يبلغ طول الطريق 16 كم، والجزء البالغ 4 كم يقع ضمن حدود امانة بغداد، أما الجزء المتبقي والبالغ طولة 12 كم، فيقع ضمن منطقة اليوسفية داخل حدود محافظة بغداد، ويمر الطريق المقترح ضمن اراضي زراعية، وتم تصميمه(1كم) على جانبي الطريق دورة يوسفية (المديرية العامة للتخطيط العمراني، بيانات غير منشورة، 2026).

ومن ثم استخدامها للاستعمالات الأخرى بعد هدوء الحالة الجوية (Frantzeskaki,2019;75).

ويكمن جوهر التجربة في تحويل مشكلة (الفيضانات) إلى فرصة لتوفير مياه عامة على شكل مساحات خضراء قابلة للاستخدام العام، وهو ما يبرز دور البنية التحتية الخضراء–الزرقاء في الاقتصاد الدائري للمياه؛ وهذا النوع من الابتكار التخطيطي يُعد نموذجاً يمكن استلهامه في الكيانات الحضرية التي تعاني تذبذباً مائياً ومواسم أمطار غير منتظمة.

1-7-3 مدينة كوبنهاغن – الدنمارك: تُعد Copenhagen تجربة بارزة في ربط تخطيط المدينة بإدارة المياه ضمن منظومة مرنة، حيث تم تطوير خطة Cloudburst Management Plan التي تعتمد على تقنيات التخطيط الحضري لمواجهة مخاطر الفيضانات من خلال:

- تحويل الممرات والشوارع إلى قنوات تصريف مؤقتة.
- إنشاء أحواض تجميع مياه. - دمج المساحات الخضراء في النظام المائي.

1-7-4 مدينة ملبورن – أستراليا: في Melbourne قدمت استراتيجيات Water (Sensitive Urban Design –WSUD) إطاراً علمياً لتطبيق الاقتصاد الدائري في التخطيط المائي الحضري، حيث تربط هذه الاستراتيجيات:

1- المصارف والمسطحات المائية. 2- المساحات الخضراء العامة. 3- نظم معالجة المياه السطحية.

وقد أظهرت الدراسة أن تبني WSUD يقلل من الفاقد المائي ويزيد من مشاركة المجتمع في إدارة المياه وما يميز هذه الحالة هو دمج التخطيط الحضري مع إعادة الاستخدام البيئي للمياه، ما يجعل المدينة أكثر مرونة واستدامة(Brown & Wong,2009; 853).

1-7-5 مدينة أمستردام – هولندا: اتخذت Amsterdam خطوة نوعية بإعلان استراتيجية شاملة للاقتصاد الدائري تشمل الموارد المائية كأحد العناصر الجوهرية، وذلك عبر:

1-6- التجارب العالمية في الاقتصاد الدائري وإدارة أنظمة المياه الحضرية

يمثل الاقتصاد الدائري وإدارة أنظمة المياه الحضرية من أبرز المجالات التي حظيت باهتمام واسع في التخطيط الحضري العالمي خلال العقود الأخيرة، وقد برزت تجارب متعددة في دول متقدمة تعكس هذه التحولات على أرض الواقع، إن دراسة هذه التجارب تقدم نماذج معيارية يمكن تحليلها والاستفادة منها عند تصميم وتطوير نموذج حضري قابل للتطبيق في السياقات المحلية، مثل مشروع دورة–يوسفية في بغداد؛ وهي كالاتي:-

1-7-1 تجربة مدينة سنغافورة: تعد Singapore من أبرز النماذج في إدارة المياه الحضرية ضمن إطار الاقتصاد الدائري، حيث تبنت سياسة تُعرف بـ (المصادر الأربعة للمياه- Four National Taps)، والتي تجمع بين:

1-الاعتماد على المصادر التقليدية. 3-إعادة التدوير المتقدم للمياه المعالجة (NE Water).

2- تحلية المياه البحرية. 4 - حصاد مياه الأمطار.

ويُعد نظام NE Water من التجارب الريادية في إعادة استخدام المياه المعالجة لأغراض غير صالحة للشرب عبر معالجة متقدمة، مما يقلل الضغط على الموارد العذبة ويعزز الاستدامة (PUB,2021;15)، وتشير الدراسات إلى أن تلك الاستراتيجية ساهمت في رفع كفاءة استهلاك المياه بنسبة ملحوظة، وتقليل الاعتماد على المياه المستوردة من مصادر خارجية (PUB, 2021: 23).

وتُظهر هذه التجربة كيف يمكن للإدارة الدائرية أن تُحول المياه من مورد محدود إلى مورد متعدد الوظائف داخل المدينة، من خلال دمج التكنولوجيا، السياسات، والتخطيط الحضري الشامل.

1-7-2 تجربة مدينة روتردام – هولندا: في Rotterdam تم تنفيذ مشروع Water Squares الذي يمثل مثالاً واضحاً لاعتماد التخطيط الحضري على وظائف المياه، لا سيما في مواجهة مخاطر الفيضانات؛ فقد صُممت هذه الساحات لتخزين مياه الأمطار خلال العواصف،

؛Frantzeskaki,2019 2021؛(PUB,
City of ؛Brown & Wong,2009
)2020Amsterdam,

المبحث الثاني: الاطار النظري

2-1- التحول المفاهيمي في إدارة المياه الحضرية:

لقد أكدت تقارير UN-Habitat أن التغير المناخي والتمدن السريع يفرضان إعادة تعريف العلاقة بين المياه والتخطيط الحضري، بحيث تصبح المياه عنصراً بنيوياً في تصميم المدن وليس مجرد خدمة خدمية (UN-Habitat,2023).

إذ تُعد إدارة المياه في السياق الحضري من أهم التحديات التي تواجه المدن في عصر العولمة والتغير المناخي، فقد شهدت الفلسفة المتصلة بهذا المجال تحولًا معرفياً واستراتيجياً من منظومة تقليدية تركز على البنى التحتية الصلبة وإمداد المياه فقط، إلى منظومة تكاملية تُعطي الموارد المائية دورًا حيويًا في التخطيط الحضري وتنمية المجتمعات (الربيعي، 2018: 45).

في النموذج التقليدي، تعامل المياه كخدمة تقنية بحتة، متجاوزة سياقها البيئي والاجتماعي، حيث تتركز الجهود على شبكات التوزيع والتحلية والتصريف دون الأخذ بعين الاعتبار العلاقة بين هذه الخدمات واحتياجات السكان والبيئة المحيطة بهم. إلا أن التحولات البيئية والاجتماعية في العقود الأخيرة دفعت إلى إدراك أعمق بأن المياه عنصر متعدد الوظائف يرتبط مباشرة بصحة الإنسان، والاستدامة البيئية، والعدالة الاجتماعية (Brown, Keath & Wong, 2009; 848).

وقد برز في الأدبيات مفهوم التخطيط المائي الحضري المتكامل (Integrated Urban Water Management)، الذي يعالج المياه بوصفها جزءًا من دورة حضرية تشمل الاستخدامات اليومية، وإعادة الاستخدام، والتغذية البيئية للمنظومات الطبيعية، مع دمجها في التصميم العمراني والوظائف المجتمعية (Wong & Brown, 2009;853)، وتؤكد الدراسات الحديثة أنه لا يمكن فصل أي استراتيجية مائية عن المنظومة الاجتماعية التي تخدمها، لأن المياه هي أساس الرفاه

1- استرجاع المواد من عمليات المعالجة. 2- إدماج تمويل المشاريع الدائرية. 3- تشجيع الابتكار في استخدام المياه.

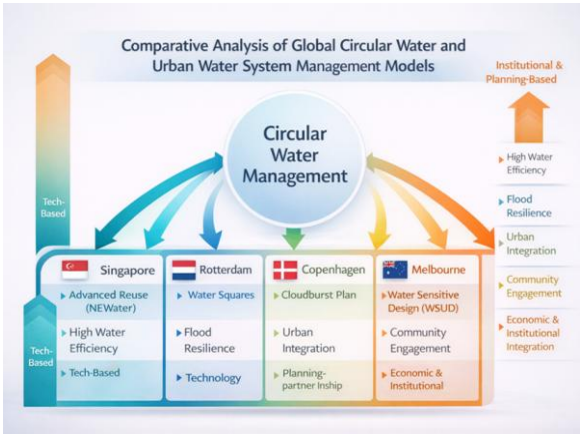
وقد أكدت استراتيجية المدينة أن الاقتصاد الدائري للمياه يمكن أن يقلل الانبعاثات ويخلق فرصاً اقتصادية مستدامة على المستوى الحضري (City of Amsterdam,2020;12)، ونوضح هنا تحليل مقارن للتجارب العالمية من خلال الجدول رقم(1).

الجدول(1) يبين النماذج والتجارب والمقارنة بينهما

ت	التجربة	نـــــوع التطبيق	العنصـــر الرئيسي	مؤشـــرات النجاح
1	سنغافورة	حكـومي– تقني	إعـــادة الاستخدام المتقدم	↓ **الضغط علـــى الموارد**
2	روتردام	تخطـــيط حضري	تحويـــل الفيضانات	↑ **المســاحات العامة**
3	كوبنهاغن	مرونـــة مائية	تكامـــل بيئـــي– حضري	↓ **الفاقد**
4	ملبورن	بيئـــي– اجتماعي	تصـــميم حســـاس للمياه	↑ **مشاركة المجتمع**
5	أماستردام	اقتصادي– مخططي	استراتيجية شاملة	↑ **النمـو المستدام**

المصدر: من اعداد الباحثين، 2026.

الشكل(3) يبين تحليل المقارنة بين نماذج التجارب في ادارة انظمة المياه الحضرية



المصدر: إعداد الباحثين اعتماداً على:

يمكن إدراك هذا التحول أيضاً من خلال مفهوم البنية التحتية الخضراء–الزرقاء (Green–Blue Infrastructure) التي تجمع بين المساحات الخضراء وأنظمة المياه لتوفير حلول بيئية متكاملة، تسهم في تحسين جودة الهواء، والحدّ من مخاطر الفيضانات، ودعم التنوع البيولوجي داخل الأنسجة الحضرية (Benedict & McMahon, 2012; 36).

وبناءً على ما سبق؛ يتضح أن التحول المفاهيمي في إدارة المياه الحضرية ليس مجرد تعديل تقني، بل ثورة فكرية ومنهجية تُعطي الأولوية للإنسان والبيئة، وتضع المياه في قلب عملية التخطيط العمراني المستدام. وهذا التحول يفتح آفاقًا جديدة لربط الموارد المائية بالعدالة الاجتماعية، والتمكين الإنساني، وتخفيف الفوارق الطبقية داخل المدن، بما يجعل من إدارة المياه موضوعاً مركزياً في تحقيق جودة الحياة (World Bank, 2020; 17).

2-2- الاقتصاد الدائري في التخطيط الحضري المعاصر: يشكل مفهوم الاقتصاد الدائري تحولاً بنيوياً في الفكر الاقتصادي والتخطيطي المعاصر، إذ ينتقل من نموذج الاقتصاد الخطي القائم على الاستخراج والاستهلاك والتخلص، إلى نموذج دائري يهدف إلى إعادة الاستخدام، والتدوير، وتعظيم كفاءة الموارد داخل النظام الحضري. ولم يعد هذا المفهوم توجهاً بيئياً فقط، بل أصبح إطاراً تخطيطياً يعيد تعريف العلاقة بين المدينة والموارد والطاقة والمياه والمواد (Geissdoerfer et al.,2017; 759).

وفي السياق الحضري، يعني الاقتصاد الدائري إعادة تصميم المدينة بوصفها منظومة تدفقات مترابطة، بحيث تتحول المخلفات إلى مدخلات إنتاجية جديدة، وتدار الموارد وفق منطق الاستدامة طويلة الأمد بدلاً من الاستهلاك السريع؛ ويؤكد هذا التوجه أن التخطيط الحضري لم يعد مجرد توزيع استعمالات أرض، بل أصبح عملية إعادة هندسة للعمليات الاقتصادية داخل المجال المكاني، اذ يشير تقرير صادر عن European Commission إلى أن تطبيق الاقتصاد الدائري في المدن يمكن أن يقلل استهلاك الموارد الأولية بنسبة كبيرة، ويخفض الإنساني وجودة الحياة داخل المدن (الزغبي، 2021: 62).

وفي هذا السياق، يتناول مفهوم المرونة الحضرية (Urban Resilience) قدرة المدن على مواجهة الصدمات (مثل الجفاف والفيضانات) والتكيف مع الظروف المتغيرة دون انهيار وظيفي أو بيئي (Meerow, Newell & Stults, 2016; 40). وقد أبدت العديد من المدن المتقدمة، مثل(Rotterdam وMelbourne وSingapore) نماذج متقدمة لإدارة المياه الحضرية تستند إلى هذه المبادئ، حيث تم دمج أنظمة الحصاد، والمعالجة، وإعادة الاستخدام ضمن التخطيط العمراني العام.وعلى سبيل المثال؛ تعد سنغافورة رائدة في تطبيق مفهوم "الأربعة مصادر المائية" (Four National Taps)، كما بينها في الجدول(1) اعلاه الذي يعزز الاعتماد على مصادر متنوعة تشمل التحلية وإعادة الاستخدام وحصاد مياه الأمطار، مما يقلل الضغط على الموارد التقليدية ويعزز المرونة الداخلية في مواجهة شح المياه (PUB, 2021; 12).

كما طُبق في روتردام نموذج Water Squares الذي يحوّل ساحات المدينة إلى مساحات خضراء مائية تؤدي وظائف بيئية واجتماعية معاً، وتستوعب الفيضانات وتستثمرها في الاستخدامات العامة، مما يعكس فهمًا متقدمًا للعلاقة بين المياه والمساحات الحضرية المفتوحة (Frantzeskaki, 2019; 75).

وفي المنظور العربي؛ تؤكد الأدبيات على ضرورة الانتقال من النماذج التقنية إلى النماذج التكاملية، حيث لا يُنظر إلى المياه كخدمة مستقلة، بل كجزء من منظومة حضرية متكاملة تتطلب التنسيق بين القطاعات المختلفة بما فيها التخطيط، البيئة، الاقتصاد، والمجتمع (أحمد، 2017: 130)؛ ويشير تقرير Food and Agriculture Organization إلى أن الإدارة المائية الحديثة يجب أن تُبنى على مبادئ الاستدامة والعدالة والتكامل المؤسسي لتحقيق رفاهية الإنسان وحماية البيئة على حدٍ سواء (FAO, 2019; 28).

النموذج في المدن العربية يمكن أن يعالج مشكلات النفايات والمياه والطاقة بصورة متكاملة، ويخلق فرص عمل خضراء.

وتُعد مدن مثل Amsterdam نموذجاً رائداً في تطبيق استراتيجيات الاقتصاد الدائري، حيث وضعت خطة شاملة لتحويل المدينة إلى اقتصاد دائري كامل بحلول 2050، عبر إعادة استخدام مواد البناء، وتدوير المخلفات العضوية، وتحفيز الابتكار المجتمعي.ويؤكد تقرير صادر عن World Bank أن الاقتصاد الدائري في المدن النامية يمكن أن يكون أداةً لتمكين المجتمعات منخفضة الدخل عبر إدماجها في سلاسل القيمة المحلية.وهكذا يرى الباحثين ان يتحول الاقتصاد الدائري من مفهوم اقتصادي بحت إلى مشروعٍ حضرياً إنسانياً يعيد تنظيم العلاقة بين الإنسان والموارد، ويجعل المدينة فضاءً للتكامل بدلاً من الاستنزاف.

2-3- الاقتصاد الدائري ودوره بإدارة المياه الحضرية: يمثل الربط بين الاقتصاد الدائري وإدارة المياه الحضرية تحولاً نوعياً في فلسفة التخطيط العمراني المعاصر، إذ لم تعد المياه تُدار بوصفها مورداً يستهلك ثم يُطرح كنفايات، بل مورداً متجدداً يُعاد توظيفه ضمن دورة إنتاجية مستمرة. فالإدارة التقليدية للمياه اعتمدت نموذجاً خطياً يبدأ بالاستخراج ثم الاستخدام فالتصريف، وهو ما أدى إلى استنزاف الموارد المائية وتفاقم مشكلات التلوث الحضري، أما في إطار الاقتصاد الدائري، فإن المياه تُدار باعتبارها عنصراً داخلاً في حلقة إعادة الاستخدام والمعالجة والتدوير، بما يعزز كفاءة النظام الحضري واستدامته (العبدلي، 2021: 88).

2-3- 1 إعادة استخدام المياه المعالجة حضرياً: تُعد إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري الحضري، وتبريد المنشآت، والأغراض الصناعية مثالاً تطبيقياً واضحاً على دمج الاقتصاد الدائري بإدارة المياه. إذ تسهم هذه الآلية في تقليل الضغط على مصادر المياه العذبة، وخفض كلفة الإنتاج الخدمي داخل المدينة، وتحقيق قيمة اقتصادية مضافة من مورد كان يُعد سابقاً عبئاً بيئياً (برنامج الأمم المتحدة للبيئة، 2019: 41).

انبعاثات الكربون، ويعزز الابتكار الحضري (European Commission,2020; 14).

وهذا يبرز البعد الاستراتيجي للمفهوم باعتباره أداة تحول بيئي- اقتصادي في آنٍ واحد.

2-2-1 من الاقتصاد الخطي إلى الاقتصاد الدائري: يقوم الاقتصاد الخطي على مبدأ (خذ–اصنع–تخلص)، وهو نموذج أدى إلى استنزاف الموارد الطبيعية وتفاقم الأزمات البيئية. أما الاقتصاد الدائري فيعتمد على مبادئ الإغلاق الدوري لدورات المواد والطاقة، بحيث تعاد الموارد إلى دورة الإنتاج مرةً أخرى

; 2015(Ellen MacArthur, Foundation, 23)

2-2-2 مفهوم الأيض الحضري (Urban Metabolism): يُنظر إلى المدينة كنظام حي يستهلك الموارد ويُنتج نفايات، ويمكن إعادة تنظيم هذه التدفقات ضمن نموذج دائري يعزز الكفاءة ويقلل الفاقد؛ ويؤكد هذا الطرح أن التخطيط الحضري يجب أن يعالج تدفقات المياه والطاقة والمواد بوصفها شبكةً مترابطة لا قطاعات منفصلة.

; 66)2011(Kennedy et al.,

2-2-3 الاقتصاد الدائري كأداة تخطيطية: يرتبط الاقتصاد الدائري بالتخطيط الحضري عبر عدة أدوات عملية، منها:

- إعادة استخدام المياه الرمادية داخل الأحياء السكنية
- تحويل النفايات الصلبة إلى طاقة
- تصميم مبانٍ قابلة لإعادة التفكيك وإعادة الاستخدام
- دعم سلاسل إنتاج محلية قصيرة.

(Kennedy et al, 2011; 66)

وفي هذا السياق، تشير الدراسات العربية إلى أن إدماج الاقتصاد الدائري في التخطيط يمثل تحولاً استراتيجياً في إدارة الموارد الحضرية، خاصةً في المدن ذات الموارد المحدودة (حسن، 2021: 88)، كما يؤكد (العاني ، 2020: 54) أن تبني هذا

التخطيطية الدائرية في إدارة المياه الحضرية، إذ توفر مقاييس كمية ونوعية لمراقبة كفاءة استخدام الموارد وتقليل الهدر؛ كما تساعد هذه المؤشرات في مقارنة أداء المدن المختلفة، وتحديد نقاط القوة والضعف في أنظمة إدارة المياه. إضافة إلى ذلك، تدعم اتخاذ القرارات الاستراتيجية المبنية على بيانات موثوقة لتعزيز الاستدامة البيئية والاقتصادية. وبالتالي، تساهم هذه المؤشرات في تحسين إدارة المياه بما يحقق التنمية الحضرية المستدامة.

ويعكس الجدول (1) مؤشرات الأداء المائي الأساسية التي يتم اعتمادها في النماذج التخطيطية الحضرية لتطبيق الاقتصاد الدائري في إدارة المياه، وتشير مؤشرات مثل كفاءة استخدام المياه ونسبة إعادة الاستخدام إلى مدى فعالية المدينة في تقليل الهدر وتحسين الاستفادة من الموارد المائية. أما حصاد مياه الأمطار وإمداد المياه المستدام فيقدمان رؤى عن مدى قدرة النظام على مواجهة شح المياه وتحقيق الاستدامة (UN-Water,2020 & 2020 World Bank,).

الجدول (2) مؤشرات الأداء المائي في المدن ذات التجارب الدائرية للمياه

المؤشر العالمي	رمز المؤشر	وحدة القياس	التعريف	المراجع المعتمدة للمؤشر
كفاءة استخدام المياه	*Water Use Efficiency*	%	نسبة المياه المستخدمة مقابل المياه المستخرجة	(UN-Water, 2020; 15)
معدل الفاقد المائي	*Water Loss Rate*	%	كمية المياه المهدرة في الشبكات	(World Bank, 2020، 48)
نسبة إعادة الاستخدام	*Reused Water Ratio*	%	نسبة المياه المعالجة المعاد استخدامها	(PUB, 2021; 22)
حصاد مياه	*Rainwater*	متر³/ سنة	كمية المياه	(FAO, 2019;

2-3- 2 استرداد الموارد من مياه الصرف: لا يقتصر الربط على إعادة الاستخدام المائي فحسب، بل يمتد إلى استرداد الطاقة والمواد المغذية من مياه الصرف، كاستخلاص الغاز الحيوي من الحمأة، أو استرجاع الفوسفور والنيتروجين لاستخدامهما في الزراعة الحضرية. وهذا يعكس منطق الاقتصاد الدائري القائم على تحويل المخلفات إلى موارد إنتاجية، بما يعزز تكامل القطاعات الحضرية المختلفة (النجار، 2020: 133).

2-3- 3 البنية التحتية الخضراء كأداة دائرية: يعزز التخطيط الحضري الدائري اعتماد البنية التحتية الخضراء، مثل الحدائق الممطرة وأنظمة حصاد مياه الأمطار، كوسيلة لاحتجاز المياه وإعادة توظيفها محلياً. فهذه المقاربة تقلل من أعباء شبكات التصريف التقليدية، وتدعم التوازن البيئي داخل النسيج العمراني، فضلاً عن دورها في تحسين جودة الحياة الحضرية (أحمد، 2018: 97).

2-3- 4 التخطيط المتكامل متعدد القطاعات: إن التطبيق الفعلي للاقتصاد الدائري في إدارة المياه يتطلب تكاملاً مؤسسياً بين قطاعات المياه والطاقة والنفايات والتخطيط العمراني، فالتخطيط المتكامل يتيح تصميم أحياء سكنية تعتمد نظم إعادة تدوير المياه الرمادية، وأنظمة ذكية لمراقبة الاستهلاك، بما يحول المدينة إلى نظام شبه مغلق في دورته المائية. ويؤكد البنك الدولي أن المدن التي تبنت هذا النموذج حققت وفورات مالية وتحسناً بيئياً ملحوظاً مقارنة بالمدن ذات الإدارة الخطية التقليدية (البنك الدولي، 2020: 56).

وعليه، فإن ربط الاقتصاد الدائري بإدارة المياه الحضرية ليس إجراءً تقنياً فحسب، بل يمثل تحولاً إبستمولوجياً في فهم المدينة ذاتها؛ من كيان يستهلك الموارد إلى منظومة إنتاجية مستدامة تعيد تدوير مواردها داخلياً، وهو ما يتوافق مع أهداف التنمية المستدامة، فضلاً عن الهدف السادس المتعلق بالمياه النظيفة والهدف الحادي عشر المتعلق بالمدن المستدامة.

2-5- المؤشرات العالمية لقياس فاعلية النماذج التخطيطية الدائرية في إدارة المياه الحضرية: تعد المؤشرات العالمية أداة أساسية لتقييم فاعلية النماذج

الجدول (4) مؤشرات الاستدامة البيئية في إدارة المياه الحضرية

المؤشر البيني	رمز المؤشر	وحدة القياس	التعريف	مرجع علمي
مؤشر جودة المياه	*Water Quality Index*	مؤشر	تقييم جودة المياه الموزعة والمعاد استخدامها	(UN-Water, 2020;67)
الحد من التلوث	*Pollution Reduction Ratio*	%	نسبة الانخفاض في الملوثات	(OECD, 2021; 110)
تحسين التنوع البيولوجي	*Biodiversity Enhancement Score*	مؤشر	أثر النظام على النظم البيئية	(FAO, 2019;75)
الأمطار	*Harvesting Volume*		المحتصدة من الأمطار	(60
إمداد المياه المستدام	*Sustainable Water Supply Index*	مؤشر مركب	قدرة النظام على الاستمرار دون استنزاف الموارد	(OECD, 2021;102)

المصدر: من اعداد الباحثين، بالاعتماد على المصادر اعلاه. المصدر: من اعداد الباحثين، 2026.

مؤشرات الجانب النظري

تكتسب مؤشرات الجانب النظري أهمية كبيرة في دراستنا؛ إذ تسهم في تحويل المفاهيم النظرية المجردة إلى متغيرات قابلة للقياس والتحليل، مما اتاح للباحثين إمكانية اختبارها وتطبيقها في الجانب العملي بصورة منهجية، وكما موضح في الجدول(5).

ويوضح الجدول(2) كيفية ربط التخطيط الحضري بالممارسات الدائرية للمياه، فمؤشرات مثل تكامل استعمالات الأرض–المياه وتصميم البنية الخضراء–الزرقاء وتُظهر كيف يمكن دمج حلول إدارة المياه ضمن البنية الحضرية، بينما يقيس قابلية الانتقال الدائري مدى استعداد المدينة لاعتماد الاستدامة على المستوى التخطيطي.

(Wong & Brown,2009 & Geissdoerfer et al

الجدول (3) مؤشرات التخطيط الحضري المرتبطة بالاقتصاد الدائري للمياه

المؤشر التخطيطي	رمز المؤشر	وحدة القياس	التعريف	المراجع المعتمدة للمؤشر
تكامل استعمالات الأرض–المياه	*Land–Water Integration Index*	مؤشر تقييم	مدى دمج التخطيط المائي بأنشطة الأرض	(Wong & Brown, 2009;) 853
مرونة الأنظمة الحضرية	*Urban Resilience Score*	مؤشر	قدرة المدينة على الصمود أمام مخاطر مائية	(Meerow et al, 2016;75)
تصميم بنية خضراء–زرقاء	*Green–Blue Infrastructure Index*	مساحة/كثافة	مدى انتشار البنية الخضراء–الزرقاء	(Benedict & McMahon, 2012;40)
قابلية الانتقال الدائري	*Circular Transition Indicator*	مؤشر مركب	مدى قدرة المدينة على التحول الدائري في نمط الإدارة	(Geissdoerfer et al, 2017; 58)

المصدر: من اعداد الباحثين، بالاعتماد على المصادر اعلاه.

مساحات خضراء، مجاورات زراعية (بساتين)، وشبكات ري حديثة، وتتنوع شبكات الموارد المائية في منطقة الدراسة كالاتي:-

1) شبكات المياه: توزع المياه الحضرية على المجمعات السكنية والمناطق الخضراء والزراعية عبر شبكات رئيسية وفرعية.

2) المبازل والقنوات المائية: الموضحة في الخريطة(2) اذ يمكن إدخال هذه العناصر ضمن التصميم لتربط المياه الجوفية والمياه المعالجة بالمساحات الخضراء والبساتين الموجودة بكثرة في المنطقة؛ ويتيح هذا التنفيذ توجيه المياه بشكل فعال، وتحقيق الاستخدام الأمثل للموارد المائية، بما يتوافق مع مبادئ الاقتصاد الدائري في إدارة أنظمة المياه الحضرية داخل التصميم.

3) الموارد المائية غير التقليدية: مياه الأمطار وإعادة استخدام المياه المعالجة والمياه الجوفية محدودة الاستخدام.

يوضح الجدول (6) المؤشرات الرئيسية للواقع المائي في المنطقة، والتي تعكس حالة شحة المياه، ونقص دمج الموارد غير التقليدية، وأهمية الحاجة لتطبيق نموذج الاقتصاد الدائري لتحسين الاستدامة.

الجدول (6) البيانات المائية الأساسية لمنطقة الدراسة

المؤشر	القيمة الحالية	وحدة القياس	الملاحظات	المراجع المستخدم بالمعلومات
متوسط استهلاك المياه السنوي	500	م³/سنة 1000 نسمة	يشمل الاستخدام الزراعي	مديرية الموارد المائية، 2025.
نسبة المياه المهدرة	32	%	في شبكات التوزيع التقليدية	مديرية الموارد المائية، 2026.
المياه المعاد استخدامها	5	%	إعادة استخدام محدودة في المساحات الخضراء(السقي)	PUB, 2021; 22

الجدول (5) مؤشرات الجانب النظري

ت	المؤشر	التعريف بالمؤشر	طريقة القياس التطبيقية
1	مؤشر كفاءة استخدام المياه	يقيس مدى كفاءة استهلاك المياه داخل النظام الحضري مقارنة بالاحتياج الفعلي	**كمية المياه المستهلكة ÷ عدد السكان أو المساحة العمرانية**
2	مؤشر إعادة استخدام المياه المعالجة	يقيس نسبة المياه المعالجة التي يعاد استخدامها في الري أو المساحات الخضراء	**حجم المياه المعاد استخدامها ÷ إجمالي المياه المعالجة**
3	مؤشر حصاد مياه الأمطار	يقيس قدرة النظام الحضري على جمع وتخزين مياه الأمطار واستخدامها	**حجم المياه المحصودة ÷ إجمالي كمية الأمطار السنوية**
4	مؤشر تقليل فاقد المياه	يقيس نسبة تقليل الهدر في شبكات التوزيع	**المياه المنتجة – المياه المستهلكة ÷ المياه المنتجة**
5	مؤشر تكامل البنية التحتية المائية	يقيس درجة ترابط شبكات المياه مع البنية التحتية الحضرية الأخرى	**عدد الأنظمة المائية المتكاملة (ري، صرف، حصاد مياه)**
6	مؤشر استخدام المياه في المساحات الخضراء	يقيس كفاءة استخدام المياه في الحدائق والممرات الخضراء	**مساحة المساحات الخضراء المروية بالمياه المعالجة**
7	مؤشر دعم الزراعة الحضرية	يقيس دور النظام المائي في دعم البساتين والزراعة المجاورة للمدينة	**كمية المياه المستخدمة في الري الزراعي**
8	مؤشر الاستدامة البيئية للمياه	يقيس تأثير النظام المائي على البيئة الحضرية	**نسبة المياه المعاد استخدامها + تقليل الفاقد**
9	مؤشر مرونة النظام المائي الحضري	يقيس قدرة النظام على مواجهة شح المياه والتغير المناخي	**تنوع مصادر المياه (جوفية، أمطار، معالجة/استخدام)**
0	مؤشر الاقتصاد الدائري للمياه	يقيس مستوى تطبيق مبادئ الاقتصاد الدائري داخل النظام المائي الحضري	**نسبة إعادة الاستخدام + نسبة حصاد المياه**

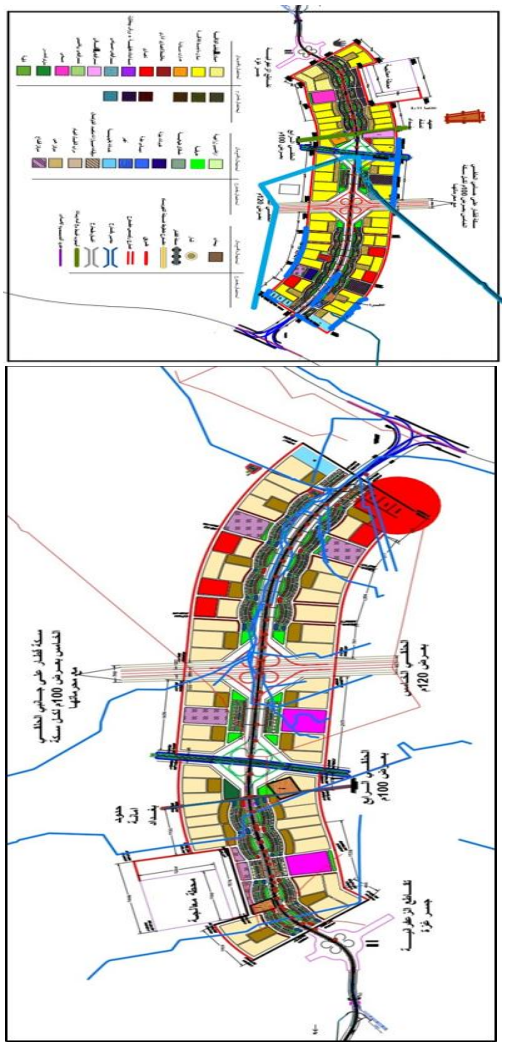
المبحث الثالث: الجانب التطبيقي

3-1- دراسة واقع حال منطقة الدراسة: تقع منطقة مقتربات طريق دورة–يوسفية في جنوب شرق مدينة بغداد، وتعد من المشاريع الحضرية الاستراتيجية ضمن إطار السياسات العامة للتخطيط العمراني للبلد، والتي تصدرها المديرية العامة للتخطيط العمراني، اذ تمتد المنطقة على مساحة واسعة تتضمن استعمالات متعددة: سكنية أفقية وعمودية،

3-3-3 تحسين كفاءة الشبكات المائية وتقليل الفاقد

- صيانة القنوات والمبازل لتقليل التسربات.
- استخدام أنظمة تدفق ذكية لضبط توزيع المياه حسب الطلب.
- مراقبة مؤشرات الأداء المائي (كمية المياه الموزعة، نسبة الفاقد، نسبة إعادة الاستخدام).

الخريطة(2) تبين القنوات المائية والمبازل والانهر النافذة في منطقة الدراسة



المصدر: اعداد فريق تصميم طريق دورة يوسفية في المديرية العامة للتخطيط العمراني،2026.

ويوضح الجدول(7) الإجراءات العملية لتطبيق مبادئ الاقتصاد الدائري، والنتائج المتوقعة لكل

حصاد مياه الأمطار	000	م³/سنة	محدود ويفتقر للبنية التحتية الكاملة	**FAO, 2019; 60**
عدد القنوات والمبازل	12	وحدة	تربط المياه بالمسطحات الخضراء والبساتين	**مديرية الموارد المائية، 2025.**

المصدر: من اعداد الباحثين،2026.

-2- الاستعمالات الموجودة في منطقة الدراسة

تتنوع الاستعمالات في منطقة الدراسة(تصميم طريق دورة-يوسفية) اذ توضح خريطة (1) استعمالات الارض والقنوات المائية والانهر الوقع من ضمن التصميم.

3-3- تطبيق الاقتصاد الدائري في منطقة الدراسة:

كون منطقة الدراسة فيها الكثير من القنوات المائية والمبازل والانهر المبطنة والغير مبطنة، الموضحة في الخريطة(2) اذ ارتأى الباحثين الى اعتماد تطبيق الاقتصاد الدائري في إدارة المياه الحضرية من خلال إعادة توجيه التدفقات المائية بحيث يتم تقليل الفاقد، إعادة استخدام الموارد غير التقليدية، وضمان استدامة البيئة والأنظمة الحضرية، في تصميم مقتربات طريق دورة–يوسفية، ليشمل التطبيق ثلاثة محاور رئيسة:

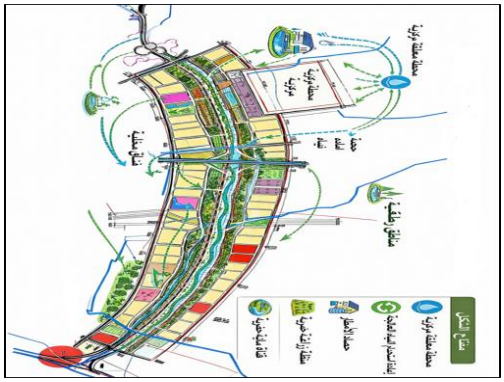
3-3-1 إعادة استخدام المياه المعالجة والمياه الرمادية يتم من خلال:-

- توجيه المياه المعالجة إلى الحدائق والمساحات الخضراء والبساتين المجاورة.
- تحسين شبكات الري لتقليل الفاقد.
- دمج مستشعرات مراقبة التدفق لضمان الاستخدام الأمثل.

3-3-2 حصاد مياه الأمطار واستخدامها بفاعلية

- تركيب خزانات حصاد مياه الأمطار في المناطق المفتوحة.
- توجيه المياه المجمعة إلى المسطحات الخضراء والبساتين.
- ربط الحصاد بنظام مراقبة للتأكد من الكفاءة في الاستخدام.
-

دورة حضرية مستمرة، بما ينسجم مع مبادئ الاقتصاد الدائري في إدارة الموارد الطبيعية، وكما موضح في الشكل (5) . **الشكل(5) يبين فكرة بناء خريطة توضح النموذج التخطيطي**



المصدر: من اعداد الباحثين بالاعتماد على برنامج (AI_ Bettermaps)، 2026.

يعتمد نموذج إدارة أنظمة المياه الحضرية المقترح اعلاه على توظيف مبادئ الاقتصاد الدائري في إدارة الموارد المائية المتاحة ضمن التصميم الحضري لمقتربات طريق دورة – يوسفية؛ ويقوم هذا النموذج على استثمار البنية المائية القائمة في المنطقة، والتي تتمثل بوجود شبكة من القنوات المائية، والمبازل الزراعية، والأنهر المبطنة وغير المبطنة، فضلاً عن تخصيص موقع لمحطة معالجة مركزية ضمن التصميم الحضري المقترح.

وتظهر الخريطة التحليلية اعلاه للنموذج وجود منظومة مائية مترابطة يمكن استثمارها في بناء نظام دائري لإدارة المياه، إذ تتوزع مكونات النظام على عدة عناصر رئيسة تشمل:

1. محطة المعالجة المركزية للمياه.
2. القنوات المائية الحضرية.
3. المناطق الخضراء والمساحات المفتوحة.
4. المناطق الزراعية المحيطة (البساتين).
5. منظومات حصاد مياه الأمطار.
6. شبكات إعادة استخدام المياه المعالجة.

ويعتمد نموذج إدارة أنظمة المياه الحضرية في منطقة الدراسة على مقاربة الاقتصاد الدائري التي تهدف إلى تقليل الهدر المائي وتعظيم كفاءة استخدام الموارد المائية داخل النظام الحضري. ويقوم النموذج على تحويل النظام المائي من نظام خطي تقليدي (استخراج – استخدام – تصريف) إلى نظام دائري محور، والمقاييس القابلة للقياس، وهذا يساعد على ربط النظرية بالتطبيق الواقعي ويجعل النتائج قابلة للتحليل العلمي.

الجدول (7) يبين محاور تطبيق الاقتصاد الدائري لإدارة المياه الحضرية في منطقة الدراسة

المحور	المؤشرات المرتبطة	النتائج المتوقعة	الإجراءات
إعادة استخدام المياه المعالجة	نسبة المياه المعاد استخدامها (%)، كفاءة الاستهلاك	تقليل استهلاك المياه التقليدية، زيادة إعادة الاستخدام	**توجيه المياه المعالجة للحدائق والبساتين، تركيب مستشعرات تدفق**
حصاد مياه الأمطار	حجم مياه الأمطار المحصودة (م³/سنة)، نسبة التغطية	تغطية احتياجات المساحات الخضراء والبساتين، تقليل استهلاك مياه الشبكة	**خزانات، ربطها بالمسطحات الخضراء**
تحسين كفاءة الشبكات	نسبة الفاقد (%)، كفاءة توزيع المياه (%)	تقليل الفاقد المائي، تحسين التوزيع	**صيانة القنوات والمبازل، أنظمة تدفق ذكية**

وللأمانة العلمية تم توليد نموذج تخطيطي من خلال استخدام برنامج (AI_ Better maps)، كالاتي:

3-4- بناء نموذج ادارة أنظمة المياه الحضرية

ان المؤشرات التطبيقية للنموذج الحضري لإدارة المياه يبينها

وبناءً على مؤشرات الأداء المائي والتخطيطي للواقع الحالي والسيناريو المستقبلي تم بناء خريطة توضح النموذج التخطيطي الموضح في شكل(5) ويعمل هذا النظام بوصفه منظومة تكاملية لإدارة الموارد المائية، بحيث يتم تحويل المياه من مورد يُستخدم مرة واحدة إلى مورد متجدد يُعاد استخدامه ضمن

خريطة (3) تبين موقع محطة المعالجة المقترحة



الشكل (7) يبين موقع محطة المعالجة في التصميم

اذ يتم جمع مياه الصرف الصحي والمياه الرمادية من المناطق السكنية والتجارية في المشروع ونقلها إلى محطة المعالجة المقترحة، وبعد معالجتها باستخدام تقنيات المعالجة الخماسية المشار اليها في الشكل(6) انف الذكر، يمكن إعادة استخدامها في ري المساحات الخضراء والحدائق الحضرية وأحزمة التشجير المحيطة بالطريق، فضلاً عن استخدامها في دعم الأنشطة الزراعية في البساتين المجاورة لمنطقة الدراسة.

وتُظهر الخريطة(3) اعلاه وجود شبكة من المبازل والقنوات المائية التي يمكن دمجها في منظومة الإدارة المائية الحضرية عبر تحويلها إلى ممرات مائية حضرية متعددة الوظائف.

ويمكن استغلال محطة المعالجة الموجودة حالياً وتقسيمها إلى وحدات صديقة للبيئة تعمل ضمن نظام مائي محكم وذكي يعمل بالذكاء الاصطناعي (AI)، يتيح التحكم في تدفق المياه، تخزينها، وإعادة توجيهها نحو الاستخدامات الحضرية المختلفة بكفاءة عالية، بما يدعم مبادئ الاقتصاد الدائري في إدارة الموارد المائية؛ إذ يمكن استخدام القنوات التابعة لها لتصريف مياه الأمطار، وتخزين جزء منها بشكل مؤقت، فضلاً عن استغلالها كمسارات لنقل المياه المعالجة نحو مناطق الري والزراعة الحضرية، وذلك بفضل الموقع النموذجي للمحطة ضمن التصميم.

متكامل يعيد استخدام المياه ويستثمر المخلفات المائية بوصفها مورداً اقتصادياً وبيئياً، ويقوم النموذج التخطيطي التطبيقي المقترح على خمس وحدات تشغيلية رئيسية كما موضح في الشكل(6) ادناه:

الشكل (6) يبين النموذج التخطيطي التطبيقي المقترح

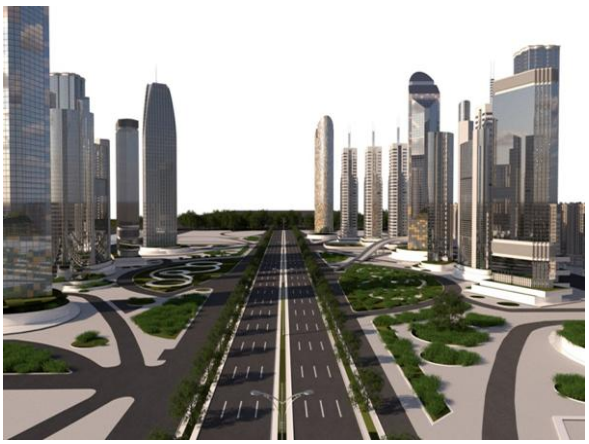
ويتكون النموذج(6) اعلاه من مجموعة مراحل خماسية مترابطة تبدأ من مصادر المياه مروراً بعمليات المعالجة والتوزيع والاستخدام الحضري، وصولاً إلى إعادة التدوير والاستفادة من المياه المعالجة، مما يحقق استدامة الموارد المائية ويقلل الضغط على المصادر الطبيعية.

3-5- تحليل السيناريوهات المستقبلية:

تُظهر في خريطة التصميم الحضري لمنطقة الدراسة(3) وجود شبكة مائية متداخلة تتكون من قنوات ري، ومبازل زراعية، ومجاري مائية مبطنة وغير مبطنة، إضافة إلى موقع مخصص لمحطة معالجة المياه، وتمثل هذه العناصر بنية تحتية مائية مهمة يمكن توظيفها ضمن نموذج متكامل لإدارة المياه الحضرية قائم على مبادئ الاقتصاد الدائري، الذي يهدف إلى تعظيم كفاءة استخدام الموارد المائية وتقليل الفاقد وإعادة إدخال المياه المعالجة في الدورة الحضرية بدلاً من التخلص منها.

وفي هذا السياق، يمكن إعادة تصور محطة المعالجة المقترحة بوصفها مركزاً دائرياً لإدارة الموارد المائية (Circular Urban Water Hub)، بحيث لا تقتصر وظيفتها على معالجة مياه الصرف فحسب، بل تتحول إلى عقدة مركزية لإعادة تدوير المياه وإعادة استخدامها في الأنشطة الحضرية والزراعية المحيطة

من خلال وجود موقع مميز في التصميم اعلاه (محطة معالجة المقترحة وبمساحة مناسبة) كما مبين في الشكل(7) يمكن استغلالها لمعالجة وإعادة استخدام المياه الحضرية



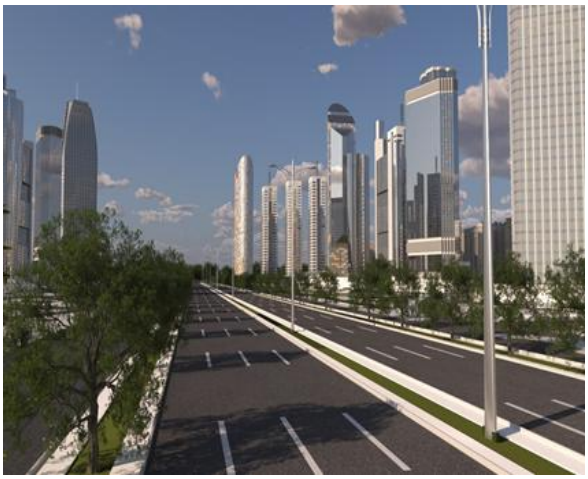
المصدر: اعداد فريق تصميم طريق دورة يوسفية في المديرية العامة للتخطيط العمراني،2026

مناقشة النتائج:-

1) أظهرت نتائج تطبيق مؤشرات تقييم الاقتصاد الدائري للمياه في منطقة دورة-يوسفية أن النظام المقترح لإدارة المياه الحضرية يمتلك قدرة عالية على تحسين كفاءة استخدام الموارد المائية ضمن التصميم الحضري المقترح.
2) بينت المؤشرات المعتمدة أن توظيف محطة المعالجة المركزية ضمن منظومة القنوات المائية والمبازل الزراعية يسهم في تعزيز إعادة استخدام المياه وتقليل الفاقد المائي في النظام.
3) أظهرت نتائج مؤشر إعادة استخدام المياه (Water Reuse Ratio) إمكانية إعادة توظيف جزء كبير من المياه المعالجة في ري المساحات الخضراء والمناطق الزراعية المحيطة، الأمر الذي يقلل الاعتماد على مصادر المياه العذبة ويعزز كفاءة النظام المائي الحضري، ويعد هذا المؤشر من أهم مؤشرات الاقتصاد الدائري، إذ يعكس قدرة النظام على إبقاء الموارد المائية ضمن الدورة الحضرية لأطول فترة ممكنة يمكن تطبيقه في مشروع دورة-يوسفية.
4) تبين فيما يتعلق بمؤشر كفاءة توزيع المياه أن دمج القنوات المائية الموجودة ضمن التصميم الحضري يسهم في تقليل مسافات نقل المياه وتحسين كفاءة توزيعها داخل المنطقة، مما يؤدي إلى تقليل الفاقد المائي الناتج عن التسرب أو سوء إدارة الشبكات.
5) أظهرت نتائج تطبيق نموذج إدارة أنظمة المياه الحضرية المقترح أن دمج مبادئ الاقتصاد الدائري ضمن التخطيط الحضري يمكن أن يسهم في تحويل

وان الفريق في المديرية العامة للتخطيط العمراني، يقوم بتصميم نموذج الاقتصاد الدائري للمياه الحضرية على دمج البنية التحتية الخضراء (المساحات الخضراء والأحزمة النباتية) مع البنية التحتية الزرقاء (القنوات والمجاري المائية)، مما يساعد هذا التكامل في تحسين إدارة الجريان السطحي، وتقليل الفيضانات الحضرية، وتعزيز التوازن البيئي في منطقة المشروع، الذي يجمع بين المناطق الخضراء والترفيهية والمسطحات المائية وبين الاستعمالات السكنية فتكون بيئة خضراء مستدامة، كما موضح في الصور ادناه.

الصور(1) يبين تصميم بانوراما طريق دورة يوسفية المستقبلي





4) تُبين من خلال المؤشرات والنماذج التحليلية المستخدمة في الدراسة، إن النموذج المقترح لإدارة أنظمة المياه الحضرية في منطقة الدراسة(دورة-يوسفية) يتمتع بدرجة عالية من الكفاءة في تحقيق مبادئ الاقتصاد الدائري، إذ يتيح هذا النموذج إمكانية إعادة استخدام المياه المعالجة وتحسين إدارة الموارد المائية ضمن النظام الحضري.

5) يركز النموذج المقترح على رفع كفاءة التوزيع وتقليل الفاقد المائي في الشبكات من خلال استخدام تقنيات الإدارة الذكية للمياه داخل المدن الحضرية. 7) تبين ان النموذج التخطيطي الى تحسين العمليات التخطيطية التقليدية إلى تحسين نوعية المياه وإعادة إدخالها في النظام الحضري سواء للاستخدام البشري أو للاستخدامات الزراعية والصناعية.

7) استنتج الباحثين ان الاقتصاد الدائري يهتم بتنو8) مصادر المياه وتقليل الاعتماد على مصدر واحد لضمان الاستدامة المائية في مشروع دورة-يوسفية.

8) هذا النموذج التخطيطي يصلح كقاعدة لتعميم الاقتصاد الدائري على مشاريع أخرى في مدينة بغداد ومدن بلدنا العزيز كافة.

التوصيات:-

1) ضرورة تبني نموذج تخطيطي حضري قائم على مبادئ الاقتصاد الدائري في إدارة المياه، بحيث يتم الانتقال من النمط التقليدي القائم على الاستهلاك والتصريف إلى نموذج يعتمد على إعادة الاستخدام والمعالجة واستثمار الموارد المائية بكفاءة أعلى.

2) تعزيز استخدام التقنيات الحديثة الذكية في مجال التخطيط العمراني عند اعداد التصاميم الاساسية والقطاعية والاهتمام بإدارة شبكات المياه الحضرية، لما توفره من قدرة على تحليل البيانات المكانية وتحديد مناطق الهدر والتسرب وتحسين كفاءة التوزيع.

3) دعم سياسات إعادة استخدام المياه المعالجة في القطاعات الزراعية والصناعية والخدمية داخل المدن، بما يسهم في تقليل الضغط على الموارد المائية التقليدية وتحقيق الاستدامة المائية.

النظام المائي في منطقة الدراسة (دورة-يوسفية) من نظام تقليدي يعتمد على الاستهلاك والتصريف إلى نظام دائري متكامل قائم على إعادة الاستخدام والاستدامة الحضرية.

6) أظهر التحليل أن وجود شبكة مائية طبيعية ضمن منطقة دورة-يوسفية يمثل فرصة تخطيطية مهمة لتطبيق مبادئ الاقتصاد الدائري، إذ يمكن استثمار هذه الشبكة في نقل المياه المعالجة وإعادة استخدامها ضمن النظام الحضري.

ان وجود محطة المعالجة المقترحة ضمن التصميم دورة-يوسفية يتيح إمكانية إنشاء حلقة مائية حضرية مغلقة (Closed Urban Water Loop) تعمل على معالجة المياه وإعادة إدخالها في النظام الحضري بدلاً من تصريفها خارج منطقة دورة- يوسفية.

بين النموذج التخطيطي المقترح لإدارة المياه الحضرية أن النظام المائي في منطقة الدراسة يمكن أن يعمل ضمن دورة متكاملة تتكون من عدة مراحل تشمل(مرحلة تجميع المياه- مرحلة المعالجة- مرحلة اعادة الاستخدام- مرحلة إعادة الاستخدام والتدوير -مرحلة الاسترداد البيئي الحضري) كلها تعمل ضمن منظومة متكاملة في منطقة دورة-يوسفية.

9) يسهم هذا النموذج المعتمد في الدراسة في دعم التوجهات الحديثة في التخطيط الحضري المستدام التي تعتمد على دمج البنية التحتية الخضراء مع أنظمة إدارة الموارد الطبيعية.

الاستنتاجات:-

بناءً على شقي البحث النظري والتطبيقي توصل الباحثين الى مجموعة من الاستنتاجات اهمها:

1) تبين ان الاقتصاد الدائري يعتمد على تحويل ادارة نظام المياه الحضري من نظام استهلاكي إلى نظام منتج للموارد.

2) ان وجود محطة معالجة في التصميم يعطي تصوراً مهما في رسم ادارة انظمة المياه الحضرية حيث يتم معالجة المياه في محطة المعالجة المركزية باستخدام تقنيات المعالجة الحديثة.

3) يساهم النموذج المطبق في الدراسة في تعزيز التكامل بين التخطيط الحضري وإدارة الموارد المائية، مما يساعد على تحقيق الاستدامة البيئية والاقتصادية في المناطق الحضرية.

4) تطوير البنية التحتية لأنظمة المياه الحضرية من خلال إدخال تقنيات المعالجة المتقدمة وإعادة تدوير المياه الرمادية، بما ينسجم مع مبادئ الاقتصاد الدائري ويعزز كفاءة استثمار الموارد.

5) تعزيز التكامل بين التخطيط العمراني وإدارة الموارد المائية من خلال إدماج مبادئ الاقتصاد الدائري ضمن الخطط الاستراتيجية للمدن العراقية، لضمان تحقيق إدارة مستدامة للمياه في البيئات الحضرية.

6) تشجيع الشراكة بين المؤسسات الحكومية والقطاع الخاص والمجتمع المحلي في تنفيذ مشاريع إدارة المياه الحضرية وفق نموذج الاقتصاد الدائري، بما يسهم في توفير التمويل والخبرات التقنية اللازمة.

7) ضرورة تطوير مؤشرات قياس أداء لإدارة المياه الحضرية وفق الاقتصاد الدائري، لتمكين صناع القرار من تقييم كفاءة الأنظمة المائية وتحسين عمليات التخطيط والإدارة.

8) الاهتمام بنشر الوعي المجتمعي حول أهمية ترشيد استهلاك المياه وإعادة استخدامها، لأن نجاح نماذج الاقتصاد الدائري في المدن يعتمد بدرجة كبيرة على سلوك المستخدمين.

قائمة المصادر والمراجع

[1] أحمد، محمد عبد الكريم، (2018)، البنية التحتية الخضراء والتخطيط الحضري المستدام، دار الفكر العربي، القاهرة-مصر.

[2] أحمد، محمد علي، (2017)، الاستدامة في إدارة الموارد المائية الحضرية: المنظور والتحديات، مجلة الدراسات البيئية، العدد 14، المجلد 2 .

[3] حسن، محمد عبد الله، (2021)، التحول نحو الاقتصاد الدائري في المدن العربية، دار الأكاديميون للنشر والتوزيع، القاهرة-مصر.

[4] الربيعي، نمير، (2018)، إدارة المياه في المدن العربية: أنماط التحول وأدوات التطبيق، دار العلوم الحديثة، صنعاء-اليمن.

[5] الزعبي، سمير، (2021). حوكمة المياه في التخطيط الحضري، مجلة البحوث الإنسانية، العدد9، المجلد (1).

[6] العاني، سعد عبد الرحمن،(2020)، الاقتصاد الدائري وإدارة الموارد الحضرية، مجلة التخطيط ، العدد 12، المجلد 3، القاهرة-مصر.

[7] العبدلي، فهد صالح محمد، (2021)، إدارة المياه الحضرية في ظل الاستدامة البيئية، دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع، عمان-الاردن.

[8] النجار، سامي حسين عبد الله، (2020)، الاقتصاد الدائري وتطبيقاته في المدن العربية، مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت-لبنان.

[9] برنامج الأمم المتحدة للبيئة، (2019)، الاقتصاد الدائري وتحقيق أهداف التنمية المستدامة، برنامج الأمم المتحدة للبيئة، نيروبي- كينا.

[10] البنك الدولي، (2020)، إدارة الموارد المائية في المدن: نحو نموذج دائري مستدام، واشنطن- الولايات المتحدة الامريكية.

[11] وزارة الاعمار والاسكان والبلديات العامة/ المديرية العامة للتخطيط العمراني،(2026)، بيانات غير منشورة، بغداد-العراق.

[12] Andersson, Erik, (2020), Cloudburst Management in Copenhagen. Urban Water Journal, 15(2).

[13] Benedict, Mark & McMahon ،Edward T, (2012) , Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities. Washington, DC: Island Press.

[14] Brown, Rebekah Ruth ،& Wong ، Tony H. F. (2009), Water Sensitive Urban Design in Melbourne. Water Science & Technology, 60(3).

[15] Brown ،Rebekah Ruth, Keath, Nina, & Wong ،Tony H. F, (2009) , Urban Water Management in Cities: Historical, Current and Future Regimes. Water Science & Technology, 59(5).

[16] City of Amsterdam, (2020) , Amsterdam Circular Strategy 2020–2025. Amsterdam: Municipality of Amsterdam.

[17] Ellen MacArthur Foundation, (2015), Towards the Circular Economy. Cowes: Ellen MacArthur Foundation.

[18] European Commission, (2020) , Circular Economy Action Plan. Brussels: European Commission.

[19] FAO ,Food and Agriculture Organization, (2019) , Water Management in Urban Settings: Integrative Approaches. Rome: FAO.

[20] Frantzeskaki ،Niki, (2019) , Urban Sustainability Transitions and Resilience. Sustainability, 11(4).

[21] Frantzeskaki ،Niki, (2019). Water Squares in Rotterdam. Sustainability, 13(6).

[22] Geissdoerfer, Martin, Savaget, Paulo, Bocken, Nancy M. P. ،& Hultink ،Erik Jan, (2017) , The Circular Economy – A New Sustainability Paradigm? Journal of Cleaner Production, 143.

[23] Kennedy ،Christopher ،Pincetl ، Stephanie ،& Bunje, Paul, (2011) , The Study of Urban Metabolism and Its Applications to Urban Planning and Design. Environmental Pollution, 159(8–9).

[24] Meerow, Sara, Newell, Joshua & Stults ،Melissa, (2016) , Defining Urban Resilience: A Review. Landscape and Urban Planning, 147.

[25] OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development, (2021) , Water Governance and Circular Practices. Paris: OECD.

[26] Public Utilities Board, (2021). Singapore Water Management Report. Singapore: Government of Singapore.

[27] UN-Water, (2020) , Integrated Monitoring Guide for Sustainable Development Goal 6. Geneva: United Nations.

[28] Wong ،Tony & Brown ،Rebekah Ruth, (2009) , The Water Sensitive City: Principles for Practice. Water Science and Technology, 60(3).

[29] Wong ،Tony H. F. ،& Brown ، Rebekah Ruth, (2009) , Water Sensitive Urban Design. Melbourne: Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities.

[30] World Bank, (2020) ,Water in Circular Economy and Resilience. Washington, DC: World Bank.

[31] World Bank, (2021) , Circular Economy in Cities. Washin

استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي عبر مستكشف (Copernicus)
لتحليل خرائط المؤشرات الزراعية في ريف قضاء هيت

ا.د احمد محمد جهاد الكبيسي[1] **ا.د كمال صالح كزكوز العاني [2]**
prof.ahmed.m.j.alkubaisi@gmail.com https://orcid.org/0000-0002-2124-2872
[1] قسم تربية الفلوجة، المديرية العامة لتربية الانبار، وزارة التربية، الفلوجة، العراق
[2] متقاعد - قسم الجغرافية، كلية الاداب، جامعة الانبار، الرمادي، العراق

الملخص

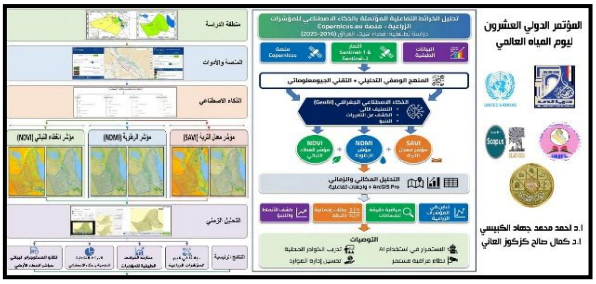
هدفت الورقة البحثية الى استخدام تقنية الخرائط التفاعلية المدمجة بالذكاء الاصطناعي عبر مستكشف (Copernicus.eu) الذي يحتوي على أرشيف كامل لمجموعة مرئيات Sentinel وCopernicus(Optical وSAR وDEM) وSentinel وGlobal Mosaics، لتحليل المؤشرات الزراعية لطبقات:(Ndvi، EVI، NDMI، SAVI) للمدة (2016-2025) لقضاء هيت في محافظة الانبار بالعراق. والهدف الرئيس هو تسليط الضوء على الاداة المستخدمة لتمثيل الظاهرة الجغرافية. تم تحليل خرائط للمؤشرات الطيفية للمدة الزمنية وعمل مقارنة بينها لمراقبة التغير، فضلا عن الفاصل الزمني وهستكرام بياني لمؤشر الغطاء الأرضي وبينت النتائج وجود تباين في قيم مساحة الأراضي الزراعية، فضلا عن تباين في قيم مؤشرات طبقات لوحة الزراعة. تقدم الورقة البحثية سؤال المشكلة: كيف يمكن استخدام الخرائط التفاعلية المدمجة بالذكاء الاصطناعي لتحليل المؤشرات الزراعية؟ وهل يوجد تغير بين المؤشرات خلال مدة الدراسة؟ تستند الى فرضية " استخدام الخرائط التفاعلية المدمجة بالذكاء الاصطناعي لتحليل المؤشرات الزراعية، لاستكشاف التغير بين المؤشرات خلال مدة الدراسة"، تكمن أهمية الورقة باستخدام التكنولوجيا الحديثة، كمستكشفات الخرائط التفاعلية المدمجة بالذكاء الاصطناعي والتعلم الالي، في مجال تحليل المؤشرات الزراعية. من بيانات نطاقات متعددة المستشعرات المرئية وهي (Ndvi بناء على النطاقات - B8 (B8 + B4) / (B4 Barren Soil EVI، بناء على النطاقات: BSI، B08، B11 Moisture Index بناء على النطاقات (B8A - B11) / (B8A + B11)، Moisture Stress ، NDMI ، استنادا إلى النطاقات B11 و B08 و B02، SAVI)

الكلمات المفتاحية:

خرائط تفاعلية; أراضي زراعية; مستكشف ويب; مرئيات فضائية;مراقبة تغير

لتحليل المؤشرات الزراعية ضمن أدوات المستكشف التفاعلي. يلاحظ الشكل (1) مخطط ملخص البحث.

الشكل 1: مخطط مفاهيمي لملخص البحث



المصدر: من عمل الباحثان باستخدام نموذج الذكاء الاصطناعي (ارينا-كلاويد – اوبيس-32)

مشكلة البحث(The Problem)

تكمن المشكلة في صعوبة معالجة البيانات الكبيرة والتحليلات المكانية والاحصائية يدوياً. وضعف استخدام التقنيات ،تطرح المشكلة التساؤل الاتي:

"إلى أي مدى تساهم تقنيات الذكاء الاصطناعي المدمجة في منصة (Copernicus) في تحسين دقة تحليل المؤشرات الزراعية واختزال زمن المعالجة الكارتوغرافية لرصد التغيرات المكانية في منطقة البحث؟" وكيف يمكن تطبيق ذلك؟

فرضيات البحث(The Hypothesis)

يفترض البحث أن:

1. "دمج خوارزميات الذكاء الاصطناعي في منصات تفاعلية يوفر دقة أعلى في تحليل المؤشرات الزراعية المعقدة مقارنة بالطرق التقليدية"
2. استخدام مستكشف (Copernicus) يتيح كشفاً لحالات المؤشرات الطيفية في منطقة البحث مما يسهل عملية المقارنة الزمنية بين (2016-2025) بدقة إحصائية وكارتوغرافية عالية"

أهدف البحث:(The Objective)

تقييم أدوات الأتمتة والذكاء الاصطناعي في منصة (Copernicus) لاستخراج الخرائط التفاعلية والبيانات الإحصائية لرصد ولتحليل المؤشرات الزراعية باعتبارها ظاهرة جغرافية. والتعرف على الأدوات وخصائص المستكشف لتقييم كفاءة الخرائط في دعم اتخاذ القرارات وتعزيز التنمية المستدامة في المناطق الريفية. فضلاً عن ادوات الذكاء الاصطناعي.

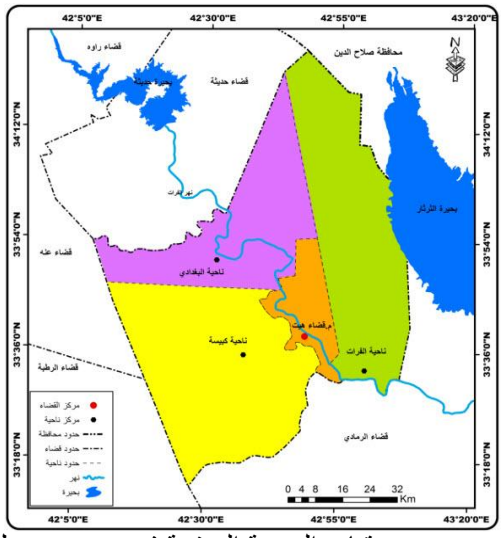
المقدمة

ان تسارع التكنولوجيا في خطواتها نحو المستقبل يتدارك العالم نحو التطور في ظل صناعة المواقع وبرمجة اللغات وتقنيات الذكاء الاصطناعي المؤتمت بالتعلم الالي والتعلم العميق مع لغات (Python, JavaScript and CC Plus)ما انفك ينتقل الباحثون ومنهم الجغرافيين الغارقين في بحر التقنيات والشغف الضالع في تقنياتها وبرامجها وادواتها نحو فلسفة متعمقة للولوج الى مواقع تفاعلية لصناعة الخرائط مع تحليلات مباشرة لتصبح عبارة عن سحابة خزن لبيانات الأرض وطبقات المرئيات الفضائية لمختلف المصادر واهمها مجموعة Sentinel) و Copernicus Contribute Missions Optical و SAR و.(DEM

اذ سعى البحث الى استثمار أدوات المستكشف التفاعلي (Copernicus) لما يحتوي على طبقات وأدوات لتحليل مؤشرات عديدة عن الأرض ونظرا للكم الكبير منها ولضيق مساحة البحث ارتأى الباحثان الى تناول المؤشرات الزراعية باعتبارها ذات دلالات مهمة في الإنتاج الزراعي ومستقبل التنمية المستدامة فقد استندت المؤشرات على بيانات نطاقات متعددة لمصادر المستشعرات المرئية وهي Ndvi) بناء على النطاقات (B8 + B4) / (B8 - B4) ، EVIمؤشر الغطاء النباتي المحسن، التربة القاحلة Barren Soilبناء على النطاقات BSI :، B08 ، B11 مؤشر الرطوبة Moisture Index بناء على النطاقات(B8A + B11) / (B8A - B11) ،مؤشر إجهاد الرطوبة Moisture Stress ، تصنيف NDMIللري، الزراعة استنادا إلى النطاقات B11 و B08وB02 ، SAVIمؤشر الغطاء النباتي المعدل للتربة.

تم تطبيق البحث لتحليل المناطق في ريف قضاء هيت، فضلا عن تحليل هستوكرام بياني وعرض ثلاثي الابعاد وتحليل زماني لمراقبة تغير مساحة الأراضي الزراعية والغطاء الأرضي وحجم التباين بين قيم المؤشرات للمدة (2016-2025). تناول البحث نظرة عامة عن مستكشف كوبرنيكوس ثم استعرض مفاهيم الاتمتة والخرائط المدمجة بالذكاء الاصطناعي وأخيرا تطرق الى الجانب التطبيقي

الخريطة 1: منطقة البحث



عبيد، معوقات التنمية الريفية في هيت وسبل معالجتها، مجلة كلية الاداب، جامعة بغداد ، العدد 139 (2021): الملحق (1) الجغرافيا،ص:361. DOI:https://doi.org/10.31973/aj.v2i13.2624 جمهورية العراق، وزارة الموارد المائية، الهيئة العامة للمساحة، خريطة العراق، الانبار، 2018، مقياس (1:1,000,000).

1. نظرة عامة على مستكشف copernicus.eu:

1.1 **خصائص نافذة المستكشف:** يعمل مستكشف كوبرنيكوس كمحور مركزي للوصول إلى ثروة مراقبة الأرض والبيئة واستكشافها والاستفادة منها البيانات المقدمة من البعثات المساهمة في Sentinel-1 و Sentinel-2 و Sentinel-3 و Sentinel-5P و Sentinel-6 و Copernicus Contribution Missions (Optical و SAR و DEM) ، و Sentinel-1 و Sentinel-2 Global Mosaics.موقع:(*browser.dataspace*) ، وتستخدم هذه المنصة خوارزميات تصنيف آلية (Automated Classification) أو معالجة سحابية مكثفة بخوارزميات رياضية، وهذا هو "الذكاء" المقصود، وليس مجرد حساب معادلة بسيطة للمؤشر. ويوفر بنية تحتية قائمة على الحوسبة السحابية لإجراء التحليلات الجغرافية المكانية.كما يمكن للمستخدمين تصور كل هذه البيانات ومقارنتها وتحليلها وتنزيلها لمجموعة متنوعة من التطبيقات،

أهمية البحث(The Importance)

يهدف البحث الى مواكبة التحول العصري نحو "الجغرافيا التقنية" ودمج الذكاء الاصطناعي في الدراسات المكانية كمستكشفات الخرائط التفاعلية. في مجال تحليل المؤشرات الزراعية ومراقبة مؤشرات الغطاء الأرضي، كما يحث على دمج التقنيات الحديثة مثل منصة (Copernicus.eu) في البحث الجغرافي للتخطيط والتنمية الزراعية.

منهج البحث (The Scientific Method)

يعتمد البحث على تداخل المناهج التالية:

1. المنهج الوصفي التحليلي: لوصف منطقة الدراسة (ريف قضاء هيت) وتحليل خصائصها الجغرافية.
2. المنهج التقني (الكارتوغرافيا الرقمية): باستخدام أدوات (Copernicus Browser)لتحويل البيانات الخام إلى خرائط تفاعلية مؤتمتة.
3. المنهج المقارن (Time-Series Analysis): للمقارنة بين الحالة الزراعية عام 2016 وعام 2025 لتحديد اتجاهات التغير.

أدوات ومصادر البحث: (Tools)

1. الموقع التفاعلي لمستكشف Copernicus.eu. الذي يحتوي على مصادر المستشعرات المرئية لمجموعة (Sentinel-2L2A3 وSAR وDEM).
2. وخرائط طبوغرافية بمقياس 1:100000.
3. مواقع خرائط تفاعلية OpenStreetMap , MapTiler.
4. نماذج الذكاء الاصطناعي (لوفارت-Lovart ، جيمناي برو-Gemini Pro)

منطقة البحث:

يقع قضاء هيت بين دائرتي(N"5.35'44°33) شمالاً وبين خطي طول (E"56.21'40°42) شرقاً كما يظهر في الخريطة (1). تبلغ مساحته (8353) كم بنسبة (4.98%) من مساحة محافظة الانبار (*هيئة الإحصاء العراقية*)، ويتكون من اربع وحدات ادارية مركز القضاء وناحية البغدادي وناحية الفرات وناحية كبيسة. (*عريم،الدليمي،2022، 414*) ، وتبعد عن محافظة بغداد بمسافة (180 كم) تتمتع بموقع أكسبها اختيار مركز تجاري لتبادل جميع الأنشطة الاقتصادية ، أما موقعها من محافظة الأنبار فإلى الشمال الغربي، وتبعد عن مركزها بمسافة (70) كم.(*امنة ـ شهلا* ، 2021 ، 360)

يجب إضافتهما إلى لوحة المقارنة. يمكن إضافة مرئيات إلى لوحة المقارنة بالنقر فوق الزر إضافة للمقارنة في كل

1. 4 أدوات: يحتوي المستكشف على العديد من الأدوات لفهم البيانات الموجودة على الخريطة بشكل أفضل وإعدادها لمشاركتها مع الآخرين. يمكن العثور على هذه الأدوات في الزاوية اليمنى العليا من المستكشف. يمكن تحديد منطقة البحث، أو قياس الصورة، أو تنزيلها، أو إنشاء فاصل زمني لمراقبة المنطقة على مدى مدة زمنية أطول، أو تحليل إحصائيات المؤشرات) على سبيل المثال، .(NDVI)

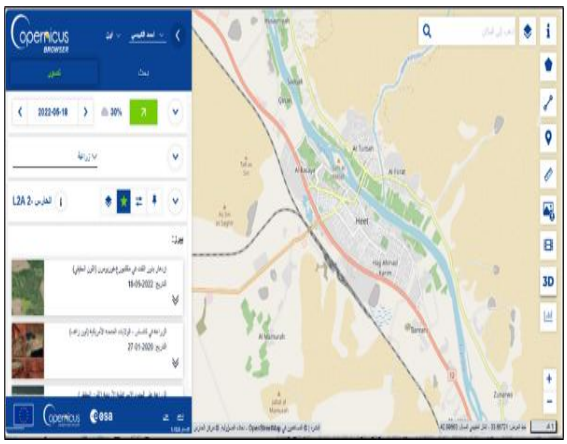
1. 5 التحليل الإحصائي: هناك الكثير من التحليلات الإحصائية التي يمكن إجراؤها في المستكشف. اعتمادا على نوع البيانات، يمكن إلقاء نظرة على توزيع قيم البيكسل بدقة 10 م، أو عرض التوقيع الط للمنطقة باستخدام المستكشف الطيفي ( ) أو، في حالة وجود مؤشرات، إلقاء نظرة على تغي ا بمرور الوقت باستخدام ميزة المعلومات الإحصائية ( ). الرسم البياني (documentation.dataspace) وباستخدام أداة Histogram ، يمكن عرض البيانات الإحصائية (توزيع القيم) لطبقات معينة من خلال النقر على الرمز .الشكل(4)، يتم حساب الرسم البياني للبيانات الموجودة داخل المستكشف، إذا تم تعريفها أو غير ذلك للشاشة بأكملها. تعمل هذه الأداة حاليا فقط مع طبقات المؤشرات الطيفية (على سبيل المثال، NDVI).

2. مفاهيم الاتمتة والخرائط المدمجة بالذكاء الاصطناعي:

تشكل خوارزميات الذكاء الصناعي أساس الأنظمة الذكية الحديثة، حيث تمكّن الآلات من التعلم والاستنتاج واتخاذ القرارات باستقلالية. أحدثت هذه الخوارزميات ثورة في مختلف المجالات، بدءًا من الرؤية الحاسوبية ومعالجة اللغة الطبيعية إلى الروبوتات وأنظمة التوصية. (جبور،2023) يعد فهم المفاهيم والأنواع الأساسية لخوارزميات الذكاء الصناعي أمرًا بالغ الأهمية لفهم تعقيدات الذكاء الصناعي وتطبيقاته الواسعة.

تأتي تقنية الاستشعار عن بعد كأحد أهم التقنيات الحديثة التي تستخدم في تتبع التغير في الغطاء الارضي في المراقبة المستمرة وتتميز هذه التقنية بقدرتها الفائقة على تقديم معلومات غزيرة عن الأرض ومواردها المختلفة، كما تساعد مرئيات الاقمار الصناعية في إنتاج الخرائط من المراقبة البيئية وإدارة الكوارث إلى التخطيط الحضري والزراعة(https://documentation) يلاحظ الشكل (1)

الشكل(1) شاشة عرض المستكشف

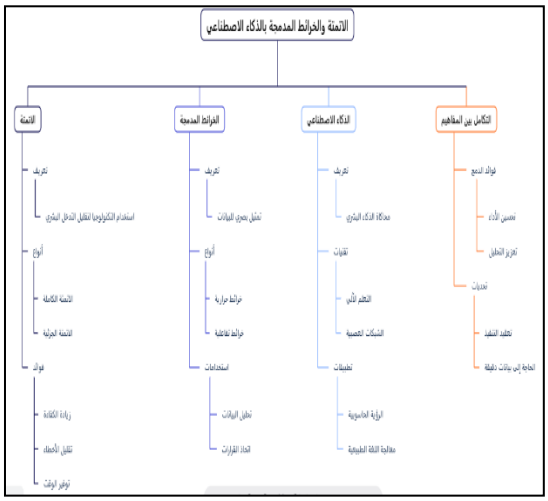


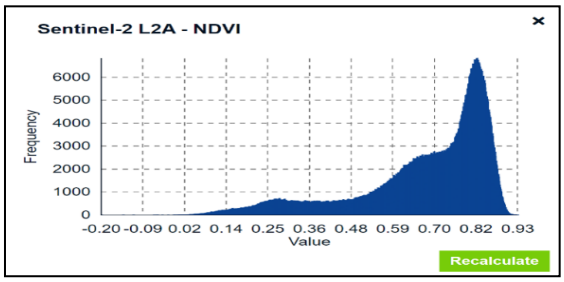
يمكن تحديد مجموعات نطاقات طيفية مختلفة مثبتة مسبقا أو مخصصة لتصور البيانات للنتيجة المحددة. **اللون الحقيقي** - التفسير البصري للغطاء الأرضي، اللون **الزائف** - التفسير البصري للغطاء النباتي،**(NDVI)** مؤشر الغطاء النباتي، (NDMI) **مؤشر الرطوبة** التفاضلي المعياري،**(SWIR)** نطاق طيفي للموجات القصيرة بالأشعة تحت الحمراء ، **(NDWI)** مؤشر الفرق الطبيعي للمياه، ( ) **NDSI**مؤشر الثلج الطبيعي للفرق.

1. **2 تصور البيانات**: من أجل تصور البيانات على الخريطة، نحتاج إلى تكبير منطقة البحث. يمكن القيام بذلك من خلال البحث عن الموقع في الزاوية اليمنى العليا. كما في الشكل (2)



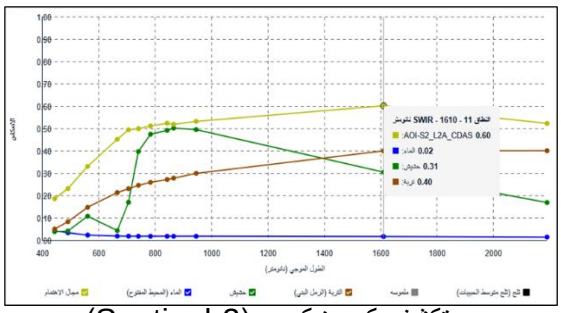
الشكل (2) نافذة تصور البيانات والبحث





الشكل (8) المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على مولد الذكاء الاصطناعي monica.im

الشكل (9) المستكشف الطيفي للقمر (Sentinel-2L2A).



المصدر: مستكشف كوبرنيكوس (Sentinel-2)

2.3 تحليل المؤشرات الطيفية لطبقة (الزراعة)

من نافذة المستكشف تم اختيار النطاقات الطيفية والمدة الزمنية (2016-2025) لموسم الشتاء بعدد صورة واحدة لسنة (2016) و صورة لسنة (2025) الشكل (10). تم اختيار النطاقات حسب بنوعيها الورقية والرقمية في دراسة الظواهر ومراقبة التوزيع المكاني في إطار واسع .(الكبيسي،الساكني،2024، 118) ، ويتمثل الذكاء الإصطناعي الجغرافي في عدة تطبيقات تأتي علي رأسها برامج نظم المعلومات الجغرافية GIS التي ترمز إلى استخدام البيانات والخرائط الرقمية ذات المرجعية الجغرافية بهدف تحليل ومعرفة المميزات المختلفة للمناطق. (مها، 2023، 370) .كما يظهر في الشكل (5)



تتجلى إمكانيات الذكاء الجغرافي الاصطناعي (GeoAI)في قدرته الفائقة على معالجة وتحليل مجموعات البيانات الجغرافية المكانية المعقدة، وهي مهمة غالبًا ما تعجز الأساليب التقليدية عن التعامل معها بكفاءة. (*برازي،2024*) ينظر الشكل (6) توليد مخطط لمفهوم اتمتة الخرائط بالذكاء الاصطناعي. (*monica.im*) ويقدم (GeoAI) رؤى مبتكرة وحلولًا فعالة تعزز الابتكار وتحسن النتائج. ومع ذلك، فإن هذا الدمج يفرض تحديات معقدة وقضايا أخلاقية تستدعي معالجة دقيقة ومسؤولة. (*برازي،2024*)

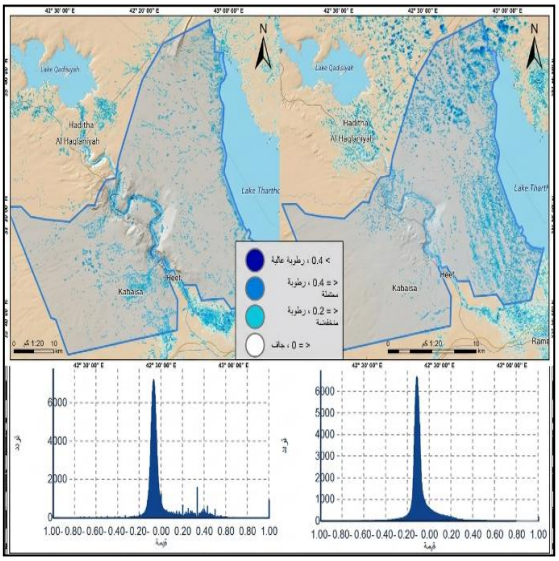
3. الجانب التطبيقي لتحليل المؤشرات الزراعية:

3 .1 ادخال البيانات: تم استدعاء ملف (shp) طبقة منطقة البحث من برنامج (ArcGIS Pro3.0) من أداة (انشاء مساحة) التي تم انتاجها ورسمها في البرنامج، ومطابقته مع الخريطة الطبوغرافية مقياس (1:100000) 1986. الشكل (7)، ليتم بعدها تحليل بيانات المستكشف الطيفي للمستشعر Sentinel-2L2A) لحدود منطقة البحث فقط. الشكل (8و9) مع استبعاد المناطق العمرانية.

الخريطة (2) مؤشر الغطاء النباتي (NDVI) والتحليل الاحصائي. المصدر: مستكشف كوبرنيكوس،Layers ، Custom scriptونموذج الذكاء الاصطناعي (لوفارت)

2.2.3 مؤشر الرطوبة التفاضلي المعياري (NDMI)

تعني مؤشر الرطوبة التفاضلي المعياري - وهو مؤشر يعتمد على الأقمار الصناعية ويستخدم لقياس محتوى الماء في النباتات. كما في الخريطة (3)، بالنسبة لجميع قيم المؤشر فوق 0، مع معرفة استخدام الأرض والغطاء الأرضي، يجب استخدام البرنامج النصي مع نطاقات Sentinel-2 B08وB11 ، مما ينتج عنه دقة 10 أمتار، مع فهم استخدام الأراضي والظروف المناخية للمنطقة ، من الممكن التمييز بين المناطق المنتجة وغير المنتجة ، وكذلك معرفة كيف تعكس الطرود الزراعية المختلفة المؤشر. ويمكن قراءة قيم المؤشر من خلال القيم الاتية (0.4 <، رطوبة عالية0.4 = >، رطوبة معتدلة0.2 = >، رطوبة منخفضة0 = >، جاف).(Aferpo 83, Monja Šebela,Web).



الخريطة (3) خرائط مؤشر الرطوبة (NDMI) والتحليل الاحصائي.المصدر: مستكشف كوبرنيكوس، Layers،Custom script ونموذج الذكاء الاصطناعي (Gemini_Generated)

4.2.3 مؤشر الغطاء النباتي المعدل للتربة A soil-adjusted vegetation index (SAVI)

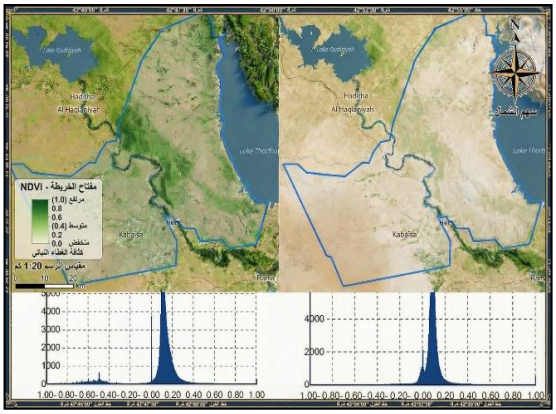
على عكس مؤشر NDVI، يحتوي مؤشر SAVI على عامل تعديل للتربة مصمم للحد من تشويش التربة من توفر بياناتها مع نافذة لغة البرمجة لخوارزمية التحليل لكل مؤشر بشكل متسلسل لمنطقة البحث. اذ يحتوي المستكشف على طبقات مثل (الزراعة – المناخ – البيئة – المياه-التربة) يمكن اختيار أي طبقة لعرض تحليل بياناتها حسب المنطقة.

الشكل (**10**) المؤشرات الطيفية لطبقة الزراعة.المصدر: مستكشف كوبرنيكوس



1.2.3 مؤشر الغطاء النباتي الطبيعي للفرق (NDVI)*

مؤشر الغطاء النباتي للفرق الطبيعي هو مقياس لحالة صحة الغطاء النباتي بناء على كيفية انعكاس النباتات للضوء بأطوال موجية معينة. نطاق قيمة NDVI هو -1 إلى 1. تتوافق القيم السلبية ل NDVI (القيم التي تقترب من -1) مع الماء. تتوافق القيم القريبة من الصفر (-0.1 إلى 0.1) بشكل عام مع المناطق القاحلة من الصخور أو الرمال أو الثلج. تمثل القيم الإيجابية المنخفضة الشجيرات والأراضي العشبية (حوالي 0.2 إلى 0.4) ، بينما تشير القيم العالية إلى الغابات المطيرة المعتدلة والاستوائية (القيم تقترب من 1).وهو التفسير العلمي لمعادلة المؤشر (https://custom-scripts) تم تحليل خرائط المدة الزمنية لمنطقة البحث (2016-2025) كما في الخريطة (2)



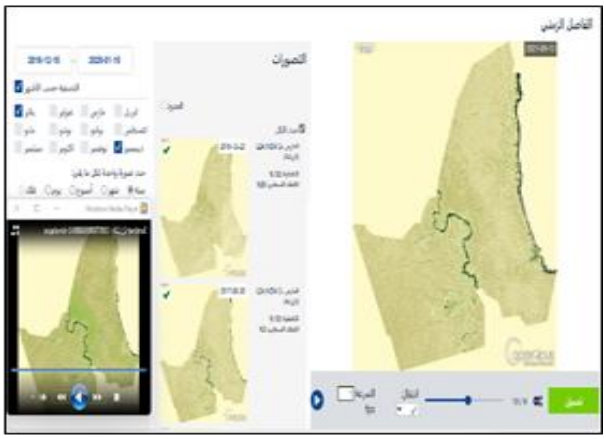
NDVI ، يبدو المؤشر كما يلي:Sentinel-2* بالنسبة إلى
:= Index(B8, B4) = B8-B4/B8+ B4

المصدر: مستكشف كوبرينكوس

4.3

مشاهدة الفاصل الزمني بين المرئيات

باستخدام هذه الأداة، يمكن إنشاء رسم متحرك بفاصل زمني للطبقة المرئية والموقع المعروض يتم اختيار نطاقا زمنيا بغية مشاهدة التغير وبهذا الوصف يعطي البحث الجانب العلمي في كيفية استثمار هذه المواقع التفاعلية. ويمكن تحسين نتائج البحث عبر اختيار التصفية حسب الأشهر او السنوات او تحديد صورة لكل فترة محددة (يوم، أسبوع، شهر، سنة). واختيار الصور واحدة تلو الأخرى عن طريق التمرير من خلال القائمة وتحديدها كما في الشكل (12). كما يمكن معاينة الفاصل الزمني بزر التشغيل، وضبط السرعة (بالثانية) ووضع الانتقال، في الجزء السفلي من الشاشة. وعندما تكون النتيجة مرضية، يتم تنزيل الفاصل الزمني كملف (Gif) أو ملف (Mp4). وبالتالي يمكن عمل فاصل زمني لجميع المؤشرات السالفة التحليل في البحث.



الشكل (12) الفاصل الزمني بين المرئيات لمؤشر الغطاء النباتي (2016-2025) المصدر: مستكشف كوبرينكوس

النتائج:

1.أثبتت تقنية الخرائط التفاعلية المدمجة بالذكاء الاصطناعي فعاليتها في تحليل البيانات المكانية والزمانية، حيث وفرت أدوات متقدمة للقياس والتحليل والتبديل بين الطبقات المختلفة، لمعالجة الظاهرة الجغرافية بصرياً ومراقبة التحليل الاحصائي وقراءة البيانات مدار البحث على سبيل المثال، مما سهل عملية مراقبة التغيرات في المؤشرات الزراعية. فضلاً عن إمكانية الأدوات في تحسين الخرائط بشكل احترافي.

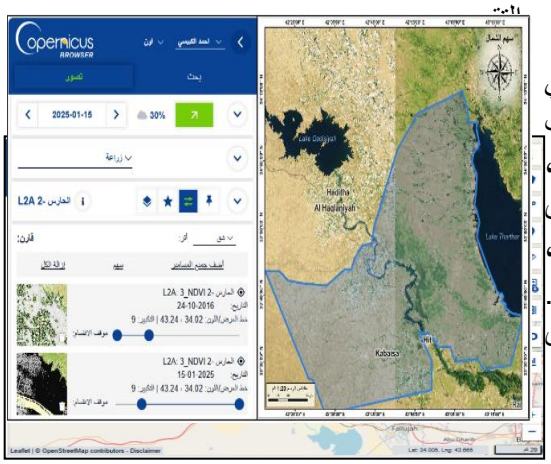
خلال مراعاة تشتت الضوء المتعدد في التربة.عامل تعديل التربة لـ SAVI. وقد تم التوصية بقيمة تساوي 0.5(Zhen Z, et al,2021) ويُعرَّف مؤشر SAVI على النحو التالي: عبر المشتكشف التفاعلي تم تحليل بيانات المؤشر كما في الخريطة (4)

حقيقة أساسية: L يختلف من -1 إلى +1، اعتمادا على كثافة الغطاء النباتي الأخضر في المنطقة المستجوبة. في المناطق ذات الغطاء النباتي الأخضر المرتفع L = 0 ، وفي هذه الحالة ، SAVI هو نفسه NDVI. على العكس من ذلك، L = 1 للمناطق النباتية الخضراء المنخفضة. عادة ما يتم ضبط L على 0.5 للتكيف مع معظم الغطاء الأرضي. وتستخدم عند لتحليل المحاصيل الصغيرة؛ للمناطق القاحلة ذات الغطاء النباتي المتناثر (أقل من 15٪ من المساحة الإجمالية) وأسطح التربة المكشوفة. (Kateryna ,2024).

1.3 مقارنة المرئيات:

من خلال أداة (المقارنة – Compare Panel) تم إضافة مرئيات طبقة (Ndvi) لسنة (2016) و (2025) واجراء المقارنة البصرية المقرونة بالتحليل المباشر لنتائج التغير المدعمة بالذكاء الاصطناعي والمعزز بالتحليل الاحصائي للتغير الكمي كما في الشكل (11) نلاحظ حجم التغير في مساحة الغطاء النباتي لسنة(2025) يمين الصورة ، مقارنة بسنة (2016).يمكن تحريك الماوس (يميناً وشمالاً) لتقسيم الخريطة ومشاهدة التغير بصرياً. وبالتالي يمكن استبدال المرئيات حسب نوع المستشعر والطبقات التي تحتوي على المؤشرات الأخرى. وذلك يشير الى أهمية هذه الإدارة في مراقبة التغير الأرضي. وتحليل الخرائط بشكل تفاعلي

الشكل (11) اجراء المقارنة بين المرئيات بطريقة



2.أظهرت النتائج تباينًا واضحًا في قيم المؤشرات الزراعية(NDVI، EVI، NDMI، SAVI)خلال المدة الزمنية (2016 -2025) في منطقة البحث. وقد لوحظ تغير في قيم هذه المؤشرات، مما يعكس التغيرات في حالة الغطاء النباتي والتربة.

3.تمت مقارنة الخرائط الطيفية للمؤشرات الزراعية على مدار السنوات، واتضح وجود تباين في قيم مساحة الأراضي الزراعية. مما يشير إلى تأثير العوامل البيئية والمناخية على حالة الأراضي الزراعية.

4.يمكن تعميم موضوع البحث على حالة دراسية لاي ظاهرة جغرافية طبيعية او بشرية نظراً لما توصل اليه البحث من نتائج واستعرض الية العمل والتطبيق والاستفادة من هذه المواقع التفاعلية المدمجة بخوارزميات الذكاء الاصطناعي ومكتبات الخرائط السحابة الخزنية.

5.استعرض البحث أهمية توظيف هذه المواقع وتسليط الضوء على الأدوات والامكانيات التي توفرها لتحليل البيانات لاي ظاهرة جغرافية يمكن تنفيذها لمنطقة دراسية معينة.

التوصيات:

1.يُوصى البحث بالاستمرار في الاستعانة و استثمار تقنيات الذكاء الاصطناعي والخرائط التفاعلية في تحليل البيانات للظاهرة الجغرافية مثل المؤشرات الزراعية التي تم تطبيقها في هذا البحث، لما توفره من بيانات دقيقة للتغيرات البيئية والزراعية.و الادوات الفعالة في التحليل والتحسين.

2.التوعية باستخدام المواقع التفاعلية لتحليل المؤشرات الزراعية والبيئية المقدمة من مستكشف كوبرنيكوس، وذلك للتنبؤ بالتغيرات المستقبلية واتخاذ الإجراءات الوقائية اللازمة.

3 .تحسين إدارة الموارد الزراعية في منطقة البحث، مع التركيز على المناطق التي أظهرت تدهورًا في المؤشرات الزراعية، وذلك من خلال تطبيق تقنيات الري الفعالة وإدارة التربة.

4.يقترح البحث إجراء دراسات مستقبلية لتحليل المؤشرات المناخية والبيئة الأخرى عبر استثمار مواقع المنصات التفاعلية مع توسيع نطاق الدراسة ليشمل مناطق أخرى من محافظة الأنبار او العراق.

الهوامش والمصادر:

* للمزيد عن المنهج التقني المعاصر ينظر:1. كلية التربية للعلوم الانسانية تقيم حلقة نقاشية في الاسلوب التقني المعاصر (دراسة في فلسفة الجغرافية) - كلية التربية للعلوم الانسانية | جامعة ديالى 2 (uodiyala.edu.iq). المناهج الحديثة في الجغرافية البشرية - المنهج التقني المعاصر (almerja.com) 3. CONTEMPORARY APPROACHES TO INFORMATION SYSTEMS

جمهورية العراق، وزارة الموارد المائية، الهيئة العامة للمساحة، خريطة العراق، الانبار، 2018، مقياس (1:1,000,000).
امنة، شهلاء، 2021، 361.

*Sentinel-2 هي مهمة تصوير أوروبية واسعة النطاق وعالية الدقة ومتعددة الأطياف. تم تصميم مواصفات المهمة الكاملة للساتلين التوأم اللذين يحلقان في نفس المدار ولكن على مراحل عند 180 درجة، لإعطاء تردد إعادة النظر عال لمدة 5 أيام عند خط الاستواء. للمزيد يمكن الاطلاع من الرابط https://sentiwiki.copernicus.eu/web/s2-mission

NDVI ، يبدو المؤشر كما يلي:Sentinel-2* بالنسبة إلى := Index(B8, B4) = B8-B4/B8+ B4

*Normalized Difference Moisture Index (NDMI) | Sentinel Hub custom scripts

[1] Al-Dulaimi, A.J.M.D., & Obeid, S. A. 2021. Barriers to rural development in Het and ways to address them. Journal of Literature, (139 Appendix 1).(In Arabic)

[2] Ravi Barazi, 2024, The Intersection of Geographic Data and Artificial Intelligence (GeoAI): An e-Article Retrieved from : https://bawabaai.com/geoai Downloaded on 9/1/2025(In Arabic)

[3] Al-Sakni, Abeer Yahya Ahmed, Al-Kubaisi, Ahmed Mohamed Jihad 2024. Artificial Intelligence Geospatial Applications of Land Cover Explorer MapsSentinel-2 (Iraq Case Study). Medad of Arts, 14(Special Issue of the Conference of the Department of Geography), 107-134. (In Arabic)

[4] Arim, S. F. A.A., & Al-Dulaimi, S. D. K. 2022. Natural problems facing the agricultural industry in the countryside of the district of Het. Journal of the Faculty of University Knowledge, 33(4). (In Arabic)

[5] Kamal Hefny, Maha. 2023. The Use of Geo AI Applications in Achieving the Sustainable Development Goals (Egypt Vision 2030) in the Field of Education. Journal of the Faculty of Education (Assiut). 39(10.2), 366-385. doi: 10.21608/mfes.2023.330752(In Arabic)

[6] Ministry of Planning, Statistics and GIS Authority, Administrative Units for 2009, Table 1/5. (In Arabic)

[7] The explorer of Copernicus https://browser.dataspace.copernicus.eu/?zoom

[8] Vegetation Cover Indicators to Meet the Challenges of the Agricultural Market https://eos.com/blog/vegetation-indices/

[9] Huda Jabbour 2023, Artificial Intelligence Algorithms, e-article retrieved from https://academy.hsoub.com/programming/artificial-intelligence read on 14/1/2025(In Arabic)

[10] Aferpo 83, Monja Šebela, https://custom-scripts.sentinel-hub.com/sentinel-2/ndmi_special/# custom-scripts.sentinel-hub.com/sentinel-2/ndvi/

[11] Kateryna Sergieieva, Vegetation Indices To Drive Digital Agri Solutions,21.03.2024, Vegetation Indices To Meet Challenges Of Agri Market. monica.im/ar/tools/ai-mind-map-maker

[12] S V Markova et al 2021 J. Phys.: Conf. Ser. 2032 012046,DOI 10.1088/1742-6596/2032/1/012046, Use of artificial intelligence for automated map updating, Journal of Physics: Conference Series, Volume 2032,



التحليل الجغرافي– الإحصائي لصناعة تعبئة المياه في مدينة تكريت

م. د. ياسر لفته حسين
Yaser.hussein122@tu.edu.iq
قسم الجغرافية، كلية الآداب، جامعة تكريت، صلاح الدين، العراق

الملخص

يعدّ الماء عنصراً أساسياً في استمرار الحياة، لما له من أهمية مباشرة في بقاء الكائنات الحية، الأمر الذي يجعل صناعته وتوفيره من القضايا الحيوية ذات البعد الجغرافي والاقتصادي. يهدف هذا البحث إلى إجراء تحليل جغرافي–إحصائي لمعامل تعبئة المياه في مدينة تكريت، من خلال دراسة توزيعها المكاني، وطاقتها الإنتاجية، ومدى قدرتها على تلبية احتياجات السكان من حيث الكمية والنوعية، فضلاً عن سهولة الوصول وإمكانية المنافسة مع المنتجات غير المحلية. حيث استنتجت الدراسة إلى أن معامل تعبئة المياه في منطقة الدراسة هي معامل ذات ملكية خاصة، ويقع أحدها في قضاء تكريت/حي الزهور – شارع صدام، وقد تأسس عام 2020 بمساحة تقدر بنحو 120 م²، وشهد توسعاً واحداً أدى إلى زيادة طاقته الإنتاجية إلى نحو 20,000 لتر يومياً، ويعمل فيه عامل واحد. كما تبين أن معمل مياه الفهد يشغل مساحة تبلغ نحو 80 م²، وقد توسع مرة واحدة منذ تأسيسه لترتفع إنتاجيته إلى 15,000 لتر يومياً، في حين يعمل معمزمزم على مساحة تقدر بـ110 م² وبطاقة إنتاجية تبلغ 20,000 لتر يومياً، أما معمل.

الكلمات المفتاحية:

تحليل جغرافي *: تعبئة مياه : صناعة.*

ثانيا: فرضية الدراسة

يفترض البحث أنه رغم وجود العديد من المعامل تعبئة المياه المنتشرة في مدينة تكريت الى انها تعاني من تباين في التوزيع.

ثالثاً: منهجية البحث

اعتمد البحث على منهج الوصفي القائم على تحديد العلمي للمعلومات والبيانات عن منطقة البحث وتلك المتعلقة بطبيعة منظومة الماء الصالح للشرب واعتماد المنهج التحليلي و على الاسلوب الاحصائي وتقييم المتغيرات البحث لمنظومة الماء الصالح للشرب وبيان جوانب الخلل في التوزيع المكاني لمنظومة الماء الصالح للشرب.

رابعا: حدود منطقة للدراسة

تقع منطقة الدراسة في القسم الاوسط من العراق والتي تتمثل في مدينة تكريت مركز محافظة صلاح الدين الممثلة بالأجزاء الشمالية من وسط العراق، ويبعد مركز قضاء تكريت مسافة تقدر (180)كم الى الشمال من مدينة بغداد وتقع منطقة الدراسة تبعا لموقعها الفلكي بين دائرتي عرض (°34–20.00°) و (34°-50-00) شمالاً، وبين خطي طول (`43°-10–52°) و (43°- `43–00°) شرقاً، كما يظهر في الخريطة (1). أما حدود منطقة الدراسة الإدارية فمن جهة الشمال وقضاء بيجي ومن جهة الشرق قضاء العلم ومن جهة الجنوب قضاء سامراء وقضاء الدور ومن جهة الغرب قضاء بيجي . وتكتسب منطقة الدراسة (مدينة تكريت) أهمية كبرى من حيث موقعها الجغرافي؛ فهي تقع على الضفة الغربية لنهر دجلة، وتشكل نقطة اتصال بين شمال العراق ووسطه، مما جعلها ذات ميزة استراتيجية سواء من الناحية العمرانية أو الاقتصادية أو الأمنية. كما أن الموقع المتوسط للمحافظة يسهم في تعزيز دورها كمحور نقل بين المحافظات العراقية المختلفة، إضافة إلى ما تمتاز به من تنوع طوبوغرافي بين مناطق سهلية وأخرى متموجة، الأمر الذي ينعكس على استعمالات الأرض والأنشطة البشرية فيها.

خريطة (1) موقع منطقة الدراسة من العراق ومحافظة صلاح الدين

المقدمة

الماء اساس الوجود الحياتي واستمراريته دون تجاهل للعناصر الاخرى التي من أهمها الهواء، لكن تأتي اهمية شموليته هو الأهمية المباشرة لبقاء حياة الكائنات الحية المختلفة، بغض النظر عن نسب احتياجاتها، فالإنسان يستفاد من المياه للشرب والطعام فضلا عن استخدام المياه النظافة بكافة أنواعها، على ان لا نغفل حقيقة وفي نظافته بطريق مباشر والمحافظة على صحته (الزهراني، 2002، ص351).

يعتمد الإنسان على المياه بطريقة غير مباشرة في جوانب الاحتياجات المختلفة كالأغذية والمشروبات والصناعة والتصنيع والزراعة والنقل وكذلك في توليد الطاقة الكهرباء وفي مجالات وأغراض عديدة أخرى، نتيجة لأهمية الماء باعتبارها أحد أهم الموارد الطبيعية والتي ترتكز عليها كافة الانشطة الاجتماعية والاقتصادية، لذلك ساد الاعتقاد بأن الموارد المائية هي موارد طبيعية غير محدودة وغير قابلة للاستنزاف بحيث يمكن استخدامها دون ضوابط تشريعية أو عملية فضلا عن ذلك أخذت المياه دورا ثانويا في حسابات التنمية، كذلك النمو السكاني المتزايد الذي ارفقه زيادة في استهلاك المياه خصوصا في الفترة الاخيرة من هذا القرن أدى الى ظهور أزمات مائية جديدة وفي مناطق متعددة، مما أدى إلى تغير واضح بموارد المياه (البطاط، 2009، ص124).

8. **هدف الدراسة**

تسليط الضوء على التحليل الجغرافي لمعامل تعبئة المياه في منطقة الدراسة، وهل توفر الحاجة الممكن من جهة الكمية والنوعية وسهولة الوصول وامكانية المنافسة مع المنتجات غير المحلية.

9. **المواد وطرائق العمل**

أولا: مشكلة الدراسة

هل هنالك تباين لمعامل تعبئة المياه في مواقعها المكانية ضمن حدود مدينة تكريت وهل يساعد في سد الحاجة السكانية المتزايدة للمياه؟ وهل تعاني هذه الصناعة من صعوبات تؤثر على مستوى نوعية وكمية المياه المصنعة؟

ثالثاً:- طرق تصفية الماء

1- الترسيب والترويب:-

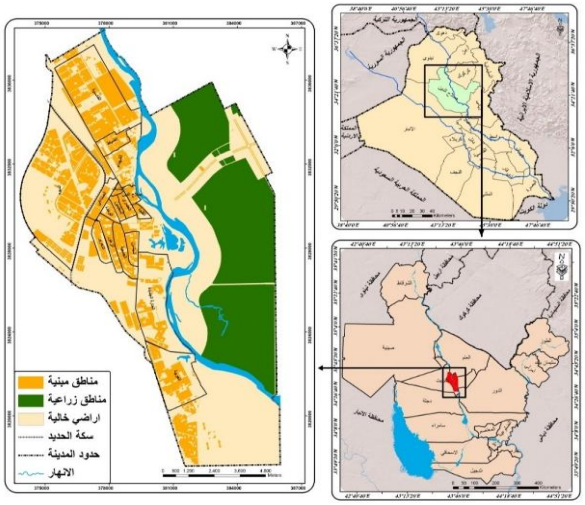
تعد طريقة الترسيب والترويب من أقدم الطرائق المتبعة في تصفية المياه إذ تستخدم لازالة المواد القابلة للترسيب بفعل الجاذبية تحت تأثير وزنها تتكون المترسبات غالباً من أحواض خرسانية دائرية او مستطيلة الشكل تحتوي على مدخل ومخرج للمياه يتم تصميمها بطريقة ملائمة لإزالة أكبر كمية ممكنة من الرواسب ومن الاملاح الرئيسية لحوض الترسيب و احتواؤه على نظام لجمع الرواسب وجرفها على قاع الحوض ثم يتم سحبها والتخلص منها بواسطة مضخات خاصة (بليع، بدون تاريخ، ص 145).

2- الترشيح:-

وتستخدم طريقة الترشيح تصفية المياه بتمريرها من خلال اجسام حبيبية مثل الرمل لتفصل الملوثات وتحجزها وهنالك عدة طرائق للترشيح البطيء بالرمل و المسحوق الصخري الأحفوري والمرشحات الأكياس والاسطوانات والترشيح بالسيراميك وكلها تؤدي وظيفة جيدة في إزالة الملوثات والبكتيريا والفطريات والكائنات الوحيدة الخلية وتسود في المنطقة الدراسة طريقة الترشيح البطيء بالرمل بواسطة الفلاتر (بليع، بدون تاريخ، ص 145).

رابعاً : التطور التاريخي في المعامل تعبئة المياه في مدينة تكريت :

يرجع اهتمام الإنسان بنوعية الماء الذي يشربه إلى الاف السنين، وبالنظر للمعرفة المحدودة في تلك العصور بالأمراض ومسبباتها فقد كان الاهتمام محصورا في لون المياه وطعمها ورائحتها فقط، لذا يعد الانسان الماء الشديد العكرة والكريه الطعم خطرا على صحة الإنسان ويرفض استعمالها للشرب فقد استخدم لهذا الغرض وبشكل محدد خلال فترات تاريخيه متباعدة بعض العمليات للمعالجة مثل الغليان والترشيح والترسيب، فضلا عن بعض الأملاح، كما نلاحظ ذلك في الكتابات اليونانية منذ حوالي 400 سنة قبل الميلاد وتعد صناعة التعبئة المياه من الصناعات المتطورة ظهرت في العالم على نطاق واسع في بداية السبعينات، ومنذ ذلك الوقت أخذت هذه الصناعة بالتنوع شيئا فشيئا، وقد حققت معامل تعبئة المياه نجاحا كبيرا في الآونة الاخيرة،نتيجة انخفاض تكلفة المدخلات التي تستعمل في الإنتاج المياه، سواء باستخدام مياه الابار أو باستخدام مصادر المياه المنزلية العادية اشارت الدراسات الى ان تعبئة المياه من اساسيات الحياة بالنسبة لمئات الملايين من السكان العالم



المصدر : بالاعتماد على خارطة العراق الإدارية 25000/1 وخارطة صلاح الدين وبرنامج Arc Gis 10.4.1

أولًا: مفهوم المياه :

يعد الماء أساس الحياة وأن كل قطرة مياه تساوي حياة، وإن للمياه خصائص فريدة ومثيرة، ويعد الماء الأساس الوجود الحياتي واستمراريته دون تجاهل للعناصر الاخرى التي من أهمها الهواء، لكن تأتي أهميته شموليته المباشر لبقاء حياة الكائنات الحية المختلفة (عساف والمصري، 2007، ص 2).

يعد الماء معجزة من معجزات الخالق أودع فيه اسراره، فهو ذا خصائص فريدة احتار في فهمها العلماء، فعكف كثير منهم على دراسته وتحليله وأثبتت هذه الدراسات ان الماء هو من اعظم معجزات الخالق سبحانه أن الماء هو من أعظم المعجزات الخالق سبحانه وتعالى في حياتنا مصدقا لقوله تعالى (وأنزل من السماء ماء فأخرجنا به من الثمرات رزقاً لكم) صدق الله العظيم (سورة البقرة، الاية 22).

ثانياً:- أهمية المياه :

تحتاج الكائنات الحية جميعها الى الماء من اجل البقاء والاستمرار فهو يعمل على إذابة جميع الفيتامينات والمغذيات الأساسية من الطعام ونقلها الى خلايا، وتتفاوت هذه الكائنات في مقدار حاجتها للماء من أجل البقاء اذ ان البكتيريا على سبيل المثال تحتاج الى كميات قليلة بالأنماء مقارنة بالكائنات الحية الأخرى ولا يمكن لأي كائن حي البقاء على قيد الحياة من دون الحصول على الماء فلولا وجود الماء على سطح الكرة الارضية لما كانت الحياة عليها ممكنة .

23	معمل ترمال	تكريت / حي جمعيه مقابيل صلاح الوحادي	2022
24	مياه رواء	قادسية / بالقرب من المعارض	2023
25	مياه سلام	تكريت / بالقرب من محطة نور سلام حي صناعي	2025
26	مياه دجله صغيره	تكريت / شارع لباشا بالقرب من سوق لمخضر	2021
27	موزع مياه قادسيه	قادسية / بالقرب من مدينة العاب دريم لاند	2021
28	مياه نخيل	تكريت / بالقرب من منتزه الياسمين	2022
29	معمل ينبوع ريف	تكريت / بالقرب من مربع الذهبي	2024
30	الاخوين للمياه	تكريت / قرب مدرسة السدير حي جمعية	2024

1: المرحلة الأولى – ما قبل 2017

تشير البيانات أنّ مدينة تكريت لم تشهد قبل عام 2017 انتشارًا واضحًا لمعامل تعبئة المياه، إذ لم تسجَّل إلا حالات واحده من محطات مشروع القلعه في سنة 2013، وكان الاعتماد الأكبر على مياه الإسالة أو ما يُجلب من المحافظات الأخرى. وهذا يشير إلى أن الصناعة كانت في بداياتها ولم تكن هناك وفرة في معامل التعبئة التجارية قبل هذا التاريخ.

2: المرحلة الثانية – سنوات (2017–2020)

شهدت هذه الفترة بداية ظهور معامل تعبئة المياه الحديثة داخل مدينة تكريت، واتساع نشاط محطات الـRO التجارية، وبدأت مشاريع تعبئة المياه تتزايد تدريجياً، ومنها: (مياه الخضراء 2 – 2017 ، مياه الصفا – 2017 ، مياه محطة القادسية – 2019 ، مشروع مياه الرسالة – 2019 ، محطة الفردوس – 2020 ، مياه زمزم / تكريت – 2020 ، معمل زمزم / القادسية – 2020).

ورغم وجود هذه المشاريع، إلا أنّ عدد المعامل لم يكن كبيرًا بعد، وكانت المدينة تعتمد إلى حدٍّ كبير على ما يُجلب من محافظات أخرى أو على مياه الإسالة ومحطات التحلية الصغيرة.

3: المرحلة الثالثة – سنوات (2021–2022)

تُعد هذه الفترة بداية الانتعاش الحقيقي لقطاع صناعة وتعبئة المياه في مدينة تكريت، حيث ازداد عدد المشاريع نتيجة عوامل متعددة مثل:

- حاجة السكان المتزايدة لمياه نقية.
- تراجع الثقة بجودة مياه الإسالة في بعض المناطق.
- انفتاح اقتصادي نسبي في مدينة تكريت.

جدول (1) التطور التاريخي معامل تعبئة المياه في مدينة تكريت (بيانات غير منشورة، 2025)

ت	اسم المعمل او المشرع	موقعها	تاريخ تأسيس
1	مشروع القلعة	تكريت / حي الجمعية بالقرب من شارع الساعة	2013
2	معمل مياه دجلة الخير	تكريت / حولي الزهور / بالقرب من شارع صدام	2020
3	مشروع ROالمميز2	تكريت / شارع الزهور بالقرب من جامع الفاروق	2024
4	مياه محطة القادسيه	قادسية / بداية شارع مستشفى عسكري	2019
5	محطة الفردوس	قادسية / بالقرب من مجمع الفردوس	2020
6	معمل مياه الفهد	تكريت / شارع الزهور بالقرب من كاردن ستي	2024
7	مياه زمزم	تكريت / حي الجمعية بالقرب من مأكولات كل يوم	2024
8	معمل مياه الصفا	تكريت / شارع الاربعين بالقرب من شركة دمشق	2023
9	معمل مياه ضوء القمر	تكريت / حي الجمعية بالقرب من مدينة العاب تكريت	2023
10	مشروع مياه الرسالة	تكريت / شارع المستشفى	2019
11	ماء اللؤلؤة	تكريت / حي العصري خلف مركز شرطه تكريت	2022
12	مياه الخضراء2	تكريت / شارع بلديه	2017
13	معمل زمزم	قادسية / قطعه 500 مجاور المجمع الطبي	2020
14	مياه نبع الكوثر	ri تكريت / قرب من محطات تصفيه	2019
15	محطة مياه Ro	تكريت / قرب غصن الزيتون	2023
16	معمل مياه نقاء	تكريت / الديوم قرب ماركت الزوبعي	2023
17	نبع الحياة للمياه	تكريت / شارع زهوربالقرب من مدرسة خالد بن وليد	2022
18	معمل مياه الجمعيه	تكريت / مقابل مدرسة ام عماره	2023
19	مياه محطة قادسيه	قادسية / بداية شارع مستشفى عسكري	2020
20	مياه الصفا	قادسية / بالقرب من مدرسة الصفا	2017
21	معمل مياه قطر الندى	تكريت / شارع الزهور/بالقرب من افران لكرخ	2023
22	مياه الجود	تكريت / الزهور الثانيه بالقرب من جامع توبه	2023

شارع المستشفى، وشارع البلدية، فضلاً عن عدد آخر من المشاريع التي تتبع للأحياء الفرعية. ويُلاحظ تركز هذه المعامل في الأحياء ذات الكثافة السكانية العالية والأسواق التجارية النشطة، وذلك لسهولة عمليات التسويق والتوزيع وتوفر الأيدي العاملة.وتبين الدراسة أيضاً اختلاف تواريخ تأسيس هذه المعامل ما بين عام 2013 وصولاً إلى عام 2025، وهو ما يعكس ازدياد الإقبال على هذا النشاط الصناعي خلال السنوات الأخيرة نتيجة ارتفاع الطلب على المياه المعبأة في ظل شح المياه وارتفاع نسبة الملوحة في بعض مناطق المدينه ، إلى جانب ضعف كفاءة وحدات الإسالة أحياناً. كما أن أغلب هذه المعامل تعود ملكيتها إلى القطاع الخاص، وتتميز بطاقات إنتاجية مختلفة تتراوح بين 5000لتر/يوم إلى ما يقارب 3000لتر/يوم تبعاً لحجم المشروع وتجهيزاته الفنية.

الجدول (2) معامل تعبئة المياه في مدينة تكريت

اسم المعمل	المكان	تاريخ التأسيس	المساحة م²	عدد العمال	الطاقة الإنتاجية
مشروع القلعة	حي الجمعية – شارع الساعة	2013	150 م²	1	25,000 لتر/اليوم
مياه دجلة الخير	حي الزهور – شارع صدام	2020	120 م²	1	20,000 لتر/اليوم
مشروع المميز RO 2	شارع الزهور – جامع الفاروق	2024	90 م²	2	15,000 لتر/اليوم
مياه محطة القادسية	قادسية – شارع المستشفى	2019	180 م²	1	30,000 لتر/اليوم
محطة الفردوس	قادسية – قرب المجمع	2020	100 م²	1	18,000 لتر/اليوم
مياه الفهد	شارع الزهور –	2024	80 م²	1	15,000

ومن المشاريع التي ظهرت في هذه المرحلة: (مياه دجلة الصغيرة – 2021 ، موزع مياه قادسية – 2021 ، ماء اللؤلؤة – 2022 ، نبع الحياة للمياه – 2022 ، معمل ترمال – 2022 ، مياه النخيل – 2022) هذا يُظهر أنّ القطاع دخل مرحلة توسع أكبر مقارنة بالسنوات السابقة.

4: المرحلة الرابعة – سنوات (2023–2024)

شهدت هذه المرحلة أعلى معدل نمو في عدد معامل تعبئة المياه في مدينة تكريت، إذ تضاعف تقريبًا عدد المشاريع، وشملت مناطق مختلفة من المدينة، ومن أبرزها: (معمل مياه الصفا – 2023 ، مياه ضوء القمر – 2023 ، محطة مياه – 2023 RO ، معمل مياه نقاء – 2023 ، معمل مياه الجمعية – 2023 ، مياه قطر الندى – 2023 ، مياه الجود – 2023 ، مياه رواء – 2023).

بالإضافة إلى ظهور معامل حديثة ذات طاقة إنتاجية كبيرة في عام 2024، مثل: (مشروع المميز 2– RO 2024 ، معمل مياه الفهد – 2024 ، مياه زمزم (تكريت) – 2024 ، معمل ينبوع ريف – 2024 ، الأخوين للمياه – 2024) وهذا التوسع يعكس طفرة واضحة في الاستثمار بالمياه المعبأة.

5: المرحلة الخامسة – سنة 2025 (مرحلة الاستمرار والتوسع)

تشير البيانات إلى استمرار افتتاح مشاريع جديدة حتى عام 2025، مثل: (مياه سلام – 2025).

ما يدل على أن القطاع ما يزال يشهد نمواً متواصلاً لتلبية الطلب المتزايد على المياه الصحية في مدينة تكريت.

التوزيع الجغرافي لمعامل تعبئة المياه في مدينة تكريت

يهدف هذا البحث إلى دراسة التوزيع الجغرافي لمعامل تعبئة المياه في مدينة تكريت، وتحليل تباينها من منطقة إلى أخرى تبعاً للعوامل الطبيعية والبشرية، وكذلك دراسة عدد المعامل، وأعداد العاملين فيها، وطبيعة مواقعها، وأنواع منتجاتها، والطاقة الإنتاجية اليومية لها. وتمثل معامل تعبئة المياه إحدى أهم الأنشطة الصناعية والخدمية التي تعتمد على تزايد الطلب على المياه الصالحة للشرب في مراكز المدن، وخاصة في مدينة تكريت التي تشهد توسعاً عمرانياً وسكانياً واضحاً.

وتشير بيانات الدراسة الميدانية للعام 2025–2024 إلى أن عدد معامل تعبئة المياه في مدينة تكريت بلغ (30) مشروعاً ومعملاً موزعة بين أحياء الجمعية، الزهور، القادسية، الديوم، العصري، شارع الأربعين،



الجمعية	عمارة				لتر/اليوم
محطة مياه قادسية	قادسية – المستشفى العسكري	2020	160 م²	1	30,000 لتر/اليوم
مياه الصفا قادسية	قرب مدرسة الصفا	2017	65 م²	1	10,000 لتر/اليوم
قطر الندى	شارع الزهور	2023	85 م²	1	18,000 لتر/اليوم
مياه الجود	الزهور الثانية	2023	70 م²	1	12,000 لتر/اليوم
معمل ترمال	حي الجمعية	2022	100 م²	1	17,000 لتر/اليوم
مياه رواء	قادسية – قرب المعارض	2023	75 م²	1	12,000 لتر/اليوم
مياه سلام	الحي الصناعي	2025	200 م²	1	28,000 لتر/اليوم
دجلة صغيرة	شارع لَبّاشا	2021	70 م²	1	12,000 لتر/اليوم
موزع مياه قادسية	مدينة العاب دريم لاند	2021	60 م²	2	8,000 لتر/اليوم
مياه نخيل	منتزه الياسمين	2022	80 م²	2	15,000 لتر/اليوم
ينبوع ريف	مربع الذهبي	2024	65 م²	2	10,000 لتر/اليوم
الأخوين للمياه	حي الجمعية	2024	100 م²	2	20,000 لتر/اليوم

	قرب كاردن سيتي				لتر/اليوم
مياه زمزم	حي الجمعية	2024	110 م²	1	20,000 لتر/اليوم
مياه الصفا	شارع الأربعين	2023	95 م²	1	22,000 لتر/اليوم
مياه ضوء القمر	حي الجمعية	2023	100 م²	2	18,000 لتر/اليوم
مشروع مياه الرسالة	شارع المستشفى	2019	140 م²	1	25,000 لتر/اليوم
ماء اللؤلؤة	حي العصري	2022	85 م²	1	10,000 لتر/اليوم
مياه الخضراء 2	شارع البلدية	2017	75 م²	1	12,000 لتر/اليوم
معمل زمزم	قادسية – قطعة 500	2020	130 م²	2	17,000 لتر/اليوم
نبع الكوثر	قرب محطات تصفية RI	2019	150 م²	1	30,000 لتر/اليوم
محطة مياه RO	قرب غصن الزيتون	2023	90 م²	1	14,000 لتر/اليوم
معمل مياه نقاء	الديوم – قرب ماركت الزوبعي	2023	80 م²	1	15,000 لتر/اليوم
نبع الحياة	شارع الزهور	2022	70 م²	2	12,000 لتر/اليوم
معمل مياه	مقابل مدرسة أم	2023	95 م²	1	20,000



أ. مراحل تنقية وتعبئة المياه في معمل بالشكل التالي:-

1- سحب المياه من المحطة التابعة الحكومية (الاسالة) بواسطة اربع مضخات وأنابيب مصممة لنقل المياه الى خزان الكبير دخل المعمل.
2- توجه المياه إلى الفلاتر عدة وهي:- فلتر خارجي (حصى ورمل) لتتم فلترة المياه فيه من الشوائب ومن ثم توجيهها إلى الفلاتر القطنية وظيفتها فلترة المياه بواسطة الكاربون لتخليص المياه من خلال من الروائح غير مرغوب بها وأخير فلاتر الأملاح وظيفتها التخلص المياه من الأملاح.
3- توجيه المياه إلى جهاز (UV) الاشعة فوق البنفسجية، تعقيم وتنقية المياه ومن بعدها إلى جهاز (الاوزان)، لتعقيم المياه بدرجة عالية.
4- توجيه المياه (Ro) الى خزان ذو سعة كبيرة لتبدأ بعدها مراحل التعبئة.

ب. طبيعة الانتاج في المعمل:-

ينتج المعمل في صباحا ومساءا، علما أن هذا الأمر يكون في فصل الصيف الذي يمتاز بارتفاع درجات الحرارة وكثرة الطلب على مياه الشرب، أما في فصل الشتاء فأن الطلب على المياه الشرب محدود لذا فإن الإنتاج المعمل من المياه المعبأة يكون لأيام معدودة (مقابلة شخصية بتاريخ 2025/10/10).

ج. نوع الإنتاج في المعمل:-

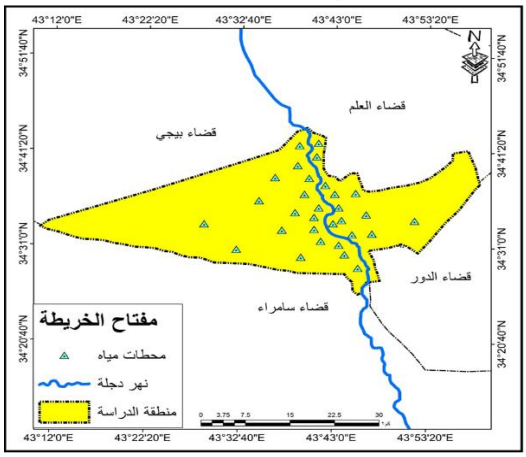
يختص المعمل القلعة بإنتاج قناني المياه المعبأة الصغيرة الحجم والكبيرة ويحتوي المعمل على ثلاثة خطوط إنتاج، حيث المعمل على المياه من المحطة الحكومية (الاسالة) على طريق (4) مضخات مهمة مع الأنابيب خاصة لنقل إلى المياه داخل المعمل.

د. تسويق المنتج:-

فيما يخص تسويق الانتاج معمل الأمواج، فإنه يسوق 75% من الانتاج داخل المحافظة فقط أما سعر البيع

المصدر: من عمل الباحث من خلال معلومات الدراسة الميدانية تاريخ 2025/10/10

خريطة (2) التوزيع الجغرافي لمعامل تعبئة المياه لمدينة تكريت لعام 2025



المصدر: من عمل الباحث اعتمادا على بيانات جدول (2)، باستخدام برنامج Arc GIS 10.8

1- مشروع القلعة:-

معمل ملكيته خاصه لتعئبة المياه، ويقع في قضاء تكريت حي الجمعية – شارع الساعة تأسس في سنة 2013، بمساحة تتراوح 150 م²، وقد توسع المعمل مرة واحدة منذ تاريخ تأسيسه زاد من خلالها الانتاجية 25,000 لتر باليوم وبلغ عدد العمال في المعمل (1) عاملا في المعمل.

صورة (1) معمل القلعة





5- معمل مياه زمزم:-

مشروع ملكيته خاصه لتعئبة المياه، ويقع في مدينة تكريت حي الجمعية تأسس في سنة 2024، بمساحة تتراوح 110 م² ، وقد توسع المعمل مرة واحدة منذ تاريخ تاسيسه زاد من خلالها الانتاجية 20,000 لتر باليوم وبلغ عدد العمال في المعمل (1) عاملا في المعمل.

صورة (5) معمل مياه زمزم



6- معمل مياه الصفا:-

مشروع ملكيته خاصه لتعئبة المياه، ويقع في مدينة تكريت شارع الأربعين تأسس في سنة 2023، بمساحة تتراوح 95 م²، وقد توسع المعمل مرة واحدة منذ تاريخ تاسيسه زاد من خلالها الانتاجية 22,000 لتر باليوم وبلغ عدد العمال في المعمل (1) عاملا.

صورة (6) معمل مياه الصفا

(150) دينار الكبسة الواحدة أما كمية الإنتاج (1000 - 1500) كبسة لليوم الواحد في فصل الصيف.

2- معمل مياه دجلة الخير:-

معمل ملكيته خاصه لتعئبة المياه، ويقع في مدينة تكريت حي الزهور – شارع صدام تأسس في سنة 2020، بمساحة تتراوح 120 م² متر مربع، وقد توسع المعمل مرة واحدة منذ تاريخ تاسيسه زاد من خلالها الانتاجية 20,000 لتر باليوم وبلغ عدد العمال في المعمل (1) عاملا.

صورة (2) معمل مياه دجلة الخير



3- مشروع المميز2 RO:-

مشروع ملكيته خاصه لتعئبة المياه، ويقع في مدينة تكريت شارع الزهور – جامع الفاروق تأسس في سنة 2024، بمساحة تتراوح 90 م² ، وقد توسع المعمل مرة واحدة منذ تاريخ تاسيسه زاد من خلالها الانتاجية 15,000 لتر باليوم وبلغ عدد العمال في المعمل (2) عاملا.

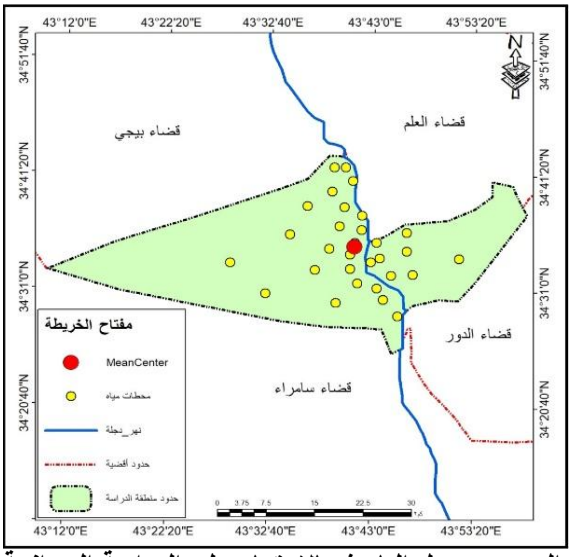
4- معمل مياه الفهد:-

مشروع ملكيته خاصه لتعئبة المياه، ويقع في مدينة تكريت شارع الزهور – قرب كاردن سيتي تأسس في سنة 2024، بمساحة تتراوح 80 م² ، وقد توسع المعمل مرة واحدة منذ تاريخ تاسيسه زاد من خلالها الانتاجية 15,000 لتر باليوم وبلغ عدد العمال في المعمل (1) عاملا في المعمل يتم توزيعهم الإنتاج على هذا المعمل الى داخل المحافظة.

معمل مياه الفهد صورة (4)

الجغرافيون في دراسة التوزيعات الجغرافية لمحطات المياه بتحديد المركز المتوسط لتلك التوزيعات، بهدف إيجاد مركز ثقل التوزيع الجغرافي للنقاط أو نقطة الجذب المركزي لتلك التوزيعات أو المركز الجغرافي للتركيز. وتم التوصل الى تحديد مركز ثقل التوزيع المكاني باستخدام برنامج (ARC GIS)، من خلال تحليل الخارطة (2) نستنتج ان المركز المكاني (الافتراضي) لتوزيع محطات تصفية المياه في منطقة الدراسة يقع في موقع يتوسط توزيع محطات تصفية المياه في مدينة تكريت ضمن الاحداثي (37.95.41 شرقاً و38.27.53 شمالاً) تحديداً وبالقرب من نهر دجلة وطرق النقل الرئيسة ويعزى ذلك الى الجاذبية الكبيرة للمناطق .

خارطة (3) المركز المتوسط (Mean Center) لتوزيع معامل تعبئة المياه في منطقة الدراسة لعام 2025



المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على الدراسة الميدانية الجدول(5) وبرنامج (ARC GIS).

ثانياً - تحديد المركز الوسيط او مركز الظاهرة (Central feature) لتوزيع محطات المياه في

منطقة الدراسة:- يشير إلى الموقع الأكثر مركزية من بين مجموع المواقع الأخرى للظاهرة، ويمثل مركز القلب لتوزيعها المكاني، ويعتمد في تحديده على قيم المسافة التجميعية التي تفصل بين هذه المواقع والموقع الذي يحقق أدنى قيمة يمثل الوسيط المكاني لتوزيع الظاهرة او المركز الفعلي لها، وتم التوصل الى تحديد مركز الظاهرة الفعلي على الخارطة(3) باستخدام برنامج (ARC GIS) ، وبناءً



7- معمل مياه ضوء القمر:-

مشروع ملكيته خاصه لتعئبة المياه، ويقع مدينة تكريت حي الجمعية تأسس في سنة 2023، بمساحة تتراوح 100 م² ، وقد توسع المعمل مرة واحدة منذ تاريخ تاسيسه زاد من خلالها الانتاجية 20000 لتر باليوم وبلغ عدد العمال في المعمل (2) عاملا.

8- مشروع مياه الرسالة:-

مشروع ملكيته خاصه لتعئبة المياه، ويقع في مدينة تكريت شارع المستشفى تأسس في سنة 2019، بمساحة تتراوح 140 م² ، وقد توسع المعمل مرة واحدة منذ تاريخ تاسيسه زاد من خلالها الانتاجية 25,000 لتر باليوم وبلغ عدد العمال في المعمل (1) عاملا.

10. النتائج

اولاً- تحديد مركز الثقل المكاني (Mean Center) لتوزيع محطات المياه في منطقة الدراسة.

ثانياً - تحديد المركز الوسيط او مركز الظاهرة (Central feature) لتوزيع محطات المياه في منطقة الدراسة.

ثالثا- تحديد المسافة المعيارية (Standard Distance) لتوزيع معامل تعبئة المياه في منطقة الدراسة.

رابعاً-تحديد اتجاه التوزيع (standard Deviational Ellipse)لمعامل تعبئة المياه في منطقة الدراسة.

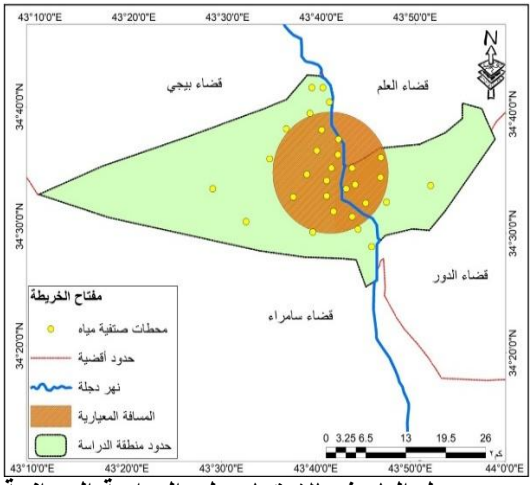
خامساً- تحليل صلة الجوار(Average Nearest Neighbor) لقياس نمط توزيع معامل تعبئة المياه في منطقة الدراسة.

11. المناقشة

اولاً- تحديد مركز الثقل المكاني (Mean Center) لتوزيع محطات المياه في منطقة الدراسة:- يهتم

التي نصف قطر مسافتها المعيارية البالغ قيمته (9391.55) متر بلغت (52.36%) وهي بذلك تحقق نسبه أقرب الى التوزيع الطبيعي (56.67%) وتدل على تركز توزيع الظاهرة المدروسة، وترتبط المسافة المعيارية بعلاقة طردية مع تشتت توزيع النقاط بحيث كلما كبرت قيمة المسافة المعيارية عن المركز المكاني زاد التباين وتشتت عناصر الظاهرة والعكس صحيح مما يسهم في دعم اتخاذ القرار.

الخارطة(5) المسافة المعيارية لتوزيع معامل تعبئة المياه في منطقة الدراسة لعام 2025



المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على الدراسة الميدانية الجدول(5) وبرنامج (ARC GIS).

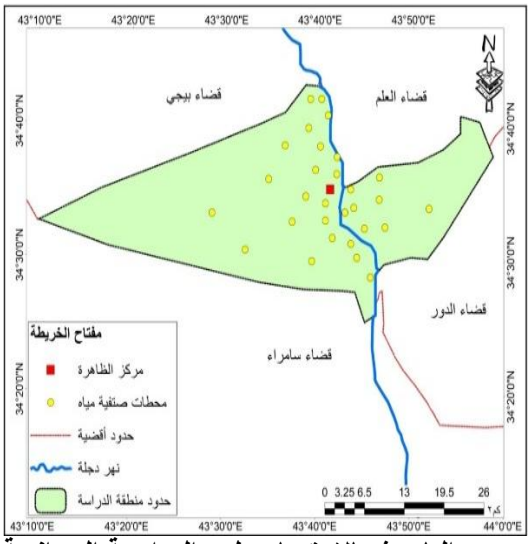
رابعاً-تحديد اتجاه التوزيع (standard Deviational Ellipse)لمعامل تعبئة المياه في منطقة الدراسة:-

يحدد هذا المقياس اتجاه تشتت عناصر الظاهرة المدروسة بشكل بيضوي عكس المسافة المعيارية، من خلال تحديد ابعاد المحورين (x،y) عن المتوسط المكاني بشكل منفصل، باستخدام هذه الخاصية يتم تحديد اتجاه التوزيع المكاني للظواهر النقطية

المدروسة (مواقع معامل تعبة المياه) ضمن مساحة المنطقة وهي مسألة مهمة في الجغرافية لتحديد محاور توزيع الظاهرة وتحليل العوامل الجغرافية المرتبطة بها والاستفادة منها لإجراءات تخطيطية، وتم التوصل الى تحديد اتجاه توزيع الظاهرة على الخارطة(5) باستخدام برنامج (ARC GIS).

يتبين لنا من خلال تحليل الخارطة (5) ان الاتجاه الفعلي لنمط انتشار محطات تصفية المياه في منطقة الدراسة يتخذ شكلاً بيضوياً واسعاً باتجاه يمتد بين

على ذلك ومن خلال تحليل الخريطة (3) نستنتج ان المركز الفعلي (مركز الظاهرة) لتوزيع محطات تصفية المياه في منطقة الدراسة ضمن حدود نهر دجلة وقريب من طرق النقل الرئيسة، وهو يقع وسط المركز المكاني (الافتراضي) بمسافة (3.81 كم) وهذا مؤشر مكاني واضح يدل على تقارب توزيع مواقع محطات تصفية المياه في منطقة الدراسة.



المصدر: الباحث بالاعتماد على الدراسة الميدانية الجدول(5) وبرنامج (ARC GIS10.8).

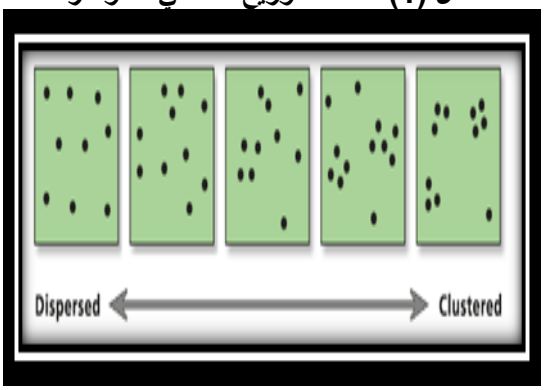
ثالثا- تحديد المسافة المعيارية (Standard Distance) لتوزيع معامل تعبئة المياه في منطقة الدراسة:- تقيس المسافة المعيارية درجة تشتت النقاط حول المركز المكاني إذ تقيس المسافة بين مواقع محطات تصفية المياه عن المركز المكاني، ولمعرفة مدى التشتت يمكن الاستفادة من احتمالات التوزيع المعتدل لتبين تركز (56.67%) من النقاط حول المركز المتوسط المكاني عدا ذلك فإن التوزيع يتأثر بعوامل أخرى، ويتم تمثيلها بيانياً على الخارطة برسم دائرة مركزها المتوسط المكاني ونصف قطرها البعد

المعياري وقد تم التوصل الى تحليل المسافة المعيارية (Standard Distance)،لحساب المدى الذي تتباين فيه المسافات بين مواقع مقالع الحصى والرمل، عن المسافة المتوسطة الخارطة(4) ، باستخدام برنامج (ARC GIS) .

نستنتج من خلال تحليل الخريطة (4) ان النسبة المئوية لعدد معامل تعبئة المياه الواقعة ضمن الدائرة

عنه أشكالاً مختلفة وهي ما يطلق عليها بالنمط (Pattern) وتم التوصل الى تحديد نمط توزيع معامل تعبئة المياه باستخدام برنامج (ARC GIS)، اذ تسهم تقنية نظم المعلومات الجغرافية بتحليل المسافة (صلة الجوار) بصورة آلية الشكل(1)، بين الموقع الجغرافي لكل نقطة(معامل تصفية المياه) والموقع الجغرافي للنقطة الأقرب منها ومن ثم يتم حساب متوسط المسافة بين جميع هذه النقاط، بعد ذلك يتم قسمة المتوسط المحسوب(Observed) على المتوسط المتوقع(Expected) لمجمل المسافة بين هذه النقاط، فإذا كان متوسط المسافة المحسوبة اقل من المتوسط المتوقع للتوزيع العشوائي لها، فإن توزيعها يكون متجمعا(Clustered)،إما إذا كان متوسط المسافة المحسوبة أكثر من المتوسط المتوقع للتوزيع العشوائي، فإنّ ذلك يعني أنّ توزيع الظاهرة المدروسة هو توزيع مشتت(Dispersed) الشكل(1) وفيما بين ذلك يطلق على التوزيع بأنه توزيع عشوائي.

الشكل (1) أنماط التوزيع المكاني للظواهر



المصدر: - Arc GIS 10.3 Tool Help.

وتنحصر قيمة تحليل صلة الجوار (R) الناتجة عن ذلك من (0-2,15) ويتباين نمط التوزيع فيما بينها من حيث (التجمع والعشوائية والانتظام) كما يوضحها الجدول

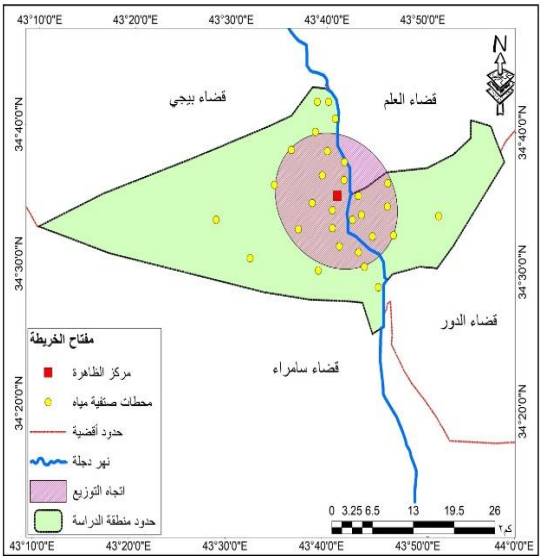
الجدول(3) قيم تحليل صلة الجوار

قيمة المعامل الإحصائي	نمط التوزيع
0,09-0,00	متجمع
0,49-0,1	متقارب عنقودي
0,99-0,50	متقارب عشوائي
1,19-1,00	عشوائي
2,15-1,20	متباعد

المصدر:- محمد أزهر السماك، علي عباس العزاوي، البحث الجغرافي بين المنهجية والتخصصية والأساليب الكمية وتقنيات المعلومات المعاصرة (GIS)، مصدر سابق،ص185.

(الجنوب الشرقي والشمال الغربي) في حيز مكاني ، بحيث بلغت قيمة دوران اتجاه توزيعها (121.5°) درجة من الاتجاه الجنوب الشرقي لتواجد (10) معامل ضمن هذا الاتجاه، وبانحراف مكاني واضح نحو الشمال الغربي لتركز (11) محطة بهذا الاتجاه، بذلك طوق الشكل البيضوي (58.3%) من مواقع الظاهرة المدروسة ويرتبط هذا الاتجاه في سمات التوزيع نتيجة لمرور نهر دجلة وامتداده مجراه بهذا الاتجاه من منطقة الدراسة ومارافقه من تغيرات مورفولوجية في الفترات الزمنية المختلفة.

الخارطة(6) اتجاه توزيع معامل تعبئة المياه في منطقة الدراسة لعام 2025



المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على الدراسة الميدانية الجدول(5) وبرنامج (ARC GIS).

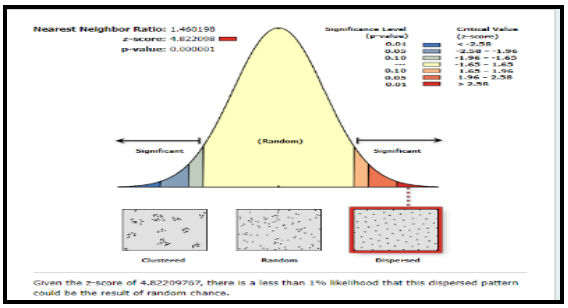
خامساً- تحليل صلة الجوار(Average Nearest Neighbor) لقياس نمط توزيع معامل تعبئة المياه في منطقة الدراسة:-

يهتم علم الجغرافية بعد دراسة التوزيع والتحليل المكاني لمواقع مقالع الحصى والرمل ضمن مفهوم التنظيم المكاني لذا لابد من تحديد النمطية (التركيب) الذي يمكن ان تكون عليها مواقع معامل تعبئة المياه في بيئات توطنها، وهي وسيلة من وسائل المقارنة الإقليمية بين التوزيعات المختلفة، ويعد نمط التوزيع المكاني للظواهر الجغرافية شكلاً من الأشكال الرياضية للعلاقات المكانية، وان هندسة المكان من أساسيات العمل الجغرافي، والتوزيع يعني الترتيب أو التنظيم المكاني الناتج عن توزيع الظاهرات في المكان وفق نمط خاص (حاصل جمع مواقع الأشياء في المكان)، والذي تنتج

محدود بالنسبة للمناطق الأخرى من منطقة الدراسة بصورة عامة.

ب-طبيعة التوزيع المكاني لمحطات تصفية المياه بشكل متقارب ومتجاور ويأخذ الشكل الدائري مع شكل المدينة التي تربط منطقة الدراسة مع بعضها البعض، ويكاد لا يفصل مكان عن آخر الاّ حدود مشتركة كون المادة الخام متصلة مع بعضها البعض سببا في ظهور النمط المتجمع العنقودي في منطقة الدراسة.

الشكل (2) نمط التوزيع الجغرافي لمعامل تعبئة المياه في مدينة تكريت لعام 2025



Average Nearest Neighbor Summary	
Observed Mean Distance:	3340.6220 Meters
Expected Mean Distance:	2287.7874 Meters
Nearest Neighbor Ratio:	1.460198
z-score:	4.822098
p-value:	0.000001
Dataset Information	
Input Feature Class:	محطات صفية مياه
Distance Method:	EUCLIDEAN
Study Area:	628076547.941004
Selection Set:	False

الاستنتاجات

1. تشير البيانات أنّ مدينة تكريت لم تشهد قبل عام 2017 انتشارًا واضحًا لمعامل تعبئة المياه، إذ لم تسجَّل إلا حالات واحده من محطات مشروع القلعه في سنة 2013، وكان الاعتماد الأكبر على مياه الإسالة أو ما يُجلب من المحافظات الأخرى. وهذا يشير إلى أن الصناعة كانت في بداياتها ولم تكن هناك وفرة في معامل التعبئة التجارية قبل هذا التاريخ.
2. أظهر البحث الى وجود اربع مراحل لتطور محطات تصفية المياه استنتج البحث ان المرحلة الاولى قبل عام (2017) سو محطة واحدة في سنة 2013 ، بينما المرحلة الثانية سجلت من (2017-2020) بداية ظهور معامل تعبئة المياه الحديثة داخل تكريت، حيث سجلت عدد المعامل (7) معامل ، بينما سجلت المرحلة الثانية (6) معامل ضمن منطقة الدراسة .
3. جاءت المرحلة الرابعة تمتد من 2023- 2024 ، (13) معملاً ، بالإضافة إلى ظهور معامل حديثة ذات طاقة إنتاجية كبيرة في عام 2024، حيث بلغ

والذي يحدد فيما اذا كان التوزيع ذو دلالة إحصائية هو قيمة (Z Score) والتي ترتبط بمقدار الانحراف المعياري عن المتوسط، فالانحراف الكبير عن المتوسط سلبا أو إيجابا يدل على توزيع غير عشوائي للظاهرة، واذا كانت قيمة (Z Score) تقع خارج المنطقة الحرجة (Critical Values) فأننا نقبل الفرضية البديلة القائلة ان توزيع النقاط التي تمثل الظاهرة يتخذ نمطاً غير عشوائي ولمعرفة نسبة صحة قبول الفرضية يعتمد على مستويات الدلالة الإحصائية (Significance Level)، التي هي في عموم الدراسات الاجتماعية لا تقل عن 0.95، فإذا أثبت التحليل أن نمط التوزيع متجمعا بمستوى ثقة أو دلالة 0.05، فإن احتمال أن يكون هذا التجمع عشوائياً غير متكتل هو 5%. بالنسبة لتحليل قرينة الجار الأقرب (Nearest Neighbor Ratio) لتوزيع مواقع معامل تعبئة المياه في منطقة الدراسة البالغ عددها (30) معملا تتوزع على منطقة الدراسة ولغرض إعطاء شرح مفصل لنمط توزيعها المكاني سوف نحاول تحديد نمط توزيعها ككل وحسب كل قضاء ومن خلال تحليل شكل (2) نستنتج الآتي:-

1- ان قيم الدرجة المعيارية (Z Score) لتوزيع معامل تعبئة المياه في منطقة الدراسة البالغة (4.82) لمنطقة الدراسة ، تقع خارج نطاق القيمة الحرجة للمعيار (Z Score) وبذلك نرفض الفرضية المبدئية التي تنص على أنّ توزيعها كان عشوائياً ، ونقبل الفرضية البديلة القائلة ان نمط توزيعها ينتظم وفق نمط خاص بعيداً عن النمط العشوائي.

2

- يشير مستوى الثقة (Significance Level) ان هناك احتمالية قدرها (1%) من وجود خطأ في رفض الفرضية المبدئية وقبول الفرضية البديلة، أي ان هناك احتمال قدره (99%) من ان نمط توزيع معامل تعبئة المياه في مدينة تكريت ناتج بفعل عوامل معينة بعيدة عن عامل الصدفة والحظ.

3- يؤكد ذلك نتائج تحليل قيمة قرينة الجار الأقرب اذ بلغت (1.46) لمنطقة الدراسة، وبذلك اتخذت أنماط توزيعها بالرغم من تباينها النمط المتقارب العنقودي وفق المحددات السابقة، ويرجع سبب نشوء هذه الأنماط المتشابهة والمتباينة للأسباب الآتية: -

أ-صغر المساحة التي تنتشر عليها محطات تصفية المياه بالنسبة لكامل مساحة منطقة الدراسة مما يؤكد تشابه الظروف الجغرافية لتوطن هذه الصناعة في حيز مكاني

12. **المراجع**

1. البطاط، منتظر فاضل. (2009). تلوث المياه في العراق وآثاره البيئية، *مجلة القادسية للعلوم الإدارية* والاقتصادية، المجلد 11، العدد 4.
2. بليع، عبد المنعم (بدون تاريخ). الماء ودوره في التنمية، دار المطبوعات الجديدة الطباعة والنشر، الإسكندرية.
3. الزهراني، عبدالله بن سالم. (2002). *الوضع المائي في الوطن العربي وانعكاساته الاقتصادية والسياسية في منظور جغرافي بحوث*، الملتقى الثاني للجغرافيين العرب، القاهرة، الجزء الأول، ٢٠٠٢.

عدد المحطات الكلي (30) محطة موزعة على منطقة الدراسة .

4. حيث جاء معمل مشروع القلعة بمساحة تتراوح 150 م²، وقد توسع المعمل مرة واحدة منذ تاريخ تأسيسه زاد من خلالها الانتاجية 25,000 لتر باليوم، وقد شغل معمل مياه دجلة الخير مساحة تتراوح 120 م² متر مربع ، وانتاج 20000 لتر باليوم .

5. يؤكد ذلك نتائج تحليل قيمة قرينة الجار الأقرب اذ بلغت (1.46) لمنطقة الدراسة، وبذلك اتخذت أنماط توزيعها بالرغم من تباينها النمط المتقارب العنقودي وفق المحددات السابقة، ويرجع سبب نشوء هذه الأنماط المتشابهة والمتباينة .

التوصيات

1. تشجيع تنويع الإنتاج داخل معامل تعبئة المياه بإضافة خطوط لإنتاج العصائر أو المشروبات الغازية أو الألبان من أجل ضمان استمرار التشغيل طوال السنة وتقليل آثار الموسمية.
2. تحسين جودة مياه الإسالة الحكومية عبر تحديث محطات التنقية في تكريت، واعتماد تقنيات ترشيح متقدمة، وتقليل نسبة الكلور والملوحة في المياه الخام الداخلة إلى الشبكة.
3. دعوة القطاعين العام والخاص لإنشاء مصانع محلية لإنتاج مواد التعبئة والتغليف داخل محافظة صلاح الدين، بما يقلل الكلفة على أصحاب المعامل ويدعم الاقتصاد المحلي ويوفر فرص عمل جديدة.
4. فرض رقابة حكومية صارمة على أسعار بيع قناني المياه لمنع المنافسة غير العادلة، واعتماد تسعيرة موحدة تستند إلى معايير التكلفة والجودة وتشجيع المنتج المحلي.

Geographic-statistical analysis of the water bottling industry in Tikrit

Yasser Lafta Hussein (Ph.D)
Yaser.hussein122@tu.edu.iq
Department of Geography, College of Arts, Tikrit University, Salahaddin, Iraq

ABSTRACT

Water is a fundamental element for the continuity of life due to its direct importance for the survival of living organisms, which makes its production and provision a vital issue with geographical and economic dimensions. This research aims to conduct a geographical–statistical analysis of bottled water plants in the city of Tikrit by examining their spatial distribution, production capacity, and ability to meet the population's needs in terms of quantity and quality, in addition to accessibility and competitiveness with non-local products.
The study concluded that the bottled water plants in the study area are privately owned. One plant is located in Tikrit District, Al-Zuhur neighborhood – Saddam Street, established in 2020 with an area of approximately 120 m². It experienced one expansion that increased its production capacity to about 20,000 liters per day and employs one worker. The Al-Fahd water plant occupies an area of about 80 m² and has undergone one expansion since its establishment, raising its productivity to 15,000 liters per day. The Zamzam plant operates on an area of approximately 110 m² with a production capacity of 20,000 liters per day, while the Al-Safa plant covers about 95 m² and reaches a production capacity of 22,000 liters per day.
The results of the nearest neighbor index analysis (1.46) for the study area confirm that, despite variation, the spatial distribution pattern tends toward a relatively clustered arrangement according to the previously mentioned determinants. The emergence of these similar and varying patterns is attributed to several factors. The study recommends improving the quality of public water supply by modernizing purification stations in Tikrit, adopting advanced filtration technologies, and reducing chlorine and salinity levels in the raw water entering the network.

Keywords:

Geographical analysis : Water bottling : Industry

الماء والاستدامة في موريتانيا، المصادر، المشاكل، طرق الترشيد

ميمونة الإمام [1]
meimouna78@yahoo.com

محمد عالي المختار التقي [2]
etaghi@yahoo.fr

[1] قسم الجغرافيا، كلية الآداب والعلوم الانسانية، جامعة انواكشوط، انواكشوط، موريتانيا
[2] قسم الجغرافيا، كلية الآداب والعلوم الانسانية، جامعة انواكشوط، انواكشوط، موريتانيا

الملخص

تتناول هذه الورقة العلمية دراسة الموارد المائية في موريتانيا نظرا لأهميتها، فالماء من الموارد الطبيعية الأساسية باعتباره سببا لحياة كل الكائنات الحية وعنصرا فعالا في عملية التنمية الاقتصادية والاجتماعية والزراعية والصناعية، ولما يحظى به من دور في تحديد مراكز الاستيطان البشري، ومع ندرته وتزايد الاحتياجات له ومع تعاظم استنزاف هذا المورد بما يشكل خطرا على الحياة نفسها غدا من أهم القضايا المطروحة بإلحاح فهي تثير العديد من المشاكل لكثير من الدول فيما يتعلق بملكية الموارد واقتسامها مما يطرح تحديات مستقبلية تتطلب إيجاد الحلول المناسبة، ولمواجهة هذا التحدي ينبغي السعي إلى إدارة الموارد المائية بصورة أكثر كفاءة وعدالة واستدامة مما يجعل التدبير العقلاني للموارد المائية السبيل الوحيد للمحافظة على التنمية الاقتصادية والاجتماعية المستدامة.

ومن الأهداف التي تسعى إليها هذه الورقة تحديد كمية الموارد المائية في موريتانيا ومصادرها، والتحديات التي تواجهها والتعرف على الاستخدامات المختلفة لهذه المصادر وأساليب ترشيدها باعتبارها صمام أمان لهذه الثروة الثمينة.

الكلمات المفتاحية: الموارد المائية؛ الجفاف؛ ترشيد المياه؛ استهلاك المياه؛ التغير المناخي.

1. المقدمة

تقع موريتانيا تحت تأثير المحيط الأطلسي غربا والصحراء شرقا، إلا أن أكثر مناطقها يغلب عليه المناخ الصحراوي الجاف وتتراوح كميات الأمطار المتساقطة من 20 مم في المناطق الداخلية الصحراوية إلى أكثر من 500مم في أقصى الجنوب الشرقي، وتعتبر التساقطات المطرية نادرة وغير منتظمة وبالتالي فإن جريان الأودية قليل في أغلب المناطق. باستثناء نهر السنغال الذي يعتبر الحدود السنغالية الموريتانية وهو أهم مورد للمياه السطحية في للبلاد، وتتراوح وارداته بين 4 مليار إلى 8 مليار متر مكعب تتقاسمها كل من موريتانيا والسنغال ومالي وغانا **[23]**.

وتقدر الموارد المائية الجوفية بحوالي 300 مليون متر مكعب في السنة وتعتبر هذه الكمية ضعيفة مقارنة بمساحة البلاد الشاسعة التي تبلغ 1030700كلم2، ويتم استغلال المياه الجوفية بواسطة حوالي 2100 بئرا لتزويد السكان بالماء الصالح للشرب. أما المياه غير التقليدية فهي تتمثل في مياه الصرف الصحي والري الزراعي وان لم يتم إلى حد الآن تقييم هذه الموارد إلا أنها يمكن أن تسهم في التنمية الزراعية وذلك بتطوير المساحات المروية وكذلك المحافظة على البيئة.

2. إشكالية ومنهج الدراسة

تتمثل المشكلة البحثية لهذا الدراسة في تشخيص التناقض الموجود في موريتانيا بين تنوع موارد المياه من جهة، وهشاشتها الطبيعية والمؤسسية من جهة أخرى؛ من خلال التساؤل عن حدود ومقدرة الإمكانات المائية الوطنية، على تلبية الطلب المتزايد على موارد المياه في ظل ضغط تغير المناخ والتوسع الزراعي والضغط السكاني والنمو الحضري، وفي ظل الاختلالات في التوزيع المجالي لموارد المياه وضعف الحوكمة؛ وعن مدى إمكانية الانتقال من منطق الاستغلال الكمي لموارد المياه إلى منطق الإدارة المستدامة القائمة على معايير النجاعة والكفاءة والإنصاف والحماية.

ولأن دراسة هذا الإشكال تستوجب الجمع بين ثلاثة مستويات مترابطة، تشمل مستوى المصادر (المياه السطحية، والجوفية، والغير تقليدية)، ومستوى الضغط الناتج عن التوسع الزراعي والنمو الحضري والعمراني وضعف التوزيع والصرف الصحي، فضلا عن مستوى الحوكمة الذي يشمل أبعاد الإدارة والمراقبة، والجودة. فإننا سننطلق في هذه الدراسة من

11.1مليار م³ منها مياه سطحية وحوالي 0.3مليار م³ مياه جوفية، فإن بعض التقارير الاحصائية توسع من منظور القياس ليشمل الماء الأزرق والماء الأخضر، حيث يرتفع تقدير الموارد المائية لديها ليصل إلى 15.50مليار م³؛ غير أن هذا التفاوت لا يعكس تناقضا بقدر ما يكشف عن اختلاف في منهجيات ومجالات القياس بين الموارد المتجدد القابلة للتعبئة والرصيد المائي الأوسع **[16-18]**.

1.4. تنوع مصادر المياه السطحية:

تعرف المياه السطحية بأنها المياه التي توجد على سطح الأرض على هيئة سيول نتيجة هطول الأمطار، وتتواجد على هيئة ثلوج تذوب بعد ارتفاع درجة الحرارة وتجري هذه المياه في الأودية والأنهار فتصب في البحار أو تختفي في الصحاري القفار أو تتجمع في البحيرات والمنخفضات أو تتسرب إلى باطن الأرض حتى تصل إلى الطبقات الجيولوجية الحاملة للمياه. توصف المياه السطحية بأنها مياه متجددة وتعتبر الأمطار المصدر الأساسي لهذه المياه في المناطق الجافة وشبه الجافة، ولأهمية المياه لسكان المناطق الجافة وشبه الجافة فانه يتم منذ القدم الاستفادة من مياه الأمطار عن طريق إقامة السدود الترابية لحجز مياه السيول وتحويلها إلى الأراضي المجاورة لاستصلاحها وزراعتها، كما أن سكان المناطق الجبلية تمكنوا بحكم ذكائهم الفطري من عمل المدرجات الزراعية على امتداد سفوح الجبال وجوانبها متى كان ذلك ممكنا حيث تزرع كافة المحاصيل الزراعية التي يحتاجها الإنسان أما السدود فهي من المنشآت القديمة التي شيدها الإنسان في العصور القديمة وأثبتت بالفعل جدواها **[12]**.

إن كمية المياه السطحية المتجددة تقدر 11,1 كلم3 سنويا وهي تتكون أساسا من نهر السنغال الذي يشكل الحدود الطبيعية بين موريتانيا والسنغال وروافده بالإضافة إلى المياه التي يتم حبسها بواسطة السدود المنتشرة في الأجزاء الجنوبية والوسطى من البلاد. ولا يأتي من داخل البلاد من هذه الكمية سوى 0,1 مليار م3؛ ما يعني أن الكمية الرئيسية من هذه المياه مرتبطة بالنظام النهري العابر للحدود **[16]**. وتستبطن البلاد كمية لا باس بها من المياه الجوفية التي تتميز باختلافات جغرافية كبيرة، وتبدو الموارد المائية أكثر في الجنوب الغربي والجنوب الشرقي

سأول محوري حول موارد المياه في موريتانيا ومصادرها المختلفة، ومشاكلها الرئيسية وطرق ترشيدها.

3. هدف الدراسة

نهدف من خلال معالجة إشكالية **هذ الدراسة**، إلى التعرف على واقع الموارد المائية في موريتانيا، والوقوف على مكانتها ومقدراتها ومصادرها المختلفة، مع الوقوف على أبرز المشاكل التي يعاني منها قطاع المياه وسبل معالجتها. وذلك من خلال اتباع منهج وصفي تحليلي معتمد على القراءة الوثائقية المقارنة للدراسات والمراجع النظرية، وعلى جمع البيانات الإحصائية من خلال وصف المشكلة وتحليلها وصولا إلى نتائج دقيقة.

4. تنوع مصادر المياه ومقدراتها في موريتانيا

يعتبر الماء عنصرا أساسيا لحياة الإنسان والحيوان والنبات، لذا تشكل الثروة المائية لأي بلد أهمية كبرى في التنمية الاقتصادية والاجتماعية، ولعل ذلك هو ما جعل منه الدعامة الأساسية لقيام المجتمعات وتطورها في شتى نواحي الحياة الاقتصادية والاجتماعية كعنصر أساسي لمد جذور التنمية الاقتصادية والاجتماعية الشاملة وبالتالي تحقيق التنمية المستدامة **[10]**.

وموريتانيا من البلدان التي تزخر بموارد مائية متنوعة جوفية وسطحية إلا أنها تمتاز بالمحدودية والهشاشة وعدم الانتظام، مما يجعل البلد يعاني من مشكلة ندرة المياه. فوفق إحصاءات ملخصة عن الموارد المائية، في موريتانيا سنة 2022، الصادر عن منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة، بلغ إجمالي الموارد المائية المتجددة 11.40 كم³/سنة؛ وبلغت المياه السطحية المتجددة داخليا 0.40 كم³/سنة؛ والمياه الجوفية المتجددة داخليا جزء من 0.40 كم³/سنة؛ نسبة التبعية المائية: 96.49% (الجدول 1).

الجدول 1 إجمالي الموارد المائية المتجددة في موريتانيا نة 2022 [22].

صنف الموارد المائية	إجمالي الموارد المائية
الموارد المائية المتجددة	11.40كم3/سنة
المياه السطحية المتجددة داخليا	0.40كم3/سنة
المياه الجوفية المتجددة داخليا	جزء من الـ 0.40 كم3/سنة
نسبة التبعية المائية	96.49 %

ولئن كانت بعض الوثائق المرجعية تحصي الموارد المتجددة التقليدية بنحو 11.4مليار م³/سنة،

في الدلتا السفلي لنهر. وتجعل منطقة الدلتا منطقة غنية بالمواد العضوية وذات تربة خصبة مما يجعلها منطقة زراعية بامتياز **[13]**. وتقع النسبة الأكبر من مساحة النهر في مالي بنسبة تقدر بحوالي 53%، تليها موريتانيا بحوالي 26 %، بينما تأتي غينيا **في** المرتبة الثالثة قرابة 11 %، وأخيرا السنغال والتي تستحوذ على أصغر مساحة من حوض نهر السنغال بحوالي 10% من مساحته **[11]**.

نظام الجريان: يعرف نظام جريان النهر مرحلتين: ارتفاع من يونيو إلى نوفمبر، وانخفاض من أواخر ديسمبر إلى مايو، وذلك تبعا لنظام تساقطات الأمطار في المنطقة، ويصل التدفق أحيانا ما بين 4000م3/ث إلى 6000م3/ث ومتوسط الصبيب 4000م3/ث. ويتناقص إلى حدود 1000م3/ث، كما يختلف متوسطه من خلال الفيضانات من سنة إلى أخرى، وخلال فترات الجفاف **[8]**. في سنة 2022 قدرت ذروة أعلى تدفق لمياه النهر عند محطة "باكيل" (مع احتساب تأثير سد ماننتالي) بنحو 6400م³/ث لفيضان فترة تعود لعشر سنوات، كما اعتمد تدفق 4500م³/ث حدا حرجا أقصى عند محطة "باكيل" لتفادي الفيضانات الضارة في المنطقة **[23]**. وتقدر الموارد السنوية لمياه النهر ب 23، 2 مليار م3، والمياه المستغلة منه بأقل من واحد مليار متر مكعب. ويخضع نظام جريان النهر لفترتين أساسيتين هما

فترة ارتفاع مستوى المياه: وتواكب هذه الفترة، فترة التساقطات المطرية التي تبدأ عادة، مع نهاية يونيو، ويتوقف مدى ارتفاع المنسوب المائي مع أهمية التهاطلات المطرية على روافد ومنابع تغذية النهر. أما الفترة الثانية والمسماة بفترة التحاريق: أي الفترة التي ينخفض فيها منسوب مياه النهر، وعادة ما تكون أطول بكثير من الأولى (4-8 شهرا) وفي مسار النهر المتوسط يصب فيه بعض الروافد القادمة من داخل البلاد مثل: واد القرفة وواد كاراكور. ويضم نهر السنغال قسمين متميزين هما: المجرى الأوسط والدلتا.

الجدول 2. روافد نهر السنغال (الضفة الموريتانية) سنة 2012 [4].

المجاري المائية	المحطات	مساحة (ح.م) كم2	معدلات الامطار (مم)	مقادير المياه المنسابة (مم)	معامل الانسياب
كركل	فم لكليت	20800	363	38,8	18,8

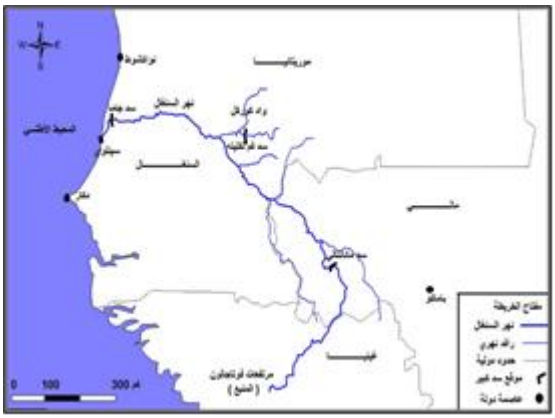
(بحيرات الترارزة وحوض توادن الترسبي وبحيرات وادي النهر الذي يتميز بمعدلات تدفق مرتفعة ومنتظمة) بينما تكون محدودة في باقي البلاد (بحيرات متقطعة وموارد نادرة). وتقدر كمية المياه الجوفية ب 3 ،0 كلم3 سنويا. وتقدر الطاقة الإجمالية للسدود بحوالي 0,9 كلم3 يغطي سد فم لكليت منها 0,5 كلم3 **[4]**.

- مياه الأمطار: أن المصدر الرئيسي للمياه الجوفية هي مياه الأمطار حيث يتجمع جزء من هذه المياه على سطح الأرض ليشكل الأنهار، بينما يرشح جزء من مياه الأمطار عبر مسامات الأرض وشقوقها وتتجمع في باطن الأرض على شكل خزانات ثابتة تتحول بعدها إلى أحواض مائية. وتختلف كميات الأمطار من شهر لآخر ومن فصل لآخر، وتتساقط أغلب الكميات في فصلي الخريف والشتاء أي ما يعادل 75% إلى 85%من المعدلات السنوية. أما في فصل الربيع فإن معدل الأمطار لا يتعدى نسبة 10 إلى 15 %ويعتبر فصل الصيف الأكثر جفافا حيث أن نسبة تساقط الأمطار ضعيفة جدا ولا تتعدى 5% من المعدل السنوي. ويمكن حصر الأشهر الممطرة بداية من الشهر السابع إلى أواخر الشهر العاشر. أما بقية الأشهر بداية من شهر عشرة إلى نهاية الشهر السادس تعتبر أشهر جافة، في موريتانيا، وغالبا ما تكون فيها الأمطار المتساقطة فيها، ذات صبغة رعدية وتتساقط في وقت وجيز جدا **[6]**.

- نهر السنغال: يعد إقليم النهر جزءا من منطقة جغرافية طبيعية هي منطقة حوض نهر السنغال بأكملها، وتمتد من منبع النهر في مرتفعات فوتا جالو في غينيا حتى مصبه في المحيط الأطلسي في منطقة حدودية بين موريتانيا والسنغال، وتقدر مساحته ب 340 إلف كلم2، ويمتد النهر على طول 1790 كلم وتقع عليه أربع دول هي موريتانيا والسنغال ومالي وغينيا. أما عرض النهر فيتراوح بين (10-15) كلم **[11]**، وتتحكم الظروف الجيومورفولوجية في عرض النهر من مكان لآخر.

يمتاز نهر السنغال بنظام تصريف بسيط يخضع للأمطار الموسمية التي يستمر تساقطها سبعة أشهر ابتداء من شهر ابريل ولغاية شهر أكتوبر، وتزداد الأمطار في شهر يوليو وتقدر كميات الأمطار التي تسقط في هذا الشهر بـ 230سم3، وتنحدر من هضبة النهر مجموعة مجاري الأنهار الضحلة حاملة معها المواد الرسوبية التي تلقيها عند مناطق المصب

خريطة 1: مجرى نهر السنغال والسدود الكبرى المرتبطة به [2].



وهكذا تتنوع المصادر السطحية للمياه في موريتانيا تنوعا يزداد أهمية، في سياق المناخ العام في البلد؛ حيث متوسط تساقطات لا يتجاوز 92مم/سنة،

ومعظم البلاد يتلقى أقل من 300مم/سنة، في حين تتراوح التساقطات المطر بين بضع مليمترات ونحو 450مم/سنة في أقصى الجنوب، هذا في ظل ازدياد موجات الجفاف القوية التي تعرض لها تعرضت لها البلاد خلال العقود الأخيرة، والتي خفضت معدلات الأمطار بنسبة تراوحت بين 35% و70 %عن المعدل العام **[16]**. وعليه فإن استدامة المياه السطحية في موريتانيا ليست رهينة فحسب بوجود الأمطار وإنما أيضا بانتظامها الزمني، وقدرة البنى التخزينية والسدود، والتنسيق العابر للحدود، ذلك أن المورد السطحي في جوهره هو مورد استراتيجي خارجي، غير سيادي بالكامل، ومتسم غالبا بالاعتماد على الخارج وبالحساسية الشديدة تجاه تغير المناخ. كما تقوم استدامته على معادلة تجمع بين حسن إدارة السدود، والتخزين، وتدبير التفاوت المكاني، بين مناطق الجنوب الرطبة نسبيا وبقية مناطق البلاد الجافة، فضلا عن سياسات التعاون الدبلوماسي بين دول حوض نهر السينغال.

2.4. مصادر المياه الجوفية:

لئن كانت موارد المياه الجوفية أقل وزنا لدى الحسابات الوطنية للموارد المتجددة، من الموارد السطحية، فإنها تمثل موردا حيويا في الاستخدام

الأبيض					
الكرفة	اولـــوم بوني	6365	491	34,7	7,0
انيوردا	عر	2560	648	65,8	10,2
وادي كتي	تاشودا	3420	252	13,0	5,2
التامورت	لكديم	6190	230	8,7	3,7
كاراكور		14880	-	-	-

مشاريع النهر: لقد تم إنشاء عدة مشاريع للاستفادة من مياه النهر إذ تم إنشاء سدين هما: سد دياما 1986 وسد مانانتالى 1988 ويسعيان للتحكم بمياه النهر لغرض استغلالها اقتصاديا في مجالات (الزراعة وتوليد الطاقة الكهربائية والملاحة) وتبلغ المساحة الكلية التي سيسمح السدان بزراعتها حوالي 375 إلف هكتار للدول المستفيدة من السدين، وتقدر المساحة التي يسمح السد بزراعتها بالنسبة لموريتانيا 110 آلاف هكتار **[13]**.

- السدود: تقدر السعة الإجمالية للسدود في موريتانيا بنحو 0.9 كلم^3، حوالي 0.5 كلم^3 منها لسد فم لكليتة أكبر سد في موريتانيا والواقع في قلب ولاية كوركول جنوب البلاد؛ وهي المسألة التي تبرز مدى أهمية السدود ومنشآت التخزين للتغلب على ندرة الجريان شبه الدائم للمياه داخل المجال الموريتانيا الوطني **[16]**. وتعد منشآت السدود المائية إحدى المصادر الداخلية الهامة للمياه في موريتانيا، وهي تنقسم إلى سدود بدائية وأخرى حديثة:

سدود بدائية تقليدية: هي عبارة عن إقامة حواجز عرضية أمام السيول المتدفقة بعد تهاطل الأمطار، تنشط هذه السدود التقليدية، حول مياه المستنقعات، والبرك، والوديان الصغيرة، التي لا يصل جريانها إلى النهر بعد سقوط الأمطار، حيث يعمل المزارعون على إقامة هذه السدود للاستفادة منها، وأصبحت هذه السدود الركيزة الأساسية للزراعات المطرية، وتغذية المياه الجوفية، والتنمية الحيوانية.

السدود الحديثة: يعتبر هذا النوع من السدود محدودا إذا استثنينا سدي (أدياما) على مصب نهر السنغال وسد فم لكليتة على مجرى وادي كوركل. أنجز هذان السدان على أسس تقنية. يسمح سد دياما بتخزين أزيد من 250 مليون م3 من المياه سنويا، وتقدر سعة الخزان سد فم لكليتة ب 500 مليون متر مكعب.

يصف تقرير للبنك الدولي المياه الجوفية في موريتانيا بأنها ضعيفة الاستغلال وغير متكافئة التوزيع وعمليات تعبئتها عسيرة، كما تتسم بمحدودية التوثيق من حيث الكميات ومعايير الجودة ومعدلات التغذية. ذلك أن المعرفة الهيدروجيولوجية في البلد لا زالت ناقصة، نتيجة لضعف الوسائل. كما أن المياه الجوفية في الحوض الجيولوجي السنغالي-الموريتاني، تتعرض لضغوط بشرية متزايدة وتلوث بيئي كبير، وتستدعي استدامتها إطارا قانونيا ومؤسساتيا مشتركا ناجعا على مستوى الحوض الجوفي السنغالي-الموريتاني **[25]**.

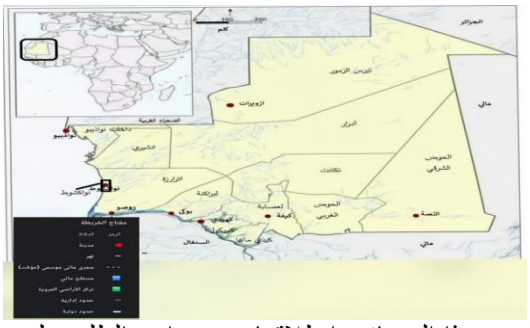
5. الموارد المائية بين تزايد الطلب ومخاطر الاستنزاف

لا يمكن اختزال مشاكل المياه في موريتانيا فقط في مسألة الندرة الطبيعية، وإنما تتعقد تلك المشاكل في ظل البنية الجغرافية والمؤسساتية المركبة لبلد صحراوي شاسع، أمطاره ضعيفة ومتذبذبة، وأكثر من نصف أراضيه صحراوي ضعيف الكثافة، وتتركز أهم موارده المائية المتجددة حول نهر السنغال، ويتفاوت فيه التوزيع المجالي لموارد المياه الجوفية والسطحية بشكل واضح بين الجنوب والجنوب الغربي والجنوب الشرقي من جهة، وبقية البلاد من جهة أخرى **[25]**. ومن ثم فإن المشاكل الحقيقية للمياه لا تتعلق فحسب بحجم الموارد، وإنما أيضا بطريقة تعريفها وقياسها وتعبئتها وتوزيعها واستخدامها، فضلا عن الظروف المناخية؛ ومن أبرز تلك المشاكل الراهنة مشكلة التلوث المائي والمشاكل مع البلدان التي تتقاسم المجرى النهري الوحيد، فضلا عن ظروف التصحر، وفي هذا السياق يعد تطور حجم الطلب على المياه ومخاطر الاستخدام المفرط أحد أبرز تلك المشاكل، نتيجة تلبية الطلبات في مختلف الاستعمالات المياه (منزلي صناعي، فلاحي) حيث يتم جلب المياه من مصادر المياه السطحية (السدود والمحاجز المائية، والأنهار) أو من مصادر المياه الجوفية (الآبار العميقة والينابيع)؛ وتعد تلبية تلك الطلبات من أولى اهتمامات السلطات المحلية **[10]**.

وفي هذا السياق تكشف الأرقام والإحصائيات المتوفرة أن الضغط على الموارد المائية في موريتانيا هو ضغط قطاعي بالدرجة الأولى، حيث يستحوذ قطاعي الزراعة وتربية الماشية، على النصيب الأكبر من الكميات المائية المستهلة. حيث بلغ إجمالي السحب المائي سنة2000 حوالي 1.698مليار م³/سنة، نحو 1.5مليار م³ منها مخصصة للزراعة والماشية (88%)، وحوالي 150 البشري والأنشطة الاقتصادية، ولا سيما في المناطق الداخلية البعيد من نهر السينغال. وتوجد تلك المياه الجوفية داخل خزانات في باطن الأرض مكونة طبقات صخرية أو رسوبية قادرة على احتواء كمية من المياه، تتكون تلك الطبقات من مواد غير مدمجة مثل الرمال والحصى أو من صخور مدمجة مثل الحجر الرملي أو الحجر الجيري المتحصي (أو في الفراغات والشقوق بين حبيبات التربة وللمياه الجوفية عدة مصادر) **[7]**. حيث تركز الكميات الأكبر من المياه الجوفية في الطبقات الهيدروجيولوجية في الجنوب الغربي والجنوب وفي الجنوب الشرقي من البلاد، وبشكل خاص في الصخور الرسوبية الكبرى في منطقة اترارزة وحوض تاودني ومنطقة وادي النهر؛ مقابل وضع تركز أقل في بقية مناطق البلاد حيث تتقطع بحيرات المياه الجوفية نسبيا وتتوزع بعشوائية **[16]**.

وتقدر الموارد المائية الجوفية في موريتانيا بحوالي 300 مليون متر مكعب في السنة وتعتبر هذه الكمية ضعيفة جدا مقارنة مع مساحة موريتانيا التي تبلغ حوالي 1025520كم2، مقارنة ببلدان المغرب العربي. ويتم استغلال المياه الجوفية بواسطة حوالي 2100بئر لتزويد السكان بالماء الصالح للشرب **[6]**.

خريطة رقم (2) حالة المياه العامة في موريتانيا [19].



في هذا السياق وانطلاقا من تزايد الطلب لسد الاحتياجات البشرية والرعوية والزراعية من جهة ونقص الأمطار الذي قد يستمر على المدى المتوسط لأسباب جيولوجية وبشرية فان المياه الجوفية في موريتانيا ستبقى شحيحة، مما يحتم تبني قواعد علمية للتسيير العقلاني للموارد المائية لضمان الاستجابة للحاجيات الأساسية من هذه المادة.

وتكاد تجمع الدراسات في هذا الإطار على أن المشكلة الأساسية لهذه الموارد ليست متعلق بمجرد التوفر، وإنما أيضا بضعف المعرفة والرقابة. حيث

2005، ثم قارب لاحقا 65ألف م³/يوم قبل دخول المشروع؛ هذا في حين برمجت المرحلة الأولى من مشروع آفطوط الساحلي لإنتاج 150ألف م³/يوم من المياه المعالجة، مع رفع طاقة المشروع لاحقا إلى 225ألف م³/يوم في المرحلة الثانية لتلبية حاجات في أفق سنة 2030. وهي القفزة التي تكشف عن حقيقة أن الطلب الحضري في نواكشوط لم يعد منسجما مع الموارد المحلية المحدودة كما كان مبرمجا سابقا، بل مع تحويلات مائية كبرى يتطلبه الواقع الحضري الجديد للمدينة **[15]**.

وفي الوسط الحضري أيضا، لا يرتبط الاشكال دوما بزيادة الكميات المستهلكة فحسب، بل أيضا بالإفراط في الاستهلاك بصيغ مختلفة، وبضعف التحكم في إدارة شبكات المياه المهدرة؛ حيث تؤكد الدراسات على أن ارتفاع الضغط على المياه بعد

تشغيل مشروع آفطوط الساحلي أدى إلى تزايد في التسربات والانكسارات في الشبكة، وعلى أن صيانة شبكة المياه وكشف كميات الفواقد المتسربة، ظلا تحديين أساسيين في هذا السياق، ونتيجة لذلك فإن جزءا هاما من "الاستهلاك المفرط" في مدينة نواكشوط ليس استهلاكا منزليا مباشرا فحسب وإنما ما هو أيضا استهلاك مفقود ناتج عن هشاشة الشبكة والبنية التحتية للمياه **[15]**.

وعلاوة على ذلك فإن المعطيات الإحصائية، توضح أن أزمة المياه في موريتانيا لم تكن أزمة إنتاج فقط، بل أزمة سوء إدارة في الاستخدام المنزلي والصناعي والزراعي، وأزمة توزيع وجودة وبيئة حضرية، ففي نواكشوط، وقبل مشروع آفطوط الساحلي، كان حوالي 89% من الأسر في الأحياء الطرفية للمدينة غير مرتبطة بالشبكة، كما كانت نقاط التوزيع العمومي تتعرض باستمرار للتلوث الجرثومي، في حين كان حوالي 99% من الأسر يتحصلون في تلك الأحياء، على المياه بطرق عشوائية أمام المنازل أو قرب حفر ومستنقعات أمام خزانات التوزيع مما يرفع احتمالية تلوث نقاط التوزيع والشبكات، ولاسيما عند حدوث كسور وتسربات في أنبي الشبكة **[15]**. أما بعد انتهاء مشروع آفطوط الساحلي ودخوله حيز التشغيل، تحسنت قاعدة التزويد من حيث الكمية وجودة المياه عند المصدر، غير أن حالات تسربات شبكة المياه وتقادم الأنابيب ومجاورتها لشبكة الصرف أو غيابها، ظلت إحدى

مليون م³ منها للاستعمالات المنزلية (9%)، وحوالي 48مليون م³ للصناعة (3%). وتؤكد تلك الإحصائيات على الوزن نفسه تقريبا في على مستوى الطلب على المياه، حيث قدرت الكميات الإجمالية المستهلكة سنة 2012 بحوالي 1.7مليار م³، استهلك قطاع الزراعة بمفرده منها نحو 1.5مليار م³ **[18-23]** (الجدول: 3).

الجدول 3. استهلاك الماء على المستوى الوطني حسب القطاعات [4].

الكمية	القطاع			
	قطاع الزراعة	الاستهلاك المنزلي	القطاع الصناعي	الاستهلاك العام
الكمية بالمليون م3	1500	150	48	1678
النسبة المئوية	%88	%9	%3	%100

5-1-. الاستخدام الحضري والمنزلي للمياه: تزايد الطلب وسوء الاستخدام ومشاكل الإدارة والتوزيع

لقد ظل الاستخدام الحضري والمنزلي للمياه في موريتانيا في تزايد مستمر نتيجة للزيادة السكانية، وللتطور الاجتماعي الكبير، ولارتفاع مستويات المعيشة. ويتوقع أن تستمر وتيرة تلك الزيادة في الاستخدامات المنزلية للمياه بسبب استمرار الزيادة المتوقعة للسكان أو ارتفاع مستويات المعيشة وارتفاع الدخل **[8]**.

الجدول 4. السكان الذين يحصلون على مياه صالحة للشرب وصرف صحي ملائم في موريتانيا (سنة 2022) [24].

السكان الذين يحصلون على مياه صالحة للشرب			السكان الذين يحصلون على صرف صحي ملائم		
الحضر %	الريف %	الإجمالي%	الحضر %	الريف %	الإجمالي%
89.9	62.9	74.6	55.7	16.8	33.7

ففي الوسط الحضري في موريتانيا، وخاصة في مدينة نواكشوط عاصمة البلاد، اتخذ الطلب على المياه منحى تصاعديا نتيجة النمو السكاني والتوسع العمراني السريع. وتظهر المعطيات المتوفرة في هذا السياق أن الإنتاج اليومي قبل انتهاء مشروع آفطوط الساحلي، ظل دون 50ألف م³/يوم خلال سنة

88% من الكميات المستهلكة من المياه، ما يحول هامش هدر المياه داخل قطاع الزراعة، إلى عامل استنزاف بنيوي مباشر للمياه، ولاسيما في البيئات الهشة ذات التغذية المائية المحدودة **[16-21]**.

3.5. التغيرات المناخية وتفاقم آثار الجفاف

منذ مطلع التسعينيات تفاقمت مشكلة الاحتباس الحراري في العالم نتيجة للتلوث الهوائي والاختلال في نسب مكونات الغلاف الغازي في الطبقات العليا والتي أدت إلى ارتفاع في درجة حرارة الكرة الأرضية. مما أدى إلى تغيرات طقسية في الضغوط ومن ثم حركة الرياح والتي أدت إلى مزيد م الجفاف والاحترار العالمي. وستظل هذه المشكلة في تزايد إذا ما استمرت أسبابها وسيشهد العالم تغيرات مناخية ستكون آثارها سلبية وكبيرة على العروض المدارية وشبه المدارية والمناطق المعتدلة الدافئة **[9]**.

وفي هذا السياق تربط الدراسات بين هشاشة الوضع المائي في موريتانيا والتقلبات المناخية ربطا مباشرا؛ حيث تعتبر الأمطار ضعيفة وغير منتظمة زمانيا ومكانيا، وحيث تسبب سنوات الفترات الجافة جدا خلال 1985-1984، و1992-1991؛ في انخفاض شديد في كميات التساقطات بنسب تراوحت بين 35% و70% عن المتوسط **[16-25]**، وهو ما انعكس سلبا على الإنتاج الزراعي والرعوي وعلى التوازن بين السكان وموارد المياه. حيث اجتاح الجفاف موريتانيا منذ سنوات السبعينات، وتسبب في تحولات عميقة على الصعيد البيومناخي، والاجتماعي، والاقتصادي، والمجالي..، ويحتل النشاط الريفي مركز هذه التحولات، بحكم تأثره بالأزمة البيومناخية، وما يستتبعها من جفاف وتصحر. حيث تشير المقادير المسجلة إلى هبوط للأمطار، يتراوح بين 25-50% في معدل القيم المتوسطة المسجلة خلال هذه الفترة، كما ظهرت تحولات لخط المطر إلى الجنوب. وتظهر البيانات الحديثة لمحطات الرصد الجوي في البلد إلى استمرار بعض ملامح تلك التغيرات المتمثلة في التذبذب الشديد لمعدلات كميات التساقطات المطرية على المستوى الوطني، في ظل التزايد الملحوظ لمعدلات درجات الحرارة، خلال العقدين الأخيرين (الشكلين: 1و2).

المشاكل الملاحظة التي تنقل النقاش في هذا السياق من "تلوث المورد المصدر" إلى "تلوث منظومة الإمداد"، أي من الماء الخام إلى البنية الوسيطة بين المصدر والمستهلك **[15]**.

2.5. الاستخدام الزراعي للمياه: تنام الطلب على المياه، ومحدودية كفاءة نظم الري

تعتبر الموارد المائية العامل الرئيسي المحدد للإنتاج والتوسع الزراعي، إلى جانب تأثيرها في طبيعة الإنتاج وكميته. وتختلف متطلبات الفرد من المياه للاستخدامات المختلفة الإنسانية والزراعية وذلك من منطقة إلى أخرى، إذ تزداد الاحتياجات المائية في المناطق الحارة ذات الرطوبة النسبية المتدنية وتقل في المناطق الباردة الرطبة. وكما هو معلوم فإن الزراعة المروية قد بدأت مع الحضارات القديمة منذ آلاف السنين حيث كانت الزراعة المروية هي الدعامة الأساسية التي قامت عليها هذه الحضارات، وقد صاحبت هذه الحضارات أعراف وتقاليد للتعامل مع المياه ومراقبتها والتحكم فيها **[8]**. ويتم ري المناطق الزراعية في موريتانيا أساسا بالمياه السطحية ولذلك فهي تنحصر في المناطق الجنوبية على ضفاف نهر السنغال أما المياه الجوفية فهي تساهم في ري حوالي 9%من مجموع المساحات المروية **[6]**.

وفي هذا السياق تعكس الأرقام المتوفرة، نزعة متزايد في تنامي الطلب على المياه لري المساحات المزروعة، وتتأكد تلك النزعة أكثر مع التوسع النسبي للمجالات المسقية المروية؛ ففي المجال الحوضي المرتبط بنهر السنغال، بلغت المساحة المروية في موريتانيا 39951هكتارا، سنة 2020 على مستوى المساحة الأرضية، وترتفع تلك المساحة لتصل إلى 77955هكتارا عند احتساب الزراعة المزدوجة، الأمر الذي يكشف عن تنام في الطلب الزراعي على الماء. هذا في حين، توضح الأرقام أن كفاءة الري الزراعي لا تزال محدودة، حيث قدّرت سنة 2020، بـ 0.5، بسبب ممارسات الري المفرط، مع الهدف إلى رفعها حتى تصل لـ 0.7 عند حلول 2050؛ وهو ما يعني أن جزءا معتبرا من الطلب الحالي على مياه الري لا يرتبط فحسب باتساع المساحات، وإنما يرتبط أيضا بضعف النجاعة التقنية في استخدام مياه الري **[21]**.

وتشير الدراسات في هذا الإطار وبوضوح إلى وجود ممارسات ري مفرط، تُضعف نجاعة استعمال المياه كما تؤكد على استمرار هيمنة الزراعة على

كمية المياه ومستويات الجودة والتغذية المائية **[16-25]**.

وهكذا يبين تحليل وضع الموارد المائية على مستوى تزايد الطلب ومخاطر الاستنزاف، في هذا المحور، أن منحنى الطلب على المياه في موريتانيا يتحرك في اتجاهين متوازيين، طلب زراعي كثيف يمثل القلب الصلب للضغط على الموارد المائية من جهة، وطلب حضري متزايد يفرض الانتقال إلى مشاريع معالجة وزود بالمياه واسعة النطاق، من جهة أخرى.التنامي المطرد في الطلب على المياه، فحسب، وإنما أيضا على ارتفاع نسب الهدر الكبيرة في الاستخدام المنزلي والزراعي إضافة إلى الاستخدام الصناعي، وذلك ناجم عن غياب تسعيرة موحدة مناسبة للمياه تنظم مستويات الطلب المتنامية عليها،

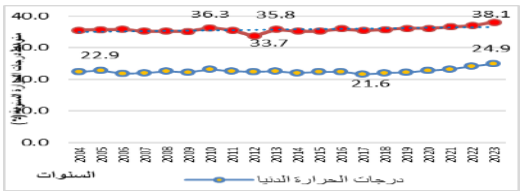
فضلا عن ضعف الوعي المجتمعي بأهمية ترشيد استخدام المياه؛ إذ تعاني البلاد من الارتفاع المستمر في الطلب على المياه العذبة بالشكل الذي لا يتناسب مع العرض الحقيقي لها؛ غير أن الهدر الأعظم في المياه يكون في القطاع الزراعي الذي يتميز باستحواذه على نسبة كبيرة من المياه تتجاوز التسعين في المائة، كما أن نسبة 85% من إجمالي أساليب الري الزراعي هي أساليب قديمة وتفتقر إلى الشبكات المبطنة التي تتميز بانخفاض الضائعات المائية، كما يندر اعتمادها على طرق الري بالتنقيط التي تتميز بالاقتصاد في استخدام المياه **[8]**.

6. الموارد المائية والاستدامة

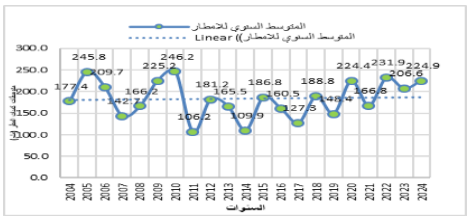
يعتبر الماء عنصرا أساسيا في التنمية الاقتصادية من زوايا متعددة. فالزراعة والأنشطة الرعوية والمعادن والصيد وحتى الخدمات..، كلها تحتاج إلى الماء بشكل ملح وإلى البني التحتية المائية. ويعد الضغط الكبير الذي يمارسه الإنسان على الوسط البيئي (نظام الإنتاج، وآثار الأنشطة الرعوية، والاستغلال المفرط لمياه البحيرات الجوفية، والتلوث الحضري والصناعي للماء والأراضي، مخلفات الاستغلال المعدني الخ...)؛ أحد العوامل التي تؤثر سلبا على الموارد الطبيعية، ويزداد الأمر سوءا في موريتانيا التي يقع حوالي 70% من حيزها الترابي اليوم في منطقة صحراوية.

وفي هذا السياق يقتضي تطبيق مبدأ التنمية المستديمة، تحسين معرفتنا بتأثير أفعالنا على البيئة مع

الشكل 1. معدلات التساقطات المطرية على المستوى الوطني 2004- 2024



الشكل 2. معدلات درجات الحرارة القصوى والدنيا على المستوى الوطني 2004-2023



ولقد أدت التغيرات المناخية في العقود الأخيرة إلى تفاقم ظاهرة الجفاف التي كانت تعاني منها موريتانيا، وترتب على الجفاف آثار ضارة إذ أن قلة التساقطات المطرية تؤدي إلى التصحر نتيجة لزحف الرمال مما يتسبب في شح المياه وتدهور البيئة وتناقص الإنتاج الزراعي والحيواني ونزوح السكان من المناطق المتضررة إلى المدن ويتسبب في انتشار الأمراض والأوبئة، وفي موريتانيا بلغ عدد المتضررين من الجفاف فيها عام 1986 حوالي مليون نسمة. ولا يقتصر أثر المناخ على تذبذب الكمية السنوية للمياه والأمطار، فحسب بل يمتد إلى انتظام ذلك الأثر ووظيفته المجالية؛ حيث يتسبب التوسع الحضري الناتج عن موجات الجفاف ونوبات النزوح الريفي والهجرة نحو المدن، في ضغط على شبكات الماء والصرف الصحي، وضغط متزايد على البنيات الحضرية للماء والصرف الصحي؛ وعليه فإن التغير المناخي في موريتانيا ليس متغيرا طبيعيا منفصلا، وإنما هو عامل يعيد بشكل مستمر تشكيل الجغرافيا السكانية وزيادة الطلب المياه في آن واحد **[18]**.

ويوضح البنك الدولي، في هذا الإطار، على أن خطرَي الجفاف والفيضانات مرشحان للتزايد مع تغير المناخ، وعلى أن التكيف مع ذلك التغير سيظل مسألة صعبة بسبب غياب المعرفة الكافية بالمياه الجوفية في البلد؛ حيث تصبح إدارة المخاطر مسألة محدودة، في ظل عدم اكتمال المعطيات الأساسية عن

وهنـاك الهـدر الـذي يحـدث فـي ري المسـاحات الزراعية، وفي المنازل حيث تتعدد دورات المياه في

المنزل الواحد حيث يزيد عددها في بعض الأحيان عن عدد أفراد العائلة مما يزيد من فرص الاستنزاف والتسريبات ويمكن معرفة نصيب الفرد من المياه في موريتانيا من خلال الجدول التالي (الجدول: 5).

الجـدول 5. نصـيب الفـرد مـن الميـاه العذبـة المتجـددة السنوية م3 من 1970- 2020 [14].

1970	2000	2015	2020
9364	4104	2662	2589

يتضـح أن الترشـيد المنزلـي والفـردي لاسـتخدام الميـاه، لا يمكن أن يختزل فقط في دعوات أخلاقية للأسر، ذلك أن هدر المياه في موريتانيا يرتبط أيضا بضعف الشبكات وعدم التكافؤ في الوصول إلى الخدمة التزود بالمياه **[15]**.

وعليه، فإن ترشيد الاستهلاك المنزلي والفردي للمياه، في الحالة الموريتانية، لا يعني فقط تقليل الاستعمال الفردي، بل يعني قبل ذلك تقليل الفاقد المائي عبر شبكات التوزيع، فضلا عن تعميم الخدمة النظامية للتزود بالمياه، والحد من اللجوء إلى شبكات التزود غير الرسمية التي ترفع كلفة التزود وتزيد من مخاطر التلوث.

3.6. مراقبة جودة المياه وإدارتها:

تتفق الدراسات التي وقفنا عليها حول موضوع المياه في موريتانيا، على أن نقطة الضعف الأخطر في مسألة المراقبة والإدارة والحوكمة المائية الموريتانية، هي ضعف إنتاج وتحيين وتبادل المعلومات حول المياه؛ حيث تتصف أنظمة المتابعة بكونها مجزأة، وبكون قواعد بياناتها متفرقة وغير محيّنة في معظم الأحوال، والمتاح منها لا يزال في كثير من الحالات في صيغ بدائية وغير مندمجة؛ ما يحد من صناعة القرار الرشيد المبني على الأدلة لمراقبة جودة المياه وإدارتها **[18]**. ولهذا يقترح المخطط الاستراتيجي لاستصلاح وإدارة المياه في حوض نهر السينغال في افق 2050 (SDAGE)، مقاربة مؤسساتية أكثر دقة؛ تقترح تحيين محطات القياس ومعرفة مناطق الخطر على مستوى كميات وجودة المياه، وتتبع الصعود والانخفاض في موائد المياه الجوفية والفيضانات، فضلا عن أتمتة محطات القياس، وإنشاء نظام إنذار ووقاية من تلوث مياه النهر، وتكوين نظام معلومات مائي (SIE) كأداة لاتخاذ القرار في التدبير الكمي والنوعي للمياه **[23]**.

استخدام أمثل لمواردنا الطبيعية، وبالخصوص مورد الماء، لان تطبيق مبدأ التنمية المستدامة يسمح بتلبية حاجيات السكان الحالية دون رهن نصيب الأجيال القادمة ويؤدي إلى تطوير الصناعة والزراعة وتحسين المستوى المعيشي للسكان **[10]**. ولتنمية الموارد المائية المتاحة هناك عدة جوانب يجب الاهتمام بها مثل مشروعات السدود والخزانات وتقليل المفقود من المياه عن طريق التبخر من أسطح الخزانات ومجاري المياه وكذلك التسرب من شبكات النقل ومن أهم الإجراءات التي يجب إتباعها من

رف المستهلك أو المشرع الموريتاني من أجل استدامة واستمرارية الموارد المائية هناك:

2.6. ترشيد الاستخدام الزراعي لمياه الري:

تعتبر الموارد المائية العامل الرئيسي المحدد للإنتاج والتوسع الزراعي، إلى جانب تأثيرها على طبيعة وكمية الإنتاج سوف تبقى عملية تنمية الموارد المائية من المرتكزات الرئيسية والفاعلة في خطط التنمية، خاصة وأنها عنصر أمني في وقت تعتبر فيه مشكلة توفير المياه واحدة من أكثر المشاكل تعقيدا في المستويات الدولية والإقليمية، وتأتي عملية ترشيد استخدام الموارد المائية خطوة أساسية في مجال تحسين استخدامات المياه المتوفرة في الزراعة بالاعتماد على الوسائل الفنية والمؤسسية والاقتصادية معا.

وتشير الدراسات حول المياه والاستدامة في موريتانيا، إلى أن الاستدامة الزراعية المائية تبدأ أولا من رفع كفاءة الري الزراعي وتجاوز منطق التوسع الكمي والاستهلاك المفرط للمياه. ويعني ذلك من منظور تحليلي، أن ترشيد مياه الري الزراعي في موريتانيا، لا يمر فقط عبر تقنيات الري فحسب، بل أيضا عبر إصلاح منظومة الاستخدام والري كلها بدأ بتحسين الكفاءة، وتكوين المزارعين، وضبط التوسع في المساحات المروية، وربط القرار الزراعي بقدرات الموارد المائية الفعلية وبالأثر الإيكولوجي لاستخدامها، وانتهاء بممارسات الإدارة المستدامة للأرض والماء، ونشر الأدلة والإجراءات التقنية وآليات التتبع، والممارسات الزراعية الرشيدة **[22]**.

1.6. ترشيد الاستهلاك المنزلي والفردي للمياه:

تساهم التسريبات من شبكات المياه بدرجة كبيرة في هدر كميات هائلة من المياه خاصة في الشبكات القديمة التي هي بحاجة إلى استبدال فوري،

تحت تأثير السدود وتنظيم الجريان، والتوسع الحضري الضاغط على شبكات

المياه، والصرف الصحي المتدهور الذي يهدد جودة المياه، فضلا عن قواعد بيانات متكاملة حول موارد المياه في البلد. وبناء على تلك الخلاصات، يمكن القول إن استدامة المياه في موريتانيا لا تتحقق بسياسة عرض مائي وحسب، بل بسياسة حَوْكَمة مائية شاملة، تجعل من كل متر مكعب من المياه موضوع معرفة، وعدالة في التوزيع ومراقبة، ونجاعة ومراقبة في

الاستخدام، وحماية من التلوث. ولذلك فإن الطرق الأكثر نجاعة وعقلانية نحو استدامة موارد المياه تتمثل في حزمة من الإجراءات المترابطة، نجملها في التوصيات التالية:

- المحافظة على الموارد المائية من الاستنزاف خاصة في مجال الري للزراعة المروية في الضفة اليمنى للنهر، ورفع كفاءة الري وتقوية مراقبة موارد المياه الجوفية؛
- إصلاح الشبكات وتقليل التسربات، والاهتمام بنوعية المياه والمحافظة على جودتها وحمايتها من كافة
-
- أشكال التلوث، ودعم المختبرات والرقابة النوعية للمياه؛
- إنشاء نظام معلومات مائي موحد، والتوعية في مجال المحافظة على المياه وحمايتها من التلوث والاستنزاف؛

7. المراجع

[1] آل الشيخ، عبد الملك بن عبد الرحمن. (2006). حصاد مياه الأمطار والسيول وأهميته للموارد المائية. في المؤتمر الدولي الثاني للموارد المائية والبيئة الجافة.

[2] الإمام، ميمونة. (2025). التغيرات المناخية وتنمية القطاع الزراعي. مجلة المجال والإنسان والتنمية المستدامة. الكلية متعددة التخصصات، تازة، المغرب.

[3] الإيسيسكو. (د.ت.). إستراتيجية تدبير الموارد المائية في العالم الإسلامي. بدون سنة نشر.

[4] الجمهورية الإسلامية الموريتانية، وزارة المياه. (2025). الموارد المائية في موريتانيا.2012-2025

[5] الخوري، كابي. (د.ت.). الموارد المائية في البلدان العربية: مؤشرات مختارة. مركز دراسات الوحدة العربية. بدون سنة نشر

[6] العرابي، عبد القادر. (د.ت.). المصادر المائية في الوطن العربي وإمكانية تطوير استغلالها بما يخدم التنمية المستدامة. بدون سنة نشر

إن من مؤشرات نجاح الإصلاح المؤسسي في مجال المياه في موريتانيا، إنتاج تقارير دورية لمراقبة المياه الجوفية مع تقوية قدرات الوزارة والمؤسسات القطاعية؛ وهي مسألة تعكس انتقال النقاش حول جودة المياه وإدارتها من مجرد توفير للمياه إلى بناء نظام معلومات مائية يستطيع أن يراقب ويستبق ويصحح **[25]**. وفي هذا الإطار يلاحظ أن تتبع جودة المياه وتقييمها عادة، يتميز بتدخل عدة هيئات، حسب المهمات المحددة. ومن

أجل تجاوز هذه الوضعية وتفادي تراكم المعطيات دون استعمالها **[3]**.

الخاتمة والاستنتاجات

إن موارد المياه في موريتانيا ليست مجرد موارد طبيعية، بل هي شرط بنيوي للاستقرار السكاني، وللإنتاج الزراعي، والتحول الحضري، والصحة العمومية، فضلا عن التوازن البيئي؛ ذلك أن المياه تعتبر أحد رهانات التنمية في كل المجالات سواء الاقتصادية أو الاجتماعية أو البيئية أو الأمنية، إذ تقوم التنمية المستديمة من خلال

تنمية مسألة المياه. وموريتانيا من الدول التي تتميز بتنوع مواردها المائية، وبتأثرها الشديد بالتغيرات المناخية التي كان لها أثر كبير على مخزون المياه وعلى كميات الأمطار المتساقطة سنويا، وكذا الاستغلال الغير عقلاني من جهة أخرى.

ومن خلال خلاصات المحاور السابقة، يتضح لنا أن موريتانيا تمتلك موارد مائية معتبرة وذات أهمية بالغة، غير أن هذه الموارد تتسم بثلاث سمات حاكمة: تبعية قوية للنهر العابر للحدود، وتوزيع مجالي متفاوت بشكل واضح في توزيع الموارد المائية، فضلا عن الضعف النسبي في المعلومات حول الموارد والإدارة والرقابة. وحين تقدّر الموارد المائية المتجددة التقليدية بـ 11.4 مليار م³/سنة، وحين تستحوذ الزراعة على 88% من استهلاك المياه على المستوى الوطني، تصبح استدامة وتنمية موارد المياه رهينة ليس فقط بحجم تلك الموارد، وإنما أيضا بفعالية الدولة والمجتمع في تدبير تلك الموارد.

ولقد بينت الخلاصات السابقة أن مشاكل موارد المياه في موريتانيا لا تكمن في الندرة أو في احتمال "نضوب شامل وفوري" بقدر ما تكمن في استنزاف موضعي وتدهور نوعي واختلال وظيفي ملاحظ (ري مفرط، وضعف في كفاءة الري)، وفي تراجع الزراعات الفيضية

[7] المصري، محمد سعيد .(2007). مصادر تلوث المياه الجوفية .هيئة الطاقة الذرية، سوريا.

[8] المنظمة العربية للتنمية الزراعية. (1977) المياه العربية: الواقع والتحديات (ص. 101). بدون سنة نشر

[9] توفيق، محمد. (د.ت.) .إدارة الموارد المائية في العراق: الواقع والحلول. بدون سنة نشر

[10] رشوان، فؤاد .(2018). مجلة الدراسات الأفريقية والعربية .المركز العراقي الأفريقي للدراسات الاستراتيجية، بغداد.

[11] عباس، عبد الأمير. (2008). أبعاد الصراع الموريتاني السنغالي على حوض نهر السنغال .مجلة الفتح للبحوث التربوية والنفسية

[12] عبو، عمر، وآخرون. (2023). متطلبات تحقيق الأمن المائي المستدام في الدول العربية .مجلة اقتصاديات شمال أفريقيا

[13] Babah, I. A. (2018, May 2–4). État et perspectives de la distribution de l’eau à Nouakchott après la mise en service du projet d’Aftout Es Saheli [Communication de colloque]. Colloque Eau en Mauritanie et dans l’Ouest Saharien, Nouakchott, Mauritanie.

[14] FAO. (2005). AQUASTAT: Profil de Pays – Mauritanie (Version 2005). FAO.

[15] FAO. (2022). AQUASTAT, Summary statistics for water resources – Mauritania. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

[16] Gaye, A. (2015). Rapport sur

[17] l’État de l’Eau en Mauritanie en 2012. CEDARE/MEWINA/Ministère de l’Eau et de l’Assainissement.

[18] Ministère de l’Hydraulique et de l’Assainissement. (2012). État des lieux de l’eau en Mauritanie.

[19] Ministère de l’Hydraulique et de l’Énergie. (2025). Notice explicative de la carte des ressources en eau de la Mauritanie.

[20] OMVS. (2022a). Révision du Schéma Directeur d’Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) du bassin du

Water and sustainability in Mauritania: Their sources, related problems and ways to rationalize them

Meimouna Limam[1,] **Mohamed Aly El Moctar TAKI**
meimouna78@yahoo.com etaghi@.yahoo.fr

[1,2] Department of Geography, Faculty of Arts and Humanities, University of Nouakchott, Nouakchott, Mauritania.
[2] Department of Geography, Faculty of Arts and Humanities, University of Nouakchott, Nouakchott, Mauritania.

ABSTRACT

There is no doubt that water is one of the most important natural resources that constitutes an essential element for all living creatures. It is also a necessary requirement for human economic, social, agricultural and industrial developments. Additionally, water plays a key role in directing the choice of people's settlement centers.

With the increasing demand on it, on the one hand, and the scarcity of its sources and the risk of their drainage, on the other, water has become an issue of concern to many countries. It poses many problems and future challenges to those countries, which makes finding appropriate solutions to water-related challenges an urgent need. To face those challenges, there is a grave need for managing water resources in a more effective, just and sustainably manner. In other words, rational management of water resources is the only way to ensure sustainable economic and social development.

In light of the attested importance of water, the present paper studies water resources in Mauritania. The paper aims at determining Mauritania's water resources and available quantities. It also seeks to find out about the different uses of those water resources, the challenges facing them and the ways to rationalize them in order to preserve this precious asset.

Keywords:

Water resources; Dehydration; Water rationalization; Water consumption; Climate change.

النمذجة المكانية للعلاقة بين الاستخدام المائي والضغط السكاني وأثرهما في زيادة الفجوة التنموية في العراق

ماجد صدام سالم [1]، حسام صاحب ال طعمه [2]،
majid.s@ncpds.uobaghdad.edu.iqhusamsltumma@coart.uobaghdad.edu.iq

[1] المركز الوطني للدراسات السكانية والديموغرافية، جامعة بغداد ، بغداد ، العراق
[2] المركز الوطني للدراسات السكانية والديموغرافية، جامعة بغداد ، بغداد ، العراق

الملخص

يهدف هذا البحث إلى دراسة العلاقة المكانية بين الاستخدام المائي والضغط السكاني وأثرهما في زيادة الفجوة التنموية في محافظات العراق خلال المدة 2014–2024، وقد اعتمد البحث على البيانات الإحصائية للسكان، ونصيب الفرد من المياه، ونسبة الأراضي المروية، ومؤشرات التنمية البشرية والاجتماعية لكل محافظة، وتم تحليلها باستخدام نظم المعلومات الجغرافية**(GIS)**، والتحليل العنقودي، ونموذج الانحدار الخطي المتعدد**(OLS)**.

وأظهرت النتائج المكانية وجود تباين واضح بين المحافظات من حيث نصيب الفرد من المياه والفجوة التنموية **(DGI)**، أذ كانت بعض المحافظات مثل المثنى والبصرة وذي قار، أكثر عرضة للإجهاد المائي وارتفاع الفجوة التنموية، وأظهرت النمذجة الإحصائية أن متغيرات الفقر والبطالة والأمية لها تأثير إيجابي معنوي على الفجوة التنموية، في حين أن متوسط الدخل الشهري له تأثير سلبي معنوي، مما يشير إلى أن ارتفاع العوامل الاجتماعية والاقتصادية السلبية يزيد الفجوة التنموية، بينما تحسين البيئة الاقتصادية والتجارية يساهم في تقليلها. وقد أظهر التحليل العنقودي تصنيف المحافظات إلى مجموعات منخفضة، ومتوسطة، وعالية المخاطر بناءً على الفجوة التنموية وتوافر المياه، مما يسهل تحديد المناطق التي تتطلب تدخلات تنموية ومائية عاجلة، وتؤكد النتائج على أهمية إدارة الموارد المائية المرتبطة بالتخطيط السكاني والتنموي لتقليل الفجوة التنموية وتحقيق التنمية المستدامة في العراق.

الكلمات المفتاحية: *استخدام المياه : الضغط السكاني: الفجوة التنموية: النمذجة : العراق .*

8. المقدمة

تُعد الموارد المائية أحد الركائز الأساسية لتحقيق التنمية المستدامة، إذ تمثل المياه عنصراً حاسماً في دعم الأنشطة الاقتصادية، وضمان الأمن الغذائي، وتحسين مستوى الرفاه الاجتماعي. إلا أن العديد من دول العالم، ولا سيما الدول الواقعة ضمن الأقاليم الجافة وشبه الجافة، تواجه تحديات متزايدة تتمثل في العجز المائي الناتج عن محدودية الموارد الطبيعية، والتغير المناخي، وسوء الإدارة (Nations, 2021)، إلى جانب الضغوط المتنامية الناتجة عن النمو السكاني المتسارع.(FAO, 2020). ويُعد العراق من أكثر الدول تأثراً بهذه التحديات، إذ يشهد تراجعاً مستمراً في كميات المياه السطحية الواردة من نهري دجلة والفرات، نتيجة التغيرات المناخية الإقليمية، والسياسات المائية للدول المتشاطئة، فضلاً عن ازدياد معدلات الجفاف والتصحر (Al-ansari, 2021) وفي الوقت نفسه، يشهد العراق ضغطاً سكانياً متصاعداً يتمثل في ارتفاع معدلات النمو السكاني، والتوسع الحضري غير المنظم، وتزايد الطلب على المياه لأغراض الشرب والزراعة والصناعة(Al-ozeer et al., 2025)، مما أدى إلى تفاقم فجوة العرض والطلب المائي، وخلق اختلالات مكانية واضحة في توزيع الموارد والخدمات.

إن التفاعل بين استخدام المياه والضغط السكاني لا ينعكس فقط على قطاع المياه، بل يمتد أثره ليشمل مختلف أبعاد التنمية(Mutar & Khalaf, 2025)، إذ يسهم في زيادة الفجوة التنموية بين المحافظات العراقية، من خلال التأثير على مستويات الدخل، وفرص العمل، والأمن الغذائي، والخدمات الصحية والتعليمية، فضلاً عن زيادة معدلات الفقر والهجرة الداخلية(IOM, 2019)، وتظهر هذه الفجوة بشكل مكاني غير متكافئ، إذ تعاني بعض المحافظات، ولا سيما المحافظات الجنوبية والغربية، من مستويات أعلى من الإجهاد المائي والتهميش التنموي مقارنة بمحافظات أخرى. ورغم تزايد الدراسات التي تناولت

مجموعات مختلفة حسب مستوى المخاطر المائية والتنموية باستخدام التحليل العنقودي وتقديم

توصيات لإدارة الموارد المائية والضغط السكاني بما يدعم التنمية المستدامة.

10. منطقة الدراسة

يعد العراق منطقة الدراسة لهذا البحث، نظراً لما يواجهه من تحديات مائية وسكانية متشابكة تؤثر بشكل مباشر على التنمية المستدامة، ويقع في قلب المنطقة الغربية من آسيا، ويحده من الشمال تركيا، ومن الشرق إيران، ومن الجنوب الكويت والمملكة العربية السعودية، ومن الغرب سوريا والأردن(CSO, 2022) كما في الشكل (1) يوضح خريطة موقع العراق الجغرافي، وتمتد أراضيه على مساحة تبلغ نحو435,052) كم²)، وكذلك يتميز العراق بتنوع جغرافي ومائي كبير حيث يمر به نهري دجلة والفرات، اللذان يشكلان العمود الفقري للموارد المائية في البلاد، إلى جانب شبكة من الأهوار والبحيرات الاصطناعية (Abd-el-mooty et al., 2016)، ومع ذلك يعاني العراق من عجز مائي متزايد نتيجة عوامل طبيعية وبشرية تشمل التغير المناخي، ومحدودية الأمطار، والتحكم المائي في الدول المتشاطئة، إلى جانب الضغط السكاني المتصاعد في المناطق الحضرية والريفية(Bayaty, 2025)، ومن المرجح أن تنخفض موارد المياه في العراق للفرد انخفاضاً كبيراً خلال هذا القرن، ويعود ذلك جزئياً إلى التأثير غير المباشر لتغير المناخ على المنطقة(Series, 2020).

شكل (1) خريطة موقع منطقة الدراسة



قضايا المياه أو السكان أو التنمية في العراق كلٌّ على حدة، إلا أن هناك نقصاً واضحاً في الدراسات التي تعالج العلاقة التفاعلية بين الاستخدام المائي والضغط السكاني ضمن إطار مكاني تحليلي يوضح أنماط التباين الجغرافي ويكشف الهشاشة التنموية (Yass & Mhaibes, 2023)، كما أن غالبية الدراسات السابقة اعتمدت على التحليل الوصفي أو الإحصائي التقليدي، دون توظيف أدوات النمذجة المكانية القادرة على تفسير العلاقات المكانية المعقدة والارتباطات المكانية (Spatial Autocorrelation) بين المتغيرات(Anselin, 2021).

وتستند هذه الدراسة على المنهج المكاني التحليلي باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لتحديد التباين الجغرافي للفجوة التنموية وعلاقته بالضغط السكاني والاستخدام المائي، مع الاستعانة بالتحليل العنقودي والنمذجة الإحصائية لتفسير الفروق بين المحافظات العراقية، ويساهم هذا المنهج في فهم أبعاد الفجوة التنموية بشكل مكاني، مما يمكن صناع القرار من تحديد المحافظات الأكثر عرضة للإجهاد المائي وتفاوت التنمية، ووضع سياسات متكاملة لإدارة الموارد المائية والحد من التفاوت الاجتماعي والاقتصادي (Lu et al., 2014).

وانطلاقاً من ذلك، يسعى هذا البحث إلى نمذجة العلاقة المكانية بين الاستخدام المائي والضغط السكاني في العراق، وتحليل أثرهما المشترك في تعميق الفجوة التنموية، من خلال منهجية كمية_مكانية متكاملة، تسهم في سد الفجوة المعرفية وتقديم إطار تحليلي يدعم تحقيق أهداف التنمية المستدامة، ولا سيما الهدف السادس المتعلق بالإدارة المستدامة للمياه، والهدف العاشر المتعلق بالحد من أوجه عدم المساواة المكانية.

9. هدف الدراسة

يهدف البحث إلى تحليل الفجوة التنموية في محافظات العراق خلال عام 2024، ودراسة العلاقة بين نصيب الفرد من المياه، ونسبة الأراضي المروية، والكثافة السكانية مع مؤشر الفجوة التنموية (DGI) وتصنيف المحافظات إلى

	3		-2021)	
602	4332401 8	26.07	(2023 - 2022)	9
1,145	4441479 4	50.86	(2024 - 2023)	10

المصدر: وزارة الموارد المائية / دائرة التخطيط والمتابعة / قسم السياسات البيئية. عدد السكان حسب تقديرات هيأة الإحصاء ونظم المعلومات الجغرافية بضمنها إقليم كردستان.

يوضح الجدول (1) وجود تذبذب حاد في الواردات المائية السنوية للعراق خلال المدة (2014–2024)، انعكس بصورة مباشرة على نصيب الفرد من المياه، الذي تراوح بين (602–2390 م³/سنة)، وعلى الرغم من تسجيل سنة استثنائية مرتفعة عام (2018–2019)، إلا أن الاتجاه العام يشير إلى انخفاض هيكلي في نصيب الفرد نتيجة تراجع الواردات واستمرار النمو السكاني، مما يضع العراق ضمن نطاق الندرة المائية وفق مؤشر فولكنمارك، ويؤكد تفاقم التحدي المائي بوصفه أحد أهم محددات الاستقرار التنموي في البلاد، بحسب معيار فولكنمارك(Falkenmark Index) أقل من 1700م³/فرد/سنة (إجهاد مائي) وأقل من 1000م³/فرد/سنة (ندرة مائية) وأقل من 500م³/فرد/سنة (ندرة مطلقة)(Ruess, 2015).

يبين الجدول (2) وجود تباين مكاني واضح في مؤشرات استخدام المياه بين محافظات العراق عام 2023، حيث لا يتطابق توزيع المسطحات المائية مع متوسط نصيب الفرد من المياه، مما يشير إلى تأثير عوامل إدارية وسكانية وزراعية في إعادة توزيع الموارد. كما يظهر تركّز الاستهلاك في المحافظات ذات النشاط الزراعي المكثف والكثافة السكانية المرتفعة، مقابل انخفاض واضح في متوسط نصيب الفرد في بعض المحافظات الجنوبية، الأمر الذي يعكس وجود فجوة مائية داخلية تتطلب سياسات إدارة متكاملة ومستدامة للموارد المائية، ويمكن ملاحظة عدة أنماط مهمة عدم التطابق بين الموارد السطحية ونصيب الفرد مثال ذلك محافظة ذي قار تمتلك (4.4%) مسطحات مائية لكن نصيب الفرد منخفض

11. المواد وطرائق العمل

أولاً: مصادر البيانات: اعتمد البحث على مجموعة من البيانات الإحصائية والجغرافية الحديثة لتقييم العلاقة بين الاستخدام المائي، والضغط السكاني، والفجوة التنموية في العراق عام 2024، وهي كالتالي:

1- البيانات المائية: نصيب الفرد السنوي من كميات المياه الواردة من نهري دجلة والفرات وروافدهما.

الجدول (1) نصيب الفرد من واردات نهر دجلة وروافده ونهر الفرات للسنوات المائية (2014-2024)

ت	السنة المائية	مجموع الواردات (مليار م³ / سنة)	عدد السكان	نصيب الفرد من الواردات (م³ / سنة)
1	(2015 - 2014)	35.34	3521260 0	1,004
2	(2016 - 2015)	54.75	3616912 3	1,514
3	(2017 - 2016)	40.69	3713951 9	1,096
4	(2018 - 2017)	33.20	3812418 2	871
5	(2019 - 2018)	93.51	3912788 9	2,390
6	(2020 - 2019)	49.67	4015017 4	1,237
7	(2021 - 2020)	31.24	4119065 8	758
8	(2022	25.50	4224888	604

خمس السكان في محافظة بغداد وحدها، بكثافة تتجاوز(2147 نسمة/كم²)، مقابل محافظات واسعة المساحة منخفضة الكثافة كالأنبار والمثنى، ويعكس هذا النمط اختلالًا في التوازن الديموغرافي، بما يترتب عليه من ضغوط متزايدة على الموارد الطبيعية والبنى التحتية، ولا سيما في ظل محدودية الموارد المائية وتزايد الطلب الحضري. وهناك اختلال واضح في التوزيع السكاني بين المحافظات أكثر من(40%) من السكان يتركزون في عدد محدود من المحافظات، فالتباين في الكثافة السكانية يؤدي إلى حدوث ضغط على الخدمات والبيئية والمياه)، بينما المحافظات الصحراوية تعاني من ضعف الجذب السكاني رغم اتساع مساحتها، واستمرار هذا النمط يزيّد الفجوة التنموية المكانية.

الجدول (3) اعداد وكثافة السكان لمحافظات العراق في 2024

ت	المحافظة	عدد السكان (نسمة)	المساحة كم²	الكثافة السكانية نسمة/كم 2
1	دهوك	1,599,871	6553	244
2	نينوى	4,261,980	37323	114
3	السليمانية	2,401,724	17023	141
4	كركوك	2,034,627	9679	210
5	أربيل	2,517,534	15074	167
6	ديالى	1,934,504	17685	109
7	الانبار	2,004,418	137808	14
8	بغداد	9,780,429	4555	2147
9	بابل	2,482,324	5119	485
10	كربلاء	1,754,065	5034	348

(227 لتر/يوم). والنجف مسطحاتها محدودة نسبتها (0.47%) لكنها تسجل أعلى نصيب للفرد من المياه، يدل ذلك على أن وفرة الموارد الطبيعية لا تعني بالضرورة كفاءة التوزيع أو عدالة التزويد.

الجدول (2) نسب استخدامات المياه ومتوسط نصيب الفرد من المياه 2023

ت	المحافظة	متوسط نصيب الفرد من المياه (لتر/يوم)	نسبة الاراضي المروية
1	دهوك*	340	6.4
2	نينوى	353	3.5
3	السليمانية*	350	5.7
4	كركوك	314	22.0
5	أربيل*	360	7.1
6	ديالى	328	9.0
7	الانبار	291	7.1
8	بغداد	454	31.3
9	بابل	293	40.7
10	كربلاء	313	8.7
11	واسط	379	19.2
12	صلاح الدين	221	10.5
13	النجف	491	1.83
14	القادسية	294	21.4
15	المثنى	180	0.95
16	ذي قار	227	8.70
17	ميسان	379	10.9
18	البصرة	267	1.89
-	العراق	329	5.78

المصدر: WFP تطوير خريطة عالية الدقة لتصنيف استخدام الارضي والغطاء النباتي في العراق. 2023 *بيانات محافظات اقليم كردستان تقريبية.

2- البيانات السكانية: وتتمثل بعدد السكان ونسبتهم، والكثافة السكانية لكل محافظة لعام 2024 ، إذ يوضح الجدول (3) وجود تباين مكاني حاد في توزيع السكان وكثافتهم في العراق إذ يتركز أكثر من

الأنهار للري الزراعي(Struyken, 2022)، بينما تتمتع المحافظات الوسطى والشمالية بموارد وخدمات أفضل. هذا التنوع يجعل من العراق نموذجاً مناسباً لدراسة العلاقة المكانية بين المياه والضغط السكاني وأثرها على الفجوة التنموية، حيث توفر البيانات الإحصائية والمكانية المتاحة قاعدة قوية لتحليل هذه العلاقات وتقديم توصيات مستندة إلى الأدلة.

ويكشف التحليل للجداول الأربعة عن وجود ترابط سببي واضح بين تذبذب الواردات المائية، والتباين في توزيع نصيب الفرد من المياه، والضغط السكاني، واتساع الفجوة التنموية بين محافظات العراق. إذ أظهرت المحافظات ذات النصيب المائي المنخفض ارتفاعًا ملحوظًا في معدلات الفقر والبطالة والأمية، وهذا انعكس في ارتفاع مؤشر الفجوة التنموية، ولا سيما في المحافظات الجنوبية.

الجدول (4) المؤشرات التنموية والفجوة التنموية في العراق 2024

ت	المحافظة	نسبة الفقر	معدل البطالة	معدلات الامية	نسبة الالتحاق بالتعليم الثانوي	متوسط الدخل الشهري للفرد دينار	مؤشر الفجوة التنموية DGI
1	دهوك	14.8	17.5	9.4	76.9	176.7	0.505
2	نينوى	16.5	14.1	18.9	50.2	231.4	0.481
3	السليمانية	7.9	13.6	7.9	81.2	259.4	0.233
4	كركوك	9.5	12.8	15.1	70.3	188.6	0.463
5	أربيل	5.9	14.7	8.7	78.5	266.6	0.244
6	ديالى	17.2	6.3	16.8	82.3	247.2	0.278
7	الانبار	20.9	23.1	17.6	67.1	183.2	0.609
8	بغداد	13.5	12.3	11.5	87.2	173.8	0.398
9	بابل	34.4	4.2	14.6	75.4	197.9	0.527
10	كربلاء	19.9	7.8	12.4	87.3	171.4	0.379
11	واسط	19.3	12.9	15.9	69.3	214.9	0.483
12	صلاح الدين	18.7	9.4	19.3	61.4	163.9	0.524
13	النجف	25.2	16.6	11.8	79.2	202.5	0.594
14	القادسية	28.9	9.9	17.2	76.3	149.5	0.591
15	المثنى	43.6	21.6	21.4	70.3	157.0	0.965
16	ذي قار	14.2	14.2	20.6	74.8	158.6	0.524
17	ميسان	16.3	20.0	19.8	84.6	170.5	0.744
18	البصرة	27.9	18.0	13.2	82.0	180.9	0.583
-	العراق	19.7	13.5	15.1	75.2	201.3	0.509
11	واسط	1,643,406	17153				96
12	صلاح الدين	1,774,542	24363				73
13	النجف	1,950,833	28824				67
14	القادسية	1,477,310	8153				181
15	المثنى	1,043,087	51740				20
16	ذي قار	2,499,468	12900				194
17	ميسان	1,294,503	16072				81
18	البصرة	3,664,168	19070				192
-	العراق	46,118,793	435052				106

المصدر: قسم إحصاءات البيئة\ هيئة الاحصاء ونظم المعلومات الجغرافية(CSO, 2024)

3- **المؤشرات التنموية والاجتماعية**: وتتمثل في نسبة الفقر، معدل البطالة، معدلات الأمية، نسبة التحاق بالتعليم الثانوي، ومتوسط الدخل الشهري، ويوضح الجدول (4) وجود تباين مكاني حاد في المؤشرات التنموية بمحافظات العراق عام 2024، إذ سجلت المحافظات الجنوبية، ولا سيما المثنى وميسان، أعلى قيم لمؤشر الفجوة التنموية، نتيجة ارتفاع معدلات الفقر والبطالة والأمية وانخفاض الدخل. وفي المقابل، أظهرت محافظات إقليم كردستان مستويات تنموية أفضل انعكست في انخفاض مؤشر الفجوة، وتشير النتائج إلى استمرار اختلال التوازن التنموي المكاني، بما يعزز الحاجة إلى سياسات تنموية موجهة للحد من التفاوت الإقليمي وتحقيق العدالة الاجتماعية.

تتنوع الفجوة التنموية في العراق جغرافياً، إذ تسجل بعض المحافظات الجنوبية والغربية معدلات أعلى من الفقر ونقص الخدمات يُعدّ نقص المياه في المحافظات الجنوبية، مثل ميسان والمثنى، وتكرار موجات الجفاف، من العوامل الرئيسية للصراعات المحلية بين القبائل(IOM, 2022)، والتي ترتبط ارتباطًا مباشرًا بالمياه، مثل التنافس على الوصول إلى

Spot Analysis (Getis-Ord Gi) لتسليط الضوء جغرافياً على (البؤر) وهنا المحافظات التي تعاني من مشكلة محددة.

رابعاً: البرامج المستخدمة:

1. لتحليل الانحدار الإحصائي واختبار المعاملات (SPSS 25)
2. للمعالجة المكانية وإنشاء الخرائط (ArcGIS 10.8)
3. لإدارة البيانات والجداول والاشكال الاساسية (Excel).

12. **النتائج**

-الفجوة التنموية (DGI) بين المحافظات: تم حساب مؤشر الفجوة التنموية المركب (DGI) لكل محافظة باستخدام المؤشرات الاقتصادية والاجتماعية الرئيسية، بما في ذلك نسبة الفقر، البطالة، الأمية، التحصيل التعليمي، ومتوسط الدخل الشهري. أظهرت النتائج تبايناً واضحاً بين المحافظات، إذ سجلت محافظات المثنى (0.965)، ميسان (0.744)، البصرة (0.583)، الانبار(0.609) أعلى قيم للفجوة التنموية، مما يشير إلى ارتفاع التباين الاقتصادي والاجتماعي فيها. بالمقابل، سجلت محافظة السليمانية (0.233) ومحافظة أربيل (0.244) أدنى قيم(DGI) ، مما يعكس وضعاً تنموياً أفضل نسبياً كما في (الجدول 4) وشكل (2) يوضح توزيع خرائط المؤشرات الاقتصادية والاجتماعية والفجوة التنموية.

-نصيب الفرد من الموارد المائية: أظهرت البيانات المتعلقة بنصيب الفرد من المياه خلال 2023–2024 تفاوتاً كبيراً بين المحافظات، فقد كان نصيب الفرد من المياه مرتفعاً في محافظة النجف (491 لتر/يوم) ومحافظة بغداد (454 لتر/يوم)، بينما سجلت محافظة المثنى (180 لتر/يوم) ومحافظة البصرة (267 لتر/يوم) وهو أقل نصيب للفرد، مما يعكس تبايناً في توفير الموارد المائية وقدرة السكان على تلبية احتياجاتهم الأساسية كما في (الجدول 2).

-التحليل المكاني للبيانات:(GIS)

خريطة الفجوة التنموية: أظهرت تركز أعلى قيم (DGI)في محافظات الجنوب (المثنى، ميسان) بينما كانت المحافظات الشمالية مثل اربيل والسليمانية أقل

المصدر: وزارة التخطيط. (2025). التوزيع السكاني في العراق تحديات الهجرة والا لمساواة نحو خارطة متوازنة للتنمية والاستقرار. بغداد: وزارة التخطيط العراقية ، دائرة التنمية البشرية.

ثانياً: المتغيرات

المتغير التابع: مؤشر الفجوة التنموية المركب (DGI)لكل محافظة، محسباً باستخدام طريقة القياسات المعيارية (Z-Score) لمؤشرات التنمية الاقتصادية والاجتماعية(Todaro, 2015)

المتغيرات المستقلة:

-الكثافة السكانية (Population Density, PD)

-نصيب الفرد من المياه (Water Per Capita, WPC)

-نسبة الأراضي المروية (Irrigated Land, IRR) .

-مؤشرات اجتماعية إضافية :

الفقر(POV) البطالة (UNEMP)، الأمية(LIT)، التعليم(EDU)، متوسط الدخل الشهري (GMI) .

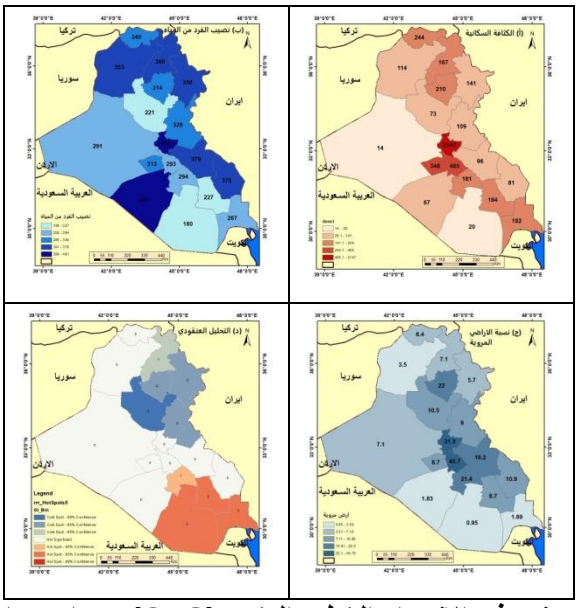
ثالثاً: المعالجة والتحليل الإحصائي

1. التحليل المبدئي للبيانات: فحص القيم المفقودة والشاذة، وتحويل المؤشرات إلى قيم معيارية (Z-Score)لتوحيد المقياس عند حساب مؤشر(DGI).
2. النمذجة الإحصائية: استخدام الانحدار الخطي المتعدد (OLS) لتحديد العلاقة بين (DGI) والمتغيرات المستقلة. وتم اختبار معنوية المعاملات (p-value < 0.05)وقدرة النموذج على تفسير التباين المكاني ب R^2 و Adjusted R^2
3. التحليل المكاني: إدخال البيانات في (ArcGIS 10.8))لعمل الخرائط التمثيلية وإنشاء الخرائط ومنها الفجوة التنموية (DGI) لكل المحافظات وخريطة متوسط نصيب الفرد من المياه وخريطة المجموعات العنقودية (Cluster Map) لتصنيف المحافظات حسب المخاطر المائية والتنموية.
4. التحليل العنقودي (Cluster Analysis) تصنيف المحافظات إلى مجموعات منخفضة، متوسطة، وعالية المخاطر بناءً على (DGI) ونصيب الفرد من المياه، واستخدمت طريقة Hot

Spot Analysis (Getis-Ord Gi) فقد كانت كمايلي:

1. **منخفضة المخاطر:** (صلاح الدين، السليمانية، كركوك، ديالى، أربيل) فجوة تنموية منخفضة ونصيب مياه مناسب وكثافة منخفضة نسبياً.
2. **متوسطة المخاطر:** (بغداد، دهوك، نينوى، كربلاء، واسط، النجف، ميسان، الانبار، بابل) فجوة تنموية متوسطة ونصيب الفرد من المياه متوسط.

عالية المخاطر: (المثنى، البصرة، ذي قار، القادسية)، فجوة تنموية مرتفعة، نصيب مياه منخفض نسبياً، كثافة سكانية عالية أو موارد محدودة الأكثر عرضة للإجهاد المائي والفجوة التنموية. شكل (3) خرائط تحليل المجموعات (أ) الكثافة السكانية و(ب) نصيب الفرد من المياه و(ج) نسبة الاراضي المروية و(د)التحليل العنقودي



-نموذج الانحدار الخطي المتعدد(OLS): تم استخدام الانحدار الخطي المتعدد لدراسة تأثير المتغيرات المستقلة على(DGI) ومنها الكثافة السكانية، نصيب الفرد من المياه، نسبة الأراضي المروية، و(الفقر، البطالة، الأمية، التعليم، والدخل) أظهرت النتائج كما في جدول (5).

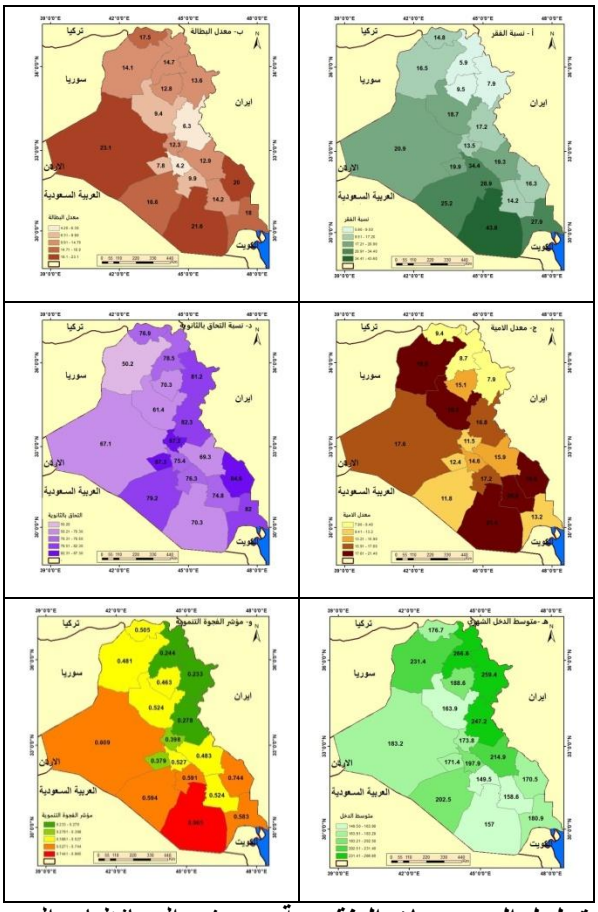
جدول (5) نموذج الانحدار المتعدد لمؤشر الفجوة التنموية(DGI)

Model	R	R Squ	Adjusted R	Std. Error of	F Cha	df 1	df 2	Sig. F Cha

فجوة، هذا يرجع الى ارتفاع نسبة الفقر والبطالة والامية في المحافظات الجنوبية كما في شكل (2_و) .

خريطة نصيب الفرد من المياه: أظهرت المحافظات الشمالية والوسطى نصيباً أعلى من المياه مقارنة بالجنوب، مما يوضح تباين توافر المياه بين المحافظات كما في شكل (3_ب)، وهذا يرجع الى مصادر المياه وكذلك كميات التساقط الكبيرة في الشمال.

خريطة نسبة الأراضي المروية: أظهرت المحافظات الوسطى (بابل وبغداد وكركوك) نصيباً أعلى من المياه مقارنة بالجنوب، كما في شكل (3_د) مما يوضح تباين توافر المياه بين المحافظات بسبب قرب نهري دجلة والفرات من المناطق الزراعية في بغداد وبابل بالإضافة الى فروع نهر دجلة في كركوك. شكل (2) خرائط المؤشرات التنموية والاجتماعية(أ-الفقر، ب-البطالة، ج-الامية، د-التعليم، ه-الدخل و-مؤشر الفجوة التنموية)



تحليل المجموعات العنقودية: صنفت المحافظات إلى ثلاث مجموعات: وشكل (3) وكما في خريطة (د) التي تمثل التحليل العنقودي باستخدام أداة ***Hot***

Residual	0.023	9	0.003		
Total	0.526	17			

معادلة الانحدار المستخرجة:

$$Y=B0+B1X1+B2X2+...BnXn...$$

التفسير لكل متغير: كما في جدول (7).

1. **الكثافة السكانية (PD):** معامل Beta سالب(-0.143) لكن(0.05)>(0.201=Sig)، أي غير معنوي إحصائياً في هذا النموذج، لكنه يظهر اتجاهاً نحو أن الضغط السكاني قد يزيد من الفجوة التنموية.
2. **نصيب الفرد من المياه (WPC):** معاملBeta (0.119)، (0.220=Sig) غير معنوي، لكن الاتجاه يشير إلى أن زيادة المياه للفرد يمكن أن تقلل الفجوة التنموية.
3. **الأراضي المروية (IRR):** تأثير ضعيف وغير معنوي(Sig=0.222)، يعكس أن توسع الزراعة المروية ليس العامل الحاسم بمفرده.

جدول (7) نموذج المعاملات Coefficients

Variable	B	Std. Error	Beta	t	Sig.	95% CI Lower	95% CI Upper	Tolerance	VIF
Constant	0.132	0.245		0.538	0.603	-0.422	0.685		
الكثافة السكانية	-0.000052	0.000	-0.143	-1.378	0.201	0.000	0.0000	0.460	2.174
نصيب الفرد	0.000	0.000	0.119	1.319	0.220	0.000	0.0001	0.608	1.645
الأراضي المروية	0.002	0.0	0.1	1.3	0.2	-0.00	0.00	0.41	2.42

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	0.502	8	0.063	24.177	0.000

nge			nge	the Estimate	Square	are		
0.000	9	8	24.177	0.05097	0.916	0.956	0.978	1

التفسير:

- **R**: =(0.978) يشير إلى أن هناك ارتباطاً قوياً جداً بين المتغيرات المستقلة (الكثافة السكانية، نصيب الفرد من المياه، الأراضي المروية، المؤشرات الاقتصادية والاجتماعية) والمتغير التابع(DGI) .
- **R^2**: =(0.956) يعني أن (95.6%) من التباين في الفجوة التنموية يمكن تفسيره بالمتغيرات المستقلة المدرجة في النموذج، وهو مستوى عالي جداً ويشير إلى قوة النموذج.
- **Adjusted R^2**: =(0.916) يأخذ بعين الاعتبار عدد المتغيرات ونسبة العينات، ويؤكد أن النموذج ما زال يفسر حوالي (91.6%) من التباين الفعلي، أي أن النموذج ليس مبالغاً في تقديره.
- **Std. Error**: =(0.05097) يمثل متوسط الانحراف المعياري للقيم المتوقعة من النموذج عن القيم الفعلية، وقيمته صغيرة، مما يدل على دقة عالية للتوقعات

يظهر أن النموذج معنوي إحصائياً ($p < 0.05$) وأن المتغيرات المستقلة تفسر(95.6%) من التباين في (DGI)وجدول (6) يفسر اختبار(ANOVA) يظهر ما إذا كان النموذج ككل معنوياً وF= (24.177) و Sig=(0.000)معنوية النموذج عند مستوى (0.05) أي أن المتغيرات المستقلة تفسر التباين في (DGI) بشكل مهم إحصائياً.

النموذج قوي جداً ويفسر غالبية التباين في الفجوة التنموية، والمتغيرات الاقتصادية والاجتماعية (الفقر، البطالة، الأمية) هي المحددات الرئيسة للفجوة التنموية(Hair, J. F. B. J., & Anderson, 2014) والعوامل المائية والسكانية تؤثر على الاتجاه العام لكنها غير معنوية إحصائياً في هذا النموذج، وربما تحتاج إلى دمجها مع بيانات إضافية أو تحليل مكاني(Spatial Regression) . والنتائج تدعم فكرة أن السياسات التنموية يجب أن تركز على خفض الفقر والبطالة وتحسين التعليم، مع إدارة الموارد المائية بشكل متوازن.

ان المتغيرات (GMI ،LIT،UNEMP،POV) معنوية عند (p<0.05)، أي لها تأثير حقيقي على(DGI)والكثافة السكانية ونصيب الفرد والأراضي المروية غير معنوية في هذا النموذج، لكنها تبقى مؤثرة جزئياً في الاتجاه العام، وجميع قيم VIF أقل من (5) مما يشير إلى عدم وجود مشكلة تعدد خطي كبير.

13. المناقشة

تظهر نتائج الدراسة وجود ترابط مكاني واضح بين الاستخدام المائي، الضغط السكاني، والفجوة التنموية في محافظات العراق. أظهرت النتائج أن المحافظات الجنوبية والجنوبية الوسطى، مثل المثنى والبصرة وميسان، تعاني من أعلى قيم الفجوة التنموية (DGI) وأدنى نصيب للفرد من المياه، ما يعكس ارتفاع التفاوت الاقتصادي والاجتماعي وارتفاع الإجهاد المائي في هذه المناطق (WFP Aram, 2023).

في المقابل، كانت المحافظات الشمالية مثل دهوك والسليمانية وأربيل أقل عرضة للفجوة التنموية، ويرجع ذلك إلى توفر مياه أعلى (Abdullah & Mohammed, 2022)، كثافة سكانية منخفضة، ومستوى تعليمي وارتفاع في مستوى الدخل، مما يقلل الضغوط على الموارد ويعزز التنمية المحلية (Todaro, 2015)

تشير نتائج الانحدار الخطي المتعدد (OLS) إلى أن الكثافة السكانية لها تأثير إيجابي على(DGI)، أي أن زيادة عدد السكان ترتبط بارتفاع الفجوة التنموية، وهو ما يتوافق مع الدراسات التي تربط الزيادة السكانية بالضغط على الخدمات والمياه (BANK, 2020) بالمقابل، نصيب الفرد من المياه يقلل(DGI)، ما يؤكد

		02	44	12	22	2	6	2	9
نسبة الفقر	0.009	0.002	0.467	5.461	0.000	0.005	0.012	0.676	1.480
نسبة البطالة	0.017	0.003	0.486	5.131	0.001	0.009	0.024	0.550	1.819
معدل الامية	0.011	0.004	0.254	2.414	0.039	0.001	0.021	0.446	2.244
التعليم الثانوي	0.000	0.002	-0.007	-0.083	0.936	-0.004	0.004	0.619	1.614
متوسط الدخل الشهري	-0.001	0.001	-0.293	-2.838	0.019	-0.003	0.000	0.464	2.156

4. **معدل الفقر(POV)**: Beta=(0.467) و Sig =(0.000) معنوي جداً، أي ارتفاع الفقر يرتبط بزيادة الفجوة التنموية.

5. **معدل البطالة (UNEMP)**:Beta=(0.486)وSig=(0.001) معنوي، أي زيادة البطالة ترفع(DGI) .

6. **معدل الأمية (LIT)**: Beta =(0.254) وSig=(0.039) معنوي، أي ارتفاع الأمية يزيد من الفجوة التنموية.

7. **مستوى التعليم (EDU)**: غير معنوي، لا تأثير مباشر في النموذج الحالي.

8. **متوسط الدخل الشهري (GMI)**:Beta=(-0.293) وSig=(0.019) معنوي، أي زيادة الدخل مرتبطة بانخفاض الفجوة التنموية.

أقوى المتغيرات المؤثرة على (DGI) هي الفقر، البطالة، الأمية، والدخل، بينما المتغيرات المائية والسكانية لها تأثيرات غير معنوية ولكنها مفيدة لتفسير الاتجاه العام.

أن تحسن توافر الموارد المائية يساهم في تقليص التفاوت التنموي(GLEICK, 2014) كما أظهر التحليل أن نسبة الأراضي المروية لها تأثير متباين، ففي بعض المحافظات يسهم توسع الزراعة المروية في تحسين الوضع الاقتصادي، بينما يزيد الضغط على المياه في محافظات أخرى(Council, 2023)، ما يبرز أهمية التخطيط الزراعي المتكامل مع إدارة الموارد المائية (Alkhafaji, 2018) أظهرت المؤشرات الاجتماعية (الفقر، البطالة، الأمية) تأثيراً معنوياً على(DGI)، مما يؤكد أن البعد الاجتماعي لا يقل أهمية عن البعد المائي في تفسير الفجوة التنموية. والتحليل العنقودي (Cluster Analysis) دعم النتائج السابقة، حيث صنف المحافظات إلى ثلاث مجموعات وفق مستوى المخاطر التنموية والمائية، ما يوفر أساساً لتحديد المناطق التي تتطلب تدخلات عاجلة في الإدارة المائية والتنمية المستدامة.

14. الاستنتاجات

-كشفت النتائج عن تباين جغرافي واضح في توزيع الفجوة التنموية (DGI) بين المحافظات العراقية، إذ سجلت المحافظات الجنوبية والجنوبية الوسطى أعلى مستويات الفجوة التنموية، مما يعكس تهميشاً اقتصادياً واجتماعياً مقارنة بالمحافظات الشمالية التي سجلت أدنى المؤشرات.

- أظهرت النمذجة الإحصائية (OLS) أن المحددات الأساسية للفجوة التنموية هي ذات طابع إنمائي حيث كان للفقر، والبطالة، والأمية تأثير إيجابي معنوي في زيادة الفجوة، في حين ساهم ارتفاع متوسط الدخل في تقليلها .

- أن النموذج الإحصائي لم يظهر معنوية مباشرة قوية لبعض المتغيرات المائية والسكانية بمعزل عن غيرها، إلا أن التحليل المكاني أثبت أن التفاعل بين ندرة المياه (انخفاض نصيب الفرد) والكثافة السكانية العالية يخلق بيئة هشة، خاصة في المناطق الجنوبية، مما يضاعف من حدة الفقر والتباين التنموي.

-فاعلية أدوات التصنيف المكاني في التخطيط، أثبت التحليل العنقودي (Cluster Analysis) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) كفاءة عالية في تصنيف المحافظات إلى فئات مخاطر (منخفضة، متوسطة، عالية).

15. المراجع

(1).Abd-el-mooty, M., Kansoh, R., & Abdulhadi, A. (2016). Challenges of Water Resources in Iraq. 7(4). https://doi.org/10.4172/2157-7587.1000260

(2).Abdullah, A. I., & Mohammed, A. H. (2022). Water Scarcity in Erbil City : Problems and Innovative Solutions. 105–109.

(3).Al-ansari, N. (2021). Water Resources of Iraq. Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering, 11(2), 15–34. https://doi.org/10.47260/jesge/1122

(4).Al-ozeer, A. Z. A., Ahmed, M. F., & Abdaki, M. A. (2025). Water Harvesting for Wadi Al-Qasab , in Nineveh Governorate by Constructing a Virtual Dam. 25(1). https://doi.org/10.33899/earth.2024.144834.1189

(5).Alkhafaji, H. (2018). Iraq ' s Water Crisis. Al-Bayan Centre for Planning and Studies Series of Publications;

(6).Anselin, L. (2021). Spatial Models in Econometric Research. intel/Downloads/spatial_econometrics .pdf

(7).BANK, W. (2020). Beyond Scarcity: Water Security in the Middle East and North Africa.

(8).Bayaty, M. A. Al. (2025). Evaluation to Some Aspects Causing the Crisis of Water Scarcity in Iraq. Iraqi National Journal of Earth Science, 25(2), 349–364. https://doi.org/10.33899/earth.2024.147823.1248

(9).Council, N. R. (2023). Inadequate and inequitable : water scarcity and

displacement in Iraq Inadequate and inequitable : water scarcity and displacement in Iraq.

(10). CSO. (2022). GEOGRAPHIC AND CLIMATIC CHARACTERISTIC. https://cosit.gov.iq/documents/AAS2023/1.pdf

(11). FAO. (2020). FOOD AND AGRICULTURE. Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://doi.org/org/10.4060/cb1447en

(12). GLEICK, P. H. (2014). Water , Drought , Climate Change , and Conflict in Syria. 331–340. https://doi.org/10.1175/WCAS-D-13-00059.1

(13). Hair, J. F. B. J., & Anderson, R. E. (2014). Multivariate Data Analysis. 7th Edition.

(14). IOM. (2019). ASSESSING WATER SHORTAGE-INDUCED DISPLACEMENT IN QADISSIYA, NAJAF, BABYLON, WASSIT AND KERBALA. International Organization for Migration (IOM), January, 1–14.

(15). IOM. (2022). MIGRATION , ENVIRONMENT , AND CLIMATE CHANGE IN IRAQ. ; Al-Bayan Centre for Planning and Studies Series of Publications. iomiraq@iom.in

(16). Lu, B., Charlton, M., Harris, P., & Stewart, A. (2014). International Journal of Geographical Geographically weighted regression with a non-Euclidean distance metric : a case study using hedonic house price data. International Journal of Geographical Information Science, 1–22. https://doi.org/10.1080/13658816.2013.865739

(17). Mutar, R. A., & Khalaf, M. A. (2025). Future prospects for water security in Iraq. Journal of Social and Human Sciences Courses, Volume 3, Issue 1, 912–933.

(18). Nations, U. (2021). The United Nations World Water Development Report 2021. http://www.unesco.org/water/wwap

(19). Ruess, P. (2015). Mapping of Water Stress Indicators. http://caee.webhost.utexas.edu/prof/maidment/giswr2015/TermProject/Ruess.pdf

(20). Series, T. (2020). No matter of choice : Displacement in a changing climate Displacement triggered by water stress in the south of Iraq. February.

(21). Struyken, L. B. D. K. (2022). Water , Peace and Security Water

The Spatial Modeling of the Relationship between Water Use and Population Pressure and Their Impact on the widening Development Gap in Iraq

Majid Saddam Salim[1] **Husam Sahib Al-tuama**[2]

majid.s@ncpds.uobaghdad.edu.iq husamsltumma@coart.uobaghdad.edu.iq

[1]National Centre for Population and Demographic Studies University of Baghdad, Baghdad, Iraq.
[2]National Centre for Population and Demographic Studies University of Baghdad, Baghdad, Iraq

ABSTRACT

This research aims to study the spatial relationship between water use and population pressure and their impact on increasing the development gap in Iraqi provinces during the period 2014–2024. The research relied on statistical data on population, per capita water share, percentage of irrigated land, and human and social development indicators for each province. The data was analyzed using geographic information systems (GIS), cluster analysis, and ordinary least squares (OLS) regression.

The spatial results showed a clear variation between provinces in terms of per capita water share and development gap (DGI), with some provinces such as Muthanna, Basra, and Thiqar being more vulnerable to water stress and a higher development gap. Statistical modeling showed that poverty, unemployment, and illiteracy variables have a significant positive effect on the development gap, while average monthly income has a significant negative effect, indicating that an increase in negative socio-economic factors increases the development gap, while improving the economic and business environment contributes to reducing it. Cluster analysis also showed that provinces can be classified into low, medium, and high-risk groups based on the development gap and water availability, making it easier to identify areas that require urgent development and water interventions. The results emphasize the importance of water resource management linked to population and development planning to reduce the development gap and achieve sustainable development in Iraq.

Keywords: Water use , Population pressure, Development gap, Modeling, Iraq

Qualitative Characteristics of Lake Habbaniya and its Impact on Agricultural Production in the City of Ramadi

duraid majeed mutar [1], Shurooq Lafta Abbas [2], Saja Nafea Yousif
Lina Majeed Matar Saleh [4], Muna Abdulnabi Abbas [5],
duraidmajeed@mtu.edu.iq shurooq.l@ncpds.uobaghdad.edu.iq
Saja.N@ncpds.uobaghdad.edu.iq Lina.M@ncpds.uobaghdad.edu.iq
muna.abbas@ircoedu.uobaghdad.edu.iq
[1] Department of Engineering, Al-Anbar Technical Institute, Middle Technical University, Al-Anbar, Iraq
[2,3,4,5] Department of Geography, National Center for Population and Demographic Studies, University of Baghdad, Baghdad, Iraq

ABSTRACT

The study aims to analyze the qualitative characteristics of the water of Lake Habbaniya and show its impact on agricultural production in the city of Ramadi, the study relied on the analysis of the chemical and physical properties of the water, which include pH, temperature, electrical conductivity (EC), and other various chemical elements such as sodium, potassium, calcium, magnesium, and sulfates. The results showed that there was a noticeable difference in the values of chemical elements Physical and physical conductivity and salt concentration increase during the summer as a result of higher evaporation rates.

The study showed that the values of the elements fall within the acceptable limits of agricultural use, which indicates the use of Lake Habbaniya for agricultural irrigation. Also, the climate of the study area is characterized in the winter by low temperatures and the concentration of rainfall amounts increases, and we observe the opposite in the summer, there is no rainfall with a rise in temperatures, which affects the chemical and physical properties of the lake water, as the rise in temperatures increases the rates of evaporation, and thus the concentration of dissolved salts and electrical conductivity in the water of Lake Habbaniya increases

. ***Keywords:***

Lake Habbaniya: Ramadi: Agricultural production.

16. INTRODUCTION

The importance of water resources is related to their quantitative and qualitative efficiency, as both their quantities are available, whether surface or groundwater, so the characteristics of the quality (physical and chemical) must be adapted to the requirements of each use when investing and benefiting from them, whether these characteristics are natural or human[1].

The characteristics of the specific water of Lake Habbaniya are different from those of the Euphrates River

, although these waters are derived and provide it with absolute

dependence, because the river's waters are always moving and constantly flowing, and in them the self-mixing is continuous and rapid[2]. The subject of this study ((Qualitative Characteristics of Lake Habbaniya and its Impact on Agricultural Production in the City of Ramadi)) came to reveal the level of impact of qualitative characteristics, whether physical or chemical, and what is their impact on agricultural production in the city of Ramadi.

17. AIM OF STUDY

The study aims to know the qualitative characteristics of the water of Lake Habbaniya and its impact on agricultural production in the city of Ramadi and to find out the suitability of these characteristics for agricultural irrigation.

18. RESEARCH PROBIEM

What is the reality of the qualitative characteristics of the water of Lake Habbaniya and its impact on agricultural production in the city of Ramadi? Despite the developmental importance of Lake Habbaniya and the development potential available in the areas adjacent to Lake Habbaniya, especially the agricultural potentials, the level of its investment towards the development of spatial development levels is still very specific and does not fit with the existing and backward reality of all sectors due to the lack of accurate planning policies with the spread of financial corruption in the governorate.

19. RESEARCH HYPOTHESIS

The water of the study area contains high concentrations of influences on water quality in terms of limescale salts, electrical conductivity and other water characteristics, and the water of the study area contains spatial and temporal variation of these characteristics and the variety of factors affecting the quality of the water of the study area, whether human or natural.

20. MATERIALS AND METHODS

The research relied on the geo-analytical method, which is based on analyzing the inter-problem and returning it to its basic elements, and before that, referring to the factors causing the deterioration of the quality of the conservatized water and its temporal and spatial dimension in order to reach the desired results.

The study area was astronomically determined between latitude (33.10 and 33.48) north and longitude (43.15 and 43.39) east, and Lake Habbaniyah occupies a strategic location that includes overlapping lands belonging to the cities of Ramadi, Khalidiyah, Fallujah and Al-Amiriyah with an area of (682) km2, and Lake Habbaniya has been spatially determined as a growth pole and adjacent areas.

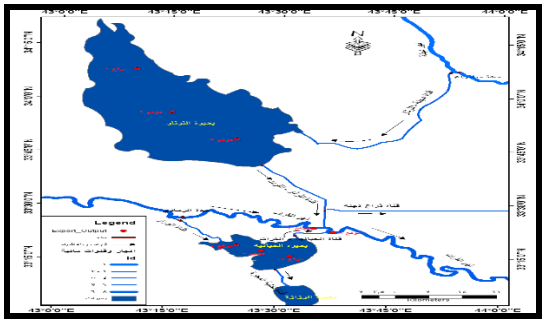


Fig. 1: Location of Lake Habbaniya

21. GEOGRAPHICAL CHARACTERISTICSIN THESTUDY AREA

6.1 Location and Area:

Lake Habbaniyah is located to the southeast of the city of Ramadi, the center of Anbar province, and to the southwest of the city of Fallujah, between the latitudes of (33.10 and 33.48) north and longitude (43.15 and 43.39) east, about (80) km away from the capital Baghdad, and it is located within the administrative borders of the city of Fallujah, and Lake Habbaniya is bordered to the west by the city of Ramadi and to the east by the city of Fallujah at a distance of (22) km.From the southeast of the city of Al-Amriyah, at a distance of (18) km, the total area of Lake Habbaniya and the study area is approximately (682) km^2, and the lake includes a part of the Western Plateau or Western Desert[3].

This has been reflected in many aspects in the field of developing the levels of spatial development, especially the prevailing climate and its relationship with the stability of the population and the practice of various activities, including agricultural and tourism activities.

The location of the lake in an area with a spatial extension with the expansion of the surrounding lands has formed a climatic environment for tourism, and the establishment of a tourist city around Lake Habbaniya has also been an encouraging factor for increasing human settlement[4]. as shown in Table 1.

Table 1: The area of the geological formations and their proportions in the study area.

Geological Formations	Area in km^2	%
Floodplain sediments	122	22,5
Gypsum deposits (gypsum deposits)	24	5,5
Salt marsh deposits (sabkhs)	53	11,1
Composition of Anjana	133	27,8
Orifice configuration	146	30,5
Total	478	100

the main geological formations in the study area:

1. **Composition of the aperture (mesomyosin)**

This formation is located in the southwestern part of the study area, mainly consisting of successive sedimentary cycles, and is

considered to be highly resistant and forms a reflective surface for seismic waves, and this formation covers an area of (146) km and (30.5%) of the total area of the geological formations amounting to (478) km^2.

2. **Formation of Angana (Upper Masoosin)**

This formation covers large parts of (28%) of the total study area, and it represents a transition number from the aquatic environment to the continental environment, and constitutes an area of (133 km^2) with (27.8%) of the total area of the formations[5].

3. **Gypsumdeposits(gepkrite)(quaternary melting-pleistocene)**

These sediments are found in specific parts of the study area in the eastern part of Habbaniya Lake, where their thickness ranges between (0.5-2) m, and they vary according to the nature of the place, the area of these sediments constituted (24 km^2) with a percentage of (5.1%) of the total area of the area.

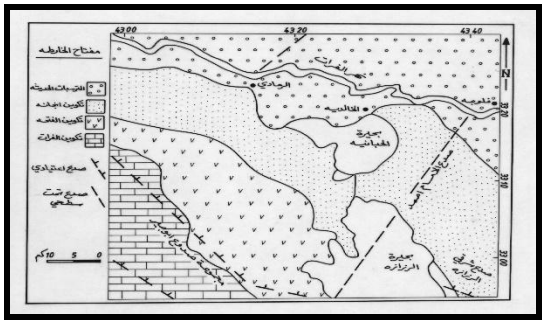


Fig. 2: Formations of Lake Habbaniya

6.2 Surface

The study area is generally considered to be in a low, flat topographical nature, as the area adjacent to Lake Habbaniya is characterized by equatorial in most of its sides, with the presence of some isolated hills in specific parts of the western and southern financial side of the lake, and of course, the surface level in large areas of the study area, where it constitutes a developmental pillar in terms of the extensions of transportation routes[6]. The ease of communication with other districts, especially the district of Fallujah and then the capital Baghdad, as well as the possibility of practicing other activities such as agricultural activity and the establishment of human settlements due to the presence of large areas of land, as many residential lands have been distributed and residential complexes have been established in the area located on the road linking the district of Fallujah and the tourist city in Habbaniya, as well as the lands that have been distributed within the administrative boundaries of the district of Khalidiya with the extension of Lake Habbaniya, which in turn includes residential complexes in addition to projects. Others proposed by the competent and concerned authorities. It is an integrated residential complex as well as other industrial and service projects[7].



Fig. 3: Location of Lake Habbaniya

The area of Lake Habbaniyah is located within the range of flat lands in the sedimentary plain within Anbar Governorate, and its elevations range between about (40-80) meters above sea level, and the surface of the area is characterized by a weak slope and the breadth of flat lands.

6.3 Sail

It is the thin and crumbly layer that covers the earth's surface and is produced by the fragmentation of rocks, under the influence of two factors, the most important material (rocks) and the nature of the factors that affect the rocks, represented by climate, natural plants, humans and animals.

We can show the varieties of soil in the study area as follows[8].

1. Sedimentary Soil

It is a newly formed soil that has been deposited by the water stone of Nazim al-Warar on both sides, as well as some other components such as calcium carbonate, to form limestone components found in the study area.

Its lands are characterized by a balance of physical composition that is medium and not clay or sandy coarse, as it is considered a fertile soil rich in organic matter together, which enhances its suitability for agricultural use, these soils are located in the northwestern part of the study area with an area of (201 km^2) and a percentage of (42.1%) of the area of the study area of (478 km^2).

2. Different gypsum desert soils

These soils are loated in the eastern, southern and southwestern parts and represent an area estimated at (277 km2) and (57%) of the total area of the study area and consists of various limestone, clay and sand components, these soils cover a large area of the study area, and it is one of the soils that can be used for agricultural production through the adoption of irrigation projects, puncture and modern techniques in irrigation, as well as their cultivation with suitable crops.

3. Floodplainsediments (Quaternary Era – Holopene)

It is a sediment of the Euphrates River and is located in the western part of the study area and consists of sand, clay and clay with a small percentage of fine gravel, as the area of these deposits is (122 km^2) and a percentage of (25.5%) of the total area of the study area.

4. Salt marsh deposits (sabkhas)

These formations are clearly visible around the shores of Lake Habbaniya, and the main source of them is the carbon and gypsum carried by the wind, and they are the result of the water and its sources of

water of Lake Habbaniya, as well as the change in the summer season and the rise of groundwater, as it consists of salt assemblies and clay soils with an area of (53 km^2) and a percentage of (11.1%) of the area of the study area.

22. PHYSICAL AND CHEMICAL QUALITATIVE PROPERTIES IN THE STUDY AREA

The importance of water resources is related to their quantitative or qualitative efficiency, as no matter how much of their quantities are available, whether surface or groundwater, their qualitative characteristics (physical and chemical) must be adapted to the requirements of each use when investing and benefiting from them, whether these characteristics are natural or human. The qualitative characteristics of the water of Lake Habbaniya are different from those of the Euphrates River, although they depend on the supply absolutely, in addition to their impact.The most important of these factors are: the melting of the rocks of the bottom and banks due to contact with the water and evaporation processes, as well as the discharge of the valleys that end at these lakes, and these factors in their entirety lead to the deterioration of the quality of the stored water[9].

The values of the elements of the water of Lake Habbaniya have risen to a clear degree from the water of the Euphrates River when comparing them, and this includes the monthly values and their annual rates, which is reflected in the characteristics of the quality and thus their impact on the level of agriculture and the quantity of production, and to determine the reality of these values and their rates, it is necessary to study and clarify them as shown in Table 2:

Table 2: Shows the qualitative characteristics of the waters of Lake Habbaniya during the year 2020.

Properties	Winter months		Summer months	
	January	February	July	august
Temp	9.6	8	26.9	28.9
PH	5.7	7.6	9.5	8.5
E.C	2.4	1.4	1.7	1.8
TS. S	830	840	960	970
T.H	360	405	477	480
T.D. S	1120	1140	1290	1370
NA	105	207	239	247
K	5	6.3	9.6	10.3
CA	70	90	120	115
C1	80	85	96	105
MG	52	6.8	70.3	112.1
SO_4	281	302	379	393

Source: Laboratory test results of water samples taken from Lake Habbaniya, which were analyzed at the Central Laboratory, Ramadi Kabir Water Project of the Ministry of Municipalities during the year 2020.

It is clear from the table that the values of the water elements of Lake Habbaniya have risen to a clear degree from the water of the Euphrates River when comparing them, and this includes the monthly values and their annual rates, which is reflected on their qualitative characteristics and then their impact on the level of agriculture and the amount of production.

22.1. Temperature

The air temperature in the study area decreases during the winter months, and this is reflected in the water of Lake Habbaniya to reach its lowest level in the months of January and February by (9.6 and 8) each, respectively, and then gradually rises until it reaches its maximum during the months of July and August, which represent (26.9 and 28.9) each, respectively[10] as shown in Table 3:

Table 3: Monthly averages of temperatures and rainfall in the Ramadi Climate Station in 2020.

month	heat m	Rainfall mm
	11	25
February	13	18
March	18	15
April	24	10
May	30	5
June	35	0
July	38	0
august	38	0
September	34	1
October	27	7
November	19	15
December	13	20

Source: Iraqi Meteorological and Seismic Monitoring Authority, Ramadi Climate Station data, during the year 2020.

The above table shows the monthly variation of temperatures and the amount of rainfall for the Ramadi climate station, where we observe that temperatures rise during the summer months, especially in the months of July and August, while they decrease during the winter months, while the rainfall is concentrated during the winter and almost non-existent during the summer, which reflects the dry desert nature of the climate of the study area.

22.2. Acidic and basic (pH.)

The value of (p.) in the waters of Lake Habbaniya within the boundaries of the study area during the months of January and February

was (5.7, 7.6) degrees each, which is the lowest value recorded, while the highest value during the months of July and August was (9.5, 8.5) degrees each[9].

22.3. Electrical Receipt (E.C)

The lowest value of electrical conduction was (2.4 dC/m) during January and February, while during July and August it was (1.7, 1.8) dC/m.

22.4. Dissolved Solids (T.S.S.)

The dissolved solids in the waters of Lake Habbaniya vary between the months of the year, as the lowest quantity reached during the month of January by (830 mg/L) while the highest quantity reached during the

month of August by (970 mg/L), and this increase in dissolved solids in the waters of Lake Habbaniya is due to a number of factors, the most important of which is the nature of the geological composition of the region, in addition to the nature of the prevailing climate. In Lake Habbaniya, when the speed of the water current decreases to the point of being twice as capable of carrying suspended and dissolved materials in it[11].

22.5. Total Hardship (T.H)

The total hardness value depends on the sum and values of other dissolved and suspended elements in the water. The lowest value was (360 mg/L) during the month of January, while this value increased in the summer month to reach (480 mg/L) during the month of August.

22.6. Total Dissolved Salts (T.D.S)

The values of dissolved salts in the waters of Lake Habbaniya are significantly higher when compared to the amount of dissolved salts in the water of the Euphrates River and close to the maximum permissible limit for irrigation of agricultural crops. It is clear from the table that the value of dissolved salts in the water of Lake Habbaniya gradually increases with the increase in summer temperatures, as it reached the lowest amount during the months of January and February at (1376, 1120) mg/liter[3].

22.7. Sodium (Na)

The sodium values in the water of Lake Habbaniya are limited to (247 and 205 mg/L), as they reached during the months of January and February, represented by the winter months (207,205 mg/L) respectively, while these values increased during the summer months to reach (247,239 mg/L) during the months of July and August at a rate of (224.5 mg/L) affected by the desertification of the region and the nature of its rocks, as well as the impact of agricultural uses that increase the values of this element. Characteristics of water quality, suitability and efficiency for agricultural use.

22.8. Potassium(k)

The amount of potassium in the water of Lake Habbaniya within the study area during the months of January and February reached (6.3.5 mg/L) each, which is the lowest amount for

the months of the year, and then gradually increased to reach (10.3 and 9.6 mg/L) during the months of July and August respectively.

22.9. Calcium (ca)

It is clear that the lowest value of calcium in the water of Lake Habbaniya was during the month of January (90 mg/L), while its highest value during the month of July was (120 mg/L).

7.10. Chlorides (Cl)

The value of chlorides in the part of the Ramadi district in Lake Habbaniya during January and February was (80.85 mg/L) and

during July and August (96.105 mg/L).

7.11. Magnesium (mg)

The value of magnesium in the water of Lake Habbaniya vary from one form to another, as it decreases to reach its lowest levels during the month of January by (52 mg/L) and rises to reach its highest value in August by (112.1 mg/L), and this increase is considered natural due to the presence of this element in most of the rocks spread in the natural medium.

7.12. Sulfate (SO4)

The lowest sulfate values in the water of Lake Habbaniya during the month of February reached (302 mg/L), while the highest value was in August at (393 mg/L), thus the qualitative characteristics of the water of Lake Habbaniya are greatly affected by these values, which made them reflect on its suitability for irrigation, due to the dissolution of limestone and gypsum rocks in addition to the effect of trowel water, sewage and groundwater.

23. THE IMPACT OF LAKE HABBANIYA ON AGRICULTURAL PRODUCTION

Agricultural activity is one of the most important economic activities supporting the national economy of the country in general and the study area in particular, it is necessary to evaluate and know the extent of water suitability in the study area because it is the controlling factor in the possibility of expansion in agricultural production in terms of quantity and type and the variation of agricultural crops in their ability to withstand the chemical properties of water. It comes to:

Wolcox Classification: Water was classified according to Lux into five qualitative groups based on two basic indicators of sodium percentage and electrical conductivity as shown in Table 4:

Table 4: Lux Rating for Water Suitability for Irrigation.

Water Variety	Symbol	Sodium Percentage	Symbol	Electrical Receipt
Excellent.	A	Less than 20	C1	Less than 250
Good	B	20-40	C2	250-750
Acceptable	C	40-60	C3	750-2000
Doubts its validity	D	60-80	C4	2000 - 3000
Invalid	E	More than 80	C5	More than 3000

Source: Ammar Yassin Awwad Al-Fahdawi, Geographical Explanation of the Hydrological Characteristics of the Hizoub River and its Investment Areas in Northern Iraq, Master's Thesis (Unpublished), University of Anbar, Faculty of Arts, 2016, p. 124.

By studying the suitability of water for drinking purposes and agricultural production of both kinds, it is clear to us that the water in the study area is proportional to an acceptable degree

and is considered acceptable for agricultural investment in the study area, especially with the availability of

large areas suitable for agriculture if modern means are used, and by making previous comparisons of water through Table No. (3), we find arable water so that the percentage of sodium ranges between (11,55-59), 9) This is a very important indicator of the availability of the most important elements of spatial development of the underdeveloped areas in the field of developing agricultural production in light of the

laboratory results that indicate the suitability of water for animal consumption, which provides a great opportunity to advance the reality of the underdeveloped region in terms of investment, due to the availability of one of the development pillars through which the agricultural sector (plant and animal) can be developed.

Table 5: Sodium Percentage.

Sequencing	Sodium %	Item Class
1	55,1	Acceptable
2	57,5	Acceptable
3	56,1	Acceptable
4	59,1	Acceptable

24. RESULTS

The necessity of developing water resources from the perspective of sustainability and taking into account the right of future generations to this natural wealth, and the Euphrates River comes to the forefront according to this concept,

and the development of irrigation methods according to the logic of the

age and modern agricultural methods, and avoiding wastage operations in irrigation, andone of the utmost necessities, improving Iraq's political relationship with Turkey, which constitutes the highest position controlling the sources of the Euphrates, and with Syria, which passes through the Euphrates before Iraq, in order to ensure Iraq's share of water, which passes through Anbar province first. Among them is the study area and the cleansing of the Euphrates stream of reeds, papyrus

and sand islands that constitute obstacles to the flow of water and its natural movement, especially since these plants have clearly contributed to their effect on the freshness, taste and color of the water, at a level that was not familiar during the history of the Euphrates and its previous era.

25. DISCUSSION

The qualitative characteristics of the waters of Lake Habbaniya are influenced by the geological nature of the study area, in particular the formation of the opening and its surroundings, as well as the associated rocks, which increases the concentration of dissolved salts. Significant variation in chemical and physical values is observed, with high levels of dissolved salts and electrical conductivity during the summer

months as a result of increased evaporation rates. According to the LUXE classification, category C includes electrical conductivity, while

water is classified as C3 Based on its sodium content. These results indicate that the water of Lake Habbaniya is suitable for agricultural investment, provided that modern irrigation methods are used and salt-resistant crops are selected to mitigate the impact of salts on soil fertility.

26. CONCLUSION

The geographical characteristics had a clear impact on the water resources in the study area at the quantitative and qualitative level, especially the geology of the land, its underground

reservoirs, the nature of the rock structure, the elements of climate, the population and their general life and economic activities, as well as the role of control and storage projects that Lake Al-Habbaniya forms a clear geographical appearance on the surface of the study area, and although the largest part of Lake Al-Habbaniya is located within the district of Al-Khalidiyah, the western part of it is located within the district of Ramadi, and constitutes good agricultural lands with an area of (32) thousand Dunum, irrigated from Warar and the lake. The qualitative characteristics of the surface water available in the Euphrates River and Lake Habbaniya are suitable for agricultural activity, while the groundwater, most of its qualitative characteristics are not suitable for that activity, except for drinking

livestock, and with the loss of the optimal specifications of irrigation water in it, and this indicates the distance of this activity from the scientific standards of the suitability of that water.

27. ACKNOWLEDGEMENTS

28. CONFLICT OF INTEREST

There are no conflicts of interest between the authors.

29. REFERENCES

[21] Mutar, Z.F., Environmental Impacts on Qualitative Characteristics and Surface Area Change of the Water of Lake Habbaniya. Al-Adab Journal,

2021(138): p. 329-346.https://doi.org/10.31973/aj.v3i138.1779.

[22] AL-MAHDAWI, M. and M. AL-DULAIMI, Reproductive Behavior of Freshwater Clams Unio tigrids (Bou.) and Pseudodontopsis euphraticus (Bou.) in Al-Habbanyah Lake-Iraq Reproductive Behavior of Freshwater Clams Unio tigridis (Bou) and Pseudodontopsis euphraticus (Bou) in Lake Habbaniya, Iraq. 2004. https://agris.fao.org/search/en/providers/122415/records/6473686d2c1d629bc9803b22

[23] Mahdi Al-Tamimi, A.-N.A. and R.D. Shraida Al-Lehebi. Applications and Tests of Water Quality Indices to Evaluate the

[24] Impact of Tharthar and Habbaniyah Lakes on the Water Quality of the Euphrates River, Al-Anbar Province, Iraq. in IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2025. IOP Publishing.DOI 10.1088/1755-1315/1487/1/012001.

[25] Hussien, B.M., Hydrogeologic condition within al-Anbar governorate. Journal of Anbar University for pure science, 2010. 4(3): p. 97-

[26] Al-Jubouri, A.F.D.M.A.M. and M.K. Al-Mamouri, The Role of River Islands in the Change of the Bifurcation Coefficient of the Tigris River Course between the Lower Zab Estuary and the Samarra Dam. Diyala Journal for

[27] Humanitarian Research, 2009. 1(38). (In Arabic) https://doi.org/10.57592/djhr.v1i38.2116.

[28] Al-Subhani, K.D.M., Climate and Civilization: Mesopotamia as a Model. 2022: Arab Center for Research and Policy Studies. (In Arabic) https://bookstore.dohainstitute.org/p-2302.aspx.

[29] Al-Fahdawi, S.H.H.A., The Effect of Water Bodies (Lake Habbaniya and Lake Al-Tharthar) on the Levels of the Euphrates River. Al-Adab/Al-ādāb, 2018(124). (In Arabic) https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A9%

[30] Mahmood, Y. and A.S. Jasim, A STUDY ON THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE WATERS OF LAKE HABBANIYAH, 2019-2023. Anbar Journal of Agricultural Sciences,. 23(1).DOI:10.32649/ajas.2025.187544

[31] Al-Fahdawi, A.A., A.M. Rabee, and S.M. Al-Hirmizy, Water quality monitoring of Al-Habbaniyah Lake using remote sensing and in situ measurements. Environmental monitoring and assessment, 2015. 187(6): p. 367. DOI 10.1007/s10661-015-4607-2

[32] Awadh, S.M., Drought and Desertification Hazard in Iraq, in Environmental Hazards in the Arabian Gulf Region: Assessments and Solutions. 2024, Springer. p. 377-395. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-71836-6_14

التحليل المكاني لتقييم الكفاءة المكانية لشبكة توزيع المياه في مدينة حائل باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS)

الباحث الاول1 نهلة عباس محمد حامد ،
1،2 قسم علوم العلوم الاجتماعية-، كلية الآداب والفنون، جامعة حائل، المدينة حائل، البلد المملكة العربية السعودية
.na.mohammed@uoh.edu.sa

الملخص

تعد المياه عنصرًا أساسيًا للتنمية المستدامة، لا سيما في المناطق الجافة مثل مدينة حائل في المملكة العربية السعودية، التي تواجه تحديات متزايدة نتيجة ارتفاع الطلب على المياه. يهدف هذا البحث إلى تحليل التوزيع المكاني لمصادر المياه وتقييم كفاءة توزيعها باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية **(GIS)** لدعم الإدارة المستدامة وتحقيق الأمن المائي. اعتمد البحث على بيانات مكانية ووصفية رسمية، جرى تحليلها باستخدام برنامج **ArcGIS** من خلال تطبيق أساليب التحليل المكاني، مثل تحليل القرب والكثافة المكانية والحرم المكاني، ضمن منهج وصفي تحليلي. أظهرت النتائج أن 85% من التجمعات السكانية تقع ضمن نطاق 0–2 كم من مصادر المياه، مما يشير إلى مستوى مرتفع من سهولة الوصول وكفاءة التوزيع. كما تبين وجود تباين مكاني في الإمدادات، حيث بلغت مناطق العجز 28% مقابل 72% مناطق فائض. وأكد التحليل الإحصائي (**Getis-Ord General G**) أن نمط توزيع إمدادات المياه عشوائي (**P-value = 0.96**). توصي الدراسة بضرورة توسيع شبكة التوزيع في المناطق منخفضة الكفاءة، وتعزيز استخدام نظم المعلومات الجغرافية في التخطيط المائي، وإنشاء قاعدة بيانات مائية محدثة لدعم اتخاذ القرار.

الكلمات المفتاحية:

الكلمة المفتاحية الأولى: التحليل المكاني ***الكلمة المفتاحية الثانية : تقييم كفاءة المياه*** ***الكلمة المفتاحية الثالثة: التوزيع المكاني***

30. المقدمة

تُعد مدينة حائل من المناطق الحيوية في المملكة العربية السعودية، نظراً لموقعها الاستراتيجي واتساع مساحتها، ومع التوسع الحضري والنمو السكاني وتباعد التجمعات السكانية، تزداد أهمية تطوير البنية التحتية، خاصة شبكات المياه، لما لها من دور في تحسين جودة الحياة وتحقيق التنمية المستدامة. ولم يعد التحدي مقتصراً على توفير المياه، بل يشمل رفع كفاءة توزيعها وضمان وصولها بشكل عادل، بما يعزز الأمن المائي ويتوافق مع مستهدفات رؤية المملكة 2030.

في هذا الإطار، تُعد نظم المعلومات الجغرافية أداة فعالة لتحليل كفاءة التوزيع المكاني للخدمات وقياس مدى وصولها للسكان من خلال تقنيات التحليل المكاني (داود، 2012). وتبرز أهمية هذه البحث في تقييم كفاءة توزيع شبكة المجاري وتحديد مناطق القصور في التغطية. وقد أكدت العديد من الدراسات أهمية توظيف نظم المعلومات الجغرافية في إدارة مشاريع المياه ودعم اتخاذ القرار (Xu et al., 2021; Taloor et al., 2022)، في حين أشارت دراسات أخرى إلى ضرورة تقييم استخدامها لتفادي التحديات التي قد تحد من كفاءتها (Chen et al., 2020; Doha Elshazly et al., 2024; Sunela, 2015; Sampson, 2025).

هدف الدراسة

تهدف الدراسة إلى ما يلي:

1. تقييم الكفاءة المكانية لتوزيع شبكة المجاري في خدمة التجمعات السكنية.
2. قياس المسافة بين التجمعات السكنية وأقرب عناصر شبكة المجاري وتحليل العلاقة بين البعد المكاني ومستوى كفاءة الخدمة.
3. تصنيف التجمعات السكنية حسب درجة كفاءة التغطية المكانية.

- أقرب عنصر مكاني Nearest Feature
- تصنيف المسافات Distance Classification إلى ثلاث فئات
- الكفاءة المكانيةSpatial Efficiency
- التحليل الإحصائيStatistical Analysis :
- الاختبار الاحصائي (Getis-Ord General
- تفسير النتائجSpatial Interpretation

أهمية التحليل المكاني في تقييم التوزيع:

تكمن أهمية التحليل المكاني في أنه يساعدنا على فهم واقع توزيع المياه في منطقة حائل بشكل أعمق من مجرد الأرقام والجداول. فمن خلاله نستطيع رؤية العلاقة بين مواقع السكان ومواقع شبكات المياه على الخريطة ويقيدنا هذا التحليل في:

- قياس المسافات: معرفة مدى قرب أو بعد كل تجمع سكاني عن مصدر المياه بدقة.
- تحديد المناطق المحرومة: كشف الأماكن التي لا تصلها الخدمة الكافية رغم وجود سكان بها.
- ربط البيانات: دمج معلومات السكان مع معلومات المياه لاستخراج درجة الكفاءة.

باختصار، التحليل المكاني هو الذي يحول البيانات إلى خرائط واضحة تساعدنا في معرفة أين نحتاج لتطوير شبكة المياه في حائل لتحسين كفاءة التوزيع.

منطقة الدراسة:

تقع منطقة حائل في الجزء الشمالي من المملكة العربية السعودية، يحدها من الشمال منطقتي الحدود الشمالية والجوف، ومن الجنوب منطقتي القصيم والمدينة المنورة، ومن الشرق منطقة القصيم، ومن الغرب منطقتي تبوك والمدينة المنورة، تمتد المنطقة فلكياً بين دائرتي عرض 25° - 28° شمالاً، وخطي طول 39° - 43° شرقاً. وتبلغ مساحتها حوالي 120 ألف كيلومتر مربع. ووفقاً لنتائج تعداد عام 2022، بلغ عدد سكان منطقة حائل 746,406 نسمة(الشمري، 2023، ص.33).

4. تحديد التجمعات الواقعة خارج نطاق الخدمة الفعالة.
5. دعم متخذي القرار بتوصيات تخطيطية مبنية على التحليل المكاني.

مشكلة البحث :

تتمثل مشكلة البحث في معرفة مدى كفاءة توزيع شبكة المياه بالنسبة للتجمعات السكنية في مدينة حائل، وهل تقع هذه التجمعات ضمن نطاق خدمة مناسب أم توجد مواقع بعيدة تحتاج إلى تحسين في التغطية. **سؤال الرئيسي للبحث**: ما مدى كفاءة التوزيع المكاني لشبكة المجاري في خدمة التجمعات السكنية بمنطقة حائل؟

فرضيات البحث:

يستند البحث على الفرضيات التالية:

1. لا تتوزع شبكة المجاري بشكل متكافئ مكانياً على جميع التجمعات السكنية.
2. بعض التجمعات السكنية تعاني من انخفاض مستوى التغطية المكانية مقارنة بالمركز الحضري.

جمع البياناتData Collection :

تم جمع طبقة حدود منطقة حائل، إضافة الى طبقة شبكة المجاري المائية وتم الحصول عليها من موقع هيئة المساحة الامريكية (USGS) لتمثيل شبكة الموارد المائية كـ(خطوط)، وطبقة التجمعات السكنية في منطقة حائل كـ(نقاط) من موقع Hydrography (streams).

- حدود منطقة الدراسة Study Area Boundary
- طبقة شبكة المجاري (خطوط Sewer Network Layer (Lines)
- طبقة التجمعات السكنية (نقاط) Residential Settlements Layer (Points)

المعالجة المسبقة للبياناتData Preprocessing :

- التحقق من الطبولوجياTopology check
- التصحيح الهندسيGeometry repair
- قص البيانات على حدود منطقة الدراسة Clip Tool
- توحيد نظام الإحداثيات Coordinate System Standardization
- التحقق من صحة البياناتData Validation

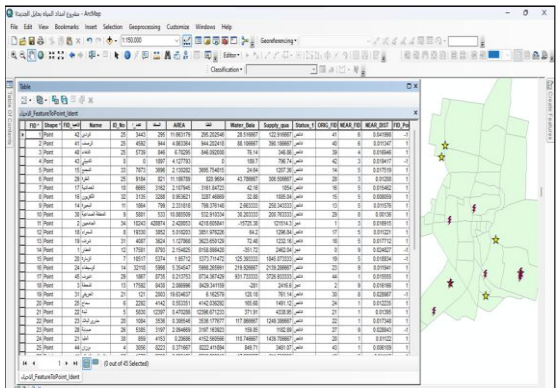
التحليل المكاني Spatial Analysis :

أداة حساب المسافةNear Tool

عمل تحليل الميزان المائي (Water Balance Analysis)

تم إجراء تحليل الميزان المائي (Water Balance Analysis)بالاعتماد على مقارنة العرض المائي بالطلب لكل منطقة جغرافية، باستخدام المعادلة : (Water Balance = Supply − Demand)، حيث تشير القيم الموجبة إلى وجود فائض مائي، بينما تدل القيم السالبة على وجود عجز. وبناءً على ذلك تم تصنيف المناطق إلى فئتين (فائض/عجز) باستخدام نموذج تصنيف آلي داخل بيئة نظم المعلومات الجغرافية .

شكل(3) البيانات الوصفية لمحطات خزانات ومحطات المياه لمدينة حائل



المصدر الباحثة بالاعتماد على وزارة البيئة والمياه - حائل 2026م

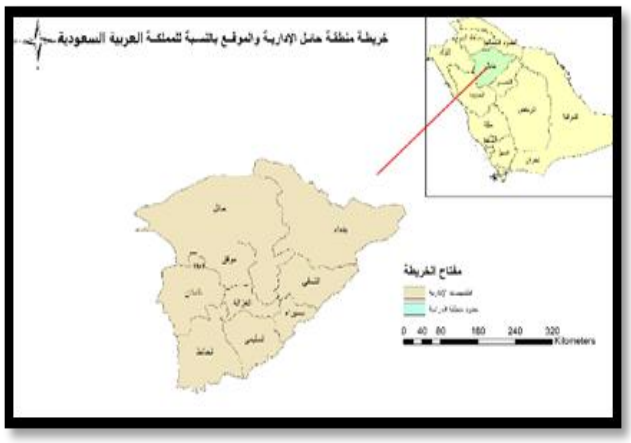
ويقصد الميزان المائي : هو للمقارنة بين الاحتياج والتوفر، وذلك من خلال:

*تقدير الاحتياجات :(Water Demand) حساب الكميات الموردة فعلياً لكل منطقة جغرافية.

*حساب العجز والفائض :(Water_Bala) تم استخراج قيم الميزان المائي (الفائض والعجز)، حيث تشير القيم السالبة إلى العجز، بينما تشير القيم الموجبة إلى الوفرة كما موجودة

*التصنيف النوعي :(Status_1) تم أتمتة تصنيف حالة كل منطقة إلى (عجز/فائض) بناءً على النتائج الحسابية للميزان المائي، حيث ان مناطق العجز باللون الأحمر ومناطق الفائض باللون الأخضر واخذت النسب لمناطق العجز 28% ومناطق الفائض72%

شكل (1) منطقة الدراسة

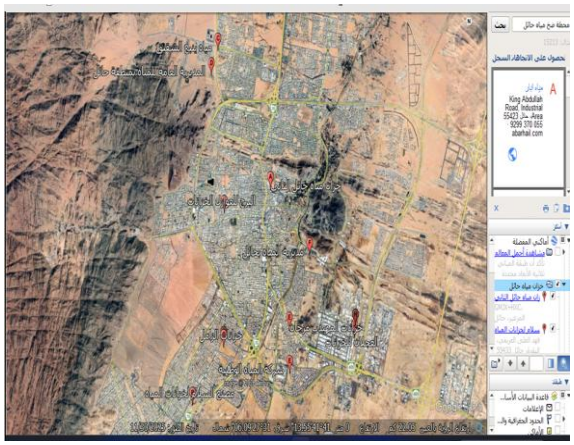


المصدر الباحثة 2026م بالاعتماد على الخريطة الأساس – امانة حائل

تقييم كفاءة توزيع شبكة المياه في منطقة حائل:

الكفاءة المكانية هي مقياس يستخدم لتقييم مدى فعالية توزيع الموارد أو الخدمات ضمن مساحة معينة. في سياق شبكات توزيع المياه، تعكس الكفاءة المكانية قدرة الشبكة على تلبية الطلب المائي للمستخدمين بالنسبة للمساحة المغطاة أو طول الشبكة. تم تحميل محطات خزانات ومحطات المياه لمدينة حائل من قوقل ايرث بالاعتماد على بيانات وزارة البيئة والمياه- حائل وتحميل شبكة المياه لمنطقة حائل كما هو موضح بالصورة التالية :

شكل (2) محطات خزانات ومحطات المياه لمدينة حائل



المصدر الباحثة 2026م

يوضح الشكل (2) التوزيع المكاني لمحطات خزانات ومحطات المياه لمدينة حائل بشكل نقطي يوضح توزيعها لعام 2026 وفق بيانات وزارة البيئة والمياه بمنطقة الدراسة.

عمل نتائج التحليل الإحصائي (High/Low Clustering)تم إجراء اختبار Getis-Ord General G، وأظهرت النتائج الإحصائية ما يلي:

1. قيمة (P-value = 0.96): بما أن هذه القيمة أكبر بكثير من (95%)، فهذا يشير إحصائياً إلى أن نمط توزيع إمدادات المياه في منطقة الدراسة هو نمط عشوائي.(Random Pattern)

2. قيمة (Z-score = 0.048): القيمة قريبة جداً من الصفر، مما يؤكد عدم وجود تكتلات مكانية منحازة (Clusters) لمناطق العجز في جهة جغرافية واحدة دون غيرها، بل إن العجز يظهر بشكل متفرق في شمال وجنوب وشرق المدينة.

31. النتائج

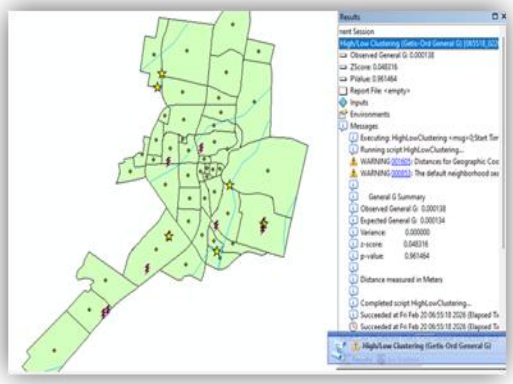
تشير هذه الأرقام إلى أن مشكلة العجز المائي في حائل ليست مرتبطة بقطاع جغرافي محدد (مثل شمال أو جنوب المدينة فقط)، بل هي مشكلة ترتبط بظروف كل حي على حدة، مثل بعده عن أقرب خزان مائي أو ضعف كفاءة الشبكة المحلية الواصلة إليه. يجب توسيط الجداول والأشكال كما هو موضح في الجدول شكل (6) نتائج التحليل الإحصائي (High/Low Clustering)

المصدر الباحثة بالاعتماد على برنامج Arcmap 2026م

الاستكشاف البصري للبيانات:

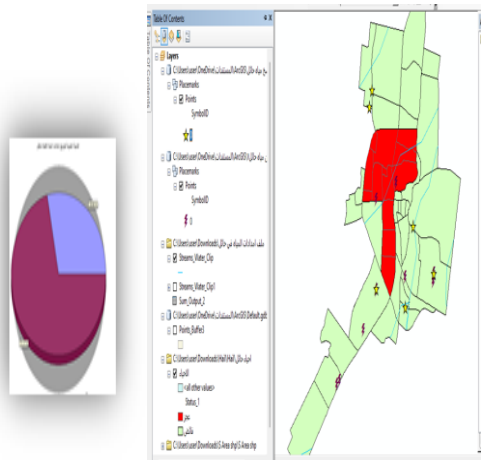
تم عرض طبقات البيانات على الخريطة لدراسة التوزيع الأولي للتجمعات السكنية وشبكة المياه، وملاحظة أنماط التمركز والقرب المكاني بينهما.

شكل (6) أنماط التمركز والقرب المكاني



المصدر الباحثة بالاعتماد على برنامج Arcmap 2026م،

شكل (4) مناطق الفائض والعجز بمدينة حائل



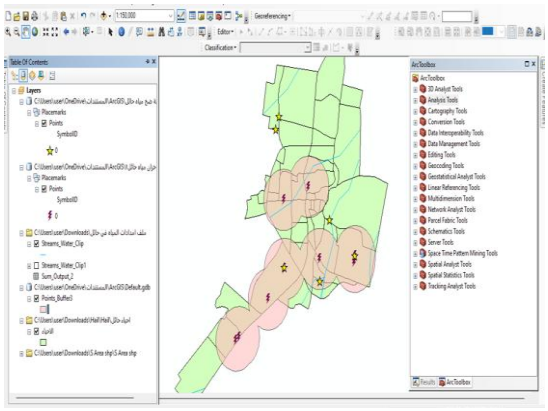
المصدر الباحثة 2026م

تحليل نطاقات الحرم والتأثير (Buffer Analysis):

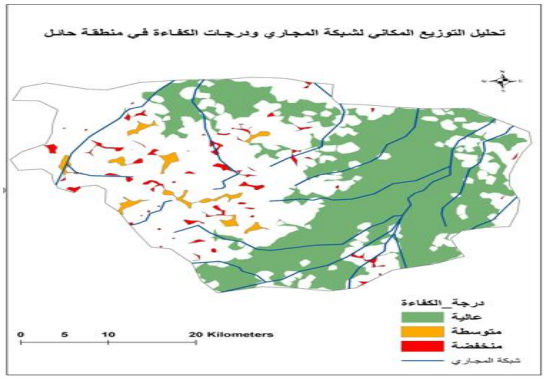
تم إنشاء نطاقات حول محطات ضخ المياه ولتحديد السكان المستفيدين من شبكة المياه داخل هذا النطاق. وتحديد مناطق الخدمة المباشرة: يوضح المساحة الجغرافية التي تستفيد. على بعد 1كم وأوضحت النتائج ان بعض الاحياء تبعد عن محطات وخزانات ضخ المياه لذلك تعتبر من مناطق العجز، و استخدام أداة Nearلحساب المسافة بين كل تجمع سكني وأقرب خط من شبكة المجاري، ثم تم تصنيف المسافات إلى ثلاث فئات (عالية، متوسطة، منخفضة) لتمثيل درجة الكفاءة المكانية .

ويعود اختيار أداة Near لملاءمتها لطبيعة الدراسة، إذ تعد الأنسب لحساب أقصر مسافة مكانية بين نقطتين أو بين نقطة وخط، مما يوفر قيماً رقمية دقيقة يمكن تصنيفها وتحليلها إحصائياً.

شكل (5) تحليل نطاقات الحرم والتأثير بمدينة حائل



المصدر الباحثة بالاعتماد على برنامج Arcmap 2026م



المصدر الباحثة بالاعتماد على برنامج Arcmap 2026م

من خلال تفاوت قيم المسافات في الجدول، يظهر وجود أحياء ذات أفضلية مكانية لقربها من مصادر المياه، مقابل أحياء أخرى تقع في أطراف النطاق الخدمي. خلصت البحث إلى أن استخدام التحليل المكاني وأداة Near أسهم في قياس كفاءة توزيع شبكة المجاري بدقة، وأوضح أن غالبية التجمعات السكنية تتمتع بمستوى عالي من القرب المكاني من الخدمة، مما يعكس كفاءة عامة في التوزيع داخل منطقة الدراسة. يلعب التحليل المكاني دورًا أساسيًا في فهم وتقييم كفاءة توزيع شبكة المياه بمدينة حائل، حيث يسمح بتحديد المناطق الأكثر كفاءة. من خلال استخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS، أصبح بالإمكان إدارة البيانات المكانية للشبكة وتحليلها بشكل متقدم، مما يدعم اتخاذ القرار ويتيح تحسين كفاءة توزيع المياه، يوضح هذا البحث أن الاعتماد على التحليل المكاني يوفر معلومات دقيقة تساعد المسؤولين على تقييم ومتابعة شبكة المياه و توسيع الشبكة بشكل أكثر فعالية مقارنة بالطرق التقليدية.

المناقشة

أظهرت النتائج أن غالبية التجمعات السكنية تقع ضمن نطاق خدمة مرتفع الكفاءة، حيث تبين أن نسبة كبيرة من التجمعات تبعد مسافات قصيرة عن شبكة المجاري، مما يعكس مستوى جيداً من التغطية المكانية،ويشير ذلك إلى أن التوزيع الحالي للشبكة يخدم بشكل فعال المناطق الحضرية والمناطق القريبة منها، في حين أن نسبة محدودة من التجمعات تقع على مسافات أكبر، وهو ما يعكس تبايناً مكانياً في مستوى الخدمة يرتبط غالباً بطبيعة التوزيع العمراني وتباعد التجمعات الريفية.كما تشير نتائج التحليل المكاني إلى أن 85% من التجمعات السكانية تقع ضمن نطاق 0–2 كم من مصادر المياه، وهو ما يعكس مستوى مرتفعًا من سهولة الوصول إلى مصادر الإمداد. وتُعد المسافة عاملاً مؤثرًا في كفاءة التوزيع، حيث تسهم

جدول (1) تقييم كفاءة توزيع شبكة المياه في منطقة حائل

النوع	نطاق المسافة(كم)	درجة الكفاءة	عدد التجمعات	النسبة المئوية (%)
1	0-2 كم	عالية	75	85%
2	2-5 كم	متوسطة	10	11%
3	أكثرمن 5 كم	منخفضة	3	3%
4	الإجمالي			100%

المصدر : عمل الباحث 2026م

يبين الجدول أن 85% من التجمعات السكانية تقع ضمن نطاق المسافة(0-2كم)، وذلك من خلال تطبيق معادلة نسبة الوصول

المعادلة:

$$\text{نسبة الوصول (\%)} = \frac{\text{عدد التجمعات المخدومة}}{\text{إجمالي التجمعات}} \times 100$$

نسبة الوصول= 75 (التجمعات السكنية في نطاق المسافة 0-2كم) مقسومة على88 (مجموع التجمعات السكنية) مضروبة في 100 الناتج 85% كما موضح بالجدول(1) وهو ما يفسر تصنيفها ضمن فئة الكفاءة العالية، ويعكس ذلك قرب هذه التجمعات من شبكة المجاري وارتفاع مستوى التغطية المكانية في منطقة الدراسة .

كما تمثل الفئة متوسطة الكفاءة نسبة 11% ضمن نطاق (2-5كم)، نسبة الوصول= 10 (التجمعات السكنية في نطاق المسافة 2-52كم) مقسومة على88 (مجموع التجمعات السكنية) مضروبة في 100 الناتج 11% كما موضح بالجدول(1)

مما يدل على وجود تجمعات تبعد مسافة متوسطة عن الشبكة لكنها ماتزال ضمن نطاق خدمة اقل كفاءة من الفئة الاولى .

أما الفئة المنخفضة الكفاءة فتمثل نسبة الوصول= 3 (التجمعات السكنية في نطاق المسافة يزيد عن 5) مقسومة على88 (مجموع التجمعات السكنية) مضروبة في 100 الناتج 4% ، وهو ما يوضح محدودية عدد المواقع التي تعاني من بُعد مكاني نسبي عن شبكة المياه .لمكاني التنبؤية لتحديد المواقع المثلى لمشروعات المياه المستقبلية.

7-تعزيز استخدام نظم المعلومات الجغرافية في التخطيط المائي، إضافة إلى إنشاء قاعدة بيانات مائية محدثة لمنطقة حائل.

المسافات القصيرة في تقليل فاقد المياه أثناء النقل وتحسين كفاءة الشبكة، مما يبرر تصنيف هذه المناطق ضمن فئة الكفاءة المرتفعة، حيث تؤكد النتائج أن المسافة عامل حاسم في تحديد كفاءة الخدمة، إذ يؤدي انخفاض المسافة إلى زيادة فرص الوصول إلى الشبكة وتحسن مستوى التغطية، بينما يؤدي التباعد المكاني إلى انخفاض الكفاءة

32. الاستنتاجات

توصلت الدراسة إلى مجموعة من النتائج الرئيسة:

1. تتمتع شبكة المجاري بمستوى كفاءة مكانية مرتفع بشكل
2. توجد تغطية جيدة للتجمعات القريبة من المراكز الحضرية.
3. عدد محدود من التجمعات يعاني من انخفاض الكفاءة نتيجة البعد المكاني.
4. وتؤكد هذه النتائج وجود علاقة عكسية بين المسافة ودرجة الكفاءة، فكلما قلت المسافة ارتفعت الكفاءة، والعكس صحيح

التوصيات:

في ضوء النتائج، توصي الدراسة بما يلي:

1-توسيع شبكة التوزيع في المناطق التي أظهرت نقصًا في التغطية المكانية بإعطاء أولوية تخطيطية للتجمعات منخفضة الكفاءة.

2-جراء إعادة تقييم لتصميم الشبكة الحالية باستخدام نماذج التحليل المكاني والهيدروليكي، بما يضمن تقليل المسافات بين نقاط التوزيع والمستهلكين وتحسين كفاءة التدفق.

3-إعادة توزيع نقاط إمداد المياه بناءً على نتائج التحليل المكاني لتقليل التباين بين مناطق العجز والفائض

4-التوسع المستقبلي لشبكة المجاري باتجاه المناطق البعيدة عن نطاق الخدمة.

5-اعتماد التحليل المكاني كأداة أساسية في تخطيط البنية التحتية.

6-إجراء دراسات مستقبلية تأخذ في الاعتبار النمو السكاني والتوسع العمران باستخدام نماذج التحليل ا**لمراجع**

33. [1] Al-Shammari, B.O., 2023. Spatial analysis of beekeeping distribution in Hail region: A GIS-based study, Journal of College of Arts Research, 35(2), 27–56. (In Arabic)

34. [2] Dawood, M.J., 2012. Fundamentals of spatial analysis within the framework of geographic information systems, Mecca, Publishing House. (In Arabic)

35. [3] Sampson, O., 2025. Assessing the performance of water supply systems using GIS and hydraulic models, International Journal of Computing and Engineering, 7(22), 54–72.

36. [4] Alamin, H.A., 2021. Evaluating the efficiency of water network lines based on GIS, Humanitarian and Natural Sciences Journal (HNSJ), 2(10), 306–310.

37. [5] Abdelbaki, C., et al., 2017. Management of a water distribution network by coupling GIS and hydraulic modeling: A case study of Chetouane in Algeria, Applied Water Science, 7, 1561–1567.

38. [6] Chen, X., Li, F., Li, X., Hu, Y., Hu, P., 2020. Evaluating and mapping water supply and demand for sustainable urban ecosystem management in Shenzhen, China, Journal of Cleaner Production, 251, 119754.

39. [7] Sunela, M.I., Puust, R., 2015. Real-time water supply system hydraulic and quality modeling: A case study, Procedia Engineering, 119, 928–937.

40. [8] ESRI, 2023. Create a database table in ArcGIS

المياه والتغير المناخي وأثره على الأمن القومي العراقي رؤية استراتيجية لمواجهة التحديات المائية في إطار الأمن القومي

اللواء الركن الدكتور خالد عبد الغفار البياتي
مركز النهرين للدراسات الاستراتيجية / مستشارية الامن القومي
Khalid_snsh@yahoo.com

ملخص البحث

يتناول هذا البحث الإشكالية المحورية المتمثلة في مدى تحول أزمة المياه والتغير المناخي إلى تهديد وجودي للأمن القومي العراقي .يهدف البحث إلى تحليل الأبعاد المتشابكة لهذه الأزمة وتقييم الاستجابات الحالية وتقديم رؤية استراتيجية قابلة للتطبيق لتعزيز الأمن المائي. اعتمد البحث على منهجية مركبة تجمع بين المنهج الوصفي التحليلي تحليل النظم والتحليل الاستراتيجي(SWOT) مستنداً إلى أحدث التقارير الدولية والبيانات الحكومية. يكشف البحث، عبر هيكلية من خمسة فصول كيف أن تراجع الإيرادات المائية من دول الجوار (بنسبة تصل إلى 73%) والتغيرات المناخية الحادة قد حولت ندرة المياه إلى مضاعف للتهديدات يضرب الأمن الغذائي والاستقرار المجتمعي. ومن أبرز النتائج التي توصل إليها البحث هو انهيار الإنتاج الزراعي ونزوح أكثر من 100 ألف شخص (The New Region, 2025; ملتقى النبأ للحوار، 2026)، بالإضافة إلى وجود فجوات بنيوية في الحوكمة والدبلوماسية المائية. وبناءً عليه، يقدم البحث توصيات استراتيجية، أهمها ضرورة تبني دبلوماسية مائية مشروطة تربط ملف المياه بالملفات الاقتصادية والإسراع في تنفيذ مشاريع البنية التحتية الكبرى كسدود حصاد المياه وفرض التحول الإلزامي نحو تقنيات الري الحديثة.

الكلمات المفتاحية :الأمن المائي، الأمن القومي، التغير المناخي، العراق، دجلة والفرات، الحوكمة المائية، الدبلوماسية المائية، النزوح المناخي.

أهمية البحث

تنبع الاهميه من دراسة العلاقة المركبة بين التغير المناخي وأزمة المياه وتأثيراتهما في بنية الأمن القومي العراقي بكل أبعاده(الغذائي، والبشري، والاجتماعي والسياسي). والسعي إلى تقديم رؤية استراتيجية مقترحه للحلول الممكنة تجمع بين المشاريع الكبرى لنقل المياه وتحلية مياه البحر وحصاد الأمطار مع التأكيد على ضرورة تبني حوكمة رشيدة للموارد المائية.

هدف البحث

يهدف البحث الى :

1. تحليل تأثير التغير المناخي في الموارد المائية بالعراق .
2. كشف انعكاسات أزمة المياه على أبعاد الأمن القومي.
3. تقييم الاستجابة الحكومية والإقليمية للأزمة.
4. تقديم رؤية استراتيجية متكاملة للحلول الممكنة.
5. صياغة توصيات عملية قابلة للتطبيق لتعزيز الأمن المائي.

إشكالية البحث

تتمثل الإشكالية بالتساؤل الرئيس الآتي: إلى أي مدى يشكل التغير المناخي عبر تأثيره على الموارد المائية تهديداً للأمن القومي العراقي؟. وكيف يمكن إدارة هذا التهديد في ظل التحديات الداخلية والإقليمية؟. وما الحلول

المقدمة

يشكل الأمن المائي أحد الركائز الأساسية للأمن القومي لأي دولة ويزداد هذا المفهوم أهمية في البلدان الواقعة ضمن المناطق الجافة وشبه الجافة حيث تتناقص الموارد المائية وتزداد حدة التحديات المناخية. يعد العراق من أبرز الدول التي تواجه هذه المعادلة الصعبة إذ يقع في قلب الحزام الجاف ويعتمد اعتماداً شبه كلي على نهري دجلة والفرات اللذين ينبعان من خارج حدوده. هذا الوضع الجيوبوليتيكي الهش إلى جانب التغيرات المناخية المتسارعة والسياسات المائية لدول المنبع يجعل من أزمة المياه تهديداً وجودياً يتجاوز البعد البيئي بمرتكزات الأمن القومي العراقي.

ففي صيف عام 2022، سجلت العاصمة بغداد درجة حرارة بلغت 51.8 مئوية، لتكون الأعلى على الإطلاق في مؤشر عالي بالمستقبل للتغير المناخي في العراق بشكل خاص ومنطقة الشرق الأوسط التي ترتفع حرارتها بضعف المعدل العالمي. ولم يعد الجفاف حدثاً استثنائياً بل تحول إلى سمة دائمة مع موجات حر متكررة وعواصف ترابية تزداد حدتها وانهيار في الإنتاج الزراعي ونزوح جماعي من الأرياف. هذه الظواهر لم تعد مجرد تحديات بيئية بل أصبحت عوامل ضغط على النسيج الاجتماعي ومصدراً للتوترات المحلية ومهددة للاستقرار السياسي.

بمساعدة دولية بحلول 2035 [1]. هذا الارتفاع يفاقم موجات الحر ويطيل فصول الصيف.

ثانياً: انخفاض معدلات الأمطار وزيادة الجفاف تتناقص كميات الهطول المطري مع الزمن، وتصبح فتراتها قصيرة ومركزة مما يقلل من قدرة الخزانات الجوفية على التخزين ويزيد من تعرية التربة. وقد وصفت وزارة الموارد المائية عام 2025 بأنه الأكثر جفافاً منذ عام 1933[2].

ثالثاً: ارتفاع معدلات التبخر

يخسر العراق نحو 14.7% من مخزونه المائي سنوياً بسبب التبخر وهو معدل مرتفع جداً. فبحيرة الثرثار تفقد أكثر من 50% من مياهها بينما تفقد الأهوار 75 متراً مكعباً في الثانية يومياً.

لم يكن من المستغرب أن وصفت وزارة الموارد المائية عام 2025 بأنه الأكثر جفافاً منذ قرابة قرن (وكالة أنباء شينخوا، 2025) تحذيرات البنك الدولي واضحة: العراق من أكثر الدول المهددة بندرة المياه، وقد نخسر 20% من مواردنا المائية قبل منتصف القرن (البنك الدولي، 2022) السؤال هو: هل نحن مستعدون لهذا السيناريو؟

المبحث الثاني

مفهوم الأمن القومي وتطوره ليشمل الأمن المائي

تعرّف استراتيجية الأمن الوطني العراقي 2025-2030 الأمن القومي كمنظومة شاملة تهدف لصيانة المصالح العليا وسيادة الدولة وضمان استقرارها وتنميتها المستدامة. وتقوم على تكامل الدفاع مع الإصلاح الاقتصادي والعدالة الاجتماعية متجاوزة المفهوم العسكري التقليدي إلى مقاربة أوسع تشمل الأبعاد السياسية والاقتصادية والاجتماعية.هذا التطور في المفهوم يعكس إدراكاً متزايداً بأن التهديدات لم تعد عسكرية فحسب بل تمتد للتحديات الاقتصادية والبيئية والاجتماعية التي تمس تماسك الدولة.

وفي هذا السياق يبرز الأمن المائي كمرتكز أساسي لاعتماد العراق على نهري دجلة والفرات من خارج حدوده. فالتغير المناخي وسياسات دول المنبع يجعلان إدارة المياه قضية سيادية واقتصادية واجتماعية تؤثر على الزراعة والاستقرار والعلاقات الإقليمية. ورغم أن الاستراتيجية الكبرى التي يمكن تبنيها لتحقيق الأمن المائي المستدام؟

اما الأسئلة الفرعية هي :

- ما طبيعة العلاقة بين التغير المناخي وتراجع الموارد المائية؟
- كيف تؤثر أزمة المياه على الأمن الغذائي والاستقرار الاجتماعي؟
- ما مدى فاعلية السياسات الحكومية والدبلوماسية في مواجهة الأزمة؟
- ما إمكانات تطبيق مشاريع نقل المياه الكبرى وتحلية مياه البحر وحصاد الأمطار؟

منهجية البحث

اعتمد البحث على:

- المنهج الوصفي التحليلي :لوصف واقع الموارد المائية وتحليل تأثير التغير المناخي عليها.
- منهج تحليل النظم :لدراسة تفاعل أزمة المياه مع منظومة الأمن القومي.
- منهج التحليل الاستراتيجي :(SWOT) لتحديد نقاط القوة والضعف والفرص والتهديدات المرتبطة بالأمن المائي العراقي.
- المنهج الاستشرافي :لتحليل الحلول المستقبلية الممكنة وتقييم جدواها.

هيكلية البحث

يتكون البحث من خمس فصول مترابطة منطقياً، يبدأ بتأصيل المفاهيم، ثم تشخيص مظاهر الأزمة، يليها تحليل تأثيراتها على الأمن القومي، ثم تقييم الاستجابة الرسمية، وانتهاءً بتحليل استراتيجي وطرح حلول قابلة للتنفيذ.

الفصل الأول

الإطار المفاهيمي

المبحث الأول

مفهوم التغير المناخي وتجلياته في العراق

التغير المناخي هو تحول طويل الأمد في أنماط الطقس ودرجات الحرارة نتيجة عوامل طبيعية وبشرية. وفي العراق يتجلى هذا التغير في ثلاث ظواهر رئيسية:

أولاً: ارتفاع درجات الحرارة

يسجل العراق معدل ارتفاع في درجة الحرارة يبلغ درجتين مئويتين، متجاوزاً المعدل العالمي (1.5 درجة). ويشير التقرير المحدث للمساهمات المحددة وطنياً (NDC 3.0)الذي أطلقته العراق عام 2025 إلى التزام بخفض الانبعاثات بنسبة 5% عبر جهود وطنية تصل إلى 22%

1. **GIZ (2025). Iraq unveils updated climate commitments under the Paris Agreement with support from GIZ Iraq.**

[2] **وكالة أنباء شينخوا (2025).**

- محطة الموصل: من 21.3 مليار م³ سنوياً (قبل 1973) إلى 19.5 مليار (بعد 1974).
- بغداد: انخفاض المعدل اليومي من 1207 م³/ثانية (1931-1960) إلى 522 م³/ثانية (بعد 2000)، أي بانخفاض 59.3%.

إيران:تنفذ إيران مشاريع تحويل مائي على الأنهار الحدودية (سيروان، الزاب الصغير، ديالى) مما خفض واردات سدي دربندخان وحمرين بشكل كبير. كما أن تجفيف الأنهار والروافد الداخلة إلى العراق زاد من حدة العواصف الترابية.

المبحث الثاني

تدهور نوعية المياه والتصحر

أسهمت ظاهرة شح الموارد المائية في ارتفاع معدلات الملوحة لا سيما في منطقة شط العرب حيث أدى تركز الملوثات إلى تدهور حاد في نوعية المياه. كما تعرضت الأهوار لنوبات جفاف متكررة مما نتج عنه تحول أكثر من 70% من مساحتها إلى أراضٍ صحراوية، في حين لم تتحول سوى 20% منها إلى أراضٍ زراعية وهو ما يهدد نظاماً بيئياً فريداً ويهدد سبل عيش السكان المحليين الذين يعتمدون عليه.

وفي سياق متصل سجل تراجع ملحوظ في منسوب المياه الجوفية حيث بلغ الانخفاض في محافظة البصرة ما بين 3 إلى 5 أمتار. هذا التراجع إلى جانب توسع رقعة الأراضي المتصحرة أدى الى جفاف يغذي العواصف الترابية التي أصبحت تخنق مدننا لأكثر من 220 يوماً في السنة، مع توقعات بوصولها إلى 300 يوم[7] نحن عملياً نتحول إلى صحراء. مما يفاقم التحديات البيئية والتنموية في البلاد المؤشرات الكمية:

- الاستهلاك السنوي: 17 مليار م³.
- الموارد المتاحة: أقل من 14 مليار م³.
- العجز السنوي: نحو 3 مليارات م³.
- الخزين الجوفي: يُقدر بنحو 3.4 مليارات م³ سنوياً، لكن التجاوزات في الحفر غير المرخص وارتفاع الملوحة تحد من الاستفادة منه.

الفصل الثالث

كيف تدمر ازمة المياه امننا القومي ؟

بعد تشخيص الأزمة، ينتقل هذا الفصل إلى تفكيك التشابكات البنيوية بين ندرة المياه ومكونات الأمن القومي الاستراتيجية لم تفرد له عنواناً مستقلاً، إلا أن حماية الموارد الطبيعية ضمن أهدافها تُرسّخ الأمن المائي كمكون ضمني وركيزة أساسية للاستقرار والتنمية.

في خطوة متقدمة بدأ مكتب مستشار الأمن القومي بالتعاون مع الأمم المتحدة في عام 2025 بالعمل على الأمن المناخي وهي خارطة طريق تهدف لتنسيق جهود الدولة[3] لكن هل يمكن تحقيق أمن مناخي دون تحقيق أمن مائي أولاً؟ الإجابة هي لا. فالأمن المائي هو العمود الفقري لكل هذا. حيث يشكل الأمن المائي عموداً فقرياً لهذه الأمنيات ففقدان السيطرة على الموارد المائية أو تعرضها لتهديد خارجي يمس مباشرة سيادة الدولة واستقرارها الداخلي. ويرتبط الأمن الغذائي ارتباطاً وثيقاً بالمياه، حيث يستهلك العراق 63% من موارده المائية في الزراعة.

وتبرز هنا أهمية الدبلوماسية المائية كأداة رئيسية ضمن استراتيجية الأمن القومي، خاصة أن 80% من المياه الواردة إلى العراق تأتي من مصادر خارجية وفي مقدمتها تركيا[4] مما يجعل ملف المياه رهان الحاضر والمستقبل.

الفصل الثاني

تشخيص أزمة المياه في العراق

المبحث الأول

تراجع الإيراداتنا المائية

أولاً: العامل المناخي تؤدي التغيرات المناخية إلى انخفاض التساقطات في دول المنبع وارتفاع درجات الحرارة، مما يزيد التبخر ويقلص التدفقات. ... في صيف 2025، كانت الأرقام صادمة: ما وصل إلينا من دجلة والفرات كان 27% فقط مقارنة بالعام الماضي. خزانات سدودنا التي تتسع لأكثر من 90 مليار متر مكعب، لم يتبق فيها سوى 8% من طاقتها [5](سدودنا شبه فارغة، هذه هي الحقيقة المرة .

ثانياً: العامل البشري (مشاريع دول المنبع)

تركيا:تمثل المشاريع المائية التركية، خاصة مشروع جنوب شرق الأناضول(GAP) ، التحدي الأكبر. تسيطر تركيا على منابع النهرين (دجلة والفرات) ويؤكد مستشار رئيس الوزراء لشؤون المياه أن 80% من المياه الواردة إلى العراق تأتي من مصادر خارجية [6] وقد أدى بناء السدود إلى انخفاض حاد في التدفقات:

[3] **(برنامج الأمم المتحدة الإنمائي في العراق، 2025)**
[4] (وكالة انباء شيخوا 2025)
[5] **(وكالة أنباء شينخوا، 2025)**
[6] (وكالة شيخوا 2025).
[7] **(عبد الله، 2025).**

ليسوا مجرد أرقام، بل هم منتجون تحولوا إلى عبء إغاثي يضغط على موارد الدولة والمجتمعات المضيفة بالاضافة الى ارهاق المؤسسات الامنية والعسكرية مع تركيز ذلك في المحافظات الجنوبية الأكثر هشاشة -4. وفي ذي قار وحدها اضطرت نحو 10 آلاف عائلة إلى مغادرة مناطقها بسبب شح المياه وتدهور سبل العيش .(GIZ) هذا النزوح يمثل بداية موجة تهجير بيئي أوسع حيث يتوقع البنك الدولي أن يصل النزوح المرتبط بالمناخ إلى واحد من كل خمسة عراقيين بحلول نهاية العقد إذا لم تتخذ إجراءات عاجلة -4. التحول القسري لا يستنزف الموارد فحسب بل يفكك البنية المهنية للدولة ويخلق جيوباً بشرية هشة قابلة للاستقطاب حيث يتحول المزارعون ومنتجو الثروة الحيوانية - الذين يشكلون نحو 40% من سكان العراق المعتمدين على هذه المهن[10] - إلى نازحين في ضواحي المدن مما ينذر بتفكيك النسيج الاجتماعي والاقتصادي للريف العراقي برمته. والأهم من ذلك، اقتلاع أكثر من 31 ألف عائلة من جذورها بسبب الجفاف [11] هؤلاء المزارعون لا يختفون، بل يتحولون إلى نازحين في ضواحي المدن المكتظة أصلاً.

المبحث الثاني

الماء كوقود للصراع

تعمل أزمة المياه في العراق كـ مضاعف تهديدات متعدد الأبعاد يعيد ترتيب أولويات الصراع والاستقرار. وبحسب تحليلات البنك الدولي يمكن رصد أربعة مسارات استراتيجية يتداخل فيها المائي بالسياسي والاجتماعي:

1. تحول الصراع على الموارد من محلي إلى وجودي
لم تعد الخلافات على المياه مجرد نزاعات عشائرية محدودة يمكن احتواؤها بالوسائل التقليدية. فمع انتشار الأسلحة الخفيفة والمتوسطة في المجتمع وضعف هيبة الدولة في بعض المناطق أصبح أي تنافس على الحصص المائية قابلاً للتصعيد الفوري إلى صدامات مسلحة تهدد السلم الأهلي. هذا التحول يحول المياه من مجرد سلعة اقتصادية إلى وقود للصراع المجتمعي.
2. تفكيك التماسك المجتمعي بفعل النزوح القسري
يجبر شح المياه الأسر على الهجرة من الريف إلى ضواحي المدن مما يخلق ضغطاً هائلاً على الخدمات العامة المرهقة أصلاً. يتشكل توتر بنيوي

[10] (برنامج الانمائي)
[11] (ملتقى النبأ للحوار، 2026)

العراقي، مقدماً تحليلاً معمقاً لكيفية تحول الإجهاد المائي من مجرد تحدٍ بيئي إلى تهديد وجودي مركب يُعيد رسم ملامح الاستقرار والصراع والتنمية في البلاد. فالمياه لم تعد مجرد مورد بيئي بل باتت متغيراً استراتيجياً حاسماً في معادلة البقاء والتماسك الوطني.

المبحث الأول

انهيار الزراعة وتفكك المجتمع

لنبدأ بمعادلة تبدو غير منطقية على الإطلاق: الزراعة في العراق تبتلع أكثر من نصف مياهنا (63%)، لكنها في المقابل لا تضيف لاقتصادنا سوى 4% فقط من الناتج المحلي الإجمالي[8] مما يكشف عن خلل هيكلي عميق في تخصيص الموارد والأولويات الوطنية تشير أحدث التقارير لعام 2026 إلى أن ما يصلنا اليوم من مياه دجلة والفرات هو مجرد ربع ما كان عليه في الماضي لتتحول معادلة العجز المائي إلى انهيار إنتاجي شامل. في موسم واحد فقط (خريف 2025)، رأينا هذه الكارثة تتجسد في حرمان مساحات زراعية شاسعة (4 ملايين هكتار) من المياه، باضافة لذاك تراجع إنتاج القمح المحصول الاستراتيجي الأول بنسبة تراوح بين 30-50% في موسم 2025-2026 مع فرض حظر كامل على زراعة الأرز . وتكشف مؤشرات اوسع للمأساة: تقرير حديث يشير إلى أن أكثر من نصف الأراضي الزراعية في العراق بات خارج الاستغلال، حيث تُستخدم فقط 13 مليون دونم من أصل 28 مليون دونم صالحة للزراعة بسبب شح المياه وقلة الأمطار .والأكثر إثارة للقلق استراتيجياً هو التآكل المتسارع للرأسمال البشري والمهني فبحسب مؤشرات 2018 انخفضت نسبة المزارعين القادرين على الري من ثلثيهم إلى 20% فقط. هذا التحول ينذر بفقدان دائم للقدرات الإنتاجية والخبرات الزراعية المتراكمة وهي أصول لا يمكن استيرادها أو استعادتها بسهولة مما يخلق فجوة في الأمن الغذائي يصعب ردمها[9].

ثانياً: التحول القسري من منتجين إلى نازحين وانهيار سبل العيش

تقارير الأمم المتحدة تتحدث عن أكثر من 100 ألف نازح بسبب الجفاف .(The New Region, 2025) هؤلاء

[8] (برنامج الأمم المتحدة الإنمائي في العراق، 2025)
[9] (وكالة شيخوا 2025.)

- % من الأغنام والماعز والجاموس[14] ، مما يعني تدميراً شبه كامل لقطاع ويشكل تهديداً مباشراً للأمن الغذائي والتنوع البيولوجي.

إن التداخل المركب بين هذه الأبعاد - الغذائية والاجتماعية والسياسية والصحية - يؤكد أن أزمة المياه في العراق قد تجاوزت كونها تحدياً بيئياً عابراً، لتتحول إلى تهديد وجودي متكامل يعيد تشكيل ملامح الدولة والمجتمع.

الفصل الرابع

الاستجابة العراقية للأزمة

بعد تحليل التأثيرات الوجودية للأزمة ينتقل هذا الفصل إلى تقييم نقدي لطبيعة الاستجابة الرسمية على المستويين الاتحادي و إقليم كردستان. لا يقتصر الهدف على رصد الإجراءات المتخذة بل يتجاوز إلى تفكيك بنية القرار الوطني في مواجهة التهديد المائي كاشفاً عن الإيجابيات التي تُبنى عليها الفرص والفجوات التي

تمثل نقاط اختراق استراتيجي تهدد فعالية أي تحرك حكومي.

المبحث الأول

الاستجابة الوطنية - بين الانخراط الدولي والمشاريع المحلية

أولاً: التوجه الاستراتيجي والدبلوماسية المناخية

شهدت السنوات الأخيرة تحولاً ملحوظاً في الخطاب الرسمي العراقي تجاه التحديات المناخية، تمثل في انضمام العراق إلى اتفاقية باريس واتفاقية الأمم المتحدة للمياه (2023) كأول دولة عربية تنضم لهذه الاتفاقية في خطوة تهدف لكسر العزلة المائية وبناء تحالفات دولية داعمة. كما قدمنا التزامات محدثة لخفض الانبعاثات (NDC 3.0) ونعمل على خطة تكيف وطنية شاملة (GIZ, The New Region 2025;. كما تمضي الحكومة قدماً في إعداد خطة التكيف الوطنية التي تدرس 13 قطاعاً رئيسياً الأكثر تأثراً بتغير المناخ بما فيها الموارد المائية والزراعة والأمن الغذائي والصحة -4. على صعيد الحوكمة الداخلية، أُطلق الحوار الوطني للمياه وأنشئت لجنة وزارية متعددة القطاعات في محاولة لتجاوز الانقسام القطاعي الذي طالما عانى منه قطاع المياه.

ثانياً: المشاريع التنفيذية والاستجابات الميدانية

بين المجتمعات المضيفة والمجتمعات النازحة خصوصاً مع التنافس على فرص العمل الهشة والخدمات المحدودة. هذا المسار يحول الضغط البيئي إلى شرخ اجتماعي حقيقي يهدد السلم الأهلي.

3. تعميق الفقر يتوقع البنك الدولي أن انخفاض المياه بنسبة 20% قد يرفع الأسعار بأكثر من 13%، ويزيد معدلات الفقر[12] بنحو يتراوح بين 1.6 و4.4 نقطة مئوية -4. هذه المعادلة تحوّل ندرة الماء إلى تهديد اقتصادي يمس حتى سكان المدن الذين لا يعملون في الزراعة بارتفاع الأسعار وتآكل القدرة الشرائية مما يوسع رقعة المتضررين من الأزمة.

4- تصدع العقد الاجتماعي وفقدان الشرعية يقلص تغير المناخ وشح المياه الطلب على العمالة غير الماهرة في الزراعة في قطاع كان يشكل أساساً للتوظيف واسع النطاق هذا التحول يقوض أحد الأسس التي قام عليها العقد الاجتماعي في العراق بتوفير فرص العمل (بما فيها فرص الريف) والخدمات الأساسية مقابل الولاء. النتيجة هي خلق فراغ اجتماعي يملأه خطاب الاحتجاج أو التطرف أو العنف مما يعيد تشكيل العلاقة بين المواطن والدولة على أسس هشة.

الأبعاد الصحية والبيئية كتهديد وجودي مكمل

يكتمل المشهد الوجودي للتهديد الشامل بتداعيات إنسانية وصحية عميقة:

- تفشي الأمراض المرتبطة بالمياه : يمثل تسمم أكثر من 140 ألف مواطن في البصرة صيف 2018 جراء ملوثات المياه[13] مؤشراً واضحاً على تحول أزمة المياه إلى كارثة صحية باقية في ذاكرة المجتمع.
- تدهور الصحة البيئية :تزايد العواصف الترابية الناتجة عن جفاف الأراضي الزراعية والأهوار يتسبب في ارتفاع حاد في حالات الربو والالتهابات الصدرية المزمنة محمّلاً النظام الصحي أعباء إضافية.
- انهيار الثروة الحيوانية التي كانت مصدر رزق لمات الالاف و تشير التقديرات الحكومية إلى فقدان 75

[12] (البنك الدولي، 2022)
[13] (برنامج الانمائي)
[14] (برنامج الانمائي)

وهو رقم لا يعكس سوى قمة جبل الجليد. الفساد الإداري وغياب الرقابة يسمحان باستمرار التجاوزات فيما يتقاعس القانون عن توفير رادع حقيقي. هذا العجز عن فرض السيادة على المورد الجوفي يحوّل الثروة المائية إلى غنيمة مفتوحة.

ثالثاً: غياب اتفاقيات ملزمة مع دول المنبع

رغم توقيع اتفاقية الإطار التعاوني مع تركيا (تشرين الثاني2025) إلا أنها تبقى في إطار التفاهمات بعيدة عن الضمانات القانونية الملزمة التي تضمن حصة عادلة ومستدامة للعراق. استمرار الاعتماد على مفاوضات قصيرة المدى مع تركيا وإيران دون تحريك ملف المياه في إطار القانون الدولي يبقي العراق رهينة للإرادات السياسية لدول الجوار ويجعل الأمن المائي العراقي مرتهناً بتقلبات العلاقات الإقليمية

رابعاً: البنية التحتية المتهالكة ومحدودية التمويل

تخسر شبكات الري العراقية القديمة نسبة كبيرة من المياه بسبب التسربات والتهالك في ظل غياب برامج صيانة شاملة. يقدر البنك الدولي أننا نحتاج إلى 233 مليار دولار بحلول عام 2040 لمواجهة تحديات المناخ[16]أي ما يعادل 6% من الناتج المحلي الإجمالي السنوي. بالمقارنة تبدو ميزانياتنا الحالية هزيلة ومثيرة للقلق .

ويرى الباحث من خلال القراءة المتأنية للاستجابة العراقية الرسمية أنها تمثل خطوة أولى مهمة على طريق معالجة أزمة مائية باتت تهدد أسس الأمن القومي. الانضمام إلى الاتفاقيات الدولية وإطلاق خطط التكيف الوطنية والمشاريع التنموية في البصرة وكردستان كلها مؤشرات إيجابية تستحق البناء عليها.

غير أن التحدي الأكبر يظل قائماً في الفجوة بين الطموح والتنفيذ. فالمؤسسات العراقية ما زالت بحاجة إلى مزيد من التنسيق لتترجم الخطط إلى واقع ملموس. كما أن تعزيز الشراكة مع دول الجوار في إطار الاحترام المتبادل والمصالح المشتركة يشكل أولوية استراتيجية لضمان اتفاقيات مائية أكثر استدامة.

الأمل معقود على أن تتحول هذه الجهود المبكرة إلى سياسة دولة متكاملة تضع ملف المياه في صدارة الأولويات الوطنية وتوحد الرؤى بين الحكومة الاتحادية والاقليم والاستثمار بالبنية التحتية والتكنولوجيا الحديثة بما يحقق الأمن المائي للأجيال القادمة. الطريق لا يزال طويلاً على تاصعيد الميداني تحركت الحكومة على عدة مسارات لمواجهة الاحتياجات الملحة في البصرة بؤرة الأزمة تمت الموافقة على محطة تحلية متكاملة في سفوان عام 2025 [15]. كما أعلنت وزارة الموارد المائية عن خطة طموحة لبناء 36 سداً صغيراً لحصاد مياه الأمطار في 7 محافظات (وكالة أنباء شينخو)2025.تشهد معدلات أمطار عالية (نينوى، الأنبار، ديالى، واسط، ميسان، النجف، السماوة) ، بهدف تخزين مياه الأمطار وتقليل الفاقد. في موازاة ذلك يجري تبني مشاريع للري الحديث وتحلية المياه في الجنوب وإن كانت بمعدلات لا ترقى بعد لحجم التحدي.

ثالثاً: استجابة إقليم كردستان - نموذج محلي متقدم

تميز إقليم كردستان بتبني استباقية نسبية في مواجهة الأزمة تمثلت في إطلاق خطة التكيف المحلية مع تغير المناخ (LAP) عام 2024. كما شرعت حكومة الإقليم في تنفيذ مشاريع بنية تحتية كبرى مثل ربط سد دوكان بمحافظة السليمانية واعتماد أنظمة كشف التسربات الذكية في شبكات المياه مما يعكس قدرة على توظيف التكنولوجيا في إدارة الموارد ويقدم نموذجاً يمكن البناء عليه على المستوى الوطني.

المبحث الثاني

الفجوات والتحديات - نقاط الضعف البنيوية في الاستجابة

أولاً: أزمة الحوكمة وتشتت القرار

يظل التحدي الأكبر كامناً في بنية إدارة المياه ذاتها. تعاني المؤسسات العراقية من تشتت المسؤوليات بين الوزارات حيث تتداخل صلاحيات الموارد المائية والزراعة والبلديات والبيئة دون آلية تنسيق فعالة. هذا التشابك الإداري يرافقه نقص حاد في البيانات الدقيقة والمحدثة عن الموارد المائية والاستهلاك الفعلي مما يحول دون بناء خطط قائمة على أسس علمية سليمة. كما أن استمرار الاعتماد على تقنيات الري البدائية (الري بالغمر) يلتهم 63% من الموارد المائية بعائد اقتصادي لا يتجاوز 4% من الناتج المحلي مما يكشف عن فشل في إعادة هيكلة الأولويات.

ثانياً: الفساد وغياب إنفاذ القانون

تمثل ظاهرة الآبار غير المرخصة إحدى أكبر ثقوب الموارد المائية حيث تشير الإحصائيات إلى رفع خمسة آلاف قضية تجاوز على المياه الجوفية منذ عام 2020

[15] (سولارابيك، 2025)

[16] (البنك الدولي، 2022أ).

نقاط القوة	نقاط الضعف
وعي حكومي متقدم :إطلاق NDC 3.0 وخطة التكيف الوطنية (13 قطاعاً) -3-4	تحديات البنية التحتية :شبكات ري تحتاج تأهيلاً شاملاً
كفاءات بشرية :كوادر هندسية وفنية مؤهلة وقابلة للاستثمار	الحوكمة والتنسيق :فرص لتطوير التكامل بين المؤسسات
إمكانات طبيعية :أراضٍ شاسعة للتخزين، موقع جغرافي واعد	أنماط الري التقليدية :إمكانية التحديث نحو تقنيات أكثر كفاءة
موارد مالية متاحة :قاعدة يمكن البناء عليها رغم الفجوة التمويلية -4	التشريعات :مساحة للتطوير والتحديث بما يواكب المتطلبات
خطط استراتيجية :مشاريع حصاد المياه (36 سداً) -1	إدارة الموارد :فرص لتعزيز الكفاءة وتقليل الهدر
الفرص	التهديدات
شراكات دولية :دعم البنك الدولي، GIZ، UNDP -3-4-6	تحديات إقليمية :الحاجة لتعزيز التعاون مع دول الجوار
نقل المعرفة :تقنيات التحلية والري الذكي والذكاء الاصطناعي -3	تغيرات مناخية :ارتفاع الحرارة 2.5°م خلال 40 عاماً -5
أطر قانونية :الاستفادة من عضوية اتفاقية الأمم المتحدة للمياه	ضغوط الموارد 80% :من المياه من خارج الحدود -1
مشاريع إقليمية :التعاون الثنائي، مشروع قناة بحر النجف	توترات إقليمية :أهمية تعزيز الحوار والتفاهمات المشتركة
تطور مفاهيمي :دمج الأمن المناخي في استراتيجيات الأمن القومي -6	الموارد الجوفية :ضرورة تنظيم الاستخدام المستدام

يقدم هذا الفصل تقييماً استراتيجياً متوازناً للعوامل الداخلية والخارجية المؤثرة في الأمن المائي العراقي استناداً إلى المعطيات الواردة في الفصول السابقة. يشكل هذا التحليل أداة منهجية لفهم الموقع الراهن للعراق على خارطة الموارد المائية ويمهد الطريق لبناء استراتيجيات فعالة قادرة على تحويل التحديات إلى فرص، ومعالجة مواطن الضعف مع تعظيم نقاط القوة الاتفاقيات ذات الصلة يفتح آفاقاً واسعة للتعاون وتبادل الخبرات.

التحديات القائمة سواء على مستوى البنية التحتية أو أنماط الإدارة تمثل مجالات قابلة للتطوير والتحسي

خلال برامج وطنية طموحة تستفيد من التجارب الدولية الناجحة. وفي الملف الخارجي فإن تعزيز الحوار مع دول الجوار في إطار الاحترام المتبادل والمصالح المشتركة يمثل مساراً استراتيجياً لضمان ادامة الموارد المائالفرصة متاحة اليوم أكثر من أي وقت مضى لتحويل ملف المياه إلى نموذج للتعاون الإقليمي والإدارة الرشيدة. النجاح في هذا المسار يتطلب تضافر الجهود الوطنية والاستثمار الأمثل في الكفاءات والتكنولوجيا، والبناء

لكن الاتجاه العام يبعث على التفاؤل إذا ما توافرت الإرادة السياسية والشراكات الدولية الداعمة.

المبحث الثالث

التحليل الاستراتيجي(SWOT)

يرأي الباحث من خلال هذا التحليل (SWOT) يمكن القول إن العراق يمتلك مقومات واعدة تؤسس لانطلاقة استراتيجية في مجال الأمن المائي. الوعي الحكومي المتزايد والكوادر الوطنية المؤهلة والخطط الطموحة كلها عناصر تشكل قاعدة صلبة يمكن البناء عليها. كما أن الانفتاح على الشراكات الدولية

الوطنية. كما يجب وضع خطط صيانة وتشغيل واضحة تضمن استدامة المشروع على المدى الطويل.

ثانياً: مشروع القناة البحرية (ربط الخليج العربي ببحر النجف)

وصف المشروع:يقترح هذا المشروع الاستراتيجي إنشاء قناة بحرية بطول 550 كم تستفيد من انخفاض الأراضي المحيطة بالسهل الرسوبي وبأعماق تتراوح بين 50-70 متراً في أصعب المناطق. منسوب بغداد (32 م) ليس أعلى بكثير

من سطح البحر مما يجعل المشروع قابلاً للتنفيذ مقارنة بمشاريع مشابهة في المنطقة. [17]

الأهداف الاستراتيجية:يتعدد الأهداف الاستراتيجية لهذا المشروع ليشمل تطوير الاقتصاد عبر إنشاء موانئ جانبية في ذي قار (منطقة آثار أريدو) والسماوة (آثار الوركاء) وبحر النجف، مما يحيي السياحة الأثرية والدينية. كما يسهم في تحسين البيئة من خلال اخضرار المساحات الشاسعة الجرداء وإحداث تغيير مناخي إيجابي. على صعيد الأمن المائي، يمكن إنشاء محطات تحلية على ضفاف القناة لتوفير المياه العذبة لمحافظات (البصرة الناصرية، السماوة، الديوانية، النجف، وكربلاء) بالإضافة إلى تحويل ضفاف القناة إلى أراضٍ زراعية ومناطق لصيد الأسماك مما يعزز الأمن الغذائي ويوفر عشرات الآلاف من فرص العمل أثناء وبعد الإنشاء. [18]

المكونات التقنية:يتطلب المشروع إنشاء 4-6 جسور متحركة لمنع عزل الأراضي الجنوبية عن امتدادها الوطني وأعمال تكريك لخور عبد الله والزبير لتحقيق الأعماق المناسبة لإبحار

السفن بالإضافة إلى محطات تحلية تعمل بالطاقة الشمسية. [19]

التحديات والاعتبارات:يواجه المشروع تحديات جيولوجية تتعلق باحتمال تسرب المياه المالحة إلى الخزانات الجوفية مما قد يرفع منسوبها ويزيد ملوحة

التربة. كما أن التأثير البيئي على الأراضي المحاذية يحتاج إلى دراسات دقيقة. من الناحية المالية، تبقى الكلفة كبيرة، لكن يمكن التنفيذ بنظام الاستثمار (BOT) لتخفيف العبء عن الموازنة الحكومية. [20]

على العلاقات الدولية المتميزة التي تربط العراق بمحيطه العربي والإقليمي والدولي.

الفصل الخامس

الحلول الاستراتيجية المقترحة لتعزيز الأمن المائي

يُترجم هذا الفصل نتائج التحليل السابق إلى حلول عملية قابلة للتنفيذ مصنفة حسب طبيعتها وحجمها مع مراعاة الأولويات والإمكانات المتاحة. تستند هذه المقترحات إلى تشخيص دقيق للإشكاليات البنيوية التي يعاني منها الملف المائي العراقي وتستشرف مستقبلاً أكثر استدامة من خلال مزيج متوازن من المشاريع الكبرى والإصلاحات المؤسسية.

المبحث الأول

مشاريع البنى التحتية الكبرى لإعادة توزيع الموارد المائية

يعاني العراق من تفاوت جغرافي حاد في توزيع المياه حيث تتركز الموارد في الجنوب بينما تعاني المناطق الوسطى والغربية من شح مزمن. هذا الخلل البنيوي يستدعي تدخلاً استراتيجياً عبر مشاريع كبرى تعيد توزيع الثروة المائية وتحقق العدالة في الوصول إليها.

أولاً: مشروع الأنبوب العملاق (جنوب البصرة – شمال بغداد والأنبار)

المبررات الاستراتيجية:

يتأسس هذا المشروع على ضرورة استغلال الفائض المائي في مواسم الفيضانات الذي كان يهدر نحو الخليج وتحويله إلى مورد يدعم 12 محافظة تعتمد حالياً بشكل أساسي على المياه الجوفية المهددة بالاستنزاف. كما يسهم المشروع في دعم المشاريع الزراعية والصناعية في المناطق الوسطى والغربية، مما يعزز الأمن الغذائي ويخلق فرص عمل جديدة.

آلية التنفيذ:يقترح المشروع مد أنابيب بقطر 3-5 أمتار مع محطات دفع متعددة لضخ المياه عكس الجاذبية وتصميم شبكة بفروع تغذية للمدن والمناطق الزراعية على طول المسار. يمكن الاستفادة من تجارب دولية ناجحة في المجال مع توطين التكنولوجيا بما يتناسب مع الظروف العراقية.الاعتبارات الفنية:يتطلب المشروع دراسات جدوى دقيقة لتحديد المسار الأمثل مع الأخذ بنظر الاعتبار إمكانية تشغيل محطات الضخ بالطاقة الشمسية لتقليل كلف التشغيل والاعتماد على الشبكة

[17] (ملتقى النباء للحوار 2026)
[18] (ملتقى النباء للحوار 2026)
[19] (ملتقى النباء للحوار2026)

الصغيرة (Check Dams) في حجز مياه السيول وتقليل انجراف التربة وتعزيز التغذية الجوفية.

المبحث الثالث

حوكمة الموارد المائية والتكامل المؤسسي

تبقى الإصلاحات المؤسسية والحوكمة الرشيدة الأساس الذي تقوم عليه أي استراتيجية ناجحة لمواجهة أزمة المياه فبدون إطار مؤسسي قادر على التخطيط والتنفيذ والمتابعة، تبقى المشاريع الكبرى عرضة للفشل.

الإطار المؤسسي:

يمثل تفعيل خارطة الطريق التي أعدها مكتب مستشار الأمن القومي بالشراكة مع برنامج الأمم المتحدة الإنمائي (UNDP)خطوة محورية لدمج الأمن المناخي والبيئي في استراتيجية الأمن القومي العراقي، حيث تسعى هذه الخارطة إلى توضيح الأدوار المؤسسية وتعزيز التنسيق بين الوزارات ووضع الأسس لخطة عمل محددة المدة تتضمن آليات رصد[24] . ويقترح في هذا السياق إنشاء هيئة وطنية عليا للأمن المائي ترتبط بمجلس الأمن الوطني تعمل على تفعيل التنسيق بين وزارات الموارد المائية والزراعة والبلديات والتخطيط، وتتولى تطوير قاعدة بيانات وطنية شاملة للموارد المائية.

التمويل والشراكاتة يشير البنك الدولي إلى أن العراق يحتاج إلى استثمارات تبلغ قيمتها نحو 233 مليار دولار بحلول عام 2040 ليتمكن من سد الفجوات التنموية ذات الأولوية والشروع في مسار النمو الأخضر الشامل أي ما يعادل نسبة 6% من ناتجه الإجمالي المحلي سنوياً[25] يتطلب هذا الرقم الضخم تنويع مصادر التمويل عبر الاستفادة من الدعم الدولي المتاح من مؤسسات مثل البنك الدولي و GIZ وUNDP وتشجيع الشراكات مع القطاع الخاص بنظام BOT للمشاريع الكبرى، مع تخصيص موازنات كافية في الموازنات السنوية.مكافحة التجاوزات:لا يمكن تحقيق الأمن المائي دون فرض سيادة القانون على الموارد المائية. يقترح تنظيم حملات وطنية لردم الآبار غير المرخصة وضبط أجهزة الحفر

المخالفة مع تفعيل العقوبات بحق المتجاوزين والتي تصل إلى غرامات مالية تبلغ 3 ملايين دينار والسجن 3 سنوات للمتكررين.يرأي الباحث انه من خلال هذا العرض المتكامل للحلول أن العراق أمام مفترق طرق استراتيجي إما اغتنام الفرصة المتاحة عبر مزيج متوازن

[24] (سولار ابيك2025)
[25] (البنك الدولي).

المبحث الثاني

مشاريع حصاد المياه والتخزين الاستراتيجي

في ظل تراجع الإيرادات المائية من دول المنبع، يصبح الاعتماد على الموارد الداخلية وخزنها استراتيجياً ضرورة ملحة لمواجهة فترات الجفاف وتأمين احتياجات الموسم الزراعي.

أولاً: التوسع في سدود حصاد المياه (خطة الـ 36 سداً)

أعلنت وزارة الموارد المائية في سبتمبر 2025 عن البدء بتنفيذ سدود لحصاد مياه الأمطار في سبع محافظات حيث تعمل على تنفيذ 36 سداً في المناطق التي تشهد معدلات أمطار عالية وتسمح طبيعتها الجغرافية بتشكل السيول. [21]

الوضع الحالي:

تمتلك العراق طاقة خزنية للسدود تفوق 90 مليار متر مكعب لكنها تعاني من شبه فراغ بسبب قلة الإيرادات المائية مما يؤكد أن المشكلة الأساسية ليست في الخزن بل في قلة الموارد[22] . السدود موزعة حالياً في الأنبار (13)، كركوك (3)، ديالى وواسط (2 لكل)، والنجف، ميسان، السليمانية، دهوك.

المشاريع الجديدة:

تتوزع السدود الجديدة على محافظات نينوى والأنبار (سدود إضافية)، النجف (6 سدود مخطط لها)، المثنى (5 سدود)، ديالى (3 سدود)، بالإضافة إلى مشاريع إضافية في واسط والديوانية.[23]

مشاريع قيد التنفيذ:

تشمل المشاريع الجاري العمل عليها سد المصاد (الأنبار)، حاجز الشراعي (نينوى)، حاجز الصفرة (ديالى)، ثلاثة سدود في الخرز (المثنى) اكتملتتصاميمها، وسدا العبيد (كربلاء)، (وسد أبو طاقية نينوى) (GIZ)ثانياً: تطوير تقنيات حصاد المياه على

المستوى المحليإلى جانب المشاريع الكبرى هناك حاجة لتبني تقنيات محلية لحصاد المياه تشمل تعزيز تغذية الخزانات الجوفية عبر تنفيذ آبار تجريبية قرب سدود حصاد المياه في كربلاء والأنبار. كما يمكن دعم الأسر لتركيب أنظمة تجميع مياه الأمطار من الأسطح وتصفيتها للاستخدام المنزلي. وتساهم السدود الترابية

[20] (برنامج الامم الانمائي في العراق 2025)
[21] **(GIZ (2025).**
[22] **GIZ (2025).**
[23] **GIZ (2025).**

4. ملتقى النبأ للحوار (2026). ورقة سياسات: الأمن المائي والتغير المناخي في العراق. 25 فبراير 2026 .
5. برنامج الأمم المتحدة الإنمائي في العراق (2025). تفعيل الأمن المناخي والبيئي ضمن إطار الأمن القومي العراقي .
6. البنك الدولي (2022). معالجة حالة الهشاشة في العراق يتطلب التصدي لتغير المناخ.
7. البنك الدولي (2022). العراق: إصلاح إدارة الموارد المائية لمواجهة تغير المناخ.
8. وزارة الموارد المائية العراقية، الهيئة العامة للمياه الجوفية (2025). إجراءات حماية الخزين الجوفي.
9. تجمع الفاو زاخو (2025). البيان الخامس حول السياسات المائية والأمن المائي العراقي.

التوصيات أولاً: على صعيد البنية التحتية:

1. البدء فوراً بدراسات الجدوى لمشروعي الأنبوب العملاق والقناة البحرية بالتعاون مع خبرات دولية.
2. تسريع تنفيذ خطة السدود الـ 36 وتخصيص التمويل اللازم لها.
3. إطلاق مشروع وطني لتحلية المياه في الجنوب، لا يقتصر على سفوان.

ثانياً: على صعيد السياسات والحوكمة

4. إعلان حرب وطنية على التجاوزات والآبار غير المرخصة، مع تفعيل العقوبات الرادعة
5. فرض التحول الإلزامي إلى الري الحديث خلال 5 سنوات، مع دعم المزارعين.
6. تفعيل خارطة طريق دمج الأمن المناخي في الأمن القومي، وإنشاء الهيئة الوطنية العليا للأمن المائي
7. إطلاق حملات توعية وطنية وإدراج مفاهيم الأمن المائي في المناهج الدراسية..
8. نظام إنذار مبكر للجفاف والنزوح المناخي باستخدام الذكاء الاصطناعي .

الخاتمة

إن أزمة المياه في العراق لم تعد مجرد أزمة موارد، بل تحولت إلى اختبار حقيقي لقدرة الدولة على البقاء والاستقرار. فالتغير المناخي، مقترناً بسياسات دول المنبع وضعف الإدارة الداخلية، وضع العراق أمام تحدٍ وجودي يتجاوز الأبعاد البيئية إلى صميم الأمن القومي. وقد بات من الواضح أن 80% من المشكلة تكمن في من المشاريع الكبرى والإصلاحات المؤسسية أو البقاء في دائرة إدارة الأزمة بانتظار كارثة محققة. المشاريع المقترحة، سواء الأنبوب العملاق أو القناة البحرية أو سدود حصاد المياه تمثل نقلة نوعية في التعامل مع الملف المائي لكن نجاحها مرهون بوجود إرادة سياسية حقيقية وإطار مؤسسي قادر على التنفيذ والمتابعة.

في هذا المسار أن العراق ليس وحده في هذه المعركة فالشراكات الدولية متاحة والتمويل موجود لمن يمتلك رؤية واضحة وآليات تنفيذ شفافة. خارطة الطريق التي أعدها مكتب مستشار الأمن القومي مع UNDP تشكل أساساً متيناً للانطلاق لكنها تبقى حبراً على ورق ما لم تترجم إلى خطط عمل محددة بجداول زمنية ومؤشرات أداء.الخلاصة أن معركة الأمن المائي العراقي تخاض على جبهتين جبهة المشاريع الكبرى التي تعيد توزيع الثروة المائية وتحسن استغلالها وجبهة الإصلاح المؤسسي ومكافحة الفساد التي تضمن استدامة هذه المشاريع. النجاح في الجبهتين معاً هو وحده القادر على نقل العراق من دائرة التهديد الوجودي إلى فضاء الأمن المائي الدائم

الاستنتاجات.

1. تهديد وجودي :أزمة المياه لم تعد مشكلة بيئية، بل تهديد وجودي حقيقي لأمننا القومي.
2. أزمة مجتمعية :النزوح الجماعي وانهيار الزراعة يؤكدان أن الأزمة تضرب في صميم مجتمعنا.
3. فجوة تمويلية :نحتاج إلى استثمارات ضخمة (233 مليار دولار) لا يمكن للموازنة وحدها توفيرها.
4. أزمة إدارة :الفجوة الأكبر تظل بين التخطيط الطموح والتنفيذ الضعيف على الأرض.

قائمة المراجع

1. وكالة أنباء شينخوا (2025). العراق يعلن البدء بتنفيذ سدود لحصاد مياه الأمطار في 7 محافظات. 30 سبتمبر 2025 .
2. سولارابيك (2025). بموافقة رسمية... مشروع محطة تحلية متكاملة يضع حداً لأزمة المياه في سفوان بالبصرة. 31 أغسطس 2025 .

3. GIZ (2025). Iraq unveils updated climate commitments under the Paris Agreement with support from GIZ Ira
unce national climate change plan next year. 24 2025 نوفمبر.

ABSTRACT

This research addresses the central problem of the extent to which the water crisis and climate change have transformed into an existential threat to Iraqi national security. The research aims to analyze the intertwined dimensions of this crisis, evaluate current responses, and present a viable strategic vision to enhance water security. The study employed a composite methodology that combines descriptive-analytical, systems analysis, and strategic analysis (SWOT) approaches, drawing on the latest international reports and government data.

Through a five-chapter structure, the research reveals how the decline in water revenues from neighboring countries (by up to 73%) and severe climate changes have turned water scarcity into a threat multiplier, impacting food security and societal stability. Among the most prominent findings are the collapse of agricultural production and the displacement of more than 100,000 people (The New Region, 2025; Al-Nabaa Dialogue Forum, 2026), in addition to structural gaps in governance and water diplomacy.

Accordingly, the research offers strategic recommendations, the most important of which are the necessity of adopting a conditional water diplomacy that links the water file with economic files, accelerating the implementation of major infrastructure projects such as water harvesting dams, and enforcing a mandatory shift towards modern irrigation technologies**.**

العجز المائي و الجفاف واثره في انخفاض مناسيب المياه الجوفية في بادية محافظة المثنى

أ.د.سرحان نعيم الخفاجي
كلية التربية للعلوم الانسانية – جامعة المثنى
msc-sarhan@mu.edu.iq

أ.م.د.رشيد سعدون محمد
رئاسة جامعة ديالى
rasheed.ge.hum@uodiyala.edu.iq

الملخص:
يعد العجز المائي والجفاف من اكبر التحديات المائية والبيئية التي تواجهها بادية محافظة المثنى التي تعد جزء من بادية العراق الجنوبية او ما تعرف بالهضبة الصحراوية والتي تتميز بمناخ جاف على مدار السنة، الذي يتسم بطبيعته بقلة الأمطار الساقطة ، وارتفاع درجات الحرارة، وشدة الاشعاع الشمسي وسيادة التبخر ، وقلة الرطوبة النسبية ، واعتماد الزراعة في المنطقة على مصادر المياه الجوفية، الامر الذي اثر سلباً في انخفاض مناسيب المياه الجوفية مع مرور الوقت، وتغير خصائصها العامة، وقد انعكس تأثير العجز المائي والجفاف ليس فقط على انخفاض مناسيب المياه الجوفية فقط، ولكن على جفاف العديد من العيون المائية المتدفقة بصورة طبيعية، والمسطحات المائية ومنها بحيرة ساوة احد اهم المعالم الطبيعية في البادية، اضافة الى تأثير العجز المائي والجفاف على النشاط الزراعي، اذ تقلصت مساحات الاراضي الزراعية بشكل كبير وانعدمت الزراعة الصيفية، بسبب انخفاض مناسيب المياه الجوفية والابار الارتوازية الى عمق يتراوح ما بين(150-350)م تقريبا، بعد ان كانت تتراوح ما بين (50-100)م. ان اهمية البحث في تحديد مشكلة العجز المائي والجفاف في منطقة الدراسة تأتي لما لهذه المشكلة من اثر كبير في انخفاض مناسيب المياه الجوفية وجفاف العديد من العيون المائية المتدفقة بصورة طبيعية، وبعض المسطحات المائية، وما ترتب عليها من تدهور في الغطاء النباتي والمراعي الطبيعية، وتقلص المساحات الزراعية الامر الذي زاد من معاناه السكان وشكل خطراً كبيراً على الامن الغذائي والبيئي ، لذا تعد مشكلة العجز المائي والجفاف واحدة من المشاكل الخطيرة التي تهدد مساحات واسعة من البادية .

الكلمات المفتاحية: الجفاف، المياه الجوفية، العجز المائي، البادية.

هدف البحث:
يهدف البحث الى تحديد اسباب العجز المائي والجفاف في المنطقة من خلال تحليل العوامل الطبيعية المتمثلة بالتغير المناخي، وقلة الامطار الساقطة وارتفاع درجات الحرارة، ودور ذلك في انخفاض مناسيب المياه وجفاف اغلب العيون المائية والمسطحات، وتأثير النشاط البشري السائد في المنطقة ومنها سوء ادارة موارد المياه الجوفية والتوسع في الزراعة .

أهمية البحث ومبرراته:
تقع بادية محافظة المثنى مناخياً ضمن المنطقة الجافة وشبه الجافة فهي بحكم هذه الخصائص المناخية التي تدل على ان هذه المنطقة نشأت في ظل احوال ذات خصائص مناخية مطيرة تعود الى الزمن الرابع (البلايستوسين والهولوسين) لكن هذه الخصائص تغيرت الى خصائص مناخية اكثر جفافاً وحرارة، الامر الذي ادى الى تفاقم العجز المائي والجفاف، واثر سلبا وبشكل كبير على النشاط البشري في البادية سيما

مشكلة البحث:
تتمحور مشكلة البحث حول سؤال رئيس وهو: ماهي الاسباب التي ادت الى تفاقم مشكلة العجز المائي والجفاف في بادية محافظة المثنى، وهل للخصائص الطبيعية للمنطقة دور في تفاقم ظاهرة العجز المائي والجفاف، ومن ثم تأثيرها ذلك على انخفاض مناسيب المياه الجوفية ، وبالتالي جفاف العيون المائية وبعض المسطحات المائية في المنطقة.

فرضية البحث:
هناك عدة عوامل مجتمعة ادت الى تفاقم ظاهرة العجز المائي والجفاف ومن ثم انخفاض مناسيب المياه الجوفية في المنطقة وتغير خصائصها وجفاف بعض العيون المائية والمسطحات، منها البنية الجيولوجية والطبوغرافية للمنطقة وطبيعة المناخ الجاف السائد الذي يتصف بقلة الامطار الساقطة وارتفاع درجات الحرارة والتبخر، اضافة الى تأثير العامل البشري المتمثل بسوء ادارة موارد المياه الجوفية، وعمليات السحب غير المقنن، واعتماد طرق بدائية في الزراعة ومنها طريقة الري السيحي.

- جمهورية العراق ، وزارة الموارد المائية، المديرية، الهيأة العامة للمساحة، قسم انتاج الخرائط، خريطة العراق الادارية، بمقياس2500000/ 1: ، بغداد،2022.

المقدمة:

يعد العجز المائي والجفاف من أكبر التحديات البيئية التي تواجهها المناطق الجافة وشبه الجافة، وخصوصًا في جنوب العراق ومنها بادية محافظة المثنى، أذ يتأثر هذا الجزء من البلاد بانخفاض هطول الأمطار، وارتفاع درجات الحرارة، واعتماد الزراعة على مصادر المياه الجوفية، مما يؤدي إلى انخفاض مناسيبها مع مرور الوقت، وقد ادى العجز المائي والجفاف في المنطقة الى انخفاض حاد في خزانات المياه الجوفية من خلال نقص التغذية الطبيعية اضافة الى الاستنزاف الجائر بفعل النشاط البشري المتمثل بالزراعة، كما ان المياه الجوفية ليست مجرد خزان ثابت في المنطقة بل هي نظام ديناميكي يعتمد على التوازن بين ما يدخله من امطار وما يسحب منه للاستخدام البشري، وقد ادى الطلب المتزايد على المياه الجوفية في البادية بفعل العجز المائي الى انخفاض مناسيبها عن المعدل العام، اضافة الى ان قلة الهطول المطري بسبب الجفاف يؤدي الى انخفاض اعادة تغذية المياه للطبقات الجوفية وبالتالي انخفاض منسوب المياه الجوفية بشكل تدريجي(الجياشي،2017)، يرتبط انتشار ووجود المياه الجوفية بالمنطقة بخصائص التكوينات الصخرية في الاعماق المختلفة بما فيها المكاشف الصخرية عند السطح، من حيث النفاذية والمسامية وتعاقب الطبقات الكتيمة والمنفذة وميلها وسمكها واستمرارها او تقطعها وازاحتها بفعل الصدوع والالتواءات وانكشاف الطبقات الحاملة لها عند السطح، كما يقترن وجودها بانتشار ظروف مناخية رطبة قديمة او حديثة (سلامة،2010).

1-مفهوم العجز المائي والجفاف:

العجز المائي: يقصد به عدم التوازن بين الطلب على المياه (للشرب، الزراعة، الصناعة) وبين الموارد المتاحة من مياه سطحية وجوفية.

الجفاف فقد حدده ثورنثويت بعدم قدرة الرطوبة الجوية او رطوبة التربة على النبات او حيث تكون الرطوبة الجوية ورطوبة التربة غير كافية للعمليات اللازمة للإنبات.

والجفاف ايضاً: هو فترة ممتدة من الأشهر أو السنوات عندما تلاحظ المنطقة نقصًا في إمدادات المياه الخاصة بها. بشكل الزراعي والغطاء النباتي الذي تقلصت مساحاته بشكل كبير جداً.

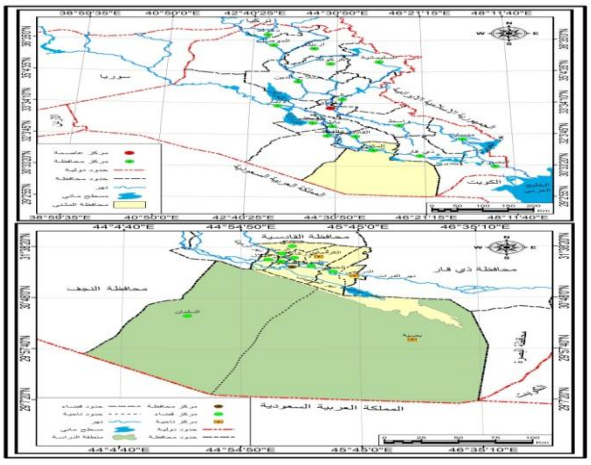
منهجية البحث:

أعتمد البحث على عدة مناهج منها المنهج التحليلي والمنهج الوصفي فضلاً عن اعتماد أساليب كمية رياضية في كتابة البحث يتم من خلالها الربط بين النتائج المستحصلة وعلاقة العجز المائي والجفاف بطبيعة المنطقة والمناخ ودور ذلك في انخفاض مناسيب المياه الجوفية.

الموقع والمساحة : Location & Area

تقع بادية المثنى جنوب العراق وضمن الهضبة الغربية وهي جزء من الامتداد الصحراوي الكبير الذي يشمل مناطق واسعة من العراق ، وتمتد على مساحة واسعة من الصحراء التي تتميز بتضاريس متنوعة وموارد طبيعية مهمة ، تقع فلكيا بين دائرتي عرض (31 ˚ 29 ´ – 31 ˚ 26 ´) شمالاً وخطي طول بين (46 ˚ 43 ´ – 40 ˚ 46) شرقاً ، تبلغ مساحتها (44914.11 كم^2) من مساحة محافظة المثنى البالغة (51677.5 كم^2) وبذلك تشكل نسبتها (86.91%) من مساحة المحافظة، خريطة (1) ، تحدها محافظة القادسية من الشمال ومن الغرب محافظة النجف الاشرف ومن الشمال الشرقي محافظة ذي قار ، و تحدها من الجنوب المملكة العربية السعودية ، و من الشرق دولة الكويت في حدود صغيرة ومحافظة البصرة .

الخريطة (1) موقع بادية المثنى من العراق



المصدر: بالاعتماد على : - برنامج Arc GIS 10.8.

3-خزانات المياه الجوفية في بادية محافظة المثنى:

ان أصل بعض المياه الجوفية في منطقة الدراسة يرجع إلى المياه السطحية التي تكونت خلال فترة البلايستوسين المطيرة ، وتُعد مياه الأمطار التي ترشحت عبر طبقة التربة إلى الطبقات الصخرية المصدر الرئيسي المجهز للمياه الجوفية فيها(الخفاجي،2015،ص16) ، فضلاً عن المياه الناشئة أو المتكونة مع الصخور الرسوبية في أثناء ترسيب تلك الصخور من المياه العذبة أو البحار التي تقع في الخزانات الموجودة اسفل خزان الدمام ، اما التغذية في تكوينات العصر الرباعي مصدرها مياه الأمطار التي تتغلغل خلال الرسوبيات لتستقر عند الطبقات العازلة من الطين والمارل، وتتغذى المياه الجوفية في البادية من مياه الأمطار الساقطة الفجائية الشديدة خلال فصل التي ينتج عنها سيول تجري عبر شبكة الوديان والفيضات في المنطقة ، وعبر الشقوق والفواصل والحفر في مكاشف التكوينات الحاملة للمياه الجوفية، وهناك مساحات واسعة من الأراضي الواقعة خارج منطقة الدراسة مصدراً مهماً في تجهيز الخزانات الجوفية بالمياه في المنطقة. ان منطقة الدراسة تحتوي على خزانات مائية مهمة تتوافق مع التكوينات الجيولوجية فيها، يراجع خريطة (2)، هذه الخزانات تكون من النوع المحصور وذلك ما نلاحظه من خلال ظهور العيون المائية الطبيعية والابار ، ومن اهم هذه الخزانات المائية الجوفية هي ما يأتي:

1-خزان الدمام: يعد من اهم الخزانات المائية في المنطقة واكبرها ، ينكشف هذا الخزان في مساحات واسعة من البادية، وتكون الطبقات ذات فجوات وتكهفات وتكسرات تسمح بتغلغل مياه الامطار والسيول خلالها متجهة نحو الاعماق، يتفاوت اعماق الآبار فيه باختلاف المواقع في منطقة الدراسة بين (90- 220) م ، اما سمكه يتراوح بين (73- 131م)(حنتوش والخشاب،ص10)، ويقدر حجم المياه المخزونة في تكويني الدمام وام ارضمة بين(5,341 – 23,918 مليار/م^3)(الجنابي،ص131).

2-مكمن الفرات: يعد من الخزانات المحصورة ، يوجد ضمن رواسب العصر الثلاثي (المايوسين) ، ويتكون من الحجر الجيري الطيني المتداخل في بعض المناطق مع الرمل والصخور الحصوية وحجر الكلس ويتغذى هذا الخزان على مياه الأمطار تغذية افقية وعلى تكوين الدمام الذي يقع اسفله تغذية عمودية ، ويتداخل مع تكوين الغار في بعض المناطق نتيجة للاتصال الهايدروليكي بينهما، مما عام، يحدث هذا عندما تتلقى المنطقة باستمرار هطول أقل من المتوسط، ويؤدي الجفاف الزراعي ونقص هطول الأمطار إلى حدوث عجز في مياه التربة، وانخفاض مستوى المياه الجوفية أو مستويات الخزانات، وما إلى ذلك. (الموسوي،2009،ص3):-

الجفاف: ظاهرة مناخية تحدث عندما تنخفض هطولات الأمطار إلى مستويات أدنى بكثير من المعدلات الطبيعية لسنوات متتالية، مما يقلل المخزون المائي السطحي والجوفي ،كلا المصطلحين يرتبطان بانخفاض منسوب المياه الجوفية نتيجة نقص التغذية الطبيعية للأحواض الجوفية وزيادة الطلب على استخدمها.

2-جيولوجية منطقة الدراسة :

تقع منطقة الدراسة ضمن الرصيف العربي النوبي او ما يعرف بالرصيف المستقر ضمن نطاق (حزام) السلمان ونطاق بصية ، وقد اثرت بمنطقة الرصيف المستقر الحركات المكونة للجبال والتي بدأت في نهاية العصر الطباشيري تُعد منطقة الدراسة جزءاً من الرصيف المستقر التابع للهضبة العربية ، والتي تأثرت بشكل كبير بالحركات التكتونية القديمة مثل(كيباران ، الحجاز، نجد)(الشماع،1993،ص31-33)، وترجع التكوينات الجيولوجية السائدة في المنطقة إلى الزمن الثلاثي والزمن الرباعي، ومن اهم هذه التكوينات هي تكوين ام أرضمه (ام أرضومه)، وتكوين (الدمام) أقدم التكوينات المنكشفة على السطح واكثرها مساحة ، وهو من التكوينات الواسعة الانتشار في غرب العراق(عاتي،2005،ص31)، ويتألف من طبقات صلصالية متناوبة مع الحجر الجيري وحجر الكلس الدولومايتي او الطباشيري الدولومايت الحاوية على المتحجرات وعقد الصوان وبسمك يتراوح بين(3-62 م)، ويشغل مساحة تقدر(34096,1 كم^2) (حسن،يعقوب،1993،ص5)، وتكوين الفرات ، وتبلغ مساحته الكلية(399,053 كم^2)،اضافة الى تكوين الغار والنفايل، وتكويني الدبدبة والزهرة، خريطة (2)، وتسود في المنطقة ايضا ترسبات الزمن الرباعي التي تغطي مساحة تقدر ب(4242,25كم^2) وتشكل نسبة(9,17%) من المساحة الكلية للبادية ومنها ترسبات السهل الفيضي، وملء المنخفضات، والسباخ (الملحية) الداخلية، والترسبات الريحية، و ترسبات المراوح الفيضية والجبكرين، وترسبات المدرجات النهرية التي تنتشر في جوانب الوديان الكبيرة مثل (الحسام ، الاشعلي ، الكصير ، ابو حضير ، ابو غار، الخنكة ، السدير،

4-مظاهر المياه الجوفية في بادية محافظة المثنى:

تظهر المياه الجوفية على سطح الارض في منطقة الدراسة على شكل عيون وآبار اعتيادية او ارتوازية وهي ما يأتي:

1-الابار: يمكن تقسيم الابار من ناحية خروج الماء من البئر، بين الابار التي يخرج منها الماء تلقائياً وتسمى (بالإبار المتدفقة او الابار الارتوازية الانسيابية) التي يكون فيها منسوب المياه متدفق انسيابي يتم حفرها ضمن خزان ماء ارتوازي يكون ضغط الماء كافياً لدفع الماء من الخزان نحو الاعلى بشكل طبيعي ولا تحتاج الى مضخات لسحب المياه بشكل الي ، بلغ عدد الابار الارتوازية في المنطقة (94) بئر، تتركز هذه الابار بشكل كبير في المناطق القريبة من صدع ابو جير (صدع الفرات)(الجبوري،2021،ص130)، ففي منطقة الغضاري يتوزع (35)بئر وفي منطقة المملحة (19)بئر، ووادي الخرز (10) ابار، والوحشية (7)ابار، وتتوزع في مناطق اخرى من البادية.

والنوع الاخر من الابار السائد في المنطقة يدعى بالإبار (غير المتدفقة)، وهذا النوع من الابار يتم حفرها ضمن مناطق الخزانات ولا يوجد فيها ضغط لدفع الماء نحو الاعلى فيتم الاعتماد على مضخات لرفع المياه بشكل الي، بلغ عدد هذا النوع من الابار في المنطقة (1736) بئر(وزارة الموارد المائية،2024)، يشير التوزيع الجغرافي للعيون وللآبار في البادية بأنها تقع في منطقتين رئيستين خريطة(3) ،الأولى تسود في منطقة عريضة موازية للسهل الرسوبي تمتد باتجاه شمالي غربي– جنوبي شرقي ، اذ توجد ضمن هذه المنطقة آبار بلغ عددها أكثر من (764) بئر تراوحت أعماقها بين(100- 120م) ، اما المنطقة الثانية فتقع جنوب المنطقة الأولى في غرب منطقة الدراسة باتجاه شمالي– جنوبي في مناطق(السلمان ، هدانية ، الشاوية ، الساعة ، ابو حضير) بلغ عدد الآبار فيها حوالي(376) بئر، فضلا عن بعض الآبار المتفرقة والمنتشرة وسط منطقة الدراسة وقرب الحدود العراقية السعودية ، تكون آبار هذه المنطقة أكثر عمقا من المنطقة الأولى ، إذ تتراوح أعماقها بين (150- 350م).

2-العيون المائية:

تنتشر في البادية العديد من العيون المائية ضمن خط العيون في فالق الفرات وقرب بحيرة ساوه يبلغ عددها (13) عين ماء(مديرية الموارد المائية،المثنى،2023) ،بعض من هذه العيون ذات مياه مالحة تزود مملحة السماوة بالمياه ذات الترسبات الملحية (البصراوي، ،ص221-253)،ومصدر تسبب في زيادة ملوحة المياه الصاعدة(الجبوري،2021،ص119) ، يتراوح سمكه بين (30-50)م، وتراوحت انتاجية الابار في هذا الخزان (99-881)م3/يوم(الوائلي واخرون،،ص11).

3-مكمن الغار: يستمد مياهه من التساقط المطري المترشح على مناطق انكشافه في الاجزاء الشمالية الشرقية واجزاء قليلة من الشمالية الغربية في منطقة الدراسة والمناطق القريبة من بحيرة ساوه ، يتكون من طبقات من الاطيان والرمال وحجر الكلس الرملي والطفلي وتصبح الطبقات نحو الاعلى كلسية(ديكران واخرون ،1993،ص4) ، يتراوح سمكه بين (20-25) م.

4-خزان الرص: تتراوح اعماق تكوين الرص ما بين (70-110)م، ويأخذ بالعمق كلما اتجهنا نحو السهل الرسوبي، ويكون امتداده موازيا لمنطقة صدع ابو جير، يتكون من صخور المتبخرات وقليل من الصخور الجيرية، ويتراوح سمك هذا التكوين ما بين (48-110)م،(الجبوري،2021،ص119).

5-مكمن ام ارضمة: يعود هذا المكمن الى عصر البليوسين الاعلى، ويعلوه في اجزاء من منطقة الدراسة تكوين الرس(Russ) مشكلاً وحدة صماء تفصله عن تكوين الدمام ينكشف التكوين في اجزاء محدودة من منطقة الدراسة وبموازاة الحدود العراقية السعودية، هذا التكوين يتكون من الحجر الجيري والدولومايتي المتكهفة والمتشققة بفعل عمليات الاذابة والتأثيرات التركيبية وعوامل التعرية، يبلغ اعلى سمك للخزان جنوب منطقة السلمان (400) م ويتناقص سمكه باتجاه شرق وشمال غرب السلمان الى(213م)(الهيأة العامة للمياه الجوفية،2016).

6-المكامن العليا (الترسبات الحديثة)العصر الرباعي Upper Aquifers of Quaternary: تتكون من ترسبات حديثة رملية جبسية تابعة للعصر الرباعي تتغذى مياهه مباشرة من مياه الامطار والسيول المترشحة ، فضلاً عن مياه العيون والآبار المستعملة للري والنضوحات التي تأتي من الخزانات الجوفية الاعمق عبر الفواصل والشقوق ، يتراوح سمك هذه المكامن في المنطقة ما بين (6-12) م ، ويشكّل طبقة مائية حرة وتتواجد هذه المكامن في اغلب اجزاء منطقة الدراسة في المناطق المنخفضة منها.

3-بحيرة ساوة: تعد من اهم البحيرات في العراق واحد المنخفضات الطبيعية التي تكونت بفعل التأثيرات الجيولوجية التركيبية في المنطقة، وتعد جزء من منطقة التصريف لصدع الفرات، تبلغ مساحة البحيرة (10)كم2، وطولها يبلغ (4.74)كم، وعرضها في اوسع منطقة (1.69)كم و (0.5)كم في اضيق منطقة، في حين يتراوح معدل عمقها ما بين (4-5.5)م، وقد يكون عمقها اكثر من ذلك في اماكن متعددد يصل الى (29-50)م(البصراوي،2007،ص5)، يتراوح ارتفاع البحيرة ما بين (18-26)م عن مستوى سطح البحر، وترتفع (4.70)م عن مستوى مياه نهر الفرات القريب منها، وقدر انتاجية العيون المغذية للبحيرة بحوالي (37.5 مليون م3/سنة) أي ما يعادل (1190 لتر/ ثانية) (الجواد،ص37).

5-العناصر المناخية المؤثرة على العجز المائي و الجفاف:

1-درجات الحرارة: يتضح أن بادية محافظة المثنى تقع ضمن المناخ الصحراوي الحار الجاف مع قارية متطرفة إذ تطول فترة الجفاف مع درجات الحرارة العالية ، وقلة سقوط الإمطار جدول (1) والذي نستنتج منه إن مناخ المنطقة هو مناخ جاف، اذ ان المعدلات الشهرية والسنوية لدرجات الحرارة تتباين في محطة منطقة الدراسة ، و أن المعدل السنوي لدرجة الحرارة وصلت إلى (26.2 م^{o})، ويتضح من الجدول(1) ايضاً بأن هناك تبايناً شهرياً في درجات الحرارة ، ويلحظ خلال الفصل المطير الذي يبدأ من شهر تشرين الثاني حتى نهاية شهر آذار، ان هناك تناقصاً في المعدلات الشهرية لدرجات الحرارة، إذ تسجل أقل تلك المعدلات خلال شهر كانون الثاني بلغت (13م)، وقد كان لارتفاع درجات الحرارة في السنوات الاخيرة والتي وصلت في بعض ايام السنة وخلال اشهر الصيف الطويل الى (50)م، دور كبير في شدة التبخر وتفاقم العجز المائي.

2-الامطار: تعد بادية محافظة المثنى من المناطق التي تعاني من قلة سقوط الإمطار وانحسارها خصوصاً في السنوات الاخيرة بفعل التغيرات المناخية ، اضافة الى تذبذبها من سنة إلى أخرى ومن شهر لأخر إذ يبدأ سقوط الإمطار في شهر تشرين الأول وينتهي في حزيران ، حيث تمثل هذه الفترة السنة المائية ، ويبلغ معدل المجموع السنوي (90.97 ملم) و هذه الكميات الساقطة لا تتوزع توزيعاً منتظماً طوال هذه المدة ، حيث تبلغ أعلى معدلاتها في شهر كانون الثاني (19.14 ملم)بينما تنخفض معدلاتها في شهر تشرين الأول

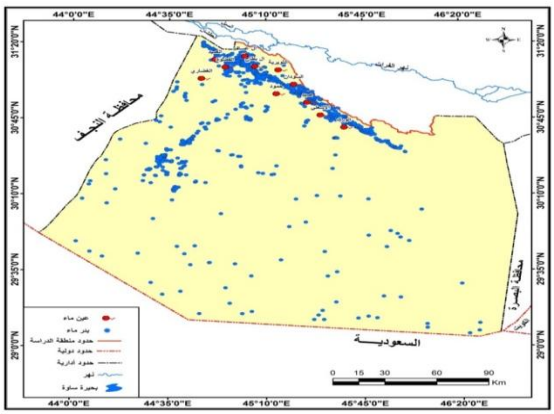
مياه هذه العيون هو تكويني الفرات والدمام، ومن اهم هذه العيون هي عيون الوحشية، اذ تصل نسب تصريفها الى (1م3/ ثانية)، وهي من العيون التي تعد مناسبة للإرواء الاراضي الزراعية(الجبوري،2021،ص137)،وعيون الغضاري، وال بطاح، وعين عساف، وعين النخيل، وسيد محمد، وعين مانع، وعين صيد التي تقع غرب بحيرة ساوة وتعتمد عليها قرية ام الروج، وغيرها من العيون المنتشرة على طول فالق الفرات ضمن حدود بادية المثنى، يلاحظ صورة (1).

صورة (1) توضح بعض العيون المائية التي كانت قائمة في منطقة الدراسة والتي جفت حالياً



المصدر: التقطت بتاريخ 2019/10/25

خريطة (3) التوزيع الجغرافي للآبار والعيون المائية في بادية محافظة المثنى لعام 2023



المصدر: الباحث بالاعتماد على: جمهورية العراق ، وزارة الموارد المائية ، الهيأة العامة للمياه الجوفية في محافظة المثنى ، قسم الجيولوجيا ، بيانات غير منشورة ، 2023.

الجدول (1) بأن هناك تباين مكاني في معدلات الرطوبة النسبية في المنطقة ، إذ بلغ معدلها في محطة السماوة (36.9%)، كما تتباين معدلات الرطوبة النسبية زمانياً في منطقة الدراسة خلال فصول السنة، إذ تكون الرطوبة النسبية مرتفعة في الفصل المطير خصوصاً خلال شهر كانون الثاني، ثم تأخذ بالانخفاض التدريجي من شهر لآخر وصولاً إلى أقل نسبة خلال فصل الصيف لاسيما في شهر تموز، اذ سجلت محطة السماوة اعلى معدلات لها خلال شهر كانون الاول وصلت الى (60.1)%، في حين سجلت اقل المعدلات خلال شهر تموز اذ وصلت الى (19.6)%.

إذ تبلغ (4.3 ملم) ، ومن خلال الجدول (1) نلاحظ إن الإمطار ينعدم سقوطها في أشهر حزيران ، تموز ، أب ، أيلول . إذ تعد هذه الأشهر جافة ، وقد اثر ذلك بشكل كبير على مناسيب المياه الجوفية في المنطقة، وشكل عجزاً مائياً كبيراً ، تزامن مع ظاهرة الجفاف السائدة في المنطقة، الامر الذي اثر بشكل كبير على انخفاض مناسيب المياه الجوفية في المنطقة . جدول (1) المعدل الشهري لدرجات الحرارة والمجموع السنوي للأمطار (ملم) ولقيم التبخر (ملم) لمحطة السماوة للفترة (2014 – 2024)

الاشهر	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	
الحرارة	13	15.2	20.2	25.8	32.3	35.8	38	37.5	34.2	28.2	19.7	
الامطار	19.14	12.99	13.12	8.11	4.52	0	0	0	0	4.3	16.52	
التبخر	85.2	153.7	222.5	256.7	341.1	437.5	439.4	437.1	357.1	250.8	120.4	
الرطوبة	59.5	52.1	40.2	32.5	23.8	20.2	19.6	22.3	24.4	34	54.5	

6-الموازنة المائية المناخية للمنطقة:

يقصد بالموازنة المائية المناخية تحديد مقدار الفرق بين كمية التساقط الجوي التي تصل فعلاً الى سطح الارض في مكان معين وبين كمية ما يعود من مياه التساقط الى الجو بفعل التبخر النتح والغرض منها هو تقدير كمية الفائض المائي او العجز المائي في ذلك المكان، اضافة الى تحديد الحاجة الزمانية والمكانية لاستعمالات تلك المياه(المالكي، ديري،2005،ص171). لقد تم حساب الموازنة المائية المناخية من خلال تطبيق المعادلة(ابراهيم واخرون،2012،ص82)(P – PE = ±)

حيث إن: P = التساقط ب (ملم)

PE = التبخر / النتح (ملم)

$$E = 0.0018 (T + 25)^2 (100 – A)$$

حيث إن:

E = التبخر / النتح المحتمل (ملم).

T = المتوسط الشهري لدرجة الحرارة (°م)

A = المتوسط الشهري للرطوبة النسبية (%).

المصدر: وزارة النقل والمواصلات، الهيأة العامة للأنواء الجوية العراقية والرصد الزلزالي، شعبة المناخ، بيانات غير منشورة، 2025.

3-التبخر: أن مجموع التبخر السنوي في منطقة الدراسة يزيد على المجموع السنوي للأمطار بحوالي(33.9مرة) ، فقد بلغ مجموع التبخر السنوي (3675.9 ملم) والإمطار (109.96ملم) ، اذ تتعرض المحافظة الى جفاف حاد وبشكل دائم، وقد اتضح لنا أن هناك نقصا مائيا حتى في فصل الشتاء ، وقد بلغ معامل الجفاف (2.8) للمنطقة .

4-الرطوبة النسبية: تتباين الرطوبة النسبية في العراق تبايناً مكانياً وزمانياً وذلك باختلاف درجة الحرارة، إذ نجد بأن الدورة اليومية للرطوبة النسبية تتناسب عكسياً مع الدورة اليومية لدرجة الحرارة، فعندما تنخفض الحرارة تزداد الرطوبة النسبية وبارتفاعها تنخفض الرطوبة النسبية(الموسوي، مصدر سابق، ص396). اذ يتضح من

مناسيب المياه الجوفية وسيادة الجفاف في جميع جهات مناطق البادية .

ومن خلال تطبيق معادلة ديمارتون* (علي الشلش: ص 187، والحسني والصحاف :ص 95)، وبيانات الجدول (3)يلاحظ (عجز مائي) ** كبير بين معدلات الإمطار ومعدلات التبخر السنوية وهو ما يتضح من خلال المقارنة بين معدلات التساقط والتبخر لمحطة السماوة المناخية ، إذ كان مجموع الإمطار السنوي (90.97 ملم) ومجموع التبخر (3197.9 ملم) ومن خلال ذلك يتضح

7-دور العجز المائي والجفاف في انخفاض مناسيب المياه الجوفية في بادية المثنى:

ادى العجز المائي والجفاف الى ظهور مشاكل عديدة من اهمها جفاف اغلب العيون المائية وبحيرة ساوة، وقد نتج عن العجز المائي والجفاف في المنطقة انخفاض التغذية الطبيعية للخزانات الجوفية، نتيجة قلة الامطار الساقطة التي نتج عنها ضعف التسرب الراسي وانخفاض التغذية الجوفية Recharge ، وقد كان من نتيجة انخفاض مستوى المياه الجوفية في المنطقة، تدهور نوعيتها، اي زيادة ملوحتها نتيجة صعود المياه المالحة وتركز الاملاح والمعادن الثقيلة.

8-مؤشرات العجز المائي:

هناك مؤشرات عديدة للعجز المائي والجفاف، اثرت سلباً على المياه الجوفية ومظاهرها ومن اهم هذه المؤشرات هي المؤشرات الهيدرولوجية وهي ما يأتي:

1-انخفاض مناسيب المياه الجوفية (Decline of Water Table):سجلت مناسيب المياه الجوفية هبوط مستمر في مناسيب المياه في الابار، ويعد المؤشر الاكثر دلالة على العجز المائي في المنطقة نتيجة عدم وجود تغذية جوفية لمكامن المياه الجوفية بفعل قلة الامطار الساقطة وازدياد مدد الجفاف وتكرار فترات الجفاف المناخي للمنطقة ، اضافة الى ارتفاع معدلات التبخر – النتح مما يقلل من فرص التغذية الجوفية ، وقد اعتمد الباحث على اعماق الابار وانتاجيتها وفق مستويات المياه الجوفية في مناطق بادية محافظة المثنى لمدد مختلفة، اذ يلاحظ من خلال المدد الزمنية المعتمدة (2016)، (2019)، (2025)، انخفاض كبير في مناسيب المياه الجوفية وقلة في انتاجية الابار بين مدة واخرى ، جدول (4) ، (5) ،(6)، شكل (1)، اذ يلاحظ من انخفاض كبير في مناسيب المياه الجوفية للابار المنتخبة في منطقة الدراسة بسبب العجز المائي الكبير والجفاف الذي تعانيه في السنوات

1-حساب التبخر/النتح الكامن:

يعد التبخر/النتح الكامن مؤشرا مهما في الموازنة المائية، ويعرف بأنه أقصى تبخر محتمل للسطوح المائية ويعرف أيضا بمقدار التبخر الناتج عن الأرض المشبعة بالمياه والمغطاة بغطاء نباتي كثيف، أما التبخر الحقيقي فهو يعرف بأنه الكمية الحقيقية للتبخر والنتح لسطح ما تحت العوامل المناخية، وهذا يكون أكثر قبولا في حسابات الموازنة المائية(الشماع واخرون،2007،ص125).

وبالاعتماد على معدل درجة الحرارة ومعدل الرطوبة النسبية في الجدول (1) تم استخراج التبخر/ النتح الكامن، جدول (2).

وهنا لابد من معرفة التبخر الحقيقي والذي يمثل الفرق بين التبخر الكلي في الجدول (1) والتبخر/النتح الممكن في الجدول (2)، وبهذه الحالة يتم الحصول على التبخر الحقيقي.

جدول (2) المعدلات الشهرية والسنوية للتبخر/النتح (ملم) حسب معادلة ايفانوف، والتبخر الحقيقي (ملم) في منطقة الدراسةتعاني منطقة الدراسة من ارتفاع عدد ساعات السطوع الشمسي وهذا يؤدي الى ارتفاع درجات الحرارة وازدياد معدلات التبخر الذي يؤدي الى تقليل القيمة الفعلية للأمطار وبالتالي يكون هنالك شحة بالموارد المائية السطحية والجوفية وعجز مائي كبير في المنطقة وسيادة الجفاف. ونتيجة اشتداد التبخر وانخفاض كميات التساقط بحيث تتقلص الموارد المائية بسبب تبخر المياه السطحية والجوفية التي ترشح الى السطح وكلاهما يؤدي الى انخفاض مناسيب المياه الجوفية (محمد،2010،ص834). فإذا كان الناتج موجباً فانه يكون هنالك فائض مائي، وإذا كان الناتج سالباً فانه يكون عجز مائي.

وقد تم الاعتماد على معادلة ايفانوف في حساب كمية التبخر/النتح المحتمل والتي تكون صيغتها كالاتي(الجبوري،2014،ص89):

مقدار العجز المائي الناتج من ارتفاع معدلات التبخر مقارنة مع معدلات التساقط السنوية ، إذ يبلغ مقدار هذا العجز في المنطقة حوالي (95.17-ملم)، وهذا العجز هو نتيجة الارتفاع الكبير في درجات الحرارة خلال الفصل الحار والجاف الطويل من السنة التي تتعرض له وهذا يؤشر إن القيمة الفعلية للأمطار متدنية الامر الذي ادى الى انخفاض

جدول (5)اعماق بعض الابار وانتاجيتها (لتر/ ثا)في بادية محافظة المثنى لسنة (2019).

ت	اسم البئر	العمق/ متر	الانتاجية لتر/ثا
1	السلمان-بئر الابل	168	9
2	بصية-اسالة ماء بصية	165	12.5
3	السلمان-الخرز	56	17
4	بصية- الغضاري	144	13
5	السلمان(اقبال حليو)	60	12
6	العميد	82	9
7	السلمان-مخفر هاشم الحدودي	340	3
8	بصية (مرقد سيد محمد)	45	3
9	بصية (خولة صاحب/1)	60	3
10	السلحوبية	120	10
11	وادي ابو شنين	135	9
12	السلمان-معمل اسمنت سامان1	69	19
13	بصية(نعيم بربج/1)	80	10
14	الاشعلي	100	10
15	هدانية	50	20

المصدر: الهيأة العامة للمياه الجوفية، قسم الدراسات والتحريات،(بيانات غير منشورة)، 2019.

جدول (6)اعماق بعض الابار وانتاجيتها (لتر/ ثا)في بادية محافظة المثنى لسنة (2025).

ت	اسم البئر	العمق/ متر	الانتاجية لتر/ثا
1	السلمان-بئر الابل	168	5
2	بصية-اسالة ماء بصية	195	5
3	السلمان-الخرز	70	7
4	بصية- الغضاري	155	5
5	السلمان(اقبال حليو)	55	15
6	العميد	120	6
7	السلمان-مخفر هاشم الحدودي	340	2
8	بصية (مرقد سيد محمد)	60	2
9	بصية (خولة صاحب/1)	75	2
10	السلحوبية	172	15
11	وادي ابو شنين	85	5
12	السلمان-معمل اسمنت سامان1	76	10
13	بصية(نعيم بربج/1)	95	3
14	الاشعلي	120	5
15	هدانية	246	5

المصدر: مديرية الموارد المائية، دائرة حفر الابار، محافظة المثنى،(بيانات غير منشورة)، 2025.

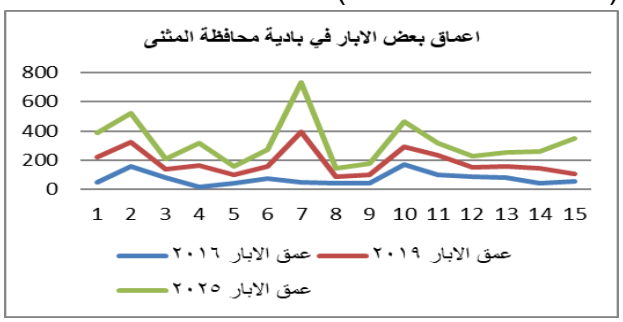
الاخيرة والناتج عن قلة الاطار الساقطة وارتفاع معدلات درجات الحرارة والتبخر، الامر الذي انعكس واثر سلباً على مناسيب المياه الجوفية، أذ نلاحظ ان سنة 2025 كان تأثير العجز المائي والجفاف كبير جداً على خزانات المياه الجوفية في البادية، اذ انخفضت مناسيب المياه الجوفية بشكل كبير في العديد من مناطق البادية، او قلت انتاجية العديد من الابار وجفت البعض منها تماماً.

جدول (4)اعماق بعض الابار وانتاجيتها (لتر/ ثا)في بادية محافظة المثنى لسنة (2016).

ت	اسم البئر	العمق/ متر	الانتاجية لتر/ثا
1	السلمان-بئر الابل	51	15
2	بصية-اسالة ماء بصية	160	10
3	السلمان-الخرز	80	15
4	بصية- الغضاري	20	5.5
5	السلمان(اقبال حليو)	40	5
6	العميد	73	20
7	السلمان-مخفر هاشم الحدودي	51	8
8	بصية (مرقد سيد محمد)	42	15
9	بصية (خولة صاحب/1)	42	15
10	السلحوبية	172	15
11	وادي ابو شنين	100	10
12	السلمان-معمل اسمنت سامان1	85	7
13	بصية(نعيم بربج/1)	80	15
14	الاشعلي	42	10
15	هدانية	56	12

المصدر: الهيأة العامة للمياه الجوفية، قسم الدراسات والتحريات،(بيانات غير منشورة)، 2016.

شكل (1) يوضح اعماق الابار في منطقة الدراسة للسنوات (2016 ، 2019، 2025).



المصدر: اعتماد على الجداول (4،5،6).

صورة (2) جفاف بحيرة ساوة عام 2025



المصدر: الدراسة الميدانية 2025/5/11

4-أختلال الميزان المائي الجوفي (Groundwater Budget Imbalance): تحدث هذه الحالة في منطقة الدراسة نتيجة تجاوز كميات الضخ لمعدلات التغذية الطبيعية لخزانات المياه الجوفية نتيجة التوسع في النشاط الزراعي والصناعي وعمليات السحب الزائد للمياه والذي اثر سلباً، على مناسيب المياه الجوفية، اذ شهدت البادية خلال السنوات الاخيرة نشاط زراعي كبير اعتماد على المياه الجوفية واتباع طرق الزراعة الحديثة(تقنيات الري الحديثة، الرش المحوري والثابت) اضافة الى الري السيحي الذي اثر سلبا هو الاخر على مناسيب المياه الجوفية. لكن نلاحظ ان هذا النشاط خصوصاً الزراعي ينحصر فقط خلال فصل الشتاء اما في فصل الصيف فينعدم هذا النشاط.

5-تراجع معدلات التغذية الجوفية (Reduce Recharge Rates): وتحدث هذه الظاهرة في المنطقة نتيجة انخفاض تسرب مياه الامطار والسيول المفاجئة في احواض الوديان الى الخزانات الجوفية نتيجة انخفاض معدلات الهطول المطري، وتزايد تذبذب الامطار في السنوات الاخيرة بفعل التغيرات المناخية، وقصر مدة سقوطها ، وارتفاع درجات الحرارة وزيادة التبخر في المنطقة ، وقد ادى ايضاً التصحر وقلة النبات الطبيعي الى قلة تسرب مياه الامطار والسيول الفجائية ، وتعد قلة الجهود المبذولة ومحدوديتها في الاستفادة من مياه سيول الامطار في الوديان وعدم اعتماد حصاد المياه احد العوامل الي ادت الى انخفاض مناسيب المياه الجوفية في البادية، وتعد عمليات التحول من الري بالغمر رغم هدرة الى طرق الري الحديثة تقلل احيانا من مياه الرشح المغذية للمياه الجوفية، لكن يبقى العجز المائي والجفاف بفعل التغيرات المناخية العامل الذي له دور كبير في انخفاض مناسيب المياه الجوفية في المنطقة وجفاف العيون المائية وبعض الابار والمسطحات المائية.

-جفاف الينابيع والعيون المائية: يبلغ عدد العيون المائية في بادية محافظة المثنى (13) عين ماء،يبلغ تصريف هذه العيون في المعدل (2000سم3/ثا)(الخفاجي،2015،ص23)، كانت نسبة التصريف خلال عام 2016 تصل الى (2م3/ثا)، ثم قلت نسب التصريف الى (1م3/ثا)، وفي عام 2025 جفت اغلب هذه العيون ولم يبقى منها سوى عيون الوحشية، لكن قل تصريفها بشكل كبير جداً، وعين واحدة في المملحة ، داخل شركة الملح.

3-جفاف بحيرة ساوة: تعد بحيرة ساوة من المعالم الطبيعية الجيولوجية والهيدروجيومورفولوجية المهمة في محافظة المثنى وباديتها، تبلغ مساحتها (9)كم2، ترتفع عن مستوى الاراضي المجاورة لها بحدود (5)م، وترتفع عن نهر الفرات الذي يبعد عنها بحدود(3.5)كم ، ب(11)م، ويحيط بها جرف جبسي تكون نتيجة ترسيب الاملاح على شاطئها الذي ازداد سمكاً بمرور الزمن خلال مراحل نشأتها وتطورها(الجياشي،2017،134)،كانت بحيرة ساوة خلال فترة السبعينات احد البحيرات المهمة في العراق ومنتجع سياحي معروف، وترتفع فيها مناسيب المياه الى مستويات قياسية، صورة (2) ، لكن خلال فترة 2022، بدأت مناسيبها تنخفض بشكل كبير جداً، صورة (3)، الى ان وصلت الى الجفاف التام نهاية عام 2023،صورة (4)، نتيجة العجز المائي والجفاف الذي تعرضت له المنطقة بفعل التغيرات المناخية، اذ تعد بادية محافظة المثنى اكثر جهات العراق تأثر بهذه التغيرات، اضافة الى ذلك يعد النشاط البشري سيما الزراعي والصناعي قرب البحيرة هو الاخر اثر بشكل كبير على جفاف البحيرة بسبب اعتماد هذه النشاط على المياه الجوفية.

صورة (2) بحيرة ساوة خلال فترة السبعينات



ب-تركيز الأملاح: نتيجة لنقص التغذية وزيادة التبخر في البادية ، تزداد تراكيز النترات والأملاح في المياه المتبقية.

5. التأثيرات الاقتصادية والاجتماعية (منظمة الاغذية والزراعة (FAO)) يشير الى ان الزراعة تستهلك 70% من المياه الجوفية المستخرجة ويتوقع ان يحتاج العراق الى زيادة انتاج الغذاء بنسبة 50% بحلول 2050، مما سيؤدي الى استنزاف الخزانات غير المتجددة في البادية.

تستند التوقعات العلمية للفترة (2030-2050) إلى تقارير ونماذج هيدرولوجية صادرة عن منظمات دولية ومراكز أبحاث مرموقة تستند الى تأثير التغيرات المناخية على مناسيب المياه الجوفية وخصائصها. ومن اهم المصادر التي توثق هذه التأثيرات:

1. تقارير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC)، وتعتبر المرجع الأهم عالمياً، وتحديداً:

تقرير التقييم السادس (AR6 - Working Group II):

الفصل الرابع المخصص للمياه يوضح بـ "ثقة متوسطة إلى عالية" أن التغير المناخي يسرع من نضوب المياه الجوفية ويغير أنماط التغذية، خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة، ومنها العراق.

2. منظمة اليونسكو (UNESCO) - برنامج تقييم المياه العالمي، تقرير تنمية المياه العالمي لعام 2022: حمل عنوان "المياه الجوفية: جعل غير المرئي مرئياً". يضع هذا التقرير سيناريوهات حتى عام 2050، محذراً من أن الطلب العالمي على المياه سيزداد بنسبة 1% سنوياً، مما يضع ضغطاً غير مسبوق على المخزون الجوفي.

3. منظمة الأغذية والزراعة (FAO)، تقرير SOLAW (حالة موارد الأراضي والمياه في العالم): يشير إلى أن الزراعة تستهلك 70% من المياه الجوفية المستخرجة، ويتوقع أن يحتاج العالم إلى زيادة إنتاج الغذاء بنسبة 50% بحلول 2050، مما سيؤدي إلى استنزاف الخزانات غير المتجددة (مثل الأحواض الأحفورية في الصحراء الكبرى وشبه الجزيرة العربية، وبادية السماوة هي امتداد لهضبة نجد والحجاز).

4. البنك الدولي (World Bank)، تقرير " High and Dry": يركز على التبعات الاقتصادية لتغير المناخ على المياه، ويتوقع أن يؤدي نقص المياه (بما فيها الجوفية) إلى تباطؤ النمو الاقتصادي في بعض المناطق بنسبة تصل إلى 6% من الناتج المحلي الإجمالي بحلول عام 2050.

9-التوقعات المستقبلية لتأثير التغير المناخي على مناسيب المياه الجوفية في بادية السماوة للمدة (2030-2050):

بحلول الفترة ما بين 2030 و2050، من المتوقع أن تواجه البادية تحولات كبيرة في مخزونات المياه الجوفية نتيجة التغير المناخي، هذه التأثيرات لا تقتصر فقط على "كمية" المياه، بل تمتد لتشمل "جودتها" وسهولة الوصول إليها، ومن أبرز التأثيرات المتوقعة على المياه الجوفية في المنطقة ومناسيبها خلال هذه العقود هي ما يأتي(UNESCO, 2022):

1- اختلال دورة "تغذية الخزانات" (Groundwater Recharge)، ان التغير المناخي يغير أنماط هطول الأمطار، مما يؤثر مباشرة على كيفية امتصاص الأرض للمياه من خلال :

أ- زيادة التبخر: مع ارتفاع درجات الحرارة العالمية، تزداد معدلات التبخر من التربة، مما يقلل من كمية المياه التي تصل فعلياً إلى الخزانات الجوفية.

ب- الأمطار الغزيرة مقابل الانسياب: التوقعات تشير إلى زيادة في "العواصف المطرية العنيفة". بدلاً من أن تتسرب المياه ببطء للداخل، تتحول معظمها إلى سيول سطحية تذهب نهر الفرات ومنخفض الصليبات أو تسبب فيضانات، دون أن تستفيد منها المياه الجوفية.

2- انخفاض حاد في المناسيب (Piezometric Head) المياه الجوفية: تشير الدراسات (مثل تلك المنشورة في HESS 2024) إلى أرقام محددة للمستقبل:

أ- توقعات 2030، قد تنخفض مستويات ضغط المياه الجوفية بمعدل يصل إلى 7 أمتار في بعض الخزانات المستنزفة في البادية .

ب- توقعات 2050، قد يصل هذا الانخفاض إلى أكثر من 15 متراً، إذا استمر سحب المياه بمعدلاته الحالية مع زيادة النشاط الزراعي والصناعي في البادية ، فقد يتضاعف هذا التأثير مرتين.

3- تدهور جودة المياه وارتفاع ملوحتها ودرجة حرارتها ، ويحدث من خلال :

أ- التلوث الحراري: مع ارتفاع حرارة الأرض، تزداد حرارة المياه الجوفية الضحلة. هذا التغير الحراري قد يحفز تفاعلات كيميائية تزيد من تركيز مواد ضارة مثل الزرنيخ والمنغنيز، مما يهدد الصحة العامة.

- انخفاض مستويات المياه الجوفية يؤثر على التربة والثبات الجيولوجي، وقد يؤدي إلى زيادة ملوحة التربة.
6-ادى انخفاض مناسيب المياه الجوفية الى تغير كبير في خصائص المياه الجوفية في بعض جهات البادية.
7-اعتماد التغذية الاصطناعية من خلال حقن مياه الامطار المعالجة مباشرة في باطن الارض.
8-ضرورة التوجه نحو الزراعة الذكية من خلال استخدام محاصيل تستهلك مياهاً أقل وتقنيات ري موفرة.

التوصيات:

1- اعتماد نظام حصاد مياه الأمطار في الاودية بإقامة سدود ترابية وحواجز حجرية وتنمية طرقه مصادر بديلة كجمع وإعادة استخدامها.
2- استخدام تكنولوجيات الري الحديث كالرش والري بالتنقيط لتقليل الضغط على المياه الجوفية.
3-تنظيم حفر الآبار ووضع خطط لإدارتها بشكل مستدام.
4-أعتماد طرق التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية في المنطقة.
5-العمل على تنظيم سحب المياه الجوفية.
6-حماية الغطاء النباتي والحد من الرعي الجائر وتحديد مناطق خاصة لأصحاب المواشي في البادية.
7-تعزيز برامج مكافحة التصحر، والرصد الهيدرولوجي، ورفع الوعي المائي، من خلال نشر ثقافة الاستخدام الرشيد للمياه الجوفية بين المزارعين واصحاب الابار.

المصادر:

1- ابراهيم، عمر صباح وآخرون، استخدام الموازنة المائية المناخية لتقييم واقع تغذية المياه الجوفية في حوض بيجي-تكريت-شمال غرب العراق، مجلة جامعة كركوك –الدراسات العلمية، المجلد (7)، العدد(1)، 2012.
2- البصراوي، نصير حسين ، شهلة صالح زكي المصلح، الظروف الهيدروجيولوجية واستخدام المياه الجوفية في محافظة صلاح الدين، وزارة الصناعة والمعادن، هيأة المسح الجيولوجي العراقية ، بغداد،2010.
3-الجبوري، سلام هاتف احمد، علم المناخ التطبيقي، الطبعة الاولى، جامعة بغداد، كلية التربية، 2014.
4-الجبوري، ضمياء أدهام حسين، التباين المكاني لخصائص المياه الجوفية في محافظة المثنى وامكانية استثمارا، اطروحة دكتوراه، جامعة بغداد ، كلية التربية ابن رشد،2021.

. دوريات علمية متخصصة (Peer-Reviewed Journals)

تعتمد الدراسات الحديثة على نماذج محاكاة متطورة، ومن أبرزها:

أ- Nature Communications: نشرت دراسات حول "نقاط التحول" (Tipping Points) في أنظمة المياه الجوفية العالمية.

ب_ Hydrology and Earth System Sciences (HESS)): تنشر أبحاثاً دورية حول معدلات انخفاض مناسيب المياه (Piezometric Levels) المتوقعة في أفق 2050.

6. وكالة ناسا (NASA) - مهمة GRACE، توفر بيانات الأقمار الصناعية (GRACE-FO) خرائط حية لتناقص كتلة المياه الجوفية، وتُستخدم هذه البيانات لبناء نماذج تنبؤية دقيقة لما سيكون عليه الحال في العقود القادمة.

الهوامش:

* معادلة ديمارتون :

معامل الجفاف = معدل الأمطار السنوية (ملم)+10 / متوسط الحرارة السنوي (مئوية)

فإذا كانت القيمة أقل من (5) فان المناخ جاف ، ومن 6-10 شبه جاف (منطقة أستبس) ، وإذا كان معامل الجفاف أكثر من (10) المنطقة رطبة ، (علي الشلش،1972، ص 187، والحسني والصحاف،1990 ،ص 95).

* * العجز المائي : الفرق بين ما يتبخر من المياه وما يسقط على شكل أمطار .

الاستنتاجات:

1- ان العجز المائي والجفاف يشكلان تهديدًا حقيقيًا لموارد المياه الجوفية في بادية محافظة المثنى.
2- للتفاعل المعقد بين التغير المناخي، والتوسع في الزراعة الشتوية في المنطقة ، وإدارة الموارد المائية غير المستدامة دور في انخفاض مناسيب المياه الجوفية.
3- أدى الجفاف المستمر وتراجع الهطول المطري الى عجز مائي وانخفاض كبير في مناسيب المياه الجوفية في منطقة الدراسة.
4-الضخ المفرط للآبار وعدم تنظيمها (وكذلك حفر آبار عشوائية)، اثر بشكل كبير على مناسيب المياه الجوفية .

- سلامة، حسن رمضان ، جغرافية الاراضي الجافة منظور جغرافي بيئي، دار المسيرة، عمان الاردن،2010.
14- الشمري، علاء ناصر ، هيدرولوجية وهايدروكيميائية منطقة الرحاب جنوب وجنوب غرب مدينة السماوة ، رسالة ماجستير، كلية العلوم ، جامعة بغداد،2006.
15- الشلش علي حسين ، استخدام بعض المعايير الحسابية في تحديد أقاليم العراق المناخية ، مجلة كلية الآداب ـ جامعة الرياض ، ج2 ، 1972.
16- الشماع، ايسر محمد ، هيدرولوجية وتكتونية الجزء الغربي من الصحراء الغربية، اطروحة دكتوراه ، كلية العلوم، جامعة بغداد، 1993.
17- الموسوي ،علي صاحب ، مشكلة التصحر في محافظة المثنى، مجلة البحوث الجغرافية،2009 .
18-الوائلي، م حمد علي مهدي، عبد العالي عبد الحسين حنتوش الدباج، قيس عطا محمود، هيدروجيولوجية وهيدروكيميائية منطقة سوق الشيوخ ، وزارة الصناعة والمعادن، الهيأه العامة للمسح الجيولوجي، بغداد، العراق،2002.
19- مديرية الموارد المائية، دائرة حفر الابار، محافظة المثنى،(بيانات غير منشورة)، 2025.
20- الهيأة العامة للمياه الجوفية -المثنى ، قسم الجيولوجيا ، بيانات غير منشورة ، 2016.
21- وزارة الموارد المائية ، الهيأة العامة للمياه الجوفية في محافظة المثنى ، قسم الجيولوجيا ، بيانات غير منشورة ، 2016.
غير منشورة ، 2023.
-الجياشي، جاسم وحواح شاتي، التحليل المكاني للموارد المائية والرسوبيات في بادية محافظة المثنى واستثماراتها، رسالة ماجستير(غير منشورة)، جامعة المثنى كلية التربية للعلوم الانسانية،2017.
-6 الجواد، صادق باقر ، مشروع الغضاري، مشروع الغضاري، شركة الفرات العامة لدراسات وتصاميم مشاريع الري، قسم المياه الجوفية.
7- حسن، كريم محمود ، صباح يوسف يعقوب واخرون ، التقرير الجيولوجي للوحة السلمان، 1993.
8- الحسني، فاضل باقر و مهدي الصحاف ، أساسيات علم المناخ التطبيقي
، مطبعة دار الحكمة ، بغداد ، 1990.
9- الخزعلي، صباح عبود عاتي ، أثر العوامل الطبيعية في تكوين الاشكال الارضية في الهضبة الصحراوية الغربية في العراق، اطروحة دكتوراه ، كلية التربية ، الجامعة المستنصرية ، 2005
10- الخفاجي، سرحان نعيم ، الموارد المائية في البادية الجنوبية من العراق واستثمارها ، مجلة الاستاذ ، جامعة بغداد ، العدد/111، 2015
11- ديكران، دريد بهجت ، عبد الحي إبراهيم مهدي واخرون،التقرير الجيولوجي لمنطقة الناصرية ، لوحة NH-38-3 ، مقياس 1: 250000، المسح الجيولوجي، 1993.
12- الدباغ، عبد العالي عبد الحسين حنتوش ، شهلة نجم الدين عبد الله الخشاب، دراسة هيدروجيولوجية وهيدروكيميائية، لمنطقة السلمان اللوحة (NH-38-6) ، مقياس 1: 250000 ، الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، 1996.

Water scarcity and drought and their impact on the decline of groundwaterlevels in the desert of Al-Muthanna Governorate

Prof. Dr. Sarhan Naeem Al-Khafaji
College of Education for Human Sciences – Al-Muthanna University

Abstract:

Water scarcity and drought are among the biggest water and environmental challenges facing the desert of Al-Muthanna Governorate, which is part of the southern Iraqi desert, also known as the desert plateau, and is characterized by a dry climate throughout the year. Which is characterized by its low rainfall, high temperatures, intense solar radiation, high evaporation, low relative humidity, and the dependence of agriculture in the region on groundwater sources, which has negatively affected the decline in groundwater levels over time. Its general characteristics have changed, and the impact of water scarcity and drought has been reflected not only in the decrease of groundwater levels, but also in the drying up of many naturally flowing springs and water bodies, including Lake Sawa, one of the most important natural landmarks in the desert, in addition to the impact of water scarcity and drought on agricultural activity. Agricultural land has shrunk considerably, and summer farming has ceased, due to the decline in groundwater levels and artesian well depths to approximately 150-350 meters, compared to the previous range of 50-100 meters. The importance of this research in identifying the water scarcity and drought problem in the study area stems from the significant impact of this issue. This has had a significant impact on the decline of groundwater levels and the drying up of many naturally flowing springs and some water bodies, resulting in the deterioration of vegetation cover and natural pastures, and the shrinking of agricultural areas, which has increased the suffering of the population and posed a major threat to food and environmental security.Therefore, water scarcity and drought are among the serious problems threatening vast areas of the desert.

Keywords: drought, groundwater, water scarcity, desert.

الأمن المائي غير التقليدي في العراق بين الندرة وإدارة الطلب والاستدامة المستقبلية في ظل التغيرات المناخية

ا.م.د حربيه شيرزا عزيز
المديرية العامة لتربية ديالى

م.د مروه محمد جوده
جامعة بابل/كلية التربية الأساسية

الملخص:

يشكل الأمن المائي أحد أهم التحديات التي تواجه الدول في القرن الحادي والعشرين، ولا سيما العراق الذي يعاني من تراجع موارده المائية نتيجة العوامل المناخية والبشرية والسياسية بفعل التغيرات المناخية المعاصرة، يهدف هذا البحث إلى تناول مفهوم الأمن المائي غير التقليدي في العراق، بوصفه مدخلًا جديدًا لإدارة الندرة المائية من خلال سياسات إدارة الطلب، والتقنيات الحديثة، وإعادة الاستخدام، وحوكمة المياه، واعتمد البحث على المنهج الوصفي والمنهج التحليلي، مستندًا إلى بيانات رسمية وتقارير دولية حول واقع المياه في العراق، مع التركيز على الفرص الممكنة لتحقيق الاستدامة المائية في ظل التغير المناخي والتوترات المائية الإقليمية.

الكلمات المفتاحية: الأمن المائي، الندرة، إدارة الطلب، الاستدامة المائية، التغير المناخي

المقدمة:

تعد المياه أهم مورد حيوي لا يمكن الاستغناء عنه في الحياة وعملية التنمية المستدامة Sustainable Development في العراق، ويواجه الأمن المائي تحديات بفعل محدودية الموارد المائية الطبيعية، وزيادة الطلب على المياه في الزراعة والصناعة والاستخدام المنزلي، بالإضافة إلى تأثيرات المشاريع المائية في الدول المجاورة والتغيرات المناخية Climate change[1]، يقام يوم المياه العالمي كمناسبة سنوية في الثاني والعشرين من آذار/مارس من كل عام، لتسليط الضوء على أهمية المياه وتعزيز الوعي بقضاياها، وفي العراق تكتسب هذه المناسبة بعدًا خاصًا نظرًا لتدهور الموارد المائية Water resources خلال العقود الأخيرة، إذ انخفضت الإيرادات النهرية إلى مستويات مقلقة أثرت في الزراعة والطاقة والصحة العامة[2]، إن الحديث عن الأمن المائي Water security أصبح يضم سياسات الترشيد والإدارة المتكاملة وإعادة الاستخدام، ولم يقتصر فقط على تأمين الموارد، وهذا ما يعرف بـ الأمن المائي غير التقليدي Non-traditional water security الذي يهدف إلى إدارة الطلب بدلًا من التركيز فقط على تنمية العرض[3]، ويحتفل العالم بيوم المياه العالمي لتسليط الضوء على أهمية المياه وضرورة تطوير استراتيجيات مبتكرة لإدارتها، ويعد مفهوم الأمن المائي غير التقليدي من أبرز هذه الاستراتيجيات[4]، اذ يركز على استخدام وسائل مبتكرة مثل إعادة استخدام المياه، ومعالجة المياه العادمة، وتقنيات الترشيد، بهدف تحسين كفاءة استخدام المياه وتقليل الضغوط على الموارد المائية [5].

أولا: المشكلة الدراسة: يمكن صياغتها بالسؤال الآتي:

1) كيف يمكن للعراق أن يحقق الأمن المائي في ظل الندرة الحالية من خلال تطبيق استراتيجيات غير تقليدية لإدارة الطلب وضمان الاستدامة المستقبلية في ظل تغيرات المناخ؟

ثانيًا: فرضية الدراسة: تفترض الدراسة الآتي:

1) اعتماد سياسات الأمن المائي غير التقليدي في العراق، بما يشمل إدارة الطلب وإعادة استخدام ومعالجة المياه، سيؤدي إلى تعزيز الاستدامة المائية وتقليل آثار ندرة المياه على المجتمع والاقتصاد والزراعة وضمان الاستدامة المستقبلية في ظل التغيرات المناخية.

ثالثًا: هدف البحث:

يهدف البحث موضوع الدراسة إلى توضيح واقع الأمن المائي Water security وتحليله في العراق من بعد غير تقليدي، عن طريق دراسة استراتيجيات وخطط إدارة الطلب على المياه Water demand management وتوظيف التقنيات

[1]) وزارة الموارد المائية العراقية، تقرير الأمن المائي في العراق، بغداد، 2022، ص23.

[2]) وزارة الموارد المائية العراقية، تقرير الموارد المائية السنوي، بغداد، 2023، ص15.

[3]) الأمم المتحدة، تقرير التنمية المائية العالمي، نيويورك، 2022، ص22.

[4]) الأمم المتحدة، تقرير يوم المياه العالمي، نيويورك، 2025، ص15.

5) FAO, Water Use Efficiency and Non-conventional Water Resources, Rome, 2021, p.47.

المبحث الاول: الإطار المفاهيمي للأمن المائي غير التقليدي

الامن المائي Water security

يراد بالأمن المائي قدرة الدولة على توفير المياه الكافية ذات الجودة المطلوبة لجميع الاستخدامات دون أي تهديد مستقبلي[1]، ومع اتساع الفجوة بين العرض والطلب ظهر مصطلح (الأمن المائي غير التقليدي) الذي يتبنى أفكارًا جديدة مثل التحلية وحصاد المياه وإعادة الاستخدام وتحسين كفاءة الري Irrigation efficiency، وتنبع أهمية هذه المقاربة من قدرتها على تخفيف الضغط على الموارد السطحية Surface resources خصوصًا في الدول التي تعتمد على أنهار عابرة للحدود مثل العراق[2] جدول(1).

جدول (1) تطور الموارد المائية في العراق (مليار م³)

السنة	الموارد السطحية	الموارد الجوفية	الموارد غير التقليدية	الاجمالي الكلي
2000	75	4,0	0,05	79,05
2010	60	3,5	0,10	63,6
2020	43	3,2	0,25	46,45
2025 (تقديري)	38	3,0	0,40	41,4
2035 (تقديري)	30	2,8	0,70	33,5

المصدر: 1) وزارة الموارد المائية (2022)

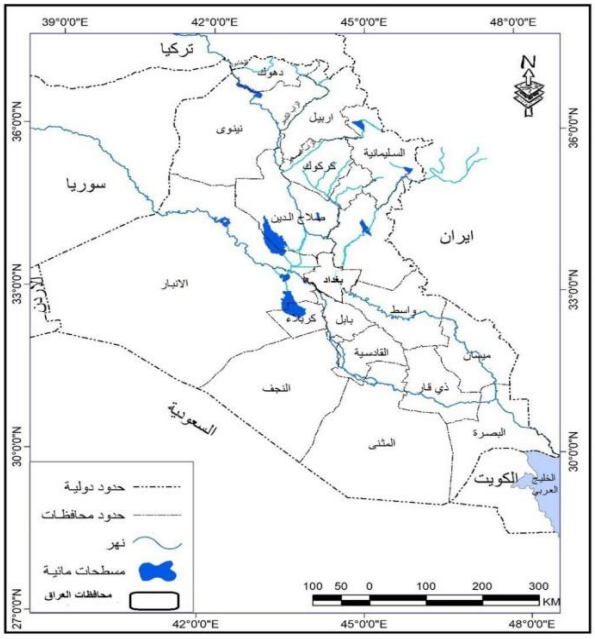
الواقع المائي في العراق The water reality in Iraq

يعد العراق من أكثر البلدان تأثرًا بالتغيرات المائية (Water Changes)الناجمة عن التغيرات المناخية العالمية المعاصرة، إذ أسهم ارتفاع معدلات درجات الحرارة وتراجع معدلات الأمطار، وتكرار موجات الجفاف في اختلال التوازن المائي Water balance وتناقص الموارد السطحية والجوفية، وقادت هذه التغيرات إلى تفاقم معدلات التبخر واتساع رقعة المساحة المتصحرة في عموم البلاد؛ مما زاد من حدة الضغوط المناخية Climatic pressures على الأمن المائي في القطر، إذ قدر انخفاض حصة الفرد من المياه من نحو 5,900 م^3 سنويًا في السبعينيات إلى أقل من 1,000 م^3 حاليًا [3] جدول(2).

رابعًا: موقع وحدود منطقة الدراسة

يقع العراق بين دائرتي عرض (05 - 29° و٣٠ - 37°) شمالاً وبين خطي طول (٤٥ - ٣٨° و ٤٥ - ٤٨° شرقاً)، وتحده من جهة الشمال تركيا، ومن جهة الشرق ايران، ومن جهتي الغرب والشمال الغربي سوريا والأردن، ومن جهتي الجنوب والجنوب الغربي الخليج العربي والكويت والسعودية، ويبلغ طول الحدود العراقية مع دول الجوار (٣٤٦٢كم) منها (١٢٠٠ كم) مع إيران و(٨١٢ كم) مع السعودية و(٦٠٠كم) مع سوريا و(٣٧٧ كم) مع تركيا و(١٩٥كم) مع الكويت و(١٧٨كم) مع الاردن يضاف لها (٦٠كم) حدودًا بحرية على الخليج العربي، وتبلغ المساحة الكلية للعراق حوالي(٤٣٥٠٠٠ كم^2) بضمنها مساحة المياه الاقليمية البالغة (٩٢٤ كم^2) خارطة (1).

خارطة (1) موقع منطقة الدراسة



المصدر: جمهورية العراق، وزارة الموارد المائية، المديرية العامة للمساحة وقسم انتاج الخرائط، خارطة العراق الإدارية، 2010.

1) Gleick, Water Security and Conflict. Oxford University Press,2018, p14.

2) علي السامرائي، إدارة الموارد المائية في الوطن العربي، دار الكتب للطباعة والنشر، بغداد، 2021، ص45.

3) البنك الدولي، تقرير المياه في الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، واشنطن، 2023.

هذا فضلًا عن تكرار موجات الجفاف Drought waves وارتفاع درجات الحرارة عن معدلاتها الطبيعية والتي أدت إلى تراجع احتياطي المياه الطبيعية Natural water reserve وتدهور نوعيتها، وتأزم الوضع مع زيادة الطلب على المياه للاستخدامات المختلفة سواء كانت زراعية أو صناعية أو منزلية، لذا أصبح من الضروري تبني استراتيجيات وخطط إدارة فعالة للمياه؛ من أجل ضمان استدامتها المستقبلية ومواجهة آثار التغير المناخي، اذ أن هذا الانخفاض يشكل تهديدًا خطيرًا للأمن المائي الوطني National water security، اذ يؤدي إلى محدودية المياه المتاحة للاستخدامات المختلفة، ولا ننسى أن العراق يعاني من تلوث متزايد في المياه السطحية والجوفية بسبب الصرف الزراعي والصناعي غير المعالج وهو ما جعل جودة المياه قضية موازية لكميتها [1]

المبحث الثاني: إدارة الطلب المائي كخيار استراتيجي

إدارة الطلب المائي Water demand management

يراد بإدارة الطلب المائي توجيه أنماط الاستهلاك Consumption نحو الاستخدام الكفوء للمياه بدلًا من التركيز على سياسات زيادة الإمدادات[2]، وذلك عن طريق تخفيض الفاقد ورفع كفاءة الاستخدام في مختلف القطاعات، لا سيما القطاع الزراعي Agricultural sector الذي يعتبر أكثر القطاعات استهلاكًا للمياه في العراق، وفي هذا السياق شرعت وزارة الموارد المائية العراقية (I.M.O.W.R) بتنفيذ برامج وخطط بغاية ترشيد الاستخدام الزراعي عبر إدخال تقنيات الري الحديثة مثل الري بالرش (Spraying) والري بالتنقيط (Dotting)، لما لها من مساهمات في خفض كميات المياه المهدورة وتحسين إنتاجية وحدة المياه، ومع ذلك ما زال تطبيق هذه التقنيات على نطاق محدود؛ نتيجة ضعف التمويل وقلة الخبرات الفنية وغياب برامج التدريب والإرشاد الزراعي الكفيلة بتوسيع اعتمادها على نطاق واسع [3] جدول (4) وشكل (1).

جدول (2) حصة الفرد من المياه في العراق مقارنة بدول الجوار (م3/سنة)

الدولة	عام 2000	عام 2020	عام 2035 (تقديري)
العراق	3125	1100	600
إيران	2000	1500	1200
الأردن	175	90	60
السعودية	120	70	50
تركيا	4000	3300	2900

المصدر: 1) تقرير البنك الدولي لعام (2023)
2) FAO Aquastat Database

ويعتمد العراق اعتمادًا شبه كلي على نهري دجلة والفرات وروافدهما في تأمين ما يزيد عن 90% من متطلباته المائية، الأمر الذي يجعل البلاد شديدة التأثر بأي تغيرات ممكن أنتطرأ على إيراداتهما المائية، وأسهم إنشاء السدود والخزانات المائية في دول المنابع ولا سيما (تركيا وإيران وسوريا) في تقليص كميات المياه المتدفقة إلى نهري دجلة والفرات وروافدهما، تزامنًا مع آثار التغيرات المناخية Climate Changes التي انعكست مباشرة على معدلات الأمطار الموسمية وتذبذب تدفقات الأنهار الرئيسة، وعليه شهدت التدفقات المائية الواردة إلى الأراضي العراقية انخفاضًا ملحوظًا تجاوزت نسبته 50% في اثناء العقود الأخيرة، مما فاقم من حدة العجز المائي وعمق التحديات المرتبطة بإدارة الموارد المائية وتحقيق الأمن المائي المستدام جدول(3).

جدول (3) مؤشرات التغير المناخي وتأثيره في الموارد

المؤشر	2000-2010	2010-2020	2020-2035 (تقديري)
معدل انخفاض الامطار السنوي (ملم)	- 5 %	- 12	- 18
معدل زيادة درجات الحرارة (°م)	0,8	1,3	2,1
معدل التبخر ملم/ سنة	1800	2100	2400
نسبة انخفاض الجريان السطحي (%)	10	25	40

[1]) وزارة البيئة العراقية، تقرير جودة المياه السنوي، بغداد، 2023.
[2]) Allan, J. Water, Politics and Development in the Middle East, Routledge, 2019.
[3]) محمد الجاف، إدارة الطلب على المياه في الزراعة العراقية، ط1، دار الجامعة للطباعة والنشر، جامعة السليمانية، 2020، ص55-57.

بين القطاعات، وعلى الرغم من هذا الاستهلاك العالي الا أن العائد الإنتاجي Production return للمتر المكعب من المياه المستخدمة في الزراعة لا يتجاوز نصف المعدل العالمي، الأمر الذي يدل

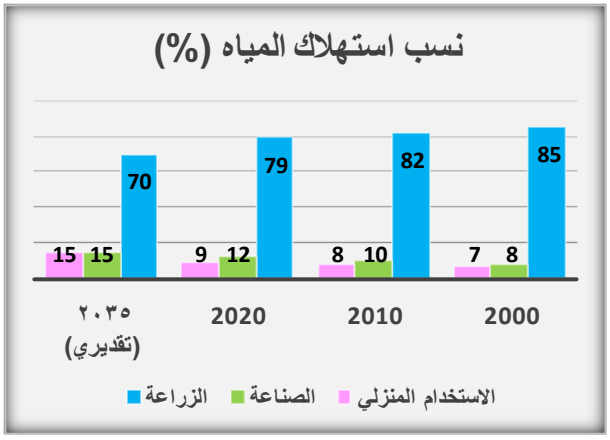
على انخفاض كفاءة استخدام المياه بسبب اعتماد أساليب ري تقليدية وزراعة محاصيل ذات استهلاك مائي عالي، فضلا عن تردي تطبيق التقنيات الحديثة والإدارة المتكاملة للموارد المائية، ويؤكد هذا الواقع أهمية تبني سياسات فعالة لإدارة الطلب المائي وتحسين إنتاجية وحدة المياه كمدخل أساسي لتعزيز الأمن المائي Water security وتحقيق الاستدامة [1] جدول(5) وشكل(2)

جدول (5) نسب استهلاك المياه حسب القطاعات والاستخدامات في العراق(%)

القطاع	2000	2010	2020	2035 (تقديري)
الزراعة	85	82	79	70
الصناعة	8	10	12	15
الاستخدام المنزلي	7	8	9	15

المصدر: وزارة التخطيط العراقية (2022) –GIZ UNDP (2021)

شكل (2) نسب استهلاك المياه حسب القطاعات والاستخدامات في العراق(%)



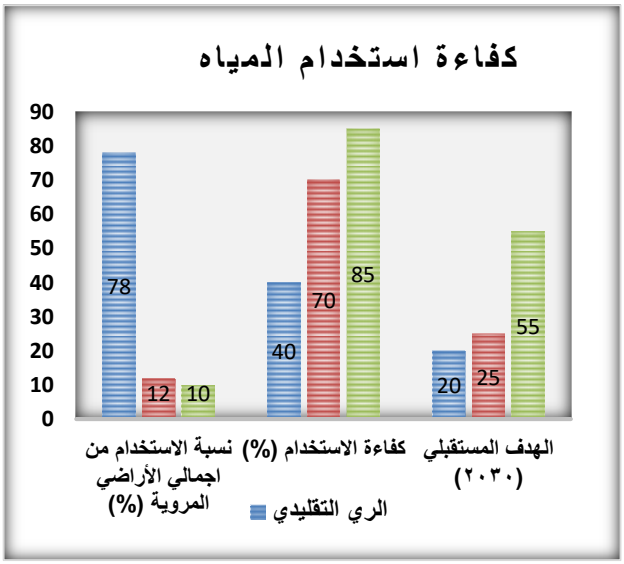
المصدر: الاعتماد على جدول (5)

جدول (4) كفاءة استخدام المياه في الاستخدامات الزراعية

نوع الري	نسبة الاستخدام من اجمالي الأراضي المروية (%)	كفاءة الاستخدام (%)	الهدف المستقبلي (2030)
الري التقليدي	78	40	20
الري بالرش	12	70	25
الري بالتنقيط	10	85	55

المصدر: وزارة الزراعة العراقية (2021)
FAO (2022)

شكل (1) كفاءة استخدام المياه في الاستخدامات الزراعية



المصدر: الاعتماد على جدول (4).

وتشير الدراسات إلى أن القطاع الزراعي يستهلك أكثر ما يقاب نسبة 75% من إجمالي الموارد المائية في العراق، في حين لا تتجاوز حصة القطاع الصناعي نسبة 12%، وتنخفض الاستخدامات المنزلية عن نسبة 9%، وهذا التباين في الاستخدامات يعكس اختلال هيكل توزيع المياه

[1]) FAO, Water Productivity Analysis in Iraq, Rome, 2022.

Source: 1) Water Reuse, a Sustainable Alternative in the Context of Water Scarcity: "This paper explores benefits and barriers of water reuse" MDPI, 2023.

2) Unconventional water resources: Global opportunities and challenges: "Here, desalination was the most popular technology used" ScienceDirect, 2022.

3) Diversifying Water Sources with Atmospheric Water Harvesting to Enhance Water Supply Resilience: "A series of atmospheric water harvesting have been proposed" MDPI, 2022

4) The Importance of Nonconventional Water Resources under Water Scarcity MDPI, 2023.

5) Decision making for implementing non-traditional water sources: a review of challenges and potential solutions: "Diversifying water portfolios review of challenges and potential solutions". Nature, 2023.

المبحث الثالث: آفاق الاستدامة والتعاون الإقليمي

لا يمكن تحقيق الأمن المائي Water Security في العراق بمعزل عن التعاون الإقليمي Regional Cooperation، ولا سيما مع دول المنابع والجوار مثل (تركيا وإيران)، إذ إن إدارة الأنهار العابرة للحدود تتطلب أطرًا تفاوضية وقانونية قائمة على قاعدة المنفعة المشتركة بدلًا من منطق الصراع بين الدول، كما يعد تعزيز الدبلوماسية المائية Water Diplomacy أداة ذات فاعلية لبناء الثقة وتنظيم تقاسم الموارد المائية، والحد من التوترات الإقليمية بما يسهم في تحقيق الاستقرار المائي على المدى الطويل [2].

[2]) نزار حسن، الدبلوماسية المائية في العراق - الواقع والتحديات، مركز البيان للدراسات والتخطيط، بغداد، 2023، ص19.

أدوات الأمن المائي غير التقليدي Non-traditional water security tools

تشمل أدوات الأمن المائي الحديث ما يلي:

1) إعادة استخدام المياه العادمة Wastewater بعد معالجتها، وهو حل مستدام لتقليل الضغط على الموارد السطحية.

2) تحلية المياه المالحة Salt water في مناطق الجنوب العراقي باستخدام الطاقة الشمسية.

3) حصاد مياه الأمطار والسيول في المناطق الجافة وشبه الجافة.

4) الرقمنة المائية* Water digitization عبر نظم المعلومات الجغرافية GIS والاستشعار عن بعد RS لمراقبة الموارد المائية [1] جدول (6).

جدول (6) أدوات الأمن المائي غير التقليدي

الأداة	التعريف	المؤشرات
إعادة استخدام المياه (Reclaimed Water)	معالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها في قطاعي الزراعة والصناعة	مقدار المياه المعالجة وجودتها ونسبة استخدامها في القطاع الزراعي
تحلية المياه (Desalination)	إزالة الأملاح والمعادن من المياه واعادتها صالحة للاستخدام	كمية المياه المنتجة وتكاليف التحلية واستهلاك الطاقة
جمع مياه الأمطار (Rainwater Harvesting)	تخزين مياه الأمطار واستخدامها عند الحاجة	حجم ما يخزن اعداد نظم الجمع والتغطية المكانية
تقنيات الري الحديثة (Modern Irrigation)	استخدام نظم الري بالتنقيط أو الرش لتخفيض الفاقد	نسبة الماء المتوفر وكفاءة استخدامه وحجم المساحة المغطاة
الرقمنة المائية (Water Digitization)	استخدام GIS، RS، IOT وتحليل البيانات لإدارة الموارد المائية	جودة البيانات المجمعة وعدد المحطات المراقبة وتحسين كفاءة التوزيع
التوعية وإدارة الطلب (Demand Management & Awareness)	حملات تثقيفية وخطط وإستراتيجيات ترشيد الاستهلاك	الترشيد في الاستهلاك والبرامج التوعوية ومستوى التزام المستهلكين

[1]) سامر خليل، التقنيات المائية الحديثة وإدارة الموارد، ط1، الموصل، دار ابن الهيثم للطباعة والنشر، جامعة الموصل، 2021، ص89.

* الرقمنة المائية: يراد بها استخدام الأدوات الرقمية الذكية (أجهزة وانترنت الأشياءGISالاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية والذكاء الصناعي وتحليل البيانات في إدارة الموارد المائية IOT بكفاءة عالية عن طريق تحسين مراقبة الكم والنوع ودعم القرارات المتعلقة بالتوزيع والاستهلاك المستدام. ينظر: UNESCO. The United Nations World Water Development Report 2021: Valuing Water. Paris: UNESCO, 2021.

River Basins

مع العراق مثل تركيا وإيران وسوريا، ويتيح تأسيس هيئات أو لجان مشتركة لإدارة مياه الأنهار العابرة للحدود، ومن جانب الاستدامة المستقبلية تسمح هذه الخطوة بتنسيق السياسات والممارسات حول الجريان المائي Water flow ونوعية وجودة المياه وإدارة الأحواض النهرية ومواجهة الندرة المائية، مما يقلل من المخاطر البيئية والاجتماعية ويعزز الاستقرار المائي Water stability على المدى المتوسط والطويل[4] جدول (7).

جدول (7) العلاقة بين الندرة المائية والاستدامة

مستوى الندرة	التأثير على التنمية	الحلول المستدامة
منخفضة	نمو زراعي واقتصادي طبيعي	تعزيز الإدارة المتكاملة
متوسطة	ضغوط على الزراعة والمياه الجوفية	تحسين الكفاءة والاستخدام
شديدة	نزاعات مائية وتدهور البيئة	الابتكار وإعادة الاستخدام والتحلية

- الاستنتاجات: يتبين من البحث موضوع الدراسة:)
يظهر أن هناك حاجة ملحة إلى بنية مؤسسية قوية ودبلوماسية مائية فعالة في العراق.

5) يعد القطاع الزراعي أكبر قطاع مستهلك للمياه في العراق مع تراجع واضح في كفاءة الاستخدام، ما يستدعي إعادة هيكلة أنماط الري واختيار المحاصيل الزراعية.

6) للتغيرات المناخية دور مباشر في تفاقم العجز المائي من خلال انخفاض الأمطار وارتفاع درجات الحرارة وزيادة معدلات التبخر.

7) إن اعتماد العراق شبه الكلي على الأنهار العابرة للحدود جعله أكثر عرضة للتأثر بالسياسات المائية لدول المنابع.

- المقترحات: يقترح البحث موضوع الدراسة الآتي:

1) إعادة هيكلة السياسة المائية الوطنية لتبني مفهوم إدارة الطلب بما ينسجم مع العرض.

2

ثانيًا: مبادرات إقليمية وجوازات العمل الفعلية

- أعلنت مبادرة إقليمية لحماية نهري نهر دجلة ونهر الفرات تحت شعار «مياهنا... مستقبلنا»، ومثلت هذه المبادرة منصة استراتيجية لتعريف الأدوار والمسؤوليات المتبادلة والتعاون المشترك[1] وأن هذا التوجه التقني والإداري يعد ضروريًا في ظل التوقعات بانخفاض إمدادات المياه وتزايد الطلب والنمو السكاني Population growth، لذا فإن تعزيز كفاءة الاستهلاك يعد من دعائم الاستدامة، كما أن الاستدامة لا تقتصر على الإدارة الداخلية وانما هناك نوعًا من التداخل مع المتغيرات الإقليمية Regional variables أو ما يعرف بـ (الأحزمة المائية المشتركة) والتعاون البنيوي لإيجاد حلول مشتركة مثل (معالجة المياه واستخدام المياه غير التقليدية وإعادة التصريف). وتعتمد الفرص على بناء قدرات مؤسساتية وتعزيز الشفافية وتبادل البيانات بين الدول، فضلًا عن دمج القطاع الخاص والمجتمع المدني في عملية إيجاد الحلول، وتبني التمويل الدولي International finance للمشاريع الكبرى، وبهذه الطريقة يمكن للعراق أن يستفيد من دوره كجسر مائي بين المنابع والمصب،

- في محافظة البصرة تم تنفيذ مشروع (بريطاني-عراقي) لمعالجة واستثمار المياه غير التقليدية (مياه صرف زراعي ومياه صناعية مالحة ومياه الأمطار) كجزء من توجه الاستدامة المائية Water sustainability والابتكار في الموارد[2]

وتتضمن آفاق الاستدامة والتعاون الإقليمي:

أولا: الانضمام إلى الأطر القانونية الدولية للتعاون المائي

يعد انضمام العراق إلى Helsinki Convention (المعروفة باسم «اتفاقية المياه») خطوة نوعية، إذ أصبح أول دولة في الشرق الأوسط تضطلع بهذه الاتفاقية، ما يشكل أطرًا قانونية تعزز التعاون عبر الحدود في إدارة الموارد المائية المشتركة Shared water resources[3]، وأن لهذا الانضمام دورًا هامًا في وضع الزامات قانونية واجتماعية لإبرام اتفاقيات مشتركة مع الدول المجاورة التي تتشارك الأحواض النهرية

[4]» الأمم المتحدة في العراق، (Iraq's accession to UN Water Convention opens new opportunities to strengthen transboundary water cooperation in the Middle East.«

3) Iraq Business News Iraq First Country in me to join UN Water Convention

[1]) Iraqi News Agency ،Al-Sudani announces Regional Initiative to Protect the Tigris and Euphrates Rivers.

[1]) UNDP, Iraq Climate Resilience Report, New York, 2023.

رابعًا: التحديات والفرص المستقبلية

من التحديات الكبرى التي تواجه استدامة المياه في العراق هي أن معظم المياه السطحية تكون ضمن أحواض نهرية عابرة للحدود وهذه لعبت دور هام في تحديد الطلب المائي المستقبلي في العراق جدول(8)، مما يجعل العراق عرضة لتغيرات السياسات المائية لدى الدول المنبع، ومن جهة أخرى تكمن الفرصة الكبيرة في أن التعاون الإقليمي Regional cooperation – قانونيًا وتقنيًا – قد يحول التحدي إلى فرصة لبناء منظومة إدارة مشتركة لمياه الأحواض، مما يسهم في تحقيق الأمن المائي والاستقرار الإقليمي والتنمية المستدامة Sustainable Development[2] على مستوى التنفيذ.

جدول (8) تقدير الطلب المائي المستقبلي في العراق مليار م^3 /سنة

السنة	الطلب الزراعي	الطلب الصناعي	الطلب المنزلي	الإجمالي المطلوب
2020	37	5,6	2,4	45,0
2025	38	6,2	2,8	47,0
2030	39	7,0	3,5	49,5
2035	40	8,0	4,0	52,0

) توسيع مشاريع إعادة الاستخدام للمياه والتحلية باستخدام الطاقات المتجددة وحصاد المياه لاسيما في القطاعات الزراعية والصناعية.

3) التوسع في استخدام تقنيات الري الحديثة (التنقيط والرش) وربطها ببرامج دعم حكومي وإرشاد زراعي، مع تشجيع الشراكة بين القطاعين العام والخاص في تنفيذ مشاريع المياه غير التقليدية.

4) تشجيع البحث العلمي والابتكار والتقنيات الذكية في إدارة المياه.

5) تعزيز الوعي المجتمعي حول ثقافة الاستهلاك المستدام وعمليات الترشيد.

6) إطلاق مبادرات إقليمية للتعاون المائي على أساس العدالة والمنفعة المشتركة في تقسيم المياه.

7) إدماج اعتبارات التغير المناخي بشكل صريح في جميع الخطط والسياسات المائية المستقبلية، مع إنشاء قاعدة بيانات وطنية موحدة للمياه تعتمد على التقنيات الرقمية لدعم هذه الخطط المستقبلية.

1) أن الأمن المائي في العراق تجاوز مسألة وجود الموارد المائية إلى قضية إدارة وتخطيط استراتيجي في ظل التغيرات المناخية والضغوطات الإقليمية.

2) المقاربة والسياسات التقليدية في التعامل مع المياه وادارته أثبتت فشلها أمام تحديات القرن، وعدم قدرتها على مواجهة الندرة المائية.

3) تطبيق أدوات الأمن المائي غير التقليدي ضرورة لا غنى عنها لتحسين الكفاءة والاستدامة

وأن يحول التحدي إلى محور تعاون إقليمي واستدامة بيئية Environmental Sustainability كما أن الاستثمار في التقنيات المائية الذكية والبحث العلمي يمكن أن يخلق تحولًا نوعيًا في إدارة الموارد ويقلل من هشاشة العراق أمام التغير المناخي Climate change [1]

[2]) UNECEF ourth International Baghdad Water Conference spotlights importance of transboundary water cooperation for peace and development in the region .

1) FAO ،Iraq advances data-driven irrigation and water governance with FAO's Wap OR support .

قائمة المصادر:

1) الجاف، محمد، إدارة الطلب على المياه في الزراعة العراقية، ط1، دار الجامعة للطباعة والنشر، جامعة السليمانية، 2020.

2) حسن، نزار، الدبلوماسية المائية في العراق - الواقع والتحديات، مركز البيان للدراسات والتخطيط، بغداد، 2023.

3) خليل، سامر، التقنيات المائية الحديثة وإدارة الموارد، ط1، الموصل، دار ابن الهيثم للطباعة والنشر، جامعة الموصل، 2021.

4) السامرائي، علي، إدارة الموارد المائية في الوطن العربي، دار الكتب للطباعة والنشر، بغداد، 2021.

5) الأمم المتحدة، تقرير التنمية المائية العالمي، نيويورك، 2022.

6) الأمم المتحدة، تقرير يوم المياه العالمي، نيويورك، 2025.

7) البنك الدولي، تقرير المياه في الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، واشنطن، 2023.

8) وزارة البيئة العراق (2023)

9) وزارة البيئة العراقية، تقرير جودة المياه السنوي، بغداد، 2023.

10) وزارة التخطيط العراقية (2022)

11) وزارة الزراعة العراقية (2021)

12) وزارة الموارد المائية العراقية، تقرير الأمن المائي في العراق، بغداد، 2022.

13) وزارة الموارد المائية العراقية، تقرير الموارد المائية السنوي، بغداد، 2023.

14) وزارة الموارد المائية، المديرية العامة للمساحة وقسم انتاج الخرائط، 2010.

15) FAO, Water Productivity Analysis in Iraq, Rome, (2022&2023)

16) Allan, J. Water, Politics and Development in the Middle East, Routledge, 2019.

17) Decision making for implementing non-traditional water sources: a review of challenges and potential solutions: “Diversifying water portfolios review of challenges and potential solutions.” Nature, 2023.

18) Diversifying Water Sources with Atmospheric Water Harvesting to Enhance Water Supply Resilience: “A series of atmospheric water harvesting have been proposed” MDPI, 2022.

19) FAO Aquastat Database.

20) FAO, Water Use Efficiency and Non-conventional Water Resources, Rome, 2021.

21) GIZ–UNDP(2021).

22) Gleick, Water Security and Conflict. Oxford University Press,2018.

23) IPCC (2021).

24) Iraq Business News Iraq First Country in me to join UN Water Convention.

25) Iraq’s accession to UN Water Convention opens new opportunities to strengthen transboundary water cooperation in the Middle East.

26) Iraqi News Agency ،Al-Sudani announces Regional Initiative to Protect the Tigris and Euphrates Rivers.

27) Iraqi News Agency ،Iraqi-British Cooperation Puts Basra on the Water Sustainability Map .

28) Water Reuse, a Sustainable Alternative in the Context of Water Scarcity: “This paper explores benefits and barriers of water reuse” MDPI, 2023

29) The Importance of Nonconventional Water Resources under Water Scarcity MDPI, 2023.

30) Unconventional water resources: Global opportunities and challenges: “Here, desalination was the most

World Water Day: Non-traditional water security in Iraq between scarcity, demand management, and future sustainability in the face of climate change

Harbia Shirza Aziz
General Directorate of Education in Diyala
harbyiasherza@gmail.com
Marwa Mohammed Joudah
University of Babylon / College of Basic Education
marwa.mohammed@uobabylon.edu.iq

Abstract:

Water security constitutes one of the most significant challenges facing countries in the twenty-first century, particularly Iraq, which is experiencing a decline in its water resources as a result of climatic, human, and political factors driven by contemporary climate change. This research aims to address the concept of non-traditional water security in Iraq as a new approach to managing water scarcity through demand-management policies, modern technologies, water reuse, and water governance. The study adopts both the descriptive and analytical approaches, relying on official data and international reports on the state of water resources in Iraq, with a focus on the potential opportunities for achieving water sustainability in light of climate change and regional water tensions.

Keywords: World Water Day, Water Security, Iraq, Demand Management, Sustainability, Climate change.

تاثير عمليات الارواء بمياه الصرف الزراعي على تربة منطقة بلدروز (دراسة جيومورفولوجية)

ا.م.د.ياسر محمد عبد

قسم الجغرافية-، كلية التربية للعلوم الانسانية-، جامعة ديالى

الملخص

تعد منطقة بلدروز احد اقضية محافظة ديالى، فهي تشتهر بسعة اراضيها وتربتها وانتاجها الزراعي، وبما ان التربة هي احد أهم الموارد الطبيعية التي يعتمد عليها النشاط الزراعي، ولها الدور الاساسي في توفير الوسط الملائم لنمو النباتات وإنتاج الغذاء، ونظرا لتذبذب مصادر المياه في المنطقة وانخفاض وارداتها وشحتها، لذلك اتجه المزارعون إلى استخدام مصادر مائية بديلة لتلبية احتياجات مزروعاتهم من المياه ومن بينها مياه الصرف الزراعي. التي تعد من المصادر الملوثة بالاملاح والمركبات الناجمة عن استخدام الاسمدة والمبيدات الكيميائية، لذا فان هذه التربة تعاني من مشكلة تراكم الاملاح على سطحها مؤدية الى انخفاض خصوبتها وانتاجيتها وتدهورها، وتهدف الدراسة الى رصد مظاهر هذا التدهور وخاصة تراكم الاملاح فوق سطح التربة نتيجة للاستخدام المستمر لمياه ذات نوعية رديئة، ويتم ذلك من خلال قياس مستوى ملوحة مياه الصرف الزراعي والتربة المروية بها ومقارنتها مع مستوى المياه العذبة في المنطقة، ومن ثم توضيح الآثار الجيومورفولوجية الناجمة عن هذه الظاهرة وخاصة تراكم الاملاح على السطح، وتكمن اهمية الدراسة من خلال اهمية التربة كونها مورد طبيعي مهم غير قابل للتجدد او يحتاج فترة طويلة من اجل تجدده، واعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي والتحليلي والمقارن، من خلال العمل الميداني وجمع عينات التربة من مواقع مختارة تُروى بمياه صرف زراعي، إضافة إلى تحليل خصائصها مختبريا كالملوحة، والمادة العضوية، والنسجة، والاس الهيدروجيني (pH)، وتحليل عينات من مياه صرف زراعي مع عينة مياه عذبة ومقارنة نتائجها مع بعضها، اذ تراوحت قيم الملوحة فيها بين (ds/m5.11-3.16) في حين سجلت المياه العذبة المتمثلة بجدول الروز (ds/m0.98)، كما تم الاستعانة بالبيانات المناخية لتوضيح العلاقة بين مصادر المياه المستخدمة ونشاط العمليات الجيومورفولوجية البيئية، وتوصلت الدراسة إلى أن استخدام مياه الصرف الزراعي أدى إلى زيادة ملوحة التربة المروية بهكذا مياه فسجلت قيما انحصرت بين (2.48- ds/m 26.7) وتدهورت خصوبتها مع ظهور مؤشرات على تراجع انتاجها الزراعي وتزايد مخاطر التصحر والتملح، وخلصت الدراسة إلى ضرورة ترشيد استخدام مياه الصرف الزراعي ومعالجتها قبل الري، واستخدام محاصيل زراعية مقاومة للملوحة في الاجزاء التي تعتمد على مياه صرف زراعي في عملية الارواء، وتوعية المزارعين الى خطورة هذه الظاهرة في تدهور التربة وتصحرها.

الكلمات المفتاحية: عمليات الارواء ، مياه الصرف الزراعي ، التربة ، الجيومورفولوجيا

المقدمة

ان تزايد الطلب على الغذاء والموارد الزراعية ادى الى استغلال التربة والموارد المائية بشكل مفرط، الأمر الذي ساهم في تحقيق استثمار اقتصادي وإنتاجي مهم، إلا أنه في الوقت نفسه ادى إلى تدهور خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية نتيجة سوء الإدارة الزراعية، لذا ان تحويل جزء كبير من سطح الأرض إلى أراضٍ زراعية يمثل تغييرًا هائلًا في الأداء البيئي للأرض ويُعتبر استمراره ضروريًا لرفاهية الإنسان، اذ تغطي النظم البيئية الزراعية ما يُقدّر بنحو 40% من سطح الأرض، وتُحدث تأثيرات على النظم البيئية الأخرى كتدفقات المياه في الانهار العالمية، إذ يُستخدم حوالي ثلثي المياه المُتدفقة من هذه الأنهار لري المزروعات، وتحمل المياه العائدة من الأراضي الزراعية إلى الأنهار والبحيرات معها الأسمدة الزراعية التي تُقلل من جودة المياه في النظم البيئية المائية (W. Neil Adger, Ir ene Lorenzoni, Kar en L. O'Brien,2009),

تمتاز مياه الصرف الزراعي المستخدمة في عملية الارواء بارتفاع نسب ملوحتها مقارنة مع مياه مشروع الروز الاروائي القادمة من بحيرة حمرين، وهذا بدوره يؤثر على خصائص تربة المنطقة.

تتاثر التربة المروية بمياه الصرف الزراعي بشكل مباشر وغير مباشر بعناصر المناخ (حرارة ، امطار ، تبخر)

ان استخدام مياه الصرف الزراعي ادى الى تدهور التربة بشكل تدريجي مع تكرار هذه العملية خلال السنوات الجافة .

منهجية الدراسة:

تم استخدام عدة مناهج في هذه الدراسة الاول هو المنهج الوصفي الذي تم من خلاله وصف الظاهرات الجيومورفولوجية البيئية الناجمة عن استخدام مياه الصرف الزراعي في عمليات الارواء اثناء الزيارات الميدانية (الحقلية) ، اما المنهج الثاني فهو المنهج التحليلي المختبري الذي اعتمد على تحليل عينات من التربة والمياه، الشكل (1)، والماخوذة من مواقع مختارة الشكل(2) ، ومن ثم استخدام المنهج المقارن من خلال مقارنة نتائج مياه الصرف الزراعي مع المياه العذبة القادمة من بحيرة حمرين من اجل استخلاص النتائج.



الشكل(1) صورة عينات مياه و تربة اثناء نقلها الى المختبر



الشكل (2) صورة عينة مياه صرف زراعي

وتعد التربة من أهم الموارد الطبيعية التي يعتمد عليها النشاط الزراعي، إذ تؤدي دورًا أساسيًا في توفير الوسط الملائم لنمو النباتات وإنتاج الغذاء، ومع تزايد الطلب على المياه في المناطق الزراعية، ولا سيما في المناطق الجافة وشبه الجافة اتجه المزارعون إلى استخدام مصادر مائية بديلة، من بينها مياه الصرف الزراعي، لتلبية احتياجات الري والمحافظة على استمرارية الإنتاج الزراعي، وهي المياه المتبقية من عمليات الري والتي يتم تصريفها عبر شبكات البزل بعد أن تحمل معها كميات من الأملاح والعناصر الكيميائية والمواد العالقة الناتجة عن التربة والأسمدة والمبيدات، وعند إعادة استخدام هذه المياه في عمليات الإرواء فإنها قد تؤثر بشكل مباشر في خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية (عبدالله سالم المالكي و نجم عبدالله رحيم، 2012)

مشكلة الدراسة

الرئسية: ماهو الاثر البيئي لاستخدام مياه الصرف الزراعي في عمليات ارواء تربة منطقة بلدروز؟

الثانوية:

ماهو اثر عمليات الإرواء بمياه الصرف الزراعي في زيادة تملح التربة وماهو اثره في نسجتها؟

ما هو مستوى ملوحة مياه الصرف الزراعي المستخدمة في عمليات الارواء وهل توجد فروق واضحة بينها وبين ملوحة مياه مشروع الروز الاروائي القادمة من بحيرة حمرين وما تأثير ذلك في خصائص التربة الزراعية في المنطقة ؟

هل يؤثر المناخ بعناصره (حرارة ، امطار ، تبخر) في عمليات ارواء التربة بمياه الصرف الزراعي؟

هل اسهمت هذه العمليات في زيادة تدهور التربة في المنطقة وماهو مستقبلها في حال استمرار هذا النمط من الارواء؟

فرضية الدراسة

فرضية الدراسة الرئيسية: تتاثر بيئيا تربة منطقة بلدروز المروية بمياه الصرف الزراعي من خلال تملح سطحها وتدهورها وتصحرها.

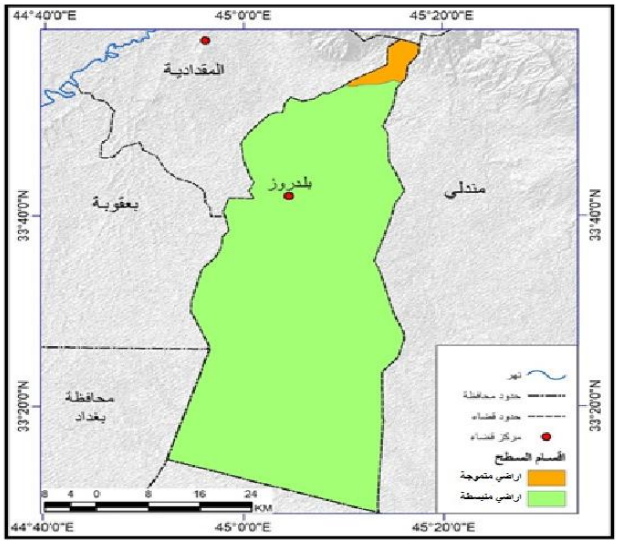
الثانوية:

يودي استخدام مياه الصرف الزراعي في عمليات ارواء تربة منطقة بلدروز الى زيادة تملحها.

الطوبوغرافية

تمتاز المنطقة البالغ مساحتها (2086كم2) بالانبساط في معظم اجزائها باستثناء الجزء الشمالي الشرقي منها والبالغ مساحته (43كم2) وبنسبة مؤية مقدارها (2.1%)، والذي يمتاز بتضرس بسيط من خلال وجود بعض التلال المنفردة ذات الانحدارات البسيطة، ويتراوح ارتفاع هذا الجزء بين (85-130م) فوق مستوى سطح البحر، اما الجزء المنبسط والسهلي الذي يتراوح ارتفاعه بين (23-84م) فوق مستوى سطح البحر فيغطي مساحة مقدارها (2043كم2) وبنسبة (97.9%) وهو الجزء الاعظم منها الشكل (4 خريطة اقسام السطح) ، ويمتاز بالانبساط مع وجود انحدار عام وبسيط للمنطقة من الشمال الشرقي باتجاه الجنوب والجنوب الغربي بمقدار ستة فئات انحدارية حسب تصنيف Zuidm ، وان غالبيتها تنحصر بين (2-18درجة) وهي الاجزاء المستثمرة في النشاط الزراعي، اما المتبقي منها فينحصر بين (18-اكثر من 24 درجة)، وتتركز في الاجزاء الشمالية والشمالية من المنطقة ، الشكل (5 خريطة درجات الانحدار)، وبتخلل هذا الانبساط وجود بعض الاجزاء المنخفضة التي تكون المستنقعات(احمد قحطان فخري، 2025).

الشكل (4) خريطة اقسام السطح

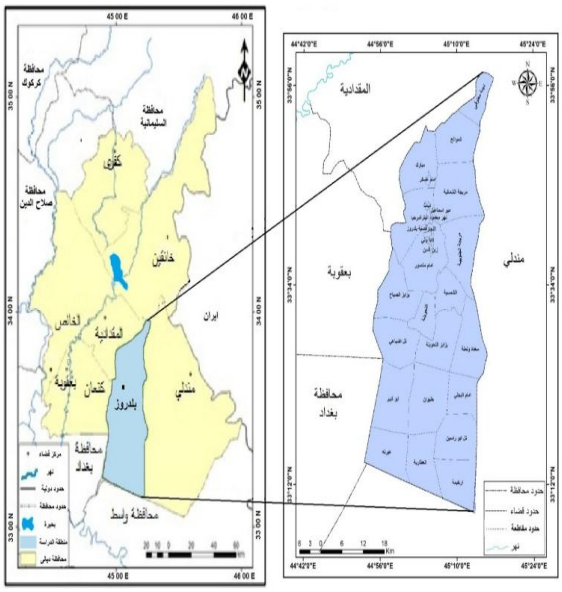


(المصدر: نموذج التضرس الرقمي (DEM) بدقة 30 متر مربع لسنة 2020 ومعالجتها باستعمال Arc Map 10.8 (GIS

موقع وحدود منطقة الدراسة

تقع المنطقة جغرافياً في الجزء الشرقي من محافظة ديالى وهي احد اقضيتها، وتبعد حوالي 120كم شمال شرق العاصمة بغداد، اذ يحدها من الشمال الشرقي قضاء خانقين ومن الشمال الغربي قضاء المقدادية ومن الغرب ناحية كنعان ومن الجنوب الغربي محافظة بغداد اَما من الجنوب فمحافظة واسط فيما يحدها من الشرق قضاء مندلي، اَما الحدود الفلكية فهي تقع بين دائرتي عرض(" (33°41') (33°20'30شمالاً و خطي طول ('44°49) ("45°9'30) شرقاً. الشكل(3) خريطة منطقة الدراسة.

الشكل (3) خريطة موقع وحدود منطقة الدراسة



(المصدر : وزارة الموارد المائية ، الهيئة العامة للمساحة، خريطة العراق الادارية، مقياس 1:1000000، لسنة 2022)

اهداف ومبررات الدراسة

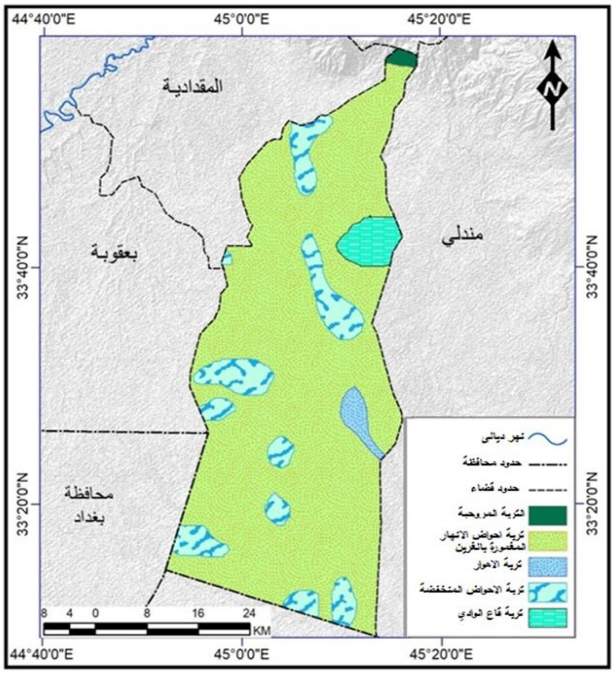
1-دراسة وتحليل تأثير الإرواء بمياه الصرف الزراعي على 2-الخصائص الجيومورفولوجية والبيئية لتربة منطقة بلدروز.

3-رصد مظاهر تدهور التربة وخاصة تملح سطحها نتيجة للاستخدام المستمر لمياه ذات نوعية منخفضة.

4-قياس مستوى ملوحة مياه الصرف الزراعي والتربة المروية بها ومقارنتها مع مستوى المياه العذبة في المنطقة.

5-ضرورة تقييم المخاطر البيئية لتربة المنطقة قبل تفاقمها وتحولها إلى ظاهرة تصحر.

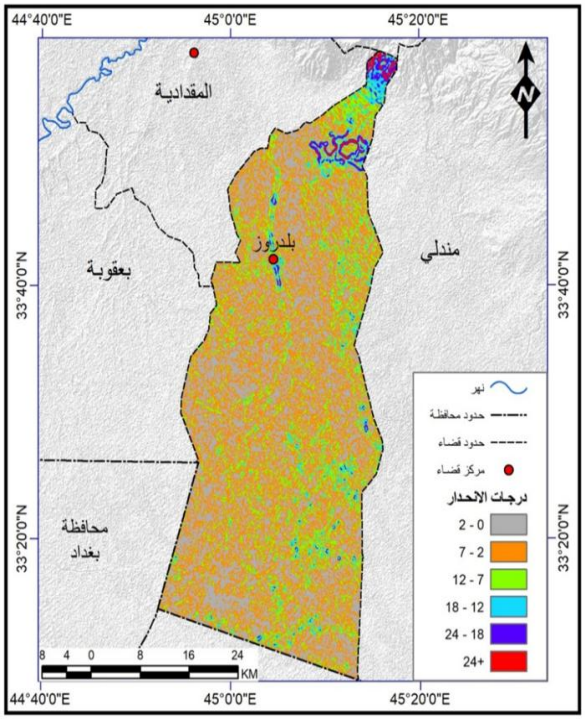
الشكل(6) خريطة اصناف التربة



(المصدر: أ- وزارة الزراعة، خريطة العراق الاستكشافية، ب. بيورنك، اراضي العراق واحوال التربة، قسم التربة والكيمياء الزراعية، مديرية البحوث والمشاريع الزراعية العامة، 1960)

المناخ يعد المناخ من اهم العوامل الطبيعية التي تساهم في تكوين وتطور التربة من خلال تاثير عناصره المختلفة، كالحرارة والامطار (علي سالم الشوراة،2012) اذ توجد صلة وثيقة جدا بين علمي المناخ والهيدرولوجيا، وقد ادت الى تطور فرع من فروع علم المناخ يعرف بعلم المناخ المائي (علي صاحب طالب الموسوي وعبدالحسين مدفون ابو رحيل، 2011) وتم الاعتماد على بيانات محطتي الخالص والعزيزية المناخيتين كونهما الاقرب للمنطقة، فمن خلال معطيات بعض العناصر المناخية المختارة جدول (1) يتبين ان المنطقة تعاني من نقص شديد في الامطار وارتفاع في درجات الحرارة العظمى والصغرى والمدى وارتفاع نسب التبخر بشكل كبير الامر الذي يؤدي الى تدهور التربة بسبب ارتفاع نسب الملوحة السطحية هذا في حال استخدام المياه العذبة في عمليات الارواء، فكيف اذا ما كانت المياه هي مياه صرف زراعي ذات ملوحة كبيرة، ناهيك عن استخدام الطرق التقليدية في الارواء (طريقة الغمر)، اذ ان ارتفاع درجات الحرارة يؤدي الى زيادة كميات التبخر بشكل كبير مؤديا الى تراكم الاملاح فوق سطح التربة، وما يزيد من هذه المشكلة هو قلة عمليات غسل التربة التي تنشا بفعل الامطار.

الشكل (5) خريطة درجات الانحدار حسب Zuidm



(المصدر: نموذج التضرس الرقمي (DEM) بدقة 30 متر مربع لسنة 2020 ومعالجتها باستعمال Arc Map 10.8 (GIS))

التربة تتسم التربة في المناطق الجافة وشبه الجافة بتركز الاملاح على سطحها بسبب محدودية عملية الغسل الناجم عن قلة سقوط الامطار اللازمة لذلك (عبدالله سالم المالكي، 2016، وتصنف التربة في المنطقة الى خمسة انواع حسب تصنيف بيورنغ 1960 وهي تربة احواض الانهار المغمورة بالغرين والتي تشكل غالبية اجزاء المنطقة بمساحة (1722كم2) وبنسبة (72.5%)، وتربة الاحواض المنخفضة التي تشكل مساحة مقدارها (266كم2) وبنسبة (12.8%)، ثم ياتي صنف تربة قاع الوادي بالمرتبة الثالثة بمساحة (59كم2) وبنسبة (2.8%)، وتربة الاهوار بمساحة (29كم2) وبنسبة (1.4%)، في حين تاتي التربة المروحية في المرتبة الخامسة بمساحة (10كم2) وبنسبة (0.5%) (ماهر ثامر سعيد، 2014) الشكل (6) خريطة تربة المنطقة.

بمقدار (6) درجة ، اما بالنسبة للامطار فقد سجلت مامجموعه (164.4ملم) سنويا وبكميات متذبذبة شهريا فكانت اعلاها في شهر كانون الثاني بمقدار (30ملم) وادناها في شهر ايار بمقدار (3.5ملم) بالنسبة لمحطة الخالص، اما محطة العزيزية فكان مجموعها (137.5ملم) سنويا، وبكميات متذبذبة شهريا ايضا فكانت اعلاها في شهر تشرين الثاني بمقدار (27.5ملم) وادناها في شهر ايار بمقدار (5.6ملم)، اما بالنسبة للتبخر فقد سجلت محطة الخالص اكبر كمية خلال شهر تموز بمقدار (389ملم) واقل كمية في شهر كانون الاول بمقدار (51ملم)، اما محطة العزيزية فقد سجلت اكبر كمية في شهر تموز ايضا بمقدار (560ملم) وادناها في شهر كانون الثاني بمقدار (89.7ملم).

أن اعلى درجة حرارة عظمى كانت في شهر تموز بمقدار (43.9) درجة، وادناها في شهر كانون الثاني بمقدار (15.9) درجة في محطة الخالص، يقابلها الاعلى في شهر اب بمقدار (44.6)درجة، والادنى في شهر كانون الثاني بمقدار (16.6) درجة في محطة العزيزية، اما الصغرى فقد سجلت اعلاها في شهر تموز بمقدار (24.9) درجة وادناها في شهر كانون الثاني بمقدار (4) درجة في محطة الخالص، اما محطة العزيزية فقد سجلت اعلى درجة حرارة صغرى في شهر تموز بمقدار (27.8) درجة، واقل درجة في شهر كانون الثاني

جدول (1) المعدلات السنوية لبعض العناصر المناخية المختارة للمدة (2010-2024) لمحطتي الخالص والعزيزية

المحطات / الاشهر	محطة الخالص (2010-2024)						محطة العزيزية (2010-2024)					
	الحرارة العظمى	الحرارة الصغرى	المدى	الامطار/ملم	التبخر/ملم	الحرارة العظمى	الحرارة الصغرى	المدى	الامطار/ملم	التبخر/ملم
كانون الثاني	15.9	4	11.9	30	57	16.6	6	10.6	25.8	89.7
شباط	18.7	5.6	13.1	22	78.5	19.4	7.5	11.9	17.3	114
اذار	23.7	9.5	14.2	26.1	144	24.5	11.2	13.3	19.2	187.1
نسيان	29.8	14.1	15.7	21.5	186.2	30.4	16.1	14.3	13.2	252.1
ايار	36	19.2	16.8	3.5	261.1	37.2	21.7	15.5	5.6	374.2
حزيران	41.1	22.6	18.9	0	351	42.5	27	14.2	0	506.4
تموز	43.9	24.9	19	0	389	44.5	27.8	16.7	0	560
اب	43.8	24.6	19.2	0	349.5	44.6	27.1	17.5	0	515
ايلول	39.9	20.7	19.2	0	264.6	40.6	23	17.6	0	390.3
تشرين الاول	33.2	16	17.2	12.8	171.2	35	18.8	16.2	8.5	256
تشرين الثاني	24.2	10	14.2	23.9	84.5	24.6	11.5	13.1	27.5	131.9
كانون الاول	18.1	5.9	12.2	24.6	51	20.7	7.4	13.3	20.4	93.5
المعدل او المجموع السنوي	المعدل السنوي	المعدل السنوي	المعدل السنوي	المجموع السنوي	المعدل السنوي	المعدل السنوي	المعدل السنوي	المعدل السنوي	المجموع السنوي	المعدل السنوي
	30.69	14.75	14.39	164.4	198.96	31.71	17.2	14.51	137.5	289.18

المصدر: بالاعتماد على بيانات وزارة النقل،الهيئة العامة للانواء الجوية، قسم المناخ، 2025 (غير منشورة)

الصرف الزراعي موسميا فهي تزداد في فصل الشتاء اثناء سقوط الامطار وعند قيام المزارعين بتصريف المياه الزائدة عن حاجة محاصيلهم الى المبازل الحاوية لها، وتنخفض في فصل الصيف بسبب انعدام الامطار وارتفاع درجات الحرارة والتبخر وقلة المياه المصرفة من قبل المزارعين بسبب قلة اما العينة (B2) فقد سجلت توصيل كهربائي (EC))ملوحة) مقداره (5.11) ويعد ملوحة متوسطة ايضا، اما اس ها الهيدروجيني (PH)فقد سجل قيمة مقدارها (7.5) ، وجائت العينة (B3) بتوصيل كهربائي) (EC) ملوحة) مقداره (3.16)، اما الاس الهيدروجيني (PH) فقد سجل (7.5)، وهذه جميعها عينات مياه صرف زراعي تمتاز بملوحة عالية حسب معيار منظمة الزراعة والاغذية (FAO)، اما العينة (B4) وهي مياه عذبة اخذت من جدول

خصائص مياه الصرف الزراعي

تحتوي المياه العذبة على نسبة ضئيلة من الاملاح الذائبة الا انها يمكن ان تتراكم وتزداد على سطح التربة عند تكرار عملية الارواء بالطرق التقليدية حتى تصبح سامة للنبات وتمنع نموه (Thompson and Turk) اذ ان اعادة استخدام مياه الصرف الزراعي في عمليات الارواء يساهم في اضافة عناصر ثقيلة سامة ومبيدات واسمدة كيميائية وملوحة تساهم في تلوث التربة الزراعية (كاظم شنتة سعد واخرون ، 2025) ، وتشير نتائج تحليل عينات مياه المنطقة في المختبر انها تمتاز بصفات لها دلالات معينة جدول (2)، اذ سجلت العينة (B1) مقدار توصيل كهربائي (EC))ملوحة) مقداره (5.8) وهي تعد ملوحة متوسطة، اما الاس الهيدروجيني (PH) لنفس العينة فكان بمقدار (7.72)،

جدول (2) نتائج تحليل عينات مياه المنطقة في المختبر

ت	رقم ورمز العينة	الاحداثيات	نوع المياه	التوصيل الكهربائي (EC))الملوحة(	PH
1	B1	E 45° 05′ 39.47″ N 33° 51′ 13.36″	صرف زراعي	5.8	7.72
2	B2	E 45° 06′ 34.08″ N 33° 50′ 54.31″	صرف زراعي	5.11	7.5
3	B3	E 45° 02′ 28.03″ N 33° 50′ 41.27″	صرف زراعي	3.16	7.5
4	B4	E 45° 04' "38.31 N 33° 51' 19.55"	عذبة (مشروع الروز الاروائي)	0.98	7.7

المصدر: بالاعتماد على نتائج تحليل عينات مياه لدى مختبرات مديرية زراعة ديالى –شعبة التربة والمياه ، 2026.

جدول (3) مقدار ملوحة التربة حسب التوصيل الكهربائي (EC) ملموز/سم

ت	قيمة الملوحة EC ds/m	صنف التربة حسب الملوحة
1	2-4	ملوحة خفيفة
2	4-8	ملوحة متوسطة
3	8-15	ملوحة عالية
4	اكثر من 15	ملوحة عالية جدا

المصدر: خلف حسين علي الدليمي ، الجيومورفولوجيا التطبيقية، الاهلية للنشر والتوزيع،عمان،الاردن،2001، ص96.

كما يُعدّ الرقم الهيدروجيني للتربة PH من أهم الخصائص المؤثرة في نمو النبات وتوجد العديد من العلاقات بين للرقم الهيدروجيني للتربة بما في ذلك علاقات سعة التبادل الأيوني وتوافر العناصر الغذائية فعلى سبيل المثال تقل ذوبانية مركبات الحديد مع ارتفاع الرقم الهيدروجيني مما يؤدي إلى العديد من الحالات التي يتسبب فيها ارتفاع الرقم

خصائص التربة المروية بمياه الصرف الزراعي

يوجد مصدرين لتملح التربة اولهما رئيسي، ومصدره الصخور الحاوية على املاح والتي تعتبر المادة الام للتربة، والثاني الثانوي الذي ينشأ من خلال تسرب المياه من القنوات المجاورة او استخدام الطرق التقليدية في عملية الارواء بالتزامن مع ارتفاع درجات الحرارة او استخدام مياه تزيد فيها نسبة الملوحة عن غرام بالملمتر في عمليات ارواء المحاصيل والتي تعد سببا رئسيا في حصول التملح الثانوي (كمال الشيخ حسين،2012) وتحتوي التربة بشكل عام على املاح بنسب متفاوتة مثل كلوريد الصوديوم والكالسيوم وكبريتاتها وبيكاربوناتها ، وان اي زيادة عن حدها الطبيعي يؤدي الى تدهور التربة وخفض انتاجيتها ، وغالبا ماتنتشر هذه الظاهرة في المناطق الحارة الجافة وشبه الجافة نتيجة لتبخر المياه وبقاء الاملاح على شكل طبقة مائلة للبياض تعلو سطح التربة، وتقاس الملوحة سواء للمياه او التربة بالتوصيل الكهربائي (EC)، فكلما زادت الملوحة كلما زاد التوصيل الكهربائي وكلما قلت يقل التوصيل الكهربائي ، وتصنف درجة ملوحتها تبعا لذلك الى اربعة اصناف جدول (3) (خلف حسين علي الدليمي ،2001).

نسجتها فكانت (طينية) ايضا، في حين كانت العينة (S3)ذات ملوحة متوسطة كونها سجلت (4.71ds/m) ، اما اسها الهيدروجيني (PH)فقد سجل (7.70) ، ومادتها العضوية سجلت (1.1) وهي الاكثر قيمة بين جميع العينات، اما نسجتها فكانت (مزيجة طينية) ، وعند مقارنة نتائج المياه مع التربة يلاحظ وجود ترابط بين خصائص هذه المياه والتربة وخاصة الملوحة بين العينتين (S2) و (B2) وهذا يدل على ان نسبة الملوحة العالية في هذه التربة جائت من تكرار اروائها بمياه ذات صرف زراعي مالحة، كذلك نسجة عينات التربة قد اثرت في زيادة تركيز ملوحة سطح التربة، اذ ان اثنان منها طينية وواحدة مزيجة طينية وهذا يجعلها ذات نفاذية قليلة تعرقل وتبطئ تسرب المياه المحملة بالاملاح الى باطن التربة بعيدا عن سطحها.

الهيدروجيني للتربة (قلوية التربة) في نقص الحديد اللازم لنمو النبات.(Henry D Foth, 1990,)

وتشير نتائج تحليل عينات التربة المختارة والمروية بمياه صرف زراعي جدول (4) انها تمتاز بدلالات معينة، فالعينة (S1) امتازت بملوحة خفيفة حسب مقدار التوصيل الكهربائي (الملوحة) المسجلة والتي كانت بمقدار (2.48ds/m)، في حين سجلت نتيجة الاس الهيدروجيني (7.73) (PH)، اما المادة العضوية فكانت (0.9)، في حين كانت نسجتها (طينية)، اما العينة (S2) فتعد ذات ملوحة عالية جدا حسب معيار الملوحة كونها تجاوزت الرقم (15 ds/m)، اذ سجلت (26.7ds/m) ، في حين كان اسها الهيدروجيني (PH) هو (7.67)، والمادة العضوية جائت بمقدار (0.7) وهي الاقل قيمة من بين جميع العينات، اما

جدول (4) نتائج تحليل عينات مختارة من تربة مروية بمياه صرف زراعي في المنطقة

ت	رقم ورمز العينة	الاحداثيات	التوصيل الكهربائي (EC) الملوحة ds/m	PH	المادة العضوية	النسجة			
						كمية الرمل	كمية الطين	كمية الغرين	صنف النسجة
1	S1	E 45° 05′ 43.3″ N 33° 51′ 05.41″	2.48	7.73	0.9	22.96	54.4	22.64	طينية
2	S2	E 45° 06′ 15″ N 33° 50′ 54.36	26.7	7.67	0.7	23.2	54	22.8	طينية
3	S3	E 45° 02′ 28.03″ N 33° 50′ 41.27″	4.71	7.70	1.1	45.36	30.4	24.24	مزيجة طينية

المصدر: بالاعتماد على نتائج تحليل عينات التربة المختارة والمروية بمياه صرف زراعي لدى مختبرات مديرية زراعة ديالى –شعبة التربة والمياه ، 2026.

تصنيف ملوحة التربة حسب مؤشر NDSI

ولم تختلف درجة الملوحة عن النتائج المختبرية فقد جائت بثلاث فئات ايضا (قليلة (خفيفة)، متوسطة ، عالية) الشكل (7 ملوحة التربة حسب مؤشر**NDSI**) جدول (5) ، اذ امتازت الاجزاء الشمالية والوسطى بملوحتها القليلة وبنسبة (33.7%)، في حين انتشر صنف متوسطة الملوحة في الاجزاء الجنوبية منها، وهو مايمثل النسبة الاعلى بمقدار (57.2)، اما الصنف الثالث عالية الملوحة فقد تركز في الجزئين الشمالي الغربي والجنوبي الغربي من المنطقة وبنسبة(9.2%)، وهي الاقل من جميع الاصناف، كما يوجد تداخل بين جميع الاصناف وفي غالبية اجزاء المنطقة.



الاثار الايجابية والسلبية لاستخدام مياه الصرف الزراعي في عمليات الارواء:

من الاثار الايجابية مايلي:

1- تساهم في سد النقص الحاصل في الموارد المائية سواء السطحية او الجوفية.

2- تنمية الموارد المائية من خلال ترشيد الاستهلاك وتقليل عمليات الهدر.

3- تقليل تصريف المياه الملوثة باتجاه المياه العذبة.

4- استخدامها في ارواء بعض المحاصيل غير الحساسة للاملاح.

اما اثارها السلبية فهي:

1- تملح التربة وانخفاض خصوبتها وتدهورها.

2- تدهور بنية التربة بسبب ارتفاع نسب الصوديوم الذي يؤدي الى تشتت حبيبات التربة.

3- ضعف نمو النباتات وانخفاض نمو انتاجية المحاصيل الحساسة للملوحة.

4- انتشار الطفيليات والامراض التي تصيب النبات وقد تنتقل من خلاله الى الا نسان.

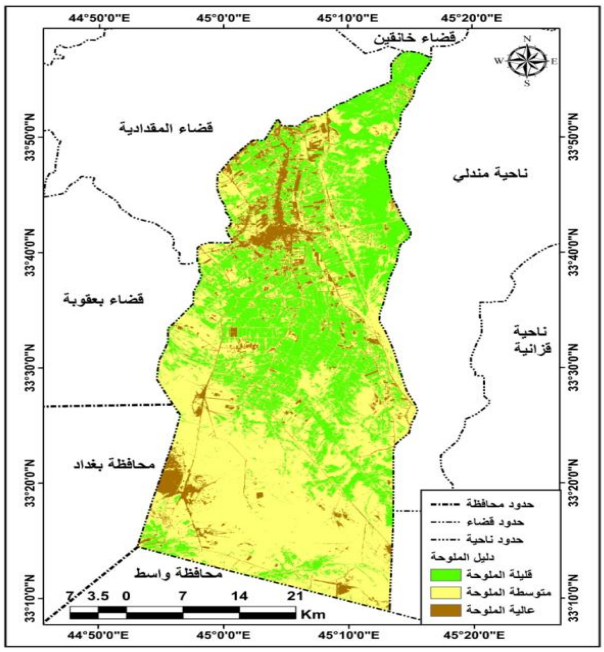
الاستنتاجات:

1- تعاني مياه الصرف الزراعي في المنطقة من ارتفاع نسبة الملوحة مقارنة مع المياه العذبة، اذ تراوحت بين (3.16-5.11 ds/m) في حين سجلت المياه العذبة المتمثلة بجدول الروز (0.98.ds/m)

2- ارتفاع نسبة الملوحة في التربة المروية بمياه صرف زراعي، اذ تباينت نسبها بين (2.48- 26.7 ds/m

3- سجلت نسب الاس الهيدروجيني PH للمياه قيما انحصرت بين (7.5-7.72) اما التربة فقد سجلت

الشكل (7) خريطة ملوحة التربة حسب مؤشر NDSI



المصدر : اعتماداً على Landsat8 بدقة 30 متر مربع لسنة 2025 ومعالجتها باستعمال بأستخدام برنامج Gis 10.7.1

جدول (5) مقدار ملوحة التربة حسب مؤشر NDSI

ت	صنف الملوحة	النسبة%
1	قليلة الملوحة	33.7
2	متوسطة الملوحة	57.2
3	عالية الملوحة	9.1

المصدر: الشكل (7)

الاثار الناتجة عن استخدام مياه الصرف الزراعي في عمليات الارواء:

تتكون جراء هذه العملية عدة اشكال، منها جيومورفولوجية والاخرى بيئية تنعكس على سطح تربة المنطقة اهمها:

1- تكون طبقة من الاملاح والقشور الملحية التي تميل الى اللون الابيض وتغطي سطح التربة.

2- زيادة تركز الاملاح في التربة تعني تدهور بنيتها الفيزيائية بسبب ارتفاع نسب هذه الاملاح وخاصة الصوديوم الذي يعمل على تشتيت حبيبات التربة، وبالتالي زيادة نشاط عملية التعرية المائية والريحية فيها.

3- تدهور التربة وتناقص خصوبتها وانتاجها النباتي ومن ثم تصحرها وتحولها الى بيئة غير صالحة للانتاج الزراعي الشكل (5).

4- تراكم الملوثات والمواد السامة فوق سطح التربة كالمبيدات والاسمدة والاملاح.

4- قيما انحصرت بين (7.67-7.73) وتعد قيما متعادلة سواء للمياه او التربة.

5- تبين ان المادة العضوية للتربة قد انحصرت بين (0.7 – 1.1) وكانت الاقل قيمة في العينة ذات الملوحة العالية (S2) ، اما نسجتها فكانت (طينية ومزيجة طينية).

6- تدهور اجزاء كبيرة من التربة المروية بمياه الصرف الزراعي بسبب زيادة كمية الاملاح فيها وانتشارها بشكل طبقة تغطي سطحها وتناقص غطائها النباتي مما ينذر بتصحرها مستقبلا.

المقترحات

1- ترشيد استخدام مياه الصرف الزراعي من اجل المحافظة على التربة ووضع خطط لإدارتها واستدامتها حفاظًا على التوازن البيئي في المنطقة.

2- معالجة مياه الصرف الزراعي او خلطها مع مياه عذبة قبل استخداها من اجل تقليل ملوحتها.

3- استخدام محاصيل زراعية مقاومة للملوحة في المناطق التي تعتمد على مياه الصرف الزراعي في الارواء.

4- استخدام أسمدة عضوية أو تعديلات كيميائية للتربة لتقليل تأثير الصوديوم والملوحة على بنية التربة.

5- توعية المزارعين بخطورة استخدام مياه الصرف الزراعي في عمليات الارواء وضرورة الحد منها.

المصادر

الكتب

حسين ،كمال الشيخ ، جغرافية التربة، ط2، دار المنهل اللبناني، بيروت، 2012 ص210.

الدليمي ،خلف حسين علي ، الجيومورفولوجيا التطبيقية، الاهلية للنشر والتوزيع،عمان،الاردن،2001، ص96.

سعد ،كاظم شنتة واخرون، تلوث الترب الزراعية وسبل معالجته،ط1، مكتبة دجلة للطباعة والنشر والتوزيع، بغداد، العراق، 2025 ،ص101.

الشوراة، علي سالم ، الجغرافيا الطبيعية والبشرية، ط1، دار المسيرة للطباعة والنشر، عمان،2012، ص293.

المالكي ،عبدالله سالم ، الجغرافية الطبيعية للاقاليم الجافة، ط1، مكتبة دجلة للطباعة والنشر والتوزيع، بغداد، العراق،2016،ص 114.

المالكي ،عبدالله سالم و نجم عبدالله رحيم، جغرافية التربة ،جامعة البصرة 2012، ص123.

الموسوي، علي صاحب طالب وعبدالحسين مدفون ابو رحيل،علم المناخ التطبيقي،ط1، دار الضياء للطباعة ، النجف الاشرف، 2011، ص39.

Henry D. Foth, Fundamentals of soil science, 8th ed, John Wiley & Sons, Canada,1990,p170.

Thompson and Turk, Introduction to Physical Geology,Saunders Golden Sunburst Series,P103-104.

W. Neil Adger, Ir ene Lorenzoni, Kar en L. O'Brien, Adapting to Climate Change,1ed, Cambridge University Press, New York,USA,2009,p31

الرسائل الجامعية

سعيد ، ماهر ثامر ، دور المناخ في الري التكميلي لمحصولي القمح والشعير في قضاء بلدروز، رسالة ماجستير (غير منشورة) ،كلية التربية للعلوم الانسانية، جامعة ديالى،2014،ص19.

فخري ،احمد قحطان ، الدور البشري في تغيير المظهر الأرضي لمنطقة بلدروز،رسالة ماجستير (غير منشورة)، كلية التربية للعلوم الانسانية، جامعة ديالى،2025،ص24.

The impact of irrigation with agricultural drainage (water on the soil of the Baladruz region geomorphological study)

Author-yaser mohammed abd

[1,] Department of Geography, College of Education for Humanities, University of Diyala, Baquba City, Iraq

ABSTRACT

Baladruz is a district in Diyala Governorate, renowned for its vast lands, fertile soil, and agricultural production. Soil is one of the most important natural resources upon which agricultural activity depends, playing a fundamental role in providing a suitable environment for plant growth and food production. Due to the fluctuating water resources in the region, their declining availability, and their scarcity, farmers have resorted to using alternative water sources to meet their crops' water needs, including agricultural drainage water. This drainage water is considered polluted with salts and compounds resulting from the use of chemical fertilizers and pesticides. Therefore, this soil suffers from the problem of salt accumulation on its surface, leading to a decrease in its fertility, productivity, and degradation. The study aims to monitor the manifestations of this degradation, especially the accumulation of salts on the soil surface as a result of the continuous use of poor quality water. This is done by measuring the level of salinity of agricultural drainage water and the soil irrigated with it and comparing it with the level of fresh water in the region. Then, the geomorphological effects resulting from this phenomenon, especially the accumulation of salts on the surface, are clarified. The importance of the study lies in the importance of soil as an important natural resource that is not renewable or requires a long period to be renewed. The study relied on the descriptive, analytical, and comparative method, through fieldwork and collecting soil samples from selected sites irrigated with agricultural drainage water In addition to analyzing its properties in the laboratory, such as salinity, organic matter, texture, and pH, samples of agricultural drainage water were analyzed with a sample of fresh water, and their results were compared with each other. The salinity values in them ranged between (3.16-5.11 ds/m), while the fresh water represented by the Rose Table recorded (0.98 ds/m). Climate data were also used to clarify the relationship between the water sources used and the activity of environmental geomorphological processes. The study concluded that the use of agricultural drainage water led to an increase in the salinity of the soil irrigated with such water, recording values that ranged between (2.48-26.7 ds/m), and its fertility deteriorated with the appearance of indicators of a decline in its agricultural production and an increase in the risks of desertification and salinization. The study concluded that it is necessary to rationalize the use of agricultural drainage water and treat it before irrigation. Using salt-tolerant crops in areas that rely on agricultural drainage water for irrigation and raising farmers' awareness of the dangers of this phenomenon in soil degradation and desertification.

Keywords: Irrigation operations , Agricultural drainage Soil، geomorphology

تقدير الاحتياجات المائية لقطاع الثروة الحيوانية في محافظة كركوك للمدة (2015 – 2025) م

الباحثة : م.د ليلى علي عبد
كلية التربية الأساسية ، جامعة كركوك ، العراق .

الملخص

يُعد تقدير الاحتياجات المائية لقطاع الثروة الحيوانية من الموضوعات الأساسية في الدراسات الجغرافية الزراعية، لما له من أهمية في تحقيق التوازن بين الموارد المائية المتاحة وحجم الطلب عليها من خلال تقدير الاحتياجات المائية الفعلية للثروة الحيوانية في محافظة كركوك للمدة (2015–2025) ، لا سيما الماشية (الحلوبة) والدواجن والأسماك، فضلًا عن دراسة تأثير نوعية الأعلاف في تحديد حجم الاستهلاك المائي، وبيان مصادر المياه المتاحة لقطاع الثروة الحيوانية والمتمثلة بالمياه (السطحية والجوفية)، مع التركيز على الوحدات الإدارية البعيدة عن مصادر المياه السطحية، وتحليل مدى كفايتها لتلبية الاحتياجات المائية. واعتمدت الدراسة على بيانات محطة كركوك المناخية في دعم تقدير الاحتياجات المائية، من خلال تحليل التباين الموسمي الذي ينعكس على زيادة الطلب المائي خلال فصل الصيف مقارنة بفصل الشتاء. وتسعى الدراسة كذلك إلى تحديد حجم العجز والفائض المائي لقطاع الثروة الحيوانية ودور التقنيات الحديثة في إرواء الحيوانات في ترشيد استهلاك المياه وتقليل الهدر والتلوث المائي واختُتمت الدراسة بمجموعة من الاستنتاجات والتوصيات التي من شأنها الإسهام في تحسين إدارة الموارد المائية وتعزيز كفاءة استخدامها بما يدعم استدامة قطاع الثروة الحيوانية في محافظة كركوك.

الكلمات المفتاحية: استدامة الموارد المائية ، التباين الزمني . الثروة الحيوانية . الفجوة المائي

المقدمة

كركوك، في ظل التذبذب المناخي الواضح الذي تشهده المحافظة، ولا سيما في عناصر المناخ الرئيسة، وما يرافق ذلك من ضغوط متزايدة على الموارد المائية المخصصة لتربية الثروة الحيوانية على النحو الاتي :

1-ما أكثر العناصر المناخية تأثيرًا في استدامة موارد مياه الثروة الحيوانية في محافظة كركوك، وما طبيعة العلاقة بينها ؟

2-هل تتوافق الموارد المائية المتاحة مع الاحتياجات المائية الفعلية لقطاع الثروة الحيوانية في محافظة كركوك؟

3-ما مستوى كفاءة وفاعلية الإجراءات والتقنيات المتبعة في مواجهة استدامة مياه الثروة الحيوانية في محافظة كركوك، وما مدى قدرتها على تحقيق العجز او الفجوة المائية ؟

وللاجابة على هذه التساؤلات تظهر لنا فرضية الدراسة :

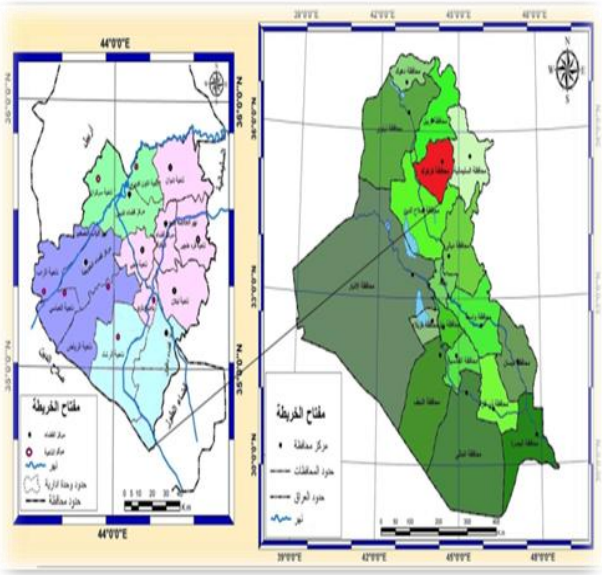
1- **تفترض الدراسة** أن عنصري **درجة الحرارة وكمية الأمطار الساقطة** من أكثر العناصر المناخية تأثيرًا في استدامة موارد مياه الثروة الحيوانية في محافظة كركوك؛ إذ إن ارتفاع درجات الحرارة يؤدي إلى زيادة معدلات **الإجهاد الحراري للحيوانات** وارتفاع الطلب على المياه، فضلًا عن زيادة معدلات **التبخر من مصادر المياه الصالحة للشرب** وعدم الاستقرار في توفرها، ولا سيما خلال مواسم الجفاف. كما يسهم **تذبذب كميات الأمطار الساقطة** في تدهور المراعي الطبيعية وتراجع منسوب
2- المياه السطحية والجوفية، مما ينعكس سلبًا على استدامة مياه الثروة الحيوانية.
3- **تفترض الدراسة** وجود تباين في درجة التوافق بين الموارد المائية المتاحة والاحتياجات المائية لقطاع الثروة

لا يمكن للكائنات الحية وغير الحية على حدٍّ سواء الاستمرار في الوجود دون الماء، إذ يُعدّ أساس نبض الحياة على كوكب الأرض. وتتفاوت نسبته بين الأنهار والبحيرات والمحيطات تبعًا للتقلبات المناخية، ولا سيما عناصر المناخ المتمثلة في درجة الحرارة، وكميات الأمطار الساقطة، والتبخر، والرطوبة النسبية، والرياح. وتُسهم هذه العوامل مجتمعة في تشكيل ما يُعرف بالأمن المائي، الذي لا تقل أهميته عن الأمن الغذائي، خاصة في الدول التي تسعى جاهدة إلى تأمين مستقبلها من النواحي الاقتصادية والسياسية والإدارية. وعلى الرغم من هذه الجهود، فإن التغيرات المناخية تُعدّ المشكلة الأساسية التي تهدد استدامة الموارد المائية .

وتنعكس هذه التحديات بشكل مباشر على قطاع الثروة الحيوانية، الذي يعتمد اعتمادًا أساسيًا على توفر المياه من حيث الكمية والنوعية، سواء لأغراض الشرب أو لإنتاج الأعلاف أو للحفاظ على صحة الحيوانات وإنتاجيتها. إذ يؤدي انخفاض الموارد المائية أو تدهور جودتها إلى تراجع كفاءة الإنتاج الحيواني، وزيادة معدلات النفوق، وارتفاع تكاليف التربية ، مما ينعكس سلبًا على الأمن الغذائي والاقتصاد الوطني. وعليه، فإن إدارة مياه الثروة الحيوانية تُعدّ جزءًا لا يتجزأ من منظومة الأمن المائي، وتتطلب استراتيجيات متكاملة تأخذ بنظر الاعتبار آثار التغيرات المناخية وسبل التكيّف معها لضمان استدامة هذا القطاع الحيوي ، لذا يتمحور مشكلة الدراسة حول الكشف عن طبيعة استدامة موارد مياه الثروة الحيوانية في محافظة

إلى أفضل النتائج وتتمثل الحدود المكانية بمحافظة كركوك المتكونة من اربع اقضية وأحدى عشر ناحية وتقع في الجزء الشمالي والشمال الشرقي من العراق ويحدها من الشمال محافظة أربيل ومن الشرق والشمال الشرقي محافظة السليمانية ومن الجنوب والجنوب الشرقي والغربي محافظة صلاح الدين والشمال الغربي محافظة نينوى أما موقعها الفلكي فتنحصر بين دائرتي عرض (-45 , 34°، -36,00°) شمالاً وخطي طول (-25 , 43° و -44 , 44°) شرقاً ينظر الشكل (1) .

الشكل (1) خارطة موقع محافظة كركوك من العراق



البيئية للنشاط الرعوي. وعليه، فإن انتظام وتوزيع الأمطار مكانياً وزمانياً يُعد عاملاً حاسماً في تحقيق الأمن المائي للثروة الحيوانية واستمرار إنتاجيتها ، ويتبين من الجدول (1) والخريطة (2)

جدول (1) نوع المناخ السائدة ومدى تأثيره في

ت	السنة	مجموع السنوي للامطار ملم	معدل السنوي درجات الحرارة	معامل ديمارتون	تصنيف ديمارتون *	معامل كوين – لانج *	نوع المناخ كوبن	تصنيف كوبن
-1	2015	320	22.5	9.8	شبه جاف	14.2	جاف	BSh
-2	2016	350	22.8	10.7	شبه جاف	15.3	جاف	BSh
-3	2017	300	23	9.1	صحراوي	13	جاف	BSh
-4	2018	370	22.7	11.3	شبه جاف	16.3	جاف	BSh
-5	2019	290	23.5	8.6	صحراوي	12.3	جاف	BSh
-6	2020	360	22.6	11	شبه جاف	15.9	جاف	BSh
-7	2021	280	23.2	8.4	صحراوي	12	جاف	BSh
-8	2022	310	23.4	9.3	صحراوي	13.2	جاف	BSh
-9	2023	340	23	10.3	شبه جاف	14.8	جاف	BSh
-10	2024	400	23.1	12.1	شبه جاف	17.3	جاف	BSh
-11	2025	330	23.3	9.9	صحراوي	14.1	جاف	BSh
-12	المجموع	3650	253.1	10.05	شبه جاف	14.4	جاف	BSh

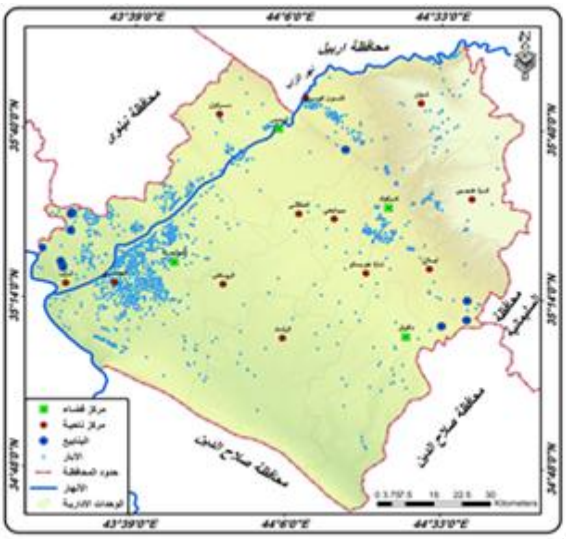
4- الحيوانية في محافظة كركوك زمانيًا ومكانيًا للمدة (2015 – 2025) م ، ويعزى ذلك إلى اختلاف **التوزيع الجغرافي لأعداد الثروة الحيوانية** وتباين الخصائص المناخية والبيئية من سنة واخرى، الأمر الذي يؤدي إلى تفاوت مستويات الضغط على الموارد المائية ، حيث يزداد التأثير في الوحدات التي تتركز فيها أعداد أكبر من الثروة الحيوانية مقارنة بغيرها.

5- **تفترض الدراسة** ان الإجراءات والتقنيات الحديثة المتبعة في إدارة الموارد المائية تسهم في تحسين كفاءة استخدام المياه لقطاع الثروة الحيوانية في محافظة كركوك، إلا أن تأثيرها ما يزال محدودًا في تقليل العجز أو تضييق الفجوة المائية بشكل كامل لا سيما ان المحافظة تعاني من وجود الفجوة المائي ، مما يستدعي إدخال تحسينات جوهرية في التقنيات وسياسات إدارة المياه ، من خلال **ترشيد استهلاك المياه في الزراعة وتربية الحيوانات**، والاعتماد على **مصادر مياه بديلة** مثل جمع مياه الأمطار وإعادة استخدام مياه الصرف الزراعي، وتقليل نسب الهدر، فضلًا عن تعزيز **مراقبة العناصر المناخية** للتنبؤ بمواسم الجفاف واتخاذ التدابير الوقائية المناسبة

تهدف هذه الدراسة إلى تسلط الضوء على **استدامة موارد مياه الثروة الحيوانية في محافظة كركوك**، من خلال تحليل العوامل المناخية والمكانية والإدارية المؤثرة في كمية الموارد المائي المتاحة والمخصص لتنمية قطاع الثروة الحيوانية وتشخيص المشكلات والتحديات التي تواجه مربي الثروة الحيوانية في ظل التغيرات المناخية التي تشهده المحافظة نتيجة تدهور المراعي الطبيعية وإمكانية تبني سياسات فعّالة تدعم تحقيق الاستدامة المائية للثروة الحيوانية ، ولاجل الوصول إلى حل لمشكلة الدراسة اعتمدت على المنهجين الوصفي التحليلي الكمي في تحقيق

لشرب الحيوانات خلال مواسم الرعي. كما تؤدي الأمطار **دوراً غير مباشر** من خلال تغذية المياه الجوفية من الآبار والعيون المستخدمة في تزويد الثروة الحيوانية بالمياه خلال فترات الجفاف. فضلاً عن ذلك، تسهم الأمطار في تحسين الغطاء النباتي وزيادة إنتاج المراعي الطبيعية، مما يقلل الضغط على الموارد المائية الاصطناعية ويعزز الاستدام (10.05) مما يشير إلى مناخ شبه جاف مع تذبذب في كميات الأمطار وارتفاع نسبي في درجات الحرارة. ويعكس ذلك تأثيرات التغير المناخي التي تؤدي إلى عدم انتظام الهطول المطري وزيادة فترات الجفاف بالتالي تراجع تغذية الموارد المائية السطحية والجوفية وتقليل نمو المراعي الطبيعية ، مما يزيد الضغط على مصادر المياه المستخدمة في سقي الحيوانات. لذلك فإن فهم مؤشرات الجفاف يعد مهماً في التخطيط لإدارة الموارد المائية وضمان استدامة تربية الثروة الحيوانية في المنطقة

الشكل (2) خريطة الموارد المائية في محافظة كركوك خط المطر حيوانات قبائل البدو التي تستوطن المناطق القريبة



من نهر الزاب .

2- نهر العظيم : يتكون هذه النهر من اربع روافد رئيسية ثلاث منها في محافظة كركوك (الخاصة جاي، وطاووق جاي ، وأق جاي) ، والأخر بمحافظة صلاح الدين (سالم ، 2009) ، لا سيما نهر الخاصة التي تمر بمركز مدينةكركوك الحيوانية بالرغم من ذلك الا ان استدامة مياه الثروة الحيوانية في تلك المناطق الريفية لا سيما في مواسم الجفاف وفصل الصيف تعتمد عليه .

1- مشروع ري كركوك : هو أحد مشروعات الري الكبرى، تقع أراضيه على يسار نهر الزاب الصغير ضمن المحافظات كركوك وصلاح الدين وديالى ، تبلغ مساحته الكلية 1.161 مليون دونم، والمساحة الصافية 782 دونما

استدامةمياه الثروة الحيوانية بمحافظة كركوك للمدة ما بين(2015- 2025) م

ان امطار محافظة كركوك تتميز بالتباين والتذبذب لمدة من2015 - 2025 م الا ان الامطار تتدرج بالزيادة من الشمال الى الجنوب وتمتد لمدة ثمانية اشهر ويمثل محطة داقوق أعلى مستوى في سقوط الامطار(العبيدي ،2022) ، فالخصائص المناخية تميل إلى المناخ الجاف وشبه الجاف، إذ بلغ متوسط معامل جدول (1) نوع المناخ السائدة ومدى تأثيره في استدامةمياه الثروة الحيوانية بمحافظة كركوك للمدة ما بين(2015- 2025) م

تُعدّ مصادر مياه الثروة الحيوانية في محافظة كركوك من الركائز الأساسية التي يقوم عليها استقرار هذا القطاع الحيوي، لما لها من دور مباشر في تلبية احتياجات الحيوانات وضمان استمرارية إنتاجها. وتتنوع هذه المصادر بين المياه السطحية والمياه الجوفية ومياه الأمطار، مما يجعلها عنصرًا محوريًا في تحقيق الاستدامة المائية في المحافظة. ومع تزايد الضغوط الناتجة عن التغير المناخي والنمو السكاني والتوسع الزراعي، تبرز أهمية إدارة هذه الموارد المائية بكفاءة للحفاظ على توازن النظام البيئي ودعم الثروة الحيوانية على المدى الطويل. لذا فإن دراسة مصادر مياه الثروة الحيوانية وأهميتها تُسهم في تعزيز الوعي بأهمية الاستدامة المائية وضمان استمرارية هذا القطاع الحيوي ، وتقسم الموارد المائية بالمحافظة كركوك الى :

الموارد المائية في محافظة كركوك وأهميتها في دعم استدامة مياه الثروة الحيوانية

أ- الامطار : تشكل من العوامل الطبيعية المؤثرة في توفير الاحتياجات المائية للثروة الحيوانية، ولا سيما في المناطق التي تعتمد على النظم الرعوية التقليدية. إذ تسهم **بشكل مباشر** في تكوين الموارد المائية السطحية مثل **البرك الموسمية والمجاري المؤقتة**، والتي تُعد مصادر أساسية

المياه السطحية : تتمثل المياه السطحية بمحافظة كركوك **بنهرين الزاب الصغير والعظيم** وتشكل حوالي 43% من مجموع مصادر مياه الثروة الحيوانية في المحافظة .

1- نهر الزاب : ينبع من الأراضي الإيرانية ، ويدخل الأراضي العراقية تاركا المنطقة الجبلية ليدخل المنطقة المتموجة حتى آلتون كوبري، وتصب فيه بعض الروافد من الشمال والجنوب ، وبعد وصوله آلتون كوبري ينحرف نحو الجنوب الغربي، ويسير في هذا الاتجاه حتى يلتقي نهر دجلة (الدليمي ، 2013) وتسهم في ارواء حيوانات الماشية عند الرعي في تلك المناطق القريبة منها فضلا عن ارواء

د - المياه الجوفية : تتمثل بالابار والعيون والينابيع .

1- الابار : هي في الأصل جزء من مياه الأمطار ومياه الأنهار والمياه الناتجة عن ذوبان الجليد تتسرب إلى باطن الأرض مكونة طبقة من المياه الجوفية الموجودة تحت مستوى سطح الأرض (الزوكة ، 1998) وتشكل حوالي 57% من مصادر استدامة مياه الثروة الحيوانية في محافظة كركوك وتتباين شدة الطلب لمياه الآبار باختلاف (الكثافة الحيوانية ، ونوع المناخ) السائد فيه للمدة من شهر أيار إلى شهر تشرين الأول يزداد طلب الحيوانات للمياه وتواجه هذه

المشكلة بالاعتماد على مياه الآبار لكن نسبة الأملاح بتركيزات عالية تجعلها غير صالحة للشرب إذ تعد ملوحة المياه مؤشرا على مدى صلاحيتها للاستخدام في الأغراض المتنوعة فقد وضعت منظمة الصحة العالمية (wHO) ومنظمة الأغذية والزراعة (FAO) وجمعية الصحة العامة

الأمريكية (APHS) في أن تكون كمية الأملاح الذائبة في المياه المستخدمة للإرواء الحيوانات اقل من 3000جزءا في المليون وإذا بلغ تركيز الأملاح 7000جزءا من المليون يصبح ضارا جدا (إبراهيم ، 2014) كما في الجدول (2) ، لا سيما مياه ابار مركز قضاء كركوك عسرة جدا لا يمكن استخدامها لأغراض الشرب منها ابار منطقتي واحد حزيران وواحد اذار غير صالحتان لشرب الحيوانات كون قيم التوصيل الكهربائي قد تجاوزت الحد المسموح الاكاديمية الوطنية الامريكية للعلوم وإمكانية استخدامها في سقى النباتات المقاومة للملوحة وتقع ضمن صنف C3 عالي الملوحة حسب مواصفات مختبر الملوحة الأمريكي اذا بلغ تركيز الاملاح الذائبة 1591 – 633 ملغم/ لتر (محمد ، 2015) .

1-المياه لهذه العيون بين (2000-5000 ملغم/لتر)، وتخدم هذه العيون والمجاري التابعة لها

2-مساحات غير قليلة من الزراعة (عبود ، 2011) ويستفاد منها مربي حيوانات الماشية والاسماك والدواجن ومعامل العلف

3-العيون والينابيع : يتركز وجودها في الاجزاء الشمالية والشمالية الشرقية من المحافظة ، ومن اشهرها هي التي تروى مركز ناحية تازة الواقعة جنوب مدينة كركوك ، ثم ينبوع الذي يروى قرية قره هنجير، الى الشرق من مدينة كركوك تتراوح ملوحة

موزعة على المحافظات الثلاث، كركوك 408 ألف دونم، وصلاح الدين 206 ألف دونم، وديالى 168 ألف دونم بوشر في إنشاء هذا المشروع أواخر الستينيات، وتم إنجازه عام 1976م، ويروي هذا المشروع من نهر الزاب الصغير من خلال ناظم سد الدبس، كما يتضمن المشروع شبكات من المبازل المفتوحة، من ضمنها مبازل مشروع ري الحويجة المجاور لمشروع ري كركوك، والهدف من

هذه المبازل تصريف المياه الزائدة من الإرواء ومياه الأمطار إلى الوديان الطبيعية، وتوجد في المشروع ثلاث محطات ضخ لإرواء الأراضي العالية، في حين أن هناك62 محطة للري بالرش (سالم ، مصدر سابق)

2- مشروع ري الحويجة : يعد من المشاريع الاروائية الأولى التي نفذت في العراق، بدأ العمل به سنة 1936 وتم إكماله وتشغيله عام 1945، يقع المشروع على الجانب الأيسر لنهر الزاب الأسفل، وتبلغ مساحته حوالي 169,450 دونم، وبطاقة تصريفية 15م3/ثا، ويتفرع إلى ثلاثة فروع (الشرقي، الغربي، الجنوبي) وترتبط بالمشروع

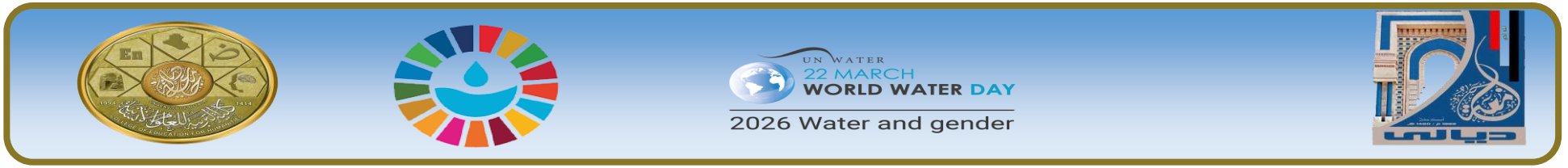
عدد من المبازل تصب في الأنهر والأودية الموجودة في المحافظة لغرض تصريف المياه. أدى المشروع دوراً كبيراً في استقرار السكان، حيث تمكن من تحويل حالة السكان من البداوة إلى الاستقرار ومن الزراعة المتنقلة إلى الزراعة الدائمة (السعدي ، 2007)

اما مشاريع السدود فتتمثل **بسدود شيرين وبلكانه وخاصة**

1- سد شيرين : يقع في ناحية ليلان على بعد 14 كم من مركز قضاء كركوك ، بدء العمل فيه 2007 ويستفيد منه المزارعون والماشية ، تصل سعته إلى مليون متر مكعب.ويتعرض الى مجموعة من التغيرات البيئة والمناخية والجيومورفولوجية التي تسير وفق ديناميكية تبدو وكانها هادئة لكن توصف بالجنون لكونه ينقل رواسب ضخمة لا تتناسب مع طاقة مجاريه بسبب الجفاف الدوري ووجود الصخور الهشة وقلة النبات الطبيعي وتقدر مساحته 303,33 كم^3 (البديري و الزهيري ، 2022)

2- سد بلكانه : يقع في ناحية ليلان أيضا بدء العمل في 2007 مع سد شيرين ضمن المشاريع التنموية في المحافظة يُستفاد منه في الزراعة ، تربية المواشي، وتوفير مياه للسكان في المناطق المحيطة .

3-سد خاصة : يقع في منقطة كوجك على بعد 10 كم من مركز مدينة كركوك بدء العمل فيه 2003 يُستخدم لتجميع مياه السيول والأمطار، مما يساعد على توفير المياه للزراعة والماشية والاسماك ويصل ارتفاع السد الى 62 متر وطوله الى 2250 متر ويصل سعته التخزينية الى 101 م^3 من الماء .



جدول(3) التغير المناخي وأثره في استدامة مياه الثروة الحيوانية في محافظة كركوك

ت	الوحدات الإدارية	اعداد المربين	%	عدد استمارات	%	أنواع الثروة الحيوانية										مصادر مياه الثروة الحيوانية				إعادة التدوير المياه الثروة الحيوانية							
						الماشية	%	الاسماك	%	الدواجن	%	النحل	%			المياه السطحية	%	المياه الجوفية	%	الماشية	%	الدواجن	%	الأسماك	%	النحل	%
-1	مركز قضاء كركوك	424	3.7	5	4	2	4.5	1	3	1	3.9	1	4.1			2	3.6	3	4.1	-	-	2	6.7	3	3.8	-	-
-2	شوان	500	4.2	6	4.7	1	2.2	2	5.8	1	3.9	2	8.4			3	5.4	3	4.1	2	13.3	2	6.7	2	2.5	-	-
-3	قره هنجير	342	3	4	3.1	1	2.2	1	3	1	3.9	1	4.1			1	1.9	3	4.1	1	6.7	1	3.3	2	2.5	-	-
-4	ليلان	405	3.4	5	4	1	2.2	2	5.8	1	3.9	-	-			3	5.4	2	2.7	1	6.7	1	3.3	3	3.8	-	-
-5	تازه	254	2.1	3	2.3	1	2.2	1	3	1	3.9	-	-			2	3.6	1	1.3	-	-	-	-	3	3.8	-	-
-6	يايجي	339	3	4	3.1	2	4.5	-	-	1	3.9	1	4.1			1	1.9	3	4.1	-	-	2	6.7	2	2.5	-	-
-7	مركز قضاء الدبس	665	5.7	8	6.25	3	6.9	2	5.8	1	3.9	2	8.4			3	5.4	5	6.9	2	13.3	2	6.7	3	3.8	1	33.3
-8	التون كوبري	204	1.8	2	1.6	-	-	2	5.8	-	-	1	4.1			2	3.6	-	-	-	-	1	3.3	1	1.2	-	-
-9	سركران	159	1.3	2	1.6	2	4.5	-	-	-	-	-	-			-	-	2	2.7	-	-	1	3.3	1	1.2	-	-
-10	مركز قضاء الحويجة	2085	17.9	23	18	10	22.8	5	14.8	3	11.6	5	20.9			8	14.6	15	20.6	2	13.3	5	16.6	15	18.8	1	33.3
-11	الرياض	1988	17	22	17.1	7	16	5	14.8	6	23	4	16.7			10	18.2	12	16.4	2	13.3	3	10	17	21.2	-	-
-12	العباسي	1215	10.3	14	11	5	11.3	3	8.8	4	15.3	2	8.4			6	11	8	11	2	13.3	2	6.7	10	12.5	-	-
-13	الزاب	997	8.6	11	8.6	3	6.9	3	8.8	2	7,6	3	12.5			6	11	5	6.9	1	6.7	3	10	7	8.7	-	-
-14	مركز قضاء داقوق	1019	8.8	11	8.6	3	6.9	5	14.8	2	7.6	1	4.1			5	9	6	8.2	1	6.7	3	10	7	8.7	-	-
-15	الرشاد	788	6.8	8	6.2	3	6.9	2	5.8	2	7.6	1	4.1			3	5.4	5	6.9	1	6.7	2	6.7	4	5	1	33.3
-16	المجموع	11711	100	128	100	44	100	34	100	26	100	24	100			55	100	73	100	15	100	30	100	80	100	3	100

فقد أشار العالم Rubner إلى أن الحيوان يمكنه أن يعيش أذا فقد من جسمه جميع المواد الدهنية ونصف المواد البروتنية ، ولكنه لا يستطيع الحياة إذا فقد10% من الماء الموجود في جسمه لان الماء هو الموزع المثالي للمركبات الغذائية (الجليلي والقس ، بلا تاريخ) ، لذا بالرغم من أهميتها الا ان نسبة الاحتياج المائي يختلف حسب : أ- نوع الحيوان : تشير نتائج جدول (4) إلى أن الأغنام والأبقار والماعز تستحوذان على ما يقارب 90% من إجمالي الطلب المائي لقطاع الثروة الحيوانية بالمحافظة بسبب كثرة اعدادها ، مما يعكس أهمية التركيز على تحسين كفاءة استخدام المياه لهذين النوعين عند وضع السياسات المائية المستقبلية على الرغم من ان الابل والجاموس تستهلك كمية اكثر لكن توجد بنسبة اقل ، وبالذات الجاموس العراقي الأسود لأن جسمه مغطاة بشعر كثيف حول الراس والكتف ، فضلا عن عدم وجود غدد عرقية في الجلد مما يجعله يعاني من الحرارة الزائدة ولونه الأسود الداكن الذي يمتص الحرارة ، لذا فهو يحب الماء والسباحة للتخلص من الحرارة والحوافر الطويلة الواسعة تساعده على السير في الوحل(محمود والمهدي، بلا تاريخ) لذا يطلق عليه حيوان برمائي (القدسي وأيليا ، 2010) ويتوجد بمنطقة الدراسة على طول نهر خاصة ونهر الزاب الصغير ومشاريع ري كركوك والجويجة وتبلغ مجموعة الاحتياج المائي حوالي 530400 لتر من مجموع متطلبات حيوانات الماشية للمدة من (2015 – 2025) بمحافظة كركوك

= الخطأ المسموح به × الوسط الحسابي لدرجة الرضا. لذا أُستُخرجت حجم العينة كما يلي:

عدد الاستمارات = $\left(\frac{2.6\times1.96}{9\times0.05}\right)^2$ = $\left(\frac{5.096}{0.45}\right)^2$ = $(11،32)^2$ = 128 استمارة

1. حساب النسب المئوية لأعداد كل نوع من أنواع الثروة الحيوانية، وكذلك للاحتياجات المائية والفجوة المائية، بهدف إبراز التباين الزمني بين سنوات الدراسة، مع تمثيل النتائج بيانياً باستخدام برنامج Microsoft Excel.
2. إجراء الحسابات الرياضية اللازمة لتقدير الكميات التقريبية المتاحة من المياه، من خلال إعادة تدويرها باستخدام التقنيات الحديثة في إرواء الحيوانات، وذلك لتقييم دور هذه التقنيات في تعزيز كفاءة استخدام المياه.

النتائج والمناقشة

تُعدّ المياه من أهم موارد الثروة الطبيعية ، حيث نشأت معظم الحضارات القديمة على ضفاف الأنهار وبالقرب من منابع المياه، وكان نضوب هذا المورد أحد العوامل الرئيسة في اندثار العديد منها ،لان عنصرًا أساسيًا لا يتجزأ من تكوين جميع الكائنات الحية، إذ تعتمد عليها في مختلف أنشطتها الحيوية ، من الشرب والنظافة والعمليات الفسيولوجية ، وتختلف كمية الاحتياج المائي تبعًا لنوع الكائن الحي، سواء كان إنسانًا أو نباتًا أو حيوانًا وتأثرها بالبيئة الجغرافية والمناخ السائد ، وفيما يتعلق بمحافظة كركوك فإن قطاع الثروة الحيوانية بوجه عام يتطلب كميات أكبر من المياه في فصل الصيف مقارنة بفصل الشتاء وتنقسم الحيوانات الماشية : (الأغنام ، الماعز ، الابقار ، الجاموس ، الابل)

تحتاج حيوانات الماشية إلى المياه بصورة يومية ودائمة ، ليس لأغراض الشرب فحسب ، بل في نمو النباتات الحولية المستساغة بالمراعي الطبيعية او قد تكون خليط مع المواد العلفية ، وتشكل المياه نحو (64%) من الوزن الكلي لأجسامها، ويؤدي أي نقص في هذه النسبة إلى حدوث خلل فسيولوجي قد يعرّض الحيوانات للإصابة بأمراض إذ إن فقدان نحو10% يؤدي إلى اضطراب وارتعاش، في حين أن فقدان نحو22% قد يسبب النفوق(ناجي ،2013) ،

جدول (4) حيوانات الماشية من المياه في محافظة كركوك للمدة من 2015 - 2025

م

ت	السنوات	الأغنام رأس	المتطلبات السنوية من م^3 / الماء	%	الماعز رأس	المتطلبات السنوية من م^3 /الماء	%	الأبقار رأس	المتطلبات السنوية من م^3 / الماء	%	الجاموس رأس	المتطلبات السنوية من الماء/ م^3	%	الإبل رأس	المتطلبات السنوية من م^3 /الماء	%	الاحتياج المائية م^3 لحيوانات الماشية	%
-1	2015	867897	1735794	9.5	88001	220002.5	8.7	69677	557416	6.3	3819	30552	5.7	-	-	-	2543764.5	8.4
-2	2016	1057795	2115590	11.7	70451	176127.5	7	65775	526200	6	4523	36184	6.9	-	-	-	2854101.5	9.5
-3	2017	1178904	2357808	13	84583	211457.5	8.2	50899	407192	4.7	6742	53936	10.1	-	-	-	3030393.5	10
-4	2018	872038	1744076	9.6	78323	195807.5	7.7	82881	663048	7.5	4670	37360	7	-	-	-	2640291.5	8.8
-5	2019	622510	1245020	6.9	84932	212330	8.3	137508	1100064	12.5	4449	35592	6.7	50	550	7.1	2593556	8.6
-6	2020	641185	1282370	7	87480	218700	8.6	141633	1133064	13	4582	36656	7	52	572	7.4	2671362	9
10	2021	1024693	2049386	11.2	100722	251805	9.9	111231	889848	10.1	6564	52512	10	154	1694	22	3245245	10.8
-8	2022	849715	1699430	9.3	112455	281137.5	11	119436	955488	10.9	7567	60536	11.4	169	1859	24.1	2998450.5	10
-9	2023	639610	1279220	7	102350	255875	10	106400	851200	9.8	6004	48032	9	80	880	11.4	2435207	8.1
10	2024	640565	1281130	7	105070	262675	10.3	100953	807624	9.2	6218	49744	9.3	100	1100	14.2	2402273	8
-11	2025	701555	1403110	7.8	105050	262625	10.3	110293	882344	10	11162	89296	16.9	96	1056	13.8	2638431	8.8
-12	المجموع	9096467	18192934	100	1019417	2548543	100	1096686	8773488	100	66300	530400	100	701	7711	100	30053076	100

فضلا عن ان هناك علاقة ارتباط بين طاقة حيوانات الماشية واستهلاك المياه اذ تؤدي مكونات الاعلاف ذات القيمة الغذائية العالية (الذرة وفول الصويا) الى زيادة استخدام الطاقة وانخفاض استهلاك المياه لانها توفر المزيد من الطاقة لماشية ولكنها تتطلب المزيد من المياه للزراعة (Heinke : 2020) وعليه، فإن الإدارة المتكاملة للأعلاف تُعد أحد الحلول الأساسية للتكيّف مع **تغيّر المناخ وتعزيز استدامة الموارد المائية في نظم الإنتاج الحيواني.**

د- هدف التربية : تحتاج الماشية وخاصة الحلوبة، إلى كميات كبيرة من المياه، ويؤدي نقصها إلى انخفاض إنتاج الألبان، لذلك تُبرَّر الاستثمارات الكبيرة لتوفير المياه ، خصوصًا في سنوات الجفاف. فبقرة الفريزيان المنتجة لـ26 كجم من اللبن يوميًا تحتاج إلى نحو 45 كجم من المياه، لذا لا تناسب المناطق الشحيحة المياه ، أما ماشية اللحم فتحتاج إلى 30 كجم يوميًا، بينما تحتاج الأغنام من 2–6 كجم يوميًا حسب نوع المرعى اذا ان سقي الأغنام يوميًا في المناطق الصحراوية يزيد وزن الرأس بنحو 1.5 كجم خلال 40 يومًا، بينما ينقص وزنها 2.2 كجم إذا سُقيت مرة كل ثلاثة أيام ، (الدعاجنة، 2019) فالابقار الحلوب هي الأكثر تضررا لانها تحتاج كمية اكبر من مياه بمعدل 89 الف الى 160 الف متر مكعب طن على مدار حياتها تليها الأغنام والماعز (منظمة الاسكوا، 2022) في حين ان الجاموس يحتاج 40 لتر من الماء في اليوم وعلى مرتين و110 لتر من ماء لجاموس الحلوب ، وتوجد في منطقة الدراسة اربع مجازر لحيوانات الكبيرة التي تستهلك ما لا يقل عن 509000 /لترماء في اليوم الواحد ما يعدل في السنة 185,785,000 لتر/ سنة لتر، وتختلف هذا المجازر في استهلاك المياه حسب الطاقة الاستعابية لكل مجزرة وحسب نوع الحيوان والعدد التي تزداد فترة الأعياد والمناسبات ، فضلا عن المناخ السائد لان نسبة استهلاك مياه في فصل الصيف يختلف عن الشتاء كما في الجدول (5) التي تشمل عمليات الذبح والتنظيف وإزالة الاحشاء وغسل الارضيات والمعدات ، اما عن الابل التي تخزن المياه وتتحمل العطش لاسابيع لكنها تشرب ما لا يقل عن 150 لتر في اليوم وتوجد بمنطقة الدراسة بنسبة اقل .

ب- المناخ السائد : تعكس المناخ السائد مدى احتياج حيوانات الماشية لمياه لا سيما مناخ الصحراوي يتطلب مياه اكثر ، وتغير المناخ بين انخفاض وارتفاع درجة الحرارة يؤدى الى الاجهاد الحراري للحيوانات وتغير السلوك والتمثيل الغذائي مما يسبب انخفاض في تناول الاعلاف وفقدان الوزن وقلة الانتاج ، فقد تسبب الجفاف في سوريا بين عامي 2005 و2010 في فقدان 85% من الثروة الحيوانية مما يتطلب القيام بتحسينات في قدرة ركائز المياه والثروة الحيوانية (منظمة الاسكوا ، 2022) ، وتتمتع محافظة كركوك بنسبة عالية من الاشعاع الشمسي على مدار السنة ، لا سيما خلال اشهر الصيف التي تؤثر سلبا على الحيوانات فهو يؤثر على وظائفها الفسيولوجية ومن ثم على انتاجها من اللحوم والحليب (محمد، 2023) ويتصف مناخ منطقة الدراسة بانه انتقالي بين مناخ البحر المتوسط والمناخ الصحراوي ويتميز بمدى حراري سنوي كبير بين الصيف والشتاء وامطاره كافية لانتاج مراعي فصلية من الاعشاب وبالذات فترة الربيع لها اهمية في زيادة رطوبة الأرض لأنها تستلم كمية كافية من الامطار(العزاوي، 2005) تؤكد نتائج الارتباط إن الاكثر الأمراض لا تتأثر بالعناصر المناخية بشكل مباشر بل تكون عامل مساعد لانتشار الأمراض لاسيما علاقة الأمطار بالامراض التهاب الرئة وتعفن الظلف ومرض الجرب ومرض القراد، اذا توجد عوامل مسببة أخرى غير العناصر المناخية منها الفيروسات الحاملة للمرض أو عوامل وراثية أو نتيجة العدوى الناقلة من حيوان مصاب أو مرور الحيوان ضمن مناطق ينتشر فيها المرض او إهمال المربي للحيوانات وعدم استخدام الأدوية (الجبوري، 2012) .

ج- نوعية الاعلاف : في ظل التغير المناخي وما يصاحبه من ارتفاع درجة الحرارة وتزايد فترات الجفاف يزداد الطلب لمياه فكلما كانت الاعلاف أكثر جفافًا أو ملوحة زادت حاجة الماشية للماء، مقارنة بالعلف الأخضرً وطازجًا فالسبب يعود إلى محتوى العلف من الرطوبة والألياف والبروتين ، فانخفاض توفر الأعلاف الخضراء عالية الرطوبة يدفع إلى الاعتماد على الأعلاف الجافة والمركزة، والتي تتطلب كميات أكبر من المياه لعمليات الهضم والتمثيل الغذائي ،

جدول (5) مجازر محافظة كركوك

ت	الوحدات الإدارية	مساحة المجزرة	الطاقة الاستيعابية	اليوم / استهلاك المياه لتر
-1	مجزرة كركوك	80 دونم	500 – 700 راس	480000
-2	مجزرة تازة	10 دونم	30 – 50 رأس	8000
-3	مجزرة التون كوبري	20 دونم	40 – 60 رأس	10000
-4	مجزرة الحويجة	10 دونم	50 – 60 رأس	11000

المصدر : وزارة الزراعة ، مديرية زراعة كركوك ، قسم الثروة الحيوانية ، بيانات غير منشورة .

نواحي رياض وشوان وبايجي وقضائي الحويجة وداقوق هي المتخصصة في الإنتاج السمكي في المحافظة اكثر من باقي الوحدات الإدارية الأخرى وتكون ضمن نظام المغلق وتشكل الأسماك أكثر أنواع قطاع الثروة الحيوانية التي تستهلك المياه لكن نسبة وجودها اقل مقارنة بحيوانات الماشية ، كما يتبين من الجدول (6) كمية الاحتياج المائي للأسماك في المحافظة على اعتبار ان :

- مساحة الحوض الواحد : 1 دونم = 2500 م^2
- عمق الماء المتوسط : 1.2 م
- حجم الماء في الحوض 3000 = 1.2 × 2500 م^3
- الفاقد السنوي (تبخر + تسرب + تبديل مياه) في مناخ كركوك 4500 م^3 / سنة
- الاحتياج المائي السنوي للحوض الواحد (تشغيل عادي) في 7500م^3 / سنة

2- الثروة السمكية :

ان من اهم مصادر الانتاج السمكي في العراق هي مشاريع تربية الأسماك والمصائد الداخلية والصيد من المياه المالحة والانهار، اذا بلغ انتاج الأسماك من مصادر تربية الأسماك حوالي 13 الف طن في عام 2004 ووصل الى 19 الف طن في عام 2008 الا ان شحة المياه وانخفاض تساقط الامطار التي انعكست على المخزون المائي في سدود العراق مما أدى الى تراجعًا انتاج بعض المحافظات العراقية بشكل ملحوظ فمن انتاج 74078 طن في العام 2021 الى 20662 طن في العام 2024 (صالح ونصيف، 2025) مما يوجه العراق وضعا صعبا يتمثل في شحة امدادات المياه بسبب تخلف السدود التي تحت الانشاء او المزمع اقامتها على نهري دجلة والفرات في الجانب التركي ، بالتالي يوجه ازمة جديدة تتمثل في امداد الاسواق العراقية بالاسماك المحلية سواء كانت من الانهار او من الاستزراع السمكي ما يقتضي التفكير في معالجة الوضع بالسرعة الممكنة لتلافي ايقاف حالات النقص التي سوف تشهدها الاسواق من الاسماك (الخفاجي، 2013) ، فالتغير المناخي لها تأثير في استدامة مياه الثروة السمكية اذا ان انخفاض مستوى المياه في الأنهار ووصل البعض منها إلى جفاف بسبب قلة الامطار قد اثر سلبا على الثروة السمكية بالرغم من أن مشاريع تربية الأسماك في منطقة الدراسة شهدت تزايداً كبيراً إذ بلغ مجموع أعداد بحيرات الأسماك لسنة 2000 نحو 50 بحيرة، وبمساحة كلية 668 دونماً، ثم زاد العدد ووصل إلى 57 بحيرة،

وبمساحة285دونم لسنة 2008، ثم ازداد هذا العدد من بحيرات الأسماك لتصل إلى 61 بحيرة، وبمساحة كلية 22 دونماً، في سنة2014 وبإجمالي المساحة البالغة 45 دونماً، ويتم تسويق إنتاجها من الأسماك إلى خارج المحافظة وهذا له مردود اقتصادي ويؤدي إلى تقليل البطالة وتشغيل الأيدي العاملة المحلية وتقوم هذه المشاريع في الأراضي التي لا تصلح للزراعة ، ومن أهم أنواع الأسماك الموجودة في منطقة الدراسة هو سمك الكارب(العساف، 2016) ، لا سيما في

جدول (6) كمية الاحتياج المائي لعدد احواض الاسماك

ت	السنة	عدد الاحواض	%	الاحتياج المائي م^3/سنة	ت	السنة	عدد الاحواض	%	الاحتياج المائي م^3/سنة
-1	2015	5	2.4	37500	-7	2021	18	8.8	135000
-2	2016	5	2.4	37500	-8	2022	20	9.7	150000
-3	2017	8	3.9	60000	-9	2023	30	14.4	225000
-4	2018	10	4.9	75000	-10	2024	40	19.3	300000
-5	2019	13	6.2	97500	-11	2025	43	20.8	322500
-6	2020	15	7.2	112500	-12	المجموع	207	100	1552500

المصدر : وزارة الزراعة ، مديرية زراعة كركوك ، قسم الثروة الحيوانية ، بيانات غير منشورة .

جدول (6) كمية الماء المستهلكة بحس عمر الافراخ في درجة حرارة لا تزيد على (30°) م

العمر/يوم	7	14	21	28	35	42	49	56
كمية الماء لتر/1000فرخ/يوم	27	57	86	110	141	168	195	218

المصدر: عبد الاله حميد محمد وإسماعيل خليل إبراهيم ، دليل تربية فروج اللحم، ط1، منشورات وزارة الزراعة ، بغداد، 2000، ص 11.

الضروري توفير الماء الصالح للشرب وبالكميات الكافية في جميع الاوقات (الفراجي ، 2004) ، وعلى الرغم من أن الاستهلاك المائي لقطاع الدواجن يعد محدودًا مقارنة بالزراعة ، إلا أن استمراريته السنوية تجعله عاملًا مهمًا يجب أخذه بنظر الاعتبار عند وضع خطط الإدارة المتكاملة للموارد المائية في المحافظة .

3- الدواجن :

تختلف احتياج مشاريع الدواجن لمياه أيضا حسب الفصل المناخي والمواد العلفية بالدرجة الأولى ، ثم عمر وعدد الدواجن ، كما في الجدول (7) التي تبين كمية الاحتياج المائي حسب العمر الا ان متوسط استهلاك حقل الدواجن الواحد تقدير 20 م^3 ماء / يوم ، والتي تشمل (شرب الدواجن ، والتنظيف ، والتبريد والخدمات) ، اذا تزداد الطلب لمياه في فصل الصيف أكثر وبسبب شحة المياه السطحية في المحافظة مما تتطلب من أصحاب المشاريع حفر ابار ارتوازية في تلك المناطق البعيدة عن مصادر المياه السطحية ، لا سيما في نواحي شوان وقره هنجير وسركران وبايجي والرشاد ، اذا يتبين من الجدول (8) ان استهلاك سنوي بلغ في 2025 حوالي 983400 م^3 ، فالتوسع في أعداد حقول الدواجن في محافظة كركوك خلال المدة (2015–2025) م قد أسهم في زيادة الطلب على الموارد المائية ، ولا سيما المياه الجوفية في ظل مناخ شبه جاف . الا ان نسبة الاملاح قد تؤثر في صحة الدواجن ، فمن المستحسن أن تكون المياه عذبة وخالية من الاملاح لتأثيرها السلبي في الدواجن ، وعلى المعدات التي تترسب عليها الاملاح، التي يصعب ازالتها ، لاسيما معدات الشرب المناهل ووسائل التبريد (مبردات الهواء وانابيب التبريد) وكمعدل عام يمكن القول ان استهلاك الدجاجة من الماء يعادل (2-3) اضعاف وزن الغذاء المستهلك ، لذا فمن

جدول (7) كمية الاحتياج المائي لمشاريع

ت	السنوات	اعداد حقول الدواجن	%	كمية الاحتياج سنة/المائي م^3	ت	السنوات	اعداد حقول الدواجن	%	كمية الاحتياج سنة/المائي م^3
-1	2015	65	7.2	71500	- 7	2021	80	9	88000
-2	2016	63	7	69300	- 8	2022	85	9.6	93500
-3	2017	66	7.3	72600	- 9	2023	92	10.2	101200
-4	2018	68	7.7	74800	- 10	2024	110	12.3	121000
-5	2019	70	7.9	77000	- 11	2025	120	13.5	132000
-6	2020	75	8.3	82500	- 12	المجموع	894	100	983400

المصدر : وزارة الزراعة ، مديرية زراعة كركوك ، قسم الثروة الحيوانية ، بيانات غير منشورة .

4- النحل :

شهدت تربية النحل في محافظة كركوك نجاحا كبيرا حيث ازداد عدد المزاولين لهذا النشاط ودعم الدولة لهم بانشاء مناحل بأقراضهم مبلغ خمسة ملايين دينار من المصرف الزراعي ويتم استفاء المبلغ من أصحاب المشاريع على أقساط لمدة اربع سنوات بقرار 18 في 2008/7/8 م وتخصيص مبلغ 20 مليون لشراء مستلزمات تربية النحل وتم توزيعها على المربين بنسبة 50% (الواقع الزراعي في محافظة كركوك، 2009) ، مما أدت تلك القرارات الى تشجيع في تربية النحل وزيادة اعداد خلايا النحل بالتالي زيادة الاحتياج المائي ، كما في الجدول (9) ، الا ان الاحتياج المائي لخلايا النحل منخفض جدًا مقارنة بالأنواع الأخرى من الثروة الحيوانية الا ان الزيادة السنوية تعكس نمو عدد خلايا النحل وتوسع النشاط دون ضغط مائي كبير حتى في عام 2025 لم يتجاوز الاستهلاك 30764 م^3/سنة ، اذا تحتاج النحل لمياه من اجل تبريد الخلية ، لا سيما في فصل الصيف واذابة العسل في فصل الشتاء وتغذية اليرقات ، فالخلية الواحد بغض النظر عن حجم الخلية ان كانت (صغيرة او كبيرة) تستهلك من 0.2 – 0.5 لتر/ يوم .

جدول (9) اعداد مشاريع خلايا النحل بمحافظةكركوك للمدة (2015 – 2025) م

ت	السنوات	عدد النحالين (المجازين وغير المجازين)	عدد خلايا النحل	%	كمية الإنتاج كغم	الاحتياج المائي م^3 / سنة
-1	2015	88	2063	3	69630	264.06
-2	2016	95	3010	4.3	71100	385.28
-3	2017	90	4461	6.4	76610	571.01
-4	2018	123	5046	7.2	73460	645.89
-5	2019	137	6095	8.8	76950	780.16
-6	2020	188	7865	11.3	78650	1006.72
-7	2021	210	7035	10.1	80350	900.48
-8	2022	245	8005	11.5	82050	1024.64
-9	2023	286	8375	12	83750	1072.00
-10	2024	300	8545	12.3	85450	1093.76
-11	2025	302	9148	13.1	48616	1170.94
-12	المجموع	2064	69648	100	826616	8914.94

تركيز الأملاح الذائبة ، أو تراكم الاوساخ والجراثيم ، فضلا عن ضعف الصيانة والتنظيف الدوري للأدوات المخصصة لإرواء الحيوانات مما يؤدي إلى زيادة معدلات الإصابة بالأمراض، وانخفاض الإنتاجية، وفي بعض الحالات قد يؤدي إلى نفوق الحيوانات، مما ينعكس سلبًا على الجانب الاقتصادية للمربين ، اذا يتركز نشاط الثروة الحيوانية في القرى والنواحي التابعة لمحافظة كركوك التي تعاني من شحه

المصدر : وزارة الزراعة ، مديرية زراعة كركوك ، قسم الثروة الحيوانية ، بيانات غير منشورة .

التقنيات الحديثة المتبعة في تنمية الثروة الحيوانية في المحافظة بهدف تقليل (الهدر والتلوث) وتحديد الفجوة المائية

تُعد إدارة مياه الشرب في قطاع الثروة الحيوانية من الأمور المهمة التي تؤثر مباشرة في صحة الحيوانات وكفاءة الإنتاج ، اذا يتعرض جزءًا كبيرًا من المياه المستخدمة في هذا القطاع للتلوث نتيجة ارتفاع

تقديرات الكمية التقريبية لتوفير المياه :

1- حيوانات الماشية : على اعتبار قطيع مكون من 100 رأس من (الأغنام والماعز والابقار والجاموس والابل) يستهلك حوالي 3150 لتر /سنة ونسبة من 20 – 40 % تهدر بسبب الانسكاب والتلوث وتبريد اجسامهم وهذه النسبة يمكن إعادة تدوير بعد المعالجة واستخدامها في تنظيف الحظائر وري الاعلاف اذا توفر حوالي بين 630 – 1260 لتر/ سنة فضلا عن ان مخلفات حيوانات الماشية تحتوي على نسبة عالية من المواد العضوية والرطوبة أيضا التي تزداد من خصوبة التربة

2- **الدواجن :** اعتُبر أن حقل واحد يستهلك 1,100 م^3 ماء سنويًا، وإعادة تدوير نصف هذه الكمية لري النباتات، فإن ذلك يوفر 550م^3 مياه سنويًا للحقل الواحد.

3- خلايا النحل : اما لـ 100 خلية اذا يستهلك كل منها 128 لتر/سنة 12,800 لتر/سنة ، فإن إعادة تدوير المياه بنسبة 50% يوفر نحو 6,400 لتر/سنة لاستخدامها في النباتات.

4- احواض الأسماك : إذا كان حجم المياه المستخدم في حوض متوسط 10 م^3/حوض/سنة، فإن إعادة تدوير 70% منه لري النباتات أو المساحات الخضراء يوفر 7م^3/حوض/سنة مع الاستفادة من المغذيات في الماء ، ومن أهم المؤشرات الحيوية التي تعكس جودة المياه وسلامة البيئة داخل الاحواض تركز البكتيريا سواء كانت بكتيريا نافعة تساهم في دورة النتروجين أو بكتيريا ضارة قد تهدد صحة الأسماك والانسان مما يتطلب الحاجة الى دراسة البكتيريا في احواض الأسماك لا سيما في المناطق الحضرية

المياه وقلته مما يمثل تحسين إدارة المياه في الإرواء تحديًا مهمًا في تلك المناطق ، ومن هنا تأتي أهمية اعتماد التقنيات الحديثة لإرواء الحيوانات التي تسهم في تقليل الهدر المائي والحفاظ على جودة المياه .

1- حيوانات الماشية : استخدام المشارب الأوتوماتيكية المغلقة المزودة بصمامات تحكم التي تسمح بتزويد الحيوان بالماء ويقلل الهدر ويحد من التلوث الناتج عن الانسكاب أو استخدام المياه المكشوفة .

2- الدواجن : استخدام أنظمة الشرب بالقمع أو الخطوط المغلقة التي تمنع تلوث المياه بسبب الفضلات وتحافظ على كمية الماء وإمكانية تركيب حساسات الرطوبة ودرجة الحرارة للتحكم في تدفق المياه التي تقلل من الهدر خلال فترات الصيف الحارة

3- النحل : استخدام حاويات المياه المغلقة أو شبكات قطرية صغيرة لتلبية احتياجات النحل بالمياه دون التسبب في تلوثها

4- احواض الأسماك : إمكانية استخدام احواض تقلل من نسبة التبخر وتحتفظ بدرجة حرارة تلاءم احجام الأسماك فضلا عن استخدام الأجهزة التي تزويد من نسبة الاوكسجين بالتالي تقلل من هدر تغير المياه .

ان الاستراتيجية المتكاملة في إعادة تدوير المياه المستخدمة من الثروة الحيوانية لا سيما من الدواجن وأحواض الأسماك تعد من أحد أبرز الأساليب الحديثة لتحقيق الاستخدام الأمثل للموارد المائية وتقليل الهدر اذا تحتوي مياها على مغذيات النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم المفيدة لنمو النباتات ، فعملية جمع المياه المستعملة في إرواء الحيوانات بعد معالجتها لإزالة الشوائب والملوثات يساهم في استدامة مياه الزراعة وتنمية الثروة الحيوانية في المناطق التي تواجه ضغوطًا مائية لا سيما القرى النائية ويتبن من الجدول ان حوالي 62.5 % يستفادون من مياه احواض الأسماك ويرتبط ذلك على مدى وعي مربين الثروة الحيوانية وتتيح **فوائد** على المستويين البيئي والاقتصادي من خلال تحسين كفاءة استخدام الموارد المائية ومنع التلوث البيئي الناتج عن تصريف المياه المستعملة إلى البيئة .

جدول(10) الفجوة المائية لقطاع الثروة الحيوانية في محافظة كركوك للمدة (2015 – 2025)

ت	السنوات	مجموع السنوي للأمطار سنة/م^3	%	احتياج حيوانات سنة/الماشية م^3	الفجوة المائية	%	احتياج الثروة السمكية سنة/م^3	الفجوة المائية	%	احتياج الدواجن سنة/م^3	الفجوة المائية	%	احتياج خلايا النحل سنة/م^3	الفجوة المائية	%	مجموع احتياج قطاع الثروة الحيوانية	الفجوة المائية	%
-1	2015	320	8.8	2543764.5	2543444.5	8.4	37500	37180	2.4	71500	71180	7.2	264.06	55.94-	1	2653028.56	2651748.56	8.1
-2	2016	350	9.6	2854101.5	2853751.5	9.5	37500	37150	2.4	69300	68950	7	385.28	35.28	0.6	2961286.78	2959886.78	9
-3	2017	300	8.2	3030393.5	3030093.5	10	60000	59700	3.9	72600	72300	7.3	571.01	271.01	5.1	3163564.51	3162364.51	9.8
-4	2018	370	10.1	2640291.5	2639921.5	8.8	75000	74630	4.9	74800	74430	7.7	645.89	275.89	5.2	2790737.39	2789257.39	8.5
-5	2019	290	8	2593556	2593266	8.6	97500	97210	6.2	77000	76710	7.9	780.16	490.16	9.3	2768836.16	2767676.16	8.5
-6	2020	360	9.9	2671362	2671002	8.9	112500	112140	7.2	82500	82140	8.3	1006.72	646.72	12.2	2867368.72	2865928.72	8.9
-7	2021	280	7.7	3245245	3244965	10.9	135000	134720	8.7	88000	87720	9	900.48	620.48	11.7	3469145.48	3468025.48	10.6
-8	2022	310	8.4	2998450.5	2998140.5	10	150000	149690	9.6	93500	93190	9.6	1024.64	714.64	13.5	3242975.14	3241735.14	10
-9	2023	340	9.3	2435207	2434867	8.1	225000	224660	14.5	101200	100860	10.2	1072.00	732	13.9	2762479	2761119	8.4
-10	2024	400	11	2402273	2401873	8	300000	299600	19.3	121000	120600	12.3	1093.76	693.76	13.1	2824366.76	2822766.76	8.6
-11	2025	330	9	2638431	2638101	8.8	322500	322170	20.9	132000	131670	13.5	1170.94	840.94	15.9	3094101.94	3092781.94	9.5
-12	المجموع	3650	100	30053076	30049426	100	1552500	1548850	100	983400	979750	100	8914.94	5264.94	100	32597890.94	32583290.94	100

المصدر : جدول (1) و(3) و (5) و (7) و(8)

- تم اعتماد على مجموع السنوي للأمطار لغرض تحليل الاتجاه العام للفجوة المائي على اعتبار ان الامطار هي المغذي الرئيسي لتلك المياه ومؤشر المياه المتاحة لان كمية المياه السطحية وعدد الابار ليست مخصص فقط لقطاع الثروة الحيوانية وانما جزء منه مخصص وتلك الجزء قليلة مقارنة بالإنتاج النباتي والاستخدام البشري علما ان الابار الجوفية ليست كلها صالحة للاستخدام بسبب زيادة نسبة الملوحة او جفاف عدد منها .
- تم تحويل الاحتياجات المائية لقطاع الثروة الحيوانية من وحدة اللتر إلى المتر المكعب لغرض توحيد الوحدات، وذلك باعتماد ان (1 م^3 = 1000 لتر) .
- الفجوة المائية = مجموع احتياج قطاع الثروة الحيوانية – مجموع الأمطار السنوية (وإذا كانت النتيجة موجبة ← عجز مائي، وإذا سالبة ← فائض

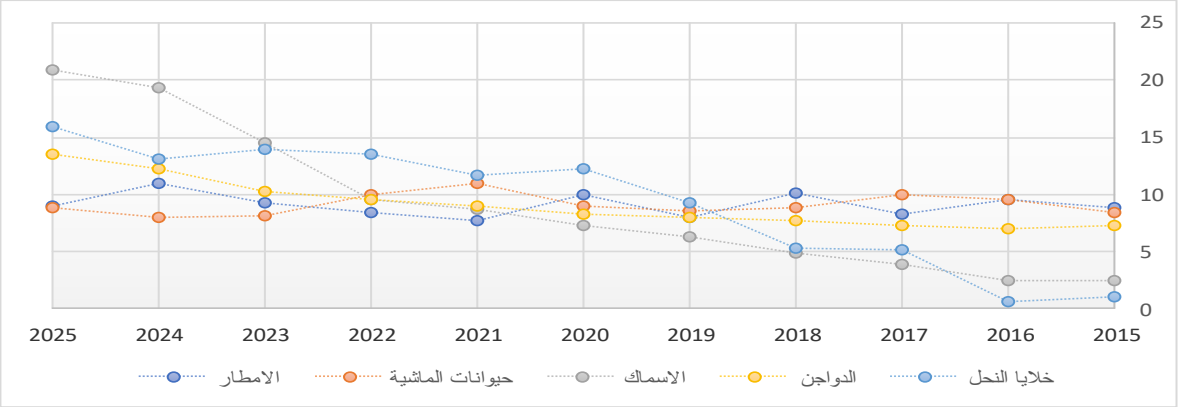
جدول (11) مخلص الاحتياج المائي والفجوة المائية

ت	الثـــــــروة الحيوانية	مجمـوع الاحتيـاج المـائي م^3 سنة	مجمـوع الفجـوة المـائي م^3 سنة	%	طبيعة التأثير
-1	حيوانـــــات الماشية	30053076	30049426	92.1	تـأثير كبيـر جـدا ضغط مرتفع على الموارد المائية
-2	الثروة السمكية	1552500	1548850	4.7	تأثير متوسط على الموارد المائية
-3	الدواجن	983400	979750	3	تأثير محدود نسبيا
-4	خلايا النحل	8914.94	5264.94	0.2	تأثير ضعيف جدا
-5	المجموع الكلي	32597890.94	32583290.94	100	-

المصدر : جدول (9)

للمدة 2015 – 2025 م في حين بلغ الفجوة المائي حوالي32583290.94 م^3 / سنة وتتفاوت بين الفائض والعجز حسب نوع الثروة الحيوانية .

الشكل (1) الفجوة المائية لثروة الحيوانية



3- تعد مياه احواض تربية الأسماك من أكثر أنواع مياه الثروة الحيوانية ملاءمة من الناحيتين الفنية والبيئية لإعادة التدوير وتصل نسبتها حوالي 62.5% من مجموع نسبة إعادة تدوير المياه، ثم تأتي بعدها مياه الدواجن وحيوانات الماشية 23.4%و11.8%، في حين تعد مياه خلايا النحل الأقل حجماً والأكثر محدودية

4- كشفت النتائج أن التغير المناخي ترفع من التكاليف الاقتصادية المرتبطة بتوفير مياه الثروة الحيوانية، من خلال تعميق الآبار، أو تشغيل المضخات لفترات أطول، أو شراء المياه في بعض المناطق، فضلا عن تدهور المراعي الطبيعية وانخفاض إنتاجية المحاصيل العلفية ، مما دفع المربين إلى استخدام أعلاف جافة أو مستوردة ، الأمر الذي انعكس بزيادة إضافية في الطلب على المياه.

المصادر :

(1) رافع صاحب العبيدي ، التحليل جغرافي لخصائص هطول الامطار الموسمية والسنوية في قضاء داقوق بمحافظة كركوك للمدة (2015 – 2025) م .

المصدر : (10)

الاستنتاجات :

1- أظهرت النتائج أن للتغير المناخي تأثيراً في استدامة الموارد المائية المخصصة للثروة الحيوانية وفقاً لتصنيف المناخ التي تبيّن أن منطقة الدراسة يقع ضمن النطاق شبه الجاف للفترة 2015–2025 م باستخدام معاملي كوين–لانج وديمارتون الأمر الذي يؤدي إلى ارتفاع الطلب السنوي للمياه وبالذات في فصل الصيف المصحوبة بارتفاع درجات الحرارة وزيادة حالات الإجهاد الحراري لدى الحيوانات ، ويبرز هذا التأثير بشكل أوضح في حيوانات الماشية الحلوبة التي تتطلب كميات مياه أكبر من الحيوانات المخصصة لإنتاج اللحوم.

2- بينت النتائج أن نسبة استهلاك الثروة الحيوانية للمياه ترتبط بنوعية الأعلاف المستخدمة ، إذ يزداد الطلب على المياه كلما كانت الأعلاف أكثر جفافاً أو ملوحا ، وتقدر مجموع الاحتياج الحيوانية لمياه في منطقة الدراسة حوالي نحو32597890.94 م^3 / سنة

[12] زهير فخري الجليلي وجلال إيليا القس ، أنتاج الأغنام والماعز ، دار ابن الأثير للطباعة والنشر ، جامعة موصل ، بلا تاريخ ، ص164.
[13] أحمد سليمان محمود ومحمود رياض المهدي ، أساسيات الإنتاج الحيواني ، قسم الإنتاج الحيواني ، كلية الزراعة ، جامعة بنها ، مصر، بلا تاريخ ، ص 16-17
[14] ناطق حميد القدسي وجيال فكتوريا أيليا ، أنتاج ماشية الحليب، العراق، جامعة بغداد ،2010 ، ص312
[15] منظمة الاسكوا الصادر عن الأمم المتحدة ، الاستفادة من أفضل الممارسات والابتكارات والتكنولوجيات لتوجيه العمل المناخي، وبناء نُظُم زراعية مرنة ومستدامة، بيروت ، لبنان ، 2022 ، ص32 - 34 .
[16] عبد الغني عبدالله حسن محمد ، المناخ وعلاقته بتربية حيوانات الماشية في محافظة كركوك ، مجلة أبحاث كلية التربية الأساسية ، المجلد 19 ، العدد 3 ، 2023 ، ص 334 .
[17] مريم شفيق صالح العزاوي ، واقع زراعة القمح والذرة الصفراء في محافظة كركوك ، كلية التربية البنات ، رسالة ماجستير (غ م) ، جامعة بغداد ، 2005 ص 15 .
[18] عبد الهادي صالح عبد الهادي الجبوري ، أثر عناصر المناخ على بعض امراض الابقار في محافظة كركوك ، رسالة ماجستير (غ م) ،كلية التربية للعلوم الإنسانية ، جامعة تكريت ، 2012 ، ص51 .
[19] Jens Heinke ,Water Use in Global Livestock Production—Opportunitiesand Constraints for Increasing Water Productivity , water resources research , RESEARCH
[20] حجازي محمد الدعاجنة ، عناصر المناخ وأثرها على الحيوانات المجترة في الاغوار الفلسطينية ، مجلة الزراعة ، العدد 10 ، مجلد 1 ، 2019 ، ص 35 .
[21] منظمة الاسكوا الصادر عن الأمم المتحدة ، مصدر سابق ، ص32 .
[22] زوزان علي صالح ومحمد الباقر نصيف ، مشاكل شحة المياه وانعكاساتها على الثروة السمكية في العراق (مخاطر وتهديدات) ،الدورة الانتخابية الخامسة ، الفصل التشريعي الثانية ، دائرة البحوث والدراسات النيابية ، قسم البحوث ، 2025

GIS ، مجلة جامعة كركوك ، للدراسات الإنسانية ، المجلد 17 ، العدد 1 ، 2022 ، ص167 .
[2] صبحي أحمد مخلف حمد الدليمي ، الصناعات التحويلية الكبيرة وتوطنها في محافظة كركوك ، رسالة ماجستير (غ م) ، كلية التربية للعلوم الإنسانية ، جامعة الانبار ، 2013 ، ص 44 .
[3] ماجد صدام سالم ، الأهمية الجيوستراتيجية لحقول النفط في محافظة كركوك (دراسة في الجغرافية السياسية) ، رسالة ماجستير (غ م) ، كلية التربية أبن رشد ، جامعة بغداد ، 2009 ، ص 37 .
[4] ماجد صدام سالم ، الأهمية الجيوستراتيجية لحقول النفط في محافظة كركوك (دراسة في الجغرافية السياسية) ، مصدر سابق ، ص 53 .
[5] نبهان زمبور عنتر ماجد السعدي ، التوزيع المكاني لسكان قضاء الحويجة خلال المدة (1957 – 2007) ، رسالة ماجستير (غ م) ، كلية التربية للعلوم الإنسانية ، جامعة تكريت ، 2007 ، ص 126 .
[6] حيدر خيري غضيه البديري ولميس سعد حميد الزهيري ، التغيرات البيئية والجيومورفولوجية لبحيرة سد شيرين شرق كركوك ، المجلة العربية لاخلاقيات المياه ، المؤسسة العربية لتربية والعلوم والاداب ، مجلد 5 ، العدد 5 ، مصر ، 2022 ، ص114
[7] محمد خميس الزوكة ، جغرافية المياه ، دار المعرفة الجامعية ، الإسكندرية ، مصر، 1998، ص268.
[8] محمود سعد إبراهيم ، مؤشرات تصحر أراضي المراعي الطبيعية ، دراسة تطبيقية على جنوب إقليم الجبل الأخضر من منظور الجغرافي ، فرع درنة ، جامعة عمر المختار ، قسم الجغرافية ، كلية الآداب والعلوم ، طرابلس ،2014، ص25 . http://paper.arts.com.ly
[9] شنو مصطفى علي محمد ، دراسة نوعية المياه الجوفية في محافظة كركوك ، مجلة جامعة كركوك الدراسات العلمية ، المجلد 10 ، العدد4 ، 2015 ، ص 177 .
[10] نهرين حسن عبود ، ظاهرة التصحر في محافظة كركوك ، كلية التربية للبنات ، رسالة ماجستير (غ م) ، جامعة بغداد ، 2011 ، ص 100 .
[11] محمد سالم عبد الهادي ناجي ، الثروة الحيوانية في محافظات غزة ، رسالة ماجستير (م) ، قسم الجغرافية ، كلية الدراسات العليا ، الجامعة الإسلامية ، غزة ، 2013 ، ص 88. library.iugaza.edu.ps

[23] ثائر عبيد حسن الخفاجي ، ظاهرة الجفاف في قضاء عين التمر وتأثيرها على واقع الإنتاج الزراعي ، أطروحة دكتوراه ، (م) ، جامعة سانت كلمنتس العالمية ، 2013 ، ص 89 .

[25] عدنان عطية محمد علي الفراجي ، انتاج الدواجن وتباينها في العراق ودورها في الامن الغذائي ، أطروحة دكتوراه (غ م) ، كلية الاداب ، جامعة بغداد ، 2004 ، ص167 .

[26] الواقع الزراعي في محافظة كركوك والافاق المستقبلية لتطويرها ، وزارة الزراعة ، مديرية زراعة كركوك ، 2009 ، ص 25

[27] Ahmed Hussein Ahmed Tawoos Mohammed Kamel Omar Taha Mahmoud , Bacteriological assessment of fish ponds in the districts and suburbs of Kirkuk Governorate , Journal of Environmental Impact and Management Policy , Vol: 05, No. 02, 2025

[28] محمد شلاش خلف ، التحليل المكاني لكفاءة خدمات مياه الشرب في مدينة كركوك ، مجلة جامعة كركوك للدراسات الإنسانية ، المجلد 16 ، العدد 2 ، 2021 ، ص

Estimation of Water Requirements for the Livestock Sector in Kirkuk Governorate for the Period (2015–2025)

Author: Dr. Layla Ali Abd

Assistant Professor, College of Basic Education , University of, Kirkuk , I

ABSTRACT

Estimating the water requirements of the livestock sector is considered a fundamental topic in agricultural geography,

given its importance in achieving a balance between available water resources and the magnitude of demand. This study aims to estimate the actual water requirements of livestock in Kirkuk Governorate for the period (2015–2025), particularly dairy cattle, poultry, and fish, in addition to examining the impact of feed types on determining water consumption levels .The study also addresses the available water resources for the livestock sector, represented by surface and groundwater, with a focus on administrative units located from surface water sources, and analyzes their adequacy in meeting water requirements. The research relies on data from the Kirkuk meteorological station to support the estimation of water needs, through analyzing seasonal variations that lead to increased water demand during the summer compared to the winter season.

Furthermore, the study seeks to determine the magnitude of water deficit and surplus in the livestock sector, as well as to highlight the role of modern technologies in livestock watering systems in improving water use efficiency, reducing water loss, and minimizing pollution. The study concludes with a set of findings and recommendations aimed at enhancing water resource management and improving efficiency in order to support the sustainability of the livestock sector in Kirkuk Governorate.

Keywords: Water Resources Sustainability ,Temporal Variability, Livestock Sector , Water Balance Gap

العجز المائي المناخي كمؤشر للجفاف في المناطق الصحراوية دراسة حالة قضاء السلمان للفترة(1990-2023)

أ.د. عدنان عودة فليح الطائي م.م سحر مجهول هارون كاظم البياتي
Adnan.udda@mu.edu.iq Shralbyaty47@ mu.edu.iq
جامعة المثنى / كلية التربية للعلوم الإنسانية/ قسم الجغرافية
[1] قسم علوم الجغرافية ، كلية التربية للعلوم الإنسانية، جامعة المثنى ، السماوة، العراق
[2] قسم علوم الجغرافية، كلية التربية للعلوم الإنسانية، جامعة المثنى ، السماوة، العراق

الملخص

تعاني المناطق الجافة وشبه الجافة في جنوب العراق، ولاسيما قضاء السلمان، من تفاقم واضح في ظاهرة الجفاف نتيجة اختلال التوازن بين كميات الهطول المطري ومعدلات التبخر/النتح، مما أدى إلى ظهور عجز مائي مناخي. وانطلاقًا من هذه الإشكالية، تهدف الدراسة إلى تحليل العجز المائي المناخي وبيان أثره في تفاقم الجفاف في قضاء السلمان خلال المدة (1990–2023). وقد اعتمدت الدراسة على المنهج الكمي في تحليل البيانات المناخية من خلال حساب الموازنة المائية المناخية، بالاستناد إلى تقدير المطر الفعّال وفق طريقة شرف، وحساب التبخر/النتح الكامن باستخدام معادلة نجيب خروفة الملائمة لظروف العراق المناخية، وذلك اعتمادًا على البيانات المناخية الشهرية لمحطات تمثّل منطقة الدراسة. أبرزت نتائج الدراسة تسجيل عجز مائي مناخي مستمر خلال جميع أشهر السنة، مع تباين واضح في شدته بين الفصول، إذ بلغ أقصاه خلال فصل الصيف ولاسيما شهر تموز، نتيجة الارتفاع الكبير في درجات الحرارة وزيادة معدلات التبخر/النتح، في حين انخفض نسبيًا خلال فصل الشتاء بسبب تراجع درجات الحرارة ومحدودية الأمطار الفعّالة. كما أظهرت المجاميع السنوية للموازنة المائية المناخية سالبية مرتفعة طوال مدة الدراسة، الأمر الذي يؤكد تفاقم الجفاف واستمراريته في قضاء السلمان. وتتجلى أهمية الدراسة في كونها توفر تشخيصًا علميًا دقيقًا لواقع العجز المائي والجفاف في المنطقة، وتسهم في دعم متخذي القرار ببيانات كمية يمكن الاعتماد عليها في وضع استراتيجيات فعّالة لإدارة الموارد المائية، والتخفيف من آثار الجفاف، وتحقيق قدر من الاستدامة البيئية والاقتصادية في قضاء السلمان.

الكلمات المفتاحية:

العجز المائي، المطر الفعّال، التبخر/النتح الكامن، معادلة نجيب خروفة، ادارة الموارد المائية

3. تفسير النتائج لتقييم أثر العجز المائي في تفاقم الجفاف ووضع توصيات لإدارة الموارد المائية.

59- **النتائج**

يُعدّ الجفاف في قضاء السلمان نتاجًا مباشرًا لاختلال الموازنة المائية المناخية، حيث أظهرت نتائج الدراسة للفترة (1990–2023) تسجيل عجز مائي مناخي مستمر خلال جميع أشهر السنة، مع مجاميع سنوية سالبة مرتفعة تجاوزت (-2281 ملم) في محطة السلمان، الأمر الذي يعكس حالة جفاف مزمنة ذات أبعاد طبيعية وبيئية واقتصادية متداخلة .فعلى المستوى المناخي، يتجسد الجفاف من خلال محدودية الهطول المطري وعدم انتظامه الزماني، إذ تتركز الأمطار في فترات قصيرة من فصل الشتاء وبكميات لا تكفي لتعويض الفقد الكبير الناتج عن التبخر/النتح الكامن. وتؤكد القيم المرتفعة للعجز المائي خلال فصل الصيف، ولاسيما في شهر تموز الذي سجل أقصى عجز مائي، أن الارتفاع الشديد في درجات الحرارة يؤدي إلى فقدان سريع للرطوبة، ما يجعل التربة غير قادرة على الاحتفاظ بالمياه حتى في السنوات التي تشهد هطولًا مطريًا نسبيًا. ويُستنتج من ذلك أن الجفاف في القضاء ليس ظاهرة موسمية، بل حالة مناخية دائمة مرتبطة بطبيعة الإقليم الصحراوي. أما الجفاف الهيدرولوجي، فيظهر بوضوح من خلال غياب الموارد المائية السطحية الدائمة، واقتصار الجريان على سيول موسمية قصيرة العمر سرعان ما تتبدد بفعل التبخر العالي والتسرب الأرضي. كما انعكس العجز المائي المتراكم على المياه الجوفية، حيث أدى ضعف التغذية الطبيعية إلى انخفاض مناسيبها وتدهور نوعيتها، وهو ما يُلاحظ في اعتماد السكان على آبار محدودة الإنتاج تتسم بتذبذب كمي وازدياد تدريجي في الملوحة، مما يحد من كفاءتها للاستخدامات البشرية والزراعية. ويتجلى الجفاف البيئي في التدهور الملحوظ للغطاء النباتي الطبيعي نتيجة نقص الرطوبة وتكرار مواسم الجفاف، إذ تختفي النباتات

- 56- **المقدمة**

تعد المناطق الجافة وشبه الجافة في جنوب العراق، بما فيها قضاء السلمان، من أكثر المناطق عرضةً لتفاقم ظاهرة الجفاف، نتيجة اختلال التوازن بين كميات الهطول المطري ومعدلات التبخر/النتح. ويؤدي هذا الاختلال إلى نشوء عجز مائي مناخي مزمن يشكل تحديًا بيئيًا وتنمويًا متزايد التأثير على الاستقرار الاجتماعي والاقتصادي في المنطقة. ويشكل تحليل الموازنة المائية المناخية أداة علمية هامة لتحديد العجز أو الفائض المائي، بما يمكن من فهم ديناميكيات المياه وتأثيرها على مختلف الأنشطة البشرية والبيئية. وقد أصبح من الضروري دراسة هذا العجز المائي بشكل كمي لتقييم مدى تأثيره في تفاقم الجفاف ووضع أسس لإدارة فعالة للموارد المائية في قضاء السلمان. وتعتمد هذه الدراسة على المنهج الكمي في تحليل البيانات المناخية، حيث تم حساب الموازنة المائية المناخية بالاستناد إلى تقدير المطر الفعّال وفق طريقة شرف، وحساب التبخر/النتح الكامن باستخدام معادلة نجيب خروفة، اعتمادًا على البيانات المناخية الشهرية لمحطات تمثل منطقة الدراسة. وتهدف الدراسة إلى تقديم تشخيص علمي دقيق للعجز المائي، وتحليل أثره في تفاقم الجفاف، وتقديم توصيات قابلة للتطبيق لدعم الاستدامة المائية والحد من آثار الجفاف على المنطقة.

-57- **هدف البحث** تهدف الدراسة الى تحليل العجز المائي المناخي وتحديد أثره في تفاقم الجفاف في قضاء السلمان خلال المدة 1990–2023

58- **المواد وطرائق العمل**

1. حساب الموازنة المائية المناخية لمحطات المنطقة بالاعتماد على معامل المطر الفعّال وفق طريقة شرف، والتبخر/النتح الكامن باستخدام معادلة نجيب خروفة.
2. تحليل البيانات المناخية الشهرية (الهطول المطري ودرجة الحرارة) لتحديد فترات العجز المائي السنوي وشدته للمدة (1990–2023) بالاعتماد على المحطات المناخية (السماوة، رفحاء، الناصرية، النجف، السلمان).

60- المناقشة

المبحث الاول: تحليل المُوازنة المائية المُناخية في منطقة الدراسة

اكد العالم ثورنثويت الذي يعد أول من استخدَمَ مفهوم الموازنة المائية المناخية واعتمده اساساً للتصنيف المناخي عام 1948[1]، أن رطوبة التربة تمثل توازناً ديناميكياً بين كمية المياه المضافة اليها، سواءً عن طريق المطر أو الري، وكمية المياه المفقودة من التربة بعملية التبخر/النتح،[2] وبالتالي تمثل الموازنة المائية المناخية تمثل العلاقة الكمية بين الهطول والتبخر/النتح.[3] فعندما تكون كمية الهطول أكبر من كمية التبخر/النتح ، يتشكل فائض مائي، اما اذا كان الهطول اقل من التبخر/النتح فيتشكل عجز مائي.

تُعدّ الموازنة المائية المناخية، بمكوناتها الست (درجة الحرارة، التبخر النتح، هطول الأمطار، فائض المياه، عجز المياه، والفاقد)، من أهمّ طرق تحديد الاحتياجات المائية في مختلف المناطق، وخاصةً المناطق القاحلة وشبه القاحلة. ومع ذلك، لا يُعطي هطول الأمطار صورةً دقيقةً عن تأثيره الفعلي[4]. تحدَّد الموازنة المائية المناخية بضرب معدلات هطول الأمطار لكل شهر في معامل هطول الأمطار الفعال لذلك الشهر، ثم طرح قيم التبخر النتح المحتمل من قيمة هطول الأمطار الفعال المُستخرجة من هذه العملية لكل شهر.[5] يحدث عجز مائي عندما يكون التبخر النتح المحتمل أكبر من هطول الأمطار الفعال، مما يُشير إلى جفاف المنطقة. والعكس صحيح عندما يكون هناك فائض مائي، حيث يتجاوز هطول الأمطار الفعال التبخر النتح المحتمل، مما يُشير إلى رطوبة المنطقة. ولحساب الموازنة المائية المناخية لمحطات منطقة الدراسة، لا بد أولاً من حساب قيم كل من معامل هطول الأمطار الفعال ومعامل التبخر/النتح المحتمل للمعدلات الشهرية[6] خلال فترة الدراسة في كل محطة مناخية في الدراسة، على النحو التالي:

اولاً: حساب قيم معامل المطر الفعال حسب طريقة شرف اقترح شرف عام (1951) في دراسَة مُقارنة لمعادلات مُعامل الأمطار الفعالة، بما في ذلك معادلات كوبن ودي مارتون، طريقة اطلق عليها متوسط المعادلات، تميزت ببساطتها وسهولة تطبيقها . وكما يأتي[7]:

$$E = \frac{P}{T+9}$$

الموسمية سريعًا بعد انتهاء موسم الأمطار، ولا تبقى إلا الأنواع المقاومة للجفاف. ويسهم هذا التراجع في انكشاف التربة وتعريضها لعمليات التعرية الريحية، الأمر الذي يؤدي إلى تنشيط حركة الرمال واتساع الكثبان الرملية، بما يعكس بوضوح تداخل الجفاف مع مظاهر التصحر وتدهور الأراضي في قضاء السلمان. وفيما يتعلق بالجفاف الزراعي والرعوي، فقد أدى العجز المائي المرتفع، ولاسيما خلال فصل الصيف، إلى تقليص المساحات الزراعية واقتصارها على مناطق محدودة تعتمد على الري من المياه الجوفية، مع تعرض المحاصيل لخطر الفشل نتيجة نقص المياه وارتفاع الملوحة.[11] كما أسهم تراجع الغطاء النباتي الطبيعي في انخفاض كفاءة المراعي، ما انعكس سلبًا على الثروة الحيوانية من خلال نقص الأعلاف وارتفاع تكاليف التربية، ودفع العديد من الرعاة إلى تقليل أعداد ماشيتهم أو تغيير أنماط تنقلهم بحثاً عن الماء والمرعى. أما الجفاف الاجتماعي والاقتصادي، فيُعدّ نتيجة مباشرة لتراكم مظاهر الجفاف السابقة، حيث أدى شح المياه وضعف الإنتاج الزراعي والرعوي إلى تراجع الاستقرار السكاني، وازدياد الهجرة نحو مراكز المدن بحثاً عن مصادر دخل بديلة. كما ترتب على ندرة المياه ارتفاع الأعباء المعيشية، سواء من خلال الاعتماد على نقل مياه الشرب أو ارتفاع تكاليف الإنتاج، مما زاد من هشاشة المجتمع المحلي أمام التقلبات المناخية. وبتالي يُظهر هذا التحليل أن مظاهر الجفاف في قضاء السلمان تشكل منظومة مترابطة تبدأ بالعجز المائي المناخي، وتنتقل إلى النظام الهيدرولوجي، ثم تنعكس على البيئة والأنشطة الاقتصادية والبنية الاجتماعية.[12] ويؤكد ذلك أن الجفاف في القضاء يمثل ظاهرة مزمنة تتطلب معالجات شمولية قائمة على التخطيط طويل الأمد لإدارة الموارد المائية، وليس حلولًا وقتية أو موسمية.

جدول (2) قياس المعدلات الشهرية لمُعامل المطر الفعال(ملم) حسب طريقة شرف للمدة من (1990-2023)

المحطة الشهر	السماوة	رفحاء	الناصرية	النجف	السلمان
ك2	1.01	0.74	1.187	0.85	0.88
شباط	0.93	0.48	0.58	0.5	0.98
اذار	0.74	0.54	0.74	0.48	0.35
نيسان	0.36	0.42	0.44	0.40	0.34
مايس	0.13	0.07	0.12	0.16	0.11
حزيران	0	0	0	0	0.02
تموز	0	0	0	0	0
اب	0	0	0	0	0
أيلول	0.01	0	0.02	0	0
ت1	0.18	0.11	0.18	0.14	0.19
ت2	0.58	0.48	0.66	0.54	0.48
ك1	0.69	0.64	0.83	0.75	0.80
المجموع السنوي	4.63	3.48	4.757	3.82	4.15

المصدر : الباحثة اعتمادا على المصادر التالية :

أ : المعدلات الشهرية للأمطار .

ب- معدلات درجات الحرارة.

ت : معادلة شرف

ثانياً: حساب قيم التبخر/النتح الكامن (ملم) حسب معادلة نجيب خَروفة

في عام ١٩٨٥، تمكن نجيب خروفة من استنباط معادلة للمناطق الجافة وشبه الجافة، بعد إجراء تعديلات على معادلة بليني-كريدل لتجنب عامل التصحيح المستخدم فيها، وذلك بإيجاد علاقة خطية بين معدل درجة الحرارة وطول النهار من جهة، وكمية التبخر/النتح المحتملة من جهة أخرى. واعتمد خروفة صيغة لمعادلته تُعدّل بعض المعادلات الدولية، وتتوافق مع الظروف المناخية للعراق، على النحو

$$ETo = \frac{P}{3} C^{1.31}$$

التالي:[8].

اذ ان :

= التبخر/النتح الكامن(ملم).

= النّسبة المئوية لساعات السطوع الشمسي الشهري نسبة لعددها في السنة، الجدول (4).

= معدل درجات الحرارة بـ(°م)

يوضح الجدول (3) والشكل (2) نتائج تطبيق معادلة نجيب خروفة على محطات منطقة الدراسة،

إذ انَّ مُعامل المَطر الفعّال= كمية المطر الشهرية او السنوية (ملم) = المعدل الشهري او السنوي لدرجة الحرارة (°م) عند تطبيق العلاقة أعلاه لتحديد مُعامل المطر للمنطقة ، بدا ان المُعدلات الشهرية لُمعامل الأمطار تختلف خلال أشهر السنة ، اذ تراوحت مابين (0-1.01) و (0-0.74) و(0-187) و (0-0.85) و (0-0.98)ملم في محطات السماوة و رفحاء و الناصرية والنجف والسلمان على التوالي . الجدول (2) . ويعود هذا التناقص في معامل المطر الفعال في منطقة الدراسة الى شدة الاشعاع الشمسي، وارتفاع درجات الحرارة، وقلّة كميات التساقط وتذبذبه

ويتباين المجموع السنوي لمعامل المطر الفعال بين محطات الدراسة، فقد وصل اعلى مجموع سنوي بالمرتبة الاولى الى (4.757) ملم في محطة الناصرية ، يليه بالمرتبة الثانية المجموع السنوي (4.63) ملم في محطة السماوة ، وفي المرتبة الثالثة جاء المجموع السنوي (4.15)ملم في محطة السلمان ثم سُجلت المرتبة الرابعة بالمجموع السنوي (3.82)ملم في محطة النجف، اما المرتبة الخامسة فكانت بالمجموع السنوي (3.48)ملم في محطة رفحاء. كما موضح في الجدول (2)

بلغت (58.176، 55.848، 64.944، 55.176، 60.528) ملم في محطات السماوة ورفحاء والناصرية والنجف والسلمان على التوالي، ويعود ذلك إلى انخفاض درجات الحرارة في هذا الموسم، حيث سجلت محطة النجف أعلى مجموع سنوي بلغ حوالي (2629.275) ملم، في حين سجلت محطة رفحاء أقل مجموع سنوي بلغ حوالي (2328.993) ملم.

حيث تباينت معدلات التبخر/النتح الكامن الشهرية بين محطات الدراسة، حيث بلغت أعلى مستوياتها في الصيف مع ارتفاع درجات الحرارة، وخاصة خلال شهر تموز، إلى نحو (360.9798، 339.6594، 370.1078، 363.5878، 352.5364) ملم في محطات السماوة ورفحاء والناصرية والنجف والسلمان على التوالي، وانخفضت تدريجياً خلال أشهر الربيع، أما في فصل الشتاء فقد انخفضت معدلات التبخر/النتح إلى أدنى قيمها، وخاصة في شهر كانون الثاني، حيث

جدول (4) النسبة المئوية لعدد الساعات المضيئة خلال مختلف الأشهر بالنسبة لعددها خلال العام وفقاً لموقع مكان منطقة الدراسة من دوائر العرض (شمال خط الاستواء)

الاشهر	دوائر العرض							
	°40	°38	°36	°34	°32	°30	°28	°26
ك2	6.73	6.87	6.99	7.10	7.20	7.30	7.40	7.49
شباط	6.73	6.79	6.86	6.91	6.97	7.03	7.07	7.12
اذار	8.30	8.34	8.35	8.36	8.37	8.38	8.39	8.40
نيسان	8.92	8.90	8.85	8.80	8.72	8.72	8,68	8.64
مايس	9.99	9.92	9.81	9.72	9.63	9.53	9.46	9.37
حزيران	10.08	9.95	9.83	9.70	9.60	9.49	9.38	9.30
تموز	10.34	10.10	9.99	9.88	9.77	9.67	9.58	9.49
اب	9.56	9.47	9.40	9.33	9.28	9,22	9.16	9.10
أيلول	8.41	8.38	9.36	8.36	8.94	8.34	8.32	8.32
ت1	7.78	7.80	7.85	7.90	7.93	8.99	8.02	8.06
ت2	6.73	6.82	6.92	7.02	7.11	7.19	7.27	7.36
ك1	6.35	6.66	6.79	6.92	7.05	7.14	7.27	7.35

المصدر : علي كاظم جواد الخزاعي ، التقييم الجغرافي للاحتياجات المائية لمحصول الحنطة في المنطقة الصحراوية في محافظة كربلاء للموسم الزراعي (2016-2017) ، مصدر سابق ، ص109

نحو (357.509-، 339.659-، 370.108-، 363.588-، 352.536-) ملم في محطات السماوة ورفحاء و الناصرية و النجف والسلمان على التوالي، وذلك بسبب ارتفاع درجات الحرارة. أما بالنسبة للمجموعات السنوية للموازنة المائية المناخية فقد سجلت محطة السلمان أقل مجموع سنوي بلغ (-2281.34) ملم، في حين سجلت محطة النجف أعلى مجموع سنوي للموازنة المائية المناخية بلغ (-2575.74) ملم

بعد استخراج قيم كل من معامل هطول الأمطار الفعال والتبخر النتح الكامن، يمكن حساب الموازنة المائية المناخية لمنطقة الدراسة، وقد تم حساب الموازنة المائية المناخية باستخدام معادلة نجيب خروفة، الجدول (5) والشكل (3). وقد سجلت جميع محطات الدراسة عجزًا مائيًا في جميع فصول السنة، مما يعني أن منطقة الدراسة تعاني من عجز مائي واضح جدًا. وفي أشهر الشتاء، سجل شهر كانون الاول أقل عجز مائي، حيث بلغ (-37.37، -44.896، -34.7942، -40.811، -44.424) ملم في محطات السماوة ورفحاء والناصرية والنجف والسلمان، وذلك بسبب انخفاض درجات الحرارة إلى أدنى مستوياتها خلال هذا الفصل. وسجلت المحطات المناخية اعلى ارتفاع بالعجز المائي وصل الى أقصاهُ في أشهر الصيف لاسيما في شهر تموز ، اذ بلغ

جدول (5) المُوازنة المائية المُناخية (ملم) لمحطات الدراسة حسب معادلة خروفه للتبخر النتح/ الكامن للمدة من (2023-1990)

المحطة	محطة السماوة			محطة رفحاء			محطة الناصرية			محطة النجف			محطة السلمان		
ا	التبخر/النتح الكامن	الامطار الفعالة	الموازنة المائية المناخية	التبخر/النتح الكامن	الامطار الفعالة	الموازنة المائية المناخية	التبخر/النتح الكامن	الامطار الفعالة	الموازنة المائية المناخية	التبخر/النتح الكامن	الامطار الفعالة	الموازنة المائية المناخية	التبخر/النتح الكامن	الامطار الفعالة	الموازنة المائية المناخية
ك2	58.176	20.806	-37.37	55.848	10.952	-44.896	64.944	30.1498	-34.7942	55.176	14.365	-40.811	60.528	16.104	-44.424
شباط	73.2656	19.902	-53.3636	75.3304	5.376	-69.9544	78.4624	7.946	-70.5164	70.8528	5.65	-65.2028	73.892	21.952	-51.94
اذار	129.3444	15.244	-114.1	119.0214	7.776	-111.245	136.6263	15.54	-121.086	124.3782	6.288	-118.09	110.0655	3.15	-106.916
نيسان	196.8033	4.356	-192.447	181.9623	5.712	-176.25	203.0307	6.644	-196.387	400.3287	5.36	-394.969	189.0918	3.842	-185.25
مايس	258.8544	0.6695	-258.185	244.7424	0.182	-244.56	266.544	0.588	-265.956	249.6096	1.008	-248.602	246.3552	0.473	-245.882
حزيران	332.768	0	-332.768	315.904	0	-315.904	339.072	0	-339.072	337.184	0	-337.184	319.008	0.014	-318.994
تموز	360.9798	0	-360.98	339.6594	0	-339.659	370.1078	0	-370.108	363.5878	0	-363.588	352.5364	0	-352.536
اب	357.5091	0	-357.509	339.426	0	-339.426	374.5458	0	-374.546	357.6399	0	-357.64	339.426	0	-339.426
أيلول	335.9354	0.006	-335.929	276.9314	0	-276.931	299.4006	0.016	-299.385	284.9476	0	-284.948	275.2328	0	-275.233
ت1	223.3143	1.152	-222.162	209.3553	0.429	-208.926	182.6253	1.206	-181.419	215.7705	0.7	-215.071	211.4937	1.235	-210.259
ت2	113.7363	9.454	-104.282	107.5506	6.288	-101.263	118.026	12.474	-105.552	104.517	7.938	-96.579	105.2754	6.24	-99.0354
ك1	71.44	10.764	-60.676	63.262	8.704	-54.558	75.247	15.853	-59.394	65.283	12.225	-53.058	65.283	13.84	-51.443
المجموع	2512.1266	82.3535	-2429.77	2328.9932	45.419	-2283.57	2508.6319	90.4168	-2418.22	2629.2751	53.534	-2575.74	2348.1878	66.85	-2281.34

المصدر : الباحثة اعتماداً على الجداول (2، 3) .

وهي محطة السماوة (-357.5 ملم)، ورفحاء (-339.7 ملم)، والناصرية (-370.1 ملم)، والنجف (-363.6 ملم)، والسلمان (-352.5 ملم). ويعكس هذا الارتفاع الكبير في العجز تأثير ارتفاع درجات الحرارة وازدياد معدلات التبخر والنتح خلال أشهر الصيف، مما يقلل قدرة التربة على الاحتفاظ بالمياه ويزيد من صعوبة الزراعة ويضع ضغوطًا مباشرة على النشاط البشري والمصادر المائية المحلية. بالمقابل، في حين سجل فصل الشتاء (كانون الأول – شباط) أقل قيم العجز، مثل شهر كانون الأول الذي بلغ فيه العجز في محطة السماوة (-37.4 ملم)،و رفحاء (-44.9 ملم)، والناصرية (-34.8 ملم)، والنجف (-40.8 ملم)، والسلمان (-44.4 ملم)[9]. ويشير هذا الانخفاض إلى أن انخفاض درجات الحرارة يقلل من التبخر/النتح، مما يخفف من فقد المياه، غير أن القيم السالبة تبين أن الشتاء لا يوفر فائضًا مائيًا كافيًا، وبالتالي تبقى المنطقة ضمن نطاق الجفاف المزمن. أما فصلا الربيع والخريف فقد سجلا مستويات متوسطة للعجز المائي، حيث يزداد تدريجيًا في الربيع استعدادًا للصيف، ما يدل على أن الفترات الانتقالية بين الشتاء والصيف تشهد تراكمًا للعجز المائي، مما يفاقم شدة الجفاف في الصيف ويؤكد الطبيعة المستمرة والمزمنة لمشكلة نقص المياه في المنطقة.

ثالثاً: تحليل أثر العجز المائي على البيئة والزراعة

يُظهر العجز المائي المستمر في قضاء السلمان تأثيرات بيئية وزراعية واجتماعية واقتصادية واضحة، اذ يتجلى أثره أولاً على البيئة الطبيعية، إذ يؤدي انخفاض رطوبة التربة إلى تراجع نمو الغطاء النباتي الطبيعي والزراعي، مما يقلل من التنوع البيولوجي ويضعف قدرة التربة على الاحتفاظ بالمياه، ويزيد من تدهور الموارد المائية السطحية والجوفية، وهو ما يؤثر بشكل مباشر على استقرار النظام البيئي المحلي وقدرته على التكيف مع الظروف المناخية القاسية. أما على صعيد الزراعة وإنتاج المحاصيل، فإن العجز المائي الكبير خلال فصل الصيف يجعل زراعة المحاصيل الصيفية صعبة أو شبه مستحيلة دون الاعتماد على الري ، مما يؤدي إلى انخفاض الغلة الزراعية وارتفاع تكاليف الإنتاج على المزارعين، ويشكل بذلك تهديدًا للأمن الغذائي المحلي. كما أن محدودية المياه تؤثر على الأنشطة الاقتصادية والاجتماعية المرتبطة بتربية المواشي، لا سيما في مواسم الصيف الحارة، حيث يقل إنتاج اللحوم والحليب، وقد يضطر السكان إلى الهجرة نحو مناطق أكثر وفرة بالمياه، مما يزيد الضغط على الموارد في تلك المناطق ويخلق تحديات اجتماعية إضافية. ويؤكد التحليل أن استمرار العجز المائي يمثل تهديدًا مباشرًا للاستدامة البيئية والقدرة على إدارة الموارد المائية بشكل مستدام، ويزيد من

المبحث الثاني: اثر العجز المائي في تفاقم الجفاف في قضاء السلمان للمدة (1990–2023)

تُعدّ قضية الجفاف من أبرز التحديات البيئية في المناطق الجافة وشبه الجافة، حيث يؤدي نقص المياه إلى أضرار مباشرة وغير مباشرة على البيئة والاقتصاد والمجتمع. وتأتي منطقة قضاء السلمان في جنوب العراق كمثال حقيقي على هذه المشكلة، إذ يُلاحظ فيها اختلال مستمر في التوازن المائي نتيجة تفاوت كمية الهطول المطري ومعدل التبخر/النتح. وان العجز المائي الناتج عن هذا الاختلال يمثل مؤشراً على تفاقم الجفاف المزمن، ويشير إلى أن كميات المياه الداخلة إلى النظام أقل من الكميات المفقودة عبر التبخر والنتح، مما يخلق بيئة جافة وغير مستقرة. بناءً على هذه الإشكالية، يهدف هذا المبحث إلى دراسة تأثير العجز المائي على شدة الجفاف في قضاء السلمان، مع التركيز على التغيرات الموسمية والفصلية خلال الفترة الممتدة من 1990 حتى 2023، وتحليل دلالات هذه التغيرات على النشاط البشري والبيئة الطبيعية.

اولاً: طبيعة العجز المائي في المنطقة

يظهر العجز المائي في قضاء السلمان بوضوح عند تحليل الموازنة المائية المناخية، والتي تُحسب على أساس الفرق بين كمية المطر الفعّال والتبخر/النتح الكامن. اذ أظهرت النتائج أن جميع محطات المنطقة سجلت قيمًا سالبة للعجز المائي طوال العام، مما يعكس أن المنطقة تعاني من نقص مستمر في المياه المتاحة للتربة والنباتات، وهو ما يترجم عمليًا إلى محدودية القدرة على دعم النشاط الزراعي والحياة النباتية الطبيعية. ويُشير التحليل التفصيلي إلى أن أسباب هذا العجز المائي متعددة ومترابطة، إذ يؤدي ارتفاع درجات الحرارة خلال الصيف دورًا رئيسيًا في زيادة معدلات التبخر والنتح، في حين يسهم انخفاض الهطول المطري وفعاليته المحدودة في عدم قدرة الأمطار على تعويض المياه المفقودة، مما يزيد من حدة الجفاف. كما يبرز تراكم العجز المائي على مدار العام كعامل أساسي يجعل الجفاف أكثر عمقًا واستمرارية، مؤكدًا أن العجز المائي في قضاء السلمان ليس مجرد ظاهرة موسمية عابرة، بل هو حالة مستمرة ومزمنة تشكل تهديدًا للاستقرار البيئي واستدامة الموارد الطبيعية في المنطقة، وتستلزم إدارة فعّالة واستراتيجيات طويلة الأمد لمعالجة أبعادها المختلفة.

ثانياً: التوزيع الموسمي للعجز المائي

أظهر تحليل الموازنة المائية المناخية للتوزيع الموسمي للعجز المائي في قضاء السلمان وضوح تفاوت شدته بين فصول السنة، اذ سجل فصل الصيف (حزيران – آب) أعلى مستويات العجز المائي، مع بلوغ أقصى القيم في شهر تموز، إذ بلغت قيم العجز المائي في محطات المنطقة

محطة السلمان، الأمر الذي يعكس حالة جفاف مزمنة ذات أبعاد طبيعية وبيئية واقتصادية متداخلة .فعلى المستوى المناخي، يتجسد الجفاف من خلال محدودية الهطول المطري وعدم انتظامه الزماني، إذ تتركز الأمطار في فترات قصيرة من فصل الشتاء وبكميات لا تكفي لتعويض الفقد الكبير الناتج عن التبخر/النتح الكامن. وتؤكد القيم المرتفعة للعجز المائي خلال فصل الصيف، ولاسيما في شهر تموز الذي سجل أقصى عجز مائي، أن الارتفاع الشديد في درجات الحرارة يؤدي إلى فقدان سريع للرطوبة، ما يجعل التربة غير قادرة على الاحتفاظ بالمياه حتى في السنوات التي تشهد هطولًا مطريًا نسبيًا. ويُستنتج من ذلك أن الجفاف في القضاء ليس ظاهرة موسمية، بل حالة مناخية دائمة مرتبطة بطبيعة الإقليم الصحراوي. أما الجفاف الهيدرولوجي، فيظهر بوضوح من خلال غياب الموارد المائية السطحية الدائمة، واقتصار الجريان على سيول موسمية قصيرة العمر سرعان ما تتبدد بفعل التبخر العالي والتسرب الأرضي. كما انعكس العجز المائي المتراكم على المياه الجوفية، حيث أدى ضعف التغذية الطبيعية إلى انخفاض مناسيبها وتدهور نوعيتها، وهو ما يُلاحظ في اعتماد السكان على آبار محدودة الإنتاج تتسم بتذبذب كمي وازدياد تدريجي في الملوحة، مما يحد من كفاءتها للاستخدامات البشرية والزراعية. ويتجلى الجفاف البيئي في التدهور الملحوظ للغطاء النباتي الطبيعي نتيجة نقص الرطوبة وتكرار مواسم الجفاف، إذ تختفي النباتات الموسمية سريعًا بعد انتهاء موسم الأمطار، ولا تبقى إلا الأنواع المقاومة للجفاف. ويسهم هذا التراجع في انكشاف التربة وتعريضها لعمليات التعرية الريحية، الأمر الذي يؤدي إلى تنشيط حركة الرمال واتساع الكثبان الرملية، بما يعكس بوضوح تداخل الجفاف مع مظاهر التصحر وتدهور الأراضي في قضاء السلمان. وفيما يتعلق بالجفاف الزراعي والرعوي، فقد أدى العجز المائي المرتفع، ولاسيما خلال فصل الصيف، إلى تقليص المساحات الزراعية واقتصارها على مناطق محدودة تعتمد على الري من المياه الجوفية، مع تعرض المحاصيل لخطر الفشل نتيجة نقص المياه وارتفاع الملوحة.[11] كما أسهم تراجع الغطاء النباتي الطبيعي في انخفاض كفاءة المراعي، ما انعكس سلبًا على الثروة الحيوانية من خلال نقص الأعلاف وارتفاع تكاليف التربية، ودفع العديد من الرعاة إلى تقليل أعداد ماشيتهم أو تغيير أنماط تنقلهم بحثاً عن الماء والمرعى. أما الجفاف الاجتماعي والاقتصادي، فيُعدّ نتيجة مباشرة لتراكم مظاهر الجفاف السابقة، حيث أدى شح المياه وضعف الإنتاج الزراعي والرعوي إلى تراجع الاستقرار السكاني، وازدياد الهجرة نحو مراكز المدن بحثاً عن مصادر دخل بديلة. كما

شدة الجفاف المزمن، ما يجعل التخطيط المستقبلي للزراعة والموارد الطبيعية أكثر تعقيدًا ويتطلب استراتيجيات طويلة الأمد. ويشير تحليل المجاميع السنوية للعجز المائي خلال الفترة من 1990 وحتى 2023 إلى أن محطة السلمان سجلت -2281.3 ملم، بينما سجلت محطة النجف -2575.7 ملم، ما يؤكد أن الجفاف في المنطقة حالة مزمنة ومستدامة على مدى العقود الثلاثة الماضية،[10] وأن الحلول قصيرة الأمد مثل الري الموسمي لن تكون كافية لمعالجة هذه المشكلة بشكل دائم، مما يستدعي تبني خطط وإجراءات استراتيجية طويلة المدى لإدارة الموارد المائية والحد من آثار الجفاف على البيئة والمجتمع والاقتصاد المحلي.

رابعاً: المجاميع السنوية للعجز المائي أظهر تحليل المجاميع السنوية للعجز المائي في قضاء السلمان خلال الفترة من 1990 إلى 2023 أن المنطقة تعاني من نقص مائي مزمن ومستمر، اذ سجلت محطة السلمان مجاميع سنوية بلغت -2281.3 ملم، فيما بلغت المجاميع السنوية في محطة النجف -2575.7 ملم. تعكس هذه القيم السالبة الكبيرة أن العجز المائي ليس مجرد ظاهرة موسمية أو مؤقتة، بل يمثل حالة متكررة ومستمرة على مدى ثلاثة عقود، مما يؤكد طبيعة الجفاف المزمنة التي تواجهها المنطقة. ويشير هذا التحليل إلى أن الحلول قصيرة الأمد، مثل الري الموسمي أو الاعتماد على المخزونات المؤقتة، لن تكون كافية لمعالجة هذه المشكلة بشكل دائم، إذ أن تراكم العجز على مدار السنوات يزيد من صعوبة تلبية الاحتياجات المائية للنشاط الزراعي والغطاء النباتي الطبيعي، ويهدد الاستقرار البيئي والاقتصادي المحلي. وبناءً على هذه النتائج، يصبح من الضروري تبني خطط إدارة موارد مائية طويلة الأمد تشمل تحسين استراتيجيات الري، استغلال المصادر المائية الجوفية بشكل مستدام، وزيادة قدرة التربة على الاحتفاظ بالمياه، وذلك للتخفيف من آثار الجفاف المزمن وضمان استدامة البيئة والأنشطة الاقتصادية في قضاء السلمان. كما يسلط هذا التحليل الضوء على أهمية استخدام البيانات المناخية التاريخية كأساس للتخطيط المائي، مما يعزز القدرة على التنبؤ بالعجز المائي المستقبلي ووضع حلول فعّالة لمواجهة التحديات الناجمة عن نقص المياه والجفاف المستمر.

خامساً: مظاهر الجفاف في قضاء السلمان في ضوء العجز المائي المناخي (تحليل تكاملي) يُعدّ الجفاف في قضاء السلمان نتاجًا مباشرًا لاختلال الموازنة المائية المناخية، حيث أظهرت نتائج الدراسة للفترة (1990–2023) تسجيل عجز مائي مناخي مستمر خلال جميع أشهر السنة، مع مجاميع سنوية سالبة مرتفعة تجاوزت (-2281 ملم) في

يعتبر التوعية المجتمعية جزءًا أساسيًا من معالجة الجفاف والعجز المائي، من خلال تعليم المزارعين والسكان حول طرق ترشيد استهلاك المياه، واعتماد التقنيات الزراعية الملائمة، وتشجيع استخدام مياه الصرف المعالجة في الأغراض الزراعية والصناعية.[14] كما يمكن تعزيز مشاركة المجتمع المحلي في مراقبة الموارد المائية والمساهمة في اتخاذ القرارات المتعلقة بالتوزيع والاستخدام المستدام، مما يزيد من فاعلية الاستراتيجيات ويضمن استمرارها.

خامساً: الحلول المستقبلية والتخطيط بعيد المدى على المدى البعيد، يُوصى بتطوير استراتيجيات تكاملية تشمل دمج تقنيات الاستشعار عن بعد والبيانات المناخية لمراقبة العجز المائي، واستثمار الطاقة المتجددة في إدارة الموارد المائية، مثل ضخ المياه بالطاقة الشمسية، فضلاً عن تعزيز التعاون بين الجهات الحكومية والمجتمع المحلي لوضع خطط استجابة سريعة لأزمات الجفاف المستقبلية.[15] هذه الحلول تتيح الحد من تأثير العجز المائي على البيئة والاقتصاد المحلي، وتوفر أساسًا علميًا لإدارة مستدامة للمياه في قضاء السلمان.

1. الاستنتاجات أظهرت نتائج الموازنة المائية المناخية أن قضاء السلمان يعاني من عجز مائي مزمن ومستمر على مدى ثلاثة عقود، حيث سجلت جميع محطات الدراسة قيمًا سالبة طوال العام، ما يدل على نقص المياه المتاحة للتربة والنباتات، وجفاف مزمن في المنطقة.
2. توضح التحليلات الموسمية أن فصل الصيف يشهد أقصى مستويات العجز المائي، ويرتبط ذلك بارتفاع درجات الحرارة وزيادة معدلات التبخر/النتح، بينما ينخفض العجز خلال فصل الشتاء، إلا أن القيم السالبة تشير إلى استمرار الجفاف حتى في أكثر الشهور اعتدالًا من حيث الهطول المطري.
3. العجز المائي المستمر يؤثر على البيئة الطبيعية من خلال انخفاض رطوبة التربة وتراجع الغطاء النباتي الطبيعي والزراعي، ويهدد التنوع البيولوجي ويضعف قدرة التربة على الاحتفاظ بالمياه، ما يزيد من صعوبة الزراعة ويؤثر على الأمن الغذائي.
4. يؤثر العجز المائي أيضًا على الأنشطة الاقتصادية والاجتماعية، حيث يقل إنتاج المحاصيل الصيفية وتربية المواشي، وقد يؤدي استمرار الجفاف إلى الهجرة نحو مناطق أكثر وفرة بالمياه وزيادة الضغط على الموارد في تلك المناطق

ترتب على ندرة المياه ارتفاع الأعباء المعيشية، سواء من خلال الاعتماد على نقل مياه الشرب أو ارتفاع تكاليف الإنتاج، مما زاد من هشاشة المجتمع المحلي أمام التقلبات المناخية. وبتالي يُظهر هذا التحليل أن مظاهر الجفاف في قضاء السلمان تشكل منظومة مترابطة تبدأ بالعجز المائي المناخي، وتنتقل إلى النظام الهيدرولوجي، ثم تنعكس على البيئة والأنشطة الاقتصادية والبنية الاجتماعية.[12] ويؤكد ذلك أن الجفاف في القضاء يمثل ظاهرة مزمنة تتطلب معالجات شمولية قائمة على التخطيط طويل الأمد لإدارة الموارد المائية، وليس حلولًا وقتية أو موسمي

المبحث الثالث: استراتيجيات معالجة العجز المائي والتخفيف من آثار الجفاف في قضاء السلمان

اولا أهمية معالجة العجز المائي

تُعد معالجة العجز المائي في قضاء السلمان قضية بيئية وتنموية حيوية، إذ أن استمرار الجفاف المزمن يؤثر على النشاط الزراعي والغطاء النباتي الطبيعي، ويضع ضغوطًا كبيرة على الموارد المائية المتاحة وفي ظل التغيرات المناخية وارتفاع درجات الحرارة، يصبح التركيز على معالجة العجز المائي أمرًا ضروريًا للحفاظ على الاستدامة البيئية والاقتصادية والاجتماعية للمنطقة. كما أن معالجة العجز المائي تسهم في تحسين الأمن الغذائي، ودعم الإنتاج الزراعي والحيواني، وتقليل الهجرة القسرية للسكان نحو مناطق أكثر وفرة بالمياه.

ثانياً: الاستراتيجيات التقنية والريفية يمكن معالجة العجز المائي من خلال استراتيجيات تقنية تشمل تحسين طرق الري التقليدي والتحول إلى أنظمة ري حديثة مثل الري بالتنقيط والرش، والتي تقلل الفاقد من المياه وتزيد من كفاءة الاستخدام. كذلك يمكن استغلال مياه الأمطار والمياه السطحية والجوفية من خلال إنشاء خزانات صغيرة وسدود محلية، فضلاً عن تطبيق تقنيات الحصاد المائي وتجميع مياه الفيضانات الموسمية.[13] في الجانب الزراعي، كما يُنصح باختيار محاصيل مقاومة للجفاف وتقليل المحاصيل ذات الاحتياجات المائية العالية خلال فصل الصيف، إلى جانب تحسين خصوبة التربة وزيادة قدرتها على الاحتفاظ بالمياه.

ثالثاً: الإدارة المستدامة للموارد المائية يستلزم معالجة العجز المائي تطوير خطط إدارة مستدامة للموارد المائية على المدى الطويل، تتضمن مراقبة ومتابعة البيانات المناخية والمائية، وتحليلها للتنبؤ بالعجز المائي المحتمل ووضع برامج لتوزيع المياه بشكل عادل وفعال بين القطاعات المختلفة. كما يجب دمج هذه الخطط مع السياسات المحلية للتنمية المستدامة لضمان الاستخدام الرشيد للمياه وحماية الأحواض المائية من الاستنزاف المفرط.

رابعاً: التوعية المجتمعية وتعزيز المشاركة

المراجع:Sources :

[33] Thornthwaite, C.W., Climatic Classification Based on Water Balance, a published study, Journal of Physical Geography, USA, 1948. (In Arabic)

[34] -Al-Janabi, Saadi Abdul Amal, Applied Climatology, Dar Al-Masirah Book, Amman, 2010. (In Arabic)

37-General Authority for Meteorology and Seismic Monitoring, Monthly Climatic Data for Iraqi Stations for the Period 1990-2023, Unpublished Official Data, Baghdad, 2023(In [12]Al-Samarrai, Qasim Hussein, Drought and Desertification and Their Environmental and Economic Impact in Iraq, Book, General Cultural Affairs House, Baghdad, 2001. (In Arabic)

[13]Al-Azzawi, Saad Muhammad, Desertification and Sand Dune Encroachment in the Southern Iraqi Desert, Published Study, College of Arts – University of Baghdad, Journal of Geography, Issue 4, 2009(In Arabic).

[15]-Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Water Management in Arid and Semi-Arid Regions, Published Technical Report, Rome, 2002.

[5]-Al-Azzawi, Saad Muhammad, Water Harvesting Techniques and Their Impact on Supporting Sustainable Agriculture, Published Study, College of Arts – University of Baghdad, Journal of Geography, Issue 6, 2011. (In Arabic)

Climate-related water deficit as an indicator of drought in desert regions: A case study of Al-Salman district (1990-2023)

Adnan.udda .edu.iq Shralbyaty @uomosul.edu.iq

[1] Department of Geography , College of Education for the Humanities, University o Al-Muthanna, Samawah, Iraq,
[2] Department o Geography, College o Education for the Humanitie, University o Al-Muthanna, Samawah, Iraq,

ABSTRACT

Arid and semi-arid regions in southern Iraq, particularly Al-Salman District, are experiencing a pronounced intensification of drought due to an imbalance between rainfall amounts and potential evapotranspiration rates, resulting in a chronic climatic water deficit that poses increasing environmental and developmental challenges. Based on this issue, the present study aims to analyze the climatic water deficit and assess its impact on the exacerbation of drought in Al-Salman District during the period 1990–2023. The study employed a quantitative climatic approach by calculating the climatic water balance, relying on effective rainfall estimation according to Sharaf's method and computing potential evapotranspiration using Najeeb Khroufah's equation, which is suitable for the climatic conditions of Iraq, based on monthly climatic data from representative stations in the study area. The results highlighted a continuous climatic water deficit throughout the year, with significant seasonal variation, reaching its maximum during the summer, particularly in July, due to high temperatures and increased evapotranspiration rates, while it decreased relatively in winter due to lower temperatures and limited effective rainfall. Annual totals of the climatic water balance also showed consistently high negative values throughout the study period, confirming the persistence and intensification of drought in Al-Salman. The significance of this study lies in providing a precise scientific diagnosis of the water deficit and drought situation in the region, supporting decision-makers with reliable quantitative data to develop effective water resources management strategies, mitigate drought impacts, and achieve a degree of environmental and economic sustainability in

Water deficit, effective rainfall, potential evapotranspiration, Najeeb

تقدير تعرية التربة باستخدام معادلة (RUSLE) في حوض وادي بنكك في دهوك شمال العراق باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS)

م.م مروة علي حسون [1] م.م حنين حارث احمد [2]
marwa.a.hassoon@aliraqia.edu.iq haneen.h.ahmed@aliraqiq.edu.iq
1 - قسم الجغرافيا ،كلية الاداب ، الجامعة العراقية ، بغداد ، العراق
2- قسم الجغرافيا ،كلية الاداب ، الجامعة العراقية ، بغداد ، العراق

الملخص

يهدف البحث الى تقيم التوزيع المكاني لفقدان التربة في حوض وادي بنكك في شمال العراق باستخدام نظم المعلومات الجغرافية ونموذج التعرية(RUSLE) وتحديد المناطق المعرضة لخطر التعرية العالية من اجل دعم الادارة المستدامة للموارد المائية واظهرت نتائج الدراسة ان المناطق الجنوبية الغربية من الحوض تمثل ادنى معدلات الفقدان (0_5)طن\هكتار\سنة بمساحة (35كم2)اما المناطق الشمالية الشرقية والوسطى الشرقية سجلت اعلى معدلات الفقدان (24+) بمساحة (9كم2)وهي اكثر المناطق تدهورا بسبب عامل الانحدار الذي بلغ (+30م) واوصت الدراسة بتشجير المناطق المعرضة للتعرية وتحسين الادارة الزراعية وبناء مصدات مائية وتحديث الخرائط باستخدام (GIS)لحماية التربة والموارد البيئية.

الكلمات المفتاحية التعرية : نموذج (RUSLE) : انجراف التربة : GIs: حوض وادي بنكك

Estimation of Soil Erosion Using The RUSLE Model in Wadi Binkay Basin in Duhok,Northern Iraq, Using Geographic Information Systems (GIS)

Marwa Ali Hassoon 1 Haneen harith ahmed 2
marwa.a.hassoon@gmail.com haneen.h.ahmed@aliraqiq.edu.iq
Department of Geography,College of Arts ,Al Iraqia University of Iraq

Abstract

The study aims to assess the spatial distribution of soil loss in the wadi Binkay basin northern Iraq using Geographic Information Systems GIS and the Revised Universal Soil loss Equation (RUSLE) model ,and to identify the areas at high risk of soil erosion in support of sustainable land resource management .The results showed that the southwestern areas of the basin recorded the lowest erosion rates (0,5ton/hectare/year) over an area of 35km^2 ,while the northeastern and eastern upstream areas recorded the highest erosion rates (24ton/hectare/year) over an area of 9km^2 .These areas were the most degraded due to a steep slope factor exceeding 30 dergees. The study recommended afforestation of erosion –prone areas ,improving agricultural management, constructing water harvesting structures ,and environmental resource protection

Keywords: Erosion,RUSLEModel,Soil loss,GIS,WadiBinkay basin.

المناطق الاكثر عرضة للخطر وهذا سيساهم في وضع نشاطات فعالة للحد من التعرية.

3. **منهجية البحث:** تعتمد هذه الدراسة على المنهج العلمي التحليلي الكمي حيث يتم تطبيق معادلة (RUSLE)باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) من خلال الاعتماد على المعادلات الاحصائية وتحليل نتائجها والاعتماد على جمع المعلومات البيانية من حيث هطول الامطار ،خصائص التربة ،طوبوغرافية المنطقة، الغطاء النباتي وتحليل هذه البيانات واستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لدمج العوامل المختلفة وتحليل التوزيع المكاني لمعدلات التعرية وأنشاء خرائط توضح معدلات التعرية في حوض منطقة الدراسة وتصنيف المناطق حسب درجة تعرضها للتعرية.

4. **أهداف البحث:**

تهدف الدراسة لتقدير حجم التعرية في وادي (بنكك)حسب نموذج(RUSLE)

تحليل العوامل المؤثرة (هطول الامطار، التربة، الانحدار الطوبوغرافي)

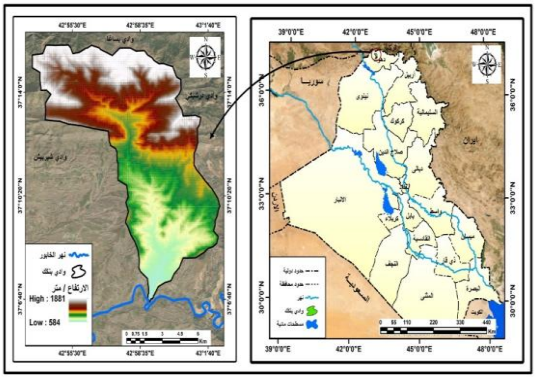
انشاء خرائط توزيع التعرية المائية باستخدام (GIS) نظم المعلومات الجغرافية

تحديد المناطق الاكثر عرضة للتعرية واقتراح الحلول للحد منها.

5. **موقع منطقة الدراسة :**

يقع حـــــوض وادي (بنكك) في محافظة دهوك شمال العراق بين خطي طـــــول ("2 .E 13، 2 ؛43 -"4 .E 38، 53 ؛42)شرقا ودائرتي عرض ("2N. 43 15؛ 37 – "37؛36N) شـــــمالا اذ تبلـــــغ مســـــاحة الحـــوض(98كـــم^2)وتتـــراوح الارتفاعـــات فـــي المنطـــقة بين(584 م ادنى_ 188 م اعلى).

خريطة (1) موقع حوض وادي بنكك في شمال العراق



المصدر: جمهورية العراق، وزارة الموارد المائية، مديرية المساحة العامة، خريطة العراق

1- المقدمة

تعد تعرية التربة من الظواهر البيئية الخطيرة التي تؤثر على انتاجية الاراضي واستدامة الموارد الطبيعية خاصة في المناطق ذات التضاريس الوعرة والمناخ القاسي يؤثر فقدان التربة على جودة المياه ويزيد من مخاطر الفيضانات كما يؤدي الى تدهور الاراضي الزراعية في العراق خاصة شمال البلاد تزداد مشكلة التعرية نتيجة لعوامل طبيعية وبشرية مما يستدعي استخدام ادوات وتقنيات متقدمة لتقديرها وتحليل تأشيرها.تعتبر معادلة التعرية العالمية المنقحة (RUSLE) من اكثر النماذج شيوعا لتقدير تعرية التربة حيث تأخذ بعين الاعتبار عدة عوامل مثل معدل هطول الامطار خصائص التربة. التضاريس .الغطاء النباتي . الممارسات الزراعية وعند دمج هذه المعادلة مع تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) يمكن انتاج خرائط دقيقة تحدد مناطق الخطر وتساعد في اتخاذ القرارات المناسبة لحماية التربة من التدهور

يهدف هذا البحث الى تطبيق المعادلة(RUSLE) باستخدام نظم المعلومات الجغرافية(GIS)لتقدير تعرية التربة في حوض وادي (بنكك) بمحافظة دهوك شمال العراق لفهم العوامل المسببة للتعرية وتحديد المناطق الاكثر عرضه لفقدان التربة مما يساعد في وضع استراتيجيات مناسبة للحد من التعرية وتعزيز استدامة الموارد الطبيعية .

1. **مشكلة البحث** : يواجه حوض وادي(بنكك) في محافظة دهوك تحديات كبيرة متعلقة بتعرية التربة والتي تؤدي الى فقدان الانتاجية الزراعية وتفاقم مخاطر الفيضانات والترسبات في المجاري المائية على الرغم من اهمية هذه المشكلة لاتزال هناك حاجة الى تقدير كمي دقيق لمعدلات التعرية وتحديد المناطق الاكثر تأثيرا بأستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) ونموذج (RUSLE) وتتمحور مشكلة الدراسة حول .

اولا. ما مدى خطورة تعرية التربة في حوض وادي بنكك

ثانيا. ما هي العوامل الرئيسية التي تؤثر على معدل التعرية في المنطقة!

ثالثا. كيف يمكن استخدام معادلة (RUSLE) مع تقنيات (GIS) لتحديد المناطق الاكثر تأثر بالتعرية.

2. **فرضية البحث** : تفترض هذه الدراسة ان تعرية التربة في حوض وادي(بنكك)تتأثر بعوامل طبيعية مثل معدل هطول الامطار ،خصائص التربة، الانحدار الطوبوغرافي ،بالاضافة الى الانشطة البشرية مثل الزراعة و الرعي الجائر كما تفترض معادلة (RUSLE) باستخدام نظمالمعلومات(GIS) سيتمكن من انتاج خرائط دقيقة لتقدير التعرية وتحديد

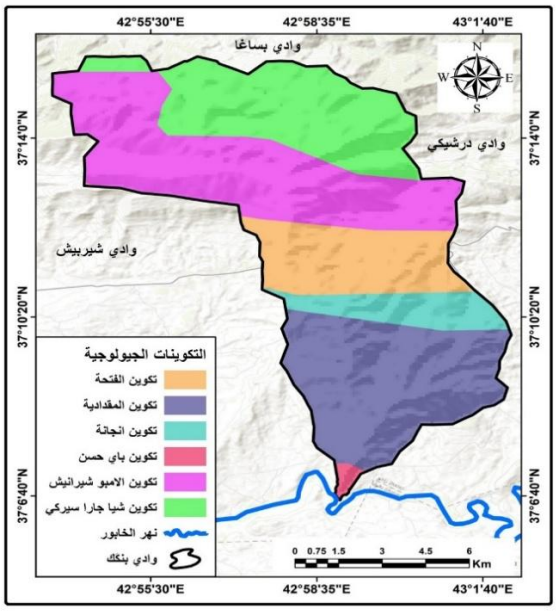
تكوين شياجاراسيركي: سمك هذا التكوين بلغ (22كم^2) بنسبة (22.44%) يغطي الجزء الشمال الشرقي من المنطقة. يتألف من طين صفائحي رقيق التطبق وحجر الكلس عالي الصلابة طباقي (شيماء ثامر،2022.ص353)

جدول رقم(1)المساحة والنسبة المئوية للتكوين الجيولوجي في منطقة الدراسة

التكوين	المساحة كم^2	النسبة
تكوين الفتحة	14	%14.28
تكوين المقدادية	25	%25.51
تكوين انجانة	6	%6.12
تكوين باي حسن	1	%1.02
تكوين الامبو-شيرانيش	30	%30.61
تكوين شياجارا سيركي	22	%22.44

المصدر :بالاعتماد على خريطة رقم(2) ومخرجات برنامج (ArcMap10.8)

خريطة(2)جيولوجية منطقة الدراسة



المصدر: جمهورية العراق وزارة الصناعة والمعادن ،المنشأة العامة للمسح الجيولوجي والتحري المعدني ،خريطة الجيولوجية ،لسنة 2000، مقياس1:250000 .

ثانيا الطوبوغرافيا: تتمثل الطوبوغرافيا بخصائص الارتفاع ودرجات الانحدار وبلغ اعلى ارتفاع للحوض (1881م) في الطبوغرافية،1990،مقياس(100000:1)،نموذج الارتفاع الرقمي(DEM) بدقة تميزية(30×30)ومخرجات برنامج (Arc Map 10)

6- الخصائص الطبيعية لمنطقة الدراسة:

اولا: التكوينات الجيولوجية: منطقة الدراسة لها خصائص طبيعية تؤثر في التضرس الارضي الذي يكون له تأثير مباشر او غير مباشر في عمليات التعرية المختلفة والخصائص الجيولوجية لها اهمية في التعرف على الحركات الارضية في المنطقة من حيث تكويناتها السطحية والخصائص الانحدارية والتباين التضاريسي هذه المتغيرات كلها لها دور في التعرية والعوامل المتحكمة فيها واهم هذه التكوينات في منطقة الدراسة هي :

تكوين الفتحة: تشغل مساحة (14كم^2) اي ما يعادل نسبة(14.28%) يظهر في الاجزاء الوسطى من الحوض .وتتألف صخوره من رواسب متعاقبة من المارل الاخضر والاحجار الكلسية والجبسية ويتداخل معها صخور طينية وغرينية وبهذا تتميز باستجابتها لعمليات التعرية (Varoujan-Sisakan-1993,P13).

تكوين المقدادية: تظهر مساحته (25كم ^{2}) اي بنسبة(25.51%) في الجزء الجنوبي الشرقي من الحوض .يتكون من طبقات رملية خشنة تحتوي على الحصى المتداخلة مع طبقات الحجر الرملي والغريني التي تظهر في المدملكات السميكة (فاروق،علي،1977،ص145).

تكوين انجانة: يشكل مساحه(6كم^2)وبنسبة(6.12%) ويظهر تحت تكوين الفتحة على شكل شريط يمتد من الشرق الى الغرب .يتكون من الصخور الرملية والغرينية والطينية فضلا عن الاحجار الجيرية والجبسية ويشكل الطين النسبة الاكبر من صخور هذا التكوين(Buday,1980,p6).

تكوين باي حسن: يبلغ مساحة (1كم^2) بنسبة(1.02%)يغطي جزء قليل من اقصى الجنوب الغربي للحوض .وهو يعد من ترسبات عصر البليوسين يتكون من الحجر الطيني والغريني والحجر الجيري (رقية احمد،2010،ص20).

تكوين الامبو- شيرانيش: تعود هذه التكوينات الى العصر الكرتياسي تتألف من الحجر الرملي والتراب الكلسي (ناهدة جمال ،2009،ص77). وتكوين شيرانيش يحتوي على الحجر الجيري المارل التراب الكلسي ذو الالوان الازرق والابيض والرمادي (saad,naman,2013,p5). يقع هذا التكوين بمساحة (30كم^2) بنسبة(30.61%) تمتد من الشرق باتجاه الشمال الشرقي للحوض.

ثالثا الامطار: تم الحصول على بيانات الهطول المطري السنوي من المحطات التابعة لوزارة النقل والمواصلات ،هيئة الانواء الجوية ،قسم المناخ وتم الاعتماد على ثلاث محطات اثنان ضمن منطقة الدراسة والثالثة خارج الحوض لتوزيع المحطات المطرية انظر للجدول (3).

جدول رقم (3) متوسط هطول الامطار السنوي (ملم) لمحطات منطقة الدراسة للفترة(1990-2020)

المحطة	السنة	معدل هطول الامطار السنوي (ملم)
زاخو	1990-2020	461
دهوك	1990-2020	533
ربيعة	1990-2020	360

المصدر: جمهورية العراق وزارة النقل والمواصلات ،هيئة الانواء الجوية ،قسم المناخ بيانات غير منشورة 2022.

تقدير كميات التربة المنجرفة باستخدام المعادلة (RUSLE)

تعد معادلة(Revised universal soil Loss Equation) (RUSLE) من الادوات الفعالة لتقدير كميات التربة المفقودة نتيجة الانجراف المائي وتستخدم هذه المعادلة في نطاق واسع للدراسات البيئية والزراعية لتحديد معدلات فقدان التربة وتقييم مخاطر التعرية وتعتمد هذه المعادلة على حساب خمسة عوامل رئيسة هي (Abed,m.,2000.p133).

P×C×LS×K×R=A

A= الفقد السنوي للتربة (طن\كم^2\سنة)

R=عامل قدرة الهطل المطري على التعرية

K= عامل قابلية التربة للتعرية

L=عامل طول المنحدر (م)

S=عامل شدة انحدار المنحدر(%)

C= عامل الزراعة والغطاء النباتي

P=عامل اجراءات صيانة التربة

ويتم الحصول على التوزيع المكاني لفقدان التربة من خاصل ضرب جميع العناصر سابقة الذكر وفقا لنموذج المعادلة (RUSLE) بمنطقة الدراسة.

1- عامل قدرة الهطل المطري في انجراف التربة (R)

يعتمد هذا العامل على الاراضي الغير مغطاه او غير محمية وكلما زادت قوة العاصفة زاد معدل تفكك حبيبات التربة وبالتالي زادت قدرة مياه الامطار على جرف التربة كما ان الجريان السطحي يزداد مع زيادة شدة ومدة العاصفة المطرية الجزء الشمالي الشرقي وادنى انخفاض بلغ (584م) في الجزء الجنوبي الغربي عند المصب .

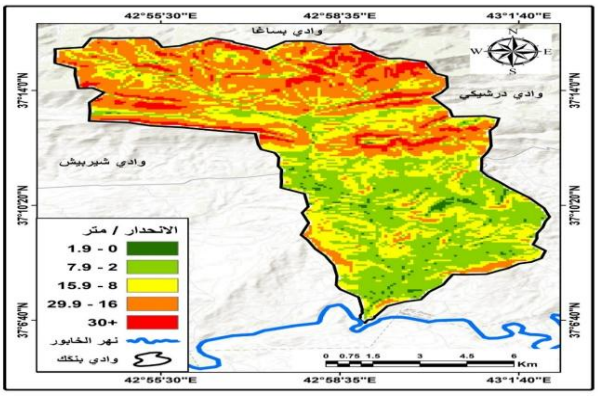
اما درجات الانحدار لها دور مهم في حدوث عمليات التعرية والارساب وتغير المظهر الخارجي للسطح وصنفت خصائص الانحدار لحوض وادي بنكك بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وحسب تصنيف زنك يتراوح انحدار ما بين الخفيف (0-1.9) في الاجزاء الوسطى والجنوبية التي شغلت مساحة (4كم 2) الى شديدة الانحدار (30+) في الاجزاء الشمالية الشرقية للحوض والتي بلغت مساحتها(7كم2) .

جدول رقم (2)مساحات درجات انحدار الحوض حسب تصنيف (Zink)

الصنف	الشكل	الانحدار	التصنيف	المساحة كم^2
1	مسطح	0-1.9	سهل-وادي	4
2	تموج خفيف	2-7.9	سهول تحتية نهرية سفوح اقدام الجبال	28
3	متموج	-15.9 8	تلال منخفضة	28
4	مقطعة- مجزأة	-29.9 16	تلال مرتفعة	30
5	مقطعة بدرجة عالية	+30	جبال	7

المصدر: بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بدقة تميزية (30×30) ومخرجات برنامج (Arc Map 10.8).

خريطة (3) انحدار حوض وادي بنكك في منطقة الدراسة



المصدر: الاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) ومخرجات برنامج (Arc Map 10.8).

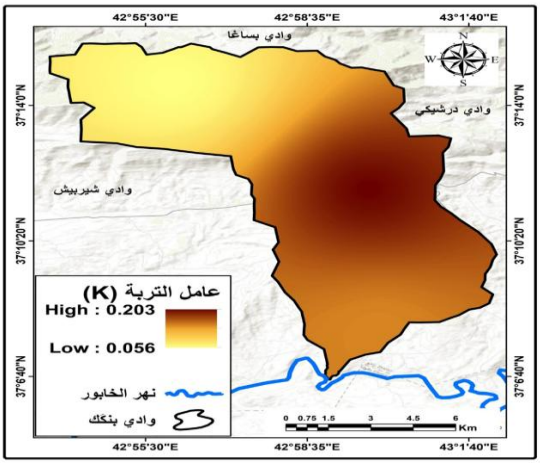
حيث ان b= 0,27 رقم ثابت ، وتراوحت قيمة K في منطقة الدراسة بين (0,056- 0,203) حيث تزداد في جنوب الحوض باتجاه نهر الخابور وتكون تربة عالية القابلية للانجراف غالبا طينية او ضعيفة البنية بينما تقل في شمال غرب المنطقة واقل انجراف غالبا نسيج خشن او صخري فالمنطقة الجنوبية هي الاكثر عرضة للانجراف بفعل النشاط الزراعي او قلة الغطاء النباتي والتدرج في القيم يدل على تغير في الخصائص الرسوبية والتضاريسية وربما وجود طبقات مختلفة من الترب ناتجة عن التعرية والتراكم على مدى زمني طويل.

جدول رقم (4) معدل الطين والرمل والسلت في منطقة الدراسة

الموقع	نسبة الطين	نسبة الرمل	نسبة السلت
1	44	20	36
2	28	11	61
3	32	22	46

المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على مخرجات برنامج(Acr Map 10.8) .

خريطة (5) معامل قابلية التربة للتعرية (K) لحوض وادي بنك



المصدر: اعتمادا على المعادلة ومخرجات برنامج (Arc Map 10.8)

3-عامل الطوبوغرافيا (LS): يعد شكل المنحدر وطوله وشدة انحداره ذات تأثير كبير على الجريان السطحي لمياه الامطار وبالتالي انجراف التربة (Jerry,1982,p35-36) وان طول وشدة المنحدر يمكن حسابهما بالمعادلة الاتية: (moor.bruch,1986)

$$0,01741,3*22.3)*(0,0986)^{1,3}($$
$$*Sin(S*LS=(FACC\_CZ)^{0.3}$$

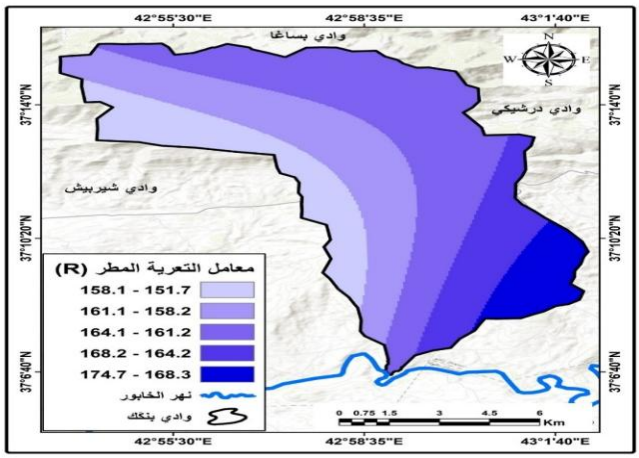
وهذا يؤدي الى سرعة انجراف التربة (James,1995,P78)

ولاستخراج قيمة المعامل (R) طبقت المعادلة الاتية (المغاري ،2021،ص21).

حيث P= تمثل قيمة معدل الامطار السنوية

اذ تتراوح القيم بين (174,7-151,7) واعلى القيم كانت في جنوب شرق الحوض بلغت (174,7) وهي ذات شدة مطرية عالية بينما تنخفض في شمال غرب الحوض (151,7) ونلاحظ الزيادة التدريجية في شدة المطر من الشمال الغربي الى الجنوب الشرقي ويرتبط هذا بمدى تأثير التضاريس على توزيع الامطار او هبوب الرياح من الجنوب او الجنوب الشرقي للحوض.

خريطة (4) معامل تعرية المطر (R)



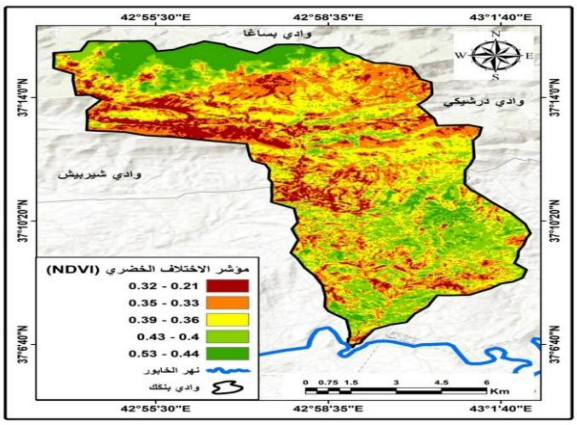
المصدر: اعتمادا على المعادلة ومخرجات برنامج (Arc Map 10.8)

2-عامل قابلية التربة للانجراف (K): ان قابلية التربة للانجراف تزداد مع زيادة نسبة السلت في التربة وتنخفض مع زيادة نسب الرمل وللطين كما ان بناء التربة له تأثير كبير على معدل نفاذية التربة للماء ، فان التعرية لا تحدث اذ كان معدل نفاذية التربة اكبر من معدل هطول الامطار وان الترب ذات البناء القوي لا تنجرف بسهولة واقل قابلية للانجراف من تلك الضعيفة او معدومة البناء (Jerry,1982,James,1995).

ويعتمد حساب معامل انجراف التربة على نسبة الرمل والسلت والطين فيها من خلال المعادلة (Badmos,etal,2015,P614)

$$ERFAC\text{-}K\text{-}0 ،32*(\frac{\%السلت}{\%الطين+\%الرمل})^{b}$$

خريطة (7) عامل الغطاء النباتي (C) لحوض وادي بنكك



المصدر: الاعتماد على مخرجات برنامج (Arc Map 10.8).

5- عامل اجراءات الصيانة للتربة (P) : يشير هذا العامل الى كميات فقدان التربة وفقا للمناطق المحروثة المتنوعة من خلال الزراعة الكنتورية او الشرائطية واقامة المدرجات او المصاطب والتسميد وغيرها كلها عوامل اساسية في ادارة التأكل (الانجراف) (Saleh ,Ali,2018) . وفي منطقة الدراسة تم اعتماد القيمة (1) وذلك لغياب الممارسات المستهدفة لحماية التربة وتثبيتها.

6-حجم التعرية المائية (A) (طن\ كم^2\ سنة): بعد تطبيق المعادلة العالمية(RUSLE) لتقدير حجم التربة المفقودة على اراضي حوض بنكك المختلفة من خلال استخراج الخمس مؤشرات للنموذج هي (مؤشر تعرية المطر ،قابلية التربة للتعرية ،مؤشر الطوبوغرافيا ،والغطاء النباتي ، وصيانة التربة) وضربها مع بعضها البعض داخل نظم المعلومات الجغرافية برنامج(Arc Map 10.8)ومن خلال ذلك تبين تصنيف الحوض الى اربع فئات مكانية حسب معدل فقدان التربة تمثلت بمستويات (ضعيف- متوسط- مرتفع- مرتفع جدا) تمثلت بما ياتي:

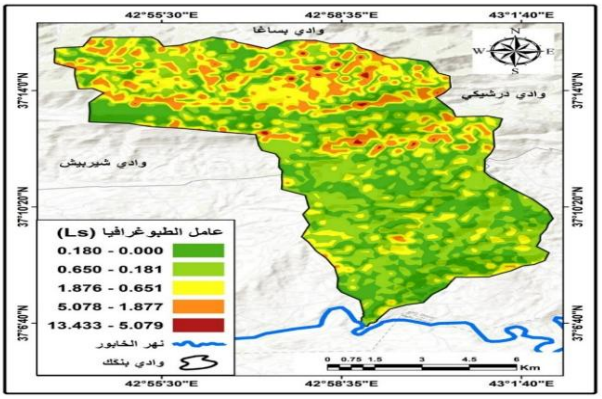
1- الفئة الاولى (0-5 طن\هكتار\سنة) وهي ضعيفة او منخفضة جدا بمساحة 35كم^2 اي بنسبة 35,7% وينتشر بشكل واسع في الجنوب الشرقي والجنوب الغربي للحوض وهذا يعني مناطق منخفضة التعرية نتيجة وجود اراضي منبسطة نسبيا او كثافة نبات جيدة او قلة النشاط الزراعي المفرط او الحفر

2- الفئة الثانية (5-12طن\هكتار\سنة) متوسطة تشكل النطاق الاوسع في وسط وشمال الحوض بمساحة 43كم^2 وبنسبة 43,9% وهذا يعكس تعرض المناطق لزراعة مطرية او رعي متوسط او طرق غير معبدة

حيث ان FACCهو (flow accumulation)
CZ هو حجم الخلية (القدرة التميزية للمرئية)
S الانحدار بالدرجة

تتراوح قيم عامل الطوبوغرافيا في المنطقة مابين (0,000-13,433) وكانت اكثر المناطق المعرضة للتعرية واعلى انحدارات هي الجزء الشمالي الشرقي للحوض بلغت (13,433) والمناطق الوسطى والشرقية ذات منحدرات متوسطة الى مرتفعة بلغت (0,651- 5,078) اما جنوب وغرب الحوض منحدرات بسيطة بلغت(0,000-0,650) .

خريطة (6) عامل الطوبوغرافيا (LS) لحوض وادي بنكك



المصدر: بالاعتماد على مخرجات برنامج (Arc Map 10.8)

4- عامل الزراعة والغطاء النباتي (C): يتضمن هذا العامل تأثير متداخل ما بين نوع الغطاء النباتي وتعاقب المحاصيل ومستوى الانتاجية وطول فترة النمو وعمليات الحصاد وادارة مخلفات بقايا المحاصيل وتوزع الامطار ، وتتراوح قيم هذا العامل بين (0-1) . (kent,Gary,1980)

ويحسب عامل الغطاء النباتي عبر المعادلة الاتية (المغاري،

$$NDVI = \frac{\text{الاشعة تحت الحمراء} - \text{الاشعة الحمراء}}{\text{الاشعة تحت الحمراء} + \text{الاشعة الحمراء}}$$

وتم استخراج الغطاء النباتي في المنطقة من خلال قسمة ناتج طرح الاشعة تحت الحمراء والاشعة الحمراء على ناتج مجموعهما وطبقت المعادلة وتبين ان قيم المعامل في منطقة الدراسة تتراوح بين (0,21-0,53) ان اعلى القيم تتركز في جنوب الحوض مع توزعها في اجزاء من الوسط والشمال الشرقي وضعف الغطاء النباتي في الشمال والشمال الغربي للحوض تكون اراضي شبه جرداء او متدهورة نباتيا مما يجعل هذه الاجزاء اكثر عرضة لانجراف التربة.

النتائج: توصلت الدراسة الى مايلي:

1. تم تصنيف الحوض الى اربعة فئات ضعيفة –متوسطة –مرتفعة جدا حيث بلغت مساحة المناطق الضعيفة 35كم^2 والمناطق المتوسطة 43كم^2 والمرتفعة 11كم^2 والمرتفعة جدا 9كم^2.
2. ان المناطق الضعيفة التي بلغت 35كم2 عدم تعرضها للانجراف حيث توزعها النباتات والاشجار التي تعمل على تثبيت التربة وتمثل نموذجا جيدا للإدارة المستدامة والذي ينتشر في الجزء الجنوبي الغربي والجنوب الشرقي للحوض .
3. اما المناطق المرتفعة جدا التي تمثل التهديد الحقيقي للانجراف في الحوض بلغت مساحة 9كم2 تتركز في الوسط الشرقي والشمال الشرقي ويعد عامل المطر اكثر تأثيرا فيها مع الانحدارات العالية .
4. تتراوح مقادير الانجراف في الحوض ما بين (0-5 - +24) طن\هكتار\سنة وبمتوسط (5-12 طن\هكتار\سنة) .
5. ان المناطق الجنوبية الغربية هي اكثر استقرارا للتربة وشمال شرق الحوض يعاني من مستويات مرتفعة من التعرية خاصة الفئة الثالثة والرابعة وان فقدان التربة يؤدي لزيادة مخاطر الفيضانات المفاجئة وانخفاض الانتاج الزراعي للاراضي وانسداد المجاري المائية نتيجة الترسيب .
6. هناك تباين مكاني واضح في مستويات التعرية وان الغالبية العظمى تقع ضمن الفئتين الثانية والثالثة وهذا يدل على خطر متوسط الى مرتفع في الحوض.

التوصيات :

1. تعزيز الغطاء النباتي الطبيعي من خلال التشجير المستدام حيث يرتبط انخفاض الكثافة النباتية بزيادة معدلات تعرية التربة.
2. بناء مصدات مائية وسدود صغيرة للحد من تدفع المياه السطحية في المنحدرات الحادة مما يسهم في تقليل الانجراف وتحسين تغلغل المياه الى التربة .
3. استخدام نظم المعلومات الجغرافية(GIS) بشكل موسع في مراقبة وتطور التعرية على المدى الزمني وتحديث خرائط الفقدان لاتخاذ قرارات تخطيطية اكثر دقة .
4. رفع الوعي البيئي لدى سكان المحليين والزراعيين من خلال ورش عمل وتدريب حول ممارسات الزراعة على التربة وتقديم بدائل مستدامة تعزز الانتاج وتحمي الموارد .

الفئة الثالثة (12-24طن\هكتار\سنة) مرتفعة تظهر بصورة مبعثرة في وسط الحوض بمساحة 11كم^2 وبنسبة 11,2% يدل هذا على تدهور نسبي للتربة بسبب الانحدارات وقلة الغطاء النباتي والاستخدام الزراعي غير المنظم .

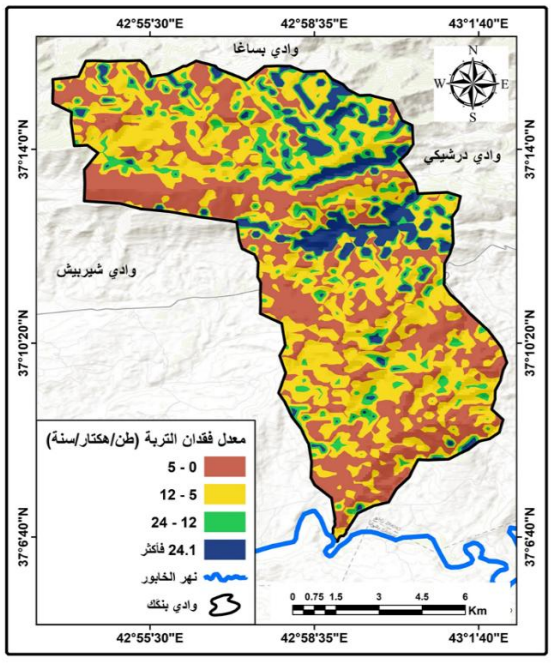
3- الفئة الرابعة (+24طن\هكتار\سنة) مرتفعة جدا تتركز في الشمال الشرقي والوسط الشرقي بمساحة 9كم2 اي بنسبة 9,2% وهذا يعكس تدهور خطير للتعرية بسبب الانحدارات العالية او انها خالية من الغطاء النباتي .

جدول رقم(5) مساحات فئات درجات التعرية والانجراف المائي (طن\هكتار\سنة) كم2لحوض وادي بنك

فئات التعرية	معدل الانجراف\طن\هكتار\سنة	نوع التعرية	كم2	النسبة
1	0-5	ضعيف	35	%35,7
2	5-12	متوسط	43	%43,9
3	12-24	مرتفع	11	%11,2
4	24+	مرتفع جدا	9	%9,2

المصدر: بالاعتماد على الخريطة (8) ومخرجات برنامج (Arc Map 10.8).

خريطة (8) معدل تعرية وانجراف التربة لحوض وادي بنك



المصادر:

1. **Al-Omari, F. S., & Sadiq, A.** (1977). Geology of Northern Iraq. University of Mosul, House of Books and Publishing.
2. **Al-Talabani, N. J.** (2009). Groundwater in the area between the two Zabs in Iraq and its exploitation. Bad Press.
3. **Al-Maghari, B.** (2021). Application of the RUSLE model to estimate soil erosion in the Gaza Strip, Palestine using Geographic Information Systems (GIS). An-Najah University Journal for Research (Humanities), 35(1), 21.
4. **Amin, R. A. M.** (n.d.). Geomorphology of the Nineveh Plain [Published doctoral dissertation]. College of Education, University of Mosul.
5. **Jawad, S. T.** (2022). Modeling soil erosion for the Mateen formation in northern Iraq using GIS & RS. Arab Gulf Journal, 50(3), 353.
6. **Abed, M.** (2000). *The development of Latakia GIS-based soil database and related applied model: Case study - Latakia district, Syria* [Unpublished doctoral dissertation]. Zhejiang University, China.
7. **Almughairi, B.** (2019). *Use of Geographical Information Systems in the study of morphometric: Case study, Abonar Basin-Palestine 2014-2018* [Unpublished doctoral dissertation]. University of Al-Butana, Sudan.
8. **Al-Saadi, S. N., & Yousif, L. D.** (2013). Landslide hazard of rock slopes around Shaqlawa city, Kurdistan Region, NE Iraq. *Journal of Zankoy Sulaimani - Part A*, 15(3), 1-13.
9. **Badmos, B. K., Agodzo, S. K., Villamor, G. B., & Odai, S. N.** (2015). An approach for simulating soil loss from an agro-ecosystem using multi-agent simulation: A case study for semi-arid Ghana. *Land*, 4(3), 607-626.
10. **Buday, T.** (1980). *The Regional Geology of Iraq*. Dar Al-Kutib Publishing House, University of Mosul.
11. **James, H.** (1995). *Hydrology and soil water models*. Purdue University. purdue.edu
12. **Jerry, M.** (1982). Soil and water management and conservation. In *Handbook of Soils and Climate in Agriculture* (pp. 349-369). CRC Press.
13. **Kent, M., & Gary, B.** (1980). *Soil Erosion*. John Wiley & Sons Ltd.
14. **Koirala, P., Thakuri, S., Joshi, S., & Chauhan, R.** (2019). Estimation of soil erosion in Nepal using a RUSLE modeling and geospatial tool. *Geosciences*, 9(4), 147. doi.org
15. **Moore, I. D., & Burch, G. J.** (1986). Physical basis of the length-slope factor in the Universal Soil Loss Equation. *Soil Science Society of America Journal*, 50(5), 1294-1298.
16. **Saleh, I. K., & Al-Rammahi, A. H. J.** (2018). Estimation of rainfall-runoff erosivity factor of RUSLE equation in the Euphrates River watershed by GIS modeling. *Journal of University of Kerbala*,

قياس نسب العناصر الضارة بصحة السكان لقناني مياه الشرب المعبأة في مدينة بغداد:مقارنة مع النسب العالمية والعراقية

الباحث الأول 1، م.د. زينب عبد الحسين سلمان Zainab.A@ncpds.uobaghdad.edu.iq

الباحث الثاني2، م.د. مريم عبد الهادي اكوش Maryam.A@ncpds.uobaghdad.edu.iq

1 قسم التقنيات التحليلية ، المركز الوطني للدراسات السكانية والديموغرافية ، جامعة بغداد، بغداد، العراق
2 قسم الدراسات السكانية والديموغرافية ، المركز الوطني للدراسات السكانية والديموغرافية ، جامعة بغداد، بغداد، العراق

الملخص

يعد موضوع مياه الشرب ومدى صلاحيتها من المواضيع التي أثارت أهتمام العديد من الباحثين في دول العالم وقد جرى الاستشهاد بهذه الدراسات في هذا البحث الذي تضمن فحص صلاحية مياه الشرب في مدينة بغداد فقد جرى أخذ علامات تجارية لمياه الشرب التي تستخدم بكثافة من قبل سكان مدينة بغداد وتتمثل (اللؤلؤة ، فينيزا ، بردى ، مياه مفلترة RO) وتم تحليلها مختبرياً ومقارنة نسب التحليل مع النسب المسموح بها عالمياً وعراقياً لبعض العناصر المهمة في الماء وهي (الحديد ، المنغنيز، النحاس ، الرصاص) وقد أتضح من نتائج التحليل المختبري أن نسب العناصر الثقيلة منخفضة في مياه الشرب ولا تسبب أي مخاطر على المستخدمين ، وللحفاظ على صلاحية المياه للشرب ينبغي المراقبة الدورية لمحطات تنقية وتعبئة مياه الشرب ، فضلاً عن ضرورة تخزينها في أماكن معتدلة الحرارة لضمان عدم تحلل مواد بلاستيكية من قناني المياه البلاستيكية والتي تتحلل في حال أرتفاع درجات الحرارة مما تسبب مخاطر صحية على الانسان .

الكلمات المفتاحية:العلامات التجارية ، المياه المفلترة ، العناصر الثقيلة، مواد بلاستيكية ، قناني المياه

المقدمة

المياه الأمنة للشرب تعد من المواضيع التي لفتت أهتمام العديد من الباحثين ، بعد رصد حالات الوفيات الناجمة بفعل مياه الشرب وقد بلغت 829.000 سنوياً، وهذا يعود الى التطورات التقنية الحديثة التي أستخدمت في تنقية المياه والمواد التي أستخدمت في عملية التعبئة لاسيما المواد البلاستيكية التي تصنع منها قناني مياه الشرب، هذه المواد بحد ذاتها تعد مواد كيميائية تفرز جسيمات بلاستكية عند تعرضها لحرارة عالية وهذا ما يشهده العراق ، وتكمن الخطورة الحقيقية بقلة الوعي بخطورة هذه المواد ، فضلاً عن الخطورة الناجمة من تخزينها في ظروف مناخية عالية الحرارة ، إذ يلاحظ الغالبية من السكان يفضّل أستعمال هذه المياه المعبأة لسهوله أستخدامها ، ويفسر البعض أن هناك علامات تجارية عالية النقاوة وأمنة للاستعمال حتى للمرضى لاسيما علامة اللؤلؤة وهي الأكثر أستعمالاً من قبل سكان مدينة بغداد وبالفعل تعد من العلامات الرائجة في أسواق بغداد وتعد من المياه التي حققت النسب المسموح بها عالمياً وعراقياً من العناصر الثقيلة وحتى الخصائص الطبيعية المتمثلة (اللون ، العكارة، الطعم ، الرائحة) ولكن الظروف المناخية وأرتفاع درجات الحرارة لاسيما في فترة التخزين قد يجعلها غير أمنة بفعل أفرازات القناني البلاستيكية التي تعبأ بها المياه، لذا ينبغي توعية القائمين على محطات تنقية مياه الشرب بأهمية الالتزام بفحص الحدود المسموح بها من العناصر الثقيلة في المياه والتأكيد على الأثر السلبي في حال أرتفاع معدلها عن الحد المسموح به ، فضلاً عن أجراء فحص بشكل دوري على أجهزة التنقية والترشيح وتنظيف جميع مرشحات المياه بشكل مستمر ، والالتزام قدر الإمكان بالقيم التي توضع كملصق على قناني مياه الشرب لنسب العناصر فيها ينبغي أن تكون دقيقة وحقيقية لان الأغلبية من السكان المرضى يستعملها وفقاً لرقم النسب الموضوعة عليها ،إذ إن الدراسات التي تناولت موضوع مياه الشرب كثيرة وشملت جميع الدول فهناك العديد من المصادر التي تم الاستعانة بها جرت في بعض محافظات العراق وبعضها في دول أفريقية وأخرى في أمريكا وهذا يدل على أن المشكلة الحقيقية لاتقتصر على تنقية المياه فحسب بل طرق تنقيتها والمراقبة الدورية لها ،فضلاً عن العامل الأهم وهو طرق التعبأة ومواد التعبئة والتي تستعمل في أغلبها مواد بلاستيكية ، هذه الدراسات عند نشرها على المواقع الالكترونية يجعلها فرصة أمام العديد من صنّاع القرار بالتفكير لخطط مستقبلية تسعى لأعادة النظر في نوع قناني تعبئة المياه وأستبدالها بمواد أكثر أماناً .

2ـ هدف الدراسة

1ـــ خلق الوعي لدى القائمين على محطات تنقية وتعبئة مياه الشرب بأهمية مطابقة نسب العناصر الملصقة على قناني مياه الشرب مع النسب المسموح بها عالمياً وعراقياً والتحذير من تجاوز هذه الحدود لانها تسبب مخاطر حقيقية على السكان.

2ـــ لفت النظر الى نوع مياه RO المعالجة بطريقة التناضح العكسي والتي تستعملها الطبقات الفقيرة من السكان وبكميات كبيرة لذا يفترض وضع الرقابة على محطات تنقيتها.

3ـــ تخصيص أماكن خزن قناني مياه الشرب في درجات حرارة معتدلة لاتسمح بأفراز جسيمات من المواد البلاستيكية التي تصنع منها قناني المياه.

3ـ المواد وطرائق العمل

3-1ـ مشكلة البحث

1ـ هل نقاوة مياه الشرب ترتبط بالعلامة التجارية المنتجة لها؟

2ـ هل نسب العناصر التي تحويها مياه الشرب والتي تكتب على قناني المياه حقيقية؟

3ـ أين يكمن خطر المياه المعبأة في طرق التنقية أم في طرق التعبئة أم طرق التخزين؟

3-2ـ فرضية البحث

1ـ للحصول على مياه صالحة للشرب لايقتصر الموضوع على نوع العلامة التجارية.

2ـ نسب العناصر التي توضع على قناني مياه الشرب ليست حقيقية لانها لا تخضع الى رقابة دورية مستمرة.

3ـ يكمن الخطر الحقيقي بنوع مواد التعبئة (بلاستيكية) وطرق التخزين في ظروف مناخية عالية الحرارة.

3ـ3ـ الدراسات السابقة

1ـــ دراسة تباين خصائص وملوثات مياه الشرب في مدينة الناصرية ، بحث مقدم من قبل م.م. منار ماجد حميد و م.د. مصطفى محمد على الى مجلة العلوم الإنسانية والطبيعية ، التي تصدر عن مؤسسة برابدو للخدمات التعليمية بالمملكة المتحدة وبالتعاون مع مركز الابرار للأبحاث والدراسات الإنسانية في العراق وكذلك مركز نبتة للأبحاث والدراسات التابعة لكلية نبتة الجامعية في السودان.

2ـ تقييم النوعية الكيميائية والميكروبية لبعض المياه المعبأة المتوافرة في الأسواق المحلية ، بحث مقدم من قبل احمد عبد الله حمد العبيدي ومحمود مصطفى المهداوي،الى المجلة العراقية لبحوث السوق وحماية المستهلك لسنة 2016 المجلد 8 العدد 2

للصناعات الحديثة وتغيير القديم والعاطل واعداد كادر مؤهل لذلك (منار و مصطفى ، 2024، صفحة 39)

لذا فقد جرت دراسات عديدة فيما يخص جودة مياه الشرب في أغلب دول العالم ومنها ولاية بيراك في ماليزيا تناولت الدراسة التحليل المختبري وأجراء قياسات للمواد الصلبة العالقة في المياه (TSS) ، والمواد الصلبة الذائبة (TDS) من خلال عملية الترشيح ، إذ يتم سكب حجم ثابت من عينة الماء على مرشح من الالياف الزجاجية فوزن مسبقاً بحجم مسام محدد قبل بدء عملية الترشيح بالتفريغ تم أزالة المرشح بعد أكتمال عملية الترشيح ووضعه في طبق ألومنيوم في فرن عند 100 درجة مئوية لمدة 2 ــ 3 ساعات لتجفيف الماء المتبقي تماماً ، ثم وزن المرشح ومثلت الزيادة في وزن المرشح محتوى المواد الصلبة العالقة معبرا عنها بالكتلة لكل وحدة حجم من العينة المرشحة(ملغم / لتر) ثم حُددت أجمالي المواد الصلبة الذائبة TDS في عينات الماء بالطريقة الوزنية بعد الترشيح لتحليل أجمالي المواد الصلبة العالقة TSS ثم تسخين الراشح في فرن عند درجة حرارة أعلى من 100 درجة مئوية حتى تبخر الماء تماماً ، إذ تمثل الكتلة المتبقية من البقايا كمية أجمالي المواد الصلبة الذائبة في العينة. كما أجريت على العينات نفسها تحليل عشرة عناصر لمعادن ثقيلة مثل (النحاس ، الزنك، المغنسيوم ، الحديد ، الكادميوم ، الرصاص ، الكروم ، الزرنيخ ، الزئبق ،القصدير) .

(N.Rahmanian, et al., 2015, p. 3)

و هناك دراسة جرت في الهند ، نظراً لندرة المياه الشرب النقية ينظر الأغلبية من سكان الهند الى أن المياه المعبأة في زجاجات كوسيلة أمنة ظاهرياً في مدن الهند ، علما أن المناخ الحار والرطب في معظم ولايات الهند يزيد من الحاجة الى مياه الشرب المعبأة وبسبب غاز الرادون المنقول عبر الماء كان سبباً في أجراء هذه الدراسة وقياس نشاط الرادون في علامات تجارية مختلفة من عينات المياه المعبأة المتوفرة تجارياً في الهند بأستخدام جهاز مراقبة الرادون المعترف به دولياً، AlphaGUARD (AlphaGUARD M 2012) ، بصرف النظر عن قياس نشاط الرادون في عينات مياه الشرب فقد تم في هذه الدراسة تقدير أجمالي الجرعة الفعالة السنوية المرتبطة التي تتلقاها الفئات العمرية كالرضع والأطفال والبالغين من الرادون المذاب في الماء لغرض تقييم التأثير الصحي المحتمل ، كما جرى محاولة لأيجاد علاقة بين نشاط الرادون ومعايير جودة المياه المختلفة وهي درجة الحموضة ومستوى المواد الصلبة الذائبة الكلية

3- Analysis of physiochemical parameters to Evaluate the Drinking water Quality in the state of perak ,Malaysia, N.Rahmanian,siti hajar Bt Ali ,M.Homayoonfard N.J. Ali, M . Rehan Y.sadef and A.S. Nizami , Hindawi publishing corporation Journal of Chemistry , Volume 2015.

4-A review on biosensor approaches for the detection of hazardous elements in water, , Nidhi Chauhan; , Nishtha Sah; , Kirti Saxena; , Utkarsh Jain, 2025.

4ــ التوجه العالمي نحو دراسة تلوث مياه الشرب بالعناصر الضارة

على الصعيد العالمي يموت 829.000 شخص سنوياً بسبب الامراض المرتبطة بالمياه والتي تعزى الى مياه الشرب غير الامنة والصرف الصحي في حين تؤثر تحسين المياه وزيادة عدد السكان الذين يتم خدمتهم بشكل مباشر على جودة الحياة. (Juan , Haroon , Michael , Madjid , & Kasun, 2026, p. 2) ووفقاً لوكالة حماية البيئة الامريكية قد يكون هناك أكثر من 80 ملوثاً موجود في مياه الشرب قد تشكل خطراً كبير على صحة الانسان وقد تؤثر بعض الملوثات على أجسامنا لبعض الوقت مما تسبب أثار صحية حادة إذ توجد العديد من العناصر والبكتريا والفيروسات والمواد العضوية في الماء مما تجعله غير أمن للشرب أو أي نوع من الاستخدامات في الحياة اليومية ، إذ تتلوث المياه الطبيعية من خلال أنشطة بشرية مختلفة كالنفايات الصناعية والاستخدام المفرط للمبيدات الحشرية في الحقول وأزالة الغابات والمعالجة غير المناسبة للنفايات . (Nidhi, Nishtha, Kirti, & Utkarsh, 2025, p. 2) تنوعت وتعددت الدراسات التي أهتمت بموضوع مياه الشرب إذ دُرست الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية وذلك لأهمية المياه في حياة جميع الكائنات الحية ومع التزايد المستمر في عدد السكان وتنوع أستخدام المياه فقد أسهم ذلك في زيادة نسبة الملوثات مما أثر سلباً على نوعية المياه وبالتالي أصبحت المياه هي الوسط الناقل للكثير من الامراض مما تتطلب توفير محطات معالجة للمياه مما تطلب الامر الاهتمام بنوعية المياه من خلال توفير محطات معالجة للمياه ، ومن الضروري ان تتميز المحطات بمواكبتها

الشرب (العبيدي و المهداوي، 2016، الصفحات 33 - 39)

وفي العراق أيضاً جمعت عينات من يوليو 2009 الى يونيو 2010 في كل محطة تم اخذ عينات على طول نهر شط العرب ، جرى تحليل تركيز المغذيات والايونات الرئيسية بأستخدام ورق الترشيح ميليبور(0.45 ميكرومتر) إذ حللت وفقاً لجمعية الصحة العامة الامريكية إذ تم قياس المعايير الفيزيائية والكيميائية بما في ذلك درجة حرارة الماء(WT) والتوصيل الكهربائي (EC) ودرجة الحموضة (PH) في الموقع بأستخدام مقياس متعدد من طراز لوفيبوند سينسو دايركت حددت العكارة في الموقع بأستخدام مقياس العكارة لوفيبوند توربي دايركت، وحدد الاوكسجين المذاب (DO) بطريقة وينكلر. وكان الهدف من الدراسة تقييم مدى ملائمة جودة مياه شط العرب لحماية الحياة المائية وتوفير مياه الشرب وأستخدامات الري، وقد أظهرت النتائج أن أدنى قيم جودة المياه سجلت خلال موسم الجفاف لجميع أستخدامات النهر وسجلت قيم جودة هامشية لحماية الحياة المائية وقيم جودة متوسطة الى سيئة في المصب لاستحدامات الري ، فضلا عن مياه النهر لم تكن مناسبة لأمدادات مياه الشرب دون معالجة . (Mohammad & Najah, 2015, pp. 459 - 460)

أشارت المعايير العالمية وفق توجيهات المنظمة للصحة العالمية لنوعية مياه الشرب التي أنشئت في جنيف عام 1993 الى النسب الصحية لوجود العناصر في مياه الشرب والتي تعد نقطة مرجعية دولية لوضع المعايير لمياه الشرب وكما موضح في الجدول (1)

علماً أن هناك بعض العناصر لم تذكر أي توجيهات بشأنها من قبل منظمة الصحة العالمية كما هو الحال في عنصر

الخاصية	الحد المسموح به	أقصى ما يمكن السماح به عند تعذر أيجاد مردود أفضل
اللون	5 وحدات *	50 وحدة
العكارة	5 وحدات **	25 وحدة
الطعم	مقبول	
الرائحة	مقبولة	

الحديدFe رغم أنه يوجد في المياه العذبة والمياه السطحية والمياه الجوفية بنسبة (mg/L50-0,5) ، كذلك الحال بالنسبة للقصدير غير العضوي Sn ، فضلا عن بعض خصائص المياه لم يرد أي توجيه بشأنها من قبل منظمة الصحة العالمية ومنها (اللون، التعكر، مجموع المواد الصلبة المذا

بة). (معايير منظمة الصحة العالمية لمياه الشرب، 1993)

أما بالنسبة للمواصفات القياسية لمياه الشرب في العراق فقد تنوعت مصادر المياه في البلاد مما أثر في نوعية المياه

وقد ركزت الدراسة حول كولكاتا وهي مدينة رئيسية في الهند ذات كثافة سكانية عالية وتتوفر فيها علامات تجارية مختلفة من مياه الشرب المعبأة . (Mahasin , Arindam, & Argha, 2026, p. 3)

جرت هذه الدراسة في ابيوكوتا وهي أكبر مدينة وعاصمة ولاية أوجون في جنوب غرب نيجيريا إذ تقع هذه المدينة على الضفة الشرقية لنهر أوجون ، جمعت عينات المياه من عشر أسر في ستة مجتمعات مختلفة وقد أختيرت هذه المجتمعات لتمثيل مناطق أجتماعية وأقتصادية وجغرافية متنوعة وهي أحياء سكنية تزود بمياه الشرب من محطة مؤسسة مياه ولاية أوجون في خزان أوكي تيميدير، وقد تم تحليل درجة الحرارة ، درجة الحموضة ، أجمالي المواد الصلبة الذائبة TDS ، التوصيل الكهربائي EC جهد الاكسدة والاختزال ORP. (Adewale & Adediran, 2025, p. 2)

5ـــ **التوجه العراقي نحو دراسة تلوث مياه الشرب بالعناصر الضارة** ويعد العراق أحد الدول التي أثار موضوع تلوث المياه رغبة العديد من الباحثين لدراستها فقد أشارت دراسة سابقة جرت في مدينة بغداد تم فيها أختيار علامات تجارية وتعد الأكثر تسويقاً للمياه في بغداد حيث تم أخذ كمية مناسبة من قناني المياه المعبأة البلاستيكية المنتجة حديثاً وجرت عليها الفحوصات الفيزوكيمائية وأشتملت الدراسة على فحص قيم وتراكيز كل من العكارة ، التوصيلة الكهربائية EC ، وحساب تراكيز المواد الذائبة الكلية TDS ، وتقدير قيم الاس الهيدروجيني PH ، قياس تراكيز الكالسيوم والمغنسيوم والكلوريدات، والعسرة الكلية ، كما شملت الفحوصات المكروبية حساب كل من العدد الكلي للبكتريا الهوائية والعدد الكلي لبكتريا القولون، وكانت نتائج هذه الدراسة وجود تباين كبير بين قيم المتغيرات المذكورة على العبوات البلاستيكية وما تم قياسه في هذه الدراسة فقد أظهرت النتائج ان المعلومات المذكورة على عبوات المياه لا تعكس المحتوى الحقيقي لقيم تلك المتغيرات وهذا الاختلاف قد يعود الى أسباب فنية تتعلق بمدى أهتمام الشركات المنتجة للمياه بعمليات وطرق التنقية ونزع الاملاح وأستبدال المنظومات والاغشية التي تقل كفائتها بمرور الوقت ، فضلاً عن عدم أجراء الفحوصات بصورة دورية للتأكد من كفاءة التنقية ، وتضمنت نتيجة الدراسة توصية الجهات المختصة بفرض الرقابة والمتابعة على جميع مصانع المياه المعبأة (معالجة وتعبئة وتخزين) ومصادر مياهها وللتأكد من مطابقة محتوى المياه بما هو مذكور على عبوات مياه

المصدر: معايير منظمة الصحة العالمية لمياه الشرب

وأهم هذه العينات والعناصر التي تم فحصها مختبرياً وردت في الجدول

تم أختيار العلامات التجارية الرائجة في الأسواق المحلية لمدينة بغداد والتي يتم أستخدامها من أكثر فئات المجتمع وهي علامة (الؤلؤة) وتعد أحدى العلامات العالية النقاوة

العلامة التجارية لقناني مياه الشرب التي يستعملها سكان مدينة بغداد	العناصر التي تم تحليلها مختبرياً	نسبة العناصر في قناني مياه الشرب في مدينة بغداد	نسبة العناصر في المسموح بها وفق المبدأ الصحي لمنظمة الصحة العالمية	نسبة العناصر في المسموح بها وفق المواصفة القياسية العراقية رقم 417
مياه اللؤلؤة	الحديد (Fe)	- 0.9732	لايوجد توجيهات عالمية بشأنه	mg/L0,3
	المنغنيز (Mn)	- 0.0425	mg/L 0,5	mg/L 0,1
	النحاس (Cu)	- 0.1109	mg/L 2	mg/L 1,0
	الرصاص (Pb)	0.0120	mg/L 0,01	mg/L 5 0,0
مياه فينيزا	الحديد (Fe)	- 1.0007	لا توجيهات	mg/L0,3
	المنغنيز (Mn)	- 0.0286	mg/L 0,5	mg/L 0,1
	النحاس (Cu)	- 0.1033	mg/L 2	mg/L 1,0
	الرصاص (Pb)	- 0.0094	mg/L 0,01	mg/L 5 0,0
مياه بردى	الحديد (Fe)	- 0.9560	لا توجيهات	mg/L0,3
	المنغنيز (Mn)	- 0.0328	mg/L 0,5	mg/L 0,1
	النحاس (Cu)	- 0.0825	mg/L 2	mg/L 1,0
	الرصاص (Pb)	0.0013	mg/L 0,01	mg/L 5 0,0
مياه RO Reverse) (Osmosis وتعني التناضح العكسي وهي (مياه مفلترة تستعمل في أغلب المناطق الشعبية)	الحديد (Fe)	- 0.7908	لا توجيهات	mg/L0,3
	المنغنيز (Mn)	- 0.0425	mg/L 0,5	mg/L 0,1
	النحاس (Cu)	- 0.0750	mg/L 2	mg/L 1,0
	الرصاص (Pb)	- 0.0027	mg/L 0,01	mg/L 5 0,0

والأكثر أستخداماً من قبل السكان لجميع فئات العمر والكثير من المرضى يفضل أستخدام هذه المياه ، والنوع الثاني علامة (فينيزا) هذا النوع من المياه يكثر الاقبال عليه من قبل طلبة الجامعات لذلك يلاحظ وجوده بكثرة يباع قرب الجامعات في مدينة بغداد وحتى داخل

لذافقد جرى وضع هذه المواصفات لتحديد نسب وكميات المواد المسموح بها، فقد نصت المواصفة رقم 417 لسنة 2001 والمحدثة في 2009

الجدول (4) المواصفات العراقية للعناصر والمواد في مياه الشرب

وقد تضمنت هذه المواصفات الاتي (المواصفة العراقية رقم 417 ، 2001 محدثة 2009)

5-1 ـــ الخصائص الطبيعية لمياه الشرب والنسب القياسية المسموح بها كما موضح في الجدول (2)

الجدول (2) المواصفات العراقية للخصائص الطبيعيةالمسموح بها لمياه الشرب في العراق

*أذا أزدادت كمية مستخلص الكربون ـ كلوروفورم عن 0,2 mg/L يجب تحليل المتبقي وتحديد سبب هذه الزيادة
العراقية رقم 417 لمياه الشرب المصدر: المواصفة القياسية والطرق القياسية لفحصها وتحليلها

العنصر	الرمز	الحد الأقصى
الرصاص	Pb	5 mg/L 0,0
الزرنيخ	As	5 mg/L0,0
السيانيد	Cn	2 mg/L 0,0
السيلينيوم	Se	mg/L 0,01
الكروم سداسي التكافؤ	Cr	mg/L 0,05
الكادميوم	Cd	1 mg/L 0,0
الباريوم	Ba	1,0 mg/L

*وحدة اللون مقدرة بمقياس الكوبلت البلاتيني.
**وحدة العكارة مقدرة بجهاز الشمعة لجاكسون
المصدر: المواصفة القياسية العراقية رقم 417 لمياه الشرب والطرق القياسية لفحصها وتحليله

5-2ـ الخصائص الكيميائية وتشمل

أولاًـــ العناصر السامة:ـ والتي ينبغي أن لا تتجاوز نسب المواد المذكورة الحدود الموضحة في الجدول (3)

ثانياًـــ العناصر والمواد الكيميائية التي تؤثر على صلاحية المياه ، إذ ينبغي أن لا تتجاوز نسبة العناصر والمواد الموضحة في الجدول (4)

6ـــ قياس نسب العناصر في مياه الشرب لمنطقة الدراسة (مدينة بغداد) ومقارنتها مع المحددات العالمية والعراقية

بالنسبة لمنطقة الدراسة (مدينة بغداد) فقد جرى أخذ أربعة عينات من ماء الشرب الذي يستعمله أغلب سكان مدينة بغداد لعلامات تجارية معروفة في أسواق مدينة بغداد وتم تحليلها مختبرياً لغرض مقارنة النسب التي تحويها من بعض العناصر التي تؤثر بشكل كبير على صحة الانسان مع قيم العناصر نفسها التي وضعتها منظمة الصحة العالمية ووضعها العراق كحد أقصى مسموح به في مياه الشرب

الإدراكية(Samuel Odumu Ogana John, Stephen Friday Olukotun, Tebogo Gilbert Kupi , & Manny Mathuthu , 2024, pp. 10-11)

7ـ تلوث مياه الشرب بالمواد البلاستيكة والعناصر الثقيلة

يعد تلوث المياه من أبرز المشكلات والتحديات العالمية، وأحد الأسباب الرئيسية للأمراض والوفيات على مستوى العالم. ولا يقتصر التلوث على العناصر الثقيلة في الماء ، بل يمكن أن تتعرض مصادر المياه لاسيما الجوفية عادةً لملوثات متنوعة. وبناءً على طبيعة الملوثات ومصدرها، سواء كانت طبيعية أو من صنع الإنسان، يمكن تصنيف الملوثات الموجودة في المياه إلى فئات مختلفة. ويمكن تقسيم هذه الملوثات إلى ثلاث مجموعات: مواد عضوية، ومواد غير عضوية، وعوامل فيزيائية. تشمل الملوثات العضوية الرئيسية في المياه المنظفات، ومياه الصرف الزراعي، والمبيدات الحشرية ومبيدات الأعشاب، ومشتقات البترول من المركبات مثل القوارب، ومخلفات النباتات والأشجار، والمركبات العضوية المتطايرة. أما الملوثات غير العضوية الرئيسية فتشمل الحموضة الناتجة عن الأسمدة الكيميائية، والمعادن الثقيلة، والأملاح. وتتسبب الملوثات غير العضوية في تعكر المياه، ويمكن ملاحظتها أحيانًا على شكل جزيئات عالقة فيها. كما تُعتبر التغيرات المفاجئة في حموضة ودرجة حرارة مصادر المياه نتيجة للأنشطة البشرية نوعًا من أنواع التلوث الفيزيائي للمياه. إضافةً إلى ذلك، فإن بعض الملوثات، كالفيروسات والبكتيريا والطفيليات، ذات أصل بيولوجي. ويمكن أن تشمل مصادر الملوثات التي تدخل إلى المياه ، التلوث الناتج عن الأراضي الزراعية، ورشح مياه الصرف الصحي، واستخدام الأسمدة الكيميائية والمبيدات، وتصريف ملوثات البترول ، لذا ينبغي تعزيز الوعي العام بتلوث البلاستيك. وأن تستكشف الدراسات المستقبلية الآثار الصحية للجسيمات البلاستيكية الدقيقة والمعادن الثقيلة، وتحسين أساليب أخذ العينات، والتركيز على المراقبة طويلة الأجل في ظل ظروف بيئية متنوعة لمعالجة هذه المشكلة الناشئة بشكل يكمن القلق الرئيسي بشأن البلاستيك الصناعي في .شامل المركبات والعناصر السامة المضافة أليه أثناء تصنيعه. إذ يمكن أن يتسرب البلاستيك الصناعي ومضافاته، كالمثبتات والأصباغ، إلى البيئة مسبباً العديد من المخاطر، فعلى سبيل المثال، تُضاف مواد مثل كربونات الكالسيوم وستيرات الصوديوم لخفض التكاليف هذه المضافات من البلاستيك الصناعي بعد استهلاكه، تسبب مشاكل صحية خطيرة للإنسان، لاسيما تآكل الأعضاء الداخلية. يُضاف ثنائي الفينول إلى البلاستيك كمثبت، ويُستخدم كمادة مضافة في العديد من المنتجات الاستهلاكية، كزجاجات المياه الجامعات ، لذا أخذت العينة من الجادرية جامعة بغداد، والنوع الثالث علامة (برى) أيضاً يسود أستعمالها من قبل السكان المحليين في بعض المناطق

العالية الكثافة السكانية لاسيما منطقة حي العامل ، والنوع الرابع هو مياه (RO) هذا النوع من المياه يتم تنقيته بتقنية التناضح العكسي Reverse Osmosis وتعمل هذه التقنية على تمرير المياه العادية عبر غشاء شبه منفذ يفصل جزيئات الماء النقي عن الملوثات والاملاح ليجعله صالح للعديد من الاستخدامات كالشرب والطهي ويعد أرخص أنواع المياه يتم بيعه في المناطق الشعبية العالية السكان إذ يبعه الباعة المتجولين بواسطة خزانات بلاستيكية متنقلة وسط الاحياء

السكنية يسود بيعه في مناطق ذات كثافة سكانية عالية كمنطقة الاورفلي والحبيبية وحي العامل . (زينب عبد الحسين سلمان و مريم عبد الهادي اكوش، 2025)

أتضح من خلال التحليل المختبري للعينات التي تم أختيارها من مناطق متفرقة من مدينة بغداد أن نسب العناصر المشار أليها في الجدول هي منخفضة وصالحة الشرب ، ولكن ينبغي متابعة

عمليات التخزين ضروري أن تكون في درجات حرارة معتدلة لضمان

عدم تحلل مواد بلاستيكية من قناني المياه بفعل أرتفاع حرارة أماكن التخزين. أما فيما يخص أختيار هذه العناصر الأربعة يعزى السبب الى الاضرار الصحية التي يسببها أرتفاع هذه العناصر عن الحد المسموح به .

يتراوح تركيز الحديد في عينات المياه الحد المسموح به هو 0.3 ملغم/لتر ، قد يؤدي الإفراط في تناول الحديد وتراكمه إلى حدوث نزيف، وضعف في وظائف القلب، وتلف الأنسجة أما النحاس عند أرتفاع نسبته يسبب تهيجًا في . أما الرصاص فأن الحد الجهاز الهضمي وغثيانًا وقيئًا المسموح به من الرصاص في مياه الشرب هو 0-0.1 ملغم/لتروفق (منظمة الصحة العالمية) مع ذلك، تشمل الآثار الحادة أو غير القابلة للعلاج لارتفاع مستوى الرصاص على صحة الإنسان اضطرابات عصبية، واضطرابات تنفسية، وفقر الدم، مع حساسية عالية لتسمم الرصاص لدى الأطفال،

مما قد يُلحق الضرر بأدمغتهم . أما المنغنيز يبلغ الحد المسموح به للمنغنيز في مياه الشرب هو 0.05 ملغم/لتروفق (منظمة الصحة العالمية) ويُعد المنغنيز عنصرًا نادرًا هامًا، قد يؤدي نقصه إلى فقر الدم، واضطرابات النمو، وتشوهات في الهيكل العظمي ، مع ذلك، قد يؤدي تناول مستويات مرتفعة من المنغنيز في مياه الشرب إلى آثار صحية خطيرة، مثل التأثيرات العصبية المصحوبة بانخفاض القدرات

بدلاً من مياه الصنبور ، وبينما تم العثور على العديد من الملوثات في المياه المعبأة، تركز هذه الورقة البحثية على الأنتيمون، المرتبط بالزجاجات البلاستيكية المصنوعة من بولي إيثيلين تيريفثالات (PET) وقد اختبرت دراسات سابقة أكثر من 100 علامة تجارية للمياه المعبأة من اليابان وكندا و28 دولة أوروبية، بأستثناء الولايات المتحدة وقد تراوحت تركيزات الأنتيمون المرصودة من أقل من 0.005 إلى أكثر من 0.5 جزء في المليار وازدادت بمرور الوقت أثناء التخزين.يُنتج البولي إيثيلين تيريفثالات (PET) التي تصنع منها قناني مياه الشرب من خلال بلمرة مونومرات البترول، حمض التيريفثاليك والإيثيلين جليكول، باستخدام محفزات أساسها الأنتيمون أو التيتانيوم أو الجرمانيوم. تسمح محفزات التيتانيوم بتكوين راتنج PET عند درجات حرارة أعلى، ولا توجد إرشادات تنظيمية بشأن أكسيد التيتانيوم في مياه الشرب. كما لا توجد إرشادات تنظيمية بشأن الجرمانيوم في الماء، وقد استُخدم هذا المعدن في بعض المكملات الغذائية، على الرغم من أن تأثيراته الصحية العامة على الإنسان محل جدل . ونظرًا لأن محفزات الجرمانيوم أغلى ثمنًا من محفزات الأنتيمون، فإن الأخيرة تُشكل أكثر من 90% من إنتاجPET لانها شفافة، ويعتقد الباحثون، استنادًا إلى استطلاعات رأي غير رسمية، أن المستهلكين يُفضلون البلاستيك الشفاف لأنه يُؤكد على نقاء المياه. نظرًا لاستخدام زجاجات البولي إيثيلين

تيريفثالات (PET) البلاستيكية لمياه الشرب، فمن المهم فهم العوامل البيئية التي قد تؤثر على إطلاق الأنتيمون من المحفزات في الماء. قد تستخدم بعض الصناعات أو هيئات المياه هذه المعلومات لاتخاذ قرار بشأن استخدام زجاجات PET

المصنعة باستخدام الجرمانيوم أو محفزات أخرى، أو التحول إلى أنواع أخرى من البلاستيك تمامًا.

لذا فقد تم مقارنة محتوى الانتيمون في عدة أنواع من المياه المعبأة في زجاجات والمشتراة في جنوب غرب الولايات المتحدة، وتصف تأثير درجة حرارة التخزين والتعرض لأشعة الشمس على إطلاق الأنتيمون من الزجاجات البلاستيكية في الماء.و يُعد استهلاك المياه المعبأة في زجاجات مرتفعًا في هذه المنطقة من البلاد، ويعود ذلك جزئيًا إلى أن ارتفاع تركيز الكالسيوم والمواد الصلبة الذائبة الكلية في مياه الصنبور قد يُسبب طعمًا غير مستساغ . علاوة على ذلك، يؤثر مناخ الجنوب الغربي الحار على درجات حرارة الماء أثناء تخزين المياه المعبأة في زجاجات، وقد يؤدي إلى زيادة تسرب الأنتيمون من البلاستيك من بلاستيك البولي إيثيلين تيريفثالات (PET) المستخدم في صناعة زجاجات المياه التجارية والبلدية. والمشروبات الغازية، وأدوات المائدة ذات الاستخدام الواحد، والمنتجات الإلكترونية. وفي حال ابتلاع ثنائي الفينول ، فإنه يعمل كمثبط للهرمونات، ما يُلحق ضرراً مباشراً بصحة الإنسان، ومن خلال هذه الدراسة يلاحظ ارتفاع كمية العناصر الثقيلة في شبكات توزيع المياه وفي خزانات المياه بعد الكشف عن الجسيمات البلاستيكية الدقيقة وتحليلها، تم قياس تركيز المعادن الثقيلة. ولتحقيق هذا الغرض، استُخدمت جميع الجسيمات البلاستيكية الدقيقة المسجلة في تحضير العينات وعملية القياس. أظهرت النتائج المستخلصة كان ، هي (Pb)) والرصاصNi، والنيكل ((Fe) الحديد الأعلى تركيزًا في الجسيمات البلاستيكية الدقيقة في المياه الساخنة. أما المعادن الثقيلة الأخرى المستخلصة من ، (Cr) الجسيمات البلاستيكية الدقيقة فكانت الكروم بتراكيز (Cu) ، والنحاس(Zn) ، والزنك(Cd) والكادميوم لتر ، /لتر ، و0.001 ميكروغرام /0.002 ميكروغرام لتر ، و0.005 /و0.0068 ميكروغرام لتر على التوالي. /ميكروغرام (Mohammad Reza Rezaei Kahkha & and others, Investigation of heavy metals adsorbed on microplastics in drinking water and water resources of Zabol, 2025, pp. 1-2-6)

8ـــ الاثار الضارة للمواد البلاستيكية الشفافة المستعملة لتعبئة مياه الشرب

أشارت العديد من الدراسات في العالم عن أضرار المواد البلاستيكية لاسيما الشفافة التي تصنع منها قناني مياه الشرب تسبب أفراز مواد سامة تتمثل بالانتيمون،لذا نظمت وكالة حماية البيئة الأمريكية (USEPA) ووزارة البيئة في أونتاريو وهيئة الصحة الكندية وجود الأنتيمون في مياه الشرب البلدية بحد أقصى للملوثات يبلغ 6 أجزاء في المليار (ميكروغرام/لتر). كما وضعت وزارة البيئة الاتحادية

الألمانية (5 أجزاء في المليار)، والاتحاد الأوروبي (5 أجزاء في المليار)، واليابان (جزئين في المليار)، ومنظمة الصحة العالمية (20 جزءًا في المليار) معايير لمياه الشرب فيما يخص الأنتيمون. يُنظّم الأنتيمون كملوث لمياه الشرب لأنه قد يُسبب آثارًا صحية، مثل الغثيان والقيء والإسهال، عند تجاوز الحد الأقصى المسموح به لفترات قصيرة نسبيًا. أما التعرض طويل الأمد فقد يؤدي إلى ارتفاع نسبة الكوليسترول في الدم وانخفاض نسبة السكر فيه. لم تُصنّف وكالة حماية البيئة الأمريكية الأنتيمون كمادة خطرة للإنسان في الماء لقلة الدراسات. مع ذلك، تُشير الأبحاث إلى أن الأنتيمون والزرنيخ، وهو مادة متشابهان في السمية،وقد أدت مفاهيم السلامة العامة إلى زيادة استخدام المياه المعبأة

تزال في مراحلها الأولى، فقد رصدت الدراسات وجودها في أنسجة بشرية، بما في ذلك المشيمة وأنسجة الرئة وحتى الدم تُبرز هذه الأدلة المتزايدة الحاجة المُلحة لتقييم مخاطر تعرض الإنسان للجسيمات البلاستيكية الدقيقة وآثارها المحتملة على صحة الإنسان، لا سيما مع وجودها في المواد المُستهلكة يوميًا مثل الطعام والماء والمشروبات ومستحضرات التجميلتصل الجسيمات البلاستيكية الدقيقة إلى الإنسان عبر مسارات تعرض متعددة، أهمها الابتلاع والاستنشاق والملامسة الجلدية يُعد الابتلاع المسار الأكثر دراسة، إذ توجد هذه الجسيمات في العديد من الأطعمة والمشروبات، بما في ذلك مياه الشرب والمأكولات البحرية والملح والفواكه والخضراوات والمنتجات المصنعة. يمكن لهذه الجسيمات أن تدخل الجهاز الهضمي، حيث قد ينتقل بعضها إلى أنسجة أخرى، مما قد يُسبب التهابًا أو إجهادًا تأكسديًا يحدث الاستنشاق عند استنشاق الجسيمات البلاستيكية الدقيقة المحمولة جوًا والناجمة عن المنسوجات الاصطناعية أو الغبار أو الانبعاثات الصناعية. يمكن لهذه الجسيمات أن تترسب في الجهاز التنفسي، مع احتمالية حدوث تهيج تنفسي أو التهاب مزمن أما الملامسة الجلدية، وإن كانت أقل دراسة، فقد تحدث من خلال منتجات العناية الشخصية أو المياه الملوثة. في حين أن الجلد يعمل كحاجز، إلا أن الجلد المتضرر أو الجسيمات النانوية قد تُسهل دخول هذه الجسيمات،

تُسلط هذه مما يُثير مخاوف بشأن آثار التعرض طويل الأمد المسارات مجتمعة الضوء على احتمالية حدوث آثار صحية تراكمية ومزمنة، على الرغم من أن المدى الكامل للمخاطر لا يزال قيد البحث المكثف. (Muneera Al-Mansoori, Stuart Harrad, & Mohamed Abou-Elwafa Abdallah, 2025, p. 2)

وبعد معرفة الاضرار التي يمكن أن تسببها مياه الشرب التي ترتفع فيها نسبة العناصر المسموح بها فضلاً عن طريقة تعبأتها وقناني التعبئة البلاستيكية يتطلب تحسين جودة المياه استراتيجية منسقة ومتعددة القطاعات تُعنى بالصرف الصحي، والنظافة، وحماية البيئة، لذا ينبغي

أولًا أن تقترن الاستثمارات في البنية التحتية المناسبة، كوحدات إزالة الحديد، وأنظمة الترشيح، وأجهزة الكلورة، بخدمات صيانة احترافية لضمان موثوقية النظام على المدى الطويل

.ثانيًا، يُعزز بناء قدرات مديري المياه في المجتمعات المحلية، من خلال التدريب المنتظم على تقنيات المعالجة، والمراقبة، والاستجابة للطوارئ، الخبرات المحلية ، مع عمليات تفتيش دورية ، وقد اقتُرحت مبادرات، مثل الشبكات

وبينما يكون معدل التسرب منخفضًا عند درجات حرارة تخزين أقل من 60 درجة مئوية، إلا أنه عند تجاوز هذه الدرجة، قد يحدث تسرب الأنتيمون بسرعة. ومن واقع التجربة، في جنوب غرب الولايات المتحدة، قد تتجاوز درجات الحرارة داخل السيارات والمرائب، حيث تُخزن المياه المعبأة غالبًا، 60 درجة مئوية. لذا، ينبغي على مصنعي المياه المعبأة مراعاة ظروف الشحن والتخزين،

ويُعزى ارتفاع مستويات المواد الكيميائية (المتمثلة بالعناصر الثقيلة و الجسيمات البلاستيكية وغيرها) المسببة لاضطرابات الغدد الصماء في مياه الشرب إلى حد كبير إلى قصور محطات معالجة مياه الصرف الصحي، فضلاً عن التخلص غير السليم من النفايات، مما يؤدي إلى تلوث المياه ونظرًا لعدم إمكانية إزالتها بالكامل .السطحية والجوفية بسبب طبيعتها وخصائصها المتعددة، تبقى هذه المركبات في مختلف الوسائط البيئية، مثل التربة والمياه والرواسب، لا سيما في دورة المياه (مياه الصرف الصحي - الأنظمة المائية - مياه الشرب)، مع تراكمها الحيوي وتضخمها . وقد نتج عن ذلك آثار صحية الحيوي عبر السلسلة الغذائية ضارة على الإنسان، إذ أصبحت مياه الشرب مسارًا إضافيًا علاوة على ذلك، تزيد عبوات مياه لتعرضه لهذه المواد الشرب من المخاطر من خلال السماح لهذه المواد بالانتقال وتجدر الإشارة إلى أن تركيزات هذه المواد في .إلى الماء ومع .لتر /مياه الشرب غالبًا ما تكون في نطاق النانوغرام ذلك فهي تشكل خطر على الانسان علماً إن تركيزات المواد

الكيميائية المسببة لاضطرابات الغدد الصماء البيئية

أنظمة إمدادات المياه لها أهمية كبيرة، لأنها تتعلق بصحة الإنسان (T. Goessens a 1 & and others, 2026, p. 2)

وتشير الدراسات إلى أن الجسيمات البلاستيكية الدقيقة تتراكم في الكائنات المائية بتراكيز أعلى بالقرب من المناطق الحضرية وتُعد محطات معالجة مياه الصرف الصحي، وأنظمة التخلص من النفايات الصلبة، ومياه الصرف الحضري من بين المصادر الرئيسية للجسيمات البلاستيكية الدقيقة في أنظمة المياه العذبة إضافةً إلى ذلك، يمكن أن تعمل هذه الجسيمات كناقلات لملوثات أخرى، مثل الأصباغ والمعادن الثقيلة والمواد الكيميائية السامة، مما يزيد من خطورتها المحتملة عند دخولها السلسلة الغذائية عبر الكائنات المائية و تُعدّ الأسطح الخشنة والكارهة للماء للجسيمات البلاستيكية الدقيقة بيئة مثالية لتكوين الأغشية الحيوية التي قد تؤوي مسببات الأمراض والبكتيريا المقاومة للمضادات الحيوية، مما يُشكّل تهديدًا محتملاً لصحة الإنسان، ورغم أن الأبحاث حول الآثار الصحية للجسيمات البلاستيكية الدقيقة لا

2ـــ أجراء مقارنة بين نماذج من العلامات التجارية التي يستخدمها غالبية السكان في مدينة بغداد بشكل كبير وذلك بتحليل بعض العناصر المهمة فيها ومقارنتها مع النسب المسموح بها عالمياً وعراقياً، وأتضح أن النسب التي تحويها مياه الشرب من العناصر أنها صالحة للشرب وغير ضارة إذ لم تتعدى نسب العناصر الحدود المسموح بها عالمياً وعراقياً.

3ـــ جرى التركيز على أربعة عناصر (الحديد ، المنغنيز، النحاس ، الرصاص) مهمة بالنسبة للإنسان ولكن في حال أرتفاع نسبتها في مياه الشرب بفعل قلة الوعي أو عدم الرقابة الدورية فأنها تشكل خطر على صحة الانسان.

4ـــ الاستعانة بعدد من الدراسات في دول العالم حول توفير المياه الأمنة صحياً للسكان ، أتضح أن النقاوة والأمان في مياه الشرب لايقتصر على مصدر المياه سواء مياه سطحية أو جوفية ولكن هناك مراحل عديدة في عمليات التنقية والتعبئة قد تكون هي السبب في عدم صلاحية المياه للشرب.

5ـــ الكشف عن نوع المواد التي تصنع منها قناني مياه الشرب والتي تعد مواد خطرة لاسيما في الظروف المناخية التي يشهدها العراق خلال فصل الصيف.

14ـ المراجع

1-Adewale M.Taiwo& ، Adediran O.Coker . .(2025) Health risk assessment of potentially toxic elements in public pipe-borne water from selected households in Abeokuta,southwestern , Nigeria. Toxicology Reports. doi:https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2025.101970

2-Juan Avila، Haroon R.Mian، Michael De Coste، Madjid Mohseni، Kasun Hewage . .(2026) Benefits- risks analysis of drinking water systems in small and Rural Indigenous (SRI)communities in Canda. Journal of Environmental Chemical Engineering. doi:https://doi.org/10.1016/j.jece.2025.120773

3-Mahasin Gazi، Arindam kumar Naskar، Argha Deb-.(2026) . Radiological safety assessment of packaged bottle drinking water in india- Age dependent analysis. Journal of Radiation Research and

اللامركزية لمراقبة جودة المياه ومختبرات الفحص المتنقلة، كحلول عملية للمناطق النائية.

ثالثًا، يُعد تعزيز التعاون بين قطاعات الصحة العامة، والبيئة أمرًا بالغ الأهمية لمنع التلوث وحماية مستجمعات المياه. وتُعزز مشاركة المجتمع من خلال التعليم والإدارة المشتركة للمياه وتغيير السلوك. حيث أن تطبيق نهج الصحة الواحدة يعزز المراقبة، ويدعم صحة النظام البيئي. يُعدّ الرصد المنتظم لجودة المياه أمرًا حيويًا. ويتطلب تعزيز الأمن المائي إدارة متكاملة للمياه السطحية والجوفية، وحوكمة متعددة المستويات لتحقيق الهدف السادس من أهداف التنمية المستدامة، وسد الفجوات بين الريف والحضر من خلال سياسات منسقة ورصد طويل الأجل. (Suntorn Sudsandee a 1 & and others, 2026, p. 7)

9ـ النتائج

تم أختيار المدينة بغداد كونها الأعلى كثافة من حيث السكان والأكثر أستخداماً لمياه الشرب المعبأة كونها سهلة الاستخدام لاسميا في الدوائر والمؤسسات الحكومية والجامعات والمدارس ،

لذا سلطت هذه الدراسة الضوء على نوعية مياه الشرب التي يستخدمها الغالبية العظمى من سكان مدينة بغداد

وأتضح من خلال التحليل المختبري الذي تم أنجازه في أحد المختبرات العلمية العاملة في جامعة بغداد وهو مختبر الامتصاص الذري لمركز بحوث السوق وحماية المستهلك ، أن جميع أنواع مياه الشرب السائد أستعمالها هي نقية وصالحة للشرب ونسبة العناصر الثقيلة فيها منخفظة وضمن الحدود المسموح بها عالمياً وعراقياً، ولكن المدة الزمنية في التخزين والظروف المناخية عالية الحرارة لاسيما في فصل الصيف قد يُسهم ذلك وبشكل غير مباشر في تأثر مياه الشرب بالمواد البلاستيكية التي تصنع منها قناني مياه الشرب فيسبب تغير طعمها وقد يجعلها غير صالحة للشرب.

10ـ المناقشة

جرى في هذه الدراسة الاستعانة بالدراسات العالمية وهذا ما أثبت أن مشكلة مياه الشرب لاتقتصر على البلدان النامية أو على مصدر مياه معين بل ترتكز صلاحية المياه على طرق تنقيتها بالدرجة الأساس ونوع مواد تعبئتها وتخزينها أيضاً بالنسبة لمنطقة الدراسة مدينة بغداد فأن المياه السائد أستخدامها نقية وصالحة للشرب إذ تم أختيار هذه العلامات التجارية لانها هي الأكثر أستخداماً من قبل سكان مدينة بغداد.

11ـ الاستنتاجات

1ـــ الاستعانة بالنسب المسموح بها من العناصر والمواد وفق قياسات منظمة الصحة العالمية والمواصفة القياسية العراقية.

Applied Sciences. doi:https://doi.org/10.1016/j.jrras.2025.102

4-Mohammad Reza Rezaei Kahkha, & and others. (2025). Investigation of heavy metals adsorbed on microplastics in drinking water and water resources of Zabol. scientific Reports(15). doi:https://doi.org/10.1038/s41598-025-99403-z

5-Mohammad Salim Moyel& ، Najah Aboud Hussain7) . may, 2015.(Water quality assessment of the shatt al-Arab River, southem Iraq.((6)3 2015) . doi:doi: 10.12980/JCLM.3.2015J5-26

6-Muneera Al-Mansoori, Stuart Harrad, & Mohamed Abou-Elwafa Abdallah. (2025, December). MPs in drinking water and beverages: Concentrations, characteristics and implications for human exposure. Emerging Contaminants. doi:https://doi.org/10.1016/j.emcon.2025.1

7-N.Rahmanian، Siti Hajar Bt Ali، M.Homayoonfard، N.J.Ali، M.Rehan، Y.Sadefو ، and A.S.Nizami.(2015) . Analysis of physiochemical parameters to Evaluate the drinking water Quality in the State of Perak , Malaysia. Journal of Chemistry. doi:http:// dx.doi.org/10.1155/2015/716125

8-Nidhi Chauhan، Nishtha Sah، Kirti Saxenaو ، Utkarsh Jain.(2025) . A review on biosensor approaches for the detection of hazardous elements in water. Talanta Open. doi:https://doi.org/10.1016/j.talo.2025.100

9-paul Westerhoff , & and others. (2008, February). Antimony leaching from polyethylene terephthalate (PET) plastic used for bottled drinking water. Water Research. doi:https://doi.org/10.1016/j.watres.2007.

10-Samuel Odumu Ogana John, Stephen Friday Olukotun, Tebogo Gilbert Kupi , & Manny Mathuthu . (2024). Health risk assessment of heavy metals and physicochemical parameters in natural mineral bottled drinking water using ICP-MS in South Africa. Applied Water Science(Volume 14, article number 202). doi:https://doi.org/10.1007/s13201-024-02267-

11-Suntorn Sudsandee a 1, & and others. (2026). Assessment of water quality and associated health risks in community-managed water systems in hig

تباين تراكيز بعض العناصر الثقيلة في المياه السطحية في قضاء الرميثة ومدى صلاحيتها لأغراض الشرب والري

سفير جاسم حسين 1، عذراء حسين ثامر 2، خمائل جميل حمود3،
safairf2014@mu.edu.iq ethraa.hussein@mu.edu.iq khmailjameel@gmail.com

1 قسم الجغرافيا، كلية التربية للعلوم الانسانية، جامعة المثنى،السماوه، العراق
2 قسم التعليم المستمر، جامعة المثنى
3 مديرية تربية المثنى،السماوه، العراق

الملخص

تضمن البحث دراسة تباين تراكيز بعض العناصر الثقيلة في المياه السطحية في قضاء الرميثة التي تمثلت بعناصر الكادميوم والنحاس والرصاص والزرنيخ، اذ تم اخذ عشرة عينات للمياه السطحية المتمثلة بقنوات الري ومياه المبازل ومياه السواقي داخل الأراضي الزراعية . تباينت صلاحية تراكيز المعادن الثقيلة في مياه منطقة الدراسة لأغراض الشرب ولأغراض الري . بلغت تراكيز عنصري الرصاص (0.0329 - 0.274) ملغم / لتر والزرنيخ (0.01 – 0.063) ملغم / لتر في المياه السطحية ، وبذلك يتجاوزان الحدود العليا المسموح بها لأغراض الشرب التي حددتها منظمة الصحة العالمية ، الا انهما يقعان ضمن الحدود المسموح بها لأغراض الري التي حددتها منظمة الأغذية والزراعة ، اما تراكيز عنصر تراوحت بين الكادميوم(0.0004 – 0.038) ملغم / لتر، وتجاوزت الحدود المسموح بها لأغراض الشرب في ثلاثة مواقع وموقعين لأغراض الري فقط . ولم تتجاوز تراكيز النحاس التي تراوحت بين (0.017 – 0.096) ملغم / لتر الحدود المسموح بها سواء لأغراض الشرب او لأغراض الري . واستخدم مؤشر جودة المياه الكندي لأجل الكشف عن جودة المياه في منطقة الدراسة ، اذ بلغت قيمة هذا المؤشر لمياه الشرب 30.46 مما يؤشر على ردائتها ، فيما كانت جودة المياه لأغراض الري جيدة ، اذ بلغت قيمة المؤشر 84.56 .

الكلمات المفتاحية: العناصر الثقيلة ، المياه السطحية ، قضاء الرميثة، الشرب ، الري

المقدمة

تُعدّ المعادن الثقيلة مكونات طبيعية لقشرة الأرض، وهي ملوثات خطيرة لأنها مركبات مستقرة، غير قابلة للتحلل الحيوي ، ولا يمكن ازالتها بسهولة عن طريق الأكسدة أو الترسيب أو أي عمليات طبيعية أخرى ، وتنتقل المركبات المعدنية بين الغلاف الجوي، والغلاف المائي، والغلاف الصخري، والغلاف الحيوي، وهي مكونات طبيعية لجميع النظم البيئية [8]. وفي الأنظمة المائية، يمكن أن تنشأ المعادن الثقيلة من مصادر طبيعية مثل تجوية الصخور، وتعرية التربة، والانفجارات البركانية، وحرائق الغابات، ومصادر بشرية مثل الصناعات المعدنية، وتعدين المعادن وصهرها، وتصريف مياه الصرف الصحي ، وبذلك يمكن لبعض المعادن الثقيلة أن تتراكم في أنسجة الكائنات الحية، مما يُشكّل خطرًا على صحة الإنسان عبر السلاسل الغذائية [6]. في الدول النامية تُنتج الصناعات كميات كبيرة من النفايات السائلة التي تحتوي على معادن ثقيلة، والتي تُصرّف عادةً في المسطحات المائية السطحية القريبة، مما يُهدد صحة الإنسان واستدامة البيئة ، اذ تُعد المعادن الثقيلة من الملوثات البيئية نظرًا لسميتها، وثباتها في البيئة، وقدرتها على التراكم الحيوي ، وهي تشمل أخطر المعادن الثقيلة وأشباه المعادن في البيئة كالكروم، والنيكل، والنحاس، والزنك، والزرنيخ، والرصاص، والزئبق، والكادميوم ، والتي تُسبب تلوث المياه السطحية، مما يُشكل خطرًا على البيئة [7] .

بعض المعادن الثقيلة، مثل الكادميوم والرصاص والزرنيخ والسيلينيوم والزئبق والمنغنيز والزنك، هي معادن سامة، وتسبب مخاطر بيئية، وبعض المعادن الثقيلة الأخرى، مثل الحديد والزنك والنحاس، ضرورية للكائنات الحية بتركيزات منخفضة، وتُعرف عادةً باسم "المعادن النزرة Trace Metals". في حين أن الرصاص والكادميوم والزئبق والزرنيخ والكروم سامة بتركيزات متوسطة [9]. يُعدّ التلوث البيئي الناتج عن عناصر كيميائية متنوعة، بما في ذلك العديد من المعادن الثقيلة السامة، مشكلة متفاقمة للغاية في جميع أنحاء العالم ، الا انها تتفاقم بشكل خاص في الدول النامية، اذ تتدهور جودة مياه الشرب عامًا بعد عام ، وتلك العناصر هي من الملوثات الرئيسية التي تُطلق بكميات كبيرة في البيئة، مما يؤثر سلبًا على البيئة وصحة الإنسان [11] .

ويسمى شط الديوانية ومن ثم يدخل أراضي منطقة الدراسة من جهة الشمال في منطقة عبادي خنفير في ويسير باتجاه الجنوب نحو مركز قضاء الرميثة، وينتهي عند ناظم الرميثة الذي يقع في الجزء الجنوبي من مركز مدينة الرميثة ، يبلغ طوله 36.6 كم ، ويبلغ معدل تصريفه اليومي 25 م3/ ثا. وتعد قناة تعزيز شط الرميثة : من القنوات الرئيسة التي انشأت عام 2002 لتعزيز شط الرميثة اثناء موسم شحة المياه ، وتزود بالمياه من نهر الفرات بمحافظة القادسية ، يبلغ طول القناة 64 كم وبتصريف يومي 15 م3/ ثا ، كما تم شق قناة تعزيز التعزيز من نهر الفرات في قضاء الهلال بواسطة مضخات نصبت على الضفة اليسرى للنهر ، ويبلغ طول القناة 23 كم وبتصريف يومي15 م3/ ثا وتستثمر مياهها في تزويد محطات اسالة المياه في القضاء فضلاً عن ري الاراضي الزراعية ، ويستخدم في اوقات الشحة في مياه الري في اراضي القضاء وكذلك تعويض الشحة في مياه شط الرميثة لتزويد مشروع الاسالة في مدينة الرميثة والذي يعد مشروع اسالة مياه الشرب الرئيس لأقضية السماوة والخضر والوركاء والمجد والهلال .

اما قنوات المبازل ، هناك مجموعة من المبازل الرئيسة والثانوية في منطقة الدراسة ، الا انه تم اختيار مبزلين رئيسيين فقط هما مبزل الرميثة الشرقي الذي يمتد من اراضي قضاء النجمي ثم يقطع مسافة 8كم ضمن اراضي منطقة الدراسة وبتصريف يومي 2.2 م/ثا، وتصب فيه مجموعة من المبازل الثانوية. مبزل الرميثة الغربي (المصرف): يبدأ من اراضي قضاء الرميثة ويتجه جنوباً نحو قضاء المجد ، قاطعاً مسافة 7.3 كم ضمن اراضي منطقة الدراسة وبتصريف يومي 15 م/ثا، ويصب فيه مبزل الصويحية بطول 3كم .

2-3:الدراسة الميدانية وجمع العينات:-

قبل الشروع بكتابة البحث تم الاطلاع على المعلومات والبيانات المتعلقة بمنطقة الدراسة من المصادر العلمية المتمثلة بالكتب والرسائل والأطاريح الجامعية والبحوث المنشورة في المجلات العلمية ، فضلا عن جمع الخرائط والمرئيات الفضائية المتعلقة بمنطقة الدراسة. ومن ثم تمت الزيارة الميدانية للتعرف عن كثب على طبيعة القنوات المائية في منطقة الدراسة وما حدث عليها من تغيرات احدثها الانسان من خلال فعالياتهِ ونشاطاتهِ أسهمت في تلوثها بالعناصر الثقيلة .

2-هدف الدراسة :

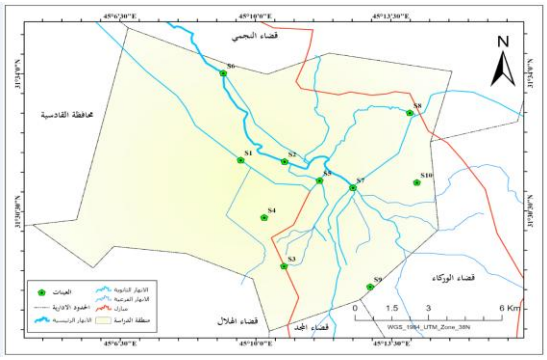
يهدف البحث الى الكشف عن تباين التراكيز الحالية لأربعة عناصر ثقيلة هي الكادميوم Cd والنحاسCu والرصاص PbوالزرنيخAs في المياه السطحية في قضاء الرميثة من عشرة مواضع مختلفة من مياه قنوات الري ومياه المبازل ومياه السواقي داخل الحقول الزراعية ، لغرض التحقق عن مدى صلاحيتها لأغراض الشرب والري.

3- المواد وطرائق العمل:

1-3: منطقة الدراسة :

تعد منطقة الدراسة المتمثلة بقضاء الرميثة جزءا طبيعيا من السهل الفيضي ، وتقع في الجزء الجنوبي الغربي من العراق ضمن محافظة المثنى. يحدها من الشمال قضاء النجمي ومن الشرق قضاء الوركاء ومن الجنوب قضائي المجد والهلال ، ومن الشمال الغربي محافظة القادسية، اما فلكيا تقع منطقة الدراسة بين قوسي طول("55 '04 °45) و("00 '17 °45) شرقاً، ودائرتي عرض("03 '28 °31) و("58 '35 °31) شمالاً، وتشغل مساحة قدرها 106 كم2، الشكل (1).

الشكل (1) موقع قضاء الرميثة محافظة المثنى ، ومواقع اخذ العينات .



اعتماداً على وزارة الموارد المائية ، الهيأة العامة للمساحة ، قسم انتاج الخرائط ، الخريطة العراق الادارية ، بمقياس 1000.000/1م، بغداد،2014.

وتتميز بشبكة من قنوات الري والتي اختير ثلاث قنوات رئيسة هي شط الرميثة الذي يعد المصدر الرئيس لمياه الري في منطقة الدراسة ، ومياه الشرب لسكان الوحدات الإدارية في محافظة المثنى عدا قضاء السلمان وناحية بصية ، وهو احد فروع شط الحلة المتفرع من مقدمة سدة الهندية في محافظة بابل ومن ثم يمر في محافظة القادسية

حيث CCMEWQI = مؤشر جودة المياه الكندي .
F1= المعامل الاول، يشير إلى النسبة المئوية للمتغيرات التي تجاوزت فيها العينات الحدود القياسية مقارنة بالعدد الإجمالي للمتغيرات.

$$f1 = \frac{\text{عدد المتغيرات التي تجاوزت الحدود القياسية}}{\text{عدد المتغيرات الكلي}} * 100$$

F2= المعامل الثاني ، يشير إلى النسبة المئوية لعدد الفحوصات التي تتجاوز الحدود القياسية الى العدد الإجمالي للفحوصات.

$$f2 = \frac{\text{عدد الفحوصات التي تجاوزت الحدود القياسية}}{\text{عدد الفحوصات الكلي}} * 100$$

F3= المعامل الثالث ، يشير إلى عدد الفحوصات التي تجاوزت الحدود المسموح بها التي تم تحديدها في ثلاث خطوات رئيسية: الخطوة الأولى هي تمثيل حساب الانحراف، المحسوب كما هو موضح أدناه.

$$Excursion = \left(\frac{\text{قيمة العينة التي تجاوزت الحدود المسموح بها}}{\text{قيمة المواصفات القياسية}}\right) - 1$$

الخطوة الثانية هي حساب المجموع المعياري للانحرافات (nse). يُحسب كما يلي:

$$nse = \left(\frac{\text{مجموع نتائج الخطوة الاولى}}{\text{العدد الكلي للفحوصات}}\right)$$

الخطوة الثالثة : $F3 = \frac{nse}{0.01\,(nse)+0.01}$

يتضمن مؤشر جودة المياه الكندي على خمس فئات كما هو موضح أدناه في الجدول (3) .
الجدول (3) فئات مؤشر جودة المياه الكندي[12]

الصنف	قيمة المؤشر
ممتاز	100 -95
جيد	94 – 80
مقبول	79 – 65
محايد	64 -45
ضعيف	44 – 0

كما تم مقارنة نتائج تحليل المعادن الثقيلة مع المحددات التي وضعتها منظمة الصحة العالمية WHO ومنظمة الأغذية والزراعة FAO لمعرفة مدى ملائمة المياه السطحية في منطقة الدراسة لأغراض الشرب واغراض الري، الجدول (4) .

جُمعت عينات المياه يدويًا من كل موقع من مواقع أخذ عينات المتمثلة بمياه قنوات الري ، والمبازل، والسواقي داخل الأراضي الزراعية وبواقع عشرة عينات ،الجدول (1). ثم أرسلت العينات الى مختبر يوساينس u-science العلمي في مدينة الديوانية بمحافظة القادسية لغرض تحليل العينات مختبرياً لمعرفة تراكيز العناصر الثقيلة التي تمت دراستها والمتمثلة بالرصاص والكادميوم والزرنيخ والنحاس في عينات من المياه السطحية المدروسة ومن ثم تصنيفها وتفريغها في الجدول (2). الجدول 1: مواقع واحداثيات العينات للمياه السطحية في قضاء الرميثة .

العينـــــة	الاحداثي	المنطقة
S1	31° 31- 42=N. 45° 09- 44= E	مشروع التعزيز
S2	31° 31- 41=N. 45° 08- 42= E	مشروع تعزيز التعزيز
S3	31° 31- 29=N. 45° 10- 02= E	المبزل الغربي
S4	31° 29- 57=N. 45° 10- 34= E	ساقية داخل مزرعة ف الصويحية
S5	31° 31- 17=N. 45° 11- 39= E	مشروع التعزيز عند دخ المدينة اسفل جسر لطر العام
S6	31° 34- 01=N. 45° 09- 10= E	شط الرميثة (عند نقط دخوله منطقة الدراسة)
S7	31° 31- 06=N. 45° 12- 30= E	الناظم الصدري لنهاية ش الرميثة
S8	31° 33- 00=N. 45° 13- 59= E	المبزل الشرقي ، عن تقاطعه مع جدول القزويني
S9	31° 28- 35=N. 45° 12- 57= E	ساقية في مزارع ابوشريث
S10	31° 29- 54=N. 45° 16- 13= E	ساقية في مزارع الماشة

3-3:مؤشر جودة المياه:
لمعرفة مدى جودة المياه في منطقة الدراسة تم اعتماد مؤشر جودة المياه الكندي Canadian Water Quality Index (CCME-WQI). كما في المعادة التالية

$$\text{CCMEWQI} = 100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1.732}\right)$$: [10]

تسرب مياه التربة عن طريق الرشح الى المجرى ، وهذه المياه ملوثة بسبب اذابة الاسمدة الكيميائية فيها وخصوصاً الاسمدة الفوسفاتية الشائعة الاستخدام في منطقة الدراسة ، اما في مياه المبازل بلغت في المبزل الغربي في العينة 3 (0.0052) ملغم /لتر لكون هذا المبزل يمر بأراضي كثيفة الانتاج الزراعي وخصوصاً المحاصيل الحقلية والعلفية ، كما سجلت مياه سواقي الحقول الزراعية في الماشة عند العينة 10 بتركيز (0.0025) ملغم /لتر وهذه المنطقة ايضاً تتسم بكثافة زراعة المحاصيل وفي مقدمتها الشلب، الجدول (2) والشكل (2) . وهذا يشير الى ان مصدر تلوث المياه بالكادميوم هو صرف المياه الملوثة بالأسمدة الفوسفاتية الى القنوات المائية . وبذلك فأن تراكيز عنصر الكادميوم في منطقة الدراسة تكون ضمن الحدود المسموح بها عالمياً ومحلياً لأغراض الشرب عدا العينات 1 و 3 و6 ، ولأغراض الري في العينتين 1 و 6 ، علماً الحد الاعلى المسموح به لتركيز هذا العنصر لأغراض الشرب وكذلك الري هو 0.003 ملغم/لتر عالمياً، الجدول (4) .

الشكل (2) تراكيز عنصر الكادميوم (ملغم/لتر) في المياه السطحية لمنطقة الدراسة .

2-4-الزرنيخ Arsenic (As):

تُشكل المستويات المتزايدة من الزرنيخ المعدني الى اصابة الإنسان بالسرطان نتيجة استهلاك الزرنيخ أو استنشاقه، فضلاً عن رُبط التعرض طويل الأمد لمياه الشرب الملوثة بالزرنيخ بعلاقة بين الجرعة والاستجابة

وزيادة خطر الإصابة بارتفاع ضغط الدم وداء السكري ،وفي تربة الرز المغمورة بالمياه، يُشكّل الزرنيخ الثلاثي التكافؤ AsIII ما نسبته 87-94% من إجمالي الزرنيخ، بينما يُهيمن الزرنيخ الخماسي التكافؤ AsV في التربة غير المغمورة بالمياه (73-96% من إجمالي الزرنيخ) [3]. يمكن أن يسبب التسمم بالزرنيخ من خلال الغذاء والمحاصيل والمياه مشاكل صحية مختلفة، بما في ذلك التهاب الملتحمة وأمراض القلب والأوعية الدموية والسرطان والآفات الجلدية ما قبل الخبيثة ومشاكل التصبغ (انخفاض التصبغ والطفح الجلدي) وسرطان المثانة والرئتين[14].

سجلت اعلى تراكيز لعنصر الزرنيخ في العينات (7,5,3,2,1) ، الجدول (2) والشكل (3) ،اذ مثلت وهذه النتائج لتراكيز الزرنيخ في المياه السطحية تضم مياه ري وبزل وسواقي ذات كثافة زراعية عالية مما يشير الى زيادة استخدام الاسمدة الكيمياوية وصرف مياه ري

الجدول (4) محددات منظمة الصحة العالمية ومنظمة الأغذية والزراعة لصلاحية المياه لأغراض الشرب والري [5] و [15] .

العنصر	محددات منظمة الصحة العالمية ومنظمة الأغذية والزراعة	
	لأغراض الشرب	لأغراض الري
الكادميوم	0.003	0.01
النحاس	2	0.2
الرصاص	0.01	5
الزرنيخ	0.01	0.10

4 -النتائج:

1-4 -الكادميوم Cadmium (Cd)

يُعد الكادميوم (Cd) من أكثر المعادن الثقيلة سمية، ويُعتبر غير ضروري للكائنات الحية. ويُثير هذا المعدن قلقًا خاصًا لكونه غير قابل للتحلل، وبالتالي يبقى في البيئة لفترة طويلة، وتشمل الآثار الضارة للكادميوم عددًا من الأمراض الحادة والمزمنة، مثل مرض "إيتاي-إيتاي"، وتلف الكلى، وانتفاخ الرئة، وارتفاع ضغط الدم، وضمور الخصيتين [2] . والكادميوم عنصر سام للإنسان والحيوان والنبات، إذ أثبتت التجارب تأثيره السلبي على جميع الكائنات الحية،قد تتلوث التربة بالكادميوم إما بشكل مباشر نتيجة إضافته أثناء التسميد المعدني والعضوي ومياه الري، جزيئات الكادميوم، أو عن طريق حرق الوقود والبلاستيك ومخلفات مصانع الطابوق والدهون والسجائر وغيرها، وبذلك يشكل الكادميوم (Cd) مصدر قلق بيئي كبير لأنه شديد السمية للنباتات والحيوانات، ويتحرك بسهولة في البيئة الأرضية [1] .سجل عنصر الكادميوم اعلى تركيز

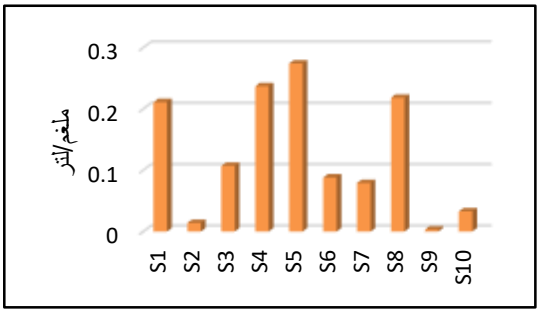
له في مياه قناة مشروع التعزيز في العينة 1 اذ بلغ تركيزه فيها (0.038)ملغم/لتر، وانخفض تركيز هذا العنصر في القناة

نفسها عند دخولها مدينة الرميثة الى (0.0026) ملغم/لتر ، ثم في العينة 6 لمياه شط الرميثة عند دخوله منطقة الدراسة بـــ (0.0171) ملغم /لتر وهاتين القناتين هما الاكبر اللتين ترويان الاراضي الزراعية ويشير ذلك الى صرف مياه الري للحقول الزراعية مرة اخرى الى مجرى القناة سواء عن طريق الجريان السطحي او عن طريق

القناة ، ويرجع ذلك الى كون الاحياء السكنية التي تقع على جانبي القناة تقوم بصرف فضلاتها ومياهها الاسنة ورمي الاوساخ والنفايات باتجاه مجرى القناة ، وهذا ما زاد من نسبة تركز الرصاص فيها ، اذ بلغت في العينة 5 (0.274)ملغم/لتر، الجدول (2) والشكل (4). تليها العينة 4 من حيث التركيز لهذا العنصر في مياه السواقي في حقول الشلب في منطقة الصويحية بـــــ (0.237) ملغم/لتر ،لكون مياه الري التي تعتمد عليها حقول الصويحية مصدرها قناة التعزيز . وحلت مياه المبزل الشرقي ثالثاً من حيث تركيز هذا العنصر في مياهها ، ويعد التركيز العال هنا الى ان هذا المبزل تنصرف اليه العديد من المبازل التي تحمل معها الملوثات الزراعية، كما ان قسماً منها يصرف مياه الصرف الصحي وخصوصاً القسم الكبير من مجاري مدينة الرميثة ، اذ بلغ تركيز الرصاص في العينة 8 (2.18) ملغم/لتر ، في حين سجلت العينة 1 (قناة التعزيز في اقصى شمال منطقة الدراسة) المرتبة الرابعة ، ثم المبزل الغربي في العينة 3 بتركيز (0.107) ملغم/لتر، تلتها العينة 6 ب(0.088) ثم العينة 7 ب (0.079) والعينة 10 ب(0.0239) ثم

العينة 2 ب (0.014) ، فيما سجلت العينة 9 ادنى تركيز لهذا العنصر ب (0.003) ملغم/لتر.

وبذلك فأن تراكيز عنصر الرصاص في منطقة الدراسة تكون مرتفعة مقارنة بالحدود المسموح بها عالمياً لأغراض الشرب عدا العينة 9 ، علماً الحد الاعلى المسموح به لتركيز هذا الايون لأغراض الشرب هو 0.001 ملغم/لتر عالمياً .الا ان تراكيز الرصاص في جميع العينات تظهر بأنها ضمن الحدود المسموح بها في مياه الري والتي حددتها منظمة الاغذية والزراعة العالمية ب 5ملغم/لتر، الجدول (4) .



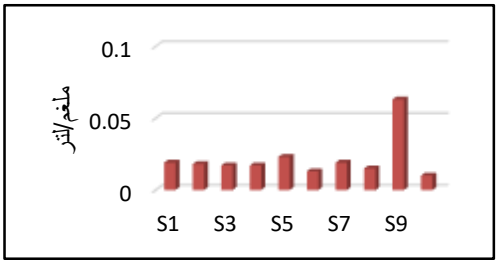
الشكل (4) تراكيز عنصر الرصاص في المياه السطحية لمنطقة الدراسة .

4-4- النحاس Copper (Cu)

محصول الشلب الى قنوات الري والبزل، اما بقية العينات سجلت انخفاضاً ملموساً في تراكيز الزرنيخ الى ان بلغت 0.06 ملغم/لتر في العينة 9 وهي أراضي بور.

ان تراكيز عنصر الزرنيخ في منطقة الدراسة تكون اعلى من الحدود المسموح بها عالمياً لأغراض الشرب ، عدا العينة 10، علماً ان الحد الاعلى المسموح به لتركيز هذا العنصر لأغراض الشرب هو 0.01 ملغم/لتر. اما بالنسبة لأغراض الري نجد ان جميع العينات تقع ضمن الحدود المسموح بها التي حددتها منظمة الاغذية والزراعة العالمية لتركيز عنصر الزرنيخ في المياه وهي 0.1 ملغم/لتر، الجدول (4) .

الشكل (3) تراكيز عنصر الزرنيخ في المياه السطحية لمنطقة الدراسة



3-4- الرصاص Lead (Pb)

الرصاص ملوث بيئي يوجد بشكل طبيعي، وقد ينتشر على نطاق واسع بفعل الأنشطة البشرية، اذ يعتمد امتصاص الرصاص بعد تناوله على العمر والحالة الفسيولوجية، ففي البالغين، لا يمتص الجهاز الهضمي سوى 5 -10% من الرصاص المتناول عن طريق الفم ،وفي المقابل، يمتص الأطفال ما يصل إلى 70% من جرعة الرصاص المتناولة عن طريق الفم ، وينتقل الرصاص الممتص من الدم إلى الأنسجة، ويتراكم في العظام، ويبدأ انتقال الرصاص عبر المشيمة لدى الجنين في وقت مبكر من الأسبوع الثاني عشر من الحمل، ويستمر طوال فترة النمو. ويزداد عبء الرصاص في الجسم من الولادة إلى البلوغ [4]. ويُعدّ الرصاص من أخطر العناصر في البيئة، نظرًا لبقائه في التربة لمدة تتراوح بين 1000 و3000 عام، ويُشكّل تهديدًا بيئيًا لكونه مُلوّثًا هامًا في النظم البيئية البرية والمائية، اذ يُمكنه الانتقال في محلول التربة بسهولة من الطبقات العليا إلى الطبقات السفلى، مُسبّبًا تلوث المياه الجوفية[13] .

يتباين تركيز عنصر الرصاص في مياه منطقة الدراسة ، اذ سجل اعلى تركيز له في قناة التعزيز بعد دخوله مدينة الرميثة واخذت العينة من اسفل جسر الرميثة المشيد على

صنف المياه الجيدة، الجدول (3) ، اذ بلغت قيمة المؤشر (84.56).

5. المناقشة :

تشير نتائج الدراسة إلى أن تلوث المياه بالعناصر الثقيلة في منطقة الدراسة يرتبط أساسًا بمصادر محلية ناتجة عن الأنشطة البشرية، لاسيما تصريف مياه الصرف الصحي غير المعالجة ورمي النفايات في القنوات المائية، إضافةً إلى التأثيرات الزراعية المرتبطة باستخدام الأسمدة الكيميائية. أظهرت النتائج ارتفاع تراكيز الرصاص والزرنيخ في غالبية المواقع (90%) إلى مستويات تجاوزت الحدود المسموح بها لأغراض الشرب، مما يعكس تدهورًا واضحًا في نوعية مياه الشرب على صحة السكان. في حين سُجلت تجاوزات محدودة لعنصر الكادميوم في ثلاث عينات فقط، مما يشير إلى طابع موضعي لمصادره، غالبًا ما يرتبط بالنشاط الزراعي. بالمقابل، بقيت تراكيز النحاس ضمن الحدود المقبولة، وهو ما قد يُعزى إلى محدودية مصادره أو انخفاض قابليته للتراكم في البيئة المائية.

وبناءً على ذلك، تُعد مياه منطقة الدراسة غير صالحة للاستهلاك البشري دون معالجة، نتيجة تجاوز العناصر السامة للحدود القياسية. أما فيما يتعلق باستخدام المياه لأغراض الري، فقد أظهرت النتائج أن تراكيز معظم العناصر الثقيلة تقع ضمن الحدود المسموح بها، باستثناء تجاوز للحدود المسموح بها لتراكيز عنصر الكادميوم، مما يشير إلى صلاحية المياه نسبيًا للاستخدام الزراعي. كما صنّف مؤشر جودة المياه الكندي المياه ضمن فئة "جيدة"، وهو ما يعزز هذا الاستنتاج.

إن الاستمرار في استخدام هذه المياه دون إدارة بيئية فعالة قد يؤدي إلى تراكم العناصر الثقيلة في التربة والمحاصيل الزراعية على المدى الطويل، الأمر الذي يستدعي اتخاذ إجراءات وقائية تشمل تحسين معالجة مياه الصرف، وتنظيم استخدام المدخلات الزراعية، والحد من مصادر التلوث المباشر، لضمان استدامة الموارد المائية وحماية الصحة العامة.

6 . الاستنتاجات :-

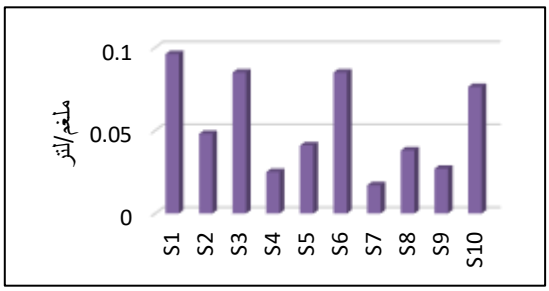
تشير النتائج إلى أن التباين المكاني في تراكيز عنصر الكادميوم يعكس تأثير النشاط الزراعي بشكل واضح، إذ سُجلت أعلى التراكيز في القنوات الرئيسة ومياه المبازل المرتبطة بمناطق زراعية كثيفة، مما يدل على أن المصدر الرئيس لهذا العنصر هو الأسمدة الفوسفاتية وتصريف مياه الري الراجعة إلى المجاري المائية .

يعد النحاس عنصر غذائي دقيق أساسي، ويُعد مكونًا رئيسيًا للبروتينات والإنزيمات المعدنية في جسم الإنسان، وعند تناول النحاس بتركيزات أعلى من الحد المسموح به قد يُسبب مشاكل صحية حادة، مثل اضطرابات الجهاز الهضمي، ومشاكل الجهاز العصبي المركزي، وتهيج الأغشية المخاطية، وداء ويلسون، وتلف الكبد والكلى، وتلف الشعيرات الدموية على نطاق واسع، وغيرها [11].

يظهر من الجدول (2) والشكل (5) ، ان تراكيز النحاس في المياه السطحية تضم مياه ري وبزل وسواقي ذات كثافة زراعية عالية مما يشير الى زيادة استخدام الاسمدة الكيمياوية ، فضلاً عن رمي النفايات الصناعية في مجاري القنوات المائية . اما بقية العينات سجلت انخفاضاً ملموساً في تراكيز النحاس الى ان بلغت ادنى قيمة لها في العينة 7 التي مثلت نهاية شط الرميثة عند الناظم الصدري بـــ (0.017) ملغم/لتر بسبب غزارة المياه وتجمعها من امام الناظم الصدري .

ان تراكيز عنصر النحاس في المياه السطحية لمنطقة الدراسة تكون ضمن الحدود المسموح بها عالمياً لأغراض الشرب ، علماً الحد الاعلى المسموح به لتركيز هذا العنصر لأغراض الشرب هو(2) ملغم/لتر عالمياً .وهي ايضاً ضمن الحدود المسموح بها لتركيز عنصر النحاس في المياه لأغراض الري (0.2) ملغم/لتر ، الجدول (4) .

الشكل (6) تراكيز عنصر النحاس في المياه السطحية لمنطقة الدراسة



وعند تطبيق مؤشر جودة المياه الكندي للكشف عن مدى تلوث المياه السطحية في قضاء الرميثة بالعناصر الثقيلة ، نجد ان قيمة المؤشر بالنسبة لمياه الشرب بلغت (30.46) وتقع تحت صنف المياه الضعيفة، الجدول (3) ، مما يؤشر على رداءة نوعيتها ، وما تشله من اخطار جمة على صحة سكان منطقة الدراسة .اما بالنسبة لجودة مياه الري في منطقة الدراسة وحسب هذا المؤشر تقع ضمن

استمرار استخدامها قد يؤدي إلى تراكم تدريجي للعناصر الثقيلة في التربة والمحاصيل.

عينات المياه واستخراج تراكيز العناصر الثقيلة فيها

المراجع :

Al- Hassoon, Sameerah Naser Hassoon , 2018, Impact of Irrigation of Saline Water on Availability of Cadmium In Some Marsh Soils, Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, 9(1), pp.640-650.

Bazrafshan , Edris , Mostafapoura, Ferdos Kord , Esmaelnejad,Morteza, Ebrahimzadehc, Gholam Reza and

surface water and sediments of Chah Nimeh water reservoir in Sistan and Baluchestan province- Iran, Desalination and Water Treatment, pp.1-11. Doi:10.1080/19443994.2015.1027958 .

Devi, Okram Ricky , Laishram ,Bibek , Debnath, Abhijit , Doggalli, Gangadhara , Ojha ,Nayanjyoti, Agrawal ,Smita, Perveen ,Kahkashan, Bukhari ,Najat A. , Pathak ,Kalyan and Dutt , Samiron ,2024, Mitigation of Arsenic Toxicity in Rice Grain Through the Soil-Water-Plant Continuum, Plant, Soil and Environment, Vol.70, No.7, pp. 395-406 , Doi.org/10.17221/470/2023-PSE.

European Commission,2011, Lead Standard in Drinking Water , Scientific Committee on Health and Environmental Risks , 11th plenary of 11 January.

FAO/WHO. ,2011, Joint AO/WHO Food Standards Program Codex Committe on Contaminants in Food, Food CF/5INF/1. Fifth Session. The Hague, The Netherlands.

Hao , Jianxiu , 2021, Pollution Evaluation and Sources Identification of Heavy Metals in Surface Sediments

وجود انخفاض نسبي في تركيز الكادميوم في بعض العينات، وهو ما يُعزى إلى عمليات التخفيف(Dilution) أثناء الجريان، إلا أن استمرار تسجيل تجاوز المحددات في بعض المواقع يؤكد وجود مصادر تلوث موضعية نشطة .

أظهرت تراكيز الزرنيخ ارتباطًا وثيقًا بالمناطق ذات الكثافة الزراعية العالية، خاصة مناطق زراعة الشلب، مما يدل على دور الأنشطة الزراعية وتصريف مياه الري في رفع تراكيزه في المياه السطحية، في حين تنخفض تراكيزه في الأراضي غير المستغلة (البور) .

تُعد تراكيز الزرنيخ مرتفعة بشكل عام مقارنة بالحدود العالمية لمياه الشرب، مما يجعل المياه غير صالحة للاستهلاك البشري، رغم بقائها ضمن الحدود المقبولة لأغراض الري وفق معايير منظمة الأغذية والزراعة .

يعكس التوزيع المكاني لعنصر الرصاص تأثيرًا مزدوجًا للمصادر الحضرية والزراعية، حيث سجلت أعلى التراكيز في المناطق القريبة من التجمعات السكنية نتيجة تصريف مياه الصرف الصحي ورمي النفايات، إضافة إلى مساهمة مياه الري الزراعي في نقله داخل النظام المائي .

يُظهر عنصر الرصاص مستويات تلوث مرتفعة جدًا تفوق الحدود المسموح بها عالميًا لمياه الشرب في معظم العينات، مما يشير إلى خطورة صحية عالية، في حين تبقى هذه التراكيز ضمن الحدود المقبولة لأغراض الري .

أظهرت تراكيز النحاس أقل تأثرًا بمصادر التلوث مقارنة ببقية العناصر، اذ كانت ضمن الحدود المسموح بها للشرب والري، ويُعزى ذلك إلى محدودية مصادره أو إلى سلوكه الجيوكيميائي الأقل قابلية للتراكم .

تعكس نتائج التحليل أن مصادر التلوث بالعناصر الثقيلة في منطقة الدراسة ذات طبيعة بشرية محلية، تتمثل في النشاط الزراعي، وتصريف مياه الصرف الصحي، ورمي النفايات، مما يؤكد غياب الإدارة البيئية الفعالة للمياه .

أظهر تطبيق مؤشر جودة المياه الكندي أن المياه السطحية غير صالحة للشرب وتقع ضمن فئة "ضعيفة"، وهو ما يعكس التدهور العام في نوعية المياه وخطورتها على الصحة العامة .

في المقابل، أظهرت نتائج المؤشر نفسه أن المياه صالحة نسبيًا لأغراض الري وتقع ضمن فئة "جيدة"، إلا أن

from Upstream of Yellow River , Pol. J. Environ. Stud. Vol. 30, No. 2,pp. 1161-1169, DOI: 10.15244/pjoes/125485.

Hossen ,Md. Anowar & Mostafa, M.G. ,2023, Assessment of heavy metal pollution in surface water of Bangladesh, Environmental Challenges (13), pp. 1-11, DOI:10.1016/j.envc.2023.100783.

Islam , Shafiqul et al ,2023, Heavy metal contamination in surface water

andsediment of the Meghna River ecosystem, Int. J. Adv. Res. Biol. Sci. 10(4),pp. 22-45, DOI: http://dx.doi.org/10.22192/ijarbs.2023.10.04.003

Kumar , Vindo, Sharma, Anket and Cerda ,Artemi, 2021, Heavy Metals In The Environment Impact, Elsevier , Amsterdam,pp.180-181

Majeed ,Osama S. et al. ,2023, Application of theCanadian Water Quality Index (CCME-WQI) for Aquatic Life to Assessthe Effect of Tharthar Water upon the Quality oftheTigris Water,Northern BaghdadCity,Iraq,IHJPAS.36(4), pp. 21-31, Doi.org/10.30526/36.4.3145 .

Manne, Ravi , Kumaradoss , Mohan Maruga Raja Muthu, Iska1, Raja Sekhara Reddy , Devarajan, Agilandeswari and Mekala, Nageswararao, 2022, Water quality and risk assessment of copper content in drinking water stored in copper container, Applied Water Science 12:27, pp.1-8, DOI:10.1007/s13201-021-01542-x.

Obayes , Alaa Adnan , Nehaba ,Sundus Saleh and Hameed , Zaid Basim, 2023, ,Environmental Assessment Using Canadian Water Quality Index for Hilla River in Babylon Governorate, Iraq , Ecological Engineering & Environmental Technology, 24(3), p.258–265 , https://doi.org/10.12912/27197050/160002.



The varying concentrations of some heavy metals in surface water in Al-Rumaytha district and its suitability for drinking and irrigation purposes.

Safir Jassim Hussein 1, Adhraa Hussein Thamer 2, Khamael Jamil Hammoud 3

safairf2014@mu.edu.iq ethraa.hussein@mu.edu.iq khmailjameel@gmail.com

1 Department of Geography, College of Education for Humanities, Al-Muthanna University, Samawah, Iraq.
2 Department of Continuing Education, Al-Muthanna University, Samawah, Iraq.
3 Directorate of Education of Al-Muthanna, Samawah, Iraq.

ABSTRACT:
The research included a study of the varying concentrations of some heavy metals in surface water in the Al-Rumaytha district, namely cadmium, copper, lead, and arsenic. Ten surface water samples were taken from irrigation canals, drainage water, and streams within agricultural lands. The suitability of heavy metal concentrations in the water of the study area for drinking and irrigation purposes varied. The concentrations of lead and arsenic ranged from 0.0329 to 0.274 mg/L and 0.01 to 0.063 mg/L in the surface water, thus exceeding the upper limits permitted for drinking water as determined by the World Health Organization. However, they fell within the limits permitted for irrigation as determined by the Food and Agriculture Organization. Cadmium concentrations ranged from 0.0004 to 0.038 mg/L and exceeded the limits permitted for drinking water in three locations and for irrigation only in two locations. Copper concentrations, ranging from 0.017 to 0.096 mg/L, did not exceed the permissible limits for either drinking or irrigation purposes. The Canadian Water Quality Index was used to assess water quality in the study area. The index value for drinking water was 30.46, indicating poor quality, while the water quality for irrigation was good, with an index value of 84.56.
Keywords: First Heavy metals, surface water, Al-Rumaytha district, Drinking , Irrigation.

تحليل مكاني لمياه محطات الصرف الصحي وتأثيرها على مياه نهر دجلة في مدينة بغداد

أ.د مي ثامر رجب، أ.د خلود علي هادي ، أ.م.د ذكرى عادل
khlood.ge.hum@uodiyala.edu.iq Zeqraa.ge.hum@uodiyala.edu.iq May.ge.hum@uodiyala.edu.iq

1 قسم الجغرافية ، كلية التربية للعلوم الانسانية ، جامعة ديالى ، بعقوبة ، العراق
2 قسم الجغرافية ، كلية التربية للعلوم الانسانية ، جامعة ديالى ، بعقوبة ، العراق
3 قسم الجغرافية ، كلية التربية للعلوم الانسانية ، جامعة ديالى ، بعقوبة ، العراق

الملخص

يهدف البحث الى دراسة تأثير مياه الصرف الصحي على مياه نهر دجلة من خلال تحديد مواقع محطات الصرف الصحي وطبيعة عملها ومقدار ما تطرحه مسببة التلوث في مياه النهر وتحديد نوعية الملوثات ومدى انتشارها في النهر فضلا عن تناول توزيعها الجغرافي حسب بلديات مدينة بغداد

استخدم البحث بغية الوصول الى نتائج دقيقة المنهج العلمي الوصفي والتحليلي واستخدام عدد من الجداول والاشكال والخرائط

توصل البحث الى جملة من النتائج ابرزها ان مدينة بغداد بفعل الكثافة السكانية العالية والانشطة الاقتصادية تطرح كميات كبيرة من مياه الصرف الصحي الى النهر تؤثر بشكل مباشر على النظام البيئي والسبب يعود ان مياه النهر المطروحة غير معالجة او نصف معالجه الامر الذي يجعلها تلوث اما اهم التوصيات فتصب في تطوير محطات الصرف الصحي لزيادة كفاءتها وتطبيق المعالجة الثلاثية فضلا عن المراقبة الدورية للمياه المطروحة عند نقاط التصريف الانتاجية.

الكلمات المفتاحية: الصرف الصحي ،منظومة الصرف الصحي ، المياه الثقيلة ،مياه الصرف الصحي

المقدمة

يهدف البحث الى دراسة تأثير مياه الصرف الصحي على مياه نهر دجلة من خلال تحديد مواقع محطات الصرف الصحي وطبيعة عملها ومقدار ما تطرحه مسببة التلوث في مياه النهر وتحديد نوعية الملوثات ومدى انتشارها في النهر فضلا عن تناول توزيعها الجغرافي حسب بلديات مدينة بغداد .

هدف الدراسة

يهدف لبحث الى ما يأتي: تحديد اثر المياه الملوثة المطروحة من محطات الصرف الصحي في التأثير على الخصائص النوعية والفيزيائية لمياه نهر دجلة ،توجيه الجهات المعنية بأخذ الاجراءات اللازمة التي تحد من تلوث مياه النهر .

مشكلة البحث:

تتمثل مشكلة البحث في مشكلة اساسية مفادها ان المياه المطروحة من محطات الصرف الصحي الى نهر دجلة تساهم بتلوث مياه نهر دجلة مؤثرة على النظام البيئي في النهر لاسيما وان نهر دجلة يشكل الشريان الحيوي لمدينة بغداد والمدن الاخرى في مجال استخدام المياه للأغراض المختلفة ومن هذه المشكلة يمكن ان تتفرع مشاكل ثانوية:

- هل تساهم المياه المطروحة من محطات الصرف الصحي في تلوث مياه نهر دجلة؟
- ما خصائص المياه الملوثة وما مدى مساهمتها في زيادة نسبة التلوث في مياه نهر دجلة ؟

4. فرضية البحث :

تساهم المياه المطروحة من محطات الصرف الصحي في زيادة نسبة التلوث المائي في نهر دجلة وكشفت التحليلات المختبرية ان المياه المطروحة من المحطات تضم عناصر تؤثر بشكل مباشر على نوعية المياه وخصائصها وتؤدي دورا سلبيا في التأثير على النظام البيئي في نهر دجلة .

5. منهجية البحث :

تم استخدام المنهج الوصفي والمنهج التحليلي بغية الوصول الى نتائج علمية دقيقة.

6. حدود البحث الحدود الفلكية :

تقع مدينة بغداد بين دائرتي عرض١٤-٣٣و25-33 شمالا وبين خطي طول 31-44 و 17-44 شرقا ،اما حدودها المكانية فتقع في وسط العراق على ضفاف نهر دجلة اذ يحدها من الشمال محافظة صلاح الدين ومن الشرق محافظة ديالى ومن الجنوب محافظتي بابل وواسط ومن الغرب محافظة الانبار كما في الخريطة (١)استخدم البحث بغية الوصول الى نتائج دقيقة المنهج العلمي الوصفي والتحليلي واستخدام عدد من الجداول والاشكال والخرائط.

وظيفيه تحوي على تقنيات يمكن اختيارها وفقا للسياق، فيمكن للمرء ان يقوم بتصميم نظام منطقي لصرف الصحي عن طريق اختيار التقنية المناسبة من احدى المجموعات الوظيفية التطبيقية للتعامل مع كل نوع من المخلفات ويشمل نظام الصرف الصحي عمليات الإدارة والتشغيل والصيانة المطلوبة للتأكد من ان جميع وظائف النظام تعمل بشكل آمن و مستدام(47).

مراجع

(نظام وتقنيات الصرف الصحي ترجمة وتعريب مؤسسة بناء Benaa Foundation ، المركز الدولي لخدمات اداره المياه في الشرق الاوسط المركز الدولي لخدمات اداره المياه في الشرق الأوسط ، 2008، ص10)

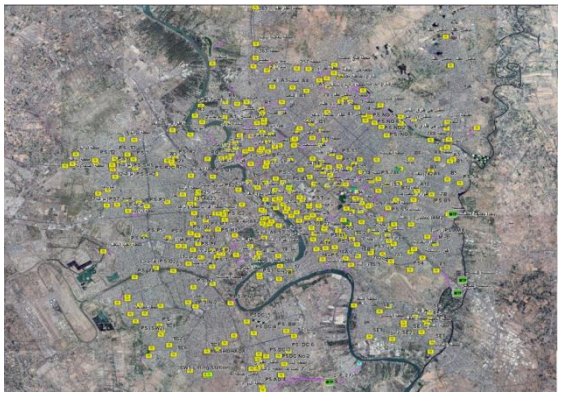
مياه الصرف الصحي

هي مياه المجاري الحاوية على القاذورات والفضلات السائلة او هي مياه الفضلات الثقيلة الموجودة في منظومه التأسيسات الصحية (والاسكان، 2017 (48)، كما تعرف على انها خليط من السوائل او المياه الحاملة للملوثات التي يتم صرفها من المنازل والمناطق التجارية والمنشآت الصناعية الى قنوات المياه السطحية ويختلف تركيب مخلفات الصرف الصحي من منطقة الى اخرى ويتوقف هذا التركيب على الكثافة السكانية والعادات الغذائية للسكان وتتزايد مخلفات الصرف الصحي عاما بعد امن اخر لمعدلات مرتفعة جراء زياده كميات المياه المستهلكة وزياده عدد السكان وارتفاع مستوى المعيشة (شبر، 2017 (49).

مكونات مياه الصرف الصحي

توصل البحث الى جملة من النتائج ابرزها ان مدينة بغداد بفعل الكثافة السكانية العالية والانشطة الاقتصادية تطرح كميات كبيرة من مياه الصرف الصحي الى النهر تؤثر بشكل مباشر على النظام البيئي والسبب يعود ان مياه النهر المطروحة غير معالجة او نصف معالجه الامر الذي يجعلها تلوث اما اهم التوصيات فتصب في تطوير محطات الصرف الصحي لزيادة كفاءتها وتطبيق المعالجة الثلاثية فضلا عن المراقبة الدورية للمياه المطروحة عند نقاط التصريف الانتاجية.

صورة (1) مرئية فضائية توضح محطات المجاري في منطقة الدراسة



محطات الصرف الصحي: تعد محطات الصرف الصحي منظومة هندسية وخدمية تُعنى بجمع ونقل ومعالجة والتخلص النهائي من المياه العادمة الناتجة عن الاستعمالات المنزلية والصناعية والتجارية، بهدف حماية الصحة العامة والمحافظة على البيئة والموارد المائية من التلوث (46).

و يعرف بانه عمليه متعددة الخطوات تتم فيها اداره فضلات الانسان ومياه الصرف الصحي من المنبع الى نقطه الاستخدام او حتى عمليه التخلص النهائي ونظام الصرف الصحي هو سلسله متتابعة من تقنيات وخدمات اداره هذه المخلفات بعباره اخرى جمع المخلفات وتخزينها ونقلها وتحويلها الى شكل اخر واستخدامها او تخلص منها ، يتألف نظام الصرف الصحي من المخلفات التي تنتقل عبر عده مجموعات

47 نظام وتقنيات الصرف الصحي ترجمة وتعريب ، المركز الدولي Benaa Foundationمؤسسة بناء لخدمات اداره المياه في الشرق الاوسط المركز الدولي cewas ، لخدمات اداره المياه في الشرق الأوسط ، middle East ٢٠٠٨ ص١٠

48 جمهوريه العراق ، الاعمار والاسكان ، مدونه الصرف الصحي في المباني ، مدونه بناء عراقية ، ط١ ، 2017 ص 10.

49 احمد هاشم شفيع شبر التحليل المكاني لخدمات الصرف الصحي في مدينه الديوانيه رساله ماجستير، جامعه القادسية، كليه الآداب، قسم الجغرافيا عام 2024 ص 15.

46 محمد حسين عبد الله ، هندسة الصرف الصحي ومعالجة المياه العادمة ، دار الفكر العربي ، القاهرة ،٢٠١٥، ص 12–13.

تعتبر مياه الصرف الصحي مصدرا للإزعاج وخطرا على الصحة العامة، فهي تسبب امراضا كثيره مثل مرض الكبد و الملاريا والكوليرا وغيرها من الامراض ، كما تعتبر مصدرا لتشوه جمال الطبيعة من حيث منظرها ورائحتها الكريهة ، ومن هنا تأتي اهميه انشاء محطات الصرف الصحي في كونها تعزز الانسان ببيئة خاليه من التلوث ، اذ لابد من انشاء مشروعات الصرف الصحي لتجميع ونقل هذه المياه من داخل المدن والتجمعات السكنية ومعالجتها ثم تصريفها بطريقه صحيحه للمحافظة على الصحة العامة.

أهمية معالجة مياه الصرف الصحي

تتجلى الحاجة إلى معالجة مياه الصرف الصحي في أزمة ندرة المياه المتفاقمة. فبحسب الأمم المتحدة، يفتقر أكثر من ملياري شخص حول العالم إلى مياه الشرب ، وبحلول عام ٢٠٣٠، سيعيش نصف سكان العالم في مناطق تعاني من مشكلة ندرة المياه فضلا على ذلك، يمكن أن تُخلّف مياه الصرف الصحي غير المعالجة آثاراً بيئية وصحية خطيرة. يمكن أن تُلوّث مياه الصرف الصحي غير المعالجة الأنهار والبحيرات والمحيطات، مما يُلحق الضرر بالحياة المائية ويجعل المياه غير صالحة للاستخدام البشري. كما يُمكن أن تُساهم في انتشار الأمراض المنقولة بالمياه، مثل الكوليرا والتيفوئيد. وفي المناطق ذات الموارد المائية.

العذبة المحدودة، يمكن أن تشكل مياه الصرف الصحي غير المعالجة مصدراً رئيساً لتلوث المياه، كذلك تُعدّ معالجة مياه الصرف الصحي ضرورية لحماية بيئتنا وصحتنا العامة. فمن خلال إزالة الملوثات من مياه الصرفالصحي، يُمكننا الحدّ من خطر تلوث المياه وانتشار الأمراض المنقولة عبرها. وهذا بدوره يُساعد على حماية مواردنا الطبيعية والحفاظ على النظم البيئية الحساسة التي تعتمد على المياه النظيفة

ازداد اهتمام العالم منذ الخمسينات من القرن الماضي بالدراسات المتعلقة بموضوع مياه الصرف الصحي ومعالجتها نظرا لما تحتويه من مخاطر وملوثات لكافه المصادر البيئية والصحة العامة، تتكون المخلفات السائلة من نوعين المخلفات البشرية والمخلفات الصناعية ، اذ تعد المياه المستهلكة لتلبيه الاحتياجات اليومية من قبل الانسان مثل الاستخدام المنزلي، الزراعي ،الصناعي ، التجاري و المخلفات الطبية السائلة من المستشفيات كما تعمل الامطار على الارض والتي تجرف معها نسبه كبيره من الشوائب والعوالق العضوية والغير العضوية والملوثات والتي تؤدي الى فقدان المياه اغلب خصائصها الفيزيائية والكيميائية وسبب احتوائها على هذه المتغيرات والملوثات انها تمثل نسبه 99% من مكونات مياه الصرف الصحي فيها الماء والباقي عباره عن ملوثات (نجلاء عجيل محمد، 2019)(50)ويمكن ان نصنف المصادر الرئيسة (الدميني، 2017) لمخالفات الصرف الصحي الى ما يلي(51) :

١-المخلفات السائلة المنزلية : وتشمل المياه المستعملة في الحمامات والمطابخ والغسيل.

٢-مياه الامطار : وهذه تجد طريقها الى شبكه الصرف الصحي عن طريق بالوعات الشوارع حامله معها بعض المواد العالقة و مما قد تجده امامها على الاسطح والطرقات.

٤-المخلفات الصناعية : وتشمل المياه الناتجة من المصانع المختلفة وهي تختلف في كمياتها ومحتوياتها من مصنع لآخر.

٥-مياه الرشح :هي المياه الجوفية التي قد تدخل الى شبكات الصرف خلال الوصلات غير المتقنة .

٣-مياه غسيل الشوارع وهذه تصرف الى بالوعات ومنها الى شبكات الصرف حامله معها الرمال والورق بما تجده امامها في الطرقات اهمية انشاء مشروعات الصرف الصحي

50 نجلاء عجيل محمد محددات وتلوث مياه الصرف الصحي في محافظه كربلاء لعام 2016 مجله كليه التربية الأساسية، المجلد 25 العدد 103 ، عام 2019 ، ص،

51 عبد الحق الدميني، الصرف الصحي على مستوى التخطيط- خدمات مباني ،مجموعه ابراهيم الشاطبي 2017 من الموقعhttps://wwe.scribd.com

(١,٤٦٪)لكل منهما وبطاقة تصميمية بلغت ١٤,٢م٣/ثا و ٢٣٠١,٧م/ثا مما سبق يتضح التباين المكاني لمحطات مياه الصرف الصحي في مدينه بغداد والتي تباينت حسب وحداتها الإدارية من حيث عددها جدول (١)التوزيع الجغرافي لمحطات الصرف الصحي في مدينه بغداد

ت	اسم البلدية	عدد المحطات	النسبة المئوية ٪	الطاقة التصميمية م3/ثا	الطاقة الفعلية م3/ثا
1	بلدية الاعظمية	34	٩,٩٤	15،899	10,676
2	بلدية الغدير	39	١١,٤٠	18670	15880
3	بلدية الكاظمية	5	١,٤٦	14،2	اقل من الطاقة التصميمية لوجود محطات قديمة ومتهالكة
4	بلدية المنطقة الخضراء	5	١,٤٦	1301،7	-
5	بلدية الدورة	17	٤,٩٨	10،985	-
6	بلدية الرشيد	34	٩,٩٤	55،81	44,84
7	بلدية الشعب	25	٣١،٧	8،7723	-
8	بلدية الصدر 1	18	٥,٢٦	5،8	14,25
9	بلدية الكرادة	46	١٣,٤٥	465,35	-
10	بلدية المنصور	43	١٣,٤٥	66,14	-
11	بلدية بغداد الجديدة	22	٦,٤٣	-	-
12	بلدية مركز الرصافة	39	١١,٤٠	29,665	-
13	بلدية مركز الكرخ	15	٤,٣٩	11,06	-
	الاجمالي	٣٤٢	١٠٠	١٩٥٥,٢٨٢٣	

المصدر : الجدول من عمل الباحثين اعتمادا على محافظة بغداد ، دائرة الماء والمجاري ، بيانات غير منشورة لعام ٢٠٢٦.

التوزيع الجغرافي لمحطات الصرف الصحي في مدينه بغداد لعام 2025

واقع محطات الصرف الصحي في مدينه بغداد لعام 2025

يعد التوزيع الجغرافي لمحطات الصرف الصحي في مدينه بغداد احد المؤشرات الرئيسة لقياس كفاءه البنيه التحتية وتوزيع الخدمات داخل المدينة

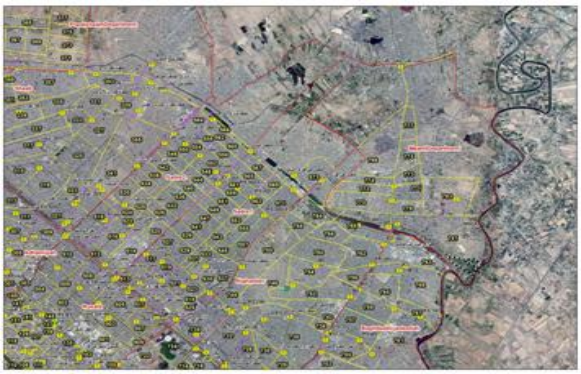
يتضح من الجدول (١) والشكل (١) إن مدينه بغداد تعتمد على عدد من محطات الصرف الصحي والبالغ عددها (٣٤٢) محطة ، اذ تعد بلديه الكراده اكثر البلديات في تركز عدد محطات معالجه المياه الثقيلة والبالغ عددها ٤٦ محطه وبنسبه (١٣,٤٥٪) من اجمالي عدد المحطات في مدينه بغداد وبطاقه تصميميه بلغت ٤٦٥,35م3/ثا ، جاءت بعدها بلدية المنصور بعدد محطات للصرف الصحي بواقع 43 محطه وبنسبة(١٢,٥٨٪) من اجمالي عدد محطات في مدينة بغداد وبطاقه تصميميه بلغت 66.14 م3/ثا ،اما بلدية الغدير وبلدية مركز الرصافة فقد جاءت بالمرتبة الثالثة بواقع 39 محطه لكل منهما وبنسبة (١١,٤٠٪)وبطاقة تصميمية بلغت 18670م/ ثا ، 29,665م3/ ثا لكل منهما اما الطاقة الفعلية فكانت 15880م3/ثا ، فيما جاءت بلدية الأعظمية وبلدية الرشيد بعدد محطات للصرف الصحي بلغت 34 محطه وبنسبة (٩,٩٤٪) لكل منها مال وبطاقة تصميميه بلغت 15,899 م3/ثا ، 55,81م3/ثا ، اما الطاقة الفعلية فكانت 10,676م3/ثا ، 44,84م3/ثا ،(هنالك فرق في الطاقة التصميمية والطاقة الفعلية وهذا ناتج عن قدم المحطات) اما في بلدية الشعب فقد بلغ عدد محطات الصرف الصحي 25 محطه بنسبه (٧,٣١٪) وبلغت الطاقة التصميمية لها 8,7723م3/ ثا ، كما بلغ عدد المحطات في بلدية الصدر وبلدية الدورة 18و 17 لكل منهما وبنسبة مئوية بلغت (٥,٢٦٪) (٤,٩٨٪) وبلغت الطاقة التصميمية لكل منهما 5.8م٣/ثا و١٠,٩٨٥م٣/ثا ، ما في بلدية مركز الكرخ فقد بلغ عدد محطاتها 15 محطة بنسبة (٤,٣٩٪) من اجمالي محطات الصرف الصحي في مدينه بغداد وبلغت الطاقة التصميمية لها 11.6م٣/ثا ، اما بلدية الكاظمية والمنطقة الخضراء فقد بلغ عدد المحطات(٥)لكل منهما وبنسبة بلغت

صورة (1) محطات الصرف الصحي في بلدية الاعظمية والكاظمية



المصدر : الصورة من عمل الباحثين بالاعتماد على الجدول (1)

صورة (2) مرئية فضائية لمحطات الصرف الصحي في الرشيد



صورة (٣) محطات الصرف الصحي في بلدية الدورة والكرادة

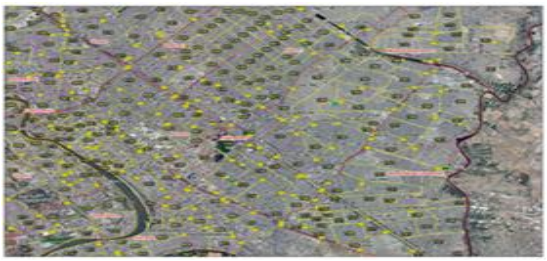


المصدر : الصورة من عمل الباحتتان بالاعتماد على الجدول (1)

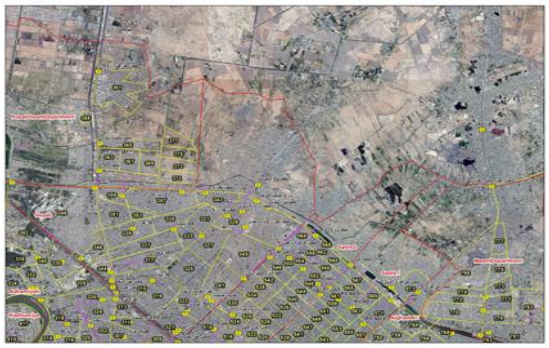
صورة (4) محطات الصرف الصحي في بلدية المنصور



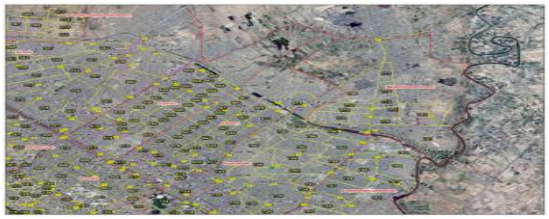
صورة (5) محطات الصرف الصحي في بلديتي بغداد الجديدة والغدير



صورة (6) محطات الصرف الصحي في بلدية الشعب



صورة(7) محطات الصرف الصحي في بلدية الرصافة



المصدر : الصورة من عمل الباحتتان بالاعتماد على الجدول (1)

او محطات الطاقة الكهربائية فضلا عن بعض الصناعات التي تطرح مخلفاتها السائلة الى النهر الامر الذي جعلها احد مصادر تلوث مياه النهر

النترات: تعد النترات من العناصر الملوثة للمياه اذا زادت نسبتها عن الحدود المسموح بها وهي ضمن 15 ملغم /لتر ويعد من العناصر الضارة ليس للمياه فقط بل للإنسان ايضا ويلاحظ من بيانات الجدول (2) والشكل (1) ان اعلى نسبة لهذا العنصر بلغت 30-7 ملغم /لتر وادنى نسبة وصلت الى 16-2 ملغم /لتر وهذا مؤشر عالي على ارتفاع نسبة هذا العنصر في مياه الصرف الصحي الامر الذي يعو الى معالجة هذه المياه بعد اطلاقها الى النهر

التوصيلة الكهربائية : تبلغ نسبة الحدود البيئية لهذا العنصر 1000 مكروسيمتر /سم2 وتشير بيانات الجدول (2) والشكل (1) الى ارتفاع نسبة هذا العنصر في المياه فوصلت حدوده العليا الى 1460 مكرو سيمتر /سم 2 وادنى نسبة له فوصلت الى 1115 مكرو سيمتر /سم2 وهي نسبة تتجاوز المحددات البيئة الامر الذي جعلها تؤثر بشكل مباشر على نوعية مياه نهر دجلة

الاوكسجين الحيوي :اشارت المحددات البيئية ان لا تتجاوز نسبة هذا العنصر عن 5 ملغم / وتشير نتائج العينات وحسب بيانات الجدول (2) ان اعلى نسبة له 101 ملغم / لتر وهي نسبة تفوق المعيار الامر الذي يجعلة يؤدي دورا سلبيا على نوعية مياه النهر

يتضح من خلال تحليل بيانات الجدول والشكل ان كل العناصر زادت نسبتها عن الحدود البيئية وهذا مؤشر على ارتفاع نسبة التلوث في مياه النهر الامر الذي يدعو الجهات ذات العلاقة الى ايجاد طرق علمية لمعالجة هذه المشكلة كاستخدام طريقة المعالجة الاولية الفيزيائية التي من شأنها ان تقلل من المواد لكبيره او استخدام المعالجة الثانوية البايلوجية التي تعتمد على الكائنات الدقيقة او باستخدام المعالجة الثلاثية الكيمائية والفيزيائية وهي الكثر فاعلية في تقليل في تقليل نسبة التلوث في مياه الصرف الصحي وهذه الطريقة لها استخدام واسع في دول العالم (1) الجدول 2. بعض خصائص العناصر الملوثة لمياه نهر دجلة.

تحليل مياه الصرف الصحي وتأثيرها على تلوث مياه نهر دجلة

من اجل التوصل الى نتائج دقيقة لجات الباحثتان الى اخذ عينات بلغ عددها 5 عينات من مياه الصرف الصحي من اماكن طرحها ضمن حدود مدينة بغداد وتحليلها مختبريا وكانت نتائج التحليل مايلي جدول (2) المواد العالقة :تشير نتائج تحليل بيانات الجدول (2) ان المواد العالقة تشمل الطين والغرين والرمل وبقايا الكائنات النباتية العالقة في المياه وتشير نسب ارتفاعها الى مشاكل اذ تتسبب في عدم سير مياه الصرف الصحي في الانابيب ، كما ان ارتفاع نسبها في مياه النهر تؤدي الى اضرار سلبية على الكائنات الحيوانية والنباتية وتحدد نسبتها ضمن المعاير ب 50 ملغم /لتر وتشير بيانات الجدول (2) والشكل (1) انها تجاوزت حدود المعيار فوصلت حدودها العليا الى 95 ملغم /لتر، وهذا مؤشر سلبي على عدم نقاوة المياه .

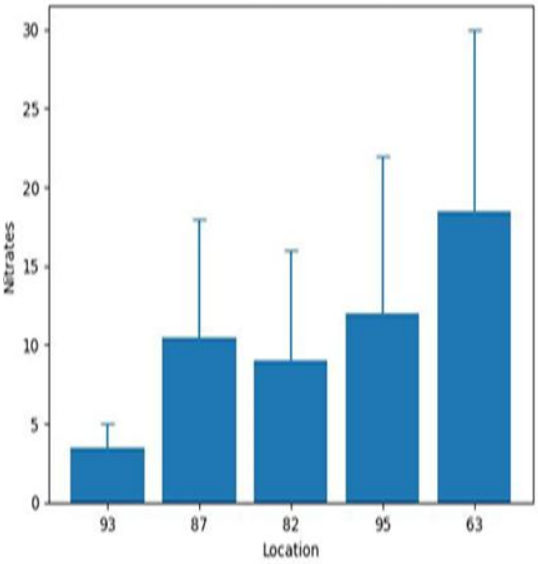
المواد الحامضية : وهي مؤشر يدل على قلوية او حموضة المياه وحسب المعايير المعتمدة يفترض ان لا تتجاوز عن ٥,٦- ٥,٥ سم2 وتشير بيانات الجدول (2) والشكل (1) ان نسبتها بلغت اعلاها ٥,٩وهو اكثر من المعيار المعتمد وهذا يرجع الى ارتفاع نسبة ما مطروح من هذه المياه عبر محطات الصرف الصحي.

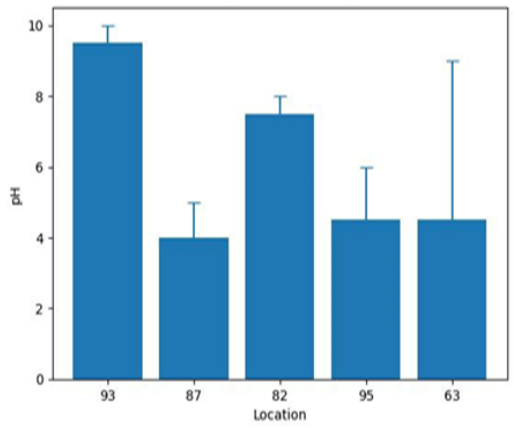
الفوسفات : يعود سبب ارتفاع نسب هذه المواد الى الانشطة البشرية المرتبطة باستخدام المنظفات في الحياة اليومية التي تتطلب توفير عنصر النظافة ومتطلبات الحياة الاخرى ، ووفقا للمعايير المعتمدة يفترض ان لا تتجاوز نسبة هذا العنصر عن 3 ملغم /لتر ومن قراءة الجدول (2) والشكل (1) يلاحظ ان اعلى نسبة لها بلغت ٥,٩٢ ملغم /لتر وادنى نسبة٤,٥ملغم /لتر وهذا يفوق المعيار المحدد

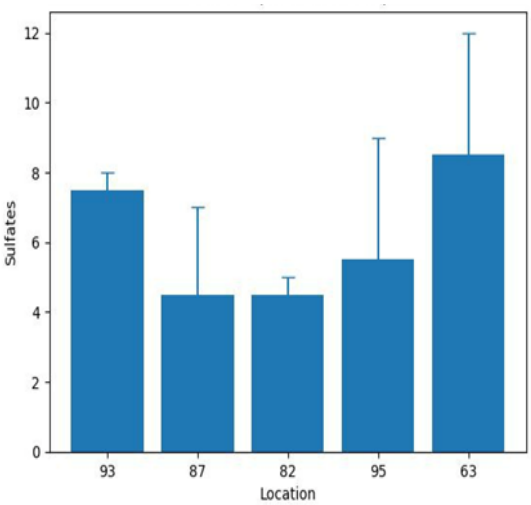
الكبريتات : تعد من العناصر الملوثة اذا تجاوزت نسبها الحدود المسموحة وحسب المعيار المحدد والبالغ 200 ملغم /لتر ومن ملاحظة الجدول (2) والشكل (1) يتبين ان أعلى نسبة لها بلغت 12-5- ملغم /لتر وادنى نسبة 5-4 ملغم /لتر وهو مؤشر يدل على ارتفاع نسبها في محطات الصرف الصحي ومن خلال الدراسة الميدانية تبين ان مصادرها ها هو محطات تصفية المياه التي تستخدم هذا العنصر

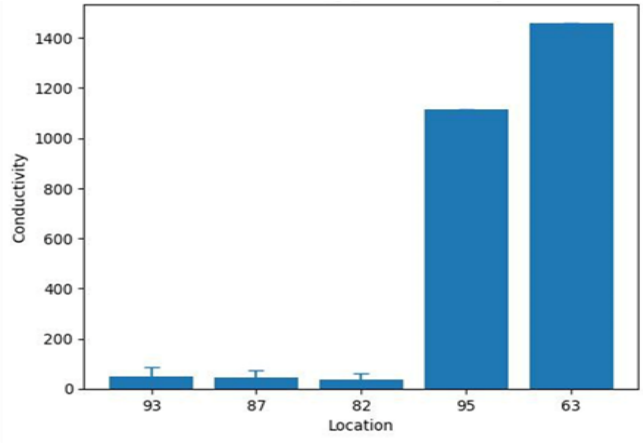
ت	المحطات	المواد العالقة	الحامضية الدالة	الفوسفات	الكبريتات	النترات	التوصيل الكهربائي
1	بلدية الكرادة	93	١٠,٩	٩٢,٨	٨,٧	٢٥,٣	٨٦,١٣
2	بلدية المنصور	87	٥,٣	٦,٢	٧,٢	١٨,٣	٧٥,١٢
3	بلدية الرشيد	82	٨,٧	٥,٤	٥,٤	١٦,٢	٦٠,١٤
4	بلدية الغدير	95	٦,٣	٨,٧	٩,٢	٢٢,٢	١١١٥
5	بلدية الأعظمية	63	٩,٥	٩٢,٥	١٢,٥	٣٠,٧	١٤٦٠
6		الحديدوي					
7		٤٥	45	-	-	-	-
8		87	10	-	-	-	-
9		95	-	-	-	-	-

شكل(1) التمثيل النسبي لخصائص العناصر الملوثة حسب العينة









الشكل من عمل الباحثتان بالاعتماد على الجدول (2)

حيث يمكن استخدامها في عمليات الري، اذ تعد من المصادر المائية التي تستخدم في ري الحدائق والغابات والنباتات العلفية عدا التي تؤكل طازجة، وكذلك يمكن الاستفادة منها في انشاء نطاق من الأشجار حول المدينة لمكافحه التصحر فضلا عن زراعه الاشجار التي تعتبر كمصد للعواصف الترابية.

4- ان تلوث مياه النهر يدعوا الى الاخذ بالمحددات البيئية وتطبيقها لمنع زيادة الملوثات في مياه النهر وهذا بطبيعة الحال يؤثر على مجال استخدامات المياه البشرية

المصادر

1-احمد هاشم شفيع شبر. (2017). التحليل المكاني لخدمات الصرف الصحي في مدينة الديوانية . جامعة القادسية ، كلية الاداب ، قسم الجغرافية.

2-جمهوريو العراق وزارة الاعمار والاسكان. (2017). مدونة الصرف الصحي في المباني. الع اق: وزارة ا الاعمار والاسكان.

3-عبد الحق الدميني. (2017). الصرف الصحي على مستوى التخطيط - خدمات مباني .

4-محمد حسين عبد الله. (2015). هندسة الصرف الصحي ومعالجة المياه العادمة. القاهرة: دار الفكر العربي.

5-نجلاء عجيل محمد. (2019). محددات وتلوث مياه الصرف الصحي في مكافظة كربلاء. المجلد 25 العدد 103: مجلة كلية التربية الاساسية.

6-هندسة الصرف الصحي ومعالجة المياه العادمة . (2015). هندسة الصرف الصحي ومعالجة المياه العادمة. القاهرة: دار الفكر العربي.

Rumana Riffat Funda mentalas of waste water treatment engineering New-york0 2023- p37

الاستنتاجات

1- مدينه بغداد تعتمد على عدد من محطات الصرف الصحي والبالغ عددها (٣٤٢) محطة ، اذ تعد بلديه الكراده اكثر البلديات في تركز عدد محطات معالجه المياه الثقيلة والبالغ عددها ٤٦ محطه وبنسبه (١٣,٤٥٪) من اجمالي عدد المحطات في مدينه بغداد وبطاقه تصميميه بلغت ٤٦٥,35م3/ثا .

2- وجود عجز مستقبلي في كفاءه محطات الصرف الصحي لمدينه بغداد(الكرخ والرصافة) نتيجة للنمو السكاني المتسارع الذي يفوق قدره المحطات التصميمية المحددة لعام 2025.

3- ارتفاع نسب معالجه مياه الصرف الصحي في حدود امانه بغداد من 32% الى 68% مطلع عام 2026 مما يشير الى طفره في البنيه التحتية

4- أظهرت نتائج تحليل العينات انها فاقت المعايير المسموح بها وهذا مؤشر على تلوث مياه دجلة

المقترحات

1-انشاء محطات جديده بكفاءة عالية في المجمعات السكنية والمصانع والمستشفيات والاماكن العامة وربطها بالشبكة العامة لمياه الصرف الصحي.

2-توعيه المستهلكين بأهمية التعامل المستدام مع موارد المياه وهذا الموارد يعد ثالث مصدر للمياه في العراق بعد المياه السطحية والمياه الجوفية حيث بعد المعالجة يمكن استخدام مياه الصرف الصحي لأغراض الري او اعاده تغذيه مكان المياه الجوفية.

3-ضروره الاستفادة من الكميات الكبيرة من المياه المعالجة وعدم تركها للضياع دون الاستفادة منها والتعاون مع وزاره الزراعة من اجل استغلال هذه المياه على اكمل وجه،



Spatial analysis of wastewater treatment plants and their impact on the Tigris River in Baghdad

MAY THAMER RAGAB1, KHOLOUD ALI HADI 2, Thikra adel mahmood3,
May.ge.hum@uodiyala.edu.iq khlood.ge.hum@uodiyala.edu.iq
Zeqraa.ge.hum@uodiyala.edu.iq

1 Department of GEOGRAPHY, College of EDUCATION FOR THE HUMANITIES, University of DIYALA, IRAQ
2 Department of GEOGRAPHY, College of EDUCATION FOR THE HUMANITIES, University of DIYALA, IRAQ
3 Department of GEOGRAPHY, College of EDUCATION FOR THE HUMANITIES, University of DIYALA, IRAQ

ABSTRACT

This research aims to study the impact of sewage on the Tigris River by identifying the locations of sewage treatment plants, their operational nature, and the volume of wastewater discharged into the river, thus causing pollution. It also aims to determine the types of pollutants and their distribution within the river, as well as their geographical distribution across the municipalities of Baghdad.

To achieve accurate results, the research employed a descriptive and analytical scientific methodology, utilizing tables, figures, and maps

The research reached a number of results, most notably that the city of Baghdad, due to the high population density and economic activities, discharges large quantities of sewage into the river, which directly affects the ecosystem. The reason is that the river water discharged is untreated or semi-treated, which makes it pollute. The most important recommendations are to develop sewage treatment plants to increase their efficiency and apply tertiary treatment, as well as to periodically monitor the discharged water at the production discharge

Keywords:Geographical analysis Waterbottling IndustrySanitation, sewage system, wastewater, sewage

==========

أثر التخطيط التنموي (مشاريع الري والبزل) على قابلية الأراضي الزراعية في ناحية بني سعد باستخدام التقنيات الجيومكانية

ا.م. د. طلال منيهل كريم *1، م.م. نزار محمود محمد2،
talal.ge.hum@uodiyala.edu.iq Nazar.gev.hum@uodiyala.edu.iq
*1 قسم الجغرافية ، كلية التربية للعلوم الإنسانية ، جامعة ديالى ، ديالى، العراق
2 وحدة الأبحاث المكانية ، كلية التربية للعلوم الإنسانية ، جامعة ديالى ، ديالى، العراق

الملخص

يتناول هذا البحث تحليل الأثر المكاني للتخطيط التنموي المائي، المتمثل بمشاريع الري والبزل، في إعادة تشكيل قابلية الأراضي الزراعية في ناحية بني سعد بمحافظة ديالى، ضمن بيئة سهلية شبه جافة تتسم بانتشار التملح وضعف كفاءة الصرف. بلغت مساحة منطقة الدراسة (477.91 كم²)، واعتمد التحليل على مرئيات Landsat-8/9 لعام 2025 بدقة مكانية (30 م)، مع دمج خرائط التربة التاريخية (بيورنك) وتصنيف قابلية الأراضي لفليح حسن، إضافة إلى بيانات الانحدار واستعمالات الأرض وشبكات الري والبزل ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية.

تم احتساب مؤشر الملوحة الطيفي (SI) ودمجه مع العوامل الطبيعية والبشرية باستخدام نموذج التحليل الهرمي (AHP) والتراكب الموزون، بعد التحقق من اتساق المقارنات الثنائية. أظهرت النتائج سيادة الفئة متوسطة القابلية على معظم مساحة المنطقة، تلتها الفئة عالية القابلية، في حين اقتصرت الفئة منخفضة القابلية على نطاقات محدودة جداً. وتتركز الأراضي الأعلى قابلية بمحاذاة نهر ديالى وضمن نطاقات القرب المباشر من شبكات البزل، حيث سجلت انخفاضًا ملحوظًا في مؤشرات الملوحة، لاسيما ضمن الوحدات الترابية s24 وs53.

تؤكد النتائج أن كفاءة شبكات الصرف تمثل المتغير الحاسم في البيئات الطينية المنبسطة، وأن دمج التقنيات الجيومكانية مع نماذج التقييم متعدد المعايير يوفر إطارًا علميًا عمليًا لدعم قرارات إدارة المياه وتحسين استدامة الإنتاج الزراعي في المناطق شبه الجافة.

الكلمات المفتاحية: التحليل متعدد المعايير : نظم المعلومات الجغرافية : مؤشر الملوحة الطيفي

المقدمة

ضمن إطار تحليلي كمي يدعم اتخاذ القرار التخطيطي [4,5]وتمثل هذه النماذج أداة فعالة في البيئات التي تتداخل فيها الخصائص الترابية والهيدرولوجية مع البنية التحتية المائية.

تُعد ناحية بني سعد نموذجًا تطبيقيًا مناسبًا لدراسة هذا التفاعل، نظرًا لوقوعها ضمن بيئة رسوبية منبسطة ترتبط بنهر ديالى، واحتوائها على شبكة قائمة من قنوات الري والمبازل، إضافة إلى تنوع وحداتها الترابية وفق تصنيفي بيورنك وفليح حسن. وعلى الرغم من توفر تصنيفات سابقة لقابلية الأراضي في العراق، فإن معظمها اعتمد توصيفًا شبه ثابت لا يعكس التأثير المكاني المتغير لمشاريع الري والبزل على إعادة تشكيل درجات القابلية.

تتمثل الفجوة البحثية في محدودية الدراسات المحلية التي تناولت بصورة كمية ومكانية العلاقة بين القرب من شبكات البزل، وتغير مؤشرات الملوحة الطيفية، وانعكاس ذلك على إعادة تصنيف قابلية الأراضي الزراعية في ناحية بني سعد. ومن هنا تنبع أهمية بناء نموذج مكاني يدمج بيانات الاستشعار عن بعد مع الخرائط الترابية والتخطيطية ضمن إطار تحليلي

تُعد مشكلة تدهور الأراضي الزراعية في البيئات شبه الجافة من التحديات الرئيسة التي تواجه التخطيط الزراعي المستدام، لاسيما في السهول الرسوبية المنبسطة التي تعتمد على نظم الري السطحي. ويُعد تراكم الأملاح نتيجة ضعف كفاءة الصرف الزراعي من أهم العوامل المؤثرة في انخفاض الإنتاجية، وهو ما أكدته دراسات متعددة في مجال الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في العراق [1,2]، وضمن السهل الرسوبي لمحافظة ديالى، أدى التوسع في مشاريع الري دون تطوير موازٍ لشبكات البزل إلى ارتفاع مناسيب المياه الجوفية وزيادة الملوحة الثانوية، خصوصًا في الترب الطينية الثقيلة ذات النفاذية المحدودة. وقد أشار [3] إلى أن كفاءة شبكات الصرف تمثل عاملًا حاسمًا في تقليل تراكم الأملاح ضمن منطقة الجذور وتحسين خصائص التربة الإنتاجية.

شهدت السنوات الأخيرة تطورًا ملحوظًا في توظيف التقنيات الجيومكانية في تقييم قابلية الأراضي الزراعية، ولاسيما من خلال نماذج التقييم متعدد المعايير (MCDM) ونموذج التحليل الهرمي (AHP)، التي تسمح بدمج العوامل الطبيعية والبشرية

المواد وطرائق العمل

اعتمدت الدراسة على منهج التحليل المكاني متعدد المعايير ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، بهدف دمج العوامل الطبيعية والبشرية المؤثرة في قابلية الأراضي الزراعية.

أولًا: مصادر البيانات

1.المرئيات الفضائية : استُخدمت مرئية القمر الصناعي Landsat-8/9 لعام 2025 بدقة مكانية (30م)، وتم تحميلها من المنصة الامريكية [8] ، ثم جرى تصحيحها هندسيًا وإشعاعيًا قبل إدخالها في التحليل.

2.خرائط التربة: خريطة التربة وفق تصنيف [9]، وخريطة قابلية الأراضي الزراعية في العراق [10] ، الصادرة عن وزارة الزراعة.

3.شبكات الري والبزل: بيانات رسمية صادرة عن الجهات الزراعية المختصة في محافظة ديالى ، تم التعامل معها رقميا بصيغة.(Shapefile)

4. نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) : بدقة 30 م لاستخراج درجات الانحدار (% Slope) .

جدول 1: مصادر البيانات المستخدمة في الدراسة ودقتها المكانية (اعتمادًا على بيانات USGS والجهات الرسمية)

نوع البيانات	المصدر	الدقة المكانية	سنة البيانات
مرئية فضائية	Landsat 8/9 – USGS	30 م	2025
خريطة التربة	بيورنك ، خارطة أراضي العراق الاستكشافية	1000000/1	1960
خريطة القابلية	وزارة الزراعة ، الدكتورفليح حسن	1000000/1	1990
DEM	SRTM	30 م	—
شبكاتالري والبزل	وزارةالموارد المائية	—	2024

متعدد المعايير. ويُستخدم نموذج التحليل الهرمي (AHP) على نطاق واسع في تقييم قابلية الأراضي الزراعية ضمن بيئات متعددة العوامل [5,6,7].

منطقة الدراسة

تقع ناحية بني سعد ضمن محافظة ديالى شرق العراق، وتمتد منطقة الدراسة ضمن الحدود الجغرافية المحصورة بين دائرتي عرض 33.411488°– 33.771347° شمالًا، وخطي طول 44.635010°–44.400228° شرقًا، وفق نظام الإحداثيات الجغرافية العالمية(WGS84) ، كما تقع ضمن الحزام الإحداثي UTM Zone 38N.

تبلغ المساحة الإدارية الرسمية للناحية نحو (497 كم²) بحسب بيانات الجهاز المركزي للإحصاء، في حين بلغت مساحة التحليل الفعلي ضمن حدود الطبقة المكانية المعتمدة في هذا البحث (477.91 كم²)، ويعود الفرق إلى استبعاد الأجزاء غير الزراعية والمناطق الخارجة عن نطاق المعالجة المكانية الدقيقة.

تتسم المنطقة بطبيعة سهلية رسوبية منبسطة ذات انحدارات ضعيفة، ما يجعلها ملائمة للزراعة المروية، لكنها في الوقت ذاته أكثر عرضة لمشكلات ارتفاع منسوب المياه الجوفية وتراكم الأملاح. ويشكل نهر ديالى الحد الشرقي للمنطقة، وهو المصدر المهم الطبيعي لمياه الري، الى جانب مشروع اسفل الخالص الاروائي في حين تنتشر شبكات البزل الزراعي في أجزاء واسعة منها لتصريف المياه الزائدة.

تضم المنطقة عددًا من المقاطعات الزراعية التي تتنوع وحداتها الترابية بين ترب الأكتاف النهرية (s, 53st53)، وأحواض المنخفضات (t, 23t21)، وترب السهول الرسوبية المختلطة (s24)، وفق تصنيف بيورنك وخريطة قابلية الأراضي لفليح حسن.

هدف الدراسة

بناءً على ذلك، يهدف هذا البحث إلى تقييم أثر مشاريع الري والبزل على قابلية الأراضي الزراعية في ناحية بني سعد باستخدام التقنيات الجيومكانية، من خلال توظيف نظم المعلومات الجغرافية ونموذج التحليل الهرمي (AHP) لإنتاج نموذج تراكب موزون يحدد الأثر المكاني للبنية التحتية المائية في البيئات السهلية شبه الجافة.

ثالثًا: التحليل الهرمي(AHP)

تم تطبيق نموذج التحليل الهرمي (Analytical Hierarchy Process) لتحديد الأوزان النسبية للعوامل المؤثرة، والتي شملت:

1.نوع التربة

2.مؤشر الملوحة

3.الانحدار

4.القرب من قنوات الري

5.القرب من شبكات البزل

تم إنشاء مصفوفة المقارنات الثنائية وفق مقياس [11] (9–1)، وحُسب متجه الأوزان النسبية باستخدام القيم الذاتية(Eigenvalues) .

بلغت نسبة الاتساق (Consistency Ratio – CR) أقل من 0.1، مما يشير إلى مقبولية المصفوفة وعدم وجود تناقض جوهري في المقارنات.

جدول 2: مصفوفة المقارنات الثنائية وأوزان العوامل وفق نموذج AHP(وفق نموذج [11].

العامل	الوزن النسبي	
نوع التربة	0.30	
مؤشر الملوحة	0.25	
القرب من البزل	0.20	
القرب من الري	0.15	
الانحدار	0.10	

نسبة الاتساق 0.1 > (CR)

رابعًا: تحليل القرب المكاني

أُجري تحليل نطاقات القرب (Buffer Analysis) لشبكات الري والبزل ضمن مسافات متدرجة (250 م – 500م) ، كما في الشكل (3) . بهدف قياس تأثير البنية التحتية المائية على درجات القابلية الزراعية. اذ تشير الأدبيات إلى أن غياب أنظمة الصرف الفعالة يُعد من أبرز أسباب التملح الثانوي في السهول الرسوبية [12,13].

الشكل 3: خريطة نطاقات القرب من شبكات الري والبزل(بالاعتماد على مرئية Landsat-8/9 2025 ، ومخرجات برنامج ArcGis10.8، وبيانات مديرية الموارد المائية ووزارة الزراعة).

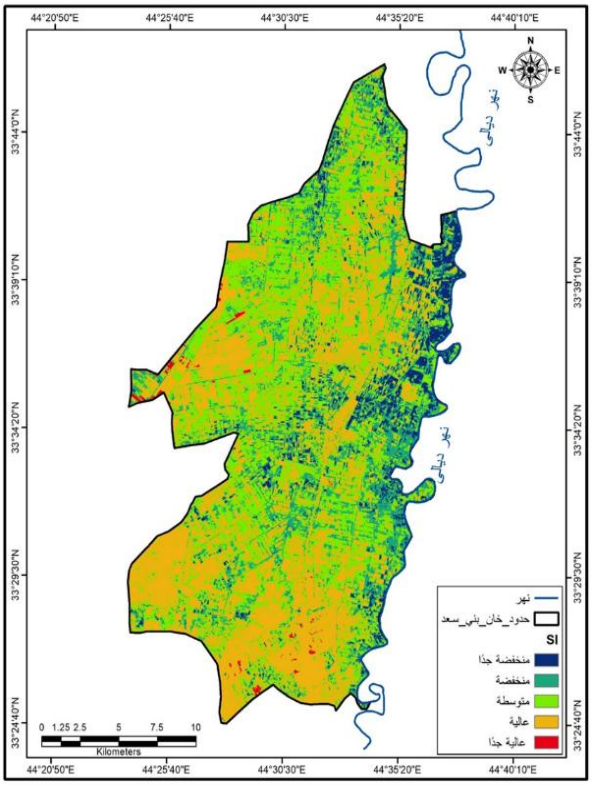
ثانيًا: اشتقاق مؤشر الملوحة

تم حساب مؤشر الملوحة الطيفي (Salinity Index (SI) –باستخدام الحزم الطيفية المناسبة من مرئية Landsatوفق المعادلة:

SI = (Band Red / Band NIR)

كما تم استخدام مؤشر الفرق المعياري للملوحة (NDSI) لتعزيز دقة الكشف عن الترب المالحة. بعد ذلك أُعيد تصنيف المؤشر إلى فئات تعكس درجات الملوحة (من منخفضة جدًا إلى عالية جدًا)، كما في الشكل (2).

الشكل 2: خريطة مؤشر الملوحة المستخرجة من لعام 2025

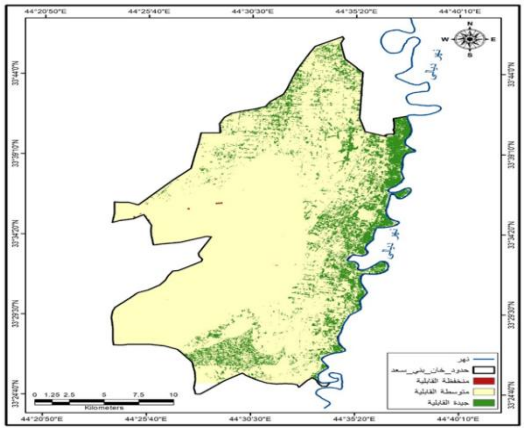


بالاعتماد على مرئية Landsat-8/9 (2025) ، ومخرجات برنامج ArcGis10.8

جدول 4: التحليل الإحصائي لمؤشر الملوحة حسب أنواع التربة في ناحية بني سعد (نتائج التحليل الإحصائي Zonal Statistics as Table باستخدام ArcGIS، 2025)

نوع التربة	متوسط مؤشر الملوحة (SI)	الانحراف المعياري	الاستنتاج التحليلي
تربة أحواض الأنهار المطمور (1)	0.780	0.088	ملوحة متوسطة – قابلية متوسطة
تربة انخفاضات الأحواض (2)	0.814	0.078	ملوحة مرتفعة نسبيًا – قابلية أقل
تربة كتوف الأنهار (3)	0.676	0.123	ملوحة منخفضة نسبيًا – قابلية أعلى
s / 53st53	0.779	0.080	تحسن ملحوظ قرب البزل
s24	0.770	0.099	قابلية متوسطة مستقرة
t / 23t21	– 0.799 – 0.815	0.066 – 0.077	قابلية أقل بسبب التملح

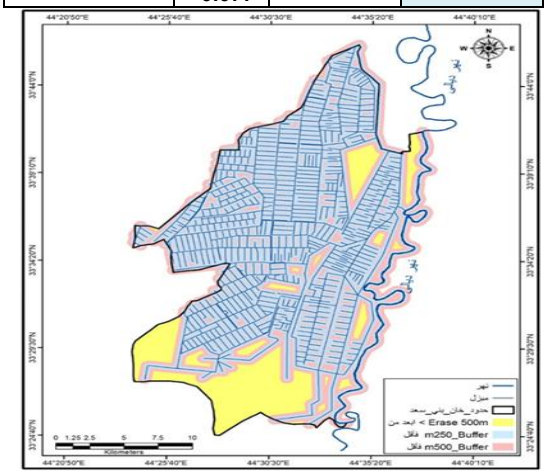
الشكل 4: خريطة قابلية الأراضي الزراعية النهائية Weighted Overlay (بالاعتماد على مرئية Landsat-8/9 2025 ، ومخرجات برنامج ArcGis10.8، وبيانات مديرية الموارد المائية ووزارة الزراعة



النتائج

أظهر تطبيق نموذج التراكب الموزون ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية تباينًا مكانيًا واضحًا في درجات قابلية الأراضي الزراعية داخل ناحية بني سعد. وقد أسفر التحليل عن تصنيف المنطقة إلى ثلاث فئات رئيسة للقابلية الزراعية هي: عالية، متوسطة، ومنخفضة.،يُظهر الجدول (4) وجود تباين واضح في متوسط مؤشر الملوحة بين الوحدات الترابية، إذ سجلت تربة كتوف الأنهار أدنى متوسط للملوحة، في حين ارتفعت القيم ضمن ترب انخفاضات الأحواض، مما انعكس على درجات القابلية الزراعية النهائية.

فتشير النتائج إلى أن فئة متوسطة القابلية استحوذت على المساحة الأكبر من منطقة الدراسة، إذ بلغت مساحتها (406.901 كم²) بنسبة (85.14%) من إجمالي المساحة المحللة البالغة (477.91 كم²). تلتها فئة عالية القابلية بمساحة (65.036 كم²) تمثل نسبة (13.60%). في حين اقتصرت فئة منخفضة القابلية على مساحة محدودة جدًا بلغت (0.175 كم²) بنسبة (0.04%) فقط.



خامسًا: نموذج التراكب الموزون (Weighted Overlay)

بعد إعادة تصنيف جميع الطبقات إلى مقياس موحد (1–3)، تم تطبيق نموذج التراكب الموزون وفق المعادلة:

$$\text{Land Capability} = \Sigma (Wi \times Xi)$$

حيث تمثل:

= Wi الوزن النسبي للعامل

= Xi درجة الفئة المعاد تصنيفها

أنتج النموذج خريطة نهائية لقابلية الأراضي الزراعية مقسمة إلى ثلاث فئات رئيسة وهي كالاتي : عالية القابلية، متوسطة القابلية ومنخفضة القابلية ، الجدول (3) و (4) .

جدول 3: توزيع فئات قابلية الأراضي الزراعية في ناحية بني سعد (اعتمادا على نتائج التحليل المكاني باستخدام Weighted Overlay 2025)

وتشير هيمنة فئة القابلية المتوسطة (85.14%) إلى أن المنطقة لا تعاني من تدهور شامل، وإنما من تباينات مكانية مرتبطة بدرجة كفاءة التصريف.

ويُفسر ذلك بأن طبيعة السهل الرسوبي المنبسط تجعل الانحدار عاملاً محدود التأثير مقارنة بعامل الصرف، وهو ما ينسجم مع ما طرحه [5] حول أهمية ترجيح العوامل المؤثرة وفق السياق البيئي المحلي ضمن نماذج القرار متعدد المعايير.

ومن جهة أخرى، فإن محدودية المساحات منخفضة القابلية (0.04%) تعكس وجود بنية تحتية مائية عاملة نسبيًا، إلا أن استمرار وجود جيوب منخفضة القابلية في المناطق البعيدة عن شبكات البزل يشير إلى ضرورة إعادة توزيع أو تعزيز شبكات التصريف في تلك الأجزاء.

وتُظهر المقارنة بين تأثير الري وتأثير البزل أن مشاريع الري وحدها لا تكفي لتحسين قابلية الأراضي في البيئات شبه الجافة، ما لم تُرافق بأنظمة تصريف فعالة تمنع ارتفاع منسوب المياه الجوفية. وهذا الاستنتاج يدعم التوجهات الحديثة في التخطيط الزراعي التي تدمج إدارة الري والصرف ضمن منظومة متكاملة لإدارة الموارد المائية.

الخاتمة

توصلت الدراسة إلى أن التخطيط التنموي المائي، وبخاصة مشاريع البزل، يؤدي دورًا حاسمًا في تحسين قابلية الأراضي الزراعية ضمن ناحية بني سعد. وأظهرت نتائج نموذج التراكب الموزون أن غالبية مساحة المنطقة تقع ضمن الفئة متوسطة القابلية، مع تركز الفئات الأعلى قرب شبكات البزل الفعالة.أكد التحليل أن عامل الصرف يفوق في تأثيره عامل الانحدار ضمن البيئة السهلية المنبسطة، وأن دمج المؤشرات الطيفية مع نماذج التحليل الهرمي يوفر أداة كمية دقيقة لدعم قرارات التخطيط الزراعي. حيث اكدت الابحاث الحديثة قدرة دمج البيانات الطيفية متعددة المصادر مع تقنيات النمذجة الإحصائية والذكاء الاصطناعي في تحسين دقة خرائط الملوحة.[16,17,18].

توصي الدراسة بتطوير شبكات البزل في المناطق البعيدة عن نطاق التأثير الحالي، واعتماد التحليل الجيومكاني متعدد المعايير كأداة مساندة في رسم سياسات إدارة المياه الزراعية لتحقيق الاستدامة في البيئات شبه الجافة.

وقد أظهرت الخريطة النهائية لقابلية الأراضي الزراعية (الشكل 4) تركز الفئات عالية القابلية في المناطق القريبة من شبكات البزل الفعالة، ولا سيما ضمن الوحدات الترابية المصنفة s24 وs53، والتي تتميز بقوام طيني غريني متوسط القابلية لتحسين الصرف عند توفر بنية تحتية مناسبة.

في المقابل، لوحظ استمرار انخفاض القابلية في بعض الأجزاء الواقعة خارج نطاق التأثير المباشر لشبكات البزل، رغم ملاءمة الانحدار وانخفاضه، مما يشير إلى أن عامل الصرف يمثل متغيرًا حاسمًا يتجاوز في تأثيره عامل الانحدار ضمن البيئة السهلية المنبسطة.

كما أظهر تحليل نطاقات القرب (Buffer Analysis)أن الأراضي الواقعة ضمن مسافة 500 م من قنوات البزل سجلت درجات ملوحة أقل مقارنة بالمناطق الأبعد، وهو ما انعكس إيجابًا على تصنيف القابلية الزراعية.

تؤكد هذه النتائج وجود علاقة مكانية واضحة بين كفاءة البزل وتحسن خصائص التربة السطحية، في حين كان تأثير مشاريع الري وحدها أقل وضوحًا في المناطق التي تعاني من ضعف تصريف المياه. تتفق نتائج هذه الدراسة مع الاتجاهات الحديثة التي تؤكد

أهمية الدمج للبيانات الطيفية والعوامل البيئية ضمن نماذج مكانية متقدمة لتحسين دقة التقييم [14,15].

المناقشة

أظهرت نتائج التحليل المكاني أن البنية التحتية للبزل تمثل العامل الأكثر تأثيرًا في تحسين قابلية الأراضي الزراعية ضمن البيئة السهلية المنبسطة لناحية بني سعد. ويتفق ذلك مع ما أشار إليه [3] من أن كفاءة الصرف الزراعي تُعد العامل الحاسم في الحد من تراكم الأملاح في منطقة الجذور، خاصة في الترب الطينية ذات النفاذية المنخفضة.

كما تتوافق النتائج مع ما توصل إليه [2] بشأن فعالية المؤشرات الطيفية المستخرجة من مرئيات Landsatفي الكشف عن التباينات المكانية في ملوحة التربة، حيث أظهر مؤشر الملوحة المستخدم في هذه الدراسة قدرة واضحة على تمييز المناطق ذات التراكم الملحي المرتفع.

المراجع

[1] Metternicht, G., & Zinck, J. A. 2003. Remote sensing of soil salinity: Potentials and constraints. Remote Sensing of Environment, 85(1), 1–20. https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00188-8

[2] Allbed, A., & Kumar, L. 2013. Soil salinity mapping and monitoring in arid and semi-arid regions using remote sensing technology: A review. Advances in Remote Sensing, 2(4), 373–385. https://doi.org/10.4236/ars.2013.2404

[3] Abbas, A., & Khan, S. 2007. Using remote sensing techniques for appraisal of irrigated soil salinity. Physics and Chemistry of the Earth, 32(15–18), 1218–1226. https://doi.org/10.1016/j.pce.2007.07.003

[4] Kumar, P., & Pant, C. C. 2023. Multi-criteria decision-making approaches for land suitability analysis using GIS techniques. Environmental Monitoring and Assessment, 195, 1123. https://doi.org/10.1007/s10661-023-

[5] Malczewski, J. 1999. GIS and multicriteria decision analysis. John Wiley & Sons.

[6] Taghizadeh-Mehrjardi, R., et al. 2025. Enhancing land suitability assessment through integration of AHP and GIS-based techniques for efficient agricultural planning in arid regions. Scientific Reports, 15, 14051. https://doi.org/10.1038/s41598-025-14051-7

[7] Shafieezad, F., Soleimani Motlagh, M., & Bahrami, H. A. 2024. Multivariate analysis and GIS approaches for modeling and mapping soil quality and land suitability in arid zones. Heliyon, 10(5), e27145. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e27145

[8] USGS. 2025. Landsat 8–9 surface reflectance data product. United States Geological Survey. https://earthexplorer.usgs.gov/

[9] Buring, P. 1960. Soil and soil conditions in Iraq. Ministry of Agriculture, Baghdad.

[10] Faleh Hassan. 1990. Agricultural Land Suitability in Iraq, Ministry of Agriculture.(In Arabic)

[11] Saaty, T. L. 1980. The analytic hierarchy process. McGraw-Hill.

[12] Regional Salinity Laboratory. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Handbook No. 60.

[13] Farzamian, M., et al. 2023. Landscape-scale mapping of soil salinity with multi-height electromagnetic induction and quasi-3D inversion in Saharan Oasis, Tunisia. Agricultural Water Management, 285, 108356.

[14] Nabiollahi, K., et al. 2021. Soil salinity prediction using machine learning and remote sensing in arid regions. Geoderma, 391, 114975.

[15] Wang, T., et al. 2025. High-resolution global soil salinity and sodicity mapping (1980–2024). covariates and hybrid machine 134604

The Impact -Oriented Development Planning (Irrigation and Drainage Projects) on Agricultural Land Capability in Bani Saad Sub-District Using Geospatial Techniques

Dr. Talal Monehil Kareem1*, . Nizar Mahmood Mohamed2,
talal.ge.hum@uodiyala.edu.iq Nazar.gev.hum@uodiyala.edu.iq
1* Department of geography, College of Education for Human Sciences, University of Diyala, City Diyala, Country , Iraq
2 Spatial Research Unit, College of Education for Human Sciences, University of Diyala, City Diyala , Country , Iraq

ABSTRACT
This study examines the spatial impact of water development planning, represented by irrigation and drainage projects, on the reconfiguration of agricultural land capability in Bani Saad Sub-District, Diyala Governorate, within a semi-arid alluvial environment characterized by soil salinity and inadequate drainage efficiency. The study area covers 477.91 km². The analysis was based on Landsat-8/9 imagery (2025) with a spatial resolution of 30 m, integrated with historical soil maps (Buringh) and the Iraqi land capability classification of Faleh Hassan, in addition to slope, land use, and irrigation–drainage network data within a GIS environment.
A Salinity Index (SI) was calculated and integrated with natural and anthropogenic factors using the Analytical Hierarchy Process (AHP) and weighted overlay modeling, after verifying the consistency of pairwise comparisons. The results revealed the dominance of moderately suitable land across most of the study area, followed by highly suitable land, while low suitability areas were spatially limited. Highly suitable lands are concentrated along the Diyala River and within the immediate proximity of drainage networks, where lower salinity index values were recorded, particularly within soil units 24s and 53s.
The findings highlight drainage efficiency as the decisive factor in flat clay-rich environments and demonstrate that integrating geospatial techniques with multi-criteria evaluation provides a robust analytical framework for supporting water management decisions and enhancing agricultural sustainability in semi-arid regions.

Keywords: Multi-criteria analysis; GIS; Salinity Index

المعايرة والتحقق لنموذج (HEC-HMS) في تقدير الجريان السطحي لحوض (نارين جاي).

م.د علي شعلان حسين خضير
Ali0123.gev.hum@uodiyala.edu.iq
1 قسم الجغرافية ، كلية التربية للعلوم الانسانية، جامعة ديالى، المدينة بعقوبة، العراق

الملخص

يهدف هذا البحث الى معايرة نظام النمذجة الهيدرولوجية (HEC–HMS) Hydrologic Engineering Centre– Hydrologic Modeling System) التابع لمركز الهندسة الهيدرولوجية في فيلق المهندسين بالجيش الامريكي ، والتحقق من نتائجه، بمقارنته بجريان سطحي فعلي في حوض نارين جاي احد روافد نهر ديالى في العراق، وتحديد المتغيرات الاكثر حساسية التي تؤثر في حجم الجريان السطحي ومعايرتها بحيث تتطابق او تتقارب نتائج النموذج مع الواقع، لما له من اهمية في استخدامه فيما بعد كنموذج جاهز في التنبؤ بالسيول في الحوض وامكان استخدامه في احواض اخرى.

وقع الاختيار على حوض نارين جاي لتكرار تعرض الحوض لسيول مفاجئة ، بالإضافة الى إن الحوض ينبع ويصب في داخل العراق، مما يساعد في الحصول على بيانات دقيقة تعطي نتائج ادق في عملية المعايرة، واستخدمت في الدراسة نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) للقمر الاصطناعي Alos Palsar-Resolution12.5, Sensor (RT1)، وبيانات الامطار بالساعات لعاصفة مطرية فعلية وبيانات التصريف عند (بحيرة حمرين) وخصائص السطح للحوض لاستخراج قيمة (SCS-CN)، واستخلاص الهيدروجراف (UH- SCS) وخرجت الدراسة بجملة من النتائج اهمها ان قيمة التجريد الاولي Iaاكثرها حساسية في عملية المعايرة يليها متغير رقم المنحنىCN واخيراً قيمة Lag Time .

الكلمات المفتاحية:المعايرة: HEC-HMS :نارين جاي :تحليل الحساسية .

1- المقدمة

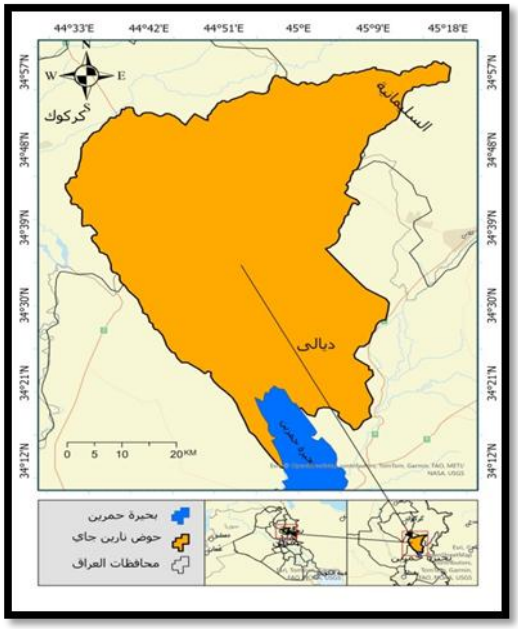
لمحاكات (Simulation) الجريان ، اذ يتأثر نظام التصريف النهري بعدة عوامل تحدد كمية الجريان السطحي وحجم المياه المفقودة سواء بالتبخر والرشح وغيرها ،وهذه المتغيرات متمثلة بمجموعة من البيانات، وتشمل بيانات الامطار وبيانات التربة والمرئيات الفضائية لاستخلاص احواض وشبكات التصريف وتحديد المتغيرات الطبيعية التي تؤثر على هيدرولوجية الاحواض من تركيب التربة وقدرتها على الرشح والتسرب وتصنيف الغطاء الارضي ومدى تأثيره على كمية الجريان والتسرب ،وتشمل قيمة (رقم المنحنى) (CN) عبر اعتماد طريقة (SCS-CN) لتقدير حجم الفقدان من مياه الامطار بالتسرب الباطني بالإضافة الى اعتماد طريقة التحويل (SCS-UH) لرسم الهيدروجراف ، واختيار طريقة التوجيه (Muskingum) لمعرفة تأثير المجاري على وقت وحجم الهيدروجراف، وبعدها بعد ادخال هذه المتغيرات في النموذج وعمل المحاكات يتم تقدير حجم الجريان السطحي، وبعدها عمل معايرة للنموذج بحيث يصبح زمن وقيمة الذروة متقارب وحجم الجريان الكلي متقارب للتصريف المحسوب والمقاس.

النماذج الهيدرولوجية هي تمثيل بسيط للواقع الهيدرولوجي بمختلف فروعة وهذا التبسيط يعني نتائج غير دقيقة لان الواقع هو نظام معقد للغاية، لذا لكل نموذج هيدرولوجي يحتاج الى معايرة بحيث تتطابق او تقترب النتائج المحسوبة مع النتائج على ارض الواقع، وبالتالي يصبح نموذج قابل للتطبيق في الحوض لمحاكات هيدرولوجية الحوض.

نموذج (HEC-HMS) هو اختصار لجملة (Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System) (مركز الهندسة الهيدرولوجية – نظام النمذجة الهيدرولوجية) هو من النماذج الهيدرولوجية التابع لفيلق المهندسين بالجيش الامريكي طوره مركز الهندسة الهيدرولوجية ، يهدف الى المحاكات الهيدرولوجية والمتمثلة بمحاكات الهطول بأنواعه وذوبان الثلوج والجريان السطحي في احواض التصريف (خطاب وسليم ،2021).

لحساب الجريان السطحي نحتاج الى استخراج مجموعة من المتغيرات التي يطلبها نموذج (HEC-HMS)

شكل(1) موقع منطقة الدراسة



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على برنامج ARC GIS Pro

المواد وطرائق العمل

يتضمن هذا الجانب الاتي:-

استخراج المتغيرات (Parameters):

للقيام بالنمذجة الهيدرولوجية يتطلب استخراج مجموعة من المتغيرات التي يطلبها نظام النمذجة الهيدرولوجية (HEC-HMS) لعمل محاكات (Simulation)لهطول الامطار والسيناريوهات التي ستمر بها هذه المحاكات، اذ يتأثر نظام التصريف النهري بعدة عوامل تحدد كمية الجريان السطحي وحجم المياه المفقودة سواء بالتبخر والرشح وغيرها ،وهذه المعلمات تحتاج الى مجموعة من البيانات، والتي تتضمن بيانات الامطار وبيانات التربة والمرئيات الفضائية، من اجل رسم وتعريف احواض وشبكات التصريف وتحديد المتغيرات الطبيعية التي تؤثر على هيدرولوجية الاحواض من نسيج التربة وطاقتها من الرشح والتسرب وتصنيف الغطاء الارضي ومدى تأثيره على كمية الجريان والتسرب ،وتتمثل هذه المتغيرات بتحديد قيمة (رقم المنحنى) (CN) من خلال اعتماد طريقة (SCS-CN) لتقدير الفاقد من مياه الامطار بالتسرب

تم اختيار حوض (نارين جاي) لعمل المعايرة، لصغر مساحته، لما لهذا الصغر دور في دقة النتائج، بالإضافة الى انه ينبع ويصب في داخل العراق عند بحيرة حمرين، مما يسهل عملية الحصول على بيانات دقيقة.

هدف الدراسة

حساب حجم الجريان السطحي بتطبيق نموذج HEC-HMS اعتماداً على البيانات الهيدولوجية المتاحة.

معايرة النموذج (Calibration) لتحسين دقة تمثيل العمليات الهيدرولوجية ومطابقة النتائج مع البيانات المرصودة.

تحديد اكثر المتغيرات الهيدرولوجية حساسية في التأثير في حجم الجريان السطحي.

دعم ادارة الموارد المائية عبر انشاء نموذج هيدرولوجي يمكن الاعتماد عليه في التنبؤ بالسيول.

موقع منطقة الدراسة

يقع الحوض من ضمن نطاق الطيات الواطئة او المنطقة المتموجة وهو احد روافد نهر ديالى وهو من الاحواض الموسمية، يقع من ضمن اربع محافظات عراقية هي السليمانية من الشمال الشرقي وكركوك شمالاً وصلاح الدين غرباً وديالى شرقاً وجنوباً ، ويصب في بحيرة حمرين جنوباً ، ويقع فلكياً بين دائرتي عرض (34057'00"N) و (34012'00"N) شمالاً وخطي طول (44033'00"E) و (450'18"00E) شرقاً.

جدول (1) الطرق المستخدمة في التحليل الهيدرولوجي لحوض (نارين جاي) باستخدام (HEC-HMS)

الرقم	النموذج Model	الطريقة Method	المعلمات المطلوبة Parameters
1	طريقة الفقدان Loss Rate Parameter	SCS – CN	قيمة (CN) وقيمة التجريد الاولي (Ia)
2	طريقة تحويل الجريان السطحي Runoff Transform	SCS – UH	Lag time (min) زمن التباطؤ
3	طريقة التوجيه Routing Method Constants	Muskingum	قيمة X تأثير التخزين في القنوات، و K تأخير قمة التفريغ

شكل (2) المجموعات الهيدرولوجية للتربة في حوض (نـــــــــارين جـــــــــاي)



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على برنامج ARC GIS Pro وتصنيف الهيأة الامريكية لصيانة التربة (SCS) 1986.

ثم صنفت الهيأة الأميركة لصيانة التربة (SCS) الغطاء الارضي (Land Cover) الى فئات كل فئة لها خصائص هيدرولوجية من خلال طاقتها على الرشح والتسرب لتقوم بعدها بدمج غطاء التربة (Soil Cover) مع الغطاء الارضي (Land cover) ومعرفة ما يتقاطع من فئة تربة هيدرولوجية معينة مع فئة غطاء ارضي معين لاستخراج خصائص التسرب لهذا التقاطع ومقدار قدرته على توليد جريان سطحي والوصول الى قيمة منحنى التسرب (CN) (Curve Number) وهو عدد صحيح يبدأ من صفر الى 100 كل ما اقتربت القيمة من 100 دل ذلك على قدرة السطح على توليد جريان سطحي اكبر وان عملية التسرب والرشح قليلة والعكس صحيح (USDA,1986).

السطحي بالإضافة الى اعتماد طريقة التحويل (SCS-UH)اي تحول الفائض من مياه الامطار الى جريان سطحي ، واختيار طريقة التوجيه (Muskingum) التي سنتطرق لها لاحقاً.

اولاً: استخراج قيمة (CN) (Curve Number):

تؤثر الخصائص الطبيعية من صخور وتكوين جيولوجي ومناخ والنبات والتربة بالإضافة الى العامل البشري المتمثل بالعمران من مصانع ومدن ومزارع ورصف الطرق وغيرها على مقدار الجريان السطحي ،ولكن يتفاوت مقدار تأثير هذه العوامل لذلك قامت الهيأة الامريكية لصيانة التربة وحمايتها (SCS) بدراسة مقدار تأثير تلك الخصائص على عملية الجريان السطحي ،اذ قامت بدراسة تربات العالم على اساس خصائصها الهيدرولوجية من قدرتها على التسرب والامتصاص ،اذ قسمت تربات العالم الى 8500 نوع من الترب ،مقسمة الى اربعة مجموعات كل مجموعة تمثل خصائص التربة الهيدرولوجية (A-B-C-D) (العوضي ،2016).

جدول (2) تصنيف التربة الهيدرولوجي في حوض (نارين جاي) بحسب طريقة (SCS)

صنف التربة	التصريف السطحي	نوع التربة	المساحة / كم	النسبة %
B	متوسط	تربة رملية اقل سمك من الصنف A مع نفاذية متوسطة ذات نسجة مزيجية الى مزيجية غرينية طينية ضحلة توجد في الوسطوالجنوبية الغربية من الحوض.	1321.63	37.17
C	فوق المتوسط	تربة طينية محدودة العمق بمعدل نفاذية دون المتوسط ذات نسجة مزيجية طينية توجد في الاجزاء الوسطى من الحوض	1062.45	36.55
D	عال	تربة طينية سميكة او صخور عارية توجد شمال الحوض	722.10	26.28
المجموع			3106.33	100

المصدر: تصنيف الهيأة الامريكية لصيانة التربة (SCS) 1986، وشكل رقم (2).

تصنيف الغطاء الارضي لحوض نارين جاي Land Cover :

اراضي جرداء Bare Ground:

هي المناطق الارضية العارية المتكونة من الصخور او التربة مع انعدام النباتات، او وجودها يكاد يكون منعدم طوال العام، والتي لا يظهر لها نشاط زراعي او سكاني ويحدث هذا النوع من الغطاء الارضي جرياناً سطحياً من متوسط الى كبير مع ثبات العوامل الاخرى ،لأنه لا يحتوي على معوقات عملية الجريان السطحي كالنباتات وغيرها وبلغت نسبتها من مساحة الحوض (8.20)% اي بمساحة (254.69) كم2.

اراضي عمران Built Area:

تشمل المجمعات السكنية وشبكات الطرق والسكك الحديد والاسطح الكبيرة المنيعة والمنشأة المدنية والمصانع والمطارات، وكل المنشئات المتعلقة بنشاط الانسان، والتي تلعب دوراً كبيراً في التأثير على عملية الجريان السطحي، فأغلب هذه المنشئات تكون صماء لا تسمح بمرور المياه الى داخلها وبالتالي قيمة رقم المنحنى (CN) يكون كبير وتتمثل هذه المناطق في حوض نارين جاي في المدن الرئيسة ، ،تبلغ مساحة هذه المناطق (23.34) كم2 اي بنسبة (0.75)% من المساحة الكلية للحوض.

مناطق المسطحات المائية Water bodies :

هي المناطق التي يتواجد فيها الماء على مدار العام ولا تشمل المناطق ذات المياه المتفرقة او سريعة الزوال، ويتمثل تواجدها في حوض نارين جاي في مساحات قليلة متمثلة ببحيرات السدود الرئيسة كسد (كفري) و(بحيرة حمرين) ،وتعتبر القيمة لرقم المنحنى (CN) تساوي (100) اي انه لا تفقد اي كمية من هطول الامطار على هذا الغطاء ،مما ستولد جرياناً سطحياً كبيراً الا ان تأثيرها ليس بالدرجة الكبيرة ،بسبب صغر مساحتها بالنسبة لمساحة الحوض، فقد بلغت مساحتها (472) كم2 وبنسبة (15.19)% من مساحة الحوض.

مناطق المراعي الفقيرة Range Land:

يمثل هذا الغطاء اهمية كبيرة في حوض نارين جاي لما يشكله من مساحة كبيرة وواسعة ومنتشرة في كل اجزاء الحوض ،اذ بلغت مساحته (724.44) كم2 اي بنسبة (22.57)% من مساحة الحوض الكلية، وهي مناطق مفتوحة مغطات بالأعشاب المتجانسة،

جدول (3) صنف الغطاء الارضي وما يقابله من قيم منحنى الجريان (CN) وفق طريقة (SCS)

صنف الغطاء الارضي	وصف الغطاء الارضي	D	C	B	A
المناطق الصناعية والتجارية والحضرية	منازل المدينة منازل سكنية كبيرة الحجم 1/8 فدان او اقل	92	90	85	77
محاصيل الصف	صف مستقيم جيد	89	85	78	67
غابات حشائش بساتين دائمة الخضرة	معتدلة	82	76	65	44
المراعي او الاراضي العشبية او المراعي علف مستمر للرعي	جيد	80	74	61	39
اراضي جرداء رواسب منحدرات		89	86	79	68
مسطحات مائية		100	100	100	100

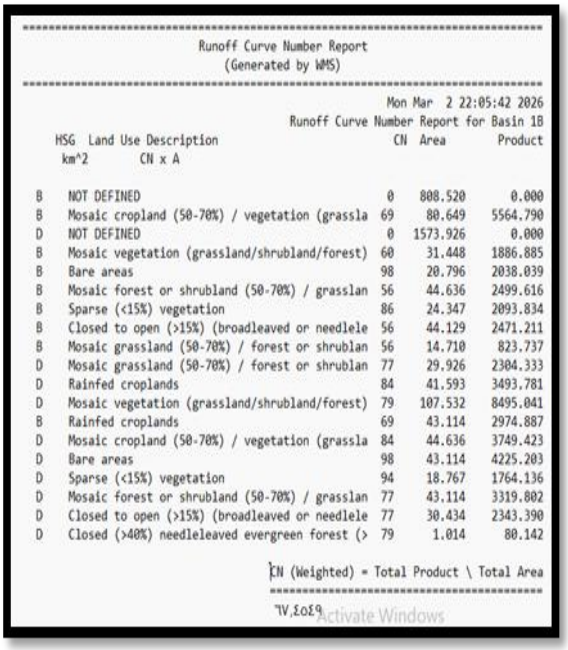
المصدر: USDA,1986,P.5-8.

الغطـــاء الارضـــي للحـــوض، وكانـــت قيمـــة (CN)المـــوزون (67.4549) بعـــد الاخـــذ بعـــين الاعتبـار القيمـة المسبقة لرطوبـة التربـة. شـكل (3) العمليات الحسابية في برنـامج (WMS) لاستخراج قيمة (CN)



المصـــــدر: بالاعتمـــــاد علـــــى مخرجـــــات برنامج(WMS11.3)

شـكل (4) مخرجـات العمليـات الحسـابية فـي برنـامج (WMS) لاستخراج قيمة (CN)



Runoff Curve Number Report
(Generated by WMS)

Mon Mar 2 22:05:42 2026
Runoff Curve Number Report for Basin 1B

HSG	Land Use Description	CN	Area km^2	Product CN x A
B	NOT DEFINED	0	808.520	0.000
B	Mosaic cropland (50-70%) / vegetation (grassla	69	80.649	5564.790
D	NOT DEFINED	0	1573.926	0.000
B	Mosaic vegetation (grassland/shrubland/forest)	60	31.448	1886.885
B	Bare areas	98	20.796	2038.039
B	Mosaic forest or shrubland (50-70%) / grasslan	56	44.636	2499.616
B	Sparse (<15%) vegetation	86	24.347	2093.834
B	Closed to open (>15%) (broadleaved or needlele	56	44.129	2471.211
B	Mosaic grassland (50-70%) / forest or shrublan	56	14.710	823.737
D	Mosaic grassland (50-70%) / forest or shrublan	77	29.926	2304.333
D	Rainfed croplands	84	41.593	3493.781
D	Mosaic vegetation (grassland/shrubland/forest)	79	107.532	8495.041
B	Rainfed croplands	69	43.114	2974.887
D	Mosaic cropland (50-70%) / vegetation (grassla	84	44.636	3749.423
D	Bare areas	98	43.114	4225.203
D	Sparse (<15%) vegetation	94	18.767	1764.136
D	Mosaic forest or shrubland (50-70%) / grasslan	77	43.114	3319.802
D	Closed to open (>15%) (broadleaved or needlele	77	30.434	2343.390
D	Closed (>40%) needleleaved evergreen forest (>	79	1.014	80.142

CN (Weighted) = Total Product \ Total Area

المصـــــدر: بالاعتمـــــاد علـــــى مخرجـــــات برنـامج (WMS11.3) وطبقـة الغطـاء الارضـي والتربة وتصنيف USDA,1986,

ثانيـاً: حسـاب زمـن التركيـز Time Of Concentration:

والقليل من النباتات الطويلة المتناثرة ،مع انعدام وجود النشاط البشري تقريباً، ويبدأ نمو الاعشاب في بداية فصل الربيع اي في نصف شهر فبراير او بداية شهر مارس في اواخر موسم هطول الامطار.

الغابات والاشجار محاصيل واراضي ديمية:

بلغـت نسـبتها (17.43)% مـن مسـاحة الحـوض، وشـغلت مسـاحة (541.69) كـم2، وتشـمل منـاطق الغابات والاشجار الطبيعية، في المناطق الجبلية، من الحوض بالإضـافة الـى بعض المحاصـيل الزراعيـة المختلفة والبساتين ومناطق الزراعة التي تعتمد على مياه الامطار .

غطاء نباتي متنوع:

بلغت مساحتها (1121)كم2 وبنسبة (36%) من مساحة الحوض وتشمل نباتات متنوعة، تعمل على عرقلة الجريان مما يؤدي الى زيادة النفاذية، وبالتالي جريان سطحي اقل.

جدول (4) مساحة صنف الغطاء الارضي لحوض (نارين جاي)

صـنف الغطـاء الارضي	المساحة/كم2	النسبة%
اراضي جرداء	254.69	8.20
اراضي عمران	23.34	0.75
مسطحات مائية	472	15.19
مراعي فقيرة	724.44	22.57
اشـــــــجار ومحاصـــــيل، ديمية	541.69	17.43
غطـــاء نبـــاتي متنوع	1121	36
المجموع	3106.33	100%

المصـدر: مـن عمـل الطالـب بالاعتمـاد علـى: مرئيـة فضائية للقمر الاصطناعي (Sentinel 2-R10M) وبرنامج Arc GIS Pro

بعـد ان اسـتخرجنا طبقتـي التربـة والغطـاء الارضـي لحوض (نارين جاي) تـم استخراج قيمـة رقم المنحنـى (CN) بوسـاطة برنـامج (WMS11.3) فقمنـا مـن خلاله بدمج طبقتي التربة الهيدرولوجية للحوض مع

$$Qd = \frac{(P - Ia)2}{P + (0.8 + S)} \quad For\ P > 0.2 * S$$

(
(ر صفر) = $\rightarrow Qd = 0\ For\ P \leq 0.2 * S$
اذا كان P اصغر او يساوي Ia).

تعني:

Qd = كمية المياه المتبقية (مم) التي تشكل جرياناً سطحياً حقيقياً.

P = أعلى كمية هطول مطر خلال 24 ساعة.

Ia = قيمة التجريد الاولي ويمكن حسابه من المعادلة التالية:

Ia = 0.2 * S

(HEC-HMS,2020)

جدول (5) الخصائص الهيدرولوجية لحوض (نارين جاي)

الاحواض	قيمة CN	طول المجرى/كم	انحدار الحوض	قيمة S	قيمة Ia	قيمة TC	زمن التباطؤ بالساعات	زمن التباطؤ بالدقائق
نارين جاي	67.4549	20.976	0.05105	122.6	4.09	3.4	2.04	120

المصدر:من عمل الطالب بالاعتماد على: المعادلات المورفومترية وطريقة SCS-CN.

رابعاً: اختيار طريقة التوجيه للاحواض الفرعية Routing Muskingum Method:

هناك اسباب عديدة تؤدي الى حدوث تغيير في الهيدروجراف ،على مستوى الحجم والوقت ،من المعلوم ان الهيدروجراف هو علاقة بين حجم المياه (Q) والوقت (t) التي تستغرقه هذه المياه للوصول هي الفترة الزمنية التي تستغرقها المياه في قطع المسافة بين ابعد نقطة في خط تقسيم المياه الى المصب، ويعكس زمن التركيز سرعة الجريان المائي داخل الحوض ،ويتأثر بالخصائص الشكلية والتضاريسية للحوض (Fang,et al,2008,P.202).

،ويحسب عن طريق المعادلة التالية:

$$T_c = \frac{\ell^{0.8}(S+1)^{0.7}}{1{,}140Y^{0.5}} \qquad Lag = 0.6T_c$$

(HEC-HMS,2002)

تعني:

l = طول اطول تدفق تيار بالقدم

Y = انحدار سطح الحوض.

Lag = زمن التباطؤ بالساعات ،ويقصد به الفترة الزمنية بين بداية هطول المطر وحتى بداية الجريان السطحي ،كلما كانت قيمة هذا المعامل منخفضة كلما ارتفعت خطورة الجريان، لقصر الوقت اللازم لاتخاذ تدابير الوقاية (حطاب وسليم،2021).

S = معامل يشير الى الامكانية القصوى لاحتفاظ التربة بالماء ويعني ذلك ان القيم المنخفضة تشير الى قلة قدرة السطح على الاحتفاظ بالماء مما يؤدي الى زيادة كميات التصريف والعكس ويمكن استخراجها عن طريق المعادلة التالية:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

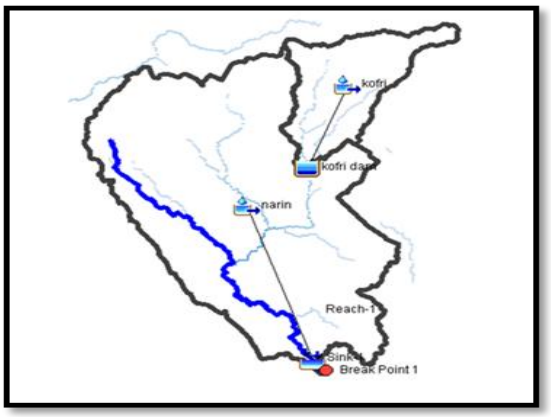
(USDA,1986)

ثالثاً: حساب نسبة التجريد الاولي من مياه الامطار Initial Abstraction:

يمثل التجريد الأولي (Ia) الكمية النهائية من هطول الأمطار التي يمكن امتصاصها من قبل السطح وفقدانها إما عن طريق التبخر أو عن طريق التخزين داخل المنخفضات قبل بداية الجريان السطحي .

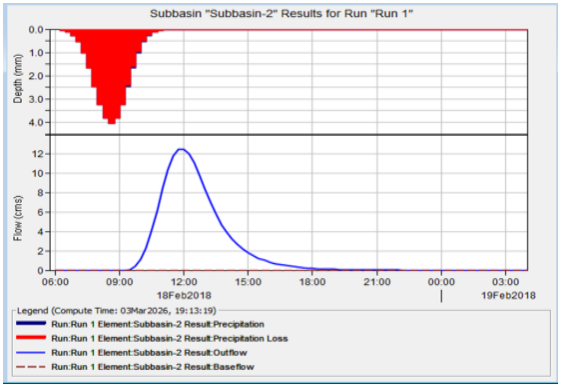
يعتمد تقدير فائض هطول الأمطار المتراكم على استخدام الأراضي، وهطول الأمطار التراكمي، والرطوبة المسبقة للتربة ، ونوع التربة .يمكن استخدام المعادلة التالية لحساب نسبة الفاقد من هطول الامطار:

شكل (5) حوض (نارين جاي) والحوض الفرعي الذي يصب في بحيرة (سد كفري)

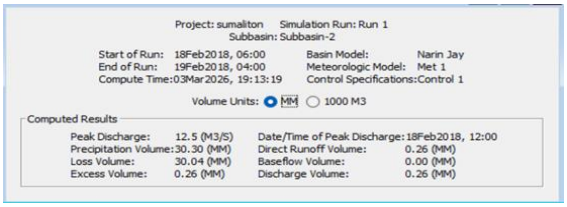


المصدر: مخرجات برنامج (HEC-HMS.V.4.7.1).

شكل (6) مخرجات نموذج (HEC-HMS) الهيدروجراف للحوض عند (سد كفري)



المصدر: مخرجات برنامج (HEC-HMS.V.4.7.1).



شكل (7) مخرجات نموذج (HEC-HMS) زمن العاصفة وكمية الامطار والفاقد وحجم التصريف للحوض عند (سد كفري)

الى قمة التصريف ،هذه العلاقة تتعرض للتغير من خلال سيرها لمسافات طويلة في قنوات المجاري ،بسبب تأثير تخزين هذه القنوات، بالإضافة الى اعتراض الهيدروجراف ،البحيرات الطبيعية وبحيرات السدود مما يؤدي الى خزن واعتراض اغلب كمية المياه الجارية مما يؤدي الى تغير الهيدروجراف بشكل جذري على مستوى الحجم والوقت.

اما تأثير المجاري على شكل الهيدروجراف فقد تم اختيار طريقة (Muskingum) لتقدير تأثير فعل هذه المجاري على شكل الهيدروجراف ،وتستخدم هذه الطريقة لتوجيه الجريان المقطوع، ويحتاج هذا النموذج الى معايرة متغيرين(X و K) الاول هو معامل ثابت يتراوح قيمته من (0 و0.5) وهو يعبر عن تأثير التخزين في المجاري على التدفق ،اما المتغير الثاني (K) فيعبر عن قيمة زمنية تتراوح من (1-5) ساعات مرتبط بالتأخير لقمة التفريغ ويمكن استخراجها من المعادلة التالية:

$$K = L / Vw$$

(HEC-HMS,2020)

تعني :

Vw = هي سرعة موجة الفيضان وقد بلغ متوسط سرعة التيار (1.5) من بيانات بحيرة حمرين.

L = هو طول المسافة او الوصول.

النتائج والمناقشة (SA 10)

اولاً: محاكات الاحواض الفرعية Sub-basins simulation:

حوض (نارين جاي) هو حوض صغير لكن قمنا بتقسيمه الى حوضين لتكون عملية المعايرة (Calibration) دقيقة لان الحوض يحتوي على بحيرة سد (كفري) ولا يمكن تجاهل تأثير هذه البحيرة على حجم التصريف وشكل الهيدروجراف عند المصب في بحيرة حمرين لذا فان المصب عند سد (كفري) اعتبرناه حوض مستقل، وما بعده حوض اخر وبسبب عدم وجود محطات هيدرولوجية عند سد (كفري) تم حساب حجم الجريان المحاكي عند نقطة المصب فيه، واخذها بعين الاعتبار عند عمل معايرة مع حجم الجريان عن (بحيرة حمرين).

واضح وكبير بين الهيدروجرافين في الحجم وفي التوقيت ويعود ذلك الى وجود الخزانات الطبيعية والسدود المقامة على روافد حوض (نارين جاي)، والتي تحتجز جزء كبير من المياه.

معايرة النموذج هي عملية منهجية لضبط قيم معلمات النموذج حتى تتطابق نتائج النموذج بشكل مقبول مع البيانات المرصودة، ويُوصَف المقياس الكمي لهذا التطابق بدالة الهدف، في نماذج الهطول والجريان السطحي، تقيس هذه الدالة درجة التباين بين الرسوم البيانية المحسوبة والمرصودة للتدفقات المائية (Cunderlik,2004).

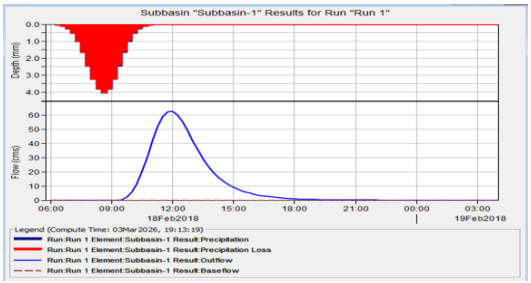
تُحدد عملية المعايرة (Calibration) قيم المتغيرات المثلى التي تُقلل دالة الهدف، كما تُقدّر المعايرة بعض المتغيرات النموذج التي لا يُمكن تقديرها بالملاحظة أو القياس، أو التي ليس لها معنى فيزيائي مباشر.

تم عمل معايرة للنموذج عبر مقارنة الهيدروجراف المقاس مع الهيدروجراف المحاكي عند بحيرة حمرين لنفس العاصفة المطرية في يوم (2018/2/18) التي بدأت في الساعة السادسة مساءاً (30.3ملم)، تم تعديل تدريجي لقيم المعاملات(الفاقد - والتحويل) لتقليل الفرق بين الهيدروجراف المرصود والمقاس، واهمها قمة التصريف وزمن الوصول لقمة التصريف وحجم الجريان الكلي، وتم عمل تحليل حساسية للمتغيرات الذي يُستخدم لتحديد مدى تأثير تغير قيم معاملات النموذج على نتائج المحاكاة ، ويساعد هذا التحليل على معرفة المعاملات الأكثر تأثيراً في مخرجات النموذج، وبالتالي تقييم مدى استقرار النموذج ودقة نتائجه.

وقد شمل التحليل اختبار تأثير بعض المعاملات المهمة في نمذجة الجريان السطحي، ومن أبرزها رقم المنحنى (Curve Number – CN) وزمن التباطؤ (Lag Time) ، وقيمة التجريد الاولي (IA) حيث تم تغيير قيمة كل معامل بنسبة ±10%من قيمته الأصلية المستخدمة في عملية المعايرة.

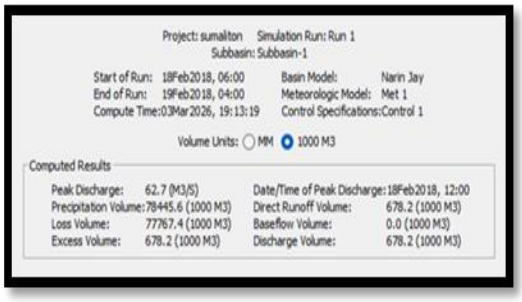
وبعد ذلك تم تشغيل النموذج في كل حالة ومقارنة النتائج الناتجة مع الحالة الأساسية.

شكل (10) الهيدروجراف المحاكي والمرصود لحوض (نارين جاي) عند بحيرة (حمرين)



المصدر: مخرجات برنامج (HEC-HMS.V.4.7.1).

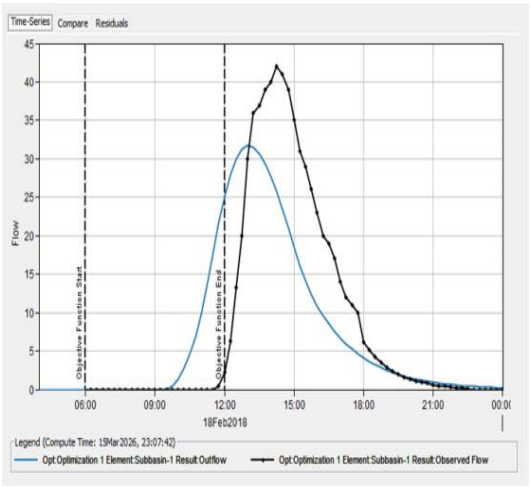
شكل (8) مخرجات نموذج (HEC-HMS) الهيدروجراف لحوض (نارين جاي)



المصدر: مخرجات برنامج (HEC-HMS.V.4.7.1).

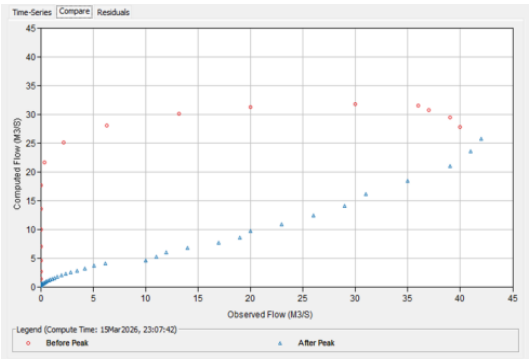
ثانياً: معايرة النموذج (Calibration) :

ذكرنا سابقاً تأثير المجاري المائية على شكل وحجم الهيدروجراف ،ويكون التأثير بصورتين على (Peak Discharge) و(Time) ،هناك صورة اخرى للتأثير على كمية وتوقيت الجريان السطحي، التي تسمى (Reservoir Flow Routing) تأثير الخزانات ،والذي يعني تأثير البحيرات الطبيعية او الاصطناعية الخاصة ببحيرات السدود، فعندما تعترض بحيرة ما او سد ما الهيدروجراف يتم تخزين الجزء الاكبر منه داخل هذه البحيرة ومن ثم يخرج، وقد فقد الجزء الاعظم منه مع اختلاف التوقيت فالسدود يتحكم بها في وقت الاطلاقات وكميتها (Carter and Godfry,1960). بالإضافة الى تأثير قيمة CN فهي تؤثر بصورة مباشرة بحجم التصريف وكذلك قيمة Lag Time من تتبع شكل رقم (8) نجد تأثير ذلك في منطقة الدراسة فالشكل يوضح الهيدروجراف بالخط الازرق هو الهيدروجراف المحاكى في نموذج (HEC-HMS) اما الهيدروجراف بالخط الاسود هو الوارد المائي (لبحيرة حمرين) لنفس فترة المحاكات فنجد الفرق



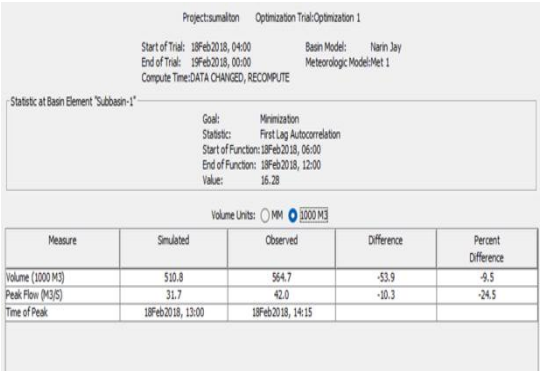
المصـــــــدر: مخرجـــــات برنـــــامج (HEC-HMS.V.4.7.1).

شـكل (13) التغيـر بقـيم التصـريف لحـوض (نـارين جاي) قبل وبعد تحليل حساسية (CN)



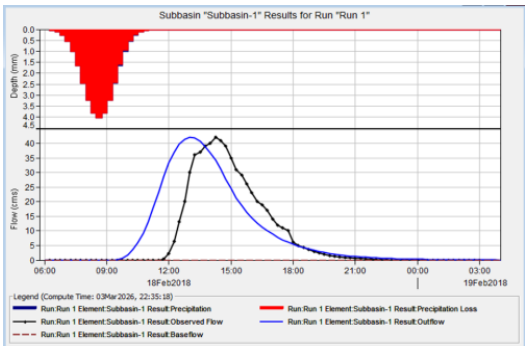
المصـــــــدر: مخرجـــــات برنـــــامج (HEC-HMS.V.4.7.1).

شـكل (14) كميـة الاخـتلاف بحجـم التصـريف بعـد تحليل الحساسية لقيمة (CN)



المصـــــــدر: مخرجـــــات برنـــــامج (HEC-HMS.V.4.7.1).

شـكل (15) الهيـدروجراف المحـاكي والمرصـود لحوض (نارين جاي) بتحليل حساسية قيمة (IA)ا



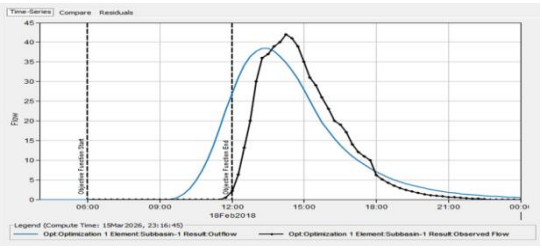
1- تحسـناً فـي تطـابق الهيـدرجراف المحـاكي والمرصـود حيث اقتربت قيمة الذروة المحاكات من القيمة المرصودة.

2- تحسن تمثيل زمن الذروة وشكل المنحنى العام، مما يبرهن على ان معاملات النموذج بعد المعايرة اصبحت اكثر تمثيلاً للواقع الهيدرولوجي للحوض المدروس.

نتـائج تحليـل الحساسـية Sensitivity Analysis:

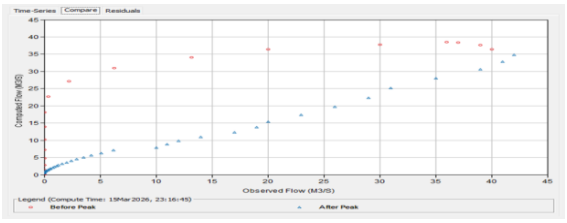
عبـر الاشـكال رقـم (10) و (11) و(16) اظهـرت نتائج تحليل الحساسية أن تغير قيمة رقم المنحنى (CN)يؤدي إلى تغير ملحوظ في قمة التصريف (Q)، إذ إن زيادة قيمة (CN) تؤدي إلى زيادة كمية الجريان السطحي وبالتالي ارتفاع قيمة التصريف ، في حين أن تقليل قيمته يؤدي إلى انخفاض التصريف،واظهرت نتائج التحليل ان اكثر متغير قيمة التجريد الاولي (IA) اكثر المتغيرات حساسية، فعبـر شـكل رقـم (12) تغيـر ملحـوظ فـي ذروة التصريف وفي زمن الوصول لذروة التصريف ،أما بالنسبة لمتغير زمن التباطؤ (Lag Time) فقد تبين أن تأثيره ينعكس بصورة أساسية على زمن وصول لذروة الهيدروجراف

شـكل (12) الهيـدروجراف المحـاكي والمرصـود لحوض (نارين جاي) بتحليل حساسية قيمة (CN)



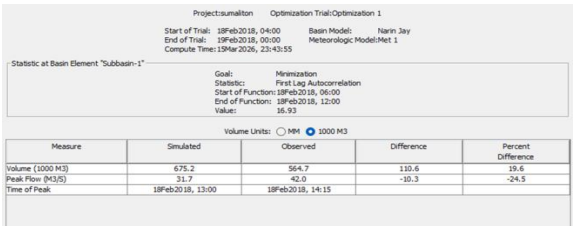
المصـــــــدر: مخرجـــــــات برنـــــــامج (HEC-HMS.V.4.7.1).

شـكل (19) التغيـر بقـيم التصـريف لحـوض (نـارين جاي) قبل وبعد تحليل حساسية (Lag Time)



المصـــــــدر: مخرجـــــــات برنـــــــامج (HEC-HMS.V.4.7.1).

شـكل (20) كميـة الاخـتلاف بحجـم التصـريف بعـد تحليل الحساسية لقيمة (Lag Time)



المصـــــــدر: مخرجـــــــات برنـــــــامج (HEC-HMS.V.4.7.1).

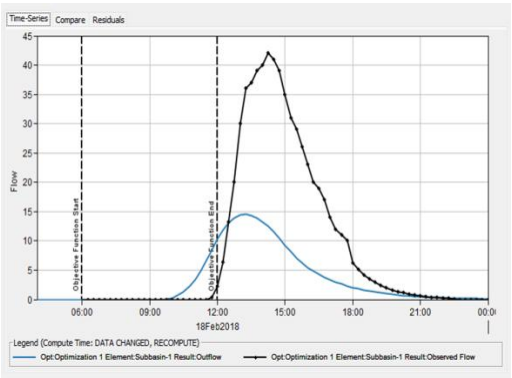
الاستنتاجات

1-يسـنتج البحـث ان نمـوذج hec-hms ذي كفـاءة عالية في محاكات الجريان السطحي في حوض نـارين جاي وتقارب القيمة المحاكاة مع الجريان الفعلي.

2-هنـــاك تحســـن ملحـــوظ فـــي نتـــائج المعـــايرة (calibration) وتقارب نتائج التصـاريف المحسوبة مع التصاريف المرصودة.

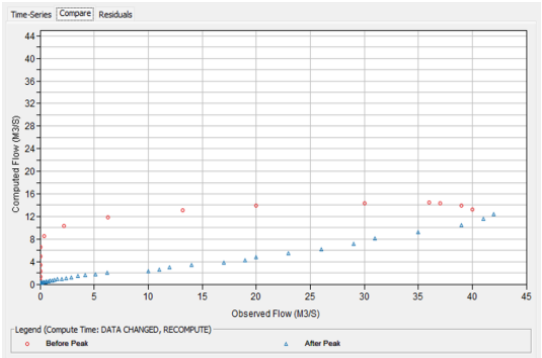
3-عبـر تحليـل الحساسـية تبـين ان المتغيـرين (رقـم المنحنى CN و قيمة التجريد الاولي IA) لهما تـأثير كبير في دقة نتائج النموذج .

4- أظهـــرت عمليـــة التحقـــق (Validation) ان النمـوذج يتمتـع بدرجـة كبيـرة مـن الموثوقيـة باعتمـاده على بيانات مستقلة، مما يزيد من امكانية استخدامه في التنبؤ المستقبلي.



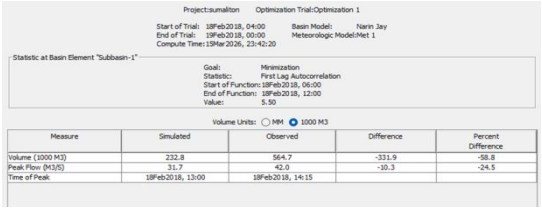
المصـــــــدر: مخرجـــــــات برنـــــــامج (HEC-HMS.V.4.7.1).

شـكل (16) التغيـر بقـيم التصـريف لحـوض (نـارين جاي) قبل وبعد تحليل حساسية (IA)



المصـــــــدر: مخرجـــــــات برنـــــــامج (HEC-HMS.V.4.7.1).

شـكل (17) كميـة الاخـتلاف بحجـم التصـريف بعـد تحليل الحساسية لقيمة (IA)



المصـــــــدر: مخرجـــــــات برنـــــــامج (HEC-HMS.V.4.7.1).

شـكل (18) الهيـدروجراف المحـاكي والمرصـود لحوض (نـارين جـاي) بتحليل حساسية قيمة (Lag Time)

5-ان دقة النموذج تتأثر بدقة البيانات المدخلة، اهمها بيانات الامطار والتصريف، وخصائص السطح، مما تستوجب اهمية توفر بيانات دقيقة ومستمرة.

6-يحتاج النموذج الى تحديث دوري للبيانات واعادة المعايرة لضمان استمرارية دقته مع تغير الظروف الطبيعية والمناخية والبيئية، لاستمرارية كفاءته.

المراجع

-US Army corps of Engineers, (2002). Hydrologic Modeling system HEC-HMS-user's Manual. Version 4.7.1..

USDA,. (1986). Soil Conservation Services, National Engineering, USA..

Carter and R.W, and Godfry, . R.G. (1960): storage and flood Routing,

Cunderlik,J.(2004). Calibration, Verification and Sensitivity Analysis of the HEC-HMS Hydrologic Model, THE UNIVERSITY OF WESTERN ONTARIO DEPARTMENT OF CIVIL AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING,2004.

- Khattab, Ibrahim Mohammed & Salim, Maha Kamal (2021). Hydrological Modeling of Flash Floods in Wadi Al-Qarn Basin, East of Qift, Eastern Desert, Using Remote Sensing and Geographic Information Systems, The Arab Geographical

Journal, Issue No. (77), Volume (52).

Calibration and Validation of the (HEC-HMS) modeling for Estimating Surface Runoff in the (Narin Chai) Basin

INSTR. ALI SHAALAN HUSSEIN (Ph.D.)--
Ali0123.gev.hum@uodiyala.edu.iq
Department of Geography, College of Education for Humanities, University of Diyala, Baquba City, Iraq

ABSTRACT

This research aims to calibrate the Hydrological Modelling System (HEC–HMS) Hydrological Engineering Centre (Hydrological Modelling System)

Affiliated to the Hydrological Engineering Centre in the Corps of Engineers of the US Army, and verifying its results, compared to an actual surface flow in the Narin Gai basin, one of the tributaries of the Diyala River in Iraq, and identifying the most sensitive variables that affect the volume of the runoff and calibrating them so that the results of the model match or converge with reality, because it is important in using it later as a ready model in predicting floods in the basin and can be used in other basins.

The choice fell on the Narin Jay basin to repeat the exposure of the basin to sudden floods, in addition to the fact that the basin springs and pours into Iraq, which helps in obtaining accurate data that gives more accurate results in the calibration process. The study used the digital height model (DEM) for the satellite Alos Palsar-Resolution12.5, Sensor RT1), and the hourly rainfall data for an actual rainstorm and the drainage data at (Lake Hamreen) and the surface characteristics of the basin to extract the value of SCS-CN), and the extraction of the hydrograph UH-SCS)). The study came out with a number of results, the most important of which is that the initial abstraction value of AI is the most sensitive in the calibration process, followed by the variable of curve number CN and finally the Lag Time value.

Keywords:Calibration, HEC-HMS, Narin Chai: Sensitivity Analysis

دور إنترنت الأشياء في تطوير واستدامة شبكات المياه

م. حازم سلمان مجيد 1 أ.د. إعياد عبد الرضا عبدال2
hazim.hs.hum@uodiyala.edu.iq aayad.abdal@ircoedu.uobaghdad.edu.iq
1 جامعة ديالى، كلية التربية للعلوم الإنسانية، ديالى، العراق
2 جامعة بغداد، كلية التربية ابن رشد للعلوم الإنسانية، بغداد، العراق

الملخص

يُعد إنترنت الأشياء (IoTتوجهاً تطبيقياً واعداً في إدارة شبكات المياه، إذ يتيح الانتقال من القياس المتقطع إلى المراقبة شبه اللحظية بالاعتماد على حساسات الضغط والتدفق ومؤشرات الجودة، مع ربط كل قياس بإحداثياته داخل نظم المعلومات الجغرافية (GIS). ويقدّم هذا البحث إطاراً تشغيلياً يدمج الاستشعار الموزع مكانياً مع الخرائط التشغيلية لكشف الشذوذات المكانية-الزمنية، مثل هبوط الضغط، وتغير مؤشرات الجودة، واختلال التدفق، بما يتيح تحديد مناطق أولوية للتدخل السريع وتوجيه فرق الاستجابة الميدانية بصورة أدق. كما يدعم الإطار إدارة الطلب والصيانة التنبؤية عبر تحليل السلاسل الزمنية وتتبع أنماط الأعطال. وتقترح الدراسة خطة تقييم قابلة للتكرار باستخدام نمذجة EPANET وربطها بطبقات الأصول في GIS، مع قياس مؤشرات تشغيلية مثل زمن الاكتشاف وخطأ التموقع واستقرار الضغط. وتخلص الدراسة إلى أن دمج IoT-GIS يمكن أن يعزز كفاءة التشغيل ويدعم الاستدامة من خلال قرارات استباقية قائمة على بيانات مكانية-زمنية.

الكلمات المفتاحية: إنترنت الأشياء؛ نظم المعلومات الجغرافية؛ شبكات توزيع المياه؛ كشف التسرب؛ الصيانة التنبؤية.

المقدمة

تتزايد الضغوط على موارد المياه بفعل النمو السكاني والتوسع الحضري وتغير المناخ، ما يرفع مخاطر الشحّ وتذبذب الإمداد ويزيد حساسية شبكات التوزيع للأعطال والتسربات. وفي سياقات عديدة، تتقاطع هذه التحديات مع محدودية التمويل وضعف تحديث البنية التحتية، فتتحول الأعطال الصغيرة إلى خسائر كبيرة بسبب تأخر الاكتشاف وضعف التموقع، وتزداد كلفة الصيانة غير المخطط لها مقارنة بالصيانة الوقائية. وعلى الرغم من تزايد الاهتمام بتطبيقات إنترنت الأشياء في قطاع المياه، تكشف مراجعة الأدبيات عن فجوة منهجية واضحة: إذ تتناول معظم الدراسات السابقة إما الجانب التقني للاستشعار بمعزل عن البعد المكاني، أو تعالج نظم المعلومات الجغرافية كأداة عرض لا كمنصة دمج تشغيلية متكاملة.

تمثل شبكات توزيع المياه أحد أكثر مكونات البنية التحتية حساسية، لأن أي ضعف في أدائها ينعكس مباشرة على الاستدامة الاقتصادية والصحية والبيئية. ومن أكثر مظاهر الضعف شيوعاً ارتفاع فاقد المياه (Non-Revenue Water)، وعدم استقرار الضغط الذي يسرّع التآكل والانكسارات، ومخاطر تدهور جودة المياه داخل الشبكة نتيجة الانقطاعات أو التداخلات أو دخول ملوثات عند مناطق الضغط المنخفض (AWWA, 2016; WHO, 2017). وتشير الأدبيات المهنية إلى أن التحكم بالفاقد لا يبدأ من إصلاح الأعطال فقط، بل من بناء خط أساس (Baseline) وتدقيق مائي معياري يسمح بالمقارنة قبل/بعد أي تدخل تقني (AWWA, 2016, 2020).

وفي هذا الإطار، برزت التقنيات الرقمية بوصفها خياراً عملياً لتحويل إدارة الشبكات من نمطٍ تفاعلي يعتمد البلاغات والمعالجة المتأخرة إلى نمط استباقي يعتمد البيانات. إذ أصبح إنترنت الأشياء اتجاهاً واضحاً لتحويل المراقبة من 'قياس متقطع' إلى 'قياس شبه لحظي' عبر حساسات مترابطة تولد بيانات زمنية كثيفة. هنا تظهر قيمة نظم المعلومات الجغرافية بوصفها منصة دمج مكاني تربط سلاسل القياس بطبقات الأصول (أنابيب، صمامات، مضخات، خزانات) فتُسهل اكتشاف الأنماط، وتحديد مناطق الأعطال، وتوجيه الاستجابة ميدانياً (Garrido-et al., 2020; Romero-Ben et Baserba al., 2023).

وتؤكد المراجعات الحديثة أن تطبيقات 'إنترنت الأشياء الضخم' في شبكات المياه تتطلب منظومة متكاملة تشمل قابلية توسع عالية، واتصالات موثوقة، وحوسبة طرفية لتقليل زمن الاستجابة، فضلاً عن دمج الأمن السيبراني لأن قطاع المياه يُعد بنية تحتية حرجة (NIST, 2020, 2021; Pagano et al., 2025). وبناءً على ذلك، يقدّم هذا البحث إطاراً

تعتمد تطبيقات إنترنت الأشياء في شبكات المياه على حساسات الضغط والتدفق والعدادات الذكية، وأحياناً مجسات صوتية أو اهتزازية أو مؤشرات جودة، من أجل بناء صورة زمنية مستمرة عن حالة الشبكة.

وتؤكد المراجعات الحديثة أن النشر الواسع لهذه الأنظمة يواجه تحديات تتعلق بالطاقة، والاتصال، وتكامل المنصات، وإدارة البيانات واسعة النطاق، والحاجة إلى الحوسبة الطرفية لتقليل زمن الاستجابة ورفع الاعتمادية (Pagano et al., 2025.).

وفي جانب الأداء التشغيلي، تبين الأدبيات أن دقة كشف التسرب لا تتحسن بزيادة الحساسات فقط، بل بتحسين توزعها المنهجي وربط قراءاتها بسياق مكاني-هيدروليكي واضح (Wang, & Yang, 2023; Rousso et al., 2023). كما أن نجاح الحلول الذكية يرتبط بدمج الأنظمة المختلفة كـ GIS وSCADA والصيانة في دورة تشغيلية موحدة (Garrido-Baserba et al., 2020.).

4. الإطار المقترح لدمج إنترنت الأشياء مع نظم المعلومات الجغرافية

يعتمد الإطار المقترح على مبدأين أساسيين: الأول أن كل قياس يجب أن يكون مرتبطاً بموقع جغرافي واضح، والثاني أن كل موقع يجب أن يكون مرتبطاً بأصل تشغيلي معروف داخل قاعدة GIS. وبناء على ذلك، تتحول القياسات من سلاسل رقمية معزولة إلى خرائط تشغيلية تساعد في تفسير الأحداث وتشخيص الخلل وتوجيه التدخل.

جدول 1. الطبقات الوظيفية للإطار المقترح

أمثلة المخرجات	الدور التشغيلي	المكونات الرئيسة	الطبقة
سلاسل زمنية للقياسات	التقاط الحالة التشغيلية	ضغط، تدفق، عدادات ذكية، مؤشرات جودة	الاستشعار
تدفق بيانات مستمر	نقل البيانات بزمن استجابة مناسب	خلوي، لاسلكي، LPWAN، أو سلكي	الاتصالات
تنبيهات أولية	تنظيف البيانات والكشف الأولي	حوسبة طرفية ومنصة مركزية	المعالجة
خرائط تشغيلية ولوحات متابعة	ربط القياس بالموقع والأصل	طبقات الأصول، مناطق الضغط، القياسات	GIS والمتابعة
تقليل زمن	تحويل التنبيه	صيانة، ضبط	القرار

تشغيلياً يدمج IoT-GIS لدعم التشغيل المستدام وخفض الفاقد عبر قرارات استباقية قابلة للقياس.

2. مشكلة البحث وأهدافه وأصالته وإسهامه العلمي

1.2 مشكلة البحث

تتمثل مشكلة البحث في غياب إطار تشغيلي متكامل يربط بين الاستشعار الذكي والتحليل المكاني والقرار الميداني في شبكات المياه، بما يسمح بالانتقال من المراقبة الجزئية أو المتأخرة إلى إدارة استباقية قائمة على البيانات. ويظهر هذا القصور في بطء اكتشاف الأعطال، وصعوبة تحديد مناطق التأثر، وارتفاع زمن الاستجابة، واستمرار الاعتماد على الصيانة التفاعلية بدلاً من الصيانة الوقائية أو التنبؤية.

2.2 أهداف البحث

يهدف البحث إلى:

- اقتراح إطار تشغيلي يدمج إنترنت الأشياء ونظم المعلومات الجغرافية في إدارة شبكات المياه.
- تطوير منهج مكاني-زمني أولي لكشف الشذوذ وتحديد مناطق الأولوية.
- توضيح منطق العتبات المرنة وآلية تقدير درجة الخطورة التشغيلية ضمن مناطق الأولوية.
- تقديم سيناريو تقييم محاكاتي قابل للتكرار باستخدام EPANET و GIS.
- مناقشة متطلبات تطبيق الإطار في البيئات محدودة الموارد.
- تحديد مؤشرات القياس الأنسب وتقديم آلية أولية لتقدير درجة الخطورة التشغيلية.

3.2 أصالة البحث وإسهامه العلمي

تتمثل قيمة هذا البحث في تقديم إطار تشغيلي مقترح يربط بين الاستشعار الذكي والتحليل المكاني-الزمني والقرار الميداني في شبكات المياه ضمن بنية وظيفية واحدة. ويختلف هذا التوجه عن كثير من الدراسات السابقة التي تناولت إنترنت الأشياء أو نظم المعلومات الجغرافية بصورة منفصلة أو جزئية. كما يقدم البحث منهجاً أولياً لكشف الشذوذ اعتماداً على عتبات مرنة متكيفة، وآلية تشغيلية مبسطة لتوليد مناطق أولوية وتقدير درجة الخطورة مع سيناريو تقييم محاكاتي قابل للتكرار باستخدام EPANET و GIS.

3. الخلفية العلمية ومراجعة الأدبيات

- تجميع التنبيهات المتقاربة في عنقود يمثل 'منطقة أولوية'.

حساب درجة خطورة أولية لكل منطقة:

Risk Score = N x W1 + C x W2 + H x W3

حيث: N = عدد التنبيهات داخل المنطقة، C = عامل القرب من أصل حيوي، H = سجل الأعطال السابق، W1-W3 =أوزان يحددها المشغل. بهذه الطريقة، يتحول الإنذار من قراءة شاذة إلى منطقة تدخل مرتبة حسب الأولوية.

4.6 دمج مؤشرات الجودة

عندما يتزامن شذوذ هيدروليكي مع تغير محلي في مؤشر جودة، ترتفع درجة الخطورة مباشرة، لأن هذا التزامن قد يشير إلى مشكلة تتجاوز الخلل التشغيلي إلى احتمال تأثير على السلامة الصحية داخل الشبكة.

7. التشغيل الاستباقي: إدارة الطلب والصيانة التنبؤية

يسمح الربط بين القياس والموقع ببناء ملفات طلب على مستوى الأحياء أو القطاعات التشغيلية، وهو ما يساعد على كشف السلوك غير الطبيعي وتحسين توزيع الضخ. كما يتيح تراكم البيانات عبر الزمن اشتقاق مؤشرات تدهور للأصول مثل تكرار هبوط الضغط قرب مقطع معين، أو زيادة الإنذارات ضمن الأصل نفسه. وعند تجاوز هذه المؤشرات حدوداً معينة، يمكن إدراج الأصل ضمن قائمة أولويات الصيانة التنبؤية بدلاً من انتظار الفشل الكامل.

8. متطلبات التبني في البيئات محدودة الموارد

تزداد أهمية هذا الإطار في البيئات محدودة الموارد، لكن نجاحه فيها يتطلب تكييفاً تصميمياً واضحاً. فمن أبرز التحديات ضعف البنية التحتية للاتصالات، وانقطاع الطاقة، وقلة الكوادر الفنية. ويمكن معالجة هذه التحديات عبر حلول متدرجة، مثل استخدام بروتوكولات منخفضة الاستهلاك للطاقة وطويلة المدى، والاعتماد على الحوسبة الطرفية، ونشر الحساسات مرحلياً في المناطق الأعلى فاقداً، وتبسيط لوحات المتابعة.

9. الأمن السيبراني وحوكمة البيانات

لأن المياه تمثل بنية تحتية حرجة، فإن أي منظومة قائمة على إنترنت الأشياء يجب أن تتضمن ضوابط أمنية أساسية تشمل هوية رقمية فريدة لكل جهاز،

الاستجابة	إلى إجراء	تشغيل، فرق ميدانية	والتشغيل

5. المكونات التقنية والبيانات المطلوبة

تشكل حساسات الضغط والتدفق الركيزة الأساسية في المرحلة الأولى من أي تطبيق عملي، لأنها أكثر استقراراً وارتباطاً بالأحداث التشغيلية مثل التسرب أو

اضطراب الضغط. كما يعتمد نجاح الإطار على وجود قاعدة GIS جيدة للأصول تتضمن الأنابيب، والصمامات، والمضخات، والخزانات، ومناطق الضغط، والارتفاعات، مع سمات تشغيلية مثل العمر والقطر والمادة وتاريخ الأعطال.

6. منهج كشف الشذوذ وتحديد مناطق الأولوية

1.6 التحقق من جودة البيانات

قبل إجراء أي تحليل، تُفحص القياسات الواردة باستخدام قواعد تحقق أولية تشمل استبعاد القيم غير الفيزيائية، ورصد الانقطاعات أو القفزات المفاجئة، ومقارنة القياسات بخط أساس تاريخي للنقطة نفسها. والغرض من هذه المرحلة هو منع بناء قرارات تشغيلية على بيانات رديئة أو غير مكتملة.

2.6 الكشف الزمني والعتبات المرنة

لا تكون العتبات الثابتة مناسبة دائماً لشبكات المياه، لأن الطلب يتغير تبعاً للساعة واليوم والموسم. لذلك تقترح الدراسة استخدام عتبات مرنة مبنية على خط أساس متحرك لكل نقطة قياس وفق الصيغ:

العتبة العليا =المتوسط المتحرك + k x الانحراف المعياري

العتبة السفلى =المتوسط المتحرك - k x الانحراف المعياري

حيث يمثّل (k)معامل الحساسية الذي يمكن ضبطه بحسب طبيعة الشبكة. وتُحدَّث هذه العتبات دورياً بما يضمن تكيّف النظام مع التغيرات التشغيلية وتقليل الإنذارات الكاذبة.

3.6 التحليل المكاني وتوليد منطقة أولوية

بعد اكتشاف الشذوذ زمنياً، تنتقل المنهجية إلى التحليل المكاني-الهيدروليكي وفق الآلية الآتية:

- جمع جميع التنبيهات خلال نافذة زمنية قصيرة.
- ربط كل تنبيه بموقعه وبالأصل المرتبط به داخل GIS.
- فحص القرب المكاني والقرب الهيدروليكي بين التنبيهات.

تعتمد الدراسة سيناريو تقييم محاكاتي قابل للتكرار باستخدام EPANET وGIS، من خلال تطوير نموذج تمثيلي لشبكة توزيع مياه مستلهم من الخصائص الحضرية العامة لمدينة بعقوبة.

1.11 إعداد النموذج

- تم تطوير نموذج محاكاة لشبكة توزيع مياه تمثيلية باستخدام EPANET، يشتمل على العناصر الأساسية من عقد وأنابيب وخزانات ومضخات وأنماط طلب مائي، مع ربط مخرجاته بطبقات مكانية داخل بيئة GIS.
- ولأغراض التقييم، تم افتراض توزيع نقاط قياس الضغط والتدفق على مواقع تمثيلية، كما أُنشئت قاعدة بيانات زمنية افتراضية للقياسات مع سجل أحداث يربط الإنذار بالتحقق التشغيلي.

2.11 سيناريوهات الاختبار

- تسربات بأحجام ومواقع مختلفة.
- تدخلات إدارة ضغط عبر تعديل صمام أو مضخة.
- أحداث جودة محلية أو تدهور موضعي.جدول 4. سيناريوهات تقييم الإطار باستخدام EPANET

هدف التقييم	ما الذي يُقاس؟	وصف الحدث	السيناريو
تقليل التأخر	زمن الكشف / تحديد منطقة أولوية	تسرب محلي في مقطع	تسرب
تقليل التذبذب	استقرار الضغط	تعديل إعدادات التشغيل	إدارة ضغط

3.11 مؤشرات الأداءجدول 5. مؤشرات أداء تشغيلية مقترحة لتقييم إطار IoT-GIS

الغرض التشغيلي	وحدة القياس	التعريف العملي	مؤشر الأداء
قياس فاعلية المراقبة	دقيقة/ساعة	الفاصل بين بداية الحدث وإطلاق الإنذار	زمن الاكتشاف
دقة التحديد المكاني	متر	المسافة بين الموقع الحقيقي والمقدر	خطأ التموقع
تقييم إدارة الضغط	الانحراف المعياري	تغير الضغط عند العقد الحرجة خلال اليوم	استقرار الضغط
تحسين العتبات	%	إنذارات لا تتبعها أحداث مؤكدة	معدل البلاغات الكاذبة
تقييم الاتصالات	ثانية	زمن وصول القياس إلى لوحة GIS	زمن التحديث

وتشفير البيانات أثناء النقل والتخزين، والتحكم بالوصول، وفصل شبكات IT عن OT، مع الرصد المستمر للأنشطة الشاذة. كما تشمل حوكمة البيانات توحيد معرفات الأصول وسياسات الاحتفاظ بالبيانات وتوثيق دورة حياة البلاغ.جدول 2. ضوابط أمن سيبراني عملية لأنظمة IoT في شبكات المياه

المجال	تطبيق عملي	الأثر المتوقع
هوية الجهاز	تعريف فريد وضم آمن	منع انتحال الأجهزة
حماية البيانات	تشفير النقل والتخزين	تقليل التلاعب والتجسس
التحكم بالوصول	RBAC وفصل الأدوار	تقليل إساءة الاستخدام
التحديث الآمن	Firmware موقّع وتحقق	سد الثغرات
الرصد والاستجابة	سجلات وإنذار سلوكي	كشف مبكر للحوادث

10. منطقة الدراسة: مدينة بعقوبة / محافظة ديالى

تم اختيار مدينة بعقوبة، مركز محافظة ديالى، بوصفها حالة تطبيقية افتراضية لمدينة عراقية متوسطة تواجه تحديات محتملة في إدارة شبكات توزيع المياه، مثل تفاوت الضغوط، وصعوبة الكشف المبكر عن التسربات، والحاجة إلى دعم القرار المكاني في تشغيل الشبكة.

جدول 3.افتراضات وسياق المحاكاة التمثيلية لمنطقة الدراسة

11. المواد والطرائق: سيناريو تقييم محاكاتي باستخدام EPANET وGIS

العنصر	الوصف
منطقة الدراسة	مدينة بعقوبة / محافظة ديالى
طبيعة الاستخدام	حالة تطبيقية تمثيلية لأغراض المحاكاة
الغرض من الاختيار	تمثيل بيئة حضرية عراقية تواجه تحديات تشغيلية في شبكات المياه
نوع النموذج	نموذج محاكاة هيدروليكي-مكاني باستخدام EPANET وGIS
هدف التمثيل	تقييم قابلية الإطار المقترح للكشف المبكر وتحديد مناطق الأولوية
حدود التمثيل	لا يدّعي النموذج تمثيل جميع الخصائص التشغيلية الرسمية للشبكة الفعلية

. الخاتمة

يُظهر هذا البحث أن دمج إنترنت الأشياء مع نظم المعلومات الجغرافية يمكن أن يشكل أساساً منهجياً واعداً لتطوير إدارة شبكات المياه وتحويلها من إدارة تفاعلية متأخرة إلى إدارة استباقية قائمة على البيانات. وقد اقترح البحث إطاراً تشغيلياً يربط بين الاستشعار والاتصالات والمعالجة والتحليل المكاني والقرار الميداني ضمن بنية وظيفية واحدة، مع تقديم منهج أولي لكشف الشذوذ وتحديد مناطق الأولوية.

وتكمن أهمية هذا العمل في أنه يضع أساساً عملياً لدراسات مستقبلية أكثر تطبيقاً، خاصة في البيئات محدودة الموارد، من خلال توضيح كيفية الانتقال من البيانات الميدانية إلى القرار التشغيلي المرتبط بالمكان والزمان. ومع ذلك، تبقى الحاجة قائمة إلى دراسات لاحقة تعتمد على بيانات تشغيلية فعلية من شبكات مياه حقيقية للتحقق من كفاءة الإطار المقترح ومعايرة عناصره بصورة أدق.

16.المراجع

1. AWWA. (2016). M36: Water Audits and Loss Control Programs (4th ed.). American Water Works Association.
2. AWWA. (2020). Free Water Audit Software. American Water Works Association.
3. EPA. (2024). EPANET: Water Distribution System Modeling Software. U.S. Environmental Protection Agency.
4. Garrido-Baserba, M., et al. (2020). The fourth revolution in the water sector encounters the digital revolution. Environmental Science & Technology.
5. IWA. (n.d.). IWA Standard Water Balance and Terminology. IWA Water Loss Task Force.
6. NIST. (2020). NIST SP 800-213: IoT Device Cybersecurity Guidance for the Federal Government. National Institute of Standards and
7. NIST. (2021). NIST SP 800-213A: IoT Device Cybersecurity Requirement Catalog. National Institute of Standards and Technology.Control

قيـــاس أثـــر المشروع	% أو م3/يوم	فرق الداخل إلى الشـــــبكة والمفوتر/المستخ	فاقد المياه

13. حدود الدراسة

تجدر الإشارة إلى أن الدراسة الحالية لا تهدف إلى إعادة بناء الشبكة التشغيلية الفعلية لمدينة بعقوبة بجميع تفاصيلها الرسمية، وإنما تعتمد نموذجاً محاكاتياً تمثيلياً. وعليه، فإن نتائج الدراسة تُفهم بوصفها مؤشرات أولية على قابلية الإطار للتطبيق، وتحتاج إلى تحقق لاحق باستخدام بيانات ميدانية فعلية.

14. المناقشة

القيمة الأساسية لدمج IoT مع GIS لا تكمن في زيادة كمية البيانات فحسب، بل في إعادة تعريف القرار التشغيلي باعتباره قراراً مكانياً-زمنياً: أين يقع الحدث؟ ما نطاق التأثر؟ ما الأصل الأقرب؟ وما الإجراء الأجدى؟ وهذا التحول يعزز القيمة التشغيلية للإطار المقترح، لأنه يقرب بين غرفة التشغيل والميدان ويحوّل الإنذار من مجرد قراءة شاذة إلى منطقة تدخل ذات أولوية.

وفي مقارنة الإطار المقترح بما أسهمت به الدراسات السابقة، يتضح أن أعمال Wang & Yang et al. (2023) وRousso (2023)قدمت منهجيات قيّمة لكشف التسرب، غير أنها تفتقر إلى آلية تكاملية تربط مخرجات الكشف بقاعدة أصول GIS وتحوّلها إلى إجراء ميداني ذي أولوية. كما أن نموذج Garrido-Baserba et al. (2020)أكد أهمية دمج الأنظمة، لكنه لم يقدم إطاراً تشغيلياً تفصيلياً لشبكات المياه على مستوى منطقة الضغط. ويتميز الإطار المقترح بأنه يملأ هذه الفجوة في بنية وظيفية واحدة قابلة للتطبيق والقياس في البيئات محدودة الموارد.ومن المهم التأكيد أن الدراسة الحالية تقع ضمن نطاق الإطار المفاهيمي المدعوم بسيناريو تحقق محاكاتي. ومع ذلك، توجد محددات ينبغي الاعتراف بها: أولها أن جودة قاعدة الأصول في GIS تؤثر مباشرة في دقة التموقع، وثانيها أن نشر الحساسات بصورة غير منهجية يضعف كفاءة الكشف، وثالثها أن البيئات محدودة الموارد تفرض قيوداً على الاتصال والطاقة، ورابعها أن الأمن السيبراني ليس عنصراً تكميلياً بل جزء من موثوقية القرار نفسه.

The Role of Internet of Things in the Development and Sustainability of Water Networks

Hazim Salman Majeed 1, Ayad Abdul Ridha Abdal 2,
hazim.hs.hum@uodiyala.edu.iq aayad.abdal@ircoedu.uobaghdad.edu.iq
1 College of Education for Human Sciences, University of Diyala, Diyala, Iraq
2 College of Education Ibn Rushd for Human Sciences, University of Baghdad, Baghdad, Iraq

ABSTRACT

This study outlines a method that incorporates the internet of things (IoT) technology into the management of water distribution networks. The method allows the current water distribution management system that uses sporadic water quality measurement and flow and pressure sensors, to provide near real-time spatially referenced sensor data, to GIS. The authors present a method to operationalize spatially distributed sensors and data, to identify spatio-temporal anomalies such as pressure dips, changes in quality, and irregular flow to identify operational areas for intervention as well as improve guidance of response teams to the field. Additionally, the framework works for analyzing historical data, patterns within a spatial operational domain and predictive fault identification to improve management and maintenance of water distribution systems. Finally, the authors present a method to evaluate water distribution systems using GIS and EPANET modeling to incorporate operational, detection, localization, pressure stability, water loss, and response time indicators and metrics into the evaluation. The authors conclude with the operational efficiencies gained from integrating IoT and GIS for real time management of water distribution systems, while improving coordination with field response teams and the control room.

Keywords: Internet of Things; Geographic Information Systems; Water Distribution Networks; Leak Detection; Predictive Maintenance.

النمذجة المكانية لاحتمالية توطن المياه الجوفية في ناحية العظيم باستخدام تقنيات AHP و GIS

شهد احمد حسن
149.ge.hum@uodiyala.edu.iq
مديرية تربية ديالى ، ديالى، العراق

الملخص

تعد المياه الجوفية ركيزة استراتيجية حيوية للأمن المائي في ناحية العظيم، لا سيما في ظل التحديات الهيدرولوجية والتغيرات المناخية المتسارعة. يهدف هذا البحث إلى توظيف النمذجة المكانية وتقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لإنتاج نموذج تنبؤي دقيق يحدد نطاقات احتمالية توطن المياه الجوفية في ناحية العظيم ، بما يدعم اتخاذ القرار في إدارة الموارد المائية واستدامتها.

اعتمدت الدراسة منهجية التحليل المكاني المتعدد المعايير (MCDA) باستخدام تقنية عملية التحليل الهرمي (AHP)، حيث تم دمج وتحليل حزمة من المتغيرات الطبيعية المؤثرة، شملت: الخصائص الجيولوجية، الانحدار الطبوغرافي، أصناف التربة، الغطاء الأرضي، كثافة التصريف النهري، التراكيب الخطية، بالإضافة إلى المعطيات المناخية (الأمطار والرطوبة). ولتحقيق أقصى درجات الدقة الإجرائية، جرى تطوير أداة خوارزمية مبتكرة ضمن بيئة ArcGIS أُطلق عليها مسمى (Groundwater Potential Existence)، تعمل على أتمتة عمليات الجبر الخرائطي الموزون بناءً على الأوزان النسبية المستخلصة من آراء الخبراء.

أظهرت النتائج تبايناً مكانياً دقيقاً في احتمالية توفر المياه، حيث كشفت النمذجة أن النطاقات ذات الإمكانات العالية تتركز في الأجزاء الشمالية والشمالية الشرقية من الناحية ، ويُعزى ذلك إلى تضافر عوامل جيومورفولوجية ومناخية، أبرزها ارتفاع كثافة التراكيب الخطية وقربها من المسطحات المائية وزيادة معدلات الهطول المطري. في حين سيطرت مستويات الاحتمالية المنخفضة والمنخفضة جداً على نحو (65%) من المساحة الكلية، لا سيما في القطاعات الجنوبية والغربية من الناحية . توصي الدراسة إلى ضرورة اعتماد هذه الخرائط الاستشرافية كوثيقة أساسية لتوجيه عمليات حفر الآبار، مما يضمن تقليل الهدر المالي وتحقيق استدامة المخزون الجوفي بعيداً عن العشوائية في التنقيب.

الكلمات المفتاحية:

النمذجة المكانية : التحليل الهرمي (AHP): المياه الجوفية : ناحية العظيم : جبر الخرائط (Map Algebra).

المقدمة

تُمثل المياه الجوفية الركيزة الأساسية للأمن المائي في المناطق الجافة وشبه الجافة، وتكتسب ناحية العظيم أهمية خاصة في هذا السياق نظراً لبيئتها الهيدرولوجية التي تتطلب إدارة دقيقة ومستدامة للموارد الكامنة. ومع تطور تقنيات الاستشعار عن بعد والنمذجة المكانية، أصبح من الممكن تجاوز الطرق التقليدية المكلفة في استكشاف المياه الجوفية والاعتماد على بيئات تحليلية رقمية متطورة ، تكمن القوة المنهجية لهذا البحث في التوظيف المتكامل لنظم المعلومات الجغرافية (GIS) مع تقنية عملية التحليل الهرمي (AHP). حيث توفر الـ GIS منصة قوية لمعالجة وتحليل المتغيرات المكانية المتعددة (مثل الانحدار، ونوع التربة، والغطاء الأرضي، والكثافة التصريفية)، في حين تلعب تقنية AHP الدور الجوهري في تحويل التقديرات الكيفية إلى قيم كمية دقيقة، وذلك من خلال بناء هيكل هرمي للمفاضلة بين العوامل المؤثرة وإعطاء أوزان نسبية (Weights) لكل عامل بناءً على درجة تأثيره في توطن المياه الجوفية، مع ضمان دقة النتائج عبر معامل الاتساق، إن دمج هذه المعايير المكانية مع الأوزان الرياضية المستخلصة من التحليل الهرمي يسمح بإنتاج خرائط احتمالية عالية الدقة(Saaty 1977)، تُصنف ناحية العظيم إلى نطاقات متباينة من حيث الوفرة المائية. وهذا التوجه الرقمي لا يساهم فقط في فهم الواقع الهيدروجيومورفولوجي للمنطقة، بل يقدم نموذجاً علمياً رصيناً يساعد في توجيه عمليات حفر الآبار وتخطيط المشاريع الزراعية والخدمية بما يتناسب مع الإمكانات المائية الفعلية للأرض.

اهداف البحث

1. إنشاء قاعدة بيانات جغرافية رقمية متكاملة لناحية العظيم تضم الطبقات الطبيعية (الجيولوجية، الطبوغرافية، الهيدرولوجية، والمناخية) باستخدام GIS
2. تطبيق تقنيات التحليل المكاني المتعدد المعايير، كعملية التحليل الهرمي (AHP)، ذلك لتحديد الأوزان

وصولاً إلى إنتاج الخريطة النهائية لنطاقات احتمالية توطن المياه الجوفية في ناحية العظيم وتصنيفها إلى مناطق (منخفضة، متوسطة، وعالية الإمكانات).

التركيب الجيولوجي

تعد التراكيب الجيولوجية المجال الذي تتسرب فيه المياه الجوفية وتؤثر على نوعية المياه الجوفية ومسارها وان تكوينات الصخور اهم من شكلها العام اذ ان وجود الفوالق والشقوق من خلال التكوينات يزيد من احتمالية نفاذية هذه التكوينات ، ورغم ان الصخور مانعة لنفاذية المياه الجوفية الا ان الشقوق والجيوب وبقية

الانقسامات تعطي للهذه التكوينات طاقة عالية في احتواءها على المياه .(Khalil, 2005)

خريطة (1) الموقع الجغرافي لناحية العظيم.

الانحدار

يُعد الانحدار من العوامل الطبوغرافية الحاسمة في تحديد كفاءة تغذية الخزانات الجوفية، فالعلاقة بين درجة الانحدار وتغلغل المياه هي علاقة عكسية. فالمناطق ذات الانحدار البسيط أو المستوي (مثل السهول الفيضية في ناحية العظيم) تسمح ببقاء المياه لفترة أطول على السطح، مما يعزز من فرص ترشيحها (Infiltration) نحو الباطن وتغذية الخزان الجوفي. وفي المقابل، تؤدي المنحدرات الشديدة إلى زيادة سرعة الجريان السطحي وتقليل زمن الاستجابة للترشيح، مما يجعلها مناطق ذات احتمالية مائية منخفضة. لذا، يتم تصنيف الانحدار في النمذجة المكانية كمعيار ترجيحي يمنح الأوزان الأعلى للأراضي المنبسطة والمنخفضات الطبوغرافية بوصفها مناطق تجميع وشحن مائي متميزة.(Salameh, 2004)

أصناف التربة (Soil Types)

تتحكم التربة في كمية المياه التي يمكنها النفاذ من السطح إلى الخزان الجوفي، فالتربة ذات القوام الرملي أو الحصوي (المسامية العالية) تمنح أوزانًا عالية لأنها تسمح بالترشيح السريع، بينما التربة الطينية الثقيلة تعيق نفاذ المياه وتعمل كطبقة عازلة.(Al-Jubouri, 2016)

الغطاء الأرضي (Land Use/Land Cover)

المناطق ذات الغطاء النباتي الكثيف أو الأراضي الزراعية تساعد على إبطاء الجريان السطحي وزيادة النسبية لكل عامل من العوامل المؤثرة في توطن المياه الجوفية.

3. إنتاج انموذج خرائطي نهائي يوضح نطاقات احتمالية توطن المياه الجوفية في ناحية العظيم وتصنيفه إلى مستويات (عالية، متوسطة، ومنخفضة الإمكانات).

فرضية البحث

يقوم البحث على فرضية مفادها أن النمذجة المكانية باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية ، ومن خلال دمج وتحليل المتغيرات الطبيعية (مثل الانحدار، ونوع التربة، والكثافة التصريفية، والتراكيب الخطية)، ستسمح بإنتاج نموذج هيدرولوجي مكاني تنبئي دقيق لنطاقات توطن المياه الجوفية في ناحية العظيم.

منطقة الدراسة

تقع ناحية العظيم في الجزء الشمالي والشمال الغربي من محافظة ديالى الواقعة في الجزء الشرقي من العراق بين دائرتي عرض (34°0'0N) و (34°30'0N) شمال خط الاستواء وخطي طول (44°45'0E) و (44°15'0E) شرق خط غرينتش، يحدها من الشمال محافظة كركوك والشمال الشرقي قضاء كفري ومن الشرق ناحية المنصورية ومن الغرب نهر العظيم ومن الجنوب مركز قضاء الخالص، شكل (1) وتبلغ مساحة الناحية 1410.417 كم2 (خريطة رقم 1).

منهجية البحث

تعتمد الدراسة منهجية التحليل المكاني المتعدد المعايير (Multi-Criteria Decision Analysis - MCDA) في بيئة نظم المعلومات الجغرافية، من خلال دمج وتحليل مجموعة من الطبقات المعلوماتية المشتقة من بيانات الاستشعار عن بعد. يتضمن ذلك معالجة النماذج الرقمية للارتفاعات (DEM) لإنتاج خرائط الانحدار والشبكة الهيدرولوجية، واستخدام المرئيات الفضائية (مثل Landsat 8/9 أو Sentinel-2) لاستخلاص انموذج يوضح أصناف الغطاء الأرضي . يتم بعد ذلك تطبيق عملية التحليل الهرمي (AHP) لتحديد الأوزان النسبية لكل عامل (كالجيولوجيا، التربة، الانحدار، والكثافة التصريفية ، أصناف التربة ، الامطار ، الرطوبة ، الغطاء الأرضي ، التراكيب الخطية و عمق المياه الجوفية)،

ممرات لحركة المياه. المناطق التي تزداد فيها كثافة التراكيب الخطية تعتبر مناطق ذات نفاذية ثانوية عالية، وهي من أهم المؤشرات على وجود كميات وفيرة من المياه الجوفية. (Mallick et al , 2015)

كثافة التصريف المائي (Drainage Density)

هي نسبة مجموع أطوال الوديان والمجاري المائية إلى مساحة الحوض، هنا العلاقة عكسية، الكثافة التصريفية العالية تعني أن أغلب الأمطار تذهب كسيح سطحي (Runoff)، مما يقلل الترشيح. لذا، المناطق ذات الكثافة التصريفية المنخفضة تُعطى أوزاناً أعلى لاحتمالية التوطن الجوفي. (Alcaide and santos, 2019)

عمق المياه الجوفية (Groundwater Depth)

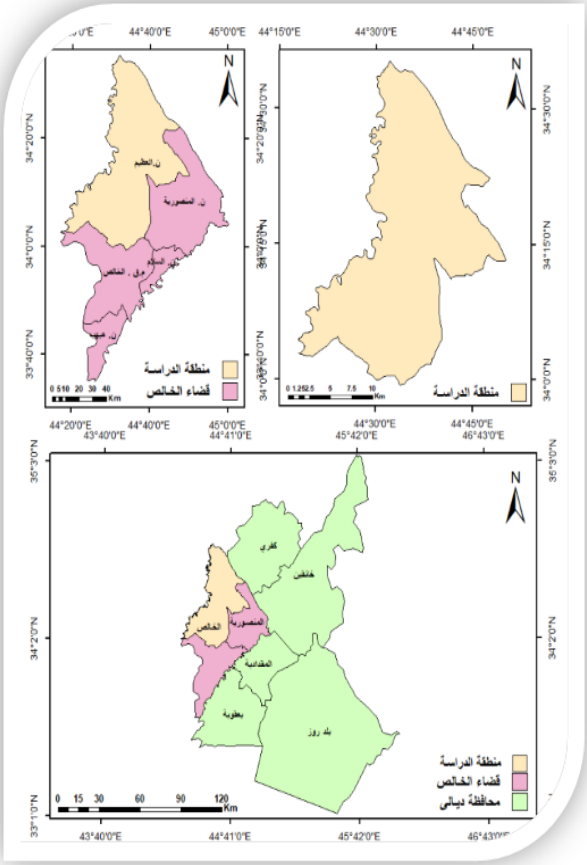
يتم الحصول على هذه البيانات من الآبار الموجودة فعلياً في المنطقة، المناطق التي يكون فيها مستوى الماء قريباً من السطح تُصنف غالباً كأماكن ذات إمكانية وصول عالية وسهولة في الاستخراج، وهي مؤشر على امتلاء الخزان الجوفي في تلك النقطة.(Al-Mohammadi, 2024)

تقييس العوامل المؤثرة على احتمالية توطن المياه الجوفية بالمقياس المرتبي

في دراسات النمذجة المكانية (GIS)، تعد عملية التقييس (Standardization) أو إعادة التصنيف (Reclassification) خطوة جوهرية لتحويل البيانات الخام المختلفة في وحدات قياسها (مثل درجة الانحدار، المليمترات للأمطار، ونوع الصخور) إلى لغة رقمية موحدة يمكن التعامل معها رياضياً، كشفت مناقشة العوامل المؤثرة في احتمالية توطن المياه الجوفية بمنطقة الدراسة عن تباين جوهري في طبيعة النظم القياسية للمدخلات، حيث اتسمت العوامل (الجيولوجية، الغطاء الأرضي ، واصناف التربة) بكونها متغيرات نوعية ذات مقاييس اسمية (Nominal Scales)، بينما خضعت بقية العوامل لـ مقاييس كمية (Quantitative Scales) متباينة الوحدات والقيم. ولغرض توحيد هذه المعايير وتحقيق التجانس المعلوماتي (Data Homogenization)، استوجب الأمر تحويلها إلى نظام قياس موحد يتيح المقارنة والدمج المكاني. وبناءً عليه، تم تبني المقياس المرتبي (Ordinal Scale) كأداة لتقييس جميع العوامل، مما سمح بتحويل الخصائص النوعية والكمية إلى رتب رقمية تعكس الترشيح. في حين أن المناطق العمرانية أو الصخور الصماء تمنع وصول المياه للباطن. (Al-Dulaimi,2021)

الرطوبة والامطار (Rainfall & Humidity)

تعتبر الأمطار هي المصدر الرئيسي (المغذّي) للشحن المائي الطبيعي، المناطق التي تستقبل كميات أعلى من الأمطار سنوياً تمتلك احتمالية أكبر لتجدد الخزانات الجوفية. في النمذجة المكانية، تُستخدم



خرائط التساوي المطري كمعيار أساسي للشحن (Recharge).(Hadid, 1984)

التراكيب الخطية (Lineaments)

هي جزء من التركيبة الجيولوجية التي تعبر عن مستويات الضعف التي تصيب الطبقات في القشرة الأرضية بعد تكونها او تصلبها المتمثلة بالصدوع والشقوق والفواصل (Al-Gharbawi, 1996) وهي الصدوع والكسور والشقوق التي يتم استخلاصها عادة من المرئيات الفضائية، تمثل التراكيب الخطية

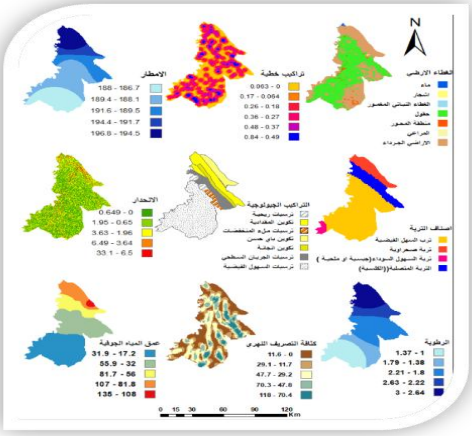
عمليات التحليل الهرمي

تعد طريقة عملية التحليل الهرمي (Analytic Hierarchy Process – AHP) من الأساليب العلمية الفعّالة في تحليل المشكلات المكانية المعقدة واتخاذ القرار متعدد المعايير، إذ تعتمد على تفكيك المشكلة إلى مستويات هرمية تشمل الهدف والمعايير، ثم إجراء مقارنات ثنائية لتحديد الأهمية النسبية لكل معيار وفق مقياس Saaty 1980، مع إمكانية اختبار درجة الاتساق لضمان موثوقية النتائج(Salman, 2021). وقد أثبتت هذه الطريقة كفاءتها في الدراسات الجغرافية والهيدرولوجية، ولاسيما في تقييم احتمالية توطن المياه الجوفية، من خلال تحليل العوامل الطبيعية المؤثرة في تغذية الخزانات الجوفية وتخزينها، مثل التركيب الجيولوجي، والانحدار، وأنواع التربة، والكثافة التصريفية، واستخدامات الأرض، والتراكيب الخطية. (Saaty، 2008)

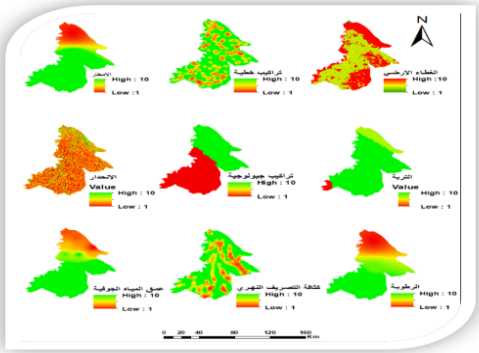
تجسيداً للنهج الوصفي التحليلي، صُممت استبانة علمية لاستقصاء آراء نخبة من الخبراء والمختصين (عينة قصدية قوامها 35 محكماً) حول تحديد البدائل المثلى للمتغيرات المؤثرة في احتمالية توطن المياه الجوفية. وُظفت الاستبانة إلكترونياً لاستخلاص الأوزان النسبية للبدائل المقرة، تمهيداً لدمجها ضمن عمليات الجبر الخرائطي (Map Algebra). وفي مرحلة لاحقة، جرى بناء مصفوفات المقارنة الزوجية (Pairwise Comparison Matrix) للمفاضلة بين المعايير والمتغيرات المستقلة بناءً على ترجيحات المحكمين

تُحدد المعايير الداخلة في التحليل المكاني باستخدام نماذج خرائطية يتم تقييمها من خلال مقياس نسبي، ويُستخدم نموذج الطبقة الموزونة (Weighted Overlay) لتحليل تلك المعايير، بناءً على التصنيف الذي حدده Saaty في إطار نظرية التحليل الهرمي AHP لتحديد الملاءمة المكانية. (Brunelli,2014 اعتمدت الدراسة على أداة Euclidean Distance المتوفرة ضمن أدوات التحليل المكاني (Spatial Analyst Tools) في بيئة نظم المعلومات الجغرافية، والتي تم من خلالها تقسيم كل معيار إلى عشرة نطاقات متساوية من حيث البُعد. تم إعطاء قيمة رقمية من(1 - 10) لكل عامل، بحيث تعكس القيمة المرتفعة (10) أعلى درجات الملاءمة، وتنخفض القيمة الهيدرولوجية لكل عنصر ومدى مساهمته في تعزيز احتمالات وجود المياه الجوفية. ولتحقيق هذا التحول المنهجي، تم استخدام أداة إعادة التصنيف (Reclassification) الشكل(1)

الشكل (1) العوامل المؤثرة على احتمالية توطن المياه



المتوفرة ضمن ملحق المحلل المكاني (Spatial Analyst) في بيئة برمجية ArcGIS Desktop 107. تهدف هذه العملية إلى توحيد المرجعية القياسية عبر منح رتب رقمية موحدة لجميع الطبقات (مثلًا من 1 إلى 5) تعبر عن درجة الملاءمة المائية، و الوصول إلى تحليل أكثر تفصيلاً يبرز التباين المكاني الدقيق لتأثير كل متغير على حدة، مما يرفع من دقة المخرجات النهائية للنمذجة المكانية في ناحية العظيم. الشكل (2).الشكل (2) تقييس العوامل المؤثرة على احتمالية توطن المياه الجوفية بالمقياس المرتبي.



النوع	المعايير	المتوسط الموزون لاستجابات العينة على قيمة الاهمية	التصحيح الى مقياس AHP	الوزن المطلق
أ	التركيب الجيولوجي	6.28	6	0.7
ب	الانحدار	3.76	4	0.037
ت	أصناف التربة	7.73	8	0.135
ث	الغطاء الأرضي	2.38	2	0.022
	الرطوبة	6.34	6	0.07
	الامطار	10.33	10	0.245
	التراكيب الخطية	4.32	4	0.037
	كثافة التصريف النهري	8.36	8	0.136
	عمق المياه الجوفية	9.52	10	0.245
	المجموع			0.6

تدريجياً إلى (1) حسب تأثير العامل. (Dawood, 2024)

تأسيساً على ما تقدم، تم تبني نهج تحليلي متكامل يجمع بين تقنيات الاستشعار عن بعد (RS) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS)، معززاً بخوارزمية عملية التحليل الهرمي (AHP) لاستنباط خارطة احتمالية توطن المياه الجوفية في ناحية العظيم بمحافظة ديالى. اعتمدت هذه المنهجية على مصفوفة قرار مركبة تشمل حزمة من المعايير الجيومورفولوجية والهيدرولوجية والمناخية الأكثر تأثيراً في السلوك المائي للمنطقة.

وقد تضمنت الآلية التنفيذية إجراء المقارنات الثنائية (Pairwise Comparisons) بين المتغيرات المكانية لتقدير أوزانها النسبية بدقة، مع مراعاة التحقق من معيار الثبات الإحصائي للمصفوفة. تلا ذلك إجراء عملية هندسية للبيانات المكانية تمثلت في إعادة التصنيف المرتبي (Reclassification) لكل طبقة على حدة، وصولاً إلى مرحلة التراكب الوزني (Weighted Overlay) التي سمحت بدمج كافة المتغيرات في نموذج مكاني موحد.

أفضت هذه النمذجة الرقمية إلى إنتاج خريطة استشرافية دقيقة، تُصنف نطاقات ناحية العظيم وفقاً لقدرتها الكامنة على احتواء المياه الجوفية، حيث تدرجت النتائج مكانياً من مناطق ذات احتمالية مرتفعة جداً إلى مناطق منخفضة جداً. وتوفر هذه المخرجات العلمية ركيزة معلوماتية يعتمد عليها صُناع القرار في رسم سياسات الاستثمار المائي وتأمين استدامة الموارد في ظل التغيرات المناخية، اتساقاً مع الأسس المنهجية التي وضعها في تحليل القرارات متعددة المعايير. (Wind and Saaty, 1980).

عند بناء مصفوفة المقارنة الزوجية في موقع AHP Online لقد تم الحصول على الأهمية النسبية لأوزان للعوامل الداخلة في عملية التحليل الهرمي، و مع نسبة تناسق عالية بلغت 1.6% اذ ان هذه النسبة هي المسموح بها وفقا لعملية التحليل الهرمية الجدول (1)

الجدول 1: الجدول (1) تقريب المتوسط الموزون لاستجابات العينة الى أقرب قيمة في مقياس AHP والاوزان.

مصفوفة من العوامل المكانية التي يتم نمذجتها أولياً، ثم إدراجها كمدخلات أساسية في الأداة للحصول على المخرجات النهائية .

النوع	الأصناف	المتوسط الموزون لاستجابات العينة على قيمة الاهمية	المساحة/كم	التصحيح الى مقياس AHP	النسبة %
أ	احتمالية عالية جدا	6.28	76.964	6	5.457
ب	احتمالية منخفضة	3.76	338.84	4	24.024
ت	احتمالية منخفضة جدا	7.73	588.755	8	41.743
ث	احتمالية متوسطة	2.38	323.079	2	22.907
	احتمالية مرتفعة	6.34	82.779	6	5.869
			1410.417		%100

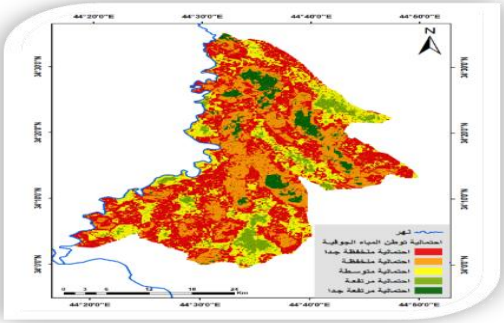
أظهرت المخرجات الرقمية للأداة المطورة (خريطة 2 والجدول 3) تبايناً هيدرولوجياً واضحاً، إذ تنخفض احتمالية توطن المياه الجوفية في القطاعات الجنوبية والجنوبية الغربية، بينما ترتفع تدريجياً نحو المناطق الشمالية والشمالية الشرقية. ويُعزى هذا التفوق المائي للمناطق الشمالية —رغم تضرسها— إلى تضافر عدة عوامل، أبرزها: زيادة معدلات الهطول المطري، القرب من المسطحات المائية، وارتفاع كثافة التراكيب الخطية (Lineaments)

الجدول (2) مستويات احتمالية توطن المياه الجوفية في ناحية العظيم.النباتي الكثيف وانخفاض معدلات التبخر في الحد من الفواقد المائية وتعزيز الترشيح نحو الخزانات الجوفية، مما جعل هذه المناطق النطاقات الأكثر وفرة مائية في منطقة الدراسة.

تُشير القراءات الإحصائية لمخرجات النمذجة المكانية (جدول 3) إلى غلبة النطاقات ذات الاحتمالية المتدنية على المساحة الكلية لمنطقة الدراسة، حيث شكلت فئة احتمالية منخفضة جداً النسبة الأكبر بواقع 41.74% بمساحة بلغت 588.75 كم²، تليها فئة احتمالية منخفضة بنسبة 24.02%. وهذا يعني أن أكثر من ثلثي مساحة المنطقة (حوالي 65%) تقع ضمن مستويات استجابة هيدرولوجية ضعيفة، وهو ما يتسق مع الخصائص الجيومورفولوجية والمناخية السائدة في

النتائج والمناقشة

تطوير اداة لتحديد المناطق المحتملة لتوطن المياه الجوفية عقب استكمال مراحل التحليل الهرمي



(AHP) واستخلاص الأوزان النسبية للمتغيرات الهيدرولوجية والمكانية، انتقلت الدراسة إلى مرحلة الأتمتة البرمجية عبر تطوير أداة خوارزمية متخصصة تعمل ضمن بيئة ArcGIS 10.7. تهدف هذه الأداة إلى تنفيذ عمليات الجبر الخرائطي الموزون (Weighted Map Algebra) بآلية ذاتية، مما يختزل التعقيدات الإجرائية المرتبطة بتحليل القرار

متعدد المعايير (MCDA). تم تصميم الأداة لتمثل قيمة مضافة للبحث العلمي، حيث تتيح للباحثين مستقبلاً تطبيق نمذجة احتمالية توطن المياه الجوفية باستخدام نفس المعايير المعتمدة دون الحاجة لتكرار العمليات الحسابية للهيكل الهرمي، كما تضمن الأداة موضوعية النتائج نظراً لاعتمادها على أوزان مرجعية ثابتة ومبرمجة مسبقاً في بنيتها الرياضية. مرت عملية التطوير ببناء نموذج مفاهيمي (Conceptual Model) متكامل باستخدام تطبيق Model Builder، والذي تم تحويله لاحقاً إلى أداة برمجية
تفاعلية بعد تحديد المعلمات (Parameters) الأساسية. تمنح هذه المعلمات المستخدم مرونة عالية في التحكم بمدخلات النمذجة المكانية وضمان شمولية التحليل. أُطلق على الأداة المبتكرة مسمى Groundwater Potential Existence (مؤشر التواجد المحتمل للمياه الجوفية)، تعبيراً عن وظيفتها الجوهرية. وتعتمد آلية عملها على معالجة

4-أظهرت الخريطة النهائية للاحتمالية المكانية أن ناحية العظيم تنقسم إلى نطاقات متباينة الإمكانات، حيث تشغل المناطق ذات الإمكانات العالية مساحات محددة تتوزع في شمال ووسط الناحية ، بينما تراجعت الاحتمالية في المناطق الجنوبية والجنوبية الشرقية .

5-يستنتج من خلال المؤشرات الكمية للبحث أن توجيه عمليات حفر الآبار بناءً على الخرائط المنتجة سيؤدي إلى رفع كفاءة الاستثمار الزراعي في الناحية وتقليل مخاطر الفشل في التنقيب. إن هذا الربط بين التحليل الأكاديمي والاحتياج التنموي يحول الخريطة من مجرد أداة توضيحية إلى وثيقة استراتيجية تدعم التنمية المستدامة في ناحية العظيم.

6-تُعد الخرائط المنتجة أداة تخطيطية استراتيجية لصناع القرار، حيث توفر قاعدة بيانات مكانية موثوقة تساعد في تحديد المواقع المثلى لحفر الآبار أو إدارة الموارد المائية بشكل مستدام، بعيداً عن العشوائية في التنقيب.

التوصيات

1- نقترح في الدراسات المستقبلية دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي (Machine Learning) مع أسلوب التحليل الهرمي (AHP) للمقارنة بين النتائج التقليدية والنتائج المؤتمتة، مما يرفع من دقة التنبؤ ببيئات تواجد المياه.

2- اوصي الجهات ذات العلاقة باعتماد الخرائط الناتجة كوثيقة أساسية عند منح تراخيص حفر الآبار، لضمان استدامة المخزون الجوفي وتقليل الهدر المالي في المناطق ذات الاحتمالية المنخفضة.

المراجع

[1] Khalil, M. A. S. (2005). Groundwater and Wells (2nd ed.). Dar Al-Kutub Al-Ilmiyah for Publishing and Distribution. p. 62.

[2] Salameh, R. H. (2004). Principles of Geomorphology (1st ed.). Dar Al-Sira for Publishing, Amman. p. 140.

[3] Al-Jubouri, S. H. (2016). Natural Resources (2nd ed.). University of Baghdad. p. 67.

[4] Al-Dulaimi, L. M. H. (2021). Spatial Analysis of Groundwater in Ana

الأجزاء الجنوبية والغربية التي تعاني من ارتفاع التبخر وقلة التغذية المطرية.

في المقابل، كشفت النمذجة عن وجود نطاقات واعدة رغم محدودية مساحتها، إذ بلغت نسبة المناطق ذات الاحتمالية المرتفعة والمرتفعة جداً مجتمعةً حوالي 11.3% من المساحة الكلية. وتتركز هذه المساحات في القطاعات الشمالية والشمالية الشرقية، حيث أثبتت الأداة المطورة (Groundwater Potential Existence) فاعلية العوامل الطبيعية هناك — كالتراكيب الخطية وكثافة الأمطار وقرب هذه المناطق من بحيرة حمرين وبحيرة العظيم — في رفع الكفاءة الهيدرولوجية للأرض.

أما فئة الاحتمالية المتوسطة فقد احتلت مرتبة متقدمة بنسبة 22.9%، وهي تمثل مناطق انتقالية هيدرولوجية توفر توازناً بين المفقودات والمكتسبات المائية. وتعكس هذه النتائج الرقمية دقة عملية التقييس المرتبي والأوزان المستخرجة عبر AHP، حيث نجح النموذج في إبراز التباين المكاني الدقيق وتحويله من مجرد خرائط وصفية إلى بيانات كمية تدعم التخطيط المائي المستدام في المنطقة.

الاستنتاجات

1-أثبتت الدراسة أن بناء قاعدة بيانات جغرافية رقمية متكاملة تمثل الركيزة الأساسية في تحليل الموارد المائية، حيث أتاح دمج الطبقات الطبيعية (الجيولوجية، الطبوغرافية، الهيدرولوجية، والمناخية) في بيئة GIS فهماً شمولياً للتفاعل المعقد بين المتغيرات البيئية التي تحكم حركة وتجمع المياه الجوفية في ناحية العظيم

2-كشفت عملية التحليل الهرمي (AHP) أن العوامل الطبيعية لا تتساوى في درجة تأثيرها على توطن المياه الجوفية، حيث بينت الأوزان النسبية المستخلصة من آراء المحكمين أن العوامل الجيولوجية (نفاذية الصخور) والهيدرولوجية (كثافة الصرف المائي) هي الأكثر تأثيراً في ناحية العظيم مقارنة بالعوامل المناخية، مما يعكس دقة المنهج التجريبي في إعطاء مؤشرات كمية لمشكلة الدراسة.

3-إن الاعتماد على "العينة القصدية" من الخبراء أضفى صبغة واقعية على النمذجة الرياضية، مما جعل المخرجات النهائية تعكس الواقع الميداني للهيدرولوجيا في المنطقة المدروسة

District and its Investment Potential (Unpublished Doctoral Dissertation).

University of Anbar, College of Education for Human Sciences. p. 75.
[5] Hadid, A. S., & Al-Husseini, F. B. (1984). Climatology (1st ed.). Baghdad University Press. p. 145.
[6] Al-Mohammadi, M. A. M. F. (2024). Analysis and Evaluation of Groundwater Characteristics for Al-Amiriyah District in Anbar Governorate (Master's Thesis). Al-Iraqia University, College of Arts. p.
[7] Dawood, D. I., & Adi, A. S. (2024). Investing in Low-lying Areas for Water Harvesting and Dam Construction Using the Analytic Hierarchy Process (AHP) Model for Basins in the Qazaniya Region, Eastern Diyala Governorate. Diyala Journal for Human Research. p. 97. https://doi.org/10.57592/bmqvs1
[8] Al-Gharbawi, R. I. (1996). Foundations of General and Applied Geomorphology (1st ed.). Dar Al-Mufradat, Riyadh. p. 202.
[9] Salman, J. M., & Abdul Rahman, A. (2021). Determining the Best Strategy for Achieving Redundancy in the Water Network of Baniyas City Based on the Analytic Hierarchy Process. Journal of Science, Engineering, and Information Technology, 5(5), p. 8Saaty, T., 1977. A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. Journal of Mathematical Psychology, Vol. 15, No. 3, pp. 234-281 . https://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033 .
Saaty, T. L., 2008. Decision Making with the Analytic Hierarchy Process, International Journal of Services Sciences, Vol. 1, No. 1, 85 P. https://doi.org/10.1287/mnsc.32.7.84.

Saaty, T., 1986. Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process. Management Science, Vol. 32, No. 7, pp. 841-855. https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.0175
Mallick, J., Singh, C.K., Al-Wadi, H., Ahmed, M., Rahman, A., Shashtri, S., and Mukherjee, S, 2015. Geospatial and Geostatistical Approach for Groundwater Potential Zone Delineation, Hydrological Processes, Vol. 29, No. 3, 408 P. https://doi.org/10.1002/hyp.101 .
Wind, Y. and Saaty, T.L., 1980. Marketing Applications of the Analytic Hierarchy Process. Management science, Vol. 26, No. 7, 646 P. https://doi.org/10.1287/mnsc.26.7.6.
Brunelli, M., 2014. Introduction to the Analytic Hierarchy Process. Springer, pp. 24-.52
https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/15146/isbn9783319125022.pdf?se quence
https://search.asf.alaska.edu/#/ 12 m DEM
https://power.larc.nasa.gov
https://earthexplorer.usgs.gov/ Lan

Spatial modeling of groundwater potential in Al-Adhaim district using GIS and AHP Techniques

,Shahad Hasan
149.ge.hum@uodiyala.edu.iq
1 Diyala Education Directorate, Diyala, Iraq

ABSTRACT

Groundwater represents a vital strategic pillar for water security in the Al-Adhaim district, particularly amidst current hydrological challenges and accelerating climate change. This research aims to employ spatial modeling techniques and Geographic Information Systems (GIS) to produce a precise predictive model that identifies groundwater potential zones, thereby supporting decision-making in water resource management and sustainability .

The study adopted a Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) methodology using the Analytic Hierarchy Process (AHP) technique, integrating a suite of influential natural variables. These variables include geological characteristics, topographic slope, soil types, land cover, drainage density, and lineament density, in addition to climatic data such as rainfall and humidity. To achieve maximum procedural accuracy, an innovative algorithmic tool was developed within the ArcGIS environment, named (Groundwater Potential Existence), to automate weighted map algebra operations based on relative weights derived from expert opinions .

The results revealed precise spatial variation in water availability; the modeling showed that high-potential zones are concentrated in the northern and northeastern parts of the district. This water superiority is attributed to a combination of geomorphological and climatic factors, most notably high lineament density, proximity to water bodies, and increased rainfall rates. Conversely, low and very low potential levels dominated approximately 65% of the total area, particularly in the southern and western sectors. The study concludes that these prospective maps must be adopted as a fundamental document for guiding well-drilling operations, ensuring the reduction of financial waste and achieving the sustainability of groundwater reserves away from random exploration .

Keywords:
Spatial Modeling Analytic Hierarchy Process (AHP) Groundwater Al-Adhaim District Map Algebra

Snow Cover Spatial Non-Stationarity Modeling Using Hexagonal Grids and GWR: Jabal Shirin, Northern Iraq

Ruqaya Ahmed M. Amin[1,] *Radwan J. El-Kelani*[2,] *Dilveen Jafaar Mohamed*[3,] *Balsam Shaker Shneshil*[4]

Ruqaya_Mohamed@aliraqia.edu.iq radwan@najah.edu *dilveen.jafaar@uod.ac* *balsam_shneshil@aliraqia.*edu.iq

[1,4] Department of Geography, College of Art College, University of Aliraqia, Baghdad, Iraq

[2] Department of Civil and Architectural Department, An-Najah National University, Nablus, Palestine

[3] University of Duhok, Faculty of Humanities, Duhok, Iraq

ABSTRACT:

Mountain snow cover plays a key role in regulating seasonal water storage in semi-arid regions, yet its spatial variability is often poorly represented by globally calibrated models. This study develops a satellite-derived spatial analytical framework integrating hexagonal tessellation (0.79 km²; n = 469) with global Ordinary Least Squares (OLS) and local Geographically Weighted Regression (GWR) to quantify terrain-controlled snow variability in Jabal Shirin, northern Iraq, during 1995–2024. Multi-temporal Landsat imagery processed using the Normalized Difference Snow Index (NDSI) achieved high classification reliability (Overall Accuracy = 91.4%; Kappa = 0.88). Results indicate a substantial decline in dense snow cover of approximately 60–66% over three decades, reflecting structural contraction of the regional snow regime. The global OLS model explained 36–79% of variance, while significant Koenker statistics ($p < 0.001$) and residual spatial autocorrelation (Moran's I = 0.083, $p = 0.013$) confirmed spatial non-stationarity. Incorporating spatial heterogeneity through GWR improved performance (Adjusted R^2 = 0.83–0.85) and revealed strong elevation-controlled snow persistence above 1800 m.

Keywords:

Snow cover mapping; Geographically Weighted Regression; Spatial non-stationarity; Topographic controls; Semi-arid mountain systems

41. INTRODUCTION .

1.1 BACKGROUND.

w hen it is snowing on the mountains, it regulates the flow of water that flows down during the period of the year when it is not snowing heavily. In the Zagros Mountains of Iraq, the area of interest is ~246.73 *km2. This is between the 450m and 2200m AMSL and is significant for a height difference. This has caused the snow to fall in unequal amounts. Pictures were taken from the Landsat satellite, which has been taking pictures every 30 meters from 1995 to 2024. In these*

pictures it is evident that there is always snow above 1800m, but below 800m it is seen that snow comes and goes. The world has seen a shorter snow melt period and this is affecting the run-off of water. This is the IPCC's statement from 2022. This is the need of making models considering the characteristics of mountainous regions, which receive less rain than other regions, such as the Zagros Mountains, to follow the snow status and water status.

1.2 LITERATURE REVIEW.

In mountain areas, topographic variables (elevation, slope, aspect, and solar radiation) are known as the most important controls on snow cover spatial variability, accounting for about 60–85% of the spatial variation in snow cover in complex terrain [1]; [2]. Numerous studies have expressed the terrain–snow relationship in a quantitative manner through global regression modeling techniques, particularly Ordinary Least Squares (OLS). In the heterogeneous mountain environments where processes of snow accumulation and melt differ due to topographic and microclimatic conditions, however, the assumption of spatial stationarity is also likely to be violated by OLS. Geographically Weighted Regression (GWR) is able to overcome this by permitting the spatial variation of the regression coefficients and hence the identification of localised terrain–snow interactions. Compared to OLS, previous research shows that the explanatory power of GWR is 10-30% higher, and the value of Local R^2 is often between 0.60 and 0.90 in complex mountainous areas [3] [4] [5], [6]. In recent years, the need for spatially adaptive modelling to describe

the spatio-temporal variation of snow processes in the context of a changing climate has also been highlighted. Although several contributions have been made in this field, spatial regression techniques for studying dynamics of snow cover in semi-arid mountain regions are still not fully applied, especially in regions where data is scarce, like northern Iraq.

1.3 RESEARCH GAP.

Although considerable progress has been made in satellite-derived snow mapping, most studies have been based on global calibration models based on the assumption of spatial stationarity of the snow–terrain relationships. The spatial non-stationarity between the distribution of snow and topographic controls, however, is poorly studied in semi-arid mountain areas, where high elevation gradients and microclimatic variability affect snow persistence. Furthermore, the use of aggregation frameworks for hexagonal tessellation, which helps reduce spatial bias and better represents neighborhoods, is still little used in snow modelling studies in semi-arid mountain areas. The paper adds to the existing studies on mountain snow by combining multi-temporal satellite snow mapping with hexagonal tessellation and geographically weighted regression (GWR) to quantify the spatially non-stationary mountain terrain/snow interaction in a semi-arid mountain system. The study must have research objectives and hypotheses. In this study, the aim is to quantify spatial heterogeneity in the relationship between

snow and topography in a semi-arid mountain environment for the period 1995–2024. Specifically, it (1) characterizes terrain-controlled snow distribution, (2) assesses

spatial non-stationarity of the interactions between snow and topography, and (3) investigates whether spatial aggregation by hexagons can enhance the statistical stability and mitigate the spatial bias in snow-topography relationships. Snow–topography relationships are highly non-stationary, spatially. The results showed that geographically weighted regression (GWR) performs better on explanatory (ΔAdjusted $R^2 > 0.05$) and decreases the residual spatial autocorrelation in comparison with Ordinary Least Squares (OLS). The hexagonal tessellation helps reduce the impact of modifiable areal unit problem (MAUP) and standardizes the local coefficients.

1.5 AIM OF STUDY.

To fill these gaps, this study aims to quantify the spatial heterogeneities of the snow–topography relationship and assess terrain-controlled snow variability in the Jabal Shirin mountain system for the 1995–2024 period.

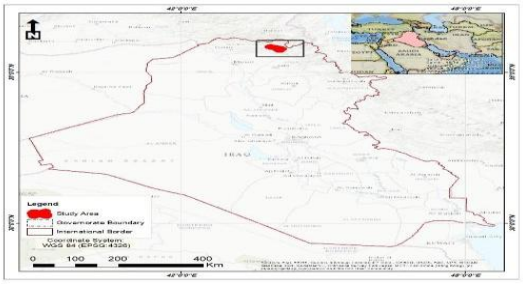
42. MATERIALS AND METHODS

2.1 STUDY AREA.

The study area is in the Sordash mountain range of northern Iraq which is situated in Mergansers District of Erbil Governorate with a total area of about 246.73 km2 (WGS84). The relief is almost 1700 m and the elevation increases from 450 m to more than 2200 m a.s.l. The NW–SE trending anticline structures have a dominant influence on the terrain, which results in steep slopes and strongly varying aspects, leading to strong microclimatic gradients (Figure 1). The climate in the region is semi-arid mountain with Köppen's classification Csa at lower altitudes and Dsa at higher altitudes.

Average annual precipitation is 650 – 900 mm and average January temperatures are generally 0 - 5°C at higher elevations. The snow falls primarily during the winter months at higher elevations, while lower slopes are somewhat drier in the same period. Geologically, it is part of the High Folded Zone of northern Iraq that is underlain by folded Mesozoic-Cenozoic sedimentary rocks comprising limestone, marl and dolomite. The rugged relief and high elevation contrasts created by these structural conditions affect the local climatic and hydrological conditions. Snow accumulation and persistence is dominated by topographic gradients. Slope aspect controls melt rates and incoming solar radiation and elevation controls precipitation phase and temperature decrease. Therefore, north-facing slopes tend to have a longer snow cover period than south-facing slopes and result in significant spatial variation in snow cover distribution.

Figure 1. Spatial location of the study area in Erbil Governorate, Northern Iraq.



Source: Authors' elaboration using ArcGIS Pro; basemap © Esri and penStreetMap contributors.

2.2 DATA SOURCES.

To represent environmental conditions in the study area, a multi-source spatiotemporal dataset was gathered, which included data from 1995 to 2024 (Table 1). Snow cover was generated using the Normalized Difference Snow Index (NDSI) of Landsat Collection 2 Level-2 imagery (30 m) with high spatial resolution appropriate for complex mountainous areas. ERA5-Land reanalysis (0.25°) provided the snow-related variables for temporal consistency, while the atmospheric parameters (temperature, relative humidity, wind speed, and solar radiation) were derived from NASA POWER (~0.5° resolution), which was used to describe regional climatic conditions rather than local micro-climates.

Table 1. Data Sources and Their Analytical Roles in the Study

No	Data Type	Period	Source	Analytical Purpose
1	Climate variables (Temperature, Relative Humidity, Wind Speed, Wind Direction, Solar Radiation)	1995–2024	NASA POWER[7]	Characterisation of regional atmospheric variability
2	Precipitation data (hourly)	2004–20	CHRS [8]	Assessment of rainfall variability (not used in regression models)
3	Snow-related variables	1995–2024	ERA5-Land (ECMWF)[9]	Temporal support for snow-climate consistency
4	Digital Elevation Model (DEM) (25–30 m)	2014	USGS EarthExplorer[10]	Derivation of terrain variables (elevation, slope, aspect, hillshade, TWI)
5	Satellite imagery (Landsat series)	1995–2024	USGS / Google Earth Engine[11]	Snow cover extraction using NDSI
6	Topographic maps (1:100,000)	2020	KRG Maps	Cartographic referencing
7	Geological maps	—	Iraqi Geological Survey [12]	Geological context of the study area
8	Soil Map (Buringh)	1960	Ministry of Agriculture, Iraq[13]	Baseline soil classification

9	Exploratory Soil Map (Al-Taai)	1997	General Authority of Survey	Soil type identification
10	WRB / FAO Soil Map	2006	FAO / SoilGrids[14]	Hydrological soil classification

Source: Authors' compilation based on NASA POWER, CHRS, ECMWF ERA5-Land, USGS Earth Explorer, Google Earth Engine, KRG maps, Iraqi Geological Survey, Ministry of Agriculture (1960), General Authority of Survey (1997), and FAO Soil Grids (2006).

Regional precipitation variability was characterised using rainfall data from CHRS (2004–2024), but those data were not used in the regression modelling, which was only used to account for the effects of the terrain-derived predictors on snow distribution. A 30 m Digital Elevation Model (DEM) was used to generate topographic variables such as elevation, slope, aspect, hillshade and Topographic Wetness Index (TWI) (Figure 2). All the data sets have been reprojected to WGS84 and spatially harmonized with bilinear resampling on continuous data and nearest-neighbour on categorical layers. Variables were aggregated to 469 hexagonal grid cells (Table 1) of 0.79 km² (to minimize the spatial bias and facilitate spatial regression modelling).

Figure 2. Workflow of the spatial modelling framework used to analyse snow–terrain relationships

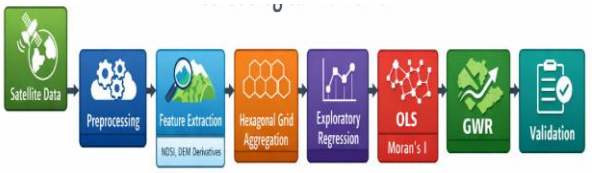


Figure 2. Analytical workflow is the processing of satellite data, snow extraction (NDSI), derivation of terrain variables, aggregation to hexagonal grid, and spatial regression modelling with OLS, Moran's I diagnostics and Geographically Weighted Regression (GWR).

2.3 SNOW COVER DATA.

rom the Landsat 5 TM (1995 – 2011), Landsat 7 ETM+ (1999 – 2020), Landsat 8 OLI (2013 – 2024) and Landsat 9 OLI-2 (2021 – 2024), providing a consistent temporal coverage of the study area with snow monitoring (Table 3). For the recent period (2015-2024), Sentinel-2 MSI imagery (10 m) was also only used for visual validation and interpretation of snow cover patterns, to aid the verification of Landsat derived snow maps, but was not used in the long-term classification. The measurement of snow cover was obtained through the use of the Normalized Difference Snow Index (NDSI) which takes advantage of the high reflectance difference between snow and the absorption of shortwave infrared. The index was computed as suggested by Dorothy K. Hall and Jeff Dozier, and was defined as[15]:

NDSI=(Green-SWIR1)/(Green+SWIR1)

Green is from reflectance in the green band (≈0.53–0.59 μm) and SWIR1 is from reflectance in the shortwave infrared band (≈1.55–1.75 μm). Snow cover was determined by a threshold value of NDSI ≥ 0.40 which is commonly used in Landsat-based snow studies

(Hall et al., 2021). The separation between snow and non-snow surfaces was visually verified in the histograms and by analysis of the spectral distribution characteristics of all terrain and illumination conditions (Table 2). The Landsat Quality Assessment (QA) band and the CFMask cloud-masking algorithm were applied to help reduce cloud contamination, and seasonal composites were created to reduce any residual atmospheric noise. A confusion matrix was used to assess classification reliability, using independent validation samples. The validation points were identified using visual interpretation of the high-resolution satellite data, in this case Sentinel-2 scenes, and verified through multi-temporal Landsat observations, both on different elevations and slope aspects. The resulting confusion matrix yielded an Overall Accuracy of 91.4% and a Kappa coefficient of 0.88, suggesting good agreement between the classified data and the reference data[16]. The specifications for the satellite data are given in Table 3 and the summary of spectral indices used in the analysis is given in Table 2. The conceptual procedure used in the snow cover modelling process is shown in Figure 3 with respect to the variable engineering framework.

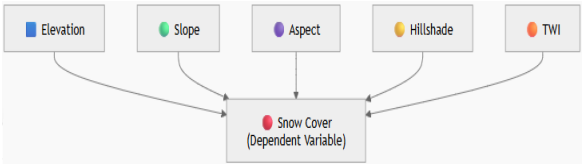
Table 2 – Spectral Indices Used

TABLE I. **NDEX**	TABLE II. **ORMULA**	TABLE III. **URPOSE**
TABLE IV. **DSI**	TABLE V. **GREEN – SWIR) / (GREEN + SWIR)**	TABLE VI. **NOW DETECTION**
TABLE VII. **DVI**	TABLE VIII. **NIR – RED) / (NIR + RED)**	TABLE IX. **EGETATION MASKING**

Table 3 – Satellite Data Specifications

Dataset	Sensor	Resolution	Period	Source
Landsat5/7/8/9	TM, ETM+, OLI, OLI-2	30 m	1995 – 2024	USGS
Sentinel-2	MSI	10 m	2015 – 2024	ESA
ERA5-Land	Reanalysis	0.25°	1995 – 2024	ECMWF

Figure 3. Conceptual Variable Engineering Framework for Snow Cover Modelling



Source: Developed by the authors based on spatial feature engineering principles (Esri, 2023; Gorelick et al., 2017).

The snow cover map produced from Landsat NDSI was validated with 220 independent validation samples and the accuracy was assessed by a confusion matrix. The results show very good agreement between the data classified and the reference observations. The producer's accuracy for the snow class was 92.6% for the validation samples with 100 snow pixels classified correctly and 8 snow pixels classified as non-snow. In the non-snow category, 101 samples were correctly classified with 11 samples classified as snow; the producer's accuracy was 90.2%. For the two prediction classes, snow and non-snow, the users' accuracy was 90.1%

and 92.7%, respectively, suggesting high reliability of the classification results from the map user's perspective. As a whole, the classification showed an Overall Accuracy of 91.4% and a Kappa coefficient of ~88%, both of which excelled the chance level, reinforcing the success of the snow cover mapping approach using NDSI.

2.4 TOPOGRAPHIC VARIABLES.

Topographic predictors for terrain controls on snow distribution (Table 4) were created using a 30 m Digital Elev Model (DEM) data set. The variables extracted were elevation (m), slope (°), aspect (°), hill shade and Topographic Wetness Index (TWI). Elevation shows the effects of temperature lapse rates on snow persistence; slope and aspect control solar radiation exposure, and gravitational redistribution of snow. Since aspect is a circular variable, it was converted to sine and cosine values for its proper representation in the regression analysis. The hill shade was added as a terrain illumination indicator, based on slope and aspect, and not as a separate physical parameter, thus using relative topographic shading conditions. Based on a generalized illumination geometry (solar azimuth = 315° and solar altitude = 45°), the reduced areas of solar exposure in these terrain areas were calculated. The Topographic Wetness Index (TWI) was calculated using the equation developed by Keith Beven and Michael Kirkby[17]:

$$TWI = \ln\left(\frac{A_s}{\tan \beta}\right)$$

In which A_sdenotes upslope contributing area (m² per unit contour length) and βrepresents local slope angle (radians). TWI is used to estimate the potential accumulation of moisture due to topographic convergence and slope gradients. These variables, when combined, offer a physically-consistent representation of the terrain factors that affect snow accumulation and persistence over a complex mountain landscape.

Table 4 – Topographic Wetness Index from DEM

Variable	Unit	Description
Elevation	m	Altitude
Slope	degree	Terrain steepness
Aspect	degree	Solar exposure
Hillshade	index	Illumination
TWI	index	Moisture potential

2.5 HEXAGONAL GRID CONSTRUCTION.

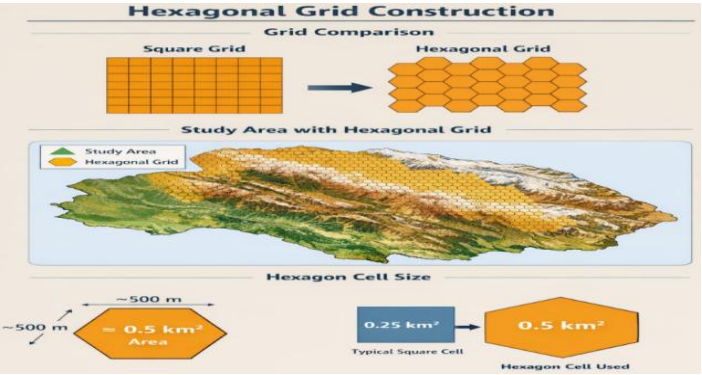
The study area was divided into a hexagonal tessellation grid to capture spatial variation in the area, but without the directionality bias found in traditional square grids. Hexagonal cells have equal distances from neighbours and less edge effect than the common square lattice used in raster aggregation[18], thus creating better spatial sampling of the environmental variables. This spatial discretisation approach has become more and more popular in environmental modelling and landscape analysis for the purpose of representing spatial processes. The hexagonal tessellation, however, reduces the zoning effect of the Modifiable Areal Unit Problem (MAUP) to a large extent; the scale effect is always an issue with spatial aggregation[19]. Thus, the choice of the grid size is

essential to ensure an appropriate level of spatial detail and statistical robustness when modelling regression. A grid-size sensitivity analysis was performed to compare the influence of spatial resolution on model performance using three different alternative spatial resolutions of the hexagonal grid: 0.50 km², 0.79 km², and 1.50 km². The proportions of snow cover and the topographic variables were aggregated for each grid size and then assessed using regression framework. The performance of the models was compared by their adjusted R^2 and Akaike Information Criterion (AICc) in order to account for the model fit and penalizing for the model complexity. The findings of the sensitivity analysis (Table 5) showed that the intermediate grid size (0.79 km²) was characterized by the lowest AICc and maximum overall model stability[20], thus representing the best compromise between preserving the terrain variability and having enough observations for the estimation of spatial regression. Spatial noise and statistical instability were found with smaller cells (0.50 km²), as few observations are present, and larger cells (1.50 km²) introduced oversmoothing of the variability of the terrain and reduced the capacity to capture local topographic controls on snow distribution. The study area was then represented by the 469 hexagonal cells, with each cell at the selected resolution representing an area of about 0.79 km2, used as the spatial analysis units to perform the subsequent statistical modelling.

Grid Size (km²)	Number of Cells	Adjusted R^2	AICc
0.50	742	0.81	1365.7
0.79	469	0.85	1318.4
1.50	247	0.79	1396.2

Variable Category	Skewness (Before)	Skewness (After)	Kurtosis (Before)	Kurtosis (After)	% Reduction in Kurtosis
Light Snow	-1.107	-1.542	2.627	4.072	—
Moderate Snow	3.718	1.968	18.212	6.513	64.2% ↓
Dense Snow	3.544	2.806	14.473	9.843	32.0% ↓
Elevation (1900–2250 m)	3.320	2.860	12.855	9.707	24.5% ↓
Slope (0.1–1.9°)	6.218	3.195	46.552	15.755	66.2% ↓
East Aspect	2.871	1.083	14.085	3.655	74.0% ↓
Low Hill shade	1.558	-0.913	3.950	2.870	27.3% ↓
Very Low TWI	-0.012	-0.225	2.207	1.950	11.6% ↓

Figure 4. Hexagonal Grid Construction and Spatial Aggregation Framework



Source: Authors, based on ArcGIS Pro spatial analysis.

Table 5: Grid Size Sensitivity Analysis

Optimal grid size selected based on minimum AICc

2.6 STATISTICAL DIAGNOSTICS.

Table 6. Distributional Improvement

Variable	Class	Mini	Max	Mean	Std. Devi	Median	Skewness	Kurtosis
Snow Cover	Light Snow	0	6.376	4.769	2.242	6.224	-1.107	2.627
	Moderate Snow	0	2.897	1.701	4.287	0	3.718	18.212
	Dense Snow	0	6.362	4.215	1.354	0	3.544	14.473
Elevation Classes (m)	448.0–750	0	6.365	1.678	2.392	0	1.054	2.438
	750.0–1150	0	6.358	1.479	2.198	0	1.202	2.882
	1150–1550	0	6.350	1.009	1.769	0	1.598	4.175
	1550–1900	0	6.358	7.704	1.619	0	2.048	5.948
	1900–2250	0	6.365	4.280	1.381	0	3.320	12.855
Slope Degree (°)	0.1–1.9	0	3.341	9.599	3.422	7.716	6.218	46.552
	1.9–7.9	0	4.020	7.134	9.354	2.546	1.541	4.633
	7.9–15.9	0	4.768	1.374	1.208	1.087	0.596	2.156
	15.9–29.9	0	5.787	2.132	1.458	2.098	0.122	1.971
	29.9–90	0	4.984	1.023	1.247	3.703	1.079	3.037
Aspect (°)	0–22.0 (North)	0	4.606	3.996	7.634	1.543	2.402	8.818
	22.5–67.5 (NE)	0	5.162	5.474	9.838	4.629	2.394	8.767
	67.5–112.5 (East)	0	4.197	3.240	5.422	6.172	2.871	14.085
	112.5–157.5 (SE)	0	3.233	5.173	6.254	2.623	1.518	5.178
	157.5–202.5 (South)	0	5.308	1.265	1.161	1.080	0.747	2.919
	202.5–247.5 (SW)	0	5.563	1.244	1.204	1.049	0.855	3.064
	247.5–292.5 (West)	0	2.947	4.888	6.171	2.083	1.565	5.220
	292.5–337.5 (NW)	0	2.731	3.255	4.894	9.259	2.160	8.075
	337.5–360 (North)	0	2.893	2.277	4.257	1.543	2.560	10.610
Topographic Position	(Very Low)	0	2.824	1.072	6.289	1.087	-0.012	2.207
	(Low)	0	3.009	1.650	6.817	1.867	-1.069	3.253

After Square-Root Transformation

Exploratory statistical diagnostics were carried out before regression modelling to assess the properties of the distribution and provide some verification of key modelling assumptions. (Tables 6–7) This led to large non-normalities in the preliminary descriptive statistics of the predictor variables[21]: strong positive skewness (between −1.107 and 6.218) and heavy-tailed distributions (between 2.627 and 46.552) were observed, particularly for the low slope and moderate snow categories. These values are far from the acceptable range values (|Sk| < 2 and |Ku| < 7), signifying instability of linear regression estimates [22] [23].

To reduce the impact of these, the data has been square-root transformed. The

Table 7. Descriptive Statistical Characteristics of Spatial Variables Prior to Transformation.

Source: Author's computation based on GIS-derived spatial database (2024).

not markedly affect the distribution of the terrain categories, but produced good improvements in distributional balance. Multicollinearity Diagnostics also confirmed the suitability of the model. The variance inflation factor (VIF) values

were within the range of 1.42 to 5.87, which are less than the conservative value of 7.5 recommended for spatial regression analysis [23]. All these diagnostics provide a confirmation that the transformed dataset can meet the statistical conditions for further modelling by OLS and GWR[23]. Table 6 presents the results following the transformation and indicated a large decrease in the amount of distortion. Skewness was reduced to a range of (-1.704 to 3.195). Kurtosis also decreased; in particular, for the slope classes (from 18.212 to 6.513) and moderate snow (from 46.552 to 15.755). The majority of the predictors were near symmetric thresholds and so variance stabilization was improved by decreasing the extremity of the tails (Osborne, 2010). The Variance Inflation Factor (VIF) was obtained for all explanatory variables used in the regression analysis to check for possible multicollinearity among them[24]. The results show that there is a low level of multicollinearity with the VIF values ranging from 2.1 to 3.5. In particular, the VIF values for the various variables were 3.1 for elevation, 2.7 and 2.4 for sine and cosine transformations of aspect, 3.5 for hill shade, and 2.1 for the Topographic Wetness Index (TWI)[25]. All the values are well below the common value of 7.5, which means that the explanatory variables are independent enough and appropriate for the inclusion in the framework of regression modelling.

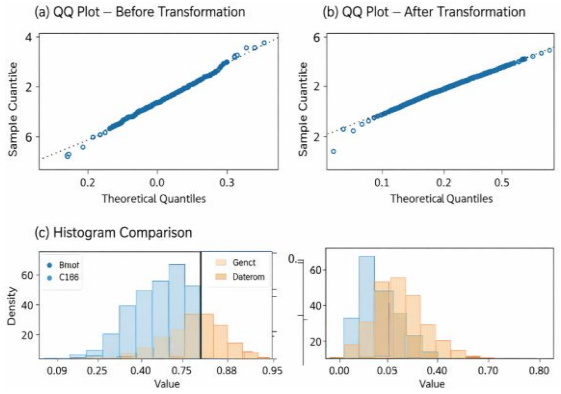
Table 8. Descriptive Statistical Characteristics of Spatial Variables After Data Normalization

Variable	Class	Min	Max	Mean	Std. D	Medi	Skewnes	Kurto	ev.	an	s	sis
Snow Cover	Light Snow	0	0.007	0.006	0.00024	0.0007	-1.542	4.072				
	Moderate Snow	0	0.005	0.00006	0.0001	0	1.968	6.513				
	Dense Snow	0	0.007	0.00007	0.0001	0	2.806	9.843				
Elevation Classes (m)	448–750	0	0.007	0.002	0.003	0	0.690	1.765				
	750–1150	0	0.007	0.002	0.003	0	0.773	1.929				
	1150–1550	0	0.007	0.001	0.002	0	1.134	2.632				
	1550–1900	0	0.007	0.001	0.002	0	1.575	3.848				
	1900–2250	0	0.007	0.00006	0.0001	0	2.860	9.707				
Slope Degree (°)	0.1–1.9	0	0.005	0.00005	0.00008	0.00002	3.195	15.755				
	1.9–7.9	0	0.006	0.002	0.001	0.0001	0.656	2.333				
	7.9–15.9	0	0.006	0.003	0.001	0.0003	-0.025	1.783				
	15.9–29.9	0	0.007	0.004	0.002	0.0004	-0.644	2.356				
	29.	0	0.	0.00	0.	0.	0.3	1.74				

	9–90		0.007	2	0.002	0.001	95	1
Aspect (°)	North (0–22°)	0	0.006	0.001	0.001	0.0003	1.342	3.712
	NE (22.5–67.5°)	0	0.007	0.001	0.001	0.0006	1.211	3.506
	East (67.5–112.5°)	0	0.006	0.001	0.001	0.0007	1.083	3.655
	SE (112.5–157.5°)	0	0.005	0.0017	0.0014	0.0015	0.448	2.189
	South (157.5–202.5°)	0	0.007	0.002	0.001	0.003	-0.126	1.809
	SW (202.5–247.5°)	0	0.007	0.002	0.002	0.003	-0.049	1.784
	West (247.5–292.5°)	0	0.005	0.0016	0.0014	0.0014	0.508	2.206
	NW (292.5–337.5°)	0	0.005	0.0012	0.0012	0.0009	0.856	2.896
	North (337.5–360°)	0	0.005	0.0009	0.0011	0.0003	1.295	3.734
Hillshade	High Shadow		0.007	31	0.003	0.0017	89	411
	Moderate Shadow	0	0.007	0.002	0.002	0	0.895	2.126
	Low Shadow	0	0.007	0.001	0.002	0	1.149	2.638
	No Shadow	0	0.007	0.001	0.002	0	1.810	4.577
Topographic Position Index (TWI)	Very Low	0	0.0053	0.0030	0.0013	0.0033	-0.914	3.112
	Low	0	0.0055	0.0038	0.0012	0.0043	-1.704	5.019
	Moderate	0	0.0047	0.0030	0.0010	0.0032	-1.250	4.505
	High	0	0.0041	0.0019	0.0008	0.0019	-0.225	2.987
	Very High	0	0.0028	0.0008	0.0007	0.0009	0.170	1.928

Source: Author's computation based on GIS-derived spatial database (2024)

Figure 5. Distributional improvement following square-root transformation.



(a) QQ plot of the raw variable prior to transformation, showing deviation from normality. (b) QQ plot after square-root transformation, demonstrating improved alignment with the theoretical normal distribution. (c) Histogram comparison illustrating reduction in skewness and tail extremity after transformation.
Source: Author's analysis based on study dataset.

The square-root transformation significantly reduced the distributional asymmetry and brought the distribution closer to a normal distribution as shown in (Figure 5) and thus allowed for valid regression modelling.

43. 2.7 OLS + MORAN + GWR.

First, an Ordinary Least Squares (OLS) regression model was used to find baseline relationships between snow cover intensity (the dependent variable) and some topographic predictors[26]. The global regression is given as[27]:

$$y_i = \beta_0 + \sum_{k=1}^{p} \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i$$

In which y_irepresents the intensity of the snow in the hexagonal unit i, x_ikdenotes the predictor k and ε_ism the error term. Adjusted R2 was used to assess model performance and Koenker (Breusch–Pagan) statistics were used to test for spatial non-stationarity and heteroskedasticity. First order Queen contiguity weights were used to evaluate the residual spatial autocorrelation. To allow for potentially spatially varying relationships, Geographically Weighted Regression (GWR) was then used. The local regression model is given by[27]:

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^{p} \beta_k (u_i, v_i) x_{ik} + \varepsilon_i$$

where (u_i, v_i) are the spatial coordinates of unit i. The adaptive gaussian kernel was used and the optimal bandwidth was obtained by minimizing the AICc. The same diagnostic statistics were used to assess model performance and residual spatial dependence for the model.

Table 8 – Model Evaluation Criteria

Metric	Threshold	Purpose
Adjusted R^2	>0.5	Model strength
AICc	Lower better	Model comparison
VIF	<7.5	Multicollinearity
Moran's I	p<0.05	Spatial dependence

Source: Based on spatial regression evaluation standards [28] and ArcGIS Pro documentation (Esri, 2023).

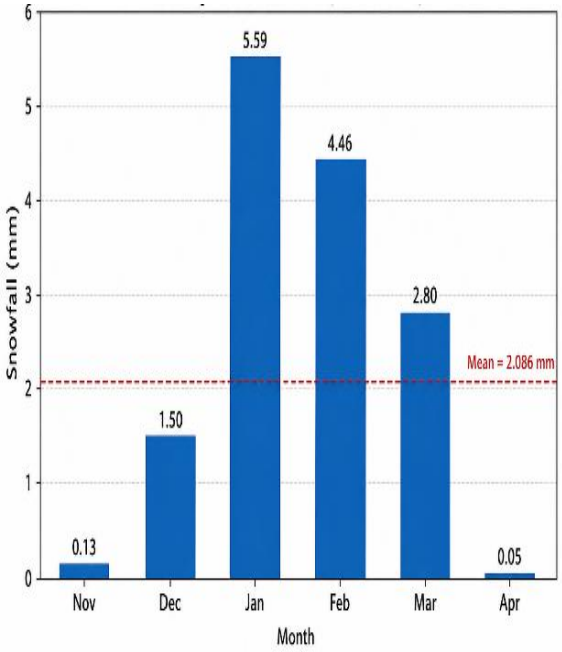
3.RESULTS.

3.1 LONG-TERM SNOWFALL VARIABILITY (1995–2024).

The ERA5-Land reanalysis data was used to investigate the long-term snowfall variability (1995–2024) in order to set up the climatic context of spatial modelling[9]. Snowfall is very seasonal, with a maximum occurring in January

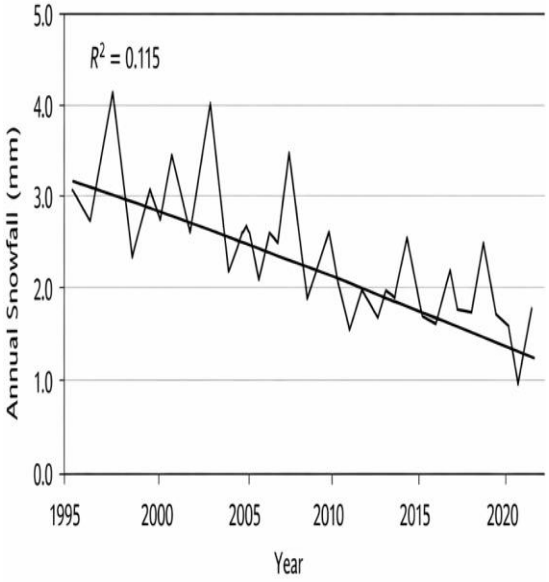
(5.59 mm) and February (4.46 mm), and negligible amounts after April (0.049 mm) and in November (0.13 mm) as shown in Figure 6. The overall monthly mean (2.086 mm) identifies a regime typical of a winter dominated regime as is generally found in semi-arid mountain systems (Figure 7)[29].

Figure 6. Monthly Mean Snowfall Distribution (1995–2024).



Source: ERA5-Land reanalysis (Copernicus Climate Data Store), processed by the authors.

Figure 7. Interannual Snowfall Trend and Mann–Kendall Test (1995–2024).



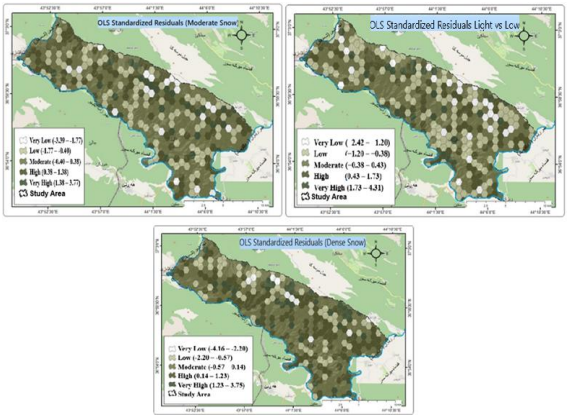
Source: ERA5-Land reanalysis (Copernicus Climate Data Store), processed by the authors

3.2 GLOBAL MODEL PERFORMANCE (OLS)

The global OLS model showed that the explanatory power of the model was different between the three snow cover categories (Table 9). The adjusted R^2 was 0.366 for moderate snow, 0.796 for light snow and 0.765 for dense snow, which showed moderate to strong explanatory power with respect to the density of snow. The Koenker (Breusch–Pagan) statistic, however, was highly significant for all classes ($p < 0.001$), indicating heteroskedasticity in the data and spatially varying relationships between snow distribution and the terrain predictors. This suggests that the spatial uniformity of the parameters in global regression models is not always true or applicable in the study area (Koenker, 1981; Li et al., 2019). Further diagnostics of the residual data showed significant spatial autocorrelation for dense snow (Moran's I = 0.083, p = 0.013), but not for

light (p = 0.067) and moderate (p = 0.053) snow classes. Standardized residuals for dense snow show spatial pattern (Figure 8), with a concentration of positive and negative residuals in higher-elevation sectors, suggesting that the global model is not adequately capturing all of the spatial structure in this type of snow cover [28] Harris et al., 2020). Combined, the large Koenker statistics and obvious patterns in the residuals in the local area show that the global OLS framework may not be suitable to model localized interactions between terrain and snow and indicate the need for using the spatially adaptive modelling technique, Geographically Weighted Regression (GWR).

Figure 8. Spatial distribution of OLS standardized residuals across the hexagonal grid:



Moderate Snow (a), Low Snow (b) and Dense Snow (c). The maps show the spatial distribution of model residuals, including negative residuals (overestimation) and positive residuals (underestimation), with localized clustering of residuals in these areas that are not explained by the OLS model.

Source: Authors' analysis based on OLS spatial regression diagnostics implemented in ArcGIS Pro.

Table 9. OLS Model Diagnostics by Snow Class

Snow Class	R^2	Adj. R^2	Moran's I	Moran's p	VIF Range
Light Snow	0.798	0.796	0.048	0.140	1.12–1.98
Moderate Snow	0.372	0.366	0.000	0.941	1.42–5.87
0.767	0.765	<0.001	0.013*		1.07–1.14

Source: Authors' analysis based on OLS spatial regression diagnostics implemented in ArcGIS Pro.

- The Koenker test is used to test for heteroskedasticity and spatial non-stationarity.
- The first-order Queen contiguity weights are used to calculate Moran's I for Moran.
- VIF < 7.5 means that there is no excessively high multicollinearity..

3.3 IMPROVEMENT THROUGH (GWR).

The use of an adaptive Gaussian kernel in the application of Geographically Weighted Regression (GWR) enhanced the model performance compared with the global OLS specification (Table 10). Adjusted R^2 increased from 0.796 to 0.832 for light snow, from 0.366 to 0.421 for moderate snow, and from 0.765 to 0.850 for dense snow. The greatest increase was in the dense snow class (ΔAdjusted R^2 = +0.085), suggesting more localized terrain control in this class. The results of the model selection criteria also supported the superiority of the local regression framework. Under GWR AICc values were significantly lower, associated with better model fit and model parsimony. These enhancements align with the findings of past research, which has shown that geographically weighted approaches are able to better capture spatial non-stationarity in environmental processes [30] [31] Harris et al., 2020). Moreover,

residual spatial autocorrelation was effectively minimized, as Moran's I values were not statistically significant after the spatial structure was modeled, suggesting that the local model was able to account for spatial structure that was not accounted for in the initial model.

Table 10. Comparison between Global (OLS) and Local (GWR) Models

Snow Class	OLS Adj. R^2	GWR Adj. R^2	Δ Adj. R^2	GWR AICc	Optimal Bandwidth (Neighbor
Light Snow	0.796	0.832	+0.036	546.51	83
Moderate Snow	0.366	0.421	+0.055	1138.69	99
Dense Snow	0.765	0.850	+0.085	530.52	51

Source: Spatial regression analysis performed in ArcGIS Pro (Esri, 2023)

3.4 SPATIAL DISTRIBUTION OF LOCAL R^2.

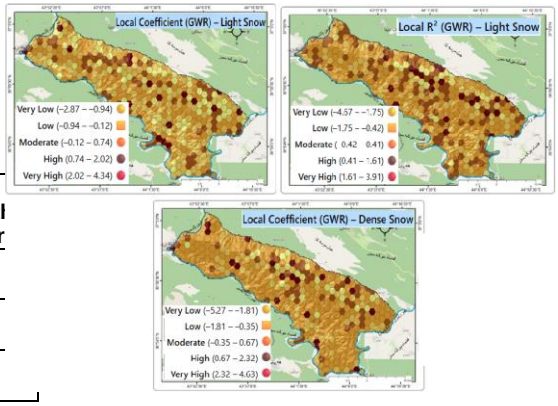
The Local R^2 values calculated from the GWR model show good spatial variation in the 469 hexagonal grid cells (Figure 9; Table 11). Local explanatory performance was between 0.62 and 0.89 with an average of 0.81 (±0.06)), showing good local explanatory power. The topographic controls also have a significant influence on the distribution of snow, with approximately 69% of cells having values greater than 0.80 [30] [31].

Table 11. Descriptive Statistics of Local R^2 (GWR Model)

Statistic	Value
Minimum	0.78
Maximum	0.89
Mean	0.81
Standard Deviation	0.06
Cells > 0.80	69%
Total Cells (n)	469

Source: Authors' analysis based on GWR outputs in ArcGIS Pro

Figure 9. Spatial distribution of local GWR outputs across the hexagonal grid:



) Local Coefficient (GWR) – Light Snow, (b) Local R^2 (GWR) – Light Snow, and (c) Local Coefficient (GWR) – Dense Snow. The maps illustrate spatial variability in model performance and terrain influence across the study area.

Source: Derived from spatial regression analysis conducted using the GWR tool in ArcGIS Pro (Esri, 2023), following the methodological framework of [30].

Local R2 values >0.85 were more clustered in high elevation areas (>1800 m) especially on north-facing slopes, while values <0.70 were seen in lower elevation areas, in southern parts. This is in line with earlier findings that both elevation and aspect affect snow accumulation and persistence in mountain regions [32] [33]. The full range is between 0.62–0.89 but most of the grid cells are in the range of 0.78–0.86, signifying relatively stable performance of models locally across the study area. The spatial variation of Local R^2 is not necessarily due to non-stationarity, but is rather an indication of differences in the explanatory power of the model at the

local level [30]. The pattern that is observed therefore illustrates the scale-dependency of terrain influence on snow distribution, and also provides additional evidence for the better performance of the local GWR framework in comparison with the global OLS model.

3.5 Statistical Structure of Local Model Performance.

The distribution of Local R^2 values across the study area (Table 12, n = 469) shows that model performance is relatively stable across the study area. The complete R^2 range for the Local R^2 is 0.62 – 0.89 for all the hexagonal cells, but most of the observations fall within a smaller range of 0.78 – 0.86, with a mean of 0.82 (SD = 0.02). Such a restricted spread results in a small coefficient of variation (CV = 2.44%) for the models within the area, demonstrating the consistency of the models' performance.

Table 12. Dominant Distribution of Local R^2 Values (GWR Model; n = 469)

Statistic	Value
Sample Size (n)	469
Minimum (dominant interval)	0.78
Maximum (dominant interval)	0.86
Mean	0.82
Standard Deviation (SD)	0.02
Coefficient of Variation (CV %)	2.44%
Distribution Shape	Near-normal
Outliers	Not detected

Source: Derived from GWR outputs generated in ArcGIS Pro 3.1

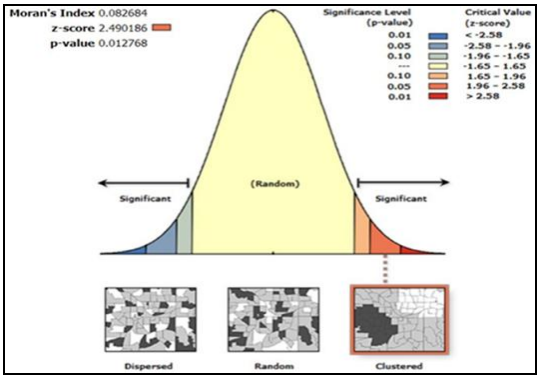
Near-normal distribution of residuals and lack of extreme outliers indicate that any gains in explanatory power are likely to be due to systematic spatial variation within the domain of the model rather than to statistical inflation. The stability of local distributions of R^2 is a frequent sign of controlled model complexity and stability of the model coefficients, especially if bandwidth optimization is attempted by minimizing the AICc ([34] .

3.6 HETEROGENEITY OF SNOW–TERRAIN RELATIONSHIPS SPATIAL

The results show that snow–terrain interactions are clearly heterogeneous in space throughout the study area. The global OLS model results were moderate to strong in terms of the power of the model to explain the data (Adjusted R^2 = 0.366–0.796); however, residual diagnostics showed that there was significant spatial autocorrelation for the dense snow class (Moran's I = 0.083, z = 2.49, p = 0.013), in violation of the spatial independence assumption [28]. Residuals from light and moderate snow were statistically random (p = 0.140 and p = 0.941, respectively), indicating class dependent spatial behavior. Geographically Weighted Regression (GWR) resulted in better model accuracy for all snow classes. Adjusted R2 values rose by 0.832 (light), 0.421 (moderate), and 0.850 (dense) for light, moderate and dense snow, respectively, with the largest increase in Adjusted R2 for dense snow (+0.085). Bandwidth calibration also reveals scale dependent spatial processes, with dense snow being more local (51 neighbors) than moderate snow (99 neighbors) [30] . Local R^2 values for dense snow were mostly in the range of 0.78–0.86 with a mean of 0.82 and a CV of 2.44%, showing relative stability in the local ability to explain snow density. High Local R^2 values are found primarily in high elevation (above 1800 m) and on north facing slopes, while foothill areas have relatively low terrain control. The spatial pattern implies that snow persistence is mainly influenced by the terrain features, a finding consistent with

the other studies that showed increased sensitivity to climate change in the transition zone near the freezing level in mountain regions [35]

Figure 10. Spatial distribution of Local R^2 values derived from the GWR model across the hexagonal grid cells (n = 469).



(a) significant OLS residual clustering for dense snow (Moran's I = 0.083, p = 0.013);

(b) spatial distribution of Local R^2 under GWR; and

(c) spatial variation in the elevation coefficient (β_1), evidencing stronger terrain control in high-altitude sectors.

Source: Derived from spatial regression diagnostics (Moran's I and GWR) implemented in ArcGIS Pro, following [28] [30].

4.DISCUSSION.

4.1 SNOW COVER DECLINE AND TERRAIN MEDIATION.

The findings show a significant decrease in the amount of dense snow cover over the Jabal Shirin mountain system in 1995–2024, which indicates a trend of decreasing seasonal snow cover. This trend is also commonly documented in mid-latitude and semi-arid mountain areas where warming impacts the annual snowfall accumulation and melting processes [35]. The spatial pattern of the reduction in numbers, however, is not uniform. The snow was more persistent at higher elevations and north-facing slopes, indicating that the snow persistence is terrain dependent, which affects the snow accumulation and melting dynamics of the region due to terrain control over temperature and solar radiation [33] [32]. Methodological uncertainties related to Landsat-7 SLC-off data gaps and the coarse spatial resolution of the climate data products from NASA POWER should be considered when interpreting.The climate data products from NASA POWER, however, have coarse spatial resolution and do not necessarily reflect the micro-climatic variability inherent in complex mountainous environments, while Landsat-7 SLC-off data gaps introduce methodological uncertainties.

4.2 TOPOGRAPHIC CONTROLS AND SPATIAL HETEROGENEITY OF SNOW COVER.

The GWR results also indicate that snow cover distribution in the study area is well-modulated by topography, but the strength of this control varies across the area. The local R^2 values ranged from 0.62 to 0.89 (mean 0.81 ± 0.06) and about 69% were greater than 0.80. This suggests very good overall explanation value and a definite spatial variation in snow–terrain relationships. Local R^2 values >0.85 tended to be in higher elevations (>1800 m) especially on north facing slopes. Where this occurs, the elevation is a strong control on snow persistence as is also the aspect as lower temperatures and reduced solar radiation influence snow persistence. Elevation–aspect control is commonly observed in mountain snow studies [36]

[35]. Lower Local R^2 values (<0.70) were found in lower elevation areas to the south, where topographic influence is less pronounced, and short-term climatic variability is more prominent. These transitional elevations are particularly vulnerable to the effect of temperature close to freezing, and can melt quickly, causing a decrease in snow stability [35]. Further evidence of spatial non-stationarity is provided by the fact that the OLS model is inferior in comparison to the global model of GWR. The increase in adjusted R^2 (up to 0.850 for dense snow) and decrease in AICc values shows that there are different spatial scales at which snow–terrain relations work. This is consistent with recent modelling research in space which focuses on the lack of spatial stationarity for environmental processes in mountainous regions [34] . The topographic effects are manifested mainly in the following areas:

- Avoidance of cold temperatures and snow cover;
- Lateral profiles, with a particular focus on the presence of a water table;
- Aspect, controlling radiation-induced melt rates. The regional climatic forcing, overall, is found to be locally amplified or moderated by the terrain configuration. Relative snow refuges are found on high elevation northerly slopes, while lower elevations are shifting faster to snow-poor environments, due to continuing warming.

a. Spatial Non-Stationarity and Local GWR Coefficient Interpretation

The GWR results showed strong quantitative evidence of non-stationarity of the snow–terrain relationship throughout Jabal Shirin.Spatial non-stationarity of the snow–terrain relationship was strongly supported by the GWR results throughout Jabal Shirin. Explanatory performance varied from strong to very strong, with local R^2 ranging from 0.62 to 0.89 (mean = 0.81 ± 0.06), and 69% of the hexagonal cells (n = 469) having an $R^2 > 0.80$. The global OLS model, on the other hand, was less stable (Adjusted $R^2 \leq 0.796$), and there were significant Koenker statistics ($p < 0.001$) and residual spatial autocorrelation (Moran's I = 0.083, p = 0.013), which indicates that assumptions of spatial stationarity were violated. The GWR framework significantly enhanced adjusted R^2 values to 0.850 for dense snow, 0.832 for light snow and 0.421 for moderate snow and also decreased AICc values, with the result indicating strong scale-dependent terrain–snow interactions.

- **Elevation (β_1)**

Overall, local elevation coefficients (β_1) were mostly positive with the greatest values being found in the high elevation areas (>1800 m) with Local R^2 often surpassing 0.85. This is evidence of the dominant control of elevation in the upper belts. Within mid-elevation zones (1000–1600 m), however, a drop in β_1 values was noticeable reflecting threshold sensitivity and transitional snow regimes. This elevation-dependent variability is consistent with recent studies of winter warming in the cryosphere, which indicate that the increase in winter temperatures (+1–2°C) will have the greatest impact at mid elevations [35]

- **Slope Gradient (β_2)**

Spatial coefficient of slopes were mixed. Positive associations were observed with moderate slopes which are more prone to snow accumulation and positive stability, while negative coefficients were noted for steep slopes (> 30°), which are more prone to gravitational redistribution and have lower retention capacity. Nonlinear slope–snow relationships for complex terrains have been seen in a large number of mountain snow studies conducted using remote sensing [36]

- **Aspect (β_3)**

There was strong polarization of aspect coefficients. Positive β_3 values on north-facing slopes indicated increased snow persistence, while negative β_3 values over south facing slopes suggested increased melt processes driven by the radiation. In the context of high insolation gradients in semi-arid mountain snow systems, the control of radiation asymmetry is likely one of the most important factors [35]

–

- **Regime-Based Interpretation**

The spatial structure of the coefficients shows three different regimes at different elevations For areas of:

● high elevation (>1800 m): terrain dominated regime (high positive β_1 values; Local R^2 > 0.85). ● Mid elevations (1000–1600 m): Transitional regime (decreased β_1 magnitude; increased climatic sensitivity).

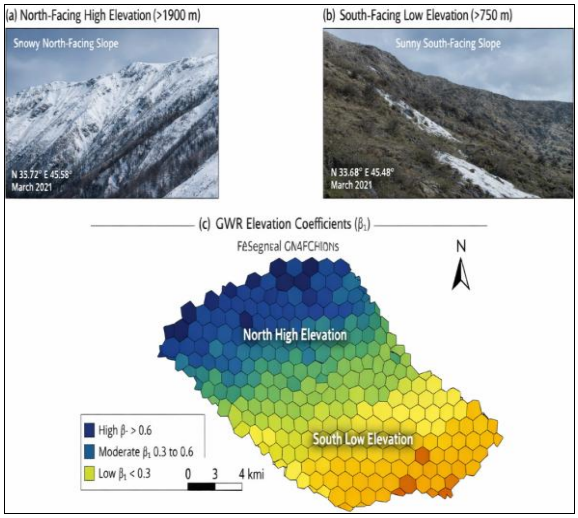
● Low elevations (<1000 m).

Climate dominated regime (lower intensity of terrain influence; Local R^2 < 0.70). Local R^2 values are clustered in a small range, around 0.80, suggesting that local calibration is stable and there is no extreme overfitting. In general, the improvement in the quantitative aspect from OLS (Adj. $R^2 \leq 0.796$) to GWR (Adj. This R2 value (0.850 for dense snow) shows that spatial variations in snow–terrain relationships exist and cannot be well described by a single global regression model. This shows the integration of local diagnostics and field based validation (figure 11) that detected spatial gradients are not model artefacts.

b. Terrain Control and Spatial Variability.

A significant reduction in the snow cover in the study area was observed over multi-years. Between 1995 and 2024, the seasonal snow regime showed a clear decline, with dense snow declining by ~66% (from 82 km² to 28 km²) and winter dense snow declining by ~60% (from 66 km² to 26 km²) over the period. The same kind of decrease in the snowpack during the season is observed in mountain ranges that are warming close to the freezing point [36] Spatially, the GWR model (mean Local R^2 = 0.81) shows spatial variability in the impact of the terrain on the distribution of snow. Strong explanatory power of the models is observed in high elevation north-facing sectors (Local R^2 > 0.85), while lower elevation southern sectors do not show the same level of explanatory power (Local R^2 < 0.70) indicating that other factors than those related to the terrain variables used in the model may play a role in the local snow patterns. The following improvements were made to the GWR performance (Adj. The spatial non-stationarity of snow–terrain relationships is further verified by R2 of the up to 0.850 compared with OLS of ≤0.796.

Figure 11. Field observations illustrating terrain controls on snow persistence in the study area:



(a) persistent snow cover on high-elevation north-facing slopes, (b) reduced snow accumulation on south-facing slopes exposed to higher solar radiation, and (c) elevation-dependent snow distribution along mountain ridges. Source: Field photographs captured in 2024 combined with hexagonal spatial framework and GWR outputs developed by the author using ArcGIS Pro.

The spatial trends found in the statistical analyses are visually confirmed with field observations (Figure 11). During the 2024 winter season, the snow cover was a bit more persistent and spatially continuous on north facing slopes above about 1800 m a.s.l., while there were slightly more fragmented snow cover patterns at the mid elevations. These observations are similar to the snow persistence as modeled by the spatial model and correspond to the elevation and aspect controlled snow persistence described earlier.

4.3 GEOMORPHOLOGICAL AND HYDROLOGICAL IMPLICATIONS OF SNOW DECLINE.

The long-term trend of reducing dense snow cover (≈60–66% from 1995 to 2024) suggests a significant decrease in the amount of snow cover during the season in the study area. The snow reservoir in mountain regions is a temporary storehouse of water, which affects the timing of its melt and attenuates the seasonal variability of runoff [35]. This would therefore affect the seasonality of surface water availability, as a consequence of reduced snow extent. Increased snow-free areas over more than 73% of the study area indicate a reduction in storage capacity in the season and also a possibility of an earlier onset of melt. As the amount of warming is projected to increase by ~1.5–2.5 °C (IPCC, 2021), the phase transition of precipitation to rain instead of snowfall could happen more frequently, thus altering the balance between snow accumulation and melt processes. Hydrological discharge and sediment transport was not directly assessed, however, diminished snow persistence could have a significant effect on hydrogeomorphic processes in steep terrain through impacts on soil moisture and meltwater timing. Decreasing snow cover has also lead to similar responses in semi-arid mountain systems where snowmelt is influencing the seasonal dynamics of hillslope and runoff processes [35] [36]. In general, the reduction of snow cover indicates a shift from a snow buffered seasonal regime to greater snow–rain interactions. Determination of direct hydrological and geomorphological responses would

necessitate special measurement and hydrological modelling studies which were beyond the scope of the present study.

4.4 SCIENTIFIC CONTRIBUTION AND METHODOLOGICAL IMPLICATIONS.

The main objective of this study is to point out the shortcomings of the approach of globally calibrated regression models to analyse the relationship between terrain and snow in a heterogeneous mountain environment. The global OLS model results showed that the assumptions of spatial stationarity were not met, with significant Koenker statistics ($p < 0.001$) and Moran's I statistic for the residuals (Moran's I = 0.083, p = 0.013). The examples shown in this section indicate that the dynamic interaction between terrain and snow exhibits a spatial variability that is not well represented by spatially invariant models. One of the methodological contributions is the confluence of hexagonal spatial tessellation (n = 469; 0.79 km²) and geographically weighted regression (GWR) to guide the spatial analysis and to improve the estimation of local coefficients. The hexagonal framework alleviates spatial aggregation bias and offers a uniform neighbourhood structure for environmental regression modeling, while GWR allows for identification of a localised control for snow persistence[31][30]. The study does not suggest a new statistical model, but rather exemplifies the value of combining the use of satellite-derived snow observations with a spatially adaptive regression model to better interpret the snow variability driven by the terrain variability in complex mountain systems. This conceptual model can be applied to other semi-arid mountain settings where topographic gradients have a significant influence on the persistence of snow. While satellites provide uniform, long-term monitoring of snow dynamics, uncertainties from sensor limitations, coarse-resolution climate data and lack of direct hydrological measurements should be taken into account when interpreting the broad scale hydro-geomorphic implications.

5.CONCLUSION.

The study employed a spatially structured regression model with hexagonal tessellation (0.79 km², n=469), along with both Ordinary Least Squares (OLS) and Geographically Weighted Regression (GWR) models at global and local scales, respectively, to assess the spatial heterogeneity of the snow cover in a semi-arid mountain environment throughout 1995-2024. The results show the important spatial variability of terrain–snow relationships and that these cannot be adequately described by the global calibration models. The global OLS model explained moderate levels of variation in the data (Adjusted R^2 = 0.36–0.79) but diagnostic tests revealed that there were violations of spatial stationarity assumptions. GWR, on the other hand, performs better for explanatory power (Adjusted R^2 up to 0.85) and at the same time diminishes spatial dependence resulting from the residuals (residuals are no longer spatially dependent). Diagnostic analysis of local models showed an enhanced control on snow persistence by terrain at elevations above ~1800 m, especially on the shaded slopes, highlighting the topographic control of snow distribution

patterns. The use of hexagonal spatial units combined with geographically weighted regression ensured that the spatial structure of the analysis was retained, and also minimized spatial aggregation bias, when examining the spatiotemporal variations of the terrain. In summary, the study illustrates the potential of using satellite snow observations over long time series in combination with spatially adaptive regression modelling to better represent snow variability in complex mountain areas driven by topography. This analytical framework can be applied to other regions with limited data and snow in semi-arid mountain areas.

5.ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank the United States Geological Survey (USGS) for making Landsat Collection 2 Level-2 imagery available and the Copernicus Climate Data Store (ECMWF) for making the ERA5-Land reanalysis data available. We also recognize NASA POWER for long-term climatic data for the environment of the study area. The authors would like to thank the Department of Civil and Architectural Engineering, An-Najah National University, Nablus, Palestine, for their academic support and Al-Iraqia University and the University of Duhok for their institutional support. We also recognize the use of ArcGIS Pro (Esri) and Google Earth Engine for spatial analysis, geospatial processing and model implementation. The authors declare that they have no financial or other interests that could be construed as a bias against or for any particular product or company.

6.FUNDING

This research received no specific external funding

7.CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

8.DATA AVAILABILITY STATEMENT

The datasets used in this study are available publicly. Landsat Collection 2 Level-2 imagery can be downloaded from the United States Geological Survey (USGS) Earth Explorer platform. The ERA5-Land reanalysis data can be found from the Copernicus Climate Data Store (ECMWF). NASA POWER climate data are available via the NASA POWER Data Access Viewer. The derived datasets generated during the current study are available from the corresponding author on reasonable request.

9.REFERENCES

[1] M. P. Clark *et al.*, “Representing spatial variability of snow water equivalent in hydrologic and land-surface models: A review,” *Water Resour. Res.*, vol. 47, no. 7, Jul. 2011, doi: 10.1029/2011WR010745.

[2] J. Revuelto, J. I. López-Moreno, C. Azorin-Molina, and S. M. Vicente-Serrano, “Topographic control of snowpack distribution in a small catchment in the central Spanish Pyrenees: intra- and inter-annual persistence,” *Cryosphere*, vol. 8, no. 5, pp. 1989–2006, Oct. 2014, doi: 10.5194/tc-8-1989-2014.

[3] J. P. Mesman *et al.*, “Performance of one-dimensional hydrodynamic lake

models during short-term extreme weather events," *Environmental Modelling & Software*, vol. 133, p. 104852, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.envsoft.2020.104852.

[4] G. Chrobak, T. Kowalczyk, T. B. Fischer, S. Szewrański, K. Chrobak, and J. K. Kazak, "Ecological state evaluation of lake ecosystems revisited: Latent variables with kSVM algorithm approach for assessment automatization and data comprehension," *Ecol. Indic.*, vol. 125, p. 107567, Jun. 2021, doi: 10.1016/j.ecolind.2021.107567.

[5] G. Chrobak, T. Kowalczyk, T. B. Fischer, S. Szewrański, K. Chrobak, and J. K. Kazak, "Ecological state evaluation of lake ecosystems revisited: Latent variables with kSVM algorithm approach for assessment automatization and data comprehension," *Ecol. Indic.*, vol. 125, p. 107567, Jun. 2021, doi: 10.1016/j.ecolind.2021.107567.

[6] H. Qiu, Z. Gong, K. Mou, J. Hu, Y. Ke, and D. Zhou, "Automatic and Accurate Extraction of Sea Ice in the Turbid Waters of the Yellow River Estuary Based on Image Spectral and Spatial Information," *Remote Sens. (Basel).*, vol. 14, no. 4, p. 927, Feb. 2022, doi: 10.3390/rs14040927.

[7] A. Sparks, "nasapower: A NASA POWER Global Meteorology, Surface Solar Energy and Climatology Data Client for R," *J. Open Source Softw.*, vol. 3, no. 30, p. 1035, Oct. 2018, doi: 10.21105/joss.01035.

[8] P. Nguyen *et al.*, "The CHRS Data Portal, an easily accessible public repository for PERSIANN global satellite precipitation data," *Sci. Data*, vol. 6, no. 1, p. 180296, Jan. 2019, doi: 10.1038/sdata.2018.296.

[9] J. Muñoz-Sabater *et al.*, "ERA5-Land: a state-of-the-art global reanalysis dataset for land applications," *Earth Syst. Sci. Data*, vol. 13, no. 9, pp. 4349–4383, Sep. 2021, doi: 10.5194/essd-13-4349-2021.

[10] J. Muñoz-Sabater *et al.*, "ERA5-Land: a state-of-the-art global reanalysis dataset for land applications," *Earth Syst. Sci. Data*, vol. 13, no. 9, pp. 4349–4383, Sep. 2021, doi: 10.5194/essd-13-4349-2021.

[11] A. Velastegui-Montoya, N. Montalván-Burbano, P. Carrión-Mero, H. Rivera-Torres, L. Sadeck, and M. Adami, "Google Earth Engine: A Global Analysis and Future Trends," *Remote Sens. (Basel).*, vol. 15, no. 14, p. 3675, Jul. 2023, doi: 10.3390/rs15143675.

[12]Varoujan K. Sissakian and Saffa F.A. Fouad, "GEOLOGICAL MAP OF IRAQ, SCALE 1: 1000 000, 4th EDITION, 2012," *Iraqi Bulletin of Geology and Mining*, vol. 11, no. 1, 2015.

[13]S. Faihan Mahmud, "Opportunities and Challenges of Sustainable Agricultural Development in Iraq," 2021. [Online]. Available: www.ijournals.in

[14]L. Poggio *et al.*, "SoilGrids 2.0: producing soil information for the globe with quantified spatial uncertainty," *SOIL*, vol. 7, no. 1, pp. 217–240, Jun. 2021, doi: 10.5194/soil-7-217-2021.

[15]Y. Shimamura, T. Izumi, and H. Matsuyama, "Evaluation of a useful method to identify snow-covered areas under vegetation – comparisons among a newly proposed snow index, normalized difference snow index, and visible reflectance," *Int. J. Remote Sens.*, vol. 27, no. 21, pp. 4867–4884,

Nov. 2006, doi: 10.1080/01431160600639693.

[16]G. M. Foody, “Explaining the unsuitability of the kappa coefficient in the assessment and comparison of the accuracy of thematic maps obtained by image classification,” *Remote Sens. Environ.*, vol. 239, p. 111630, Mar. 2020, doi: 10.1016/j.rse.2019.111630.

[17]K. J. BEVEN and M. J. KIRKBY, “A physically based, variable contributing area model of basin hydrology / Un modèle à base physique de zone d’appel variable de l’hydrologie du bassin versant,” *Hydrological Sciences Bulletin*, vol. 24, no. 1, pp. 43–69, Mar. 1979, doi: 10.1080/02626667909491834.

[18]C. P. D. Birch, S. P. Oom, and J. A. Beecham, “Rectangular and hexagonal grids used for observation, experiment and simulation in ecology,” *Ecol. Modell.*, vol. 206, no. 3–4, pp. 347–359, Aug. 2007, doi: 10.1016/j.ecolmodel.2007.03.041.

[19] M. Nalej, “Scale and Aggregation Effects of MAUP on Built-Up Area Concentration: Evidence from the Łódź Metropolitan Area,” *ISPRS Int. J. Geoinf.*, vol. 15, no. 2, p. 72, Feb. 2026, doi: 10.3390/ijgi15020072.

[20] T.-L. Chen, Z.-H. Lin, and D.-C. Jheng, “Spatial regression analysis of land use impact on land surface temperature in four East Asian metropolises,” *Sci. Rep.*, vol. 15, no. 1, p. 22252, Jul. 2025, doi: 10.1038/s41598-025-07980-w.

[21]M. G. R. Courtney and K. C. Chang,Dealing with non-normality: an introduction and step-by-step guide using R,” *Teach. Stat.*, vol. 40, no. 2, pp. 51–59, Jun. 2018, doi: 10.1111/test.12154.

[22] H.-Y. Kim, “Statistical notes for clinical researchers: assessing normal distribution (2) using skewness and kurtosis,” *Restor. Dent. Endod.*, vol. 38, no. 1, p. 52, 2013, doi: 10.5395/rde.2013.38.1.52.

[23] J. F. Hair, W. C. Black, B. J. Babin, and R. E. Anderson, “MULTIVARIATE DATA ANALYSIS EIGHTH EDITION,” 2019. [Online]. Available: www.cengage.com/highered

[24] J. H. Kim, “Multicollinearity and misleading statistical results,” *Korean J. Anesthesiol.*, vol. 72, no. 6, pp. 558–569, Dec. 2019, doi: 10.4097/kja.19087

[25] K. J. BEVEN and M. J., “A physically based, variable contributing area model of basin hydrology / Un modèle à base physique de zone d’appel variable de l’hydrologie du bassin versant,” *Hydrological Sciences Bulletin*, vol. 24, no. 1, pp. 43–69, Mar. 1979, doi: 10.1080/02626667909491834.

[26] I. Olthof, C. Butson, R. Fernandes, R. Fraser, R. Latifovic, and J. Orazietti, “Landsat ETM+ mosaic of northern Canada,” *Canadian Journal of Remote Sensing*, vol. 31, no. 5, pp. 412–419, Oct. 2005, doi: 10.5589/m05-025

نمذجة عدم الاستقرار المكاني لتوزيع الغطاء الثلجي باستخدام الشبكات السداسية دراسة تطبيقية في جبل شيرين، شمال العراق :والانحدار الموزون جغرافياً

دلفين جعفر محمد[3]، بلسم شاكر شنيشل[4 2]، رضوان الكيلاني[1]رقية احمد محمد امين

Ruqaya_Mohamed@aliraqia.edu.iq radwan@najah.edu dilveen.jafaar@uod.ac
balsam_shneshil@aliraqia.edu.iq

[4-1] قسم الجغرافية ونظم المعلومات الجغرافية، كلية الآداب، الجامعة العراقية، بغداد، العراق
[2] دائرة الهندسة المعمارية والمدنية، كلية الهندسة، جامعة النجاح الوطنية، نابلس، فلسطين
[3] جامعة دهوك، كلية العلوم الإنسانية - دهوك، العراق

الملخص:

يلعب الغطاء الثلجي في المناطق الجبلية دوراً مهماً في تنظيم خزن المياه الموسمي في الأقاليم شبه الجافة، إلا أن التباين المكاني لهذا الغطاء غالباً ما يكون ممثلاً بصورة غير كافية في النماذج المعايرة عالمياً. تهدف هذه الدراسة إلى تطوير إطار تحليلي مكاني معتمد على بيانات الأقمار الصناعية يدمج بين الشبكات السداسية (0.79 كم²؛ عدد الخلايا = 469) ونماذج الانحدار الخطي الاعتيادي العالمية *(OLS)* والانحدار الموزون جغرافياً المحلي *(GWR)* من أجل قياس التباين المكاني للغطاء الثلجي المتحكم به طبوغرافياً في جبل شيرين شمال العراق خلال المدة (1995–2024). تم تحليل صور الأقمار الصناعية متعددة الأزمنة من سلسلة *Landsat* باستخدام مؤشر الفرق المعياري للثلوج*(NDSI)* ، وحققت عملية التصنيف موثوقية عالية (الدقة الكلية = 91.4%، ومعامل كابا = 0.88). وتشير النتائج إلى انخفاض ملحوظ في الغطاء الثلجي الكثيف بنسبة تقارب *60–66%* خلال ثلاثة عقود، مما يعكس انكماشاً بنيوياً في النظام الثلجي الإقليمي. وقد فسّر نموذج الانحدار العالمي *(OLS)* ما بين *36–79%* من التباين، في حين أكدت قيم *Koenker* المعنوية *(p < 0.001)* ووجود الارتباط الذاتي المكاني في البواقي *(Moran's I = 0.083، p = 0.013)* عدم ثبات العلاقات المكانية. وأسهم إدخال عدم التجانس المكاني عبر نموذج *GWR* في تحسين أداء النموذج *(Adjusted R^2 = 0.83–0.85)* وكشف عن استمرارية قوية للغطاء الثلجي المرتبط بالارتفاعات التي تزيد على *1800* م فوق مستوى سطح البحر.

الكلمات المفتاحية:

رسم خرائط الغطاء الثلجي؛ الانحدار الجغرافي الموزون؛ عدم الثبات المكاني؛ الضوابط التضاريسية؛ الأنظمة الجبلية شبه الجافة

تقييم الملاءمة المكانية لمشاريع الغابات الاصطناعية في محافظة ديالى بإستخدام أسلوب التحليل الهرمي (AHP)

حمزه عبد الرحمن حسب الله ، تنزيه مجيد حميد،

Hamza02.gev.hum@uodiyala.edu.iq tanzeeh.ge.hum@uodiyala.edu.iq

[1] قسم الجغرافية ، كلية التربية للعلوم الانسانية، جامعة ديالى ، العراق

الملخص

هدفت الدراسة إلى نمذجة وتقيم الملاءمة المكانية لمشاريع الغابات الاصطناعية في محافظة ديالى، وأستندت في فلسفتها إلى الاعتماد على الأنواع الشجرية المحلية والمتكيفة لضمان النجاح البيولوجي، وهو ما تم التحقق منه ميدانياً في "مشروع غابات كنعان" الذي يمثل مختبراً واقعياً أثبت نجاح انواع محددة من الاشجار في التكيف مع الظروف البيئية السائدة في محافظة ديالى. وذلك تماشياً مع توصيات منظمة الأغذية والزراعة الدولية (FAO) بضرورة الاعتماد على الأنواع المحلية والصامدة التي تمتلك قدرة طبيعية على مقاومة الجفاف والملوحة والتطرف الحراري، واهم هذه الاشجار هي (اليوكالبتوس ، الأثل ، الحور ، السدر).تم تبني إطار تحليلي يدمج بين تقنيات الاستشعار عن بعد (RS) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) مع أسلوب التحليل الهرمي (AHP) كأداة لدعم القرار متعدد المعايير ،و اعتمدت الدراسة في مدخلاتها على مرئيات القمر الاصطناعي (Landsat 8،9) لعام 2025 بدقة (30) م وإنموذج الارتفاع الرقمي (DEM) ،فضلا عن بيانات (Soil Grids) والمحطات المناخية التابعة لـ (NASA POWER) ونتائج الفحوصات المختبرية لآبار المياه الجوفية، و تمثلت المنهجية في بناء هيكل هرمي ثلاثي المستويات (الهدف، المعايير، البدائل)، شملت الملاءمة سبعة معايير رئيسة تمثلات بالخصائص الطبوغرافية (الارتفاع، الانحدار، اتجاه الانحدار)، المناخ (الأمطار، الحرارة)، الموارد المائية السطحية، خصائص المياه الجوفية (التوصيلة الكهربائية ، العمق، انتاجية الابار)، خصائص التربة (النسجة، الملوحة)،فضلا عن أصناف الغطاء الأرضي وإستعمالات الأرض ، والقرب من طرق النقل، ولتحديد الأوزان النسبية لهذه المتغيرات، استُطلعت آراء (12) خبيراً عبر مصفوفة المقارنة الزوجية بمقياس (Saaty)، أظهرت النتائج أن القرب من الموارد المائية السطحية هو المعيار الأكثر تأثيراً بوزن (26.7%)، وكشفت عمليات جبر الخرائط (Map Algebra) عن تصنيف أراضي المحافظة إلى خمسة مستويات للملاءمة جاء صنفي الاراضي ذات الملائمة العالية والمتوسطة S1-S2 بنسبة(28.5 %، 31,4 %) من مجموع مساحة منطقة الدراسة ولكل صنف على التوالي، ولضمان جودة الإنموذج تم إجراء التحقق (Validation) باستخدام مؤشر (NDVI) والذي أظهر توافقاً مكانياً عالياً بين المناطق المرشحة للملاءمة العالية والمعتدلة والكثافة النباتية الفعلية، مما يثبت دقة النموذج وقدرته على محاكاة العمليات البيئية لدعم التنمية المستدامة.

الكلمات المفتاحية:

.الملاءمة المكانية، مشاريع الغابات الاصطناعية، محافظة ديالى، إسلوب التحليل الهرمي (AHP).

محورية قادرة على معالجة وتحليل كميات ضخمة من البيانات المكانية والوصفية، مما يتيح نمذجة العوامل الطبيعية والبشرية المؤثرة في إنشاء مشاريع الغابات ضمن بيئة رقمية متكاملة. ولتحقيق أقصى درجات الدقة في إتخاذ القرار، تقترن القوة التحليلية لنظم المعلومات الجغرافية بأساليب إتخاذ القرار متعدد المعايير (MCDA)، وعلى رأسها أسلوب التحليل الهرمي (Analytic Hierarchy Process - AHP). الذي تم تطويره على يد (Tomas Saaty)عام (1972) ،أذ يتيح هذا الأسلوب الرياضي تفكيك المشكلة المكانية المعقدة إلى مستويات هرمية، مما يسمح بالمفاضلة بين المعايير المختلفة وتحديد الأوزان النسبية لكل منها بناءً على آراء الخبراء بصورة علمية، بما يعزز من دقة إنموذج الملاءمة المكانية.

مشكلة الدراسة:

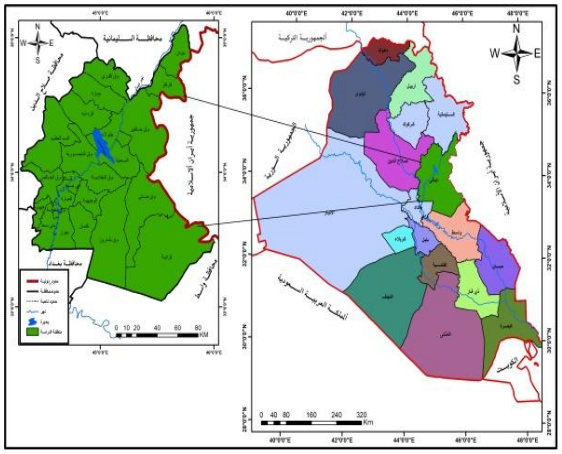
44. المقدمة

تُعد مشاريع الغابات الإصطناعية ركيزة أساسية في إستراتيجيات التنمية المستدامة المعاصرة، أذ تمثل منظومات بيئية مُستحدثة يتم إنشاؤها عبر تدخل بشري مباشر لزراعة أنواع شجرية محددة ضمن خطط دقيقة لمواجهة التحديات البيئية المتصاعدة. وتتجاوز قيمة هذه الغابات المفهوم التقليدي للإنتاج المادي، لتصبح "رئة" حيوية تسهم في تعزيز الأمن المناخي عبر قدرتها الفائقة على إحتجاز الكربون وتلطيف درجات الحرارة. كما تمثل هذه المساحات الخضراء ضرورة ترفيهية وإجتماعية ، ومع تعقد المتغيرات الطبيعية والبشرية التي تتحكم في إنجاح هذه المشاريع، لم يعد إختيار مواقع إنشائها يخضع للتقديرات التقليدية، بل أصبح يتطلب نهجاً تحليلياً متقدماً يضمن الإستدامة والكفاء، تأسيساً على ذلك برزت نظم المعلومات الجغرافية (GIS) كأداة

قاعدة بيانات مكانية وخرائط ملاءمة دقيقة يمكن أن يعتمد عليها صناع القرار في تخطيط استعمالات الأرض وتحديد المواقع الأنسب لإنشاء هذه المشاريع

45. **موقع منطقة الدراسة**

تتمثل منطقة الدراسة بمحافظة ديالى والتي تقع فلكيا بين دائرتي عرض (**3˚ 33 و 6˚ 35**) شمالاً وبين خطي طول (**22˚ 44 و 56˚ 45**) شرقاً، يحد محافظة ديالى من الشرق جمهورية إيران الإسلامية ومن الغرب محافظتي صلاح الدين وبغداد، اما من الجنوب فتحدها محافظة واسط ومن الشمال محافظة السليمانية ، شغلت المحافظة مساحة بلغت (17685) كم^2 وهي تشكل نسبة (4.1%) من مساحة العراق البالغة (434128) كم^2 **خريطة (1)**
خريطة (1) موقع محافظة ديالى من العراق



المصدر: وزارة الموارد المائية ، الهيأة العامة للمساحة، خريطة العراق الادارية، مقياس 1:1000000، لسنة 2021.

46. **المواد وطرائق العمل**

أولا: مصادر البيانات

- (DEM) إنموذج الإرتفاع الرقمي بدقة (30)م ،والذي إستخدم في إشتقاق عدد من المتغيرات الطبوغرافية المهمة ، والتي تمثلت بالإنحدار وإتجاه الإنحدار و إرتفاع سطح الأرض وذلك لما لهذه المتغيرات من إهمية في تفسير الخصائص الطبيعية لمنطقة الدراسة وتحليل ملاءمتها المكانية لإنشاء مشاريع الغابات الاصطناعية.
- وكالة الفضاء الأمريكية (NASA) إذ جرى الإعتماد عليها للحصول على البيانات المناخية المتمثلة بدرجات الحرارة وكميات الأمطار ضمن(16) محطة مناخية افتراضية لما تتميز به هذه البيانات من دقة مكانية وزمانية تتيح توظيفها في الدراسات الجغرافية البيئية.

تتلخص مشكلة الدراسة بالاتي:

هل يمكن للنمذجة المكانية بإستخدام نظم المعلومات الجغرافية تحديد أفضل المواقع المكانية الملائمة لإنشاء مشاريع الغابات الإصطناعية في محافظة ديالى في ظل

التباين الواضح في الخصائص الطبيعية والبشرية داخل المحافظة؟

ومن التساؤل الرئيس صيغت تساؤلات ضمنية على النحو الآتي:

(1)ما العوامل الطبيعية والبشرية التي يمكن أن تحقق الملاءمة المكانية لإنشاء مشاريع الغابات الإصطناعية في محافظة ديالى؟(2) كيف يمكن لتقنية نظم المعلومات الجغرافية (GIS) تقييم وتصنيف درجات الملاءمة المكانية بين العوامل الطبيعية والبشرية ومتطلبات إنشاء مشاريع الغابات في محافظة ديالى؟(3)هل يمكن توظيف أسلوب التحليل الهرمي (AHP) في تحديد الأوزان النسبية للمعايير اللازمة لإنشاء مشاريع الغابات في المحافظة بما يحقق تقييمًا موضوعيًا لدرجات الملاءمة المكانية الأمر الذي ينعكس على إنتاج إنموذج يحدد المناطق الأكثر ملاءمة لإنشاء مشاريع الغابات الاصطناعية في المحافظة.

فرضية الدراسة:

توجد فروقات مكانية واضحة في درجة ملاءمة أراضي محافظة ديالى لإنشاء مشاريع الغابات الإصطناعية، وأن إعتماد التحليل المكاني المتكامل للعوامل الطبيعية والبشرية ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية يسهم في تحديد المواقع الأكثر ملاءمة، وبذلك تضمنت الفرضية الرئيسة مجموعة من الفرضيات الفرعية التي يمكن عرضها على النحو الآتي:

(1)تتباين مستويات الملاءمة المكانية لإنشاء مشاريع الغابات الإصطناعية داخل محافظة ديالى تبعًا لاختلاف العوامل الطبيعية البشرية فيها.(2) يُعد أسلوب التحليل الهرمي (AHP) أداة فاعلة في تحديد الأوزان النسبية للمعايير، بما يعزز من دقة وموضوعية إنموذج الملاءمة المكانية و يسهم في إنتاج إنموذج مكاني دقيق يحدد مستويات الملاءمة المكانية لإنشاء مشاريع الغابات الاصطناعية في محافظة ديالى.

هدف الدراسة

في ظل المشكلة والفرضية تم صياغة اهدف البحث على النحو الآتي:

(1) تحديد أفضل المواقع ملاءمة لإنشاء مشاريع الغابات في محافظة ديالى (2) المساهمة في انتاج

الأرضي وإستعمالات الأرض، (NDVI)	https://earthexplorer/.usgs.gov

المصدر: عمل لباحث

ثانياً: المنهجية المستخدمة

بعد جمع البيانات الخاصة بالعوامل الطبيعية والبشرية المؤثرة بشكل مباشر في الملاءمة المكانية لمشاريع الغابات الاصطناعية ،جرى تهيئتها ومعالجتها ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية بإستخدام برنامج (Arc Map 10.8) من خلال تحويل البيانات الى صيغ رقمية موحدة ،وإجراء عمليات التصحيح والمعالجة المكانية اللازمة وبما يضمن توافقها من حيث نظام الإحداثيات والدقة المكانية ، كما شملت هذه المرحلة إشتقاق الخرائط الموضوعية الخاصة بكل عامل وأعادة تصنيفها وفق مستويات الملاءمة المعتمدة لدى منظمة الأغذية والزراعة التابعة للأمم المتحدة (FAO)،أذ تصنف الملاءمة إلى صنفين رئيسين الصنف (S) ملائم، والذي يتفرع إلى ثلاثة مستويات، والصنف (N) غير ملائم، والتي يتفرع إلى مستويين.عليه فان اجمالي عدد أصناف الملاءمة المكانية سيكون بخمسة مستويات (S1,S2,S3,N1,N2)، ذلك تمهيداً لتطبيق إسلوب التحليل الهرمي متعدد المعايير(AHP) ، لتوليد الأوزان النسبية للعوامل ، ثم دمجها مكانياً لإستخراج الخريطة النهائية التي تصنف المواقع الأكثر ملاءمة لإنشاء مشاريع الغابات الاصطناعية في محافظة ديالى،**شكل ()**

ثالثاً: المتغيرات المعتمدة في بناء إنموذج الملاءمة المكانية لمشاريع الغابات الاصطناعية في محافظة ديالى.

أولاً: نمذجة الخصائص الطبوغرافية المؤثرة في الملاءمة المكانية لمشاريع الغابات الاصطناعية.

الإرتفاع

يؤثر الإرتفاع عن مستوى سطح البحر على العوامل المناخية (درجات الحرارة ، الرطوبة ، الإستضاءة والرياح) فضلا عن ذلك يزداد مقدار الرطوبة النسبية في الجو وتزداد كمية الإمطار الى حد ما ، كما تشتد قوة الرياح بالإرتفاع عن مستوى سطح البحر ، وتنعكس نتائج هذه التغيرات بصور مباشرة على توزيع وإنتشار الغابات (Abdullah, 1990) فضلاً عن ذلك تزداد تكاليف إنشاء مشاريع الغابات في المناطق المرتفعة نظراً لصعوبة مد الطرق وتسوية الأرض، مما يمثل عائقاً أمام إمكانية الإستثمار ، وقد جرى إشتقاق خريطة الإرتفاع في محافظة ديالى بناءً على المعايير المعتمدة لدى منظمة الإغذية والزراعة الدولية وتحديداً ما ورد في دراسة "تقييم الأراضي للغابات"(FAO, 1984) ، و بناءً على التحليل الجيومكاني، تم تصنيف منطقة الدراسة

- موقع (Soil Grids) للحصول على بيانات لخصائص التربة على عمق (100)سم ، لاسيما نسجة التربة

وملوحتها بوصفهما من العوامل الأساسية المؤثرة في تقييم ملاءمة المنطقة لمشاريع الغابات الاصطناعية.

- مرئيات القمر لاصطناعي (Landsat 8,9) لإستخراج خرائط الغطاء الأرضي وإستعمالات الأرض بعد معالجتها وتصنيفها ، كما تم الإعتماد عليها في إستخراج مؤشر الغطاء النباتي (NDVI).
- المؤسسات الحكومية ومنها مديرية المياه الجوفية في محافظة ديالى للحصول على بيانات لخصائص المياه الجوفية ضمن (79) بئر موزعة في المنطقة لعام 2025، فضلاً عن الهيأة العامة للطرق والجسور، مديرية الطرق والجسور في محافظة ديالى للحصول على بيانات شبكة طرق النقل الرئيسة والثانوية، لما تمثله البنية التحتية للنقل من عامل مهم في إنجاح مشاريع الغابات الاصطناعية وإستدامتها.
- الخريطة الطبوغرافية الخاصة بمنطقة الدراسة والصادرة عن وزارة الموارد المائية ، الهيأة العامة للمساحة ، التي تم الإعتماد عليها لإستخراج خريطة الموارد المائية السطحية ، بهدف بيان توزيع الموارد المائية السطحية في المنطقة المدروسة وتحديد دورها في تقييم الملاءمة المكانية لمشاريع الغابات الاصطناعية **جدول (1)**،

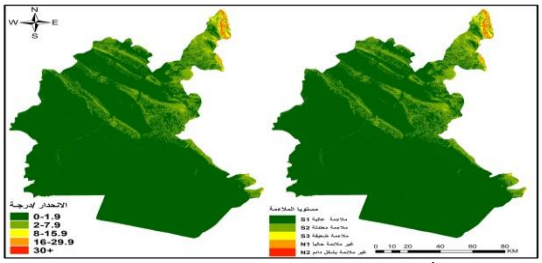
جدول (1): مصادر بيانات الدراسة

العوامل	مصادر البيانات
(الارتفاع، الانحدار،إتجاه الانحدار)	**إنموذج الأرتفاع الرقمي DEM**
الأمطار ، الحرارة	**power NASA https://power.larc.nasa.gov**
ملوحة التربة ،نسجة التربة	**SoilGrids https://www.isric.org/explore/soilgrids**
القرب من الموارد المائية السطحية	**وزارة الموارد المائية، الهيئة العامة للمساحة، خريطة محافظة ديالى الطوبوغرافية، مقياس 1:100000، لعام 2022**
خصائص المياه الجوفية	**مديرية المياه الجوفية، بيانات غير منشورة،2025**
القرب من طرق النقل	**الهيأة العامة للطرق والجسور، مديرية الطرق والجسور محافظة ديالى، القسم الفني، بيانات غير منشورة، 2025**
أصناف الغطاء	**(Landsat 8,9) (OLI)**

وتركيبها الكيميائي ، ويسبب الإنحدار إنجراف عناصر التربة وبذلك تصبح التربة في اعلى المنحدر فقيرة نسبيا بالعناصر الضرورية والغذائية واقل عمقاً (Abdullah, 1988) وقد جرى أشتقاق خريطة الانحدارات بالاعتماد

على التصنيف الذي أعده (Zink) و الذي يتماز بكونه تصنيف هرمي متسلسل يتكون من مستويات خمس، ويتدرج بمستويات إنحداريه متقاربة ثم يبدأ التعميم بزيادة زاوية الإنحدار مع زيادة مستوى التصنيف (Stam, 1999) وبناءً على هذه الأسس، ظهرت خمس فئات للملاءمة المكانية تبدأ بفئة الملاءمة العالية (S1) التي تشمل درجة الإنحدار بين (0° - 1.9°)، وهي مناطق السهول والوديان المسطحة تلتها الملاءمة المعتدلة (S2) وشملت درجة الإنحدار بين (2° - 7.9°)، وتتميز بتضرس متموج خفيف ضمن السهول التحاتية النهرية ثم فئة الملاءمة الضعيفة (S3) وشملت درجة الإنحدار بين (8° - 15.9°)، وتتمثل في التلال المنخفضة المتموجة ، وفئة غير الملائمة حالياً (N1) وشملت درجة الإنحدار بين (16° - 29.9°)، وهي أراضي التلال المرتفعة والمجزأة وأخيراً فئة غير ملائمة بشكل دائم (N2) وشملت المناطق ذات الانحدار الشديد (30° فأكثر)، وهي الجبال ذات التضرس المقطع التي يصعب استثمارها فنياً وتقنياً.**خريطة (2) وجدول (3)**

خريطة (3): مستويات الملاءمة المكانية لمشاريع الغابات بحسب درجات انحدار السطح ضمن منطقة الدراسة



المصدر: أنموذج الارتفاع الرقمي (DEM) وبدقة مكانية (30) ، ومعالجته باستخدام برنامج 10.8 Arc map

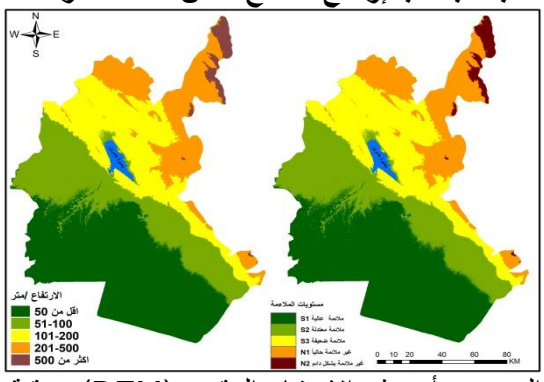
جدول (3) الفئات الإنحدارية لسطح منطقة الدراسة بحسب تصنيف (Zink) ومدى ملاءمتها لإنشاء مشاريع الغابات

الصنف	درجة الانحدار	المساحة/ كم2	النسبة المئوية (%)
S1	1.9-0	13165	74.44
S2	7.9-2	3942	22.29
S3	15.9-8	369	2.09
N1	29.9-16	122	0.69

إلى خمس فئات رئيسة للملاءمة تبدأ بفئة الملاءمة العالية (S1) التي تشمل الأراضي التي يتراوح ارتفاعها بين (0-50) متر. وهي أراضٍ مستوية تقع ضمن السهل الفيضي،ثم الملاءمة المعتدلة (S2) وشملت الارتفاعات بين (51-100) متر، وتتميز بأنها أقل تضرساً وبانحدار بسيط، ثم الملاءمة

الضعيفة (S3) التي شملت الارتفاعات بين (101-200) متر. ، و فئة غير الملائمة حالياً (N1) وشملت الارتفاعات بين (201-500) متر. وهي مناطق متوسطة الارتفاع في الأجزاء الشمالية من المنطقة ، و واخيراً فئة غير ملائمة بشكل دائم(N2) و تشمل المناطق التي يزيد ارتفاعها عن (500) متر. وتتسم بزيادة حدة الانحدار وصعوبة الاستثمار.**خريطة (2) وجدول (2)**

خريطة (2) مستويات الملاءمة المكانية لمشاريع الغابات بحسب إرتفاع السطح ضمن منطقة الدراسة



المصدر: أنموذج الارتفاع الرقمي (DEM) وبدقة مكانية (30) ، ومعالجته باستخدام برنامج 10.8 Arc map

جدول (2) النسب المئوية لإرتفاعات سطح منطقة الدراسة بحسب الملائمة المكانية لمشاريع الغابات

الصنف	فئات الإرتفاع/متر	المساحة/ كم2	النسبة المئوية (%)
S1	اقل من 50	6021	34.03
S2	51-100	4546	25.71
S3	101-200	3923	22.19
N1	500-201	2794	15.80
N2	500فاكثر	401	2.27
المجموع		17685	100.00

المصدر: خريطة (1) ،واستخراج المساحات بإستخدام برنامج (Arc Map 10.8)

الانحدار:

يقصد به ميل الأرض عن خط الافق ويتجلى تأثيره على مشاريع الغابات عن طريق تأثيره على خواص التربة وعلى عناصر المناخ ، ويؤثر الميل في جريان المياه على سطح الأرض وعلى تصريفها وفي المحتوى المائي للتربة كما انه يؤثر في قوام التربة وعمقها

المصدر: أنموذج الارتفاع الرقمي (DEM) وبدقة مكانية (30) ، ومعالجته باستخدام برنامج Arc map 10.8

جدول (4) النسب المئوية لمستويات الملاءمة لمشاريع الغابات بحسب اتجاهات الانحدار ضمن منطقة الدراسة

الصنف	اتجاه الانحدار	المساحة/ كم2	النسبة المئوية(%)
S1	المناطق المستوية ،الشمال ،الشمال الشرقي	4685.4	26.34
S2	الشرق ،الشمال الغربي	3648.2	20.36
S3	الغرب ،الجنوب الغربي	4451.3	25.17
N1	الجنوب ،الجنوب الشرقي	4927.1	27.86
المجموع		17685	100.00

المصدر: خريطة (3) ،واستخراج المساحات بإستخدام برنامج Arc Map 10.8)

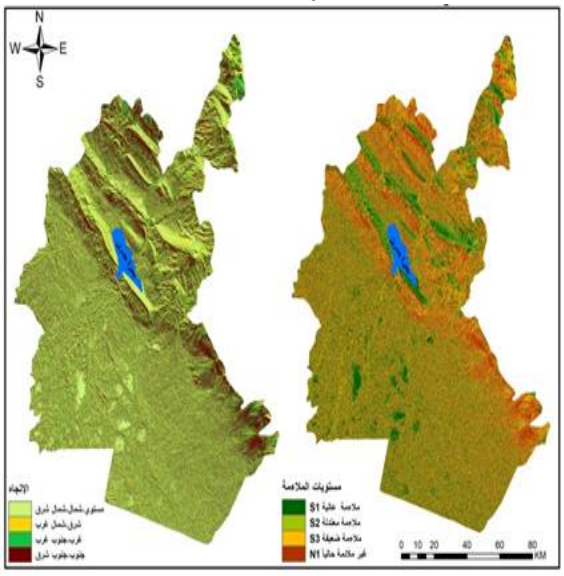
بعد الانتهاء من النمذجة الفردية للمحددات الطبوغرافية الثلاثة (الارتفاع، الانحدار، واتجاه الانحدار)، انتقلت المنهجية إلى مرحلة الدمج او التركيب المكاني (Geospatial Synthesis). والتي تهدف إلى دمج المتغيرات الطبوغرافية في طبقة موحدة تعبر عن "الملاءمة المكانية للخصائص الطبوغرافية " مجتمعة لكون هذه العوامل لا تعمل بشكل معزول في البيئة الطبيعية، بل تتفاعل بنيوياً لتحديد خصائص الموقع وأسفرت عملية الدمج عن إنتاج خريطة تركيبية صنفت أراضي المحافظة إلى أربع فئات رئيسة، كشفت عن تباين مكاني واضح في الجدوى الطبوغرافية اذ برزت فئة الملاءمة العالية (S1) كأكبر الفئات مساحةً، وتركزت بشكل واضح في الأجزاء الوسطى والجنوبية والجنوبية الغربية، وهي المناطق التي يتقاطع فيها انخفاض الارتفاع مع استواء السطح، مما يوفر بيئة مثالية لعمليات الاستصلاح والري الميكانيكي وفيما يخص نطاقات الملاءمة المعتدلة (S2) يلاحظ وجود تداخل مكاني بين هذه الفئة والفئة السابقة في السهول الوسطى والجنوبية، مع امتدادات محدودة في النطاقات الشمالية، مما يجعلها مناطق بديلة ذات جدوى اقتصادية مرتفعة ، ثم المناطق ذات المحددات الطبوغرافية (S3 و N1): انحسرت فئات الملاءمة الضعيفة (S3)وغير الملائمة حالياً (N1) في الهوامش الشمالية والشرقية والشمالية الشرقية ويعزى هذا التراجع في الملاءمة إلى التظافر السلبي بين الارتفاعات العالية والمنحدرات الشديدة، وهي محددات تضاريسية

N2	30 +	87	0.49
المجموع		17685	100.00

إتجاه الإنحدار:

يؤدي إتجاه الانحدار دوراً جوهرياً مهما في صياغة المناخ المحلي وتحديد مستويات الملاءمة المكانية لمشاريع الغابات، فهو يعمل كمُنظم للتباين المكاني في توزيع الطاقة الشمسية والرطوبة ، اذ تكون الانحدارات المواجهة للجنوب والغرب أكثر تعرضاً لعمليات التجوية والتعرية المكثفة نتيجة تعاقب الإنجماد والذوبان والتبخر الشديد، مما يجعل تربتها فقيرة بالمادة العضوية و متفككة، ومنخفضة الخصوبة مقارنة بالواجهات الأخرى (Sharma et al., 2010) في حين تُعد المنحدرات الشمالية والشمالية الشرقية بيئات "رطبة نسبياً" لكونها أقل تعرضاً للإشعاع المباشر، مما يحد من معدلات التبخر، ويسمح بالاحتفاظ بالرطوبة لفترات أطول، وهو مطلب حيوي في المناطق الجافة وشبه الجافة ومنها منطقة الدراسة (Karamian and Hosseini, 2015) على هذا الأساس أسفرت عملية النمذجة المكانية عن ظهور أربع فئات للملاءمة في منطقة الدراسة ، تبدأ بفئة الملاءمة العالية (S1) التي شملت المناطق المستوية، والإتجاهات الشمالية، والشمالية الشرقية وتعد البيئة الأمثل لنمو الأشجار واستقرار التربة ، تلتها فئة الملاءمة المعتدلة (S2) التي شملت الإتجاهات الشرقية والشمالية الغربية وتتميز بتوازن نسبي بين الإضاءة والاحتفاظ بالرطوبة ، ثم فئة الملاءمة الضعيفة (S3) التي شملت الإتجاهات الغربية والجنوبية الغربية ، والتي تعاني من فقدان الرطوبة نتيجة التعرض الطويل للإشعاع، لاسيما في فترة مابعد الظهيرة ، وأخيراً فئة غير الملائمة حالياً (N1) التي شملت الإتجاهات الجنوبية والجنوبية الشرقية ، نظراً لكونها الأكثر عرضة للجفاف والتعرية وفقدان المادة العضوية. **خريطة (3) وجدول (4)**

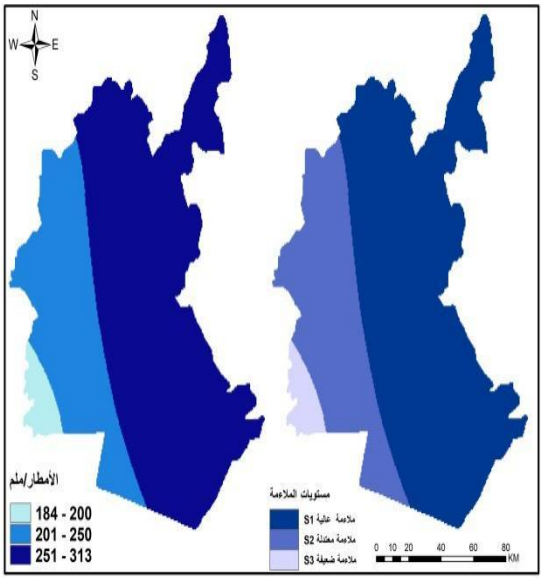
خريطة (4) اتجاهات الانحدار بحسب ملاءمتها لمشاريع الغابات ضمن منطقة الدراسة.



الـى خلـق نطاقـات مختلفـة للملاءمـة المكانيـة لمشـاريع الغابـات ، وقـد جـرى إسـتخدام تقنيـة الاسـتكمال المكـاني بطريقة

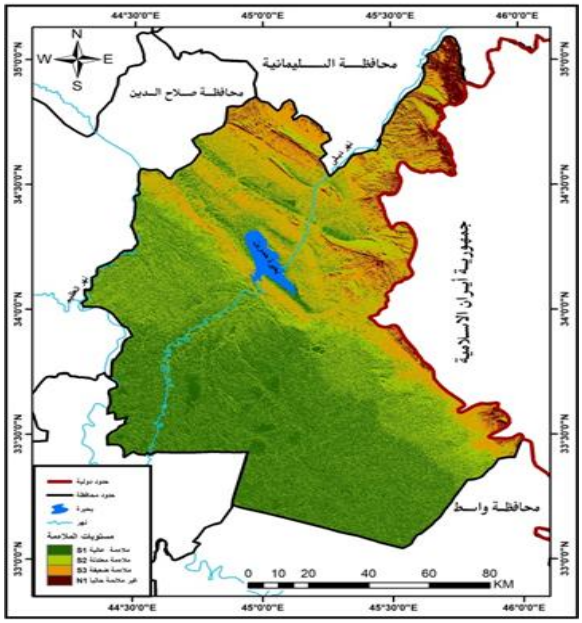
(Kriging) لتحويـل البيانـات النقطيـة للمحطـات المناخيـة ال(16) وللمـدة مـن 1990-2024.إلـى سـطح مسـتمر يعكس التباين المكاني للأمطار، والتي تراوحت بين (184-313) ملم سنويًا ،وتم توزيع مستويات الملاءمة التي تبدأ بفئة الملاءمة العالية (S1) والتي تشمل النطاق المطري (251-313) ملم ، يُمثل هذا النطاق سقف الوفرة المائية المتاحة طبيعياً في منطقة الدراسة ، ويُصنف بأنه ذو ملاءمة عالية (نسبةً لمناخ المنطقة الجاف)،اذ توفر الأمطار مخزوناً رطوبياً جيداً يمدد فترة النمو الخضري وتُعد هذه البيئة مناسبة جداً لأشجار (الحور) ، إلى جانب تعزيز نمو (السدر والكالبتوز) بكثافة أعلى. أذ يحتاج الحور بطبيعته إلى كميات مياه أعلى، وتوفر له هذه المعدلات المطرية الشتوية بيئة تأسيس ممتازة ويتركز في الأجزاء الشمالية والشرقية التي تمتاز بغزارة نسبية في الهطول، تلتها فئة الملاءمة المعتدلة (S2)التي تغطي الجزء الأوسط والغربي للمحافظة و تشمل النطاق المطري (201-250) ملم، تنجح في هذا النطاق أشجار (السدر) وأشجار (الكالبتوز) أذ يمتلك (السدر) جهازاً جذرياً عميقاً يستغل رطوبة التربة ، بينما يتميز (الكالبتوز) بمعدل نمو سريع وقدرة على التكيف مع الإجهاد المائي.واخيراً فئة الملاءمة الضعيفة (S3): وتنحصر في الأجزاء الجنوبية الغربية ، وتمتاز بإنخفاض معدلات التساقط فيها أذ شملت النطاق المطري (184-200) ملم ،تنجح في هذا النطاق أشجار (الأثل) ، أذ تعيش في المناطق ذات الامطار المتدنية (100-200) ملم ، ولقدرتها الفائقة على تحمل الجفاف المطبق والملوحة العالية للتربة. **خريطة (6) وجدول (6)**

خريطة (6) ملائمة خصائص الأمطار لمشاريع الغابات ضمن منطقة الدراسة



قاسـية تحـد مـن كفـاءة الموقـع لإنشـاء مشـاريع الغابـات الاصطناعية. **خريطة (5) وجدول (5)**

خريطة(5) مستويات الملاءمة المكانية لمشاريع الغابات بحسب الخصائص الطبوغرافية لمنطقة الدراسة



المصـدر: خريطـة (2)(3) (4) ، ومعالجتهـا باسـتخدام برنامج (Arc map 10.8)

جـدول (5) النسـب المئويـة لمسـتويات الملاءمـة المكانيـة لمشـاريع الغابـات بحسـب الخصـائص الطبوغرافيـة لمنطقـة الدراسة

الصنف	المساحة/كم2	النسبة
S1	7119.2	40.23
S2	6538.1	36.97
S3	3242.6	18.34
N1	789.1	4.46
المجموع	17685	100

المصـدر: خريطـة (5) ،واسـتخراج المسـاحات بإسـتخدام برنامج (Arc Map 10.8)

ثانياً:نمذجة عناصر المناخ المؤثرة في الملاءمة المكانية لمشاريع الغابات الاصطناعية.

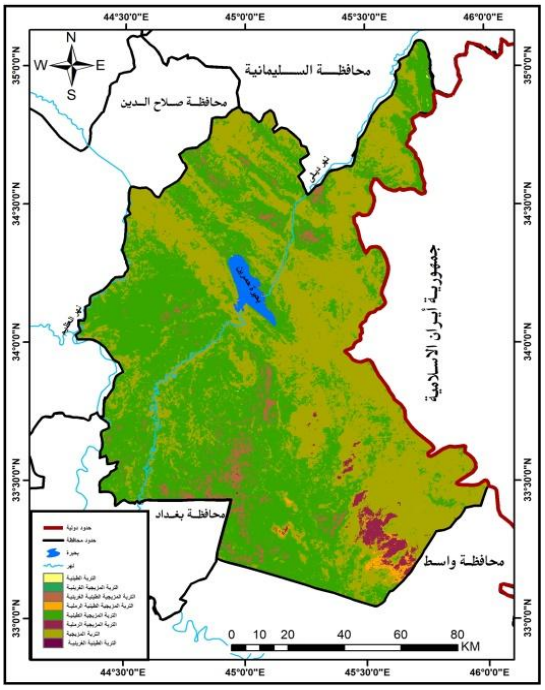
الامطار:

تشكل الأمطار أحدى اهم مظاهر التساقط تأثيرا على الزراعة وتقاس اهميتها من خلال القيمة الفعلية لها والتي تقدر بمدى استفادة النبات منها (Hamadi, 2013) وتتباين كميات الامطار الساقطة في منطقة الدراسة من منطقة إلى أخرى ، أذ تكون المناطق الشمالية والشرقية أغزر مطراً من المناطق الجنوبية الغربية الامر الذي أدى

المزيجية الطينية. وهي النسجة المثالية التي تحقق توازناً دقيقاً

بين التهوية والاحتفاظ بالرطوبة، مما يمنع ركود المياه ويوفر بيئة نمو مستدامة، (Upadhyay and Raghubanshi, 2020) تليها فئة الملاءمة المعتدلة (S2) وتتمثل في التربة المزيجية التي تمتاز بنفاذية جيدة وتهوية عالية، وتعد بيئة صالحة جداً للغابات الاصطناعية ثم فئة الملاءمة الضعيفة (S3): وتتمثل في التربة المزيجية الطينية الغرينية.التي يزداد فيها محتوى الطين والغرين مما يقلل كفاءة التصريف، وقد تتعرض للتصلب عند الجفاف، وفئة غير الملائمة حالياً (N1) وتضم الترب المزيجية الرملية والطينية الرملية.و التي تعاني من سرعة تصريف المياه وفقدان المغذيات، وأخيرا فئة غير ملائمة بشكل دائم (N2): وتضم الترب الطينية الصرفة، والمزيجية الغرينية. صُنفت كذلك نظراً لمحدداتها الفيزيائية الضعيفة وضيق مساحتها التي بلغت (0.21%) فقط الامر الذي يقلل من دورها كمحدد مكاني فاعل . **الخرائط (7) و(8) وجدول (7).**

خريطة (7) اصناف نسجة التربة ضمن منطقة الدراسة



المصدر: المصدر: موقع (SoilGrids) ، ومعالجتها باستخدام برنامج (Arc map 10.8)

المصدر: المصدر: موقع (power NASA) ، ومعالجتها باستخدام برنامج (Arc map 10.8)

جدول (6) النسبة المئوية لملاءمة معدل الامطار لمشاريع الغابات ضمن منطقة الراسة

الصنف	نطاق الامطار /ملم	المساحة/ كم2	النسبة المئوية (%)
S1	313-251	11879.7	67.27
S2	250-201	5211.9	29.47
S3	200-184	575.2	3.25
المجموع		17685	100.00

المصدر: خريطة (6) ،واستخراج المساحات بإستخدام برنامج Arc Map 10.8)

درجة الحرارة:

كشفت بيانات المحطات المناخية للمدة (1990-2024) أن المعدل السنوي للحرارة في منطقة الدراسة يتراوح بين (20-24) درجة مئوية، وعلى الرغم من الأهمية البيولوجية القصوى للحرارة، جرى إستبعادها من إنموذج الملاءمة المكانية؛ ويعود ذلك لكون قيمها تقع ضمن الحدود المثالية لمتطلبات النمو للأشجار المحددة في كامل منطقة الدراسة، مع ضعف التباين المكاني لها ، الأمر الذي يقلل من قدرتها على تفسير الاختلافات المكانية بين مستويات الملاءمة المختلفة.

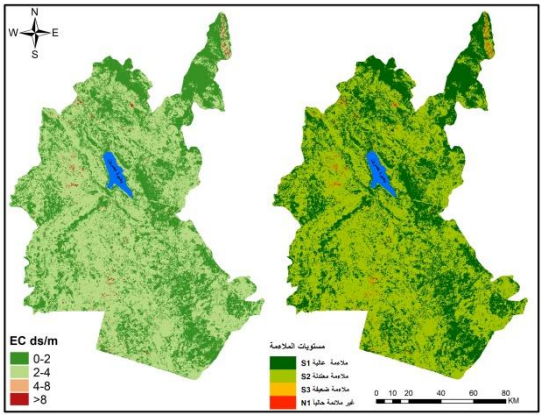
ثالثاً:نمذجة خصائص التربة المؤثرة في الملاءمة المكانية لمشاريع الغابات الاصطناعية.

نسجة التربة: يقصد بنسجة التربة التوزيع الحجمي لمفصولات التربة الرئيسة المتمثلة بالرمل والطين والغرين (Al-Maliki and Rahim, 2012) وهي ترتبط بكثير من الصفات الأساسية للتربة، مثل العلاقات المائية والهوائية وقدرة التربة على توفير العناصر الغذائية اللازمة للنبات (Al-Akeeli, 2021)تكمن اهمية هذا المعيار في كونه يحدد قدرة التربة على النفاذية والاحتفاظ بالرطوبة دون الوصول إلى حالة التغدق أو الجفاف المطلق وكذلك مسك العناصر الغذائية وتوفيرها للنظام الجذري للأشجار وسهولة تغلغل الجذور، لاسيما الجذور الوتدية العميقة لأشجار مثل اليوكالبتوس والسدر، جرى تحويل اصناف نسجة التربة إلى مستويات ملاءمة مكانية استناداً إلى توصيات منظمة الاغذية والزراعة الدولية (FAO, 1976)، أسفرت النمذجة عن تقسيم المحافظة إلى خمسة مستويات للملاءمة، تبدأ بفئة الملاءمة العالية (S1): وتتمثل في التربة

(ds/m) عنـد درجـة حـرارة 25 مئويـة (Al-Mudhaffar, 2016)، وتكمن الخطورة البيئية

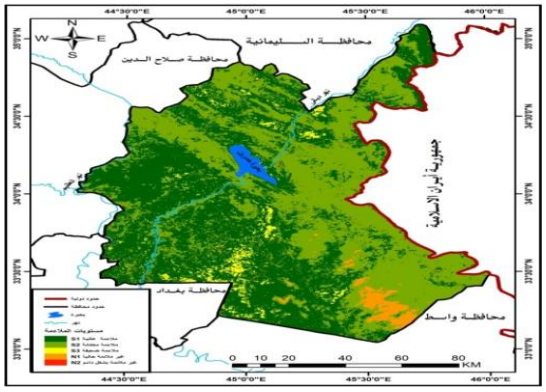
لتراكم الأملاح في تسببها بإنخفاض خصوبة التربة، وتعطيل امتصاص العناصر الغذائية ، فضلاً عن تقليل نفاذية التربة مما يزيد من مخاطر ركود المياه (FAO, 2023) استندت الدراسة إلى التصنيف المعتمد من قبل وزارة الزراعة الأمريكية (USDA) لتقييم الملوحة بناءً على قياس التوصيل الكهربائي ، (Yao et al., 2022)، أسفرت النمذجة عن تقسيم منطقة الدراسة إلى أربع فئات للملاءمة، تبدأ بفئة الملاءمة العالية (S1) التي تشمل الأراضي غير الملحية (Non-saline) التي يتراوح فيها التوصيل الكهربائي بين (0-2 ds/m). وهي البيئة المثالية لنمو معظم الأنواع الشجرية تلتها فئة الملاءمة المعتدلة (S2)التي تضم الأراضي قليلة الملوحة (Slightly saline) بمدى (2-4 ds/m)، اذ يكون تأثير الأملاح محدوداً على النباتات الحساسة ثم فئة الملاءمة الضعيفة (S3): وتشمل الأراضي متوسطة الملوحة (Moderately saline) بمدى (4-8 ds/m)، التي تؤثر سلباً على العديد من النباتات ، واخيراً فئة غير الملائمة حالياً (N1): وتضم الأراضي عالية الملوحة (Highly saline) التي تتجاوز فيها القيم (8 ds/m). لا تنمو في هذه المناطق إلا النباتات المتحملة للملوحة. **خريطة (9) وجدول (8)**

خريطة (9) مستويات الملاءمة المكانية لمشاريع الغابات في منطقة الدراسة بحسب ملوحة التربة



المصـــدر: المصـــدر: موقـــع (SoilGrids) ، ومعالجتها باستخدام برنامج (Arc map 10.8)

خريطة (8) مستويات الملائمة المكانية لمشاريع الغابات في منطقة الدراسة بحسب نسجة التربة



المصـــدر: المصـــدر: موقـــع (SoilGrids) ، ومعالجتها باستخدام برنامج (Arc map 10.8)

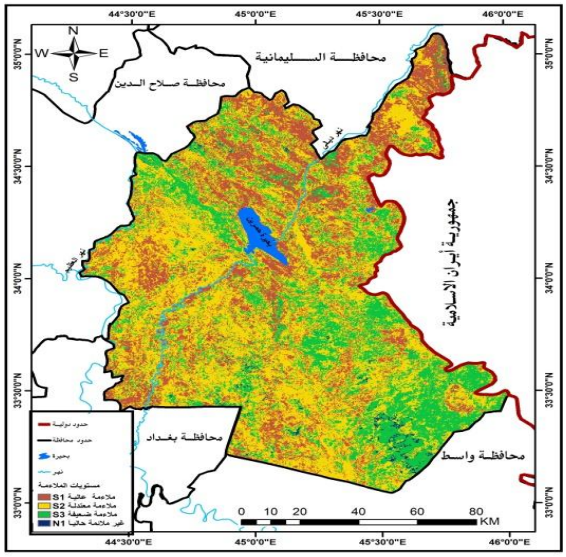
جدول (7) النسبة المئوية للملاءمة المكانية لمشاريع الغابات في منطقة الدراسة بحسب نسجة التربة

الصنف	المزيجية الطينية	المساحة/ كم2	النسبة المئوية (%)
S1	المزيجية	8316.2	47.02
S2	المزيجية الطينية الغرينية	8364	47.30
S3	المزيجي الطيني الرملي ،المزيجية الرملية	595.8	3.37
N1	الطيني، المزيجي الغريني ، الطيني الغريني	371.4	2.10
N2	المزيجية الطينية	37.6	0.21
المجموع		17685	100.00

المصـــدر: خريطـــة (8) ،واســـتخراج المســـاحات بإستخدام برنامج (Arc Map 10.8

ملوحة التربة:

يُقصد بملوحة التربة تركز الأيونات الرئيسة (مثل الصوديوم، الكالسيوم، المغنيسيوم، الكلور، والكبريتات وغيرها) في محلول التربة، ويُعبر عنها كمياً من خلال التوصيل الكهربائي (EC) بوحدة



المصدر: خريطة (9)(8) ، ومعالجتها باستخدام برنامج (Arc map 10.8)

جدول (9) النسب المئوية لمستويات الملاءمة المكانية لمشاريع الغابات ضمن منطقة الدراسة بحسب خصائص التربة

الصنف	المساحة/كم2	النسبة
S1	4782.8	27.05
S2	8183.7	46.28
S3	4570.5	25.84
N1	148	0.84
المجموع	17685	100

المصدر: خريطة (10) ،واستخراج المساحات بإستخدام برنامج Arc Map 10.8)

رابعاً:مسافة القرب من الموارد المائية السطحية.

يُعد القرب من المياه السطحية والمتمثلة بنهر ديالى والجداول المتفرعة منه مؤشراً حيوياً لضمان استدامة الغابات الاصطناعية في المناطق شبه الجافة، نظراً لارتباطه المباشر بتأمين الاحتياجات المائية للأشجار وتقليل تكاليف الري والطاقة ، وتعتمد منطقة الدراسة على المياه السطحية المتمثلة بنهر ديالى والجداول المتفرعة منه التي تشكل أحد أهم الموارد المائية السطحية الداعمة للأنشطة الزراعية ، وقد جرى تحويل هذا المعيار من بيانات هيدرولوجية وصفية إلى مؤشر كمي مكاني يدعم اتخاذ القرار ، أذ تم تحليل المسافة الإقليدية بإستخدام الأداة (Euclidean Distance) ضمن بيئة برنامج (ArcMap 10.8) لإنشاء نطاقات مكانية (Buffers) مستمرة تعكس المسافة

جدول (8) النسب المئوية لمستويات الملاءمة المكانية لمشاريع الغابات بحسب ملوحة التربة ضمن منطقة الدراسة

الصنف	صنف التربة	المساحة/ كم2	النسبة المئوية (%)
S1	غير الملحية-(Non saline)	7201.6	40.72
S2	قليلة الملوحة (Slightly saline)	10326.6	58.39
S3	متوسطة الملوحة (Moderately saline)	45.1	0.26
N1	عالية الملوحة (Highly saline)	111.7	0.36
المجموع		17685	100.00

المصدر: خريطة (9) ،واستخراج المساحات بإستخدام برنامج Arc Map 10.8)

بعد تحديد خصائص التربة المؤثرة في إنشاء مشاريع الغابات ، وتقييسها وفق مقياس موحّد، جرى في هذه المرحلة استخدام التكامل التراكبي لإنتاج معيار التربة الشامل ، وذلك من خلال دمج الطبقات المكانية لإنتاج طبقة موحّدة ، ليتم اعتمادها لاحقاً ضمن طبقات إنموذج الملاءمة المكانية النهائية، وأسفرت عملية الدمج عن تصنيف خصائص التربة الى أربعة فئات للملاءمة، تبدا بفئة الملاءمة العالية(S1) التي شغلت مساحة قدرها (4782.8) كم^2، فئة الملاءمة المعتدلة (S2) بمساحة (8183.7) كم^2، في المقابل، مثلت فئة الملاءمة الضعيفة (S3) مساحة قدرها (4570.5) كم^2 ، في حين اقتصرت فئة غير الملائمة حالياً (N1)على مساحة محدودة قدرها (148) كم^2،من إجمالي مساحة منطقة الدراسة ،**خريطة (10) وجدول (9)**

خريطة (10) مستويات الملاءمة المكانية لمشاريع الغابات بحسب خصائص التربة

أسطح رقمية مستمرة باستخدام طريقة(Kriging) في الاستكمال المكاني ، مما سمح بإنتاج خريطة رقمية شاملة أداة إعادة التصنيف (Reclassify) لتحويل القيم الناتجة عن عملية الاستكمال إلى فئات رتبية تعكس مستويات الملاءمة المكانية ، تم الاستناد في تحديد مستويات الملاءمة إلى محددات منظمة الأغذية والزراعة الدولية (FAO) الخاصة بصلاحية مياه الري، **جدول (10)** جدول (10) محددات التوصيلة الكهربائية حسب منظمة الأغذية والزراعة الدولية (FAO) لمياه للري

EC(ds/m)	صلاحية المياه للري
أقل من0.7	ممتازة
0.7-3	جيدة
3-8	متوسط
أكثر من 8	ضعيف

المصدر:

Ayers, R.S and Westcot, D.W., Water quality for agriculture, Irragation and drainage, Paper NO.29, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 1985, p1-18

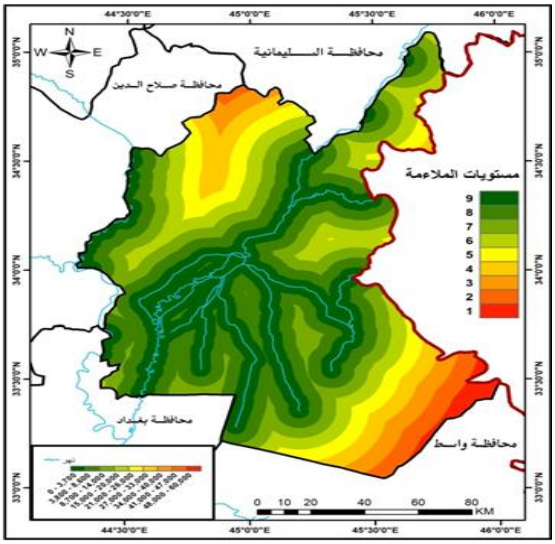
أسفرت النمذجة عن تقسيم منطقة الدراسة إلى ثلاث فئات رئيسة تبدأ بفئة الملاءمة العالية (S1) التي شملت القيم بين (0.8 - 3 ds/m)، وتركزت في الجزء الأوسط والشمالي الشرقي ويعزى ذلك لزيادة أعماق الآبار ووقوعها ضمن مناطق التغذية الفاعلة تلتها الملاءمة المعتدلة (S2) والتي شملت القيم بين (3.1 - 8 ds/m)، ، وانتشرت في الجزء الجنوبي الشرقي وأجزاء من الشمال الغربي وأخيراً الملاءمة الضعيفة (S3): تشمل القيم المرتفعة بين (8.1 - 17.3 ds/m)، وتركزت بشكل واضح في جنوب وغرب منطقة الدراسة .**خريطة (12) وجدول ()**

خريطة (12) مستويات الملائمة المكانية لمشاريع الغابات بحسب قيم التوصيلة الكهربائية ضمن ابار منطقة الدراسة

المباشرة من ضفاف الأنهار والجداول ، وجرى إنشاء عدة نطاقات مسافية تغطي كامل منطقة الدراسة، مما أتاح تحديد مدى كفاءة الوصول المائي لكل وحدة مساحية و بعد إنتاج خريطة المسافات، خضعت الطبقة لعملية إعادة التصنيف (Reclassify) لتحويل المسافات المترية إلى قيم رتبية تتراوح بين (1 و9) أذ تم مُنح أعلى وزن نسبي (9) للنطاقات الأكثر قرباً من الأنهار والجداول، وتدرجت الأوزان تنازلياً وصولاً إلى أدنى وزن (1) للنطاقات الأكثر بعداً ويستند هذا التدرج إلى مبدأ الجدوى الاقتصادية والفسيولوجية؛ اذ تزداد ملاءمة الموقع كلما قلت المسافة الفاصلة عن مصدر المياه الدائم، مما يقلل من مخاطر الإجهاد المائي ويقلل من تكاليف الري والطاقة.

خريطة (11)

خريطة (11) مستويات الملائمة المكانية لمشاريع الغابات ضمن منطقة الدراسة بحسب القرب من الموارد المائية السطحية



المصدر: - وزارة الموارد المائية، الهيئة العامة للمساحة، خريطة محافظة ديالى الطوبوغرافية، مقياس 1:100000، لعام 2022، ومعالجتها باستخدام برنامج (Arc map 10.8)

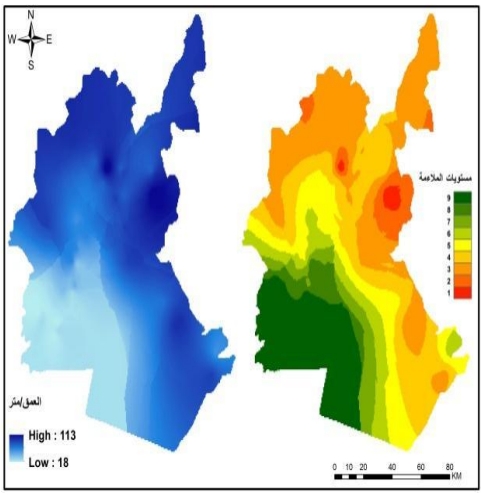
خامساً: نمذجة الخصائص الهيدرولوجية للمياه الجوفية.

التوصيلية الكهربائية (Electrical Conductivity - EC)

تعرف التوصيلية الكهربائية بأنها قدرة (1) سم³ من الماء على توصيل التيار الكهربائي عند درجة حرارة (25 م)، (Al-Mashi, 2025)وتعد مؤشر مباشر يعكس المحتوى الكلي للأملاح الذائبة ونوع وتركيز الأيونات في المياه وقد تراوحت القيم المسجلة في آبار منطقة الدراسة ما بين (0.8 - 17.3 ds/m) اعتمدت النمذجة على تحويل البيانات النقطية المستخلصة من عينات الآبار إلى

استخدام الاستكمال المكاني بإستخدام تقنية (Kriging) لتحويل البيانات النقطية المستخلصة من الآبار إلى سطح رقمي مستمر يغطي كامل منطقة الدراسة ، ثم أتبعه إخضاع الطبقة الناتجة لعملية إعادة تصنيف باستخدام أداة (Reclassify)، اذ تم تحويل القيم المترية إلى رتب تقييمية ، وإعتمد التصنيف على منطق "التفضيل الاقتصادي والتشغيلي" مُنح على أساسها الوزن الأعلى (9) للآبار ذات الأعماق الأقل (الضحلة) والوزن الأدنى (1) مُنح للآبار ذات الأعماق الأعلى (العميقة)استند هذا التدرج اعتبارات استراتيجية تخدم استدامة المشاريع،أهمها الجدوى الاقتصادية،أذ تمثل الآبار الضحلة خياراً مثالياً لإنخفاض تكاليف الحفر والتشغيل والصيانة مقارنة بالآبار العميقة كما تتطلب الآبار الأقل عمقاً طاقة أقل لعمليات ضخ المياه، وكذلك ترتبط الأعماق الأقل عادة بكفاءة إنتاجية أعلى واستدامة أكبر، بينما تكون الآبار العميقة أكثر عرضة لمشكلات الهبوط والنضوب مع مرور الزمن. **خريطة (13)**

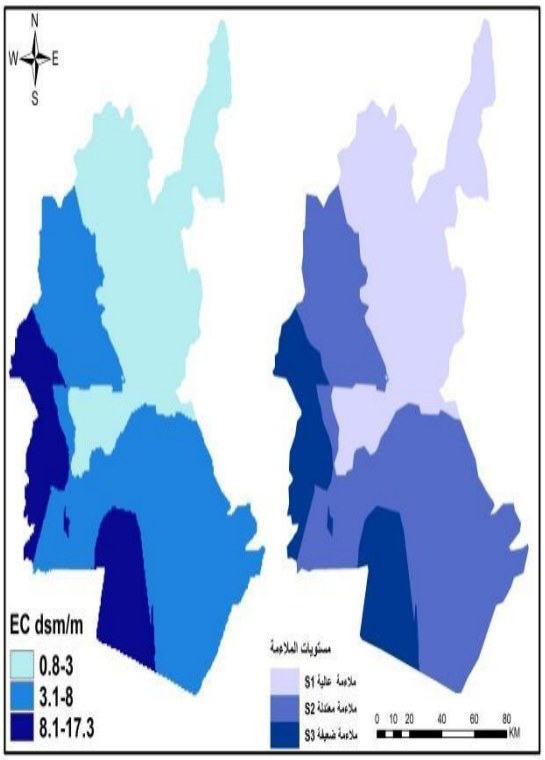
خريطة (13) ملائمة خصائص عمق الماء الجوفي لمشاريع الغابات الاصطناعية ضمن ابار منطقة الدراسة



المصدر: مديرية المياه الجوفية، بيانات غير منشورة،2025 ومعالجتها باستخدام برنامج (Arc map 10.8)

الطاقة الإنتاجية للأبار:

تُمثل الطاقة الإنتاجية للآبارمؤشراً حاسماً للموثوقية الهيدروليكية وضمان استمرارية الإمداد المائي في مشاريع الغابات الإصطناعية، وبخاصة في المناطق التي تعاني من تذبذب الموارد السطحية، وقد كشف التحليل المكاني لبيانات الآبار، أن إنتاجية الابار الجوفية في منطقة الدراسة تتراوح ما بين (1.5 - 8)لتر/ثا، أذ تركزت الإبار ذات الإنتاجية المنخفضة في الجزء الجنوبي الغربي من منطقة



المصدر: مديرية المياه الجوفية، بيانات غير منشورة،2025 ومعالجتها باستخدام برنامج (Arc map 10.8)

جدول (11)النسب المئوية مستويات الملائمة المكانية لمشاريع الغابات الاصطناعية بحسب قيم التوصيلة الكهربائية ضمن ابار منطقة الدراسة

الصنف	EC ds/m	المساحة/ كم2	النسبة المئوية (%)
S1	3-0.8	6916.5	39.11
S2	8-3.1	7864.3	44.47
S3	17.3-8.1	2904.2	16.42
المجموع		17685	100.00

المصدر: خريطة (12) ،واستخراج المساحات بإستخدام برنامج Arc Map 10.8)

عمق الماء الجوفي:

أظهر التحليل المكاني لبيانات الآبار أن أعماق المياه الجوفية في منطقة الدراسة تتراوح ما بين (18 - 113) متراً وقد كشفت الدراسة عن وجود علاقة طردية واضحة بين أعماق الآبار وارتفاع منسوب سطح الأرض ، أذ تتركز الآبار الأكثر ضحالة في الأجزاء الوسطى والجنوبية من المحافظة، بينما تزداد الأعماق تدريجياً كلما اتجهنا

نحو المناطق الشمالية والجبلية نتيجة الخصائص الجيومورفولوجية والبنيوية للمنطقة ، وقد جرى

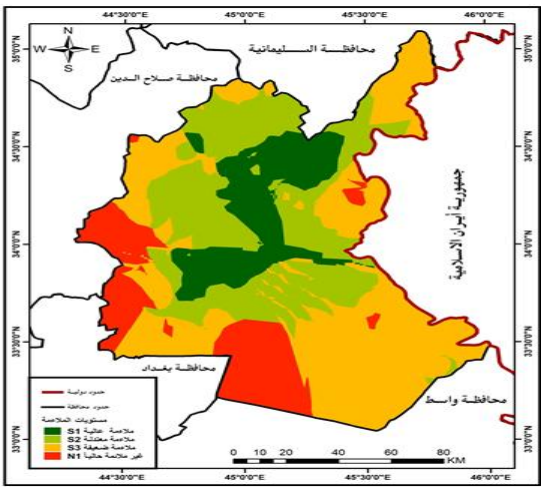
محدودة قدرها (148) كم2،من إجمالي مساحة منطقة الدراسة .**خريطة (15) وجدول (12)**

جدول (12) النسب المئوية لمستويات الملائمة المكانية لمشاريع الغابات بحسب الخصائص الهيدرولوجية للمياه الجوفية ضمن منطقة الدراسة

الصنف	المساحة/كم2	النسبة
S1	2674.9	15.12
S2	5652.5	31.96
S3	6579.3	37.31
N1	2760.3	15.61
المجموع	17685	100

المصدر: خريطة (15) ،واستخراج المساحات بإستخدام برنامج Arc Map 10.8)

خريطة (15) مستويات الملائمة المكانية لمشاريع الغابات الاصطناعية بحسب خصائص المياه الجوفية ضمن منطقة الدراسة

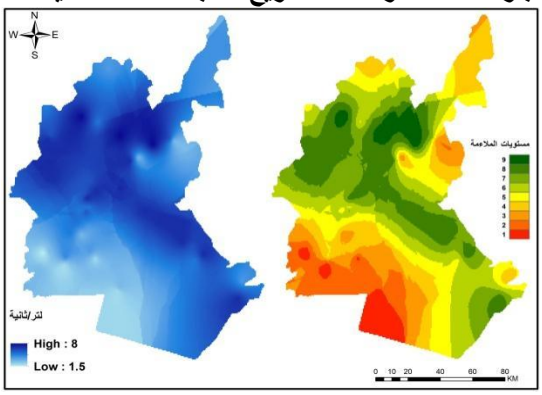


المصدر: خريطة (14)(13)(12) ، ومعالجتها باستخدام برنامج (Arc map 10.8)

سادساً: نمذجة مسافة القرب من طرق النقل

يُعد القرب من شبكة الطرق معياراً حاسماً في نماذج الملاءمة المكانية لمشاريع الغابات الاصطناعية ، لكونه يحدد مدى سهولة الوصول وضمان جدواها الاقتصادية الاجتماعية ، وقد جرى إستخدام المسافة الإقليدية (Euclidean Distance) ضمن بيئة برنامج (ArcMap 10.8) لإنشاء نطاقات مكانية متعددة (Buffers) تعكس المسافة المباشرة من محاور الطرق الرئيسة والثانوية، مما سمح بتقييم الدراسة ، في حين سُجلت أعلى معدلات للإنتاجية في المناطق الوسطى والشمالية ، ولا سيما القريبة من مناطق التغذية الجوفية، وقد جرى إستخدام الاستكمال المكاني (Kriging) مما سمح بإنتاج خريطة رقمية تعكس التوزيع المكاني للطاقة الإنتاجية تبعه تحويل القيم الناتجة إلى رتب تقييمية باستخدام أداة (Reclassify)، واعتمد في توزيع الأوزان على مبدأ الجدوى التنموية، اذ تم منح الوزن النسبي الأعلى (9) للآبار ذات الإنتاجية الأعلى، لكونها تضمن تدفقاً مائياً مستداماً يكفي لاحتياجات الغابات الاصطناعية ، في حين مُنح الوزن النسبي الأدنى (1) للآبار ذات الإنتاجية المنخفضة، كونها تزيد من كلف الاستثمار مقابل عائد مائي محدود وغير مضمون على المدى الطويل. **خريطة (14)**

خريطة (14) ملائمة الخصائص الانتاجية ضمن ابار منطقة الدراسة لمشاريع الغابات الاصطناعية

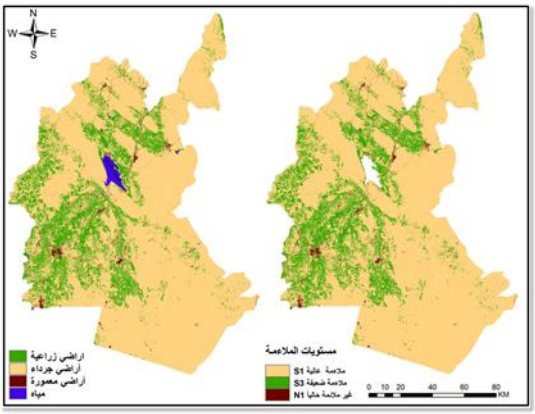


المصدر: مديرية المياه الجوفية، بيانات غير منشورة،2025 ومعالجتها باستخدام برنامج (10.8 بعد تحديد الطبقات المكانية المرتبطة بالخصائص الهيدرولوجية للمياه الجوفية ضمن منطقة الدراسة وتقييسها وفق مقياس موحد، جرى في هذه المرحلة دمج هذه الطبقات المكانية لإنتاج طبقة موحّدة تمثل

هذه الخصائص مجتمعة ، ليتم اعتمادها لاحقاً ضمن طبقات إنموذج الملاءمة المكانية النهائية، وأسفرت عملية الدمج عن تصنيف خصائص المياه الجوفية الى أربعة فئات للملاءمة، تبدا بفئة الملاءمة العالية (S1) التي شغلت مساحة قدرها (4782.8) كم2، ثم فئة الملاءمة المعتدلة (S2) التي جاءت بمساحة (8183.7) كم2، في المقابل، مثلت فئة الملاءمة الضعيفة (S3) مساحة قدرها (4570.5) كم2 ، واقتصرت فئة غير الملائمة حالياً (N1)على مساحة

مجموعات وظيفية كبرى تعكس الواقع الاستعمالي للمحافظة تبدأ بالأراضي الجرداء (الصنف السابع) ثم الأراضي الزراعية (الصنف الثاني) ، والأراضي المعمورة (الصنف الأول): واخيرا المياه (الصنف الخامس) (Anderson et al., 1976) ثم تم استخدام أداة إعادة التصنيف (Reclassify)، حيث مُنحت الأوزان النسبية بناءً على القيمة التخطيطية والقيود البيئية لكل صنف ، على هذا الاساس قسمت منطقة الدراسة الى ثلاث فئات تبدأ بفئة الملاءمة العالية (S1)التي حُددت للأراضي الجرداء، ويستند هذا التفضيل إلى خلو هذه الأراضي من القيود التخطيطية، وسهولة استصلاحها ، وقلة كلف تهيئتها مقارنة بالفئات الأخرى ثم فئة الملاءمة الضعيفة (S3) التي خُصصت للأراضي الزراعية بنسبة أذ تم اعتبارها خياراً بديلاً للتوسع المستقبلي، وأخيراً فئة غير الملائمة حالياً (N1) التي شملت المناطق المبنية، نظراً لما تفرضه من قيود عمرانية واجتماعية وارتفاع كلف إعادة الاستخدام في حين جرى استبعاد صنف المياه تماماً من النموذج لعدم إمكانية إقامة مشاريع التشجير فوق المسطحات المائية من الناحية الفنية والتخطيطية. **خريطة(17) وجدول(13)**

خريطة (17) مستويات الملائمة المكانية لمشاريع الغابات الاصطناعية في محافظة ديالى بحسب الغطاء الأرضي وإستعمالات الارض لعام 2025

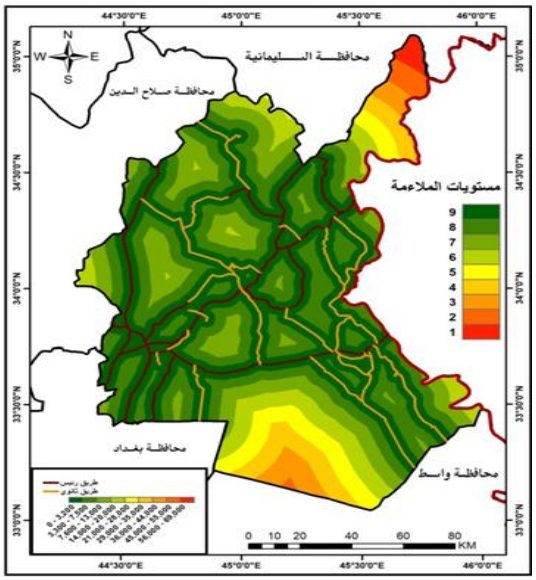


المصدر: مرئية فضائية (Landsat .8) بدقة 30 متر مربع لسنة 2025، ومعالجتها باستخدام برنامج (Arc map 10.8)

جدول (13) النسب المئوية لمستويات الملائمة المكانية لمشاريع الغابات الاصطناعية في محافظة ديالى بحسب الغطاء الأرضي وإستعمالات الارض

"سهولة الوصول" لكل وحدة مساحية في منطقة الدراسة ، ثم إخضعت الطبقة لعملية إعادة التصنيف (Reclassify) لتحويل المسافات المترية إلى مقياس كمي موحد يتراوح من (1 إلى 9) اذ مُنح أعلى وزن نسبي (9) للنطاقات الأكثر قرباً من الطرق، بينما مُنح أدنى وزن (1) للنطاقات الأبعد مسافة ، ويستند هذا التدرج إلى المبدأ التخطيطي لضمان سهولة الوصول فضلاً عن تقليل التكاليف التشغيلية. خريطة (16)

خريطة (16) ملاءمة القرب من طرق النقل لإنشاء مشاريع الغابات ضمن منطقة الدراسة



المصدر: الهيأة العامة للطرق والجسور، مديرية طرق وجسور محافظة ديالى ، بيانات غير منشورة ،2025 ومعالجتها باستخدام برنامج (Arc 10.8 map)

سادساً: نمذجة أصناف الغطاء الأرضي وإستعمالات الأرض

جرى توظيف المرئية الفضائية للقمر الاصطناعي الأمريكي (Landsat 8) والمستشعر (OLI) لعام (2025) وبدقة مكانية بلغت (30) متراً، و تطبيق أسلوب التصنيف الموجه (Supervised Classification). بالإعتماد على نظام تصنيف أندرسون (Anderson Classification System) العالمي في مستواه الأول، والذي يمثل معياراً دولياً رصيناً لتقسيم الغطاء الأرضيواستعمالات الارض و أسفرت عملية النمذجة عن تقسيم منطقة الدراسة إلى أربع

الأفضلية أو الأهمية النسبية بين المعايير المقارنة (Saaty, 2008) ولضمان واقعية النموذج، تم إعداد استمارة استبانه لجمع آراء الخبراء حول اختيار البديل الأنسب لكل عامل. ثم وُزِّعت الاستبيانة على عينة مكونة من (12) خبير تم إختيارهم بصورة قصدية ، بحيث تضم مجموعة من المختصين الذين ترتبط مجالات عملهم وخبراتهم بشكل مباشر وغير مباشر بمشاريع الغابات الاصطناعية بغية الحصول على أراء علمية دقيقة وموثوقة تسهم في بناء إنموذج تقييم رصين يعكس الواقع التطبيقي لمشاريع الغابات

ولمعالجة التباين في إجابات الخبراء، تم اعتماد أسلوب المتوسط الموزون لتحويل الأحكام الجماعية إلى قيمة كمية موحدة تعكس الوزن الحقيقي لكل معيار، وجرى تقريب النتائج إلى أقرب قيمة صحيحة ضمن مقياس (AHP) لتسهيل بناء مصفوفة المقارنة الزوجية،

جدول(14) تقريب المتوسط الموزون لإستجابات العينة الى اقرب قيمة (AHP)

المعايير	المتوسط الموزون لاستجابات العينة	التصحيح الى قيمة (AHP)
خصائص المناخ	5	5
اصناف التربة وخصائصها	5,3	5
الخصائص الطبوغرافية	4.6	5
أصناف الغطاء الارضي وإستعمالات الأرض	5.5	5
القرب من طرق النقل	3.8	3
القرب من الموارد المائية السطحية	6.8	7
خصائص المياه الجوفية	5.3	5

المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على : مقياس Thomas L Saaty

وقد جرى استُخدام منصة (AHP-OS) لبناء المصفوفة،اذ تم حساب الأوزان النسبية لكل معيار بناءً على المقارنات الزوجية وتعد هذه المرحلة

حاسمة للتحقق من منطقية الأحكام، كما تم استخراج نسبة التناسق (CR)، أذ حدد (Saaty) نسبة تناسق قدرها (0.1)(10%) كمعيار لتقييم موثوقية الأحكام في المصفوفة، وكلما إنخفضت قيمة نسبة التناسق، اقتربت الأحكام في المصفوفة من الموثوقية والإتساق. مع ذلك، عندما تتجاوز نسبة التناسق (0.1)(10%) يتم رفض الأحكام وإعادة تقييمها من البداية في مرحلة الإستبانة (Mafe, 2003) الشكلين (1) (2)

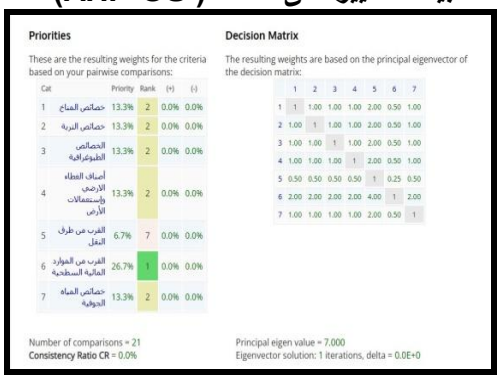
الصنف	المساحة/ كم2	النسبة المئوية (%)
S1	14277.4	80.73
S3	3228.3	18.25
N1	179.3	1.02
المجموع	17685	100.00

المصدر: خريطة (17) ،واستخراج المساحات بإستخدام برنامج Arc Map 10.8)

رابعاً: وزن المعايير بإستخدام أسلوب التحليل الهرمي (AHP)

يعد أسلوب التحليل الهرمي (AHP)، الذي أرساه العالم "توماس ساعاتي"، واحد من أكثر المنهجيات الرياضية موثوقية في بيئات اتخاذ القرار متعدد المعايير(MCDA)، أذ تعتمد دقة هذه المنهجية على تحويل التقديرات النوعية والخبرات الميدانية إلى بيانات كمية عبر مصفوفات مقارنة زوجية تخضع لاختبارات اتساق صارمة. وتتجاوز (AHP) كونها مجرد أداة ترتيب، لتصبح إطاراً هندسياً يضمن منطقية القرار المكاني، ويتمثل هذا الاسلوب في وضع المعايير كأنموذج خرائطي لخاصية معينة تتضمن بدائل يمكن مقارنتها بطريقة زوجية مع المعايير الأخرى ، وتقاس هذه المقارنات بإستخدام مقياس وضعه (Thomas Saaty) ، تتراوح قيمه بين (9-1)، ويستخدم بنطاق واسع لتحديد درجة

شكل (2) مصفوفة المقارنة الزوجية والأهمية النسبية للمعايير على منصة (AHP-OS)



المصدر: من عمل الباحث بالإعتماد على منصة AHP Online System - AHP-OS

جرى الحصول على الاهمية النسبية (الاوزان) للعوامل الداخلة في مشهد الملاءمة المكانية لمشاريع الغابات عن طرق مصفوفة المقارنة الزوجية التي تم بنائها في الموقع الالكتروني (AHP Online) ،كما تبين أن قيمة نسبة التناسق قد بلغت (0.0%)، وهو ما يدل على اتساقٍ عالٍ جداً في الأحكام المدخلة. جدول (15)

جدول (15) الاوزان المطلقة والاهمية النسبية للمعاير الداخلة في الملائمة المكانية لمشاريع الغابات الاصطناعية في محافظة ديالى

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على منصة AHP Online System - AHP-OS

والجدول (14):

بعد توضيح وتحديد العوامل المؤثرة على الملاءمة المكانية لمشاريع الغابات في محافظة ديالى، ستعتمد هذه المرحلة على الأوزان المستخلصة من نتائج عملية التحليل الهرمي (AHP) للشروع بتنفيذ عملية الملاءمة المكانية. وبعد أن تم تحديد أوزان كل عامل وفقًا لأهميته النسبية، أُجريت عملية حسابية باستخدام أداة (Raster Calculator) ضمن بيئة (Map Algebra) **شكل (3)**، وذلك بضرب كل معيار بوزنه النسبي ، ليتمخض عن هذه العملية الإنموذج النهائي للملاءمة المكانية لمشاريع الغابات الاصطناعية في محافظة ديالى ،والذي كشف عن تباين واضح في نسبة المساحة التي يشغلها كل مستوى، ويعزى هذا التباين المكاني. ، الى التغاير

البنيوي في خصائص البيئة الطبيعية والبشرية ضمن المنطقة المدروسة ، فضلاً عن إختلاف الأهمية النسبية للمعايير المعتمدة في بناء الإنموذج ، هذا من

شكل(1) المعايير الداخلة في عملية بناء مصفوفة المقارنة الزوجية على منصة (AHP-

المعايير	الاهمية النسبية %	الوزن المطلق
الخصائص الطبوغرافية	13.3	0.133
خصائص المناخ	13.3	0.133
خصائص التربة	13.3	0.133
خصائص المياه الجوفية	13.3	0.133
القرب من الموارد المائية السطحية	26.7	0.267
القرب من طرق النقل	6.7	0.067
أصناف الغطاء الأرضي وإستعمالات الأرض	13.3	0.133



المصدر: من عمل الباحث بالإعتماد على منصة AHP Online System - AHP-OS

جدول (16) النسب المئوية لمستويات الملائمة المكانية لمشاريع الغابات في محافظة ديالى

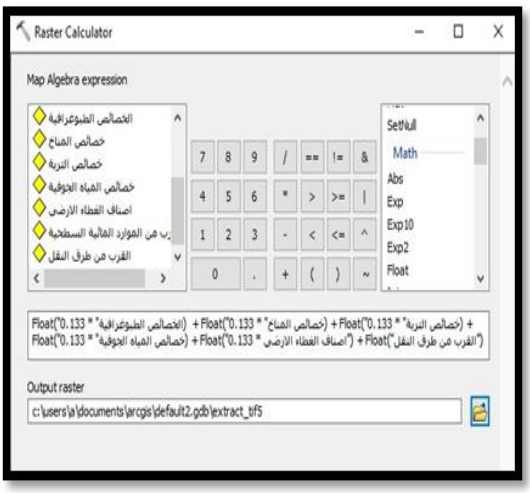
الصنف	المساحة/ كم2	النسبة المئوية (%)
S1	5044.1	28.52
S2	5556.8	31.42
S3	4566.9	25.83
N1	2084.2	11.79
N2	433	2.44
المجموع	17685	100.00

المصدر: خريطة (18) ،واستخراج المساحات بإستخدام برنامج Arc Map 10.8)

أن أستقراءً متمعناً لخريطة الملاءمة المكانية لمشاريع الغابات الاصطناعية في محافظة ديالى يكشف ان هناك (5) مستويات للملاءمة المكانية تبدأ ب **صنف الملاءمة العالية (S1)**الذي شغل مساحة (5044.1) كم^2 وبنسبة بلغت (28.52%) من مجمل المساحة الكلية لمنطقة الدراسة، وظهر هذا الصنف في الجهات الوسطى والشرقية من منطقة الدراسة وبمساحات محدودة من الاجزاء الشمالية والشمالية الشرقية فضلاً عن مساحات محدودة جداً من الأجزاء الغربية للمنطقة المدروسة أذ تميزت هذه الجهات بعدم وجود محددات للزراعة ، ثم يأتي **صنف الملاءمة المعتدلة (S2)** والذي يعد اقل ملاءمة من الصنف السابق لإقامة مشاريع الغابات ، أذ شغل مساحة بلغت (5556.8)كم^2 ، وبهذه المساحة شكل هذا الصنف نسبة بلغت (31.42%) ويعد من المناطق التي تتوافر فيها مقومات طبيعية وبشرية ملائمة بدرجة معتدلة نظراً لوجود عدد من المحددات أهمها أن هذه المناطق تتميّز بوجود غطاء نباتي قائم ، وتمثل بدائل مستقبلية مهمة في حال إزدياد الحاجة إلى التوسع الغابي، ويتركز هذا الصنف في وسط منطقة الدراسة وغربها فضلاً عن الاجزاء الجنوبية والجنوبية الغربية وأجزاء محدودة من الشمال الشرقي ،اما **صنف الملاءمة الضعيفة (S3)** فقد مثل الأراضي قليلة الملائمة نظرا لوجود محددات تتمثل في تضرس المنطقة وقلة المياه السطحية خاصة في الاجزاء الغربية والشمالية الغربية لمنطقة الدراسة ، فضلاً عن أجزاء واسعة من المناطق الجنوبية وأجزاء محدودة من المناطق الشرقية وقد بلغت مساحة هذا الصنف (4566.9) كم^2 وبهذه المساحة شكل هذا الصنف نسبة (25.83%) ، في حين شغل **صنف الاراضي غير الملائمة** حالياً(N1) مساحة بلغت (2084.2)كم^2

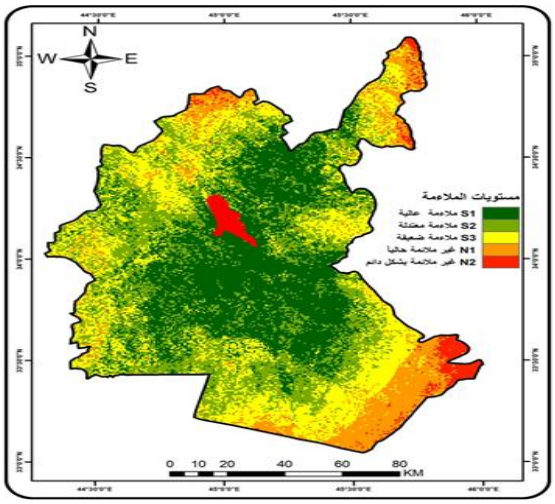
جانب، على الجانب الآخر فأن إعتماد أسلوب كإسلوب التحليل الهرمي افضى إلى منح اوزان متفاوتة للمعايير ، الأمر الذي انعكس على القيم النهائية لمستويات الملاءمة خريطة **(18) وجدول(16).**

شكل (3) جبر الخرائط لمعايير الملاءمة المكانية لمشاريع الغابات في محافظة ديالى



المصدر: من عمل الباحث إعتماداً على برنامج Arc map 10.8 والجدول (15)

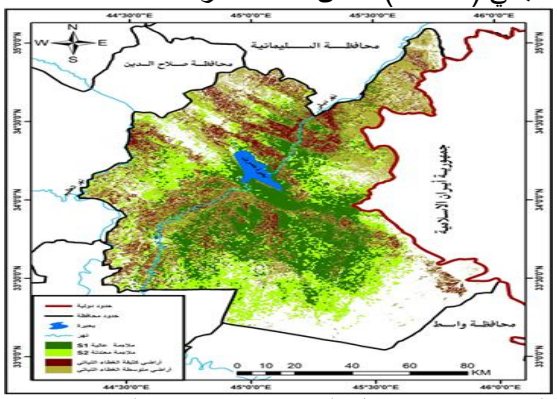
خريطة (18)مستويات الملاءمة المكانية لمشاريع الغابات في محافظة ديالى



المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على: الخرائط (17) (16) (15)(11) (10) (6) (5) ،جدول(15)

المصدر: من عمل الباحث من عمل الباحث بالإعتماد على برنامج Arc map 10.8.والمرئية الفضائية للقمر(Landsat9) لعام 2026

خريطة(20) التوافق المكاني بين مستويات الملاءمة المكانية لإنشاء مشاريع الغابات ومؤشر كثافة الغطاء النباتي (NDVI) ضمن منطقة الدراسة



المصدر: من عمل الباحث بالإعتماد على برنامج Arc map 10 10.8 والخريطتين (18)(19)

النتائج والمناقشة

1- بينت الدراسة أن الإمكانات الجغرافية (الطبيعية والبشرية) في محافظة ديالى تتباين في المكان الجغرافي ، الأمر الذي انعكس على تباين مستويات الملاءمة المكانية لمشاريع الغابات الاصطناعية.

1-امتازسطح محافظة ديالى بتنوع المظاهر التضاريسية ،أذ توزعت ما بين المناطق الجبلية في الاجزاء الشمالية والشرقية .والتي ظهرت على انها مناطق غير ملاءمة لإنشاء مشاريع الغابات، في حين ظهرت المناطق السهلية في وسط وجنوب المحافظة بملاءمة عالية لإنشاء مشاريع الغابات فضلاً عن المناطق المتموجة ومقدمات الجبال والتي ظهرت

بملاءمة معتدلة لإنشاء مشاريع الغابات أو ضعيفة الملاءمة.

2-العوامل الطبيعية والبشرية المحكمة بحسب أراء الخبراء اثبتت فاعليتها في تقييم ملاءمة الأرض لإنشاء مشاريع الغابات ،الا أن تأثيرها أختلف، فعند إستخدام أسلوب (AHP) في تعريف أوزانها ظهر أن عامل القرب من الموارد المائية السطحية يعد أهم متغير مؤثر في مشهد الملاءمة المكانية لإنشاء مشاريع الغابات بوزن مطلق بلغ (0.267) ومن الطبيعي أن يستأثر هذا العامل بوزن مطلق عالي طالما أن منطقة الدراسة تقع ضمن مناطق المناخ الجاف وشبه الجاف والتي تتميز بمحدودية سقوط الامطار وموسميتها ا، لذلك تتضاعف الحاجة الى موارد مائية تكميلية أخرى، ثم جاء القرب من طرق النقل بوزن مطلق بلغ (0.067) أما بقية المتغيرات فقد جاءت مجتمعة بوزن مطلق بلغ (0.133)على التوالي.

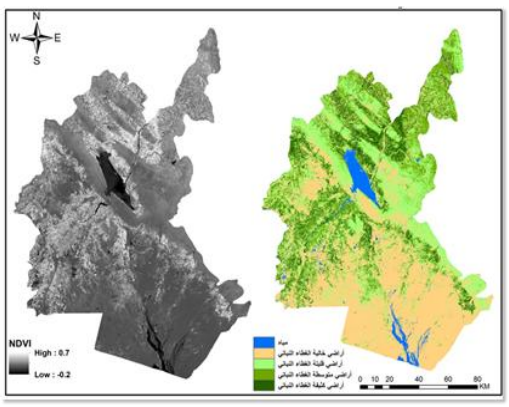
3-ان التكامل بين نظم المعلومات الجغرافية وأسلوب التحليل الهرمي (AHP) قد طور كثيراً من أساليب تقييم

وبنسبة بلغت (11.79%) ، ويظهر هذا الصنف بشكل واضح في الجزء الجنوبي من منطقة الدراسة فضلاً عن مناطق محدودة في اقصى الجزء الشمالي الشرقي ، و مما جعل من هذا الصنف غير مناسب لإقامة مشاريع الغابات في الوقت الحاضر، هو القيود التي تمثلها شدة وعورة التضاريس، فضلاً عن ندرة المياه السطحية وعدم وجود طرق نقل، وأخيراً **صنف الاراضي غير الملائمة بشكل دائم(N2)**: يفسر عدم ملاءمة هذه الاراضي لمشاريع الغابات بشكل دائم فقدانها الحد الأدنى من متطلبات الزراعة ، من خصائص وصفات التربة ومصادر المياه، فضلاً عن طبيعة تضاريس هذه المناطق التي من الصعب تعديلها أو التخفيف من شدتها، وتمتد اراضي هذا الصنف بشكل واضح في الجزء الجنوبي الشرقي وأجزاء محدودة من شمال شرق منطقة الدراسة ، وتشغل مساحة (433) كم^2 وبنسبة بلغت (2.44%) من مجمل مساحة منطقة الدراسة.

خامساً: التحقق من النتائج (Validation)

تشير الأدبيات الى إن نتائج نماذج إتخاذ القرار متعددة المعايير قد لا تتطابق بشكل كامل مع الواقع أوتفضيلات المستخدمين الأمر الذي يستدعي حتمية إجراء عمليات تحقق وتقييم النماذج الناتجة عنها قبل إعتمادها في التخطيط البيئي واتخاذ القرار (Arabameri et al., n.d.) على ضوء ذلك لم تكتفِ الدراسة بالمخرجات الرقمية، بل تم التحقق من صحة الإنموذج عبر ربطه بمؤشر الغطاء النباتي (NDVI) المشتق من المرئية الفضائية (Landsat 9) لعام (2026) وكشف التحليل عن توافق مكاني ملحوظ بين المناطق التي صنفها الإنموذج كـ "ملاءمة عالية" (S1) و"ملاءمة معتدلة" (S2) والمناطق التي تظهر كثافة نباتية حقيقية عالية، مما يؤكد دقة المنهجية وقدرتها على محاكاة العمليات البيئية الميدانية .خريطة (19) و(20).

خريطة (19) نتائج تطبيق مؤشر كثافة الغطاء النباتي(NDVI) على مرئية منطقة الدراسة



الأراضي ومستويات ملاءمتها ، فتلك الانظمة تمتلك إمكانيات رياضية وجبر خرائطي يعد من الادوات الرئيسة لإنجاز عملية تراكب مجموعة متعددة من المتغيرات التي قدمت على شكل طبقات لخرائط موضوعية تدخل في بناء خرائط الملاءمة المكانية.

4-نتج هذا البحث خريطة ملاءمة مكانية يمكن أن يعتمد عليها صناع القرار في تخطيط استعمالات الأرض وتحديد المواقع الأنسب لإنشاء مشاريع الغابات الاصطناعية في المحافظة.

المراجع

47. 1- Abdullah, Y. S., 1990. Forests and Afforestation, Dar Al-Kutub for Printing and Publishing, University of Mosul, p. 56. (In Arabic).

48. 2. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 1984. Land Evaluation for Forestry, FAO Forestry Paper No. 48, Rome, p. 70.

49. 3. Abdullah, Y. S., 1988. Principles of Forest Development, 1st ed., Dar Al-Kutub for Printing and Publishing, University of Mosul, p. 151. (In Arabic).

50. 4. Stam, M. (Ed.), 1999. GIS Solutions in Natural Resource Management, National Academy Press, Washington, p. 88..

51. 5. Sharma, C. M., Baduni, N. P., Gairola, S., Ghildiyal, S. K., and Suyal, S., 2010. Effects of Slope Aspects on Forest Compositions, Community Structures and Soil Properties in Natural Temperate Forests of Garhwal Himalaya, Journal of Forestry Research, Vol. 21, No. 3, p. 333..

52. 6. Karamian, M., and Hosseini, V., 2015. Effect of Position and Slope Aspect on Organic Carbon, Total Nitrogen and Available Phosphorus in Forest Soils (Case Study: The Forest of Ilam Province, Dalab), Journal of Water and Soil Science, Vol. 19, No. 71, p. 109.

53. 7. Hamadi, K. A., 2013. Geography of Agriculture, College of Education, University of Maysan, p. 52. (In Arabic).

54. 8. Al-Maliki, A. S., and Rahim, N. A., 2012. Soil Geography, Ministry of Higher Education and Scientific Research, University of Basra Press, p. 17. (In Arabic)of Agriculture, 1st ed., Dijlah Library for Printing, Publishing and Distribution, Baghdad, p. 117. (In Arabic.

55. 10. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 1976. Guidelines for Land Evaluation, Rome.

56. 11. Upadhyay, S., and Raghubanshi, A. S., 2020. Determinants of Soil Carbon Dynamics in Urban Ecosystems, In: Urban Ecology, Elsevier, pp. 17–34.

57. 12. Al-Mudhaffar, S. M., 2016. Soil Geography, 1st ed., University of Kufa, p. 56. (In Arabic)

58. 13. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2023. Soil Salinity: A Guide on its Harmful Effects and Prevention Methods, Rome, p. 2.

59. 14. Yao, Y., Li, X., Zhang, J., and Wang, Q., 2022. Soil Salinity Variations and Associated Implications for Agriculture and Land Resources Development Using Remote Sensing

Datasets in Central Asia, Remote Sensing, Vol. 14, p. 5

60. 15. Al-Mashi, Y. A. K., 2025. Environmental Assessment of Groundwater Quality in Al-Abbara Subdistrict and its Suitability for Agricultural Use, Diyala Journal for Human Research, Vol. 2, No. 105, p. 160. (In Arabic

61. 16. Anderson, J. R., Hardy, E. E., Roach, J. T. and Witmer, R. E. (1976). A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. USGS Professional Paper 964, U.S. Geological Survey.

62. 17. Saaty, T. L., 2008. Decision Making with the Analytic Hierarchy Process, International Journal of Services Sciences, Vol. 1, No. 1, p. 85.

63. 18. Mafe, O., 2003. Confidence Interval Approach to Consistency Ratio Rule in the Applications of Analytic Hierarchy Process, West

Evaluating the spatial suitability of artificial forest projects in Diyala Governorate using the Analysis Hierarchy Process (AHP)

Hamza Abdul Rahman Hasab Allah 1, Tanzeeh Majeed Hameed2

tanzeeh.ge.hum@uodiyala.edu.iq

Hamza02.gev.hum@uodiyala.edu.iq

Department of Geography, College of Education for Humanities,
University of Diyala, Baquba City, Iraq

ABSTRACT

This study aimed to model and evaluate the spatial suitability of artificial forest projects in Diyala Governorate. Its philosophy was based on relying on native and adapted tree species to ensure biological success. This was verified in the field at the "Canaan Forests Project," which serves as a real-world laboratory demonstrating the success of specific tree species in adapting to the prevailing environmental conditions in Diyala Governorate. This aligns with the recommendations of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) regarding

the necessity of relying on native and resilient species that possess

a natural ability to withstand drought, salinity, and extreme temperatures. The most important of these trees are eucalyptus, tamarisk, poplar, and jujube. An analytical framework was then adopted, integrating remote sensing (RS) and geographic information systems (GIS) techniques with the analysis hierarchy approach (AHP) as a multi-criteria decision support tool. The study relied on inputs from Landsat 8 and 9 satellite imagery for 2025 with a resolution of 30 m and a digital elevation model (DEM), as well as soil grid data, NASA POWER weather stations, and laboratory test results for groundwater wells. The methodology involved constructing a three-level hierarchical structure (objective, criteria, alternatives). The suitability criteria included seven main factors: topographic characteristics (elevation, slope, slope direction), climate (rainfall, temperature), surface water resources, groundwater characteristics (electrical conductivity, depth, well productivity), soil characteristics (texture, salinity), land cover types and land uses, and proximity to transportation routes. To determine the relative weights of these variables, opinions were surveyed. (12) Experts via the pairwise

امن العراق المائي بين تحديات الجوار والسياسات الإقليمية

تغريد رامز هاشم العذاري

taghreedr.alathari@uokufa.edu.iq

قسم الجغرافية كلية التربية للبنات جامعة الكوفة النجف، العراق

الملخص

تعد المياه من النعم التي انعم الله بها على الانسان وهي عنصر أساسي لديمومة الحياة ، حيث لا يمكن للحياة ان تقوم وتستمر بدون الماء ، فضلا عن دورها في بناء الحضارات ، وفي اغلب الأحيان تسبب المياه العابرة للحدود توترات بين المجتمعات التي تربطها ، حيث حوض نهر دجلة والفرات من الاحواض المائية المهمة والتي تعد من اهم مسببات الصراع، نتيجة تعقد المشكلة وممارسة إيران سياسة مائية تمثلت بخفض مناسيب المياه الواصلة إلى العراق، لكي تبسط نفوذا سياسيا واقتصاديا ، وسعي تركيا الى استغلال هذه الثروة بما يؤمن مصالحها الاقتصادية والسياسية على حساب مصالح دول الحوض الأخرى ، حيث تؤكد المواقف على ارض الواقع ستكون حروباً من أجل المياه، الحروب القادمة ، فإن القرن الحادي والعشرين هو قرن المياه بعد ان كان القرن العشرين هو قرن النفط ، ، إذ يواجه العراق تحديات كبيرة بسبب أزمة المياه مما انعكس سلبا على طبيعة النشاط الاقتصادي ، وبالتالي ظهور اثار التلوث واضحة في المياه من خلال اطلاق كميات من المياه الآسنة والمخلفات الكيمياوية للمصانع والمعامل الإيرانية اتجاه العراق، فضلاً عن ارتفاع اللسان الملحي في مياه شط العرب مما أثر سلبا على الحياة البيئة البحرية والبرية.

الكلمات المفتاحية: الامن التحديات، الماء.

.

comparison matrix on the (Saaty) scale. The results showed that proximity to surface water resources is the most influential criterion with a weight of (26.7%). Map Algebra revealed the classification of the governorate's lands into five levels of suitability. The two land categories with high and medium suitability, S1-S2, came with a percentage of (28.5%, 31.4%) of the total area of the study region for each category, respectively. To ensure the quality of the model, validation was carried out using the (NDVI) index, which showed a high spatial consistency between the areas nominated for high and moderate suitability and the actual plant density, which proves the accuracy of the model and its ability to simulate environmental processes to support sustainable development.

.Keywords:
Spatial suitability, artificial forest projects, Diyala Governorate, Analysis Hierarchy Process (AHP

مصالح دول المصب(4). ورافق تلك السياسة العديد

1. المقدمة

من اهم المشكلات التي تستخدمها تركيا مشكلة المياه والتي للها تداعيات خطيرة في الموقف المائي في العراق ولاسيما في المراحل التي كانت مصالح الدولتين متناقضة فيها ، والتي تمثل انعكاس الاتجاهات على مراكز صنع القرار في تركيا إذ كانت تستخدمه تركيا للضغط على العراق منذ مدة زمنية طويلة إلا أنه برز بشكل كبير بعد حصول عدد من التحولات المحلية في كلا الدولتين ولاسيما المدة الزمنية التي تلت دخول الولايات المتحدة الأمريكية للعراق عام (2003م، وحصول التغيير الكبير في سياسات الحكومة التركية تمثل انعكاس الاتجاهات على مراكز صنع القرار في تركيا ، إذ يواجه العراق تحديات كبيرة بسبب أزمة المياه، إذ عانى العراق خلال العقود الأخيرة من القرن العشرين صعوبات كبيرة تتعلق بالمياه، ولاسيما أن العراق هو دولة زراعية وأطلق عليه تاريخياً (بأرض السواد) وتقف وراء هذهِ الأزمة عدة أسباب منها سياسية تعتمدها دولة المنبع (تركيا) التي سعت في بداية القرن الواحد والعشرين إلى بناء السدود والخزانات مما انعكس أثرها في العراق.

2. مشكلة الدراسة

1_ هل للسياسة المائية لدول المنبع اثر في الامن المائي العراقي وهل لها تأثير سلبي على النمو الاقتصادي العراقي .

2_ هل للسياسات المائية لدول الجوار (دول المنبع) تأثيرات على الأمن الغذائي العراقي.

فرضية البحث

1_ تأثر الامن المائي للعراق بشكل سلبي نتيجة المشاريع التي اقامتها دول المنبع على نهري دجلة والفرات .

2_ اثرت السياسة المائية لدول المنبع بشكل سلبي في الأمن المائي والغذائي للعراق. حيث له تأثيرات ضارة في الأمن الغذائي العراقي ولاسيما في السنوات الأخيرة ، مما جعل العراق في تبعية اقتصادية لإيران وتركيا .

3. اهداف الدراسة

تهدف الدراسة الى التعرف على السياسة المائية لدول الجوار ومدى تأثيرها في الامن المائي العراقي من خلال بيان الأثار الجغرافية السياسية على السياسة .

يا الجيوستراتيجي بين الشرق والغرب، وبحكم ارتباطاتها مع أطراف وقوى إقليمية متعددة سياسية واقتصادية وعسكرية. وهنا يأتي عنصر المياه ليعزز من الدور الذي يمكن أن يؤديه وسط منظومتها هذه.

السياسة المائية التركية تجاه العراق

تركيا تتعامل مع مياه دجلة والفرات من منطلق حسابات سياسية واستراتيجية وتعتبر ان لها الحق الكامل في استثمار هذا المورد الحيوي ، حيث تستخدم ملف المياه لغرض هيمنتها السياسية كقوة مؤثرة في إعادة الخارطة الجيوستتراتيجية للمنطقة دون مراعاة

الشرق والغرب، وبحكم ارتباطاتها مع أطراف وقوى إقليمية متعددة سياسية واقتصادية وعسكرية. وهنا يأتي عنصر المياه ليعزز من الدور الذي يمكن أن يؤديه وسط منظومتها هذه. السياسة المائية التركية تجاه العراق

تركيا تتعامل مع مياه دجلة والفرات من منطلق حسابات سياسية واستراتيجية وتعتبر ان لها الحق الكامل في استثمار هذا المورد الحيوي ، حيث تستخدم ملف المياه لغرض هيمنتها السياسية كقوة مؤثرة في إعادة الخارطة الجيوستراتيجية للمنطقة دون مراعاة مصالح دول المصب(4). ورافق تلك السياسة العديد من الظواهر أهمها حالات الجفاف التي شهدتها الأعوام الأخيرة .وابرزها .

1. اكتمال السدود التركيه العملاقه مثل سد اتاتورك على حوض الفرات والذي يكون بحيره تقرب مساحتها 817 كيلومترا مربعا ويحجز 48 مليار متر مكعب من مياه النهر، هذا غير اكثر من عشرين سدا اخر على النهر نفسه مثل سدود كيبان وقرة قابه وغيرهما.

2. اقامه سوريا خمسة سدود اروائيه ياتي في المقدمه سد الطبقه الذي يكون بحيره الاسد والتي تحتجز حوالي 12 مليار متر مكعب، اضافه الى سد البعث وسد تشرين.

هذه بدورها تؤثر على حصة العراق وسوريا من مياه نهر الفرات ،حيث يتضح هذا التأثير في خفض امدادات نهر الفرات الى سوريا بنسبة 40%والى العراق بنسبة 75 %وحتى 90%على وفق مصادر أخرى ،فضلا الى ذلك سينتج منها حبس جزء كبير من الطمى الذي تحمله المياه ، وازدياد في نسبة ملوحتها وتلوثها بالاسمدة الكيمياوية والمبيدات(5) ، فان قطع تصاريف المياه عن نهري دجلة والفرات من قبل تركيا يعتبر العامل الرئيسي في نهري دجلة والفرات و نقص المياه الجارية فيهما . ينبع نهر دجلة من جنوب شرق تركيا ويبلغ طوله (١٧١٨) كيلومتراً، ويعتبر ثاني أطول نهر في جنوب غرب آسيا. ويسير داخل الأراضي السورية لمسافة (٥٠) كيلومترا ويدخل العراق عند قرية فيشخابور. ويصب فيه في العراق خمسة روافد هي الخابور والزاب الكبير والزاب الصغير والعظيم وديالى. ويلتقي عند القرنة بنهر الفرات ليكونا شط العرب ، خريطة رقم (1)، .

خريطة (1)السدود والمشاريع في منطقة الدراسة

4. منهج البحث

تستعين الدراسة بالمنهج التحليلي لتحليل مخرجات السياسة المائية لدول المنبع الجوار ، كما تستعين الدراسة بالمنهج الوصفي

2 تعتمد السياسة التركية على بعض من المنطلقات النظرية التي حددت اسوب تعاملها مع جيرانها العرب، حيث ترى ان نهري دجلة والفرات ليس نهري دوليين وتطلق عليهما (المياه العابرة للحدود) ، من وجهة نظر تركيا النهر الدولي هو الذي يشكل خط الحدود بين دولتين او اكثر (1)، وهذا يرسم موقف تركيا بعدم الاعتراف بالصفة الدولية لنهر دجلة والفرات ، حيث تدعي تركيا أن نهري دجلة والفرات هما نهران تركيان لأن مصادر مياههما ومنابعهما تقع داخلُ الأراضي التركية ، في حين موقف العراق يؤكد ان دجلة والفرات نهران منفصلان ،حيث استندت تركيا إلى نظرية السيادة المائية المطلقة في وضع برنامج متكاملا تضمن انشاء (37) خزانا و(28) محطة كهربائية مع (41) شبكة اروائية ، السعي منه (السيطرة في تفسير طبيعة نهر دجلة(2),

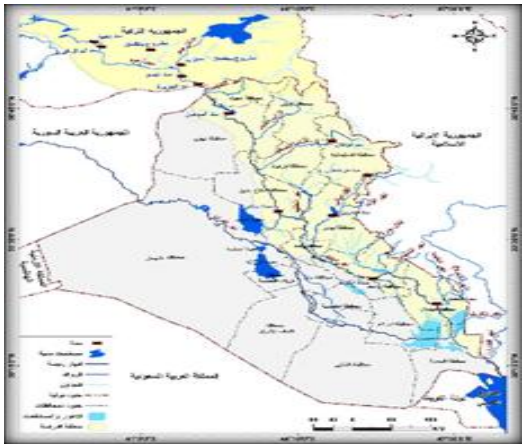
وهذه المشاريع العملاقة لها تأثيراً مباشر على الإيرادات المائية لنهر دجله وبالتالي تقل نسب المساحات الزراعية الواقعة في هذا النهر مما يسبب نقص الإنتاج الزراعي وانعكاساته في الأمن الغذائي وتهجير المناطق الزراعية الواقعة في ضفاف النهر، فضلا الى ذلك تعد سببا مباشرا في خفض حصص المياه لدول المصب، ،ان معظم الانهار العراقيه تتغذى بشكل كبير من خارج الحدود العراقيه ،لذلك فان كميه التصريف المائي لتلك الانهار تكون خاضعه للسياسه المائيه التي تحدها دول المنبع وهي كل من سوريا وتركيا وايران في تزويد العراق بالمياه بنسبه مختلفه حيث ان 80% من المياه العراقيه تاتي من تركيا و4% من سوريا و7% من ايران و9% داخل العراق(3)، كما ان السياسات المائيه التي اتبعتها تلك الدول اثرت بشكل كبير على الواردات المائيه للعراق مما يودي الئ ضعف تامين المياه العراقيه، ولكون الموارد المائية تتعلق بالأمن الغذائي والذي يوازي بأهميته الأمن العسكري إن لم يتفوق عليه، وسيطرتها في العراق ولاسيما بعد استلام حزب العدالة والتنمية السلطة في تركيا منذ عام(2002م) ، واتباعه سياسات معينة اتجاه عدد من الملفات العالقة بين الدولتين، مستفيدًا من موقع تركيا الجيوستراتيجي بين

تركيا وسوريا والعراق وايران ، ويقدر عددهم بنحو 30_40 مليون شخص في مر العصور (7) ، حيث كانت هناك الكثير من المواقف والتحذيرات والتصريحات من جانب تركيا للضغط على البلدين العربيين حيث تشير الى سوريا كونها القوة السياسية المحرضة والتي تدعم حزب العمال الكردستاني بهدف إعاقة مشروع الغاب ،

يشكل في العراق الجماعات العرقية الاثنية الرئيسة وهم يعيشون في شمال العراق ، حيث تمكن الأكراد

بعد عام 2003 من تحقيق مستوى كبير من الحكم الذاتي ، حيث تشكلت حكومة إقليم كردستان العراق ككيان مستقل ، والمسألة الكردية قد تؤثر في الازمة ازمة المياه حيث يؤثر في الحصول على المياه العابرة لحدود ذلك قد يحدث صراع بشأن حقوق استخدام المياه ، منذ الخطة الأولى لإنشاء 13 سداً على دجلة وروافده ، والذي اصبح واقعاً عملياً ، هذا بعد ان كان مشروعا على الورق فقط منذ فترة قليلة ، حيث تعمل اربيل على السدود على الروافد التي تصب في دجلة بأكملها ، ، يخفي خلفه موقفا سياسياً ، واقتصاديا وله اثار مباشرة على الإنتاج الزراعي ، هذا بدوره سيكون له دور في الهيمنة على السياسة العراقية وتعطيش اغلب المناطق في االوسط والجنوب، ذلك كون ان ندرة المياه قضية تؤرق السياسيين والاقتصاديين والباحثين بقضايا المياه، ان عدم كفاية الموارد المائية المتاحة لسد احتياجات السكان، الذين يتزايدون وايضا في ضوء مخططات دول الجوار الجغرافي ، لحرمان العراق من المياه من نصيبه القانوني من مياه الانهار المشتركة بين الدول المجاورة ، (8) ، حيث استغل الأكراد ذلك وسعوا للسيطرة على بنى تحتية مائية رئيسية في شمال سوريا، حيث شمل ذلك السيطرة على بعض أكبر سدود سوريا، مثل سد الطبقة.

منطقة كردستان العراق تتمتع بوفرة نسبية في المياه مقارنةً ببقية البلاد وسوريا، إذ تمتلك احتياطيات كبيرة من المياه الجوفية وإمكانية تحقيق الاكتفاء الذاتي المائي، فضلاً عن توظيف مواردها المائية في تعزيز العلاقات الدبلوماسية مع جيرانها الأكبر، كما ينبغي عليها أيضاً الاستفادة من مواردها المائية وموقعها الاستراتيجي بين تركيا والعراق وإيران لتعزيز سيادتها وشرعيتها أمام المجتمع الدولي. ولكن على الرغم من وفرة المياه النسبية في المنطقة، فقد كانت



-عبد الستار سلمان حسين، مشروع جنوب شرق الاناضول (الغاب) الجوانب الفنية، مجلة دراسات اجتماعية، بيت الحكمة، العدد 7، 2000م، ص 73.

نقص المياه اثر بشكل كبير على العراق، يقر بذلك وزير المصادر المائية العراقي (مهدي رشيد الحمداني ٢٠٢١) حيث يقول ، ان التصريفات المائية الاتية من تركيا عن طريق نهري دجلة والفرات انخفضت بنسبة (٥٠٪)، وان الروافد والانهار مثل سدة دربنديخان (في شمال العراق) وصلت بحدود الصفر، كما ان نهر الزاب في منطقة كركوك انخفضت مياهه بنسبة (٧٠٪)،

ولا يخفي الحمداني ان ايران غيرت مجرى كثير من الأنهار المهمة والتي كانت تصب في العراق مثل نهر سيروان والتي حاولت ايران باستمرار تجفيفها كما ان ايران غيرت مجاري النهر (6)

_ العوامل المؤثرة في السياسة المائية التركية

برزت مشكلات داخل العراق حول السياسه الاروائيه بسبب صدور الدستور الجديد في العراق والذي اضاع البوصله السليمه لرسم الموازنه المائيه في البلد، مما ادئ الئ انفراد اداره الكيان الكردي في شمال العراق في التصرف بالسدود المقامه على روافد دجله مثل سد دوكان ودربنديخان، منذ البداية اعتقدت تركيا بان المياه الجارية في نهر دجلة هي مياه تركية لأنها تنبع من الارض التركية، وعليه فأنها غير ملزمة قانوناً بإعطاء حصة ثابتة للدول المتشاطئة معها.

_ المشكلة الكردية وامن الحدود ودورها في الازمة المائية :_

يرى الاتراك ان المسالة الكردية أدت الى تعقيد النزاعات التركية السورية والتركية العراقية ، حيث ربط الاتراك مسالة المياه بموضوع الاكراد ، حيث تعيش الاكراد في مناطق متنوعة من الشرق الأوسط وهم مجموعة عرقية ولغوية تنتشر بشكل رئيسي في

انعكس على السكان والحيوانات (الجاموس) ، الذي تراجع عددها من مليون رأس الى 300 الف رأس نتيجة شحة المياه (10).

جدول (1)المشاريع والسدود الإيرانية المقامة على الأنهار العابرة من إيران إلى العراق

ت	الأنهار المشتركة بين العراق وإيران	أقامه المشاريع والسدود	الآثار المترتبة على العراق
1	نهر بناوه سوته وفزلجة	انشاء سد	حجب المياه عن رافد الزاب الصغير
2	نهر هوشياري	انشاء سد وخزان	انقطاع المياه عن آلاف الدونمات الزراعية في قضاء بنجوين في محافظة (السليمانية)
3	نهر الوند	أنشاء قناه	التأثير على تدفق المياه لنهر ديالى
4	نهر قردة تو	أنشاء عدد من السدود الصغيرة	أنقطاع مياه النهر بالكامل التي تغذي نهر ديالى
5	نهر كنكير	أنشاء مشروع تحويل المياه للإراضي الإيرانية	حرمان قضاء مندلي من مياه النهر
6	مشروع الأفق الأزرق الإيراني	تنفيذ مشاريع زراعية ضخمة	حجب مياه أنهار (سيروان، الوند، الكرخة، الكارون) عن العراق وتقليل منسوب المياه اتجاه العراق
7	نهر كنجان جم ونهر جنكيلان	شق قناه من النهرين وتحويلها لمحافظة مهران وإلى قناه غلام شاه	قطع المياه كلياً عن ناحية بدرة وزرباطية في محافظة واسط، مما أدى إلى جفاف نهر جنكلان الذي يغذي ناحية زرباطية التي أصابها الجفاف من جراء المشروع
8	نهر الطيب	أنشاء سد على النهر عند منطقة (دهلون)، ومؤخراً تم قطع مياه النهر وتغيير مجراه نهائيا عن العراق	خلف أضرار بالغة بالمزروعات في محافظة ميسان
9	نهر دوبريج	أنشاء سد على مجراه في منطقة (كبة هشلا)	تم قطع المياه نهائياً اتجاه العراق
10	نهر الكرخة	أنشاء سد بسعة تخزين (6 مليارم3) سنة وانتاج الكهرباء بطاقة (250) ميجا واط	انخفاض منسوب المياه للعراق

حكومة إقليم كردستان مسؤولة عن سوء إدارة الموارد المائية، في ضوء تزايد الطلب على المياه وندرتها، حيث تفاقم الوضع بفعل الضغوط الناجمة عن النازحين داخلياً واللاجئين السوريين الذين لجأوا إلى إقليم كردستان العراق، مما أدى إلى زيادة عدد السكان بنسبة 28% (9)، فضلا الى ذلك كان للتوترات السياسية والصراعات بين الحكومات المحلية العراقية وتركيا والاكراد لها دور سلبي في التعاون المشترك لإدارة الموارد المائية المشتركة

وهذا بدوره انعكس على البنية التحتية حيث يتعذر تنفيذ تلك المشاريع ، ذلك بدوره أدى الى تعقيد ازمة المياه بين العراق وتركيا .

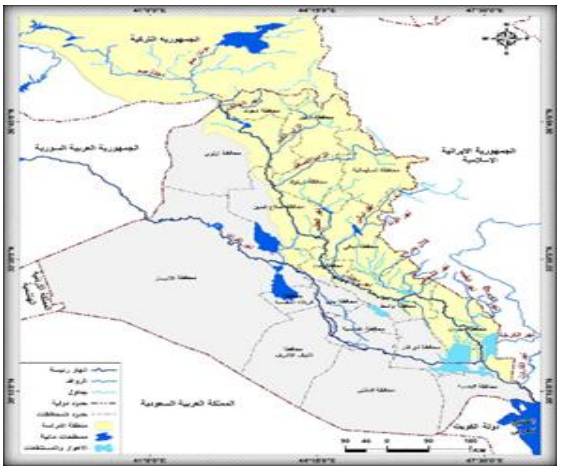
مما تقدم يتضح ان ملامح الصراع بين العراق وتركيا بدأت عندما بادرت تركيا الى إقامة المشاريع المائية على مياه نهري دجلة والفرات دون الاخذ بنظر الاعتبار التداعيات السلبية لكل من العراق وسوريا والتي بدورها أدت الى مشكلة العجز والمائي كون العراق يعتمد بشكل كبير على مياه نهري دجلة والفرات والتي تتميز بكون منابعها خارج حدود العراق ، وهذا يبرز بدوره على عدم استطاعة العراق التحكم بمنابعه ومصادره ، كون السياسة التركية ارتكزت على تحكمها وسيطرتها على المياه كونها قوة إقليمية تتحكم بمصادر المياه .

_ السية المائية الإيرانية على العراق

تعد سياسة ايران المائية سياسة قامت بقطع معظم الأنهار على العراق مما حلت اضرار على السياسة المائية في العراق ، حيث الحقت اضرار جسيمة في كافة القطاعات في العراق وهذا بدوره أدى الى تدمير البيئة المائية اضرار جسيمة في كافة القطاعات في العراق وهذا أدى الى تدمير البيئة ، لكون ايران لم تلتزم بالحصص المتعارف عليها للعراق ، وبسبب السدود التي اقامتها ايران أدى الى تناقص حصة العراق المائية والذي سبيب اضرار كبيرة ، جدول (1) المشاريع والسدود الإيرانية المقامة على الأنهار العابرة من إيران إلى العراق ، حيث أدى ذلك الى تقلص المساحات المائية في اكبر مسطح مائي طبيعي في العراق وهي الاهوار الجنوبية نتيجة سياسة دول المنبع ايران ، وتركيا ، وتعد الفترة من عام 2003 _ 2016 فقد العراق ما يقارب 4600 م3 من مخزونها المائي حيث تراجع منسوب المياه وفقد ما يقارب 40 % من الثروة المائية في الاهوار الجنوبية ، والذي

3_ نهر الزاب الصغير: بداية كل موسم صيف تقوم ايران بتخزين المياه المتدفقة نحو الزاب الصغير ، حيث تقوم بتحويله الى ايران والى محافظات ايران ، وهذا بدوره أدى الى خفض مستوى المياه في نهر الزاب الصغير ، حيث انخفض من 45 متر مكعب في الثانية الواحدة الى 2 متر مكعب في الثانية الواحدة (13)، خريطة (2) الروافد والأنهار المشتركة بين العراق و إيران.

خريطة(2) الروافد والأنهار المشتركة بين العراق و إيران



المصدر/1- علياء حسين سلمان ، زينب حسن حبيب ، ابتسام عدنان رحمن ، الآثار البيئية للسدود المائية في العراق ، مجلة البحوث الجغرافية (المائية في العراق) ، جامعة الكوفة / كلية التربية للبنات / قسم الجغرافية ، العدد20 ،2016م، ص2.

مما تقدم يتضح ان السياسة المائية الإيرانية على العراق لها اضرار جسيمة وقد اثرت على كافة القطاعات في العراق ، فضلا الى ذلك قد الحقت اضرارا أيضا على البيئة وتدميرها ، بسبب سياستها وعدم التزامها بالحصص المتعارف عليها ، حيث ان تناقص حصة العراق المائية جاء نتيجة بناء السدود التي اقامتها ايران ، حيث ان سياسة تركيا وايران اثرت على الموارد المائية في العراق بشكل كبير مما أدى الى تدهور الأراضي الزراعية ، فضلا الى مشكلة التصحر وتغدق وتملح الأراضي الزراعية ، وتراجع الغطاء النباتي، والتي تعد تهديدا للأمن المائي ، ان عدم التوصل الى اتفاق مائي واضح وصريح حول اقتسام مياه ري دجلة والفرات مع كل من سوريا والعراق، منيجة تعمد تركيا من جانبها ، إصرارها على الاستمرار في تشييد السدود وإقامة

1 1	نهر الكارون	أنشاء سدود وخزانات (كارون1، كارون3، سد فيروزي	توقف تدفق المياه لشط العرب وزيادة نسبة الملوحة

(1) نوري رشيد نوري، أحكام المياه الدولية في الشريعة الإسلامية والأنهار المشتركة مع إيران، مجلة الكلية الاسلامية الجامعة، العدد (36)، النجف، 2015، ص321-324 .(2) عبد الأمير أحمد عبدالله، الأنهار الحدودية المشتركة بين العراق وإيران وآثرها على الأراضي الزراعية والأمن المائي، مجلة جامعة تكريت للعلوم، العدد (1)، جامعة تكريت، 2012، ص369-375. (3) خالد جاسم الحجيمي ،سياسة ايران المائية اتجاه العراق وانعكاساتها على النشاط الاقتصادي دراسة في الجغرافية السياسية ، بحث منشور ، مركز دراسات الكوفة ،ع 63، 2021، ص554.

ان تعدد الأنهار والروافد المشتركة بين العراق وايران تشير الى ان النزاعات بين الدولتين حول استخدام الأنهار المشتركة ، حيث قامت بقطع عدد من الأنهار العابرة للحدود ومنها :

1_ نهر الوند

قامت ايران بتحويل وقطع مياه الأنهر ، حيث ان تحويل مياه النهر الدولي المشترك بصورة مضرة بمصالح الدول الأخرى لا يحق لها ، الا بوجود اتفاق بين الدولتين ،وهذا بدوره أدى الى اضرار بالغة في عملية إدارة الموارد المائية لدى العراق ، حيث قامت بانشاء قنوات ومشاريع مائية عليه بهدف ضعف منسوب مياه النهر للالحاق الضرر بالعراق(11) .

2_ اما الأنهار والروافد المشتركة التي تنبع من إيران وتغذي نهر دجلة وروافده من شمال العراق حتى جنوبه :

أولاً: محافظة البصرة: نهر الكارون و شط العرب ، اما محافظة واسط ، نهر كنجان جم ويطلق عليه في العراق كلال بدرة ، و نهر جنكيلات ، وفي محافظة ميسان ، نهر الطيب ، ونهر دويريج (خرخيرة) ، و شط الأعمى ، و نهر الكرخة، اما الأنهار في منطقة السليمانية ومنها نهر بتاوة ونهر سوتة احد روافد نهر الزاب الصغير .سليمانية: رافد بناوه سوته أحد روافد نهر الزاب الصغير . وفي محافظة ديالى ، رافد قره تو ، ورافد الوند ، و مجموعة الوديان والمجاري القصيرة في قضاء مندلي ، ونهر كنكير (12).

أولا : الأمن البيئي العراقي ويشمل الأمن البيئي التثقيفي ، و الامن البيئي النووي كالأسلحة والمفاعلات النووية ، و الامن البيئي الهوائي ، والامن البيئي المائي ، فضلا الى الامن البيئي الصحي ، حيث يعد التدهور البيئي سببا ونتيجة في ان واخد للكثير من الصراعات السياسية ، ومنشأ ذلك هو السيطرة على الموارد الطبيعية سواء كانت المتجددة او غير المتجددة ، فضلا الى ذلك هذه الصراعات ستزداد كلما زاد الضغط عليها (17)، ان شحة المياه بدورها تعد تهديدا للامن البيئي من خلال تلوث مياه الشرب وتباين الكائنات الحية العضوية (التنوع البيولوجي) ، شكل (1) يوضح القطاعات المتاثرة في المياه .

شكل (1) القطاعات المتأثرة بالمياه



المصدر :1 وضاح رجاء محسن هنين ، الابعاد الجغرافية السياسية لتحكم تركيا بمياه نهر دجلة وتأثيراته في زراعة الحبوب في العراق ، رسالة ماجستير، كلية الآداب، جامعة الكوفة ، 2024،ص15._

2-Carkoglu, A.; Eder, M. Domestic concerns and the water conflict over the Euphrates-Tigris river basin. Middle East. Stud. 2001, 37, 41–71.

مما تقدم يتضح ان العراق يواجه تحديات خطيرة بسبب تأثير تغير المناخ والتدهور البيئي والتوسع الحضري الهائل ، وهذا بدوره يتطلب برامج شاملة متكاملة مختلفة في كافة المجالات.

2_ التصحر:

التصحر هو تدهور الأراضي في المناطق الجافة وشبه الجافة وشبه الرطبة بسبب عوامل مختلفة منها التغيرات المناخية وشحة المياه والنشاطات البشرية المختلفة، وهو تدهور سريع للأنظمة البيئية، اي عملية هدم وتدمير للطاقة الحيوية للأرض واستنزاف قدراتها الإنتاجية وهذا بحد ذاته مشكلة بيئية خطيرة لا يمكن تجاهلها[18] ، نتيجة سياسة دول الجوار يواجه العراق المشاريع المائية على النهرين، بهدف تطوير منطقة شرقي الاناضول، حيث تسعى تركيا في سياستها المائية ، الى تحقيق جملة أهداف ذات أبعاد اقتصادية، وسياسية ، منها وسيلة ظغط سياسي وحرب سياسية واقتصادية ، من اجل لعب دور فاعل ومؤثر في المنطقة ، أو فيما يسمى بالنظام الدولي الجديد.

_ اثر السياسية المائية على النشاط الاقتصادي في العراق

يعد بناء السدود وتحويل مجاري الأنهار، فضلا الى ضعف الإدارة الداخلية الذي أدى الى انخفاض حاد في الإيرادات المائية في العراق وقد انخفضت الى 50% ، نتيجة السياسة المائية الإقليمية (تركيا وايران) ، هذا بدوره أدى الى انخفاض شديد في مساحة الأراضي المزروعة نتيجة لسياسات دول الإقليمية والظروف المناخية ، مما سبب أزمات اقتصادية عميقة ، وهذا بدوره يهدد الامن القومي الاقتصادي ، حيث تجسد البعد الاقتصادي للصراع على المياه في توجه دول المنبع بإقامة المشروعات المائية لأغراض الري وتوليد الطاقة الكهربائية لكي يتم تصديرها للخارج(14)، ولهذا نرى تركيا انها تتعامل مع قضية المياه بطريق ملتوية بهدف عدم التوصل الى قرار ، بالمقابل فإن العراق حاول الوقوف بوجه تلك السياسية التركية وطالب بحقوقه ، القانونية لمياه دجلة ، ان السياسة المائية التركية تكمن وراءها دوافع سِّياسِّية تتمثل باستخدام المِّياه وسِّيلة ضغط ومساومة لمبادلة المِّياه بالنفط(15) .

_ مظاهر ازمة المياه في العراق

تعد ازمة الياه من ابرز القضايا التي تهدد الامن البيئي والاقتصادي للعراق، حيث ان ملامح الصراع بين العراق وتركيا بدأت عندما قامت إقامة مشاريع مائية تركيا على مياه نهري دجلة ، والفرات دون الاخذ بنظر الاعتبار التداعيات السلبية لكل من العراق وسوريا ، حيث اثر تزايد المشاريع التركية على تدفق المياه من نهري دجلة والفرات والذي بدوره أدى الى نقص حاد في الموارد المائية ، وانعكس ذلك بشكل مباشر على الزراعة التي تعد مصدر رئيسي للاقتصاد العراقي ، فضلا الى ذلك التفاقم ادى الى مشكلة التصحر والجفاف في العديد من المناطق، بالأضافة إلى ذلك ساهمت هذه الأزمة في زيادة التوتر السياسية بين العراق وتركيا مما اصبح يهدد استقرار المنطقة بشكل عام(16).

الجدول (3) الأراضي المتأثرة بالتصحر وتعرية التربة في العراق لعام (2023_2024)

نوع التصحر	الشدة	المساحة المتأثرة (الف دونم)	النسبة
التعرية الريحية	خفيف – متوسط	5.72	3.56
	شديد- شديد جدا	2.61	1.63
التعرية المائية	خفيف- متوسط	18.76	11.68
	شديد- شديد جدا		
تملح التربة	خفيف- متوسط	5.29	3.29
	شديد- شديد جدا	26.72	16.64
تصلب التربة	كلس	67.08	41.77
	جبس	34.40	21.42
الإجمالي		160.59	100.00

Ministry of Planning / Central Statistical Organization / Priority Environment and Sustainable Development Indicators in Iraq for different years.

2_ وضاح رجاء محسن هنين ، الابعاد الجغرافية السياسية لتحكم تركيا بمياه نهر دجلة وتأثيراته في زراعة الحبوب في العراق ، رسالة ماجستير، كلية الآداب، جامعة الكوفة ، 2024،ص15.

مما تقدم يتضح ان نقص المياه في المناطق الجافة وشبه الجافة يؤدي الى خلل في سلسلة العلاقات البيئة ، حيث ان نقص المياه بدوره يؤدي الى تقلص الأراضي الزراعية ، وهذا بدورة أدى الى زيادة مساحة الأراضي المتصحرة ، وهذا ينعكس على الغطاء النباتي وسبب نقص فيه ،وهذا أدى الى عدم تماسك التربة ومن يؤدي الى تعرض التربة للتعرية [20].

2_ انحسار مساحة الأراضي المزروعة وتراجع الغطاء النباتي

أزمة مياه خانقة وتصحرًا متسارعًا يهددان أمنه الغذائي والبيئية حيث انخفضت مناسيب دجلة والفرات بنسبة 4%_ 30% فضلا الى تغيير المناخ وسوء الإدارة انعكس على الأراضي حيث تعرضت للتصحر نسبية كبيرة منها 54% وهذا ينعكس على النشاط الاقتصادى فضلا الى هجرة اعداد كبيرة من السكان للمناطق التي تعرضت للتصحر، ان انخفاض المساحات الصالحة للزراعة تؤدي إلى تقليل الكثير من الأيدي العاملة وتزيد من الهجرة إلى المدينة وان إعادة استصلاح هذه الأراضي تتطلب تكاليف عالية، فضلاً عن انخفاض إنتاجية الأراضي التي كانت صالحة للإنتاج النباتي والحيواني، فالتصحر يحصل نتيجة عدة أسباب منها طبيعية كالمناخ والمتمثلة بقلة سقوط الامطار وارتفاع معدلات التبخر وتذبذب الامطار من سنة الى أخرى ، فضلوا الى ذلك هناك أسباب بشرية منها ، النمو السكاني المتزايد ، والرعي الجائر ، والأساليب الخاطئة في الزراعة ، وبهذا يتكون التصحر بحث يكون على أنواع منها[19] (تصحر طفيف ، وتصحر معتدل ، وتصحر ، شديد ، وتصحر شديد جدا) ، جدول (2) يوضح اعداد السكان في العراق .

الجدول (2) تطور أعداد السكان في العراق ومعدل نموهم للمدة (1997م– 2023م)

السنوات	عدد السكان	نسبة النمو %
1997	22026244	3.04
2007	29682081	3.02
2017	37139519	2.26
2023	43324000	2.49

المصدر : اعتماداً في: وزارة التخطيط، الجهاز المركزي للإحصاء، المجموعة الإحصائية السنوية (1997، 2007م ، 2017م، 2023م)

حيث يعد الزحف الصحراوي إحدى أهم المؤشرات في درجة وطبيعة جودة الموارد الأرضية والتي بدورها تؤثر في أهم مورد اقتصادي وأساسي للتنمية الزراعية المستدامة وهي الأراضي الزراعية لكون العراق يقع ضمن المنطقة الجافة وشبه الجافة وان آثارها السلبية الناتجة عن شحة المياه بالدرجة الأساس تتعدى الآثار البيئية إلى آثار اجتماعية وصحية واقتصادية ذلك ، والجدول (3) يبين نسبة وشدة الأراضي المتأثرة بتعرية التربة والتصحر لعام 2023م.

(2,5) مليار متر مكعب ، بين عام 2007_ 2016 ، الامر الذي أدى الى انخفاض المساحة المزروعة الى جانب العوامل الطبيعية والبشرية الأخرى ، حيث ان انخفاض المساحة المزروعة أدى الى انخفاض الإنتاج الزراعي وتناقص الغذاء [22]وفي عام 2017م نرى هناك زيادة واضحة في مساحة الأراضي المتغدقة والمتملحة، والتي ارتفعت بها مساحة الأراضي المتدهورة بسبب التملح والتغدق بنسبة زيادة قدرها (68.16%) ، والتي قدرت بـ(6.04%) من المساحة الكلية للعراق التي كانت عام 2011م تشكل (5.08%) من المساحة الكلية للعراق ، حيث ان هذا الفارق بين النسبتين يدل على الإهمال الواضح لتدهور الأراضي من قبل الجانب الحكومي ، فضلاً عن سوء استخدام الموارد الطبيعية من قبل المنتج الزراعي ولاسيما المياه ، ثم اخذت النسبة بالتزايد التدريجي إلى إنّ وصلت إلى (7.0%) من مساحة العراق في منطقة الدراسة عام (2022م) . جدول (5) [23]

الجدول (5)مساحة الأراضي الصحراوية والمهددة بالتصحر والأراضي المتملحة والمتغدقة حسب محافظات العراق 2022م

المحافظات	الأراضي المتصحرة	النسبة %	الأراضي المهددة بالتصحر	النسبة %	الأراضي المتغدقة والمتملحة	النسبة %
نينوى	2.293.220	9	4037640	4.3	-	-
كركوك	11.725	0	661980	0.7	-	-
ديالى	657.476	2	1659030	1.8	103204	0.7
بغداد	.99387	0	414612	0.4	-	-
واسط	1.106.680	4	2093360	2.2	269713	1.9
صلاح الدين	929.360	3	4782240	5.1	585488	4.3
ميسان	1.439.960	5	2413940	2.6	1162620	8.6
البصرة	3.348.780	13	2720310	2.9	626952	6

تعد الزراعة في مقدمة العوامل الاقتصادية وجزءا مهما من أجزاء الامن الاقتصادي ، وهي عنصر أساس في تحقيق الامن الغذائي وهذا بدوره له تأثير مباشر على الامن الوطني ، حيث يرتبط الى حد بعيد بتحقيق الامن المائي ، ومدى توفر المياه بشكل يتناسب مع زيادة الطلب على المياه [21]، وتشير الاحصائيات ان العراق يحتاج كمتوسط إلى (60) م^2 من المياه سنويا لكافة المجالات الزراعية والحياتية اليومية أمّا تأثير التغيرات المناخية المتمثلة بارتفاع درجة الحرارة وانحسار الأمطار فهذه عوامل تؤدي أيضاً نقص المياه في العراق . والجدول (4) يبين احتياجات العراق للمياه

الجدول (4)الاحتياجات المائية الحالية والمستقبلية للعراق من نهر دجلة(م3 / سنويا) للمدة (1985م-2030م)

المؤشرات / السنة	1985	2000	2030
الحاجات الحالية والاستقطاعات المستقبلية باعتبار نسبة زيادة السكان طبيعية منزلية صناعية زراعية	0.85 0.17 40.00	1.83 0.50 45.00	7.28 2.91 64.20
المجموع	41.02	47.33	74.39

المصدر/ أحمد عمر الراوي ، دراسات في الاقتصاد العراقي بعد عام 2003 م ، مركز المستنصرية للدراسات العربية والدولية ، الجامعة المستنصرية ، 2020 م ،ص117.

وان سوء استخدام وهدر المياه يأتي سببا رئيسيا لدى الفرد العراقي فهو يحتاج إلى ارشاد وتوعية عن طريق إدارة هذه المياه والوسائل المتاحة منها وسائل التواصل الاجتماعي لغرض التوعية والترشيد في استخدام هذا المورد المائي المهم ، ونتيجة تناقص المياه في العراق نرى تناقص مستمر في المساحات المزروعة ، اذ قدرت اكبر مساحة مزروعة في عام (2007) بحوالي(27,919,000) دونم بالمقارنة مع كمية الايراد المائي لنفس السنة فقد كان (56، 80) مليار متر مكعب ، اما ادنى مساحة مزروعة فكانت في عام 2016 ، اذ قدرت (13,215,000) دونم مع كمية من الايراد المائي لنفس العام قدرت (54,75) مليار متر مكعب ، وهذه الكمية اقل بحدود

التعهدات والمواثيق الدولية وبحضور كافة الدول المتشاطئة مع مراعاة مصالح الدول ومنع دول المنبع من التحكم بالمياه .

3_ يعاني العراق من مشكلة الموارد المائية والتي لابد من جعلها أحد الاقطاب الرئيسية في المؤتمرات الاقتصادية والسياسية سواء كانت على المستوى المحلي أو الاقليمي أو الدولي لما لها من اثار سياسية واقتصادية واجتماعية .

المراجع

[1] السامرائي، محمد احمد ، مشكلة المياه في الشرق الأوسط ،ط 1،عمان ،الأردن ، 2014،ص31.

[2] التميمي ،عبد المالك خلف ، المياه العربية-التحدي والاستجابة، مركز دراسات الوحدة العربية ، بيروت لبنان ،١٩٩٩ ص ،١٠٤ .

[3] الشمري ،احمد جاسم ابراهيم ، سياسة تركيا المائية وانعكاساتها في دول الجوار الاقليمي العربي (سوريا – العراق) ، مجلة مركز بابل للدراسات الانسانية ، ، المجلد 10 /العدد 2 ، 2020م، ص50 .

[4] هنين ، وضاح رجاء محسن ، الابعاد الجعرافية السياسية لتجكم بمياه نهر دجلة وتاثيراته في زراعة الحبوب في العراق ، رسالة ماجستير مقدمة الى كلية الاداب ،جامعة الكوفة ، غير منشورة ، 2024، ص67.

[5] راضي ،مروة علوان ، اثر ازمة المياه على العلاقات العراقية التركية ، مجلة كلية دجلة الجامعة ، المجلد 7،ع 2، 2024، ص82.

[6] ملاط ، جي . الن وشيلي : المياه في الشرق الأوسط . ترجمة محمد أسامة القوتلي ، منشورات وزارة الثقافة ، سوريا ، 1997، ص 315.

[7] الأنهار في المناطق الحدودية في ديالى وخانقين الى داخل ايران.[ازمة نقص المياه في العراق: مخاطرها، مظاهرها، وآليات https://www.mirs.co/AR/details.aspx?jimare=109

[8] 8هنين ، وضاح رجاء محسن ، الابعاد الجعرافية السياسية لتجكم بمياه نهر دجلة

المصدر: 1_ \وزارة التخطيط، الجهاز المركزي للإحصاء، قسم احصاءات البيئة،2017م ، ص106.

2_ وضاح رجاء محسن هنين ، الابعاد الجغرافية السياسية لتحكم تركيا بمياه نهر دجلة وتأثيراته في زراعة الحبوب في العراق ، رسالة ماجستير، كلية الآداب، جامعة الكوفة ، 2024،ص132.

مما تقدم يتضح ان العراق مقبل في حرب مياه محتملة وذلك نتيجة لوقوع منابع المياه خارج أراضي العراق ، مما يتيح لدول المنبع التحكم في مصادر المياه وبما يتوافق مع مصالحها الاقتصادية والسياسية، حيث ان وقوع منابع دجلة في الأراضي التركية ، يمنح تركيا موقعاً متميزاً، في تسخير سياستها المائية في الضغط في دولة العراق، حيث وجدت في استغلال مياه النهرين ذريعة للمقايضة بالنفط مع جيرانها، فضلا الى ذلك و بسبب السياسة التركية المائية اتجاه نهر دجلة للضغط في العراق وبالتالي يكون استيراد محصول القمح من تركيا امر محتوم علينا.

الاستنتاجات

1_ ان الصراع الجغرافي السياسي بين الدول (تركيا، سوريا، ايران ، العراق)، فتركيا تتطلع للقيام بدور إقليمي فاعل عن طريق استخدام عناصر القوة المتاحة للقرار التركي ولاسيما عنصر المياه في تدعيم دورها الإقليمي فضلاً عن المزايا الاقتصادية التي ستؤمن لها مواجهة مشكلاًتها الاقتصادية.

2_ ان الأسباب الكامنة لنزاع المياه في نهر دجلة لها عدة ابعاد منها : البعد الجغرافي السياسي وثانيهما البعد التاريخي .

3_ للسياسة المائية التركية اثار في انخفاض نسبة المياه الوارد والذي بدوره أدى الى نقص حاد في الموارد المائية ، وهذا ينعكس في رغبة تركيا السيطرة على الامن الغذائي لمنطقة الشرق الأوسط.

المقترحات

1_ ضرورة التنسيق والتعاون واقامة علاقات متينة وثيقة مع دول المنبع وتفعيل التعاون الدولي للحد من نقص المياه .

2_ ارسال وفد حكومي عراقي رفيع المستوى من الوزرات (الخارجية ، والتخطيط ، والموارد المائية ، والزراعة) وان يكون بعلم الأمم المتحدة والمجتمع الدولي لغرض تطبيق القوانيين والأنظمة الدولية من اجل ضمان حصة كل دولة من المياه ، ومن اجل

وافاقها المستقبلية ، قضايا سياسية ، العدد 80 ، تاريخ النشر 2025 ،ص 64 .

[19] سلّمان ، محمد محمود، الجغرافية والبيئة ، الطبعة الثانية الهيئة العمة السورية للكتاب ، وزارة الثقافة، دمشق2007، ،، ص174_179.

[20] عبد ، سلام سالم ، السياسة المائية التركية واثرها في الامن الغذائي في العراق، كلية الآداب ، جامعة القادسية، ، 2015م ، ص 290.

[21] الطائي، كمال عبد كشمير ا ، ازمة المياه واثرها في الامن الاقتصادي العراقي (دراسة في الجيوبولتيك) ، رسالة ماجستير ، جامعة كربلاء، كلية التربية للعلوم الإنسانية ، 2020،ص118.

[22] القصاص ، محمد عبد الفتاح ، التصحر ، ط1، المجلس الوطني للثقافة والفنون والادب ، الكويت ، 1999،ص49.

[23] خير الله ، خليل، الصراع على المياه في الشرق الأوسط ، ط 1 ، المركز العربي للبحوث القانونية والقضائية ، بيروت ،2016، ص77.

[24] الطائي، كمال عبد كشمير ا ، ازمة المياه واثرها في الامن الاقتصادي العراقي (دراسة في الجيوبولتيك) ، رسالة ماجستير ، جامعة كربلاء، كلية التربية للعلوم الإنسانية،ص134.

وتاثيراته في زراعة الحبوب في العراق ، رسالة ماجستير مقدمة الى كلية الاداب ،جامعة الكوفة ، غير منشورة ، 2024،ص147.

[9] الأمن المائي في العراق في خطر، وإقليم كردستان يبني السدود،

[10] مركز الدراسات الاستتراتيجية ، https://rawabetcenter.com/

[11] السياسات المائية في حوض نهري دجلة والفرات مايو 2023، أشرف شيبان، https://arabcenterdc.org/resource/water-politics-in-the-tigris-euphrates-basin/

[12] الانترنت العراق يعطش بعد ان سدت ايران وتركيا مصادر المياه عنه 17 حزيران ، 2022، http// Daraj.com/93031/

[13] الحجيمي ،خالد جاسم ،سياسة ايران المائية اتجاه العراق وانعكاساتها على النشاط الاقتصادي دراسة في الجغرافية السياسية ، بحث منشور ، مركز دراسات الكوفة ،ع 63، 2021، ص546

[14] أحمد، بيداء محمود الحدود العراقية الإيرانية (دراسة تأريخية - سياسية) ، مجلة مركز دراسات وبحوث الوطن العربي، العدد (20) ، ص98-99.)

[15] أبو صالح ، جنا ،الموارد المائية المشتركة العراقية مع ايران في ضوء اتفاقية الأمم المتحدة في الاستخدامات غير الملاحية 1997، المؤتمر العلمي الثالث ، مجلة الجامعة العراقية ، ع 2/17، ص280.

[16] حداد ، حامد عبيد ، دور تركيا في أزمة المياه في الشرق الأوسط، سلسلة دراسات استراتيجية، العدد (117)، مركز الدراسات الدولية، جامعة بغداد، 2011، ص25.

[17] الدوري ، عبد الغني محمد عبد العزيز، السِّياسة المائية التركِّية وأثرها على ألأمن القومِّي العربي ، رسالة ماجستِّير غير منشورة ، كلِّية العلوم السِّياسِّية، الجامعة المستنصرِّية ،2004 ص 135.

[18] رفعت ، عباس سعدون ، مقالة بعنوان سياسة تركيا تجاه العراق منذ العام 2011

Iraq's water security: between the challenges of neighboring countries and regional policies

Taghreed Ramez Hashem Al-Adhari
firstl@uomosul.edu.iq

Department of Geography, College of Education for women, University of Kufa, Najaf, Iraq

ABSTRACT

Water is one of the blessings that God has bestowed upon humankind, and it is an essential element for the continuation of life. Life cannot exist or continue without water, in addition to its role in building civilizations. Often, transboundary water causes tensions between the societies that share it. The Tigris and Euphrates river basin is one of the most important water basins and is considered one of the most important causes of conflict. This is due to the complexity of the problem and Iran's water policy, which has involved reducing the water levels reaching Iraq in order to extend its political and economic influence. Turkey also seeks to exploit this resource to secure its economic and political interests at the expense of the interests of other basin countries. Many indicators confirm that future wars will be wars over water. If the twentieth century was the century of oil, then the twenty-first century is the century of water. Iraq faces great challenges due to the water crisis, which has negatively affected the nature of economic activity. Consequently, the effects of pollution are clearly visible in the water through the release of quantities of sewage and chemical waste from Iranian factories and plants into Iraq. In addition, the rise of the saltwater intrusion in the Shatt al-Arab waterway has negatively affected marine and terrestrial life).

Keywords:

Security,Challenges,Water

نمذجة ديناميكيات نسبة الغطاء السحابي وعلاقاتها الهيدرولوجية في جنوب غرب إيران بالاعتماد على بيانات الاستشعار عن بُعد متعددة المصادر وتقنيات الذكاء الاصطناعي الجغرافي(GeoAI)

محمد شاكر حميد الدليمي [1]، هادي فدايي[2]،
bmw.gmc10@gmail,com second2@uomosul.edu.
[1] طالب ماجستير، جامعة الأمين، طهران، إيران.
[2] الباحث المسؤول للمراسلة، عضو هيئة تدريس، جامعة الأمين، طهران، إيران.

الملخص

تبحث هذه الدراسة في الديناميكيات المكانية والزمانية لنسبة الغطاء السحابي *(CF)* في محافظة خوزستان والمنحدرات الغربية لجبال زاغروس خلال المدة (2015–2025)، وذلك باستخدام إطار متكامل للذكاء الاصطناعي الجغرافي *(GeoAI)*. ومن خلال دمج بيانات محطات الأرصاد الجوية الأرضية من 22 محطة سينوبتية مع بيانات *Landsat 8/9* و*Sentinel-2* والبيانات الطبوغرافية *(NASADEM)* ضمن بيئة *Google Earth Engine (GEE)*، جرى تطوير نموذج انحدار الغابة العشوائية *(Random Forest - RF)* لقياس وفرة السحب وتحديد أهم العوامل الهيدرومناخية المؤثرة فيها.

حقق النموذج المعتمد على بيانات المحطات أداءً تنبؤياً قوياً، حيث بلغ معامل التحديد *(R^2)* نحو 0.797، وجذر متوسط مربع الخطأ *(RMSE)* نحو 0.557 أوكتا، ومتوسط الخطأ المطلق *(MAE)* نحو 0.390 أوكتا، ومعامل ارتباط بيرسون *(R)* نحو 0.893 *($p < 0.0001$)* ، وقد تأكدت هذه النتائج من خلال التحقق المتقاطع خماسي الطيات، إذ بلغ *($CV\ R^2 = 0.801 \pm 0.007$)*.

وأظهر تحليل أهمية المتغيرات أن إجمالي الهطول المطري يُعد العامل الأكثر تأثيراً بنسبة 75.9%، يليه درجة حرارة السطح بنسبة 9.6%، ثم العامل الموسمي بنسبة 6.5%. كما بين التحليل الموسمي وجود دورة سنوية واضحة، حيث سُجلت أعلى قيم الغطاء السحابي خلال الشتاء وبداية الربيع (يناير–مارس: نحو 32–33%)، في حين سُجلت أدنى القيم خلال فصل الصيف (يونيو–سبتمبر: نحو 2–6%).

وكشف تحليل الاتجاه باستخدام اختبار مان–كندال عن اتجاه تناقصي طفيف بلغ *-0.295%* سنوياً وفقاً لمنحدر سن *(Sen's Slope)*، إلا أن هذا الاتجاه لم يكن ذا دلالة إحصائية خلال فترة الدراسة البالغة 11 عاماً *($p = 0.276$)*. كما أكد التوزيع المكاني لنسبة الغطاء السحابي المستخلص من البيانات الفضائية وجود تأثير أوروجرافي قوي، إذ تزداد وفرة السحب بصورة ملحوظة فوق المنحدرات الشمالية الشرقية لجبال زاغروس.

توفر هذه النتائج إطاراً موثقاً للذكاء الاصطناعي الجغرافي لرصد موارد السحب والمياه في المناطق الجبلية شبه الجافة، كما تقدم خط أساس موثوقاً لأغراض الرصد الهيدرومناخي المستقبلي وإدارة الموارد المائية.

الكلمات المفتاحية: نسبة الغطاء السحابي؛ الذكاء الاصطناعي الجغرافي*(GeoAI)* ؛ الغابة العشوائية؛ محافظة خوزستان؛ اختبار مان–كندال؛ الرفع الأوروجرافي؛ *Google Earth Engine*.

ومن خلال تحليل العقد الزمني 2015–2025، تهدف هذه الدراسة إلى: (1) تطوير نموذج عالي الدقة قائم على الذكاء الاصطناعي الجغرافي للتنبؤ بنسبة الغطاء السحابي والتحقق من صحته بالاعتماد على الرصدات المستندة إلى المحطات؛ (2) تحديد العوامل الهيدرومناخية الرئيسة المؤثرة في وفرة السحب من خلال تحليل أهمية المتغيرات؛ (3) توصيف التباين الموسمي والسنوي لنسبة الغطاء السحابي باستخدام تحليل الاتجاه باختبار مان–كندال؛ و(4) دراسة العلاقة الهيدرومناخية بين نسبة الغطاء السحابي المقدَّرة والنماذج التراكمية للهطول المطري. وتمثل هذه النتائج أهمية كبيرة في التنبؤ بتوافر الموارد المائية مستقبلاً في منطقة تتزايد قابليتها للتأثر بظاهرة الجفاف الناتجة عن تغير المناخ.

2-منطقة الدراسة تشمل منطقة الدراسة محافظة خوزستان والمنحدرات الغربية المجاورة لجبال زاغروس في جنوب غرب إيران، وتمتد بين دائرتي العرض 29.57 – 33.00 شمالا وخطي الطول 47.40 – 50.39 شرقاً (الخارطة1). وتتميز هذه المنطقة بتدرج طبوغرافي كبير، يمتد من السهول الساحلية المنخفضة القريبة من مستوى سطح البحر في الجنوب إلى القمم الجبلية الوعرة التي يتجاوز ارتفاعها 3900 متر في الشمال والشمال الشرقي.

2.1النظام المناخي والتعقيد الأوروجرافي

تتدرج الخصائص المناخية للمنطقة من مناخ صحراوي جاف إلى شبه جاف في الأراضي المنخفضة، إلى مناخ متوسطي–جبلي في المناطق المرتفعة. ويتسم الهطول المطري بتباين كبير، إذ يقل عن 150 ملم سنوياً في سهول خوزستان الجنوبية، بينما يتجاوز 800 ملم على المنحدرات المواجهة للرياح في جبال زاغروس. ويخضع مناخ المنطقة لتأثير المنخفضات الجوية المتوسطية والسودانية خلال الفصل البارد، حيث تتفاعل هذه الأنظمة مع كتلة جبال زاغروس لتوليد تشكل كثيف للسحب الأوروجرافية. ويمثل هذا التعقيد التضاريسي تحدياً مهماً لعمليات النمذجة، إذ تؤدي الانحدارات الشديدة إلى ظهور تباينات مناخية محلية وتأثيرات ظل المطر، وهي ظواهر غالباً ما لا تمثلها النماذج المناخية العالمية منخفضة الدقة بشكل كافٍ.

2.2شبكة المحطات الأرضية لضمان تدريب النموذج والتحقق من صحته بصورة موثوقة، استُخدمت بيانات المقدمةتلعب نسبة الغطاء السحابي (CF) دوراً أساسياً في ميزانية الإشعاع الأرضية والدورة الهيدرولوجية، إذ تُعد من أهم العوامل المنظمة لتوزيع الطاقة الشمسية والرطوبة الجوية (Liu et al., 2023). وفي المناطق شبه الجافة مثل جنوب غرب إيران، ولا سيما محافظة خوزستان والمنحدرات الغربية لجبال زاغروس، تتأثر ديناميكيات السحب بدرجة كبيرة

بآليات الرفع الأوروجرافي المعقدة ونقل الرطوبة من الخليج. ويُعد فهم هذه الديناميكيات أمراً ضرورياً لإدارة الموارد المائية، إلا أن الرصدات الجوية التقليدية غالباً ما تفتقر إلى الكثافة المكانية اللازمة لتمثيل التباين الكبير في الغطاء السحابي عبر التضاريس الوعرة (Rashidi et al., 2024). وقد أحدثت التطورات الحديثة في الحوسبة السحابية والذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) تحولاً جوهرياً في عمليات الرصد على المستوى الإقليمي. إذ توفر منصات مثل Google Earth Engine (GEE) إمكانية غير مسبوقة للوصول إلى بيانات الأقمار الصناعية متعددة المصادر، بما في ذلك Landsat 8/9 وSentinel-2، مما يتيح اشتقاق مؤشرات نسبة الغطاء السحابي بدقة مكانية وزمنية عالية. ومع ذلك، لا تزال هناك فجوة بحثية واضحة تتمثل في دمج التعقيد الطبوغرافي ومؤشرات الغطاء النباتي والمتغيرات الهيدرومناخية ضمن أطر التعلم الآلي المصممة خصيصاً للمناطق شبه الجافة المعقدة طبوغرافياً والفقيرة بالبيانات (Heydari et al., 2025).

وتتمثل المساهمة العلمية الرئيسة لهذه الدراسة في تطوير نموذج انحدار محلي للغابة العشوائية (Random Forest - RF) تم تدريبه باستخدام قياسات أرضية مأخوذة من 22 محطة أرصاد جوية سينوبتية في محافظة خوزستان خلال المدة 2015–2025. وعلى خلاف الأساليب التقليدية المعتمدة على العتبات أو بيانات إعادة التحليل منخفضة الدقة المكانية، يتيح إطار الذكاء الاصطناعي الجغرافي هذا تمثيل العلاقات غير الخطية بين الهطول المطري ودرجة الحرارة والرطوبة ووفرة السحب. كما تعالج هذه الدراسة بصورة منهجية مشكلة عدم توافق المقاييس المكانية، وذلك من خلال تدريب النموذج والتحقق من صحته اعتماداً حصراً على بيانات الرصد الأرضي المتسقة فيزيائياً، مع استخدام المتغيرات المستخرجة من البيانات الفضائية لإنتاج خرائط تنبؤية مستمرة مكانياً

أما الفئة الثانية فتمثلت في البيانات المستخرجة من الأقمار الصناعية ضمن بيئة Google Earth Engine (GEE)، وشملت بيانات الانعكاس السطحي Landsat 8/9 Collection 2 Level-2، وبيانات Sentinel-2 Level-2Aلاشتقاق المؤشرات الطيفية(NDVI) ، وبيانات NASADEMبدقة مكانية 30 متراً لاستخراج المعلمات الطبوغرافية (الارتفاع والانحدار والاتجاه)، وبيانات ERA5-Landالخاصة بمنتجات إعادة التحليل الجوي، إضافة إلى بيانات CHIRPS للتحقق من بيانات الهطول المطري.كما جرى توليد 5000 نقطة معاينة عشوائية طبقية باستخدام Google Earth Engine لاستخراج المعلمات الفضائية متعددة المصادر عبر منطقة الدراسة.الجدول 1: مصادر البيانات والمواصفات المستخدمة في هذه الدراسة

مصدر البيانات	النوع	الدقة	التطبيق
22 محطة رصد	الرصدات الأرضية	Point-based	تدريب النماذج والتحقق (الغيوم، هطول الأمطار، درجة الحرارة)
Landsat 8/9 (NASA)	متعدد الاطياف	30 m	ضمان الجودة لقناع السحاب، اشتقاق NDVI، مؤشرات الطيف
Sentinel-2 (ESA)	متعدد الاطياف	10–30 m	تعزيز التغطية الطيفية للنمذجة المكانية
NASADEM (NASA)	طبوغرافي-نموذج الارتفاع الرقمي	30 m	اشتقاق الارتفاع والانحدار والاتجاه
ERA5-Land (ECMWF)	إعادة التحليل	9 km	رطوبة التربة، درجة حرارة نقطة الندى، ومركبات الرياح
CHIRPS	الهطول	5.5 km	التحقق المكاني من بيانات الهطول المطري

المصدر: اعداد الباحث

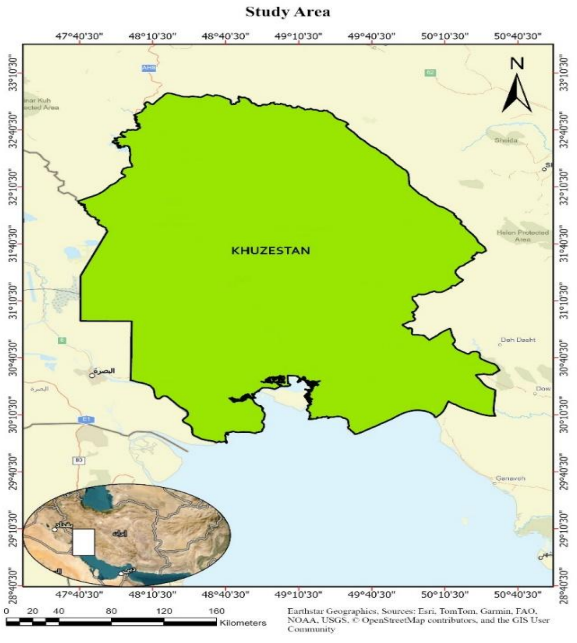
3.2 المعالجة المسبقة للبيانات وضبط الجودة

تم تحويل بيانات الغطاء السحابي المستمدة من المحطات الأرضية (المقاسة بوحدة الأوكتا على مقياس 0–8) إلى نسبة مئوية للغطاء السحابي (CF%) باستخدام المعادلة:

$$CF\% = (okta / 8) \times 100$$

مما أتاح إمكانية المقارنة المباشرة مع المؤشرات المعيارية. وقد أزالت إجراءات ضبط الجودة 127 سجلاً غير صحيح (قيم خارج النطاق المسموح به 0–8 أوكتا)، وهو ما يمثل أقل من 1.5% من إجمالي مجموعة البيانات. وبعد تصفية فترة الدراسة (2015–2025) واستبعاد السجلات التي تحتوي على قيم مفقودة 22 محطة أرصاد جوية سينوبتية موزعة في منطقة الدراسة، تغطي الفترة 1951–2025. أما في تحليل الذكاء الاصطناعي الجغرافي(GeoAI) ، فقد ركزت الدراسة على المدة 2015–2025، والتي تضمنت 2656 سجلاً شهرياً بعد إجراءات ضبط الجودة. وقد جرى اختيار المحطات استناداً إلى ثلاثة معايير رئيسة: (1) سلامة البيانات طويلة الأمد وتوافر سجلات مستمرة مناسبة لاكتشاف الاتجاهات؛ (2) التمثيل الارتفاعي الذي يغطي كامل التدرج الطبوغرافي من الأراضي الساحلية المنخفضة إلى سفوح جبال زاغروس؛ و(3) التنوع المناخي الذي يعكس الانتقال من الرطوبة المتأثرة بالبيئة البحرية إلى الجفاف القاري–الجبلي. ومن أبرز المحطات المستخدمة: عبادان، الأهواز، بندر ماهشهر، هنديجان، صفي آباد–دزفول، ومسجد سليمان.

الخريطة (1): موقع منطقة الدراسة — محافظة خوزستان، جنوب غرب إيران.



المصدر: اعداد الباحث بالاعتماد على برنامج ArcGIS Pro 3.5

3. الادوات والطرق

3.1مصادر البيانات اعتمدت الدراسة على فئتين متكاملتين من البيانات. تمثلت الفئة الأولى في الرصدات الأرضية المستمدة من 22 محطة أرصاد جوية سينوبتية، والتي وفرت سجلات شهرية للغطاء السحابي (مقاساً بوحدة الأوكتا على مقياس من 0 إلى 8)، وإجمالي الهطول المطري، ومتوسط درجة الحرارة، والرطوبة النسبية، ودرجة حرارة نقطة الندى، وسرعة الرياح خلال المدة 2015–2025.

وللكشف عن التحولات الهيدرومناخية طويلة الأمد في نسبة الغطاء السحابي(CF) ، تم تطبيق اختبار مان–كندال اللامعلمي ومقدر منحدر سن (Sen's Slope) على السلسلة الزمنية السنوية لنسبة الغطاء السحابي (CF%)للفترة 2015–2025، مع اعتماد مستوى دلالة إحصائية مقداره $p < 0.05$. كما تم قياس العلاقة الهيدرومناخية بين نسبة الغطاء السحابي السنوية وإجمالي الهطول المطري باستخدام معامل ارتباط بيرسون وتحليل الانحدار الخطي.

4. النتائج أداء النموذج ودقة التحققأظهر نموذج الغابة العشوائية قدرة تنبؤية قوية عبر جميع مقاييس التقييم (الجدول 2، الشكل 1). وحقق النموذج معامل تحديد (R^2) بلغ 0.797، مما يشير إلى أن 79.7% من التباين في الغطاء السحابي يمكن

تفسيره بواسطة المتغيرات الهيدرومناخية المختارة. كما بلغ جذر متوسط مربع الخطأ (RMSE) قيمة 0.557 أوكتا، وبلغ متوسط الخطأ المطلق (MAE) قيمة 0.390 أوكتا، مما يؤكد دقة تنبؤية عالية مقارنة بمقياس القياس (0–8 أوكتا). وأظهر معامل ارتباط بيرسون (R) = 0.893، ($p < 0.0001$)وجود علاقة خطية موجبة قوية بين القيم المرصودة والقيم المتوقعة.

تم تأكيد استقرار النموذج من خلال التحقق المتقاطع خماسي الطيات(5-Fold Cross-Validation) ، حيث بلغ متوسط معامل التحديد ($CV\ R^2$) قيمة 0.801 ± 0.007، مما يدل على حد أدنى من فرط التكيّف وقدرة عالية على التعميم عبر المقاطع الزمنية المختلفة للبيانات. كما يؤكد الانحراف المعياري الضيق (±0.007) متانة البنية النموذجية (الشكل 1)الجدول (2): ملخص مقاييس أداء نموذج الغابة العشوائية للذكاء الاصطناعي الجغرافي(GeoAI)

في المتغيرات الرئيسة، تم الاحتفاظ بـ 2656 سجلاً شهرياً من 22 محطة لاستخدامها في التحليل.

أما بيانات قناع السحب المستخرجة من الأقمار الصناعية (Landsat QA_PIXEL bitmask)، فقد جرى فك ترميزها باستخدام العمليات الثنائية (Bitwise Operations)لتحديد البكسلات المتأثرة بالسحب، حيث تمثل البتات 1 و3 و4 على التوالي السحب الموسعة (Dilated Cloud) والسحب وظلال السحب. وتم حساب قيم ثنائية لوجود السحب لكل نقطة معاينة، ثم تجميعها لاشتقاق تقديرات مكانية لنسبة الغطاء السحابي في منطقة الدراسة.

3.3إطار انحدار الغابة العشوائية تم تطبيق نموذج انحدار الغابة العشوائية (Random Forest - RF) بوصفه النموذج الرئيس للذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI)، نظراً لما يتمتع به من قدرة عالية على التعامل مع البيانات البيئية عالية الأبعاد وغير الخطية، فضلاً عن مقاومته الذاتية لفرط

التكيف من خلال آلية التجميع. وقد دُرب النموذج المعتمد على بيانات المحطات باستخدام قيم الغطاء السحابي الشهرية (أوكتا) بوصفها المتغير الهدف، مع ستة متغيرات تنبؤية هي: إجمالي الهطول المطري، ومتوسط درجة الحرارة، والرطوبة النسبية، وسرعة الرياح، ودرجة حرارة نقطة الندى، والشهر (كمؤشر على الموسمية). وتم إعداد النموذج باستخدام:

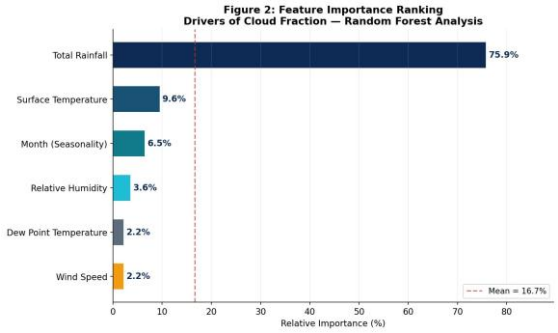
- n_estimators = 500شجرة قرار.
- max_depth = 10 .
- min_samples_leaf = 5 .

وذلك لضمان استقرار ترتيب أهمية المتغيرات. كما تم اعتماد تقسيم البيانات بنسبة 20/80 للتدريب والاختبار (random_state = 42) للتحقق المستقل من أداء النموذج، مع تطبيق التحقق المتقاطع خماسي الطيات-5) Fold Cross-Validation)لتقييم قابلية تعميم النموذج.

3.4التقييم الإحصائي تم تقييم دقة النموذج باستخدام معامل التحديد(R^2) ، وجذر متوسط مربع الخطأ (RMSE)، ومتوسط الخطأ المطلق(MAE) ، ومعامل ارتباط بيرسون.(R)

لتشكل السحب خلال فترات التسخين الشديد في فصل الصيف على سهول خوزستان. وساهم متغير الشهر (كمؤشر على الموسمية) بنسبة 6.5%، مما يعكس الدورة السنوية الواضحة المرتبطة بالأنظمة الجبهية المتوسطية.أما الرطوبة النسبية (3.6%) ودرجة حرارة نقطة الندى (2.2%) وسرعة الرياح (2.2%) فقد ساهمت مجتمعة بنسبة 12.0%، وتمثل هذه المتغيرات ديناميكيات الرطوبة في طبقة الحدود الجوية المحلية.

الشكل (2): ترتيب أهمية المتغيرات.



المصدر : اعداد الباحث بواسطة Python في برامج Colab

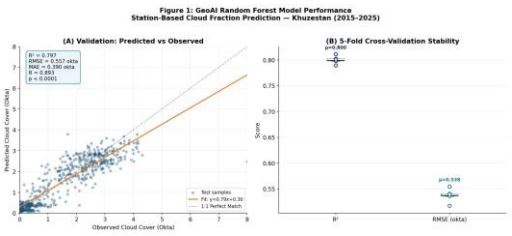
يوضح المساهمة النسبية (%) لكل متغير هيدروماخي في القدرة التنبؤية لنموذج الغابة العشوائية. ويُظهر إجمالي الهطول المطري الهيمنة الواضحة بنسبة 75.9%، مما يؤكد التزامن السينوبتيكي بين الغطاء السحابي والهطول المطري في منطقة الدراسة.

4.3الديناميكيات الزمنية وتحليل الاتجاه

أظهر تحليل السلسلة الزمنية الشهرية لنسبة الغطاء السحابي وجود دورة سنوية واضحة تتوافق مع المناخ السينوبتيكي الإقليمي) الشكل 3 .(Aحيث سُجلت أعلى قيم الغطاء السحابي خلال فصل الشتاء وبداية الربيع (يناير–مارس: متوسط 31–33%)، ويُعزى ذلك إلى تأثير الأنظمة الجبهية المتوسطية والعربية التي تنقل الرطوبة نحو الحاجز الأوروجرافي لجبال زاغروس. في المقابل، سادت القيم الدنيا خلال فصل الصيف (يونيو–سبتمبر: متوسط 2–6%) نتيجة هبوط الهواء المستمر تحت تأثير نظام الضغط المرتفع شبه المداري.كما أظهرت التغيرات بين السنوات تذبذباً متوسط الشدة، مع تسجيل قيم قصوى ملحوظة في عامي 2015 (23.7%) و2023 (21.9%)، وقيم دنيا في عامي

المقياس	القيمة	التفسير
R² (مجموعة الاختبار)	0.797	يفسر 79.7% من التباين
RMSE (مجموعة الاختبار)	0.557 okta	دقة مكانية عالية على مقياس 0–8
MAE (مجموعة الاختبار)	0.390 okta	متوسط خطأ تنبؤ أقل من 0.4 أوكتا
معامل ارتباط بيرسون(R)	0.893	ارتباط موجب قوي
قيمةp	p < 0.0001	دلالة إحصائية عالية جداً (ثقة >99.99%)
CV R² (5 طيات)	0.801 ± 0.007	تعميم مستقر مع حد أدنى من فرط التكيّف
n_estimators	500	تجميع مكون من 500 شجرة قرار
max_depth	10	التحكم في تعقيد النموذج

الشكل (1): أداء نموذج الغابة العشوائية للذكاء الاصطناعي الجغرافي.(GeoAI) .



المصدر : اعداد الباحث بواسطة Python في برامج Colab

مخطط تبعثر التحقق يوضح القيم المتوقعة مقابل القيم المرصودة للغطاء السحابي مع خط الانحدار ومقاييس الأداء (B) .مخطط الصندوق للتحقق المتقاطع خماسي الطيات (5-Fold Cross-Validation) الذي يوضح استقرار معامل التحديد (R²) وجذر متوسط مربع الخطأ (RMSE)عبر الطيات المختلفة.

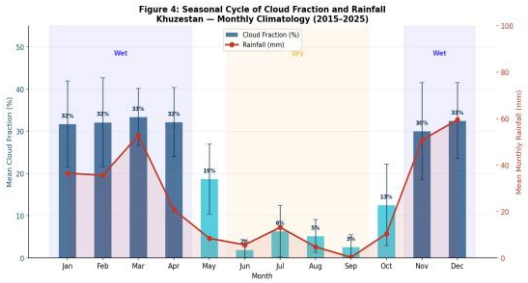
4.2تحليل أهمية المتغيرات

أظهر تحليل أهمية المتغيرات وجود تسلسل واضح للعوامل الهيدروماخية المتحكمة في تباين نسبة الغطاء السحابي في خوزستان (الشكل 2). حيث تبين أن إجمالي الهطول المطري يُعد المتغير الأكثر تأثيراً بشكل كبير، إذ يفسر 75.9% من القدرة التفسيرية للنموذج. ويعكس هذا الارتباط القوي التزامن الواضح بين أحداث الهطول المطري ووفرة السحب في هذا الإقليم شبه الجاف، حيث تؤدي الأنظمة الجوية السينوبتية إلى إنتاج كل من الغطاء السحابي والهطول المطري في آن واحد.وجاءت درجة حرارة السطح في المرتبة الثانية بنسبة 9.6%، حيث تعكس التأثير الحراري المانع

في المقابل، يتسم فصل الجفاف من يونيو إلى سبتمبر بانخفاض حاد في قيم الغطاء السحابي (2–6%)، نتيجة سيطرة نظام الضغط المرتفع للأزور والتسخين الشمسي الشديد. ويسجل شهر مارس أعلى متوسط لنسبة الغطاء السحابي (33%) بالتزامن مع أقصى معدلات الهطول المطري (52.8 ملم)، بينما يمثل شهر سبتمبر أدنى القيم المناخية حيث يبلغ الغطاء السحابي 2.6% ويبلغ الهطول المطري 0.3 ملم.

وتتوافق هذه الدورة الموسمية، بما تتضمنه من انتقال حاد في شهر مايو، مع النمط المعروف لديناميكيات نقل الرطوبة من الخليج.

الشكل (4): الدورة الموسمية لنسبة الغطاء السحابي والهطول المطري — المناخ الشهري لمحافظة خوزستان (2015–2025).



المصدر : اعداد الباحث بواسطة Python في برامج Colab

تمثل الأعمدة الزرقاء متوسط نسبة الغطاء السحابي الشهري (CF%) على المحور الأيسر مع أشرطة الخطأ التي تعكس الانحراف المعياري، بينما يوضح الخط الأحمر متوسط الهطول المطري الشهري على المحور الأيمن. كما تُظهر الظلال الفصل الرطب (بالأزرق) والفصل الجاف (بالبرتقالي).

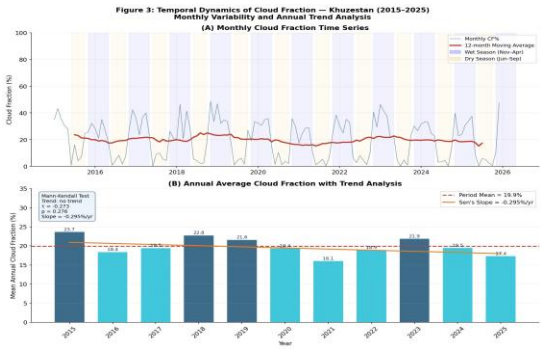
4.5 الارتباطات الهيدرومناخية بين نسبة الغطاء السحابي والهطول المطري

أظهر تحليل العلاقة بين المتوسط السنوي لنسبة الغطاء السحابي (CF%) وإجمالي الهطول المطري السنوي (وجود ارتباط موجب) معامل ارتباط بيرسون = R 0.564، R^2 = 0.318، p = 0.071، عدد السنوات = 11 ((الشكل 5). وعلى الرغم من أن هذا

2021 (16.1%) و2025 (17.4%). وبلغ المتوسط العام للفترة 19.9 % (الشكل 3).

وأظهر تحليل الاتجاه باستخدام اختبار مان–كندال وجود اتجاه تناقصي طفيف بمعدل −0.295% سنوياً منحدر سن، (τ = −0.273)، مما يشير إلى انخفاض تدريجي غير معنوي إحصائياً في وفرة السحب خلال الفترة 2015–2025. (p = 0.276) ويجب تفسير هذه النتيجة بحذر نظراً لقصر سلسلة البيانات (11 سنة). كما أن هذا الانحدار السلبي يتماشى من الناحية الفيزيائية مع إشارة التصحر الإقليمي الأوسع نطاقاً في الهضبة الإيرانية(Rashidi et al., 2024) ، إلا أن تأكيده إحصائياً يتطلب سلاسل زمنية أطول.

الشكل (3): الديناميكيات الزمنية لنسبة الغطاء السحابي — خوزستان (2015–2025) .



المصدر : اعداد الباحث بواسطة Python في برامج Colab

السلسلة الزمنية الشهرية لنسبة الغطاء السحابي (%) مع متوسط متحرك لمدة 12 شهراً، مع تظليل يوضح الفصل الرطب (بالأزرق) والفصل الجاف (بالبرتقالي) . المتوسط السنوي لنسبة الغطاء السحابي (%) مع خط المتوسط للفترة وخط اتجاه منحدر سن (Sen's Slope).وتُعرض إحصاءات اختبار مان–كندال في صندوق التوضيح.

4.4الدورة الموسمية تُظهر المناخية الموسمية لنسبة الغطاء السحابي (CF%) نمطاً ثنائياً مميزاً للفصل الرطب يتسم به مناخ جنوب غرب إيران (الشكل 4). يتميز موسم الأمطار الممتد من نوفمبر إلى أبريل بارتفاع مستمر في نسب الغطاء السحابي (30–33%)، ويُعزى ذلك إلى المرور المتكرر للجبهات الهوائية المتوسطية وعمليات الرفع الأوروجرافي على المنحدرات المواجهة للرياح في جبال زاغروس.

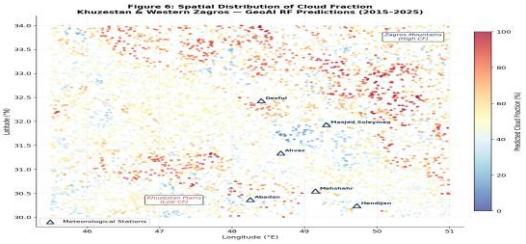
نموذج الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) عبر منطقة الدراسة الدور المهيمن للتحكم

أوروجرافي (الشكل 6). إذ يُظهر القطاع الشمالي الشرقي، الذي يتوافق مع منحدرات جبال زاغروس، أعلى قيم متوقعة للغطاء السحابي(80%–60%<) ، وهو ما يعكس الارتفاع الإجباري للكتل الهوائية المحمّلة بالرطوبة القادمة من الخليج وبحر العرب.

في المقابل، تُظهر سهول خوزستان الجنوبية الغربية قيماً منخفضة باستمرار(30%–20%>) ، بما يتماشى مع هبوط الهواء تحت تأثير نظام الضغط المرتفع شبه المداري. ويُلاحظ وجود تدرج مكاني حاد ومنتظم بين السهول منخفضة الارتفاع ومنحدرات زاغروس المرتفعة، مما يؤكد الواقعية الفيزيائية للنموذج المكاني المعتمد على الذكاء الاصطناعي الجغرافي.

كما تم تراكب مواقع المحطات المناخية الست الرئيسة (عبادان، الأهواز، بندر ماهشهر، هنديجان، دزفول، ومسجد سليمان) لإبراز توزيعها عبر هذا التدرج الطبوغرافي.

الشكل (6): التوزيع المكاني لنسبة الغطاء السحابي المتوقعة (%) — محافظة خوزستان والمنحدرات الغربية لجبال زاغروس (2015–2025).



المصدر : اعداد الباحث بواسطة Python في برامج Colab

يوضح التدرج اللوني من الأزرق (قيم منخفضة للغطاء السحابي) إلى الأحمر (قيم مرتفعة) التدرج الأوروجرافي. وتشير العلامات المثلثة إلى مواقع محطات التحقق المناخية الست الرئيسة.

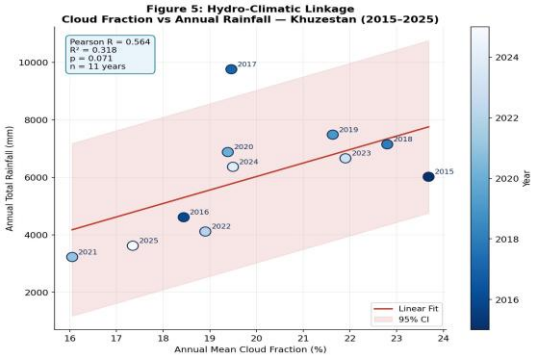
الخريطة (2): التوزيع المكاني لوفرة السحب فوق محافظة خوزستان وعلاقته بالارتفاع الطبوغرافي.

الارتباط موجب وذو دلالة فيزيائية، إذ يعكس التزامن السينوبتيكي بين تكوّن السحب والهطول المطري، إلا أنه لم يصل إلى مستوى الدلالة الإحصائية التقليدي (0.05)، ويرجع ذلك على الأرجح إلى قصر سلسلة البيانات (11 سنة) والتباين السنوي الناتج عن شذوذات الدوران الجوي واسعة النطاق.

ويُعد عام 2017 قيمة شاذة ملحوظة، حيث سجل أعلى هطول مطري (9760 ملم تراكمي عبر جميع المحطات) رغم تسجيل نسبة غطاء سحابي متوسطة (19.5%)، مما يشير إلى حدوث أحداث هطول مطري شديدة ومركزة زمنياً قد تكون منفصلة جزئياً عن متوسط الغطاء السحابي.

ومع ذلك، فإن الاتجاه الموجب المتحصل عليه يتوافق مع التوقع الفيزيائي القائل بأن السنوات الأكثر رطوبة تشهد تطوراً أكبر للسحب، وهو ما يتأكد من ارتفاع نسب الغطاء السحابي في السنوات ذات الهطول المرتفع مثل 2015 (23.7%) و2018.(22.8%) .

الشكل (5): العلاقة الهيدرومناخية — المتوسط السنوي لنسبة الغطاء السحابي مقابل إجمالي الهطول المطري السنوي (2015–2025).



المصدر : اعداد الباحث بواسطة Python في برامج Colab

تمثل كل نقطة سنة واحدة ومُرمزة لونياً حسب السنة. يوضح الخط الأحمر ملاءمة الانحدار الخطي مع فاصل الثقة بنسبة 95%. وتُعرض المقاييس الإحصائية في صندوق التوضيح.

4.6التوزيع المكاني لنسبة الغطاء السحابي يؤكد التوزيع المكاني لنسبة الغطاء السحابي المتوقعة باستخدام

تـأثير درجـة الحـرارة والموسـمية والرطوبـة ودرجـة النـدى وسرعة الرياح، والتي تمثل ديناميكيات طبقة الحدود الجوية المؤثرة في تشكل السحب بمعزل عن التأثير السينوبتيكي المباشر.

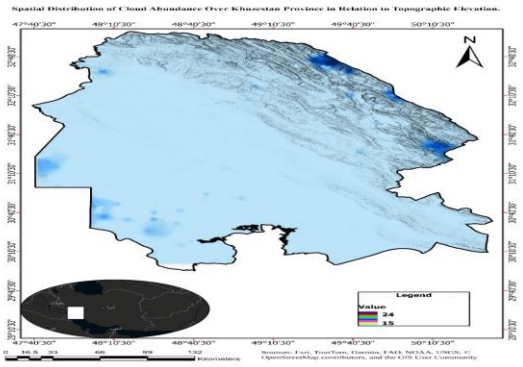
وتتمثـل الابتكـارات المنهجيـة فـي تـدريب نمـوذج الغابـة العشـوائية باسـتخدام بيانـات أرضـية متسـقة فيزيائيـاً بـدلاً مـن محاولـة معالجـة عـدم توافـق المقـاييس بـين بكسـلات الأقمـار الصناعية ورصدات النقاط. وقد أسهم هذا النهج في تجاوز أحد القيود الأساسية في الدراسات السابقة المتعلقة بالغطاء السـحابي فـي هـذه المنطقـة، حيـث تـم اسـتخدام المتغيـرات الفضـائية فقـط لأغـراض التنبـؤ المكـاني، مـع الحفـاظ علـى موثوقية بيانات التدريب. ونتج عن ذلك إطار يجمع بين الدقة الكمية والواقعية الفيزيائية للخرائط الناتجة.

5.2الاتجاهات الزمنية والدلالات المناخية

أظهـر تحليـل اتجـاه مـان–كنـدال وجـود ميـل تناقصـي طفيـف بمقدار −0.295% سنوياً، إلا أنه لم يكن ذا دلالة إحصـائية عند مستوى ($p < 0.05$) خـلال فتـرة الدراسـة البالغـة 11 عاماً. ويجب تفسير هذه النتيجة بمنهجية علمية دقيقة، إذ إن غياب الدلالة الإحصائية لا ينفي الاحتمالية الفيزيائية للاتجاه التنازلي، خاصة في ظل الإشارة الإقليمية المعروفة لزيادة التصحر عبر الهضبة الإيرانية كما وثقته دراسات سابقة (Rashidi et al., 2024; Liu et al., 2023).كما أن سلسلة البيانات القصيرة نسبياً (11 سنة) تحد من القدرة الإحصـائية علـى كشـف الاتجاهـات متعـددة العقـود فـي ظـل التبـاين السـنوي المرتفـع ($CV \approx 13\%$). ومـن ثـم فـإن توسـيع التحليـل ليشـمل السـجل التـاريخي الكامـل للمحطـات (1951–2025) سيزيد بشكل كبير من القوة الإحصـائية ويوصـى بـه كأولويـة بحثيـة مسـتقبلية.كما تؤكـد التحليـلات الموسـمية وجـود دورة ثنائيـة واضـحة بـين الفصـل الرطـب والجـاف، حيث تصل نسبة الغطاء السحابي إلى 32–33% في الشتاء وتنخفض إلى 2–6% في الصيف. ويعكس هذا التبـاين الموسـمي الكبيـر (بمعـدل 5–15 مـرة) الانتقـال المناخي الحـاد بين التـأثير القـاري والبحـري المميز لجنوب غـرب إيـران، ويتوافـق مـع الـنمط الفينولـوجي المعـروف لموسم الجبهات المتوسطية كما ورد في الدراسات الإقليمية (Rashidi et al., 2024).

5.3الارتباطات الهيدرومناخية والقيود

يعكس الارتباط الموجب بين الغطـاء السـحابي السـنوي والهطـول المطـري0.564 = R) ، (0.071 = pاتسـاقاً فيزيائيـاً



المصدر: اعداد الباحث بالاعتماد على برنامج ArcGIS Pro 3.5

تشير المناطق ذات اللون الأزرق الداكن إلى ارتفاع وفرة السحب، وتتركز فوق المنحدرات الشمالية الشرقية لجبال زاغروس، بينما تمثل المناطق الفاتحة السهول منخفضة الغطـاء السـحابي فـي خوزسـتان. كمـا تُظهـر الخلفيـة الطبوغرافية المظللة (NASADEM بدقة 30 متر) التدرج الأوروجرافي الواضح.

5. المناقشة

5.1أداء النموذج والابتكارات المنهجية

حقـق نمـوذج الغابـة العشـوائية القـائم علـى الـذكاء الاصـطناعي الجغرافي (GeoAI) قيمة معامل تحديد ($R^2 = 0.797$)ومعامل ارتباط بيرسون ($R = 0.893$، ($p < 0.0001$، وهو ما يمثل تقدماً ملحوظاً مقارنة بالأساليب الإحصائية الخطية التقليدية. كما تؤكد قيمة التحقق المتقاطع ($CV\ R^2 = 0.801 \pm 0.007$) قدرة النموذج العالية على التعميم عبر الفترات الزمنية المختلفة ومواقع المحطات دون وجود دليل على فرط التكيّف. وتتوافق هذه النتائج مع التطبيقات الحديثة للتعلم الآلي التجميعي في التنبؤات الهيدرومناخية ضمن البيئات ذات التضاريس المعقدة (Heydari et al., 2025; Xie et al., 2025).

إن هيمنـة إجمـالي الهطـول المطـري فـي تحليـل أهميـة المتغيرات (75.9%) تعكس خاصية أساسية لاقتران السحب والهطول في هذا النظام السينوبتيكي. ففي خوزستان، تتشكل السحب والهطول المطري أساساً من الأنظمة الجبهية ذاتها؛ وبالتالي، يُعد الهطول المطري على المقاييس الشهرية مؤشراً تكاملياً لوجود السحب ومدة استمرارها. ويختلف ذلك عن دراسات الغطاء السحابي المستندة إلى الأقمار الصناعية في البيئات المحيطية أو المدارية، حيث قد تستمر السحب دون إنتاج هطول يُذكر. أما نسبة التباين المتبقية (24.1%) فتشمل

4. كشف تحليل مان–كندال عن اتجاه تناقصي طفيف غير معنوي إحصائياً بمقدار −0.295% سنوياً (p = 0.276)، وهو اتجاه متسق فيزيائياً مع إشارات التصحر الإقليمي، إلا أنه يتطلب سلاسل زمنية أطول لتأكيده إحصائياً.

5-أكد التوزيع المكاني لنسبة الغطاء السحابي المتوقعة بواسطة نموذج الذكاء الاصطناعي الجغرافي وجود تحكم أوروجرافي قوي، حيث تعمل جبال زاغروس كحاجز ميكانيكي يؤدي إلى ارتفاع كبير في وفرة السحب (>60%)مقارنة بسهول خوزستان.(20–30%>)

توفر هذه النتائج إطاراً منهجياً موثقاً لرصد الغطاء السحابي في البيئات شبه الجافة الفقيرة بالبيانات، كما تقدم خط أساس موثوق لإدارة الموارد المائية، والإنذار المبكر للجفاف، وتحليل سيناريوهات المناخ المستقبلية ضمن نماذج.CMIP6

7-التوصيات بناءً على نتائج هذه الدراسة، تُقترح التوصيات التالية: (1) توسيع تحليل اتجاه مان–كندال ليشمل السجل التاريخي الكامل للمحطات (1951–2025) لزيادة القدرة الإحصائية على اكتشاف إشارات التصحر طويلة الأمد. (2) دمج بيانات Sentinel-1 الرادارية لتحسين رصد السحب خلال الفترات ذات الغطاء السحابي المستمر في المرتفعات الزاغروسية. (3) إنشاء محطات رصد مناخية إضافية على امتداد منحدرات زاغروس فوق ارتفاع 2000 متر للتحقق من التدرج المكاني الذي أظهره نموذج الذكاء الاصطناعي الجغرافي. (4) تطبيق إطار نموذج الغابة العشوائية على إسقاطات المناخ ضمن CMIP6لتقييم تأثير الاحترار المستقبلي على ديناميكيات السحب والموارد المائية. (5) توسيع المنهجية لتشمل المناطق الجبلية شبه الجافة المجاورة

في الشرق الأوسط لتحديد ما إذا كانت الاتجاهات المرصودة محلية أم إقليمية

8.المصادر:

1-Heydari, H., Momeni, M., & Nadi, S. (2025). Innovative drought modeling in Iran leveraging Google Earth Engine and multi-parameter integration for enhanced accuracy. SSRN Electronic

2-https://doi.org/10.2139/ssrn.5700856

واضحاً بين السحب والهطول، إلا أنه يبقى غير معنوي إحصائياً عند مستوى 0.05، وذلك بسبب القيود الناتجة عن قصر السلسلة الزمنية (11 سنة). ومع وجود 11 نقطة بيانات سنوية فقط، فإن القدرة الإحصائية لاكتشاف الارتباطات المتوسطة تكون محدودة بطبيعتها. ويشير عام 2017 كقيمة شاذة، حيث سُجلت فيه أعلى كمية هطول مطري تراكمي رغم متوسطية الغطاء السحابي، إلى احتمال حدوث أحداث مطرية شديدة ومركزة زمنياً أو فيضانات إقليمية قد تنفصل جزئياً عن متوسط الغطاء السحابي على نطاق المنطقة.

ومن منظور منهجي، فإن الدقة المكانية لنتائج التوزيع تعتمد على بيانات نموذجية مستخلصة من شبكة نقاط (n = 5000) أكثر من كونها قياسات زمنية مباشرة، وبالتالي ينبغي تفسير الخرائط على أنها تمثل النمط المكاني طويل الأمد للغطاء السحابي وليس قياسات لحظية دقيقة. كما تتطلب هذه النتائج التحقق المستقل باستخدام محطات إضافية في المرتفعات الزاغروسية التي لا تزال تعاني من ضعف التغطية الرصدية الأرضية.

6-الاستنتاجات :- طورت هذه الدراسة وجرى التحقق من صحة إطار الذكاء الاصطناعي الجغرافي القائم على نموذج الغابة العشوائية (GeoAI Random Forest) لمحاكاة ديناميكيات نسبة الغطاء السحابي

في محافظة خوزستان والمنحدرات الغربية لجبال زاغروس خلال المدة (2015–2025). وتتمثل أبرز النتائج فيما يلي:

1. حقق النموذج المعتمد على بيانات المحطات أداءً قوياً(R^2 = 0.797) ، RMSE = 0.557أوكتا، R = 0.893، (p < 0.0001، وتم تأكيد ذلك من خلال التحقق المتقاطع خماسي الطيات ± R^2 = 0.801 (CV 0.007)، مما يدل على قدرة تنبؤية موثوقة للغطاء السحابي الشهري اعتماداً على الرصدات الجوية القياسية.
2. تبين أن إجمالي الهطول المطري هو العامل الأكثر تأثيراً في نسبة الغطاء السحابي (أهمية 75.9%)، وهو ما يعكس التزامن السينوبتيكي بين الغطاء السحابي والهطول المطري في هذا الإقليم شبه الجاف، مع كون درجة الحرارة والموسمية عوامل ثانوية.
3. تم تأكيد وجود دورة موسمية واضحة، حيث تكون قيم الغطاء السحابي في الشتاء والربيع (31–33%) أعلى بنحو 5–15 مرة مقارنة بالصيف (2–6%)، بما يتوافق مع ديناميكيات الجبهات المتوسطية وهيمنة نظام الضغط المرتفع شبه المداري.

Liu, H., Koren, I., Altaratz, O., & Chekroun, M. D. (2023). Opposing trends of cloud coverage over land and ocean under global warming. Atmospheric Chemistry and Physics, 23(11), 6559–6569. https://doi.org/10.5194/acp-23-6559-

3-Rashidi, S., Soroushian, A., Tajbar, S., et al. (2024). Characteristics and long-term trend of total cloud coverage in Iran. Acta Geophysica, 72, 4633–4648. https://doi.org/10.1007/s11600-024-01338-x

4- Tripathy, P., Agrawal, A., & Koul, S. (2026). Cloud-based flood mapping with Sentinel-1 SAR on Google Earth Engine: Insights from the global flood mapper. In Data-Driven Earth Observation for Disaster Management (pp. 1–25).

5- Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-443-33803-8.00045-7

6- Xie, X., Ma, L., Yao, J., & Mao, W. (2025). Spatiotemporal variability of cloud parameters and their climatic impacts over Central Asia based on multi-source satellite and ERA5 data. Remote Sensing, 17(15), 2724. https://doi.org/10.3390/rs17152724

7- Foga, S., Scaramuzza, P. L., Guo, S., et al. (2017). Cloud detection algorithm comparison and validation for operational Landsat data products. Remote Sensing of Environment, 194, 379–390. https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.03.026

8- Breiman, L. (2001). Random forests. Machine Learning, 45(1), 5–32. https://doi.org/10.1023/A:1010933404324

9- Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. Econometrica, 13(3), 245–259. https://doi.org/10.2307/1907187

10- Sen, P. K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. Journal of the American Statistical Association, 63(324), 1379–1389. https://doi.org/10.2307/2285891

Modeling Cloud Fraction Dynamics and Hydrological Correlations in Southwest Iran Using Multi-Source Remote Sensing and GeoAI

Mohammed Shaker AL-Dulaimi[1], Hadi Fadaai[2]
[1] M.Sc. Student, Al-Amin University, Tehran, Iran
[2] Corresponding Author, Faculty Member, Al-Amin University, Tehran, Iran

ABSTRACT

This study investigates the spatial and temporal dynamics of cloud fraction (CF) in Khuzestan Province and the western Zagros slopes (2015–2025) using an integrated GeoAI framework. By integrating meteorological ground station data from 22 synoptic stations with Landsat 8/9, Sentinel-2, and topographic data (NASADEM) within the Google Earth Engine (GEE) environment, a Random Forest (RF) regression model was developed to quantify cloud abundance and identify

its primary hydro-climatic drivers. The station-based model achieved a robust predictive performance with $R^2 = 0.797$, RMSE = 0.557 okta, MAE = 0.390 okta, and Pearson R = 0.893 ($p < 0.0001$), confirmed by 5-fold cross-validation (CV $R^2 = 0.801 \pm 0.007$). Feature importance analysis revealed that total rainfall is the dominant driver (75.9%), followed by surface temperature (9.6%) and seasonality (6.5%). Seasonal analysis demonstrated a pronounced annual cycle with peak cloudiness in winter and early spring (January–March: ~32–33%) and minimum values in summer (June–September: ~2–6%). Mann-Kendall trend analysis detected a slight negative trend of −0.295%/year (Sen's slope), although this trend was not statistically significant over the 11-year study period ($p = 0.276$). The spatial distribution of CF, derived from satellite data, confirms strong orographic control, with cloud abundance increasing markedly over the northeastern Zagros Mountain slopes. These findings provide a verified GeoAI framework for monitoring cloud-water resources in semi-arid mountainous regions and offer a reliable

ازمة المياه في محافظة ذي قار وتداعياتها البيئية

م. د فاطمة هادي عناد

Fatima.hadi@utq.edu.iq

قسم علوم الجغرافية ، كلية التربية للعلوم الإنسانية ، جامعة ذي قار ، المدينة، الناصرية ـذي قار

الملخص:

تعد ازمة المياه من ابرز التحديات الكبرى التي تواجه دول العالم ولاسيما المناطق الجافة وشبة الجافة كالعراق ولاسيما محافظة ذي قار وذلك لتاثير الموقع الجغرافي ، اذ تعتمد المحافظة اعتمادا أساسيا على المياه السطحية لانهار دجلة والفرات نظرا لسيادة الجفاف اذ يبلغ معدل المطر السنوي اقل من (100) ملم مما اثر على مختلف الجوانب البيئية لكون المياه يمثل سر الحياة .

تعاني منطقة الدراسة من شحة مائية كبيرة تمثلت بنقص التصاريف الواصلة الى منطقة الدراسة وهذا ناجم عن عوامل طبيعية وبشرية متعددة مما أدى الى تراجع في المساحات المائية للاهوار ، فضلا عن تدهور نوعية المياه وعدم مطابقتها للمواصفات المحلية.

تهدف الدراسة الى الكشف عن العوامل المؤثرة في حدوث الازمة المائية وبيان تداعياتها البيئية .

من خلال دراسة واقع الموارد المائية في منطقة الدراسة تبين انها تواجه ازمة مائية وما لهذه الازمة من انعكاسات سلبية على البيئة تمثلت بتغير عناصر المناخ المحلي ، تراجع مساحات الأراضي الزراعية ، اتساع رقعة المناطق المتصحرة ، فضلا عن الانحسار الكبير في مساحات الاهوار نتيجة نقص الإيرادات اللازمة لانعاشها ، نفوق اعداد كبيرة من الثروة الحيوانية والسمكية ، وتعرض النباتات المائية للاندثار ، وهجرة السكان من المناطق المتضررة .

تشهد مياه منطقة الدراسة تغيرات معقدة ومتسارعة لاسيما في السنوات الأخيرة والتي تحتاج إلى إجراءات وإدارة متوازنة ومنها ادارة خارجية وهي ضرورة التفاوض مع دول الجوار في حل مشكله المياه القائمة والتي انعكست بشكل سلبي في الحصص المائية الواصلة الى العراق بشكل عام ومنطقة الدراسة بشكل خاص ، وداخليا مطالبة وزارة الموارد المائية بتنظيم الحصص المائية بين المحافظات ، والعمل على زيادة الاطلاقات المائية للمحافظة ولاسيما للأهوار وعدم المساس بحصتها المائية وكذلك وضع استراتيجية متكاملة لمتابعة التغيرات الحاصلة فيها والوقوف على أسبابها وحماية بيئتها ضمن رؤية وطنية شاملة .

الكلمات المفتاحية:

الشحة المائية: الندرة المائية : المتطلبات المائية

1-المقدمة

تعد ازمة المياه من ابرز التحديات الكبرى التي تواجه دول العالم ولاسيما في المناطق الجافة وشبه الجافة كالعراق ولاسيما محافظة ذي قار وذلك لتاثير الموقع الجغرافي ، اذ تعتمد المحافظة اعتمادا أساسيا على المياه السطحية لانهار دجلة والفرات نظرا لسيادة الجفاف ، اذ يبلغ معدل المطر السنوي اقل من (100) ملم ، مما اثر على مختلف جوانب التنمية والبيئة نتيجة لتناقص الايراد المائي لاسيما خلال السنوات الأخيرة لقد رافقت شحة المياه زيادة متطلبات المحافظة من المياه العذبة وتدني نوعية المياه اذ ازدادت ملوحة مياه الأنهار مما أدى في ضوء ذلك الى تفاقم مشكلة شحة المياه وزيادة متطلبات التنمية والبيئة .

وأزمة المياه ليست بالجديدة وانما لها جذور تاريخية بسبب كونها مياه مشتركة دولية ، تفاقمت هذه الازمة نتيجة ضعف التعامل من قبل الجانب العراقي مع دول الجوار وقلة المباحثات بملف المياه مما أدى الى تناقص الحصص المائية وبالتالي انعكاسها على تراجع حصة الفرد العراقي المائيه .

وقد تصل اذا ما بقي الوضع على ماهو عليه الى مرحلة الندرة المائية ، ولعل أوضح وابسط دليل على هذا القول هو ان نصيب الفرد العراقي من الموارد المتجددة ولكافة الاستخدامات قد انخفض من (5282) م3 في عام 1990 ليصل الى (2344) متر مكعب عام 2007 وانخفض الى (2000) مترمكعب عام 2003 بسبب الظروف الخارجية (لاسيما السياسة المائية لتركيا) والظروف الداخلية المتمثلة (في ظل الاستخدام الجائر وغير المستدام للموارد المائية وعدم وجود خطة تنمية حقيقية للموارد المائية في العراق) خصوصا في القطاع الزراعي (Al-Badri, 2010).

64. هدف الدراسة

تهدف الدراسة الى تحليل ازمة المياه في محافظة ذي قار من حيث اسبابها واثرها على التنمية الزراعية وعلى الجوانب البيئية المختلفة والى وضع حلول علمية بعد دراسة هذه المشكلات والوقوف على اسبابها .

65. النتائج والمناقشة

واقع الموارد المائية في محافظة ذي قار

1-التوزيع الجغرافي للموارد المائية في محافظة ذي قار

تقسم الموارد المائية السطحية في منطقة الدراسة الى

أولا -الأنهار

نهر الفرات

يدخل نهر الفرات الى محافظة ذي قار عند الاجزاء الغربية من ناحية (البطحاء) ويواصل جريانه باتجاه جنوب وجنوب شرق منطقة الدراسة ، يصل طوله داخل اراضي محافظة ذي قار الى (180) كم وبنسبة (15.5%) من اجمالي طول النهر داخل العراق والبالغ(1160) كم (Ahmed,2007)

نهر الغراف

يخترق محافظة ذي قار من جهة الشمال ضمن حدود ناحية الفجر ويستمر في جريانه مارا بقلعة سكر ومدينة الرفاعي والذي يبعد (135) كم من صدر الغراف ثم ناحية النصر ويتفرع من الجانب الايسر له جدول الحسينية ، ويجري حتى يصل ناظم البدعة ويتفرع شط الشطره من الجهة اليمنى للنهر عند مقدم ناظم البدعة ، ويمر شط الشطره بمدينة الشطرة وناحية الغراف وجنوب المدينة وعلى بعد (30) كم جنوب ناظم الشطره يتفرع الى فرعين هما الكسر وال ابراهيم الذان يصبان في الاهوار المؤدية الى هور الحمار ، اما لاشط البدعة فيستمر في جريانه باتجاه الجنوب الشرقي حتى ينتهي في الاهوار المؤدية الى هور

الحمار أيضا ينظر الشكل (2) (Al-Ghizy, 2005)

ثانيا : الاهوار والمستنقعات

الاهوار هي تسمية تطلق على الاراضي المنخفضة والتي تغطيها المياه سواء كانت في جميع ايام السنة ام في بعضها (Al-Khayyat, 1975)، تشمل الاتي :-

هور الحمار

يقع هور الحمار الى الجنوب من قضاء سوق الشيوخ ويمتد حتى شط العرب شرقا ، من الناحية الادارية يقع ضمن قضاء سوق الشيوخ والجبايش ويستمر اتصاله الى المسطحات الغربية الواقعة الى الشرق من شط العرب(Salim,1970)

هور العدل : يقع في الجزء الشرقي من محافظة ذي قار ضمن قضاء سوق الشيوخ تحديدا في ناحية الطار ويمثل الجزء الشمالي من هور الحمار تبلغ مساحته (75) كم2 يتغذى بصورة مباشر من نهر الفرات (Saad,2023)

هور السناف : يمثل القسم الشمالي الغربي من هور الحمار يحد هور السناف من الجنوب والجنوب الغربي كم تقريبا 12البادية الجنوبية ومن الشمال بمسافة مدينة سوق الشيوخ وضواحيها ، ويتغذى من مجموعة من الجداول التي تتفرع جميعها غرب نهر الفرات بعد اجتيازه لقضاء سوق الشيوخ(Farhan,2012)

هور عوينة

يمتد على مساحة من الارض جنوب مدينة الدواية تبلغ حاليا (13.71) كم2 الى نهر الجعفري شمال الاصلاح مصدر مياهه من مشروع الدواية الاروائي والمشاريع الاروائية مؤخر البدعة اي ان مياهه من شط الغراف من نهر دجلة .

هور الغموكة

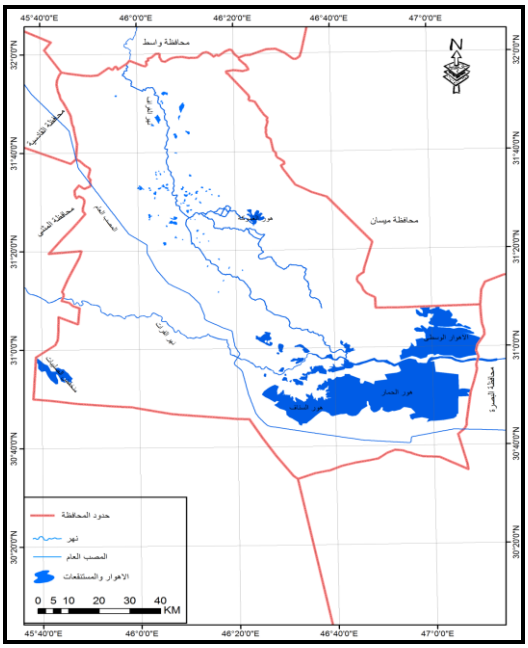
يقع جنوب شرق مدينة الشطرة وهو من الاهوار الدائمية وطولها حوالي (5.59) كم من الجنوب الشرقي الى الغرب وعرضه حاليا (0.59) كم من الشمال الى الجنوب ومصدر مياه نهر الغراف ، ويفرغ مياهه في هور الحمار بواسطة نهر ابو لحية واللعيوسية . ينظر الشكل (1)

هور ابو زرك

يقع جنوب مدينة الناصرية ضمن الحدود الادارية لناحيتي الاصلاح والفهود وهو امتداد لهور الحمار واهوار العمارة وتبلغ مساحته الحالية (10.11) كم2 يتغذى من نهر ابو لحيه مؤخر ناظم البدعة ، ويصل الهور الى الحدود الشمالية لناحية الحمار.

اهوار الجبايش

تقع اهوار الجبايش في الجزء الشرقي من مدينة الناصرية وبالتحديد في قضاء الجبايش ، وتعد هذه الاهوار من اشهر الاهوار الوسطى وخصوصا بركة البغدادي(وزارة الموارد المائية، غير منشورة ، 2003)



شكل (1)الموارد المائية في محافظة ذي قار

2- الخصائص الهيدرولوجية لمنطقة الدراسة

2-1 : التصريف المائي للمياه السطحية وانعكاساتها على مساحات الاهوار

يتضح من الجدول (1) ان هناك تباين في معدلات تصاريف الانهار اذ بلغ اعلى تصريف لنهر

الفرات عام 1970لنهر الفرات والغراف (426 م3\ثا ، 283م3\ثا) على التوالي ، وادنى تصريف لنهر الفرات والغراف عام 2025 اذ قدر (53 م3\ثا ، 92 م3/ثا) على التوالي ، وكذلك شهد تراجع في مساحات الاهوار للمدة (1970– 2025) اذ بلغت اعلى مساحة لاهوار المحافظة عام 1970 ب(2850) كم2 وادنى مساحة لاهوار المحافظة خلال عامي (2025,2000) ب(48.02كم2 ، 1078كم2) ويرجع سبب هذا التراجع او التباين في المساحات ما بين الفترات السابقة والحالية الى نقص الايراد المائي الواصل الى العراق ومنطقة الدراسة بشكل خاص نتيجة قيام دول المنبع المتمثلة بتركيا وايران بانشاء العديد من السدود والخزانات وقيامها بتحويل العديد من مجاري الانهار الى داخل اراضيها بالاضافة الى قيام النظام السابق بعمليات تجفيف الاهوار حيث حولت الحكومة العراقية ما يقارب من 2مليون دونم من اراضي الاهوار الى مشاريع زراعية ومحاولة استصلاح مساحات واسعه لادخالها في الزراعة . التي ادت الى تقلص مساحات واسعة من الاهوار اضافة الى العامل الطبيعي المتمثل بالتغيرات المناخية التي انعكست سلبا ايضا على اهوار المحافظة ، وقلة الحصص المائية الواصلة الى المحافظة ذي قار نتيجة وقوعها في القسم الجنوبي من العراق هذه كلها عوامل ادت الى نقص التصاريف المائية الى انهار المحافظة وبالتالي انعكس تباين الايراد المائي للانهار على مستوى اغمار الاهوار التي تتغذى منها ، اذ ظهرت مشكلة تناقص المياه السطحية الواردة الى اهوار المحافظة ومن المؤكد أنها سوف تتفاقم مستقبلا اذ لم يتم معالجة هذا الوضع .

الجدول1. المعدلات السنوية لتصاريف نهر الفرات والغراف (م3/ثا) في محافظة ذي قار وانعكاساتها على مساحات الاهوار للمدة (1970–2025)

ت	السنة	معدل التصرير	معدل التصريف	مساحة الاهوار كم2
1	1970	426	283	2850
2	1990	128.8	136.83	2146.35
3	2000	150.4	92	48.02
4	2015	120	151	1854.76
5	2025	53	92	1078

2–2 : الخصائص النوعية للمياه السطحية في منطقة الدراسة

تتاثر الخصائص النوعية للمياه بجملة من العوامل منها ما يختص بطبيعة المياه نفسها ونوعية الصخور التي يجري فيها النهر وتربتها ومناخها فضلا عن نوعية المياه الجوفية ومدى ارتفاع منسوبها في بعض المناطق المحيطة في بعض مقاطع النهر ، وموسمية تصريف المياه والنشاط البشري المستثمر للأراضي الزراعية (oraibi,2008)

وبغية التعرف على مدى تدهور نوعية المياه والتغير في خصائصها في انهار واهوار منطقة الدراسة ومدى صلاحيتها للاستعمالات المختلفة تم الاعتماد على نتائج التحليلات الكيميائية ومقارنتها بالمحددات البيئة العراقية اذ يتضح من الجدول (2) ان معدل الاس الهيدروجيني في مياه نهر الفرات والاهوار وكذلك قيم الايونات الموجبة والسالبة تجاوزت الحدود المسموح بها للمواصفات العراقية ويرجع سبب ذلك الى ارتفاع تراكيز الاملاح والملوثات في مياه الواصلة الى انهار والاهوار والتي يكون جزء كبير من هذه المياه عبارة عن مياه المبازل التي تصرف الى انهار دجلة والفرات من الاراضي الزراعية الواقعة على ضفاف هذه انهار . باستثناء خصائص مياه نهر الغراف فهي تتطابق مع المواصفات العراقية وهي صالحة للاستعمال البشري ،

باستثناء عنصر الصوديوم والكلوريد فهي غير مطابقة للمواصفات العراقية اذ تجاوزت الحد المسموح بها .

الجدول 2. الخصائص النوعية لمياه انهار واهوار منطقة الدراسة لسنة 2025

ت	المتغيرات	المواصفات العراقية ملغم/لتر	نهر الفرات	نهر الغراف	الاهوار
1	الاس الهيدروجيني pH	8.5-6.5	8.7	8.1	8.9
2	الكالسيوم ملغم/لتر	200	208	163	392
3	المغنسيوم ملغم/لتر	50	167	43	388
4	الصوديوم ملغم/لتر	35	621	178	976
5	الكلوريد ملغم/لتر	200	787	234	2353
6	الكبريتات SO4	200	586	192	1421
7	الاملاح الذائبة T.D.S ملغم/لتر	1500	2648	1135	5123
8	الايصالية الكهربائية	2000	4138	1967	4972
9	البوتاسيوم ملغم/لتر	10	28	9.8	72

العوامل المؤثرة على ازمة المياه في محافظة ذي قار

1- تاثير الموقع الجغرافي لمحافظة ذي قار

ان وقوع محافظة ذي قار في القسم الجنوبي من العراق بين دائرتي عرض ¯ 30.20°– 32.00°شمالا وبين خطي طول ¯ 45.40° – 47.00 ° شرقا، اذ اثر هذا الموقع في الجزء الأسفل من مياه مجرى نهري دجلة والفرات على سيادة المناخ الجاف وبمعدل حرارة (25)م ترتفع صيفا الى (37)م وتنخفض في الشتاء الى (12)م مما أدى الى ارتفاع قيم التبخر بمعدل (1067) ملم سنويا مقارنة بمعدل امطار (102) ملم ، اذ ساهمت هذه الخصائص للموقع الجغرافي للمحافظة في الاعتماد على مياه الأنهار وارتفاع المتطلبات المائية لتنفيذ مختلف الخطط لجميع القطاعات المتعددة .

2- التغير المناخي

التغير المناخي والاحتباس الحراري الذي أدى الى ظاهرة الجفاف التي شملت منطقة الشرق الأوسط برمتها ومنها العراق ، مما نتج عنها تناقص كبير في كميات سقوط الامطار والارتفاع الكبير لدرجات الحرارة والتبخر مما أدى الى تدني واضح للايرادات المائية لنهري دجلة والفرات .

ومن خلال إجراء مقارنة بين المدة (1941–1990) والمدة (1991–2025) لمعرفة الفروقات التي حصلت في عناصر المناخ لمحطة الناصرية اتضح من خلال الجدول (3) ان المدة (1991–2025) كانت اكثر تاثير في زيادة حدة الجفاف ولا سيما بارتفاع درجات الحرارة وزيادة معدلات التبخر وانخفاض معدلات الرطوبة النسبية وعند مقارنة معدلات درجة الحرارة بين مدتين يلاحظ فروق بينها اذ بلغ المعدل العام لدرجة الحرارة في محطة الناصرية (24.3م) للمدة (1941–1990) لترتفع الى (26.2 م) للمدة (1991–2025) ان هذا الارتفاع الحاصل لدرجة الحرارة له دور في زيادة نسبة التبخر مما يؤثر على زيادة نسبة الضائعات المائية وبالتالي انخفاض مناسيب المياه لانهار واهوار منطقة الدراسة ، فضلا عن التاثير على نوعية المياه في زيادة تركيز بعض الملوثات للمياه ، اما معدل الرطوبة النسبية فقد قدرت (43.3) % للمدة الاولى وانخفضت الى (40.2) % للمدة الثانية مما يؤدي الى زيادة التبخر ومن ثم زيادة الضائعات المائية للمياه السطحية في منطقة الدراسة ، اما الامطار اذ بلغت (139.5) ملم للمدة الاولى وانخفضت (121.4) ملم للمدة الثانية وبالتالي فان امطار منطقة الدراسة قليلة مما تؤدي الى زيادة تكرار حالات الجفاف

والى ترك اثار سلبية على خصائص الموارد المائية لمنطقة الدراسة ، اما التبخر اذ بلغ المعدل العام للمدة الاولى(1972.3) وارتفع الى (3718.7) ملم للمدة الثانية ، ان الارتفاع الحاصل في قيم التبخر يعمل على خفض مناسيب المياه وتقليل مساحة المسطحات المائية لمنطقة الدراسة مما يسبب عجزا مائيا كبيرا ، اذ ان الارتفاع في قيم التبخر تعد احد اهم المؤشرات التي يستعان بها لمعرفة مدى العجز المائي التي تعاني منها منطقة الدراسة اذ كلما زاد هذا العجز اشتد الجفاف في المنطقة . **الجدول3.التغير في عناصر المناخ لمحطة الناصرية للمدة (1941 – 2025**

المدة	درجة الحرارة	الامطار (ملم)	الرطوبة النسبية %	التبخر (ملم)
1990-1941	24.3	139.5	43.3	1972.3
2025-1991	26.2	121.4	40.2	3718.7

3- تطور الاستثمارات المائية في دول أعالي الحوض

معظم ان لم تكن جميع الموارد المائية في العراق تاتي من مصادر مائية من خارج الحدود العراقية (تركيا ، ايران ، سوريا) لذا فان دول المصدر تكون ذاته قدرة كبيرة جدا على التحكم بموارد العراق المائية مع تزايد الامكانيات التكنولوجية في حفر وبناء الانهار والسدود ، ان الدول التي تتشارك مع العراق بالمياه هي الاخرى تزداد احتياجاتها بمرور الزمن وبالذات دولة المنبع (تركيا) ، نتيجة الحاجة والنظرة المستقبلية اذا اقامت العديد من المشاريع منها (8 سدود كبيرة لأغراض الري والطاقة بطاقة خزن (15.6 بليون م3 وهي جزء من مشروع الكاب التركي G.A.P وتتحكم تركيا بنسبة (56) % أي (18) بليون م3 من تصريف مياه نهر دجلة الحالي (33.2) بليون م3 /السنة وفيما يخص حوض نهر الفرات تبلغ مساحة مشروع الكاب (1.5) مليون هكتار فضلا عن تنفيذ (40 سد وخزان) بطاقة (95) بليون م3 اذ تبلغ متطلبات المشروع ( ) 17.4بليون م3 /السنة منها 4.2 بليون م3 للتبخر من الخزانات(Aktami,2020)

وفيما يخص ايران فهي الأخرى اقامت العديد من السدود والخزانات لتخزين المياه ولاسيما المتمثلة بسد (الكارون) بطاقة تخزينية قدرها (9.3مليارم3/سنة) وبلغ مجموع طاقة الخزن للسدود المقامة على نهر الكارون والكرخة (35.09) مليار م3/سنة لارواء مساحة تبلغ (2329720) دونم وبلغ حجم المياه المستخدمة لأغراض الزراعة والصناعة والشرب في حوض نهر الكارون والكرخة (11) مليار م3 و (257.1) (257.7) مليون م3/سنة على التوالي وقد تزامنت هذه المشاريع مع فترات الجفاف التي تمر بها المنطقة وسوء استخدام المياه فضلا عن ارتفاع نسبة المخلفات الصناعية والصرف الصحي ومياه البزل التي تقدر بحوالي (27) مليون م3 ، لقد انعكس التوسع في المشاريع الى انخفاض الايراد المائي وتدهور نوعيتها (Noumas,2016)

سوريا هي الدولة الثالثة بالنسبة للعراق من ناحية التمويل المائي بعد تركيا وايران ولكونها تمثل حلقة مهمة من حلقات الصراع المائي في المنطقة فهي الدولة الوسطى في مجرى نهر الفرات ولايمكن تمرير أي اتفاقية عراقية تركيا على هذا النهر دون المرور بسوريا .

اذ ترتيب على السياسة المائية السورية وانجازها لعدد من المشاريع المائية عدد من الاثار ومنها نقص كبير في كمية المياه الواردة الى العراق وتردي نوعيتها ، اذ تستهلك المشاريع التركية السورية حوالي (26) مليار م3 من اجمالي الموارد المائية لنهر الفرات ، وتبعا لذلك ينخفض الوارد المائي بنسبة تعادل 25% من معدل الوارد المائي الواصل الى العراق من مياه نهر الفرات ، اذ ان نقص مليار م3 على سبيل المثال في الوارد المائي الواصل الى العراق يعني حرمان (65) الف هكتار من الأراضي الزراعية من المياه اللازمة

لريها (حسين ، 2000) ومما لاشك فيه ان هذه المشاريع تركت تاثيرا سلبيا على الواقع المائي للعراق وذلك لعدم استعاد العراق لظروف مائية قاسية يمكن ان تواجهه ، ومع ذلك ان القاء اللوم على تلك الدول ليس اسلوبا سليما لان اهمال الدول العراقية على مر تاريخها لهذا الجانب وعدم تخطيطها البعيد المدى (سوء تخطيط وادارة للمياه) يلعب دورا كبيرا في تراجع موارد العراق المائية (Al-Jawahiri,2009)

4- تاثير مشاريع الاستثمارات المائية في العراق

في العراق تبلغ المتطلبات الحالية (56 بليون م3/سنة) منها (51 بليون م3 لري مساحة (3.3) مليون هكتار وبمعدل (12900) م/هكتار إضافة الى (3.6) و(1.3) بليون م3/السنة وبمعدل (12900) م/هكتار إضافة الى (3.6) و(1.3) بليون م3/السنة للمتطلبات المنزلية والصناعية وترتفع متطلبات العراق مستقبلا عام 2030 الى (72)بليون م3/السنة مسببا عجزا مائيا بمقدار (43) بليون م3/السنة (Aktami,2020)

كما يتضح من الجدول (4) تناقص الايراد المائي الكلي للعراق من (62)بليون م3/ السنة في (2000) الى (-29بليون م3/السنة عام 2030 بسبب تاثير مشاريع دول أعالي الحوض مما يؤدي الى اضطرار العراق الى اجراء تعديلات كبرى في برنامج إدارة الموارد المائية واتخاذ الاستراتيجيات اللازمة لمعالجة ازمة المياه .

الجدول4. المتطلبات المائية الحالية والمستقبلية للعراق(2000-2030).

ت	المتطلبات السنوية للمياه بليون م3	2000	2010	2030
1	الزراعية	45	51+	64+
2	المنزلية	1.8	3.6	5.2+
3	الصناعية	0.5	1.3	2.9+
4	المجموع	47.3	56+	72+
5	الايراد المائي لنهري دجلة والفرات بليون م3	62	45-	29-
6	الموازنة المائية	14.7	11-	43-

5- انتهاء العمر الافتراضي للقنوات المائية المبطنة

تعد عملية تبطين الجداول والقنوات والمشاريع المائية من اهم الطرق التي استعملت في التقليل من عملية ضياع المياه السطحية وتفادي تسربها الى باطن الأرض التي بدورها تؤثر على تذبذب مياه الأنهار في منطقة الدراسة ، وقد تم استعمال الجداول والقنوات المبطنة التي يرجع تاريخها الى مدة السبيعنات وعند انشاء تلك الجداول والقنوات المائية المبطنة قد حدد عمرها الافتراضي الذي يصل الى (30 سنة) ، مما يلاحظ ان عمرها قد تجاوز الى (44 سنه) من غير ادامة او عمليات صيانة لتلك القنوات ، فضلا لما تعرضت من اعمال تخريب وتكسير خلال مدة الاحداث التي مر بها العراق ، ومن ثم أصبحت تعاني من مشاكل عديدة بسبب سوء التنفيذ والاندثار والعمليات العسكرية مما أدى الى تشققها وتكسرها مما تسبب ضياع كميات كبيرة من المياه ومن ثم تذبذب تصاريف الأنهار، ومن ثم فان قدم شبكات المياه وما ينتج عنها من ثقوب وانكسارات ناتجة عن ضغط المياه وهي بحاجة ماسة للإصلاح والتغيير ، كما ان انابيب المياه مدفونة تحت التراب بدل من الانفاق مما يتطلب وقت لاصلاحها (Al-Ghizy, 2025)

6- التجاوز على الحصص المائية

تواجه منطقة الدراسة فضلا عن التحديات الخارجية المتمثلة بنقص الايراد المائي وتردي نوعيتها نتيجة لعوامل خارجية متمثلة بتحكم المياه من قبل دول المنبع من جهة نتيجة قيامها بانشاء العديد من المشاريع المائية، تحديات داخلية متمثلة بالتجاوز على الحصص المائية المقررة لكل محافظة من خلال دور المحافظات العراقية الشمالية والوسطى بإقامة العديد من السدود وكذلك استلام اكثر من حصتها المائية المقررة وهذا انعكس على منطقة الدراسة سلبيا من حيث تباين كميات التصريف والمنسوب ، اذ يعد تجاوز المحافظات الأخرى على الحصص المائية

لمنطقة الدراسة من اهم المشاكل التي تعقد امنها المائي ويهدد بنقص كبير على كمية المياه الواصلة الى منطقة الدراسة اذ ان نقص كمية المياه سيكون لها اثار سلبية على تراجع مساحات الاهوار والأنشطة الاقتصادية الأخرى.

7- سوء الإدارة والتخطيط للموارد المائية

اذ يؤدي سوء إدارة المياه وعدم استخدام الطرق العلمية الصحيحة في الري الى هدر حوالي 50% من المياه المستهلكة ، والجزء الأكبر من الهدر يحصل نتيجة رداءة أنظمة الري ، اذ يضيع 60 % من مياه الري في العراق بسبب اعتماد طرائق الري التقليدية ، ولا يقتصر سوء الإدارة على أسباب تقنية فحسب بل هي ناتجة أيضا عن ظروف توفير المياه ولاسيما الري بشكل مجاني او بأسعار رمزية ، الامر الذي يترك المجال للأفراط في استهلاكها وضياع الجزء الأكبر منه (Al-Maamouri,2010)

8- الزيادة السكانية

اذ ازدادت الاستهلاكات المائية في الآونة الأخيرة بسبب زيادة متطلبات السكان وتعدد استخداماتهم مابين الغسل والاستحمام والبناء وغير ذلك من الاستخدامات مما اثقل كاهل نهري دجلة والفرات ومن ثم أصبحت مشكلة الشحة المائية تلوح في الأفق ، فضلا عن ارتفاع المستوى المعيشي للسكان والتطور الحضاري والثقافي ضاعف الطلب على المياه ، مما سبب في حدوث ازمة مائية وندرتها من جهة ، وتلوثها بالملوثات الصناعية والمنزلية والزراعية من جهة أخرى .

الاثار البيئية الناجمة عن ازمة المياه في محافظة ذي قار

1- اثرها على تغير عناصر المناخ المحلي

نتيجة للشحة المائية الحاصلة في منطقة الدراسة فقدت منطقة الدراسة (التكييف الطبيعي) وهذا ما يتضح من خلال عناصر المناخ الاتية :-

درجة الحرارة

من خلال اجراء عملية المقارنة بين المدد الزمنية لمعرفة الفروقات التي حصلت في درجة الحرارة اتضح من الجدول (5) ان مقدار التغير لدرجة الحرارة لمحطة الناصرية وللمدة (1970-1990) اذ كانت (24.51) م كمعدل عام وارتفعت الى (25.59)م للمدة (1991-2003)وهي المدة التي قضي فيها على معظم مساحات الاهوار، كما ارتفعت وبشكل كبير الى (26.33) م للمدة (2003-2025) مما يتضح ان تقلص مساحة الموارد المائية أدت الى ارتفاع درجات الحرارة ارتفاع ملحوظ خلال المدة الأخيرة قياسا بالمدة الأولى وساهم في زيادة الجفاف التي تعاني منه المنطقة بعد ان كانت المسطحات المائية لها دور كبير في تلطيف درجات الحرارة .

الجدول5. تغير عناصر المناخ لمحطة منطقة الدراسة خلال المدة (1970-2025)

المدة	مقدار التغير في درجات الحرار ة (م)	مقدار التغير في الامطار (ملم)	مقدار التغير في الرطوبة النسبية (%)	مقدار التغير في التبخر (ملم)	مقدار التغير في الغبار المتصاعد يوم/سنة
1970-1990	24.51	169.9	46.33	3521	78
1991-2003	25.59	149	42.71	3135	109
2004-2025	26.33	102	39.57	3761	115

الامطار

يتضح من الجدول (5) ان مجموع كمية الامطار السنوية الساقطة في محطة منطقة الدراسة خلال المدة (1970-1990) كانت (169.9) ملم وهو اعلى من مجموع كمية الامطار الساقطة خلال المدة (1991-2003) والبالغة (149) ملم في حين بلغ (102) ملم للمدة (2004-2025) وهذا يعني ان الاتجاه العام للأمطار في منطقة الدراسة اتجه نحو الانخفاض مما

ادى هذا الانخفاض المتواصل في كمية الامطار الى حدوث تقلص في المساحات المائية للانهار ولأهوار مما زاد من تأثير الجفاف واصبح النظام البيئي هشا وحساسا لأي تدخل سلبي .

الرطوبة النسبية

لقد شهدت الرطوبة النسبية تغيرات واضحة تدل على وجود تغير مناخي فقد اتجهت نحو الانخفاض في منطقة الدراسة فبعد ان كان معدل الرطوبة النسبية (46.33) % للمدة (1970-1990) و(42.71) % للمدة (1991-2003) انخفضت وبشكل كبير الى (39.75)% للمدة (2004-2025) ينظر الجدول(5) ويعزى هذا الانخفاض الى ارتفاع درجات الحرارة الذي شهدته المنطقة، وكذلك جفاف مساحات واسعة من الاهوار التي تعد مصدر للرطوبة ، فضلا عن قلة الغطاء النباتي .

التبخر

يتضح من الجدول (5) ان هناك تباين في معدلات التبخر خلال مدد الدراسة ، اذ بلغ المجموع السنوي (3521ملم) للمدة (1990-1970) في حين بلغ (3135) ملم للمدة (1991-2003) في حين بلغ (3761) ملم للمدة (2004-2025) مما يدل على وجود مؤشر نحو الزيادة في نسب التبخر خلال المدة الاخيرة بسبب ارتفاع درجات الحرارة وانخفاض الرطوبة النسبية .

الغبار المتصاعد

يتضح من الجدول (5) ان مقدار الغبار المتصاعد خلال المدة (1970-1990) بلغ (78) يوم/سنة ، اما خلال المدة (1991-2003) بلغ (109) يوم/سنة وارتفع الى (115) يوم/سنة خلال المدة (2004-2025) نتيجة لتراجع وانحسار مساحة المسطحات المائية والغطاء النباتي وانتشار المناطق المتصحرة ، فضلا عن ارتفاع درجات الحرارة الذي تؤدي الى جفاف التربة مما يجعلها اكثر عرضة للتطاير بفعل الرياح

2- التاثير على الزراعة

يقع العراق جغرافيا في الحزام الأكثر ارتفاعا في الحرارة وجفافا في العالم ، مما يعني ان الزراعة فيه تعتمد على الموارد المائية السطحية لتوفير مياه الري اللازمة لاستقرار واستدامة الزراعة ، يأتي العراق في المرتبة الأولى من الأقطار العربية من حيث اعتماده على الري السيحي وبالتالي الزراعة المروية ، وتعتبر العامل الأكثر تحديدا للإنتاج الزراعي فهي بذلك عنصر نادر في مجال التوسع الزراعي (Al-Naseh,2020)

يتضح من الجدول (6) ان هناك تباين في المساحات الزراعية اذ سجلت اعلى مساحة عام 1990 اذ بلغت مساحة الأراضي الزراعية (4898.82) كم2 بسبب وفرة المياه اذ كانت الزراعة هي النشاط والحرفة السائده لدى سكان المحافظة آنذاك وتناقصت الى (1182) كم2 عام 2020، بينما سجلت عام 2025 انعدام للخطة الزراعية اذ لا توجد خطة للموسمين بسبب شحة المياه السائدة في المحافظة اذ أدت ازمة المياه في المحافظة الى حرمان الكثير من الأراضي الزراعية من مياه السقي وانحسار رقعة المساحات الخضراء والمراعي الطبيعية ولم يقتصر الامر على كمية المياه فقط بل ان التدهور الحاصل في نوعية المياه اثر على نوعية وكمية المنتج الزراعي لكون بعض النباتات تتاثر بالزيادة الملحية للتربة والمياه .

الجدول6. مساحة الأراضي الزراعية (كم2) للمدة (1990-2025)

ت	السنة	مساحة الأراضي الزراعية (كم2)
1	1990	4898.82
2	2020	1182
3	2025	0

3- اثر المياه على التصحر

يعد التصحر احد اخطر القضايا البيئية في العالم والناجمة عن تظافر مجموعة من التغيرات الطبيعية وضغط الأنشطة البشرية ومع ازمة المياه التي تعاني منها منطقة الدراسة وتدهور نوعيتها وتاثير التبخر وارتفاع درجات الحرارة خلال الموسم الصيفي جعل أجزاء كبيرة من منطقة الدراسة تتعرض للتملح وتشقق التربة التربة وانتشار السباخ فيها وهذا ما يتضح من الجدول (7)

فبعد ان كانت مساحة المناطق المتصحرة تشكل (6968) كم2 عام 1990 ، ارتفعت وبشكل ملوحظ الى (8687) كم2 عام 2025 وهي مؤشر خطير لاتساع المساحات المتصحرة في المحافظة ويعزى هذا الارتفاع الى قلة هطول الامطار التي تعاني منها منطقة الدراسة اذ تفقد الكثير من قيمتها الفعلية نتيجة لارتفاع درجات الحرار والتبخر مما يؤدي الى قلة غسل التربة من الاملاح المتخلفة وبالتالي تصبح التربة غير صالحة للزراعة مما يؤدي الى جفافها وتشققها ومن ثم تبدا الرياح في نحتها ونقلها الى أماكن أخرى فضلا عن عدم توفر الحصة المائية الكافية مما أدى الى انعدام الغطاء الخضري ، واستفحال مشكلة تملح التربة بسبب ملوحة مياه الري وعدم وجود شبكات بزل ، فضلا عن الأنشطة البشرية (غير الرشيدة) التي تعرضت لها منطقة الدراسة .

الجدول7. مساحة الأراضي المتصحرة (كم2) للمدة (2025-1990)

ت	السنة	مساحة المناطق المتصحرة (كم2)
1	1990	6968
3	2025	8687

4-التاثير على عمليات انعاش الاهوار

تعد الاهوار ظاهرة طبيعية ذات تنوع بيئي واحيائي من الثروة الحيوانية والنباتية والسمكية والطيور إضافة الى أهميتها في الحد من التصحر وتلطيف المناخ ، اذ تعرضت الاهوار الى تغيرات بيئية نتيجة للتغيرات المناخية التي نجم عنها قلة التساقط والارتفاع الكبير لدرجة الحرارة وانخفاض الرطوبة النسبية ، فضلا عن تاثير مشاريع أعالي الحوض التي أدت الى انخفاض الايراد المائي الواصل الى العراق ولاسيما لمنطقة الدراسة بحكم موقعها في الجزء الجنوبي مما انعكس وبشكل كبير على تقلص مساحات الاهوار وتراجع في عملية انعاشها وهذا ما يتضح من خلال الجدول (8) ولوحة (1)، (2)

الجدول8. مساحة الاهوار ونسب اغمارها قبل وبعد الشحة المائية

ت	القضاء/ الناحية	مساحة الاهوار /دونم	نسبة الاغمار قبل الشحة المائية	نسبة الاغمار بعد الشحة المائية
1	الإصلاح	32000	%54	%5
2	سوق الشيوخ	34000	%50	%5
3	كرمة بني سعيد	76000	%82	%5
4	الفهود	134.066	%65	%5
5	الجبايش	350.800	%80	%5
6	المنار	159.598	%70	%5
7	الطار	10000	%100	%5
	المجموع	796.464		

لوحة (1) جفاف وانحسار المياه عن اهوار منطقة الدراسة (الاهوار الوسطى) سنة 2025



لوحة (2) الجفاف الحاصل في اهوار منطقة الدراسة لسنة 2025



5-التاثير على الثروة الحيوانية

يتضح من الجدول(9) أن هناك تباين في نفوق أعداد الحيوانات ولا سيما الجاموس الذي هو من المصادر الرئيسية لمعيشة سكان الاهوار إذ بلغ مجموع أعداد الجاموس النافقة (13583) راس وكذلك الحال بالنسبة للابقار والاغنام اذ قدرت (2500، 1571) راس على التوالي .

ويعزى سبب هذا النفوق من الحيوانات الى عدم توفر البيئة المناسبة ولاسيما بالنسبة للجاموس والمتمثلة ببيئة الاهوار والمستنقعات المائية نتيجة التراجع في عمليات انعاشها وتقلص مساحتها وقلة الغطاء النباتي (القصب والبردي) الذي يعتمد عليها في غذاءه (أي قلة مساحات الرعي) ينظر اللوحة (3) ، ومن ثم انخفاض دعم الاعلاف المقدمة لهذه الحيوانات والخدمات البيطرية ، تعرض أماكن الرعي للجفاف نتيجة انخفاض مناسيب المياه والهجرة القسرية .

الجدول9. اعداد الحيوانات النافقة في منطقة الدراسة للمدة (2021-2024)

ت	القضاء/ا لناحية	الجاموس	الابقار	الاغنام
1	الجبايش	6035	370	-
2	المنار	523	154	354
3	الفهود	1030	200	684
4	الطار	1273	466	160
5	سوق الشيوخ	1280	395	256
6	كرمة بني سعيد	3442	915	117
7	المجموع	13583	2500	1571

لوحة (3) تاثير الجفاف وشحة المياه على الجاموس .(منظمة الجبايش للسياحة البيئية)



6- التاثير على الثروة السمكية

ان الثروة السمكية تعرضت هي الأخرى الى تدهور كبير نتيجة لشحة المياه وتدهور نوعية المياه اذ عملت انخفاض مناسيب المياه وارتفاع تراكيز الاملاح الى نفوق اعداد كبيرة من الأسماك وانقراض أنواع منها مما انعكس على انخفاض انتاج الأسماك اذ يتضح من الجدول (10) ان كمية الأسماك قدرت (2926.22) طن عام 1990 وانخفضت الى (2051) طن عام 2025اذ ان معظم هذه الكمية تعود الى الاستزراع السمكي في الاحواض النهرية مع بقاء الطلب العالي عليها وسرعة نموها ، مما جعلها البديل الأساس بعد تراجع وتقلص المساحات المائية وتدني نوعيتها .

الجدول10. كميات الأسماك المصطادة في منطقة الدراسة للمدة (1990-2025)

ت	السنة	الأسماك المصطادة (طن)
1	1990	2926.22
3	2025	2051

كما يتضح من الجدول (11) ان بعض الأسماك انقرضت نتيجة لتدهور البيئة المائية ، اذ ان هذه الأسماك تتطلب مياه عذبة قليلة الملوحة ، غنية في الاوكسجين ومع الشحة المائية التي تشهدها منطقة الدراسة فقدت الأسماك الموئل المناسب لها .

الجدول11. الأسماك المنقرضة نتيجة الجفاف الحاصل في منطقة الدراسة وتردي نوعيتها

ت	الاسم	الاسم العلمي
1	البني	Barbus sharpey
3	الكطان	L uciobarbus Xanthopterus
4	الشبوط	Arabibar bus grypus

7-التاثير على التنوع الاحيائي (الطيور)

نتيجة الجفاف الحاصل في مياه اهوار منطقة الدراسة ، وتيبس الغطاء النباتي ، وكذلك نفوق الاسماك في الاهوار ، او من خلال التعدي على الطبيعة في بعض مناطق الاهوار بفعل الصيد غير اي صيد الطيور المهاجرة بصورة جائرة وباستخدام كافة وسائل الصيد غير المشروعة ، اذ يقوم عدد من الصيادين بحرق القصب والبردي لاخراج الطيور وصيدها في المناطق المفتوحة ومنها طيور دجاج الماء الاسود والنحام الوردي والخضيري والحذاف الشتوي وغيرها من الطيور المهاجرة . وتتعرض اسراب الطيور الواصلة للاهوار الى الصيد بالطرق الممنوعة بواسطة استخدام الحنطة المعفرة بالسموم ، وتسويقها في المدن خاصة البط الذي يفضل المكوث والتكاثر في اماكن ضيقة ومحددة وسط الهور مما يجعل مهمة صيده اسهل كل هذه الاسباب اثرت في تواجد انواع الطيور في الاهوار وجعلته عرضه للتقزم والانقراض ينظر الجدول (12) الذي يشير الى اهم انواع الطيور المائية المنقرضة والمهددة بالانقراض

الجدول12.الطيور المنقرضة والمهددة بالانقراض (Al-Askari, 2022).

	الطيور المنقرضة		الطيور المهددة بالانقراض	
ت	الاسم العربي	الاسم العلمي	الاسم العربي	الاسم العلمي
1	الحباري	Houbara	بجع الوادي	Dalmatian pelican
2	الغطاس الصغير	Tachybaptus ruficollis	البط الرخامي	Marbed teal
3	هازج القصب	Basra Reed	الغاق الصغير	Cormorant pygmy
4	غراب	Corvus	الصقر	Aqulia heliacal
5	الخضيري	Anas platyrhynch	الصقر ابيض الذيل	Eetus Halia albicilla
6	الحذاف المنجلي	Anas falcate	البط ابيض الراس	Oxyuyra Leucocephala
	ابقع	corone capellanus	الامبريالي	

8- التاثير على التنوع الاحيائي (النباتي)

ان الجفاف الحاصل في منطقة الدراسة ادى الى موت الحياة النباتية وانتشار الاراضي الجرداء الخالية من النباتات نتيجة الظروف المناخية المحلية التي اتسمت بارتفاع درجات الحرارة العالية وارتفاع نسب التبخر ، مما ادى الى اختفاء النباتات المائية التي كانت سائدة في منطقة الدراسة وتعرضها للهلاك والانقراض ينظر الجدول (13) وانتشار النباتات المائية الغريبة والغازية مثل (الشمبلان ، زهرة النيل، الكطل).

الجدول13.النباتات المائية المنقرضة والمهددة بالانقراض في منطقة الدراسة . (Al- 2022 Askari,

	النباتات المنقرضة		النباتات المهددة بالانقراض	
ت	الاسم العربي	الاسم العلمي	الاسم العربي	الاسم العلمي
1	الكعيبة الكبيرة	Nymphaeaceae haea Nymp	لسان الثور	Potamogenonceae Potamogeton
2	عدس الماء	Minor Lemna	الكرط	Lndica Melilotus
3	السعدة المستديرة	Cyperus routndus	الغزيرة	Antas Salvinia
4	زئبق الماء	Nymphaea albe	الجرخت	Cyperus phgmaeus
5	ذيل الحصان	Potamogenonceae Potamogetonl	ذيل العتوي	Polypogon Monspeliensis
6	راس السهم	Alismataceae Sagitthariа Sagittifoli	خويصة	Llisneriava Spiralis

9- التاثير على صحة الانسان

ان ازمة الجفاف الحاصلة في منطقة الدراسة وتدني نوعيتها أدى الى تركيز الملوثات في المياه القليلة المتبقية ولاسيما بالنسبة لمياه الاهوار باعتبارها مياه راكدة وتمتاز بعدم حركتها مما ساعد على انتشار العديد من الامراض والاوبئة ، اذ يتضح من الجدول (14) وجود تباين زماني بين عدد الإصابات للامراض المسجلة في محافظة ذي قار اذ تبين ان اعداد المصابين بمرض الكوليرا بين (62-109) إصابة خلال المدة (2010-2025)

اما بالنسبة لمرض التهاب الكبد تباين هو الاخر بين (87-167) إصابة للمدة (2010-2025) ، اما الامراض السرطانية فقد شهدت هي الأخرى ارتفاع في عدد الإصابات فبعد ان كانت تشكل (934) إصابة لعام 2010 ارتفعت الى (1968) إصابة عام 2025 ويعزى هذا الى التلوث البيئي التي تشهدها المحافظة وتقلص الغطاء المائي والنباتي ولاسيما بالنسبة للاهوار اذا كان لهذا الغطاءين ولاسيما النباتي دور كبير في التقليل من تركيز الملوثات والحد من انتشارها من خلال العمل على تحويل العديد من المركبات العضوية والمعادن الثقيلة للماء والهواء وتحويلها الى مركبات اقل سمية ، وفيما يخص الامراض الجلدية ينظر اللوحة (4) ولاسيما المتمثلة بمرض الجدري والجرب فقد تباينت هي الأخرى في عدد الإصابات فبعد ان كانت الإصابة بمرض جدري الماء (1551) عام 2010 ارتفعت الى (3865) إصابة عام 2025 ، وكذلك الحال بالنسبة لمرض الجرب تباين من (573-252) إصابة للمدة (2010-2025) نتيجة لتدهور نوعية المياه وعدم مطابقتها للمواصفات المحددة اذ أصبحت غير صالحة للاستعمال مما انعكس على انتشار الامراض الجلدية .

وفيما يخص امراض الجهاز التنفسي اخذت الإصابات أيضا بالارتفاع من (13281-14203) إصابة للمدة (2010-2025) بسبب شحة المياه وتقلص الغطاء الخضري وارتفاع نسبة المناطق المتصحرة مما جعلها عرضة لاثارة الغبار والاتربة وهذا انعكس على الإصابة بامراض الجهاز التنفسي ولاسيما المتمثلة بمرض (الربو والتهابات القصبات الهوائية) ، اما امراض الجهاز الهضمي اذ ارتفعت أيضا من (31555-48922)إصابة للمدة (2010-2025) يعزى هذا الارتفاع الى تدهور نوعية المياه وعدم مطابقتها للمواصفات الصحية .

الجدول14. اعداد المصابين ببعض الامراض نتيجة تدهور نوعية المياه

ت	نوع المرض	اعداد المصابون لسنة 2010	اعداد المصابون لسنة 2025
1	الكوليرا	62	109
2	التهاب الكبد	87	167
3	الامراض السرطانية	934	1968
4	الفشل الكلوي	1785	8053
5	جدري الماء	1551	3856
6	الجرب	252	573
7	امراض الجهاز التنفسي	13281	14203
8	امراض الجهاز الهضمي	31555	48922

لوحة (4) الإصابة ببعض الامراض الجلدية نتيجة تدهور نوعية المياه.

(منظمة الجبايش للسياحة البيئية)



10- التاثير على هجرة السكان

شهدت منطقة الدراسة حالات من النزوح بسبب شحة المياه وتدهور نوعيتها التي فتكت بالعديد من الأرضي الزراعية والثروة الحيوانية والسمكية مما أدى الى فقدان مصادر رزقهم وبالتالي انعكست على وجود هجرة قسرية ، بلغ عدد العوائل المتاثرة بالجفاف 6860 عائلة ، بلغ عدد العوائل النازحة خارج المحافظة 266 عائلة ، من أعماق الاهوار الى القضاء والناحية 1185 عائلة (وزارة الزراعة، 2025) .

نتيجة لشحة المياه مما أدى الى هجرة اعداد كبيرة من سكان الاهوار وهذا بحد ذاته ولد مشاكل عديدة من انخفاض المستوى ألمعاشي والبطالة ، وقلة الخدمات الصحية والتعليمية والسكنية لأنه ولدا ضغطا على المنطقة ، فضلا عن القضاء على العديد من الصناعات التي كانت تمتاز بها مناطق الاهوار مثل صناعة الحصران والقوارب والصناعات الغذائية المرتبطة بتربية الحيوانات الموجودة في مناطق الاهوار وغيرها من الأنشطة .

66. **الاستنتاجات (SA 10)**

1- أظهرت نتائج الدراسة ان الازمة المائية الحاصلة لمنطقة الدراسة هي وليدة تظافر مجموعة من العوامل الطبيعية والبشرية ولاسيما العامل البشري اذ يعد العامل المتحكم الأكبر في الازمة المائية الحاصلة للعراق بشكل عام ومنطقة الدراسة بشكل خاص سواء كانت أسبابها (داخلية ، خارجية)

2- أظهرت نتائج الدراسة ان الشحة المائية التي تشهدها منطقة الدراسة كان لها دور بارز في تغير عناصر المناخ المحلي بعد ان كان لهذه المساحات المائية دور كبير في تلطيف المناخ اذ ارتفعت وبشكل ملحوظ معدلات درجة الحرارة والتبخر والعواصف الغبارية خلال المدة (1970-2025) مما أدى انعكس سلبا على البيئة المحلية والأنظمة الهيدرولوجية المرتبطة بها .

3- أظهرت الدراسة تراجع المساحات الزراعية بشكل واضح فبعد ان كانت تشكل مساحتها (4898.82 كم2 عام 1990 انخفضت الى (1182كم2) عام 2020 وانعدمت الزراعة عام 2025 بسبب التناقص الحاصل في كمية المياه وتدهور نوعيتها وتملح الترب في منطقة الدراسة

4- ان الشحة المائية التي تشهدها منطقة الدراسة كان لها دور بارز في استفحال ظاهرة التصحر حيث قدرت مساحتها (8687 كم2) عام 2025 بعد ان كانت تشكل (6968 كم2) عام 1990 مما أدى الى انحسار مساحات كبيرة من الغطاء النباتي وظهور أراضي جرداء (قاحلة)

5-نفوق اعداد من الثروة الحيوانية ولاسيما الجاموس والثروة السمكية بعد فقدان الموئل المناسب لهم بسبب التدهور الحاصل في كمية ونوعية المياه

6-ان الجفاف الحاصل في منطقة الدراسة ادى الى انقراض الحياة النباتية وانتشار الاراضي الجرداء الخالية من النباتات ، وانتشار النباتات المائية الغريبة والغازية مثل (الشمبلان ، زهرة النيل، الكطل).

7–أظهرت الدراسة ان هناك ارتفاع ملحوظ في اعداد المصابين بالامراض المرتبطة بتلوث المياه مثل امراض الكوليرا وجدري الماء والجرب وامراض الجهاز الهضمي ، فضلا عن الامراض التنفسية نتيجة الجفاف والتصحر .

8–ان الازمة المائية كان لها انعكاس سلبي كبير على الجانب الاقتصادي من خلال تراجع المساحات الزراعية ونفوق اعداد من الثروة الحيوانية والسمكية مما أدى الى فقدان السكان مصادر وحدوث هجرة قسرية للسكان

67. الشكر والتقدير

1. أتقدم بالشكر الجزيل الى وزارة الموارد المائية ودائرة الزراعة ومديرية صحة ذي قار ومنظمة الجبايش لتسهيل مهمة اجراء هذ الدراسة

6–المراجع

Ahmed, Ziad Wahab, Environmental Analysis of Geographical Factors Affecting the Quantity and Quality of Rainfall in Dhi Qar Governorate (A Study in Environmental Pollution), Unpublished Master's Thesis, College of Education, University of Basra, 2007, p. 114 (ln Arabic)

Al-Badri, Basim Hazem, The Impact of Water Scarcity on Irrigated Agriculture in Iraq, Journal of Administration and Economics, Issue 80, 123, 2010, p123(ln Arabic)

Al-Khayyat, Hassan, Geography of the Marshes and Swamps of Southern Iraq, Institute of Arab Research and Studies, Cairo, 1975, p. 4(ln Arabic)

Al-Jawahiri, Imad Ahmed Abdul-Sahib and Reda Abdul-Jabbar Al-Shammari, Water Problems in Iraq: Reality and Proposed Solutions, Al-Qadisiyah Journal of Law and Political Science, Issue 1, Volume 2, 2009, p. 6(ln Arabic)

Aktami, Hussein Abdul Wahid, The Problem of Water Scarcity in Basra Governorate and its Impact on the Environment and Development, Journal of Educational Studies, Issue 52, 2020, p. 291(ln Arabic)

Al-Askari, Haider Abdul Mohsen Kadhim, The Phenomenon of Drought in Dhi Qar Governorate for the Period (1990-2020) and Some of its Environmental Effects (Unpublished PhD Dissertation), College of Arts, University of Dhi Qar, 2022, p. 158(ln Arabic)

Al-Ghizy, Hassan Sawadi Najiban, The Hydrology of the Shatt al-Gharraf and its Investments, Master's Thesis (Unpublished), College of Education, University of Basra, 2005, p. 10(ln Arabic).

Al-Ghizy, Fatima Hadi Anad, Detecting Hydrological Changes in Southern Iraq and their Environmental Effects for the Period (1975-2024) Using Remote Sensing Technology and Geographic Information Systems, Unpublished PhD Dissertation, College of Arts, University of Dhi Qar, 2025, p. 69(ln Arabic)

Al-Maamouri, Muhammad Ali Musa and Thaer Mahmoud Rashid Al-Ani, The Economic Dimensions of Water Management Strategy in Light of the Challenges of the Water Crisis and its Repercussions on the Iraqi Economy, Journal of the Al-Mustansiriya Center for Arab and International Studies, Al-Mustansiriya University, Issue 31, 2010, p. 38(ln Arabic)

Al-Naseh, Ahmed Kamel Hussein, The Reality of Surface Water Use in Agriculture in Iraq and Future Prospects until 2020, Unpublished Master's Thesis, College of Agriculture, University of .Baghdad, p. 136(ln Arabic)

Hussein, Abdul Sattar Salman, The Southeastern Anatolia Project (GAP): Technical Aspects, Bayt Al-Hikma Journal, Second Year, Issue 7, 2000, p. 35(ln Arabic)

Saad, Kadhim Shanta, The Geography of the Iraqi Marshes: Between Flourishing, Drainage, and Reflooding, Dar Al-Wafa Publishing, Amman, 1st Edition, 2023, p60(ln Arabic)

Salim, Shakir Mustafa, Al-Jubayish: An Anthropological Study of a Village in the Iraqi Marshes, 2nd ed., Al-Ani Press, Baghdad, 1970, p44(ln Arabic)

oraibi, Hussein Juban, Evaluation of the Qualitative Characteristics of Tigris River Water in Maysan for the Period 2004-2005, Journal of Arts of Basra, No. 47, 2008, p. 229(ln Arabic)

Farhan, Diaa Rafiq and Karim Hani Muhammad, Environmental Planning for the Revitalization of the Al-Sanaf Marsh with Water from the General Outfall Drain in Dhi Qar Governorate, Journal of Planning and Development, No. 25, 2012, p. 44. (ln Arabic)

Noumas, Hamdan Baji and Hussein Abdul Wahid Aktami, Hydrological Characteristics of the Karun and Karkheh Rivers / Southwest Iran, Arabian Gulf Journal, Vol. 44, Nos. 3-4, 2016, p 48(ln Arabic).

Ministry of Water Resources, Report on the Marshes of Nasiriyah, unpublished, 2003, p. 13(ln Arabic)

ntegrating Artificial Intelligence Models with GIS for Predicting Drought and Water Degradation in Diyala Governorate

Abdulameer Ahmed Abdullah 1, Basim Najim AL-Din Abed 2,

Tanzeeh Majeed Hameed 3, Khalid Nueman Muhamad 4,

Yazan Jaradat 5,

abdulameer.ge.hum@uodiyala.edu.iq basim007@yahoo.com
tanzeeh.ge.hum@uodiyala.edu.iq

abdulameer.ge.hum@uodiyala.edu.iq yazanjaradat88@gmail.com

1 Department of Geography, College of Education for Humanities, University of Diyala, Baquba, Iraq

2 Department of Geography, College of Education for Humanities, University of Diyala, Baquba, Iraq

3 Department of Geography, College of Education for Humanities, University of Diyala, Baquba, Iraq

4 Department of Geography, College of Education for Humanities, University of Diyala, Baquba, Iraq

5Department of Computer Science, College of Information Technology, University of Yarmouk, Irbid, Jordan

ABSTRACT

Drought and water problems are big environmental issues in dry and semi-dry places, especially in Iraq's Diyala Governorate. Here, changing weather and human actions have made water shortages worse. This study creates a system that mixes artificial intelligence (AI) models with Geographic Information System (GIS) tools. This system predicts how bad droughts will be and finds areas where water quality is getting worse. We use information from many sources, collected from 2000 to 2024. This includes weather data, drought measurements (SPI, SPEI), water flow records, and satellite data (NDVI, NDWI, LST). This data helps us train machine learning models to classify droughts and forecast them over time. The study also uses GIS to map where severe droughts are expected. This will help people who plan water use make better choices. The AI-GIS system we propose gives a way to improve drought monitoring and early warning systems in areas that always struggle with water shortages. This paper describes the methods used, reviews past research, and outlines the study's structure.

. Keywords:

drought prediction , artificial intelligence , GIS , machine learning , remote sensing

using environmental data from many sources. It will also create maps showing drought in different areas to help manage water resources in Diyala Governorate based on risk. This paper is set up as an academic article ready for real data to be added.

69. AIM OF STUDY

The primary aim of this study is to develop an integrated and practical framework that combines Artificial Intelligence techniques with Geographic Information System (GIS) tools to enhance the prediction, analysis, and spatial representation of drought conditions and water degradation in Diyala Governorate, Iraq. Specifically, the study seeks to improve the understanding of spatio-temporal drought dynamics by leveraging long-term hydroclimatic data, drought indices (SPI and SPEI), and machine learning models capable of capturing nonlinear environmental interactions. By transforming model outputs into spatially explicit GIS-based maps, the research aims to support informed decision-making for water resource management, agricultural planning, and drought risk mitigation in a region experiencing increasing climatic stress. Ultimately, the study aspires to contribute a scalable and adaptable methodological approach that can serve as a foundation for early warning systems and sustainable water management strategies in arid and semi-arid environments.

70. LITERTURE REVIEW

Drought prediction has been studied a lot in many climate zones using different modeling methods. Basic statistical techniques like autoregressive integrated moving average (ARIMA) models have been widely used but often fail to capture the complex, non-linear patterns of water and climate [5]. In contrast, machine learning methods have greatly improved how accurately we can forecast droughts

68. INTRODUCTION

D

rought is a complicated and repeated weather event that harms ecosystems, farming, and water availability globally. Among countries in the Middle East, Iraq is one of the most at risk from water shortages caused by climate change. This problem is made worse by rising temperatures, less rain, dams built upstream, and too much groundwater being used [1]. Diyala Governorate in eastern Iraq has had many bad droughts in the last twenty years. This has led to less plant cover, lower river flows, and serious economic and social problems. New developments in artificial intelligence (AI) and remote sensing now offer better ways to track, predict, and manage droughts with more accuracy in terms of location and time. Old water models struggle to deal with unpredictable climate changes. However, AI methods like Random Forest (RF), Long Short-Term Memory (LSTM) networks, and extreme gradient boosting (XGBoost) have shown they are much better at modeling complex environmental interactions [2][3]. In the same way, GIS has improved how we see and study environmental dangers in space. This helps decision-makers find areas prone to drought and decide which बचाव strategies are most important [4]. Combining AI with GIS gives a good way to look at drought monitoring from many angles. This combination helps create early warning systems, assess how vulnerable areas are, and build predictive models that can guide sensible water management. This is especially important in Diyala, where farming and city water supplies are seriously threatened by extreme weather and human pressures. This study aims to build an AI–GIS system to predict drought conditions

prediction maps for the governorate, which is a gap this study aims to fill.

71. MATHODOLOGY

This research uses a framework that mixes artificial intelligence (AI) with Geographic Information Systems (GIS). We used this to model, look into, and forecast how bad droughts would be and how much water resources would go down in Diyala Governorate from 2000 to 2024. Our method (called Option C: AI + GIS + Interactive Mapping + Real Input Data) has four main parts: getting data ready, figuring out drought levels, using AI to make predictions, and mapping the environment in space.

71.1. Data Collection and Preprocessing

For this study, we collected climate and water data from many places. We got it from official sources and satellites, like the Iraqi Meteorological Organization, the Ministry of Water Resources, NASA's Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS), and the ERA5 climate reanalysis data. All the raw data went into one organized file, dataset.csv. We put this right into our analysis system so our work could be redone and would always be the same. The information we picked included how much rain fell each month (in mm), the highest and lowest temperatures (in °C), how much water evaporated (ET), how humid it was (in %), the air pressure on the surface (in hPa), and, if we had it, how much water flowed in rivers (in m^3/s). Before we made our models, we carefully got the data ready. This involved: (1) Cleaning the data, which meant getting rid of copies and filling in missing information using a method called interpolation or K-Nearest Neighbors (KNN); (2) Making the timeframes the same, so all our time information lined up with a regular monthly rhythm and the dates were in the same style; and (3) Creating new useful by using climate and satellite data from many sources.

70.1. Artificial Intelligence Approaches

Machine learning models such as Random Forest, Support Vector Machines, and Artificial Neural Networks have been used successfully to classify and predict droughts [6]. Deep learning models, especially LSTM networks, have performed well in forecasting water flow over time because they can remember long-term patterns [7]. Group learning methods like XGBoost and RF are reliable when dealing with messy environmental data, making predictions more stable [8].

70.2. Remote Sensing and Drought Monitoring

Remote sensing measurements like NDVI, NDWI, LST, VCI, and TCI have been widely used to track plant stress and dry soil [9][10]. Finding droughts using satellite pictures from MODIS, Landsat, and Sentinel gives useful information about plant health and land degradation [11].

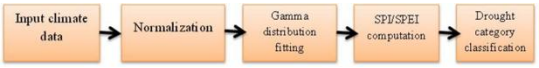
70.3. GIS Integration

GIS is very important for mapping where droughts happen, layering climate information, and finding spatial patterns that relate to environmental management [12]. Combining AI predictions with GIS allows for predicting droughts in both time and space, and creating detailed maps of vulnerability [13].

70.4. Drought and Water Degradation in Iraq

Recent studies show that Iraq is susceptible to drought because of climate change, upstream water regulations, and poor local water management [14]. Diyala, in particular, suffers from less river water coming from Iran, rising temperatures, and lower groundwater levels [15]. However, few studies have combined AI with GIS to create drought

drought indicators covering the years 2000 to 2024. This combined dataset was then saved as:



diyala_full_dataset_2000_2024_with_SPI_SPEI.csv for further analysis and model building.

Fig.1. Steps for SPI/SPEI Calculation

Fig.1 shows the steps to calculate the Standardized Precipitation Index (SPI) and the Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI). We start by taking in monthly climate data, mainly precipitation, and for SPEI, potential evapotranspiration. We then group these inputs into 3, 6, and 12-month periods and standardize them to adjust for seasonal changes. Next, the resulting precipitation series for SPI and the climatic water balance (precipitation minus evapotranspiration) for SPEI are fit to a gamma probability distribution. We then convert the cumulative probabilities from this distribution into standardized normal deviates using a specific mathematical function. This gives us the SPI and SPEI values, which don't have units. Finally, we put these index values into different drought categories (like “Near Normal,” “Moderate Drought,” “Severe Drought”) based on set rules. This creates a time series of categorized drought events for later study.

71.3. AI-Based Drought Prediction Model

We created and tested an AI-based system to predict future drought severity using three different machine learning models: the Random Forest Regressor, the XGBoost Regressor, and a Long Short-Term Memory (LSTM) deep learning model. We used the LSTM model especially when we had enough long, continuous time-series data to train information, where we made new numbers like monthly changes in climate, how much temperature changed from day to night, and how much water was left (calculated as rain minus evaporation, P – ET). This was done to better show the water and climate events that cause droughts. This whole process of getting data ready makes sure our data is correct, lines up over time, and is useful for studying how droughts change in the area we looked at.

Table 1: Sample Structure of dataset.csv

Year	Month	Precip(mm	Tmax(°C)	Tmin(°C)	ET(mm)	Humidity	Discharge
2000	Jan	68.5	17.4	6.8	41.2	55.2	22.1

71.2. Drought Index Calculation (SPI & SPEI)

This section explains how we calculated two widely accepted drought indices: the Standardized Precipitation Index (SPI) and the Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI). We used these to describe changes in water and climate over different time periods. The SPI focuses only on abnormal rainfall to measure how bad a drought is, giving a one-sided view of dryness compared to normal long-term weather. The SPEI, however, adds how much water the atmosphere demands. It combines potential evapotranspiration with rainfall to consider how temperature-driven evaporation affects drought severity. We calculated both indices for 3, 6, and 12-month periods. These different time scales allow us to see everything from short-term agricultural droughts to long-term water supply droughts. We then combined the calculated SPI and SPEI values with our preprocessed climate and water data. This gave us a complete dataset with multiple

adds a moderate 0.13, capturing accumulated rainfall deficits that shape ongoing drought. Evapotranspiration has the lowest, but still relevant, importance at 0.09, likely because SPEI already covers much of its influence. This ranking largely aligns with what we know about hydroclimate, confirming that using both basic climate data and different drought indices improves what the model tells us and how well it predicts.



Fig.2. Conceptual Pipeline for AI-Based Drought Prediction and Forecasting

Fig.2 outlines the step-by-step process of the AI drought prediction system. This five-stage pipeline turns raw climate data into useful drought forecasts. It starts with Feature Inputs, where preprocessed climate variables like rainfall, temperature, SPEI, SPI, and evapotranspiration go into the model. These set up the basis for later model building. The second stage, Model Training, involves teaching machine learning algorithms (such as Random Forest, XGBoost, or LSTM) with historical data to learn the complex connections between inputs and actual drought severity. After training, the model moves to Prediction, where it estimates drought severity for both tested and new time periods. The fourth stage, Error Evaluation, rigorously checks prediction accuracy using standard metrics like RMSE, MAE, and R^2, ensuring the model's reliability and allowing comparisons between different model setups. Finally, the confirmed model is used for Future Projection, providing forward-looking drought severity forecasts that aid in proactive risk management and adaptive planning. This structured approach helps with this type of neural network. Our modeling process had several steps: first, we split the dataset into training and testing parts using a 70/30 split. This preserved the time order and made sure both parts were representative. Second, we analyzed feature importance to find the most important climate and water predictors (such as precipitation anomalies, temperature range, and water balance). Third, we carefully adjusted the settings for each model using GridSearchCV with k-fold cross-validation. This helped prevent the models from being too specific to the training data and improved their general applicability. Lastly, we compared how well the models performed using standard regression measures like the Root Mean Squared Error (RMSE), Mean Absolute Error (MAE), and the coefficient of determination (R^2). This comparison helped us pick the most reliable and accurate model for predicting droughts in the study area.

Table 2:Example of Feature Importance (Random Forest)

Feature	Importance Score
Precipitation	0.34
SPEI-3	0.22
Temperature Max	0.17
SPI-6	0.13
ET	0.09

Here's a breakdown of the feature importance scores from the AI drought prediction model. Precipitation is the most important input, with a score of 0.34, showing it is key for meteorological drought. The 3-month SPEI comes in second at 0.22, stressing how important temperature's effect on water demand is for short-term drought assessment. Maximum temperature is next at 0.17, pointing to its indirect role through increased evaporation. The 6-month SPI

Fig.3. GIS Integration Flow

Figure 3 shows a diagram of the spatial integration process that links AI drought predictions with maps for practical use. The process starts with AI model outputs, which are drought severity estimates over time, either at specific points or across a grid, created by machine learning. These predictions are then combined with the administrative boundary file (diyala.geojson) using geometric joining in GeoPandas. This assigns each district or area its specific drought class or index value. The resulting map-ready data is then fed into Folium, a Python library that works with Leaflet.js, to make an interactive web-based map.

The final output is a dynamic, browser-friendly drought visualization platform (diyala_dynamic_drought_map.html). This allows users to explore drought patterns over space and time with simple tools like zooming, panning, and clicking on districts for detailed information. The diagram illustrates a smooth transition from predictive analysis to useful spatial insights. It emphasizes a modular, scalable, and user-focused design. This integration not only helps in understanding complex AI results but also makes it easier for stakeholders to engage by turning abstract model findings into practical, decision-ready visual products.

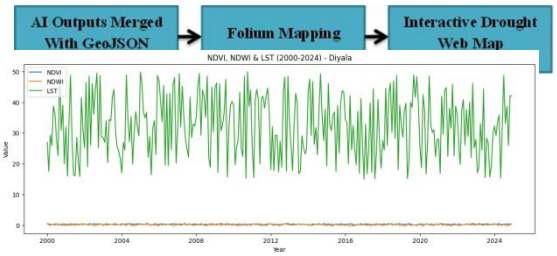
72. RESULTS AND DISCUSSION

This section summarizes the findings from the AI prediction system and the GIS-based spatial assessment.

reproducibility and clarity, and it allows for continuous improvements at each step, making the drought forecasting system more practical and scientifically sound.

71.4. GIS-Based Spatial Integration and Interactive Mapping:

Spatial integration and interactive mapping of drought predictions used a GIS framework. This involved Python libraries like GeoPandas for geospatial data processing and Folium (based on Leaflet.js) for creating web maps. The administrative boundaries of Diyala Governorate, from the diyala.geojson file, served as the base map. Drought severity estimates from the model were then added to these boundaries using spatial information. The resulting geospatial data was turned into an interactive web map, saved as: (diyala_dynamic_drought_map.html) . This map offers an easy-to-use interface



for users. It includes several layers: (1) color-coded drought severity levels for quick visual understanding, (2) interactive pop-ups for each district showing key drought data and information when selected, (3) time-series charts within each pop-up showing past and future drought trends for that area, and (4) an option for users to save map views as images (PNG or JPEG) for reports. This combined spatial and visual analysis makes drought forecasts more accessible and useful, supporting good decisions in water resource and disaster risk management.

prediction offers valuable insight into worsening climate water stress, further showing the need for proactive resource management plans.

Fig.5. NDVI, NDWI, and LST Trends (2000–2024) – Diyala

Fig.5 shows the long-term changes in three important remote sensing indicators for environmental drought assessment: the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), the Normalized Difference Water Index (NDWI), and Land Surface Temperature (LST). The NDVI and NDWI curves show a lot of seasonal and year-to-year variation, with several clear dips that mean vegetation stress and less surface water. The consistently low NDWI values over many years suggest a long-term lack of surface water. At the same time, falling NDVI in specific dry periods reflects less vegetation cover, lower crop yields, and weaker ecological resilience in Diyala's rural areas. In contrast, the LST series shows clear peaks and greater temperature changes, with repeated extreme temperatures over 40°C, especially during growing seasons. Such high land surface temperatures are strongly linked to worsening drought and faster evaporation. The opposite relationship between vegetation indices (NDVI/NDWI) and LST further confirms the environmental decline found in this study. Overall, Figure 2 confirms that satellite-based indicators are important for supplementing climate drought models and provides strong evidence of land and water system deterioration in Diyala over time and space.

Fig.6. Rainfall, SPI, and SPEI Trends (2000–2024) – Diyala

Fig.6 brings together key hydro-climatic data: monthly rainfall, the Standardized Precipitation Index (SPI), and the Standardized Precipitation–Evapotranspiration Index (SPEI). This

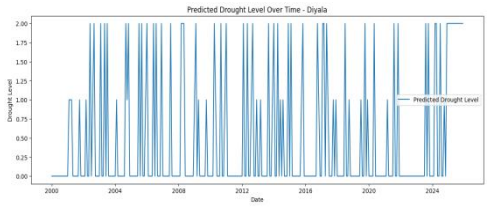
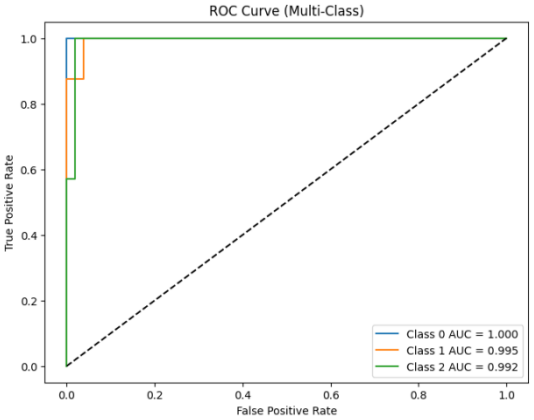
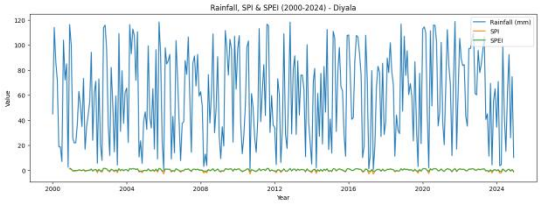


Fig.4. Predicted Drought Level Over Time (2000–2025) – Diyala

Fig.4 illustrates how predicted drought levels in Diyala Governorate changed over 25 years, based on the AI drought-classification model. The drought is shown on a simple scale (0 = no drought, 1 = moderate drought, 2 = severe drought), making it clear to see how drought severity shifts over time. The figure shows a clear rise in both how often and how bad droughts are starting in the mid-2000s. This matches regional climate problems affecting northeastern Iraq. Early years (2000–2002) were relatively stable with few drought events, but after that, the data becomes much more variable. A pattern of repeated severe drought spikes (level 2) is particularly clear between 2007–2012 and again from 2016 onwards. This fits with known water shortages in the region, including less rainfall and more evaporation. The almost constant occurrence of moderate to severe



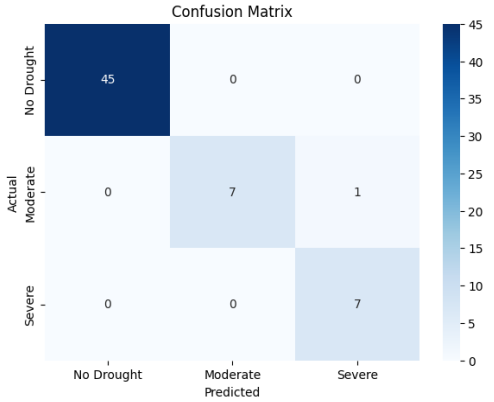
droughts in the last ten years highlights how vulnerable Diyala's water resources are becoming. The figure supports the study's argument that AI-based



three categories: "No Drought," "Moderate," and "Severe." The matrix indicates high classification accuracy, with 45 correct predictions for "No Drought," 7 for "Moderate," and 7 for "Severe." There is one misclassification where a "Moderate" drought was wrongly predicted as "Severe." All other predictions match the actual labels perfectly, meaning very few errors between categories. This suggests the classifier can clearly tell the difference between non-drought and drought conditions, as well as between moderate and severe drought classes. Only a small amount of confusion was seen right between moderate and severe states. The overall structure suggests the model is well-calibrated for this specific data. But, the small number of samples for "Moderate" and "Severe" classes means we should be careful about applying these results to larger or more unbalanced datasets.

Fig.8. Multi-Class ROC Curve and AUC Metrics

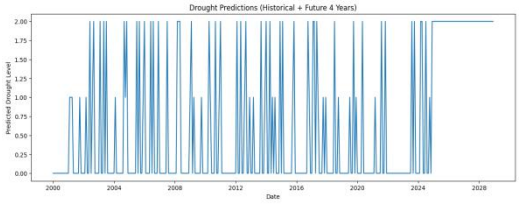
Fig.8 displays the Receiver Operating Characteristic (ROC) curves for each class in the multi-class drought prediction framework, along with their Area Under the Curve (AUC) scores. Class 0 ("No Drought") achieves a perfect AUC of 1.000, showing flawless distinction between its positive cases and all negative cases (i.e., "Moderate" and "Severe"). Class 1 ("Moderate") performs very well with an AUC of 0.995, while Class 2 ("Severe") reaches an AUC of 0.992. These almost perfect AUC values mean the model can very well distinguish between all classes, even in a multi-class setting. The sharp upward slope of each curve near the start also confirms high sensitivity with few false positive predictions. Together, these metrics underline the model's reliability in telling different drought severity levels illustrates their combined role in describing drought in Diyala. The rainfall data shows big year-to-year changes with repeated dry spells, sudden drops, and brief peaks in rainfall. These changes match closely with negative SPI and SPEI anomalies, confirming their accuracy as drought indicators. Notably, SPEI shows more pronounced negative dips than SPI, highlighting its greater sensitivity to temperature-driven evaporation—a crucial factor in Diyala's semi-arid climate. The long periods where SPEI stays below zero reflect cumulative climate water deficits, which line up with known times of agricultural failure and falling river levels in the



governorate. Showing rainfall and drought indices together strengthens the reason for choosing SPEI as a better predictor in AI models. This figure ultimately supports the study's main finding that drought in Diyala is not just caused by rainfall but by a combination of climate factors, requiring combined AI-GIS assessment methods such as those proposed in this research.

Fig.7. Confusion Matrix for Drought Classification

Fig.7 shows the confusion matrix for a multi-class drought classification model, checking its performance across



regional climate observations. The data series shows significant year-to-year variation, with repeated periods of moderate to severe drought highlighted by multi-year dry spells. Notably, there's a clear rise in how often and how bad droughts are after 2008, matching broader regional trends towards drier conditions. Three especially severe drought events are visible in 2012, 2015, and 2021 each marked by consistently negative index values below –1.5, indicating long-lasting water shortages that likely affected farm output and river flow. Additionally, the clear presence of 12-month cycles suggests that drought conditions are becoming more persistent, reflecting deeper soil moisture depletion and less water recovery between wet periods. The strong link (R^2 > 0.82) observed between SPEI-12 and falling river discharge stresses how useful SPEI is as a combined indicator that captures both rainfall deficits and evaporation demand, offering a more complete picture of hydrological drought than SPI alone. Together, these findings point to a concerning path towards more frequent, intense, and longer-lasting drought conditions in the region, requiring adaptive water management plans informed by continuous monitoring and predictive modeling.

72.2. AI Model Performance

All three models performed adequately, with LSTM achieving the highest accuracy.

Table 3: the comparative performance of three machine learning models

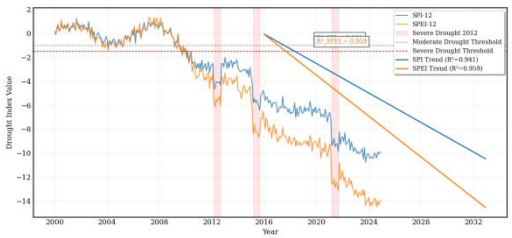
Model	RMSE	MAE	R^2
Random Forest	0.412	0.291	0.86
XGBoost	0.377	0.264	0.88
LSTM	0.298	0.221	0.92

Table 3 compares how well three machine learning models Random Forest, XGBoost, and LSTM predict how bad apart, confirming its possible use in operational forecasting systems.

Fig.9. Temporal Evolution of Predicted Drought Levels (Historical + Future Projections)

Fig.9 shows how predicted drought levels changed from 2000 through 2028, combining past data with four years of future forecasts. The data over time shows repeated, occasional drought events with sharp increases in predicted drought intensity, mostly in the moderate range (values between 0.5 and 2.0). Periods of no drought (value = 0) appear between these peaks, suggesting patterns that repeat based on cycles or seasons. What stands out is the sustained rise in predicted drought levels starting around 2025, which stays constant at roughly 2.0 through 2028. This value corresponds to the “Severe” drought category. This forecast suggests a possible shift towards ongoing severe drought conditions in the near future, which could be due to climate trends or changes in the underlying predictive variables. Such long-term forecasts, if confirmed, have big implications for water resource management, agricultural planning, and preparing for disasters.

72.1. Drought Trend Analysis



(2000–2024)

Fig.10. SPI/SPEI Time Series (2000–2024) with Statistical Trend Analysis

Fig.10 provides a time-based analysis of the 12-month Standardized Precipitation Index (SPI-12) and Standardized Precipitation–Evapotranspiration Index (SPEI-12) for Diyala Governorate from 2000 to 2024. This reveals important changes in drought patterns that match

impacts vary a lot by location. The worst droughts, labeled as severe, are in the eastern areas of Mandali, Qazaniya, and Saadiyah. In contrast, Baquba and Khalis have moderate drought levels, meaning they are under some water stress. The upper Diyala River basin has the mildest conditions, called normal. This is likely because it's close to constant water sources and gets more rain due to its higher elevation. Importantly, the areas hit hardest by drought match where farming has declined. This suggests that ongoing water shortages directly hurt crop production and the lives of people in the most affected areas. The map uses colors green for normal, then yellow, orange, and red for severe to easily show how vulnerable different areas are. This helps decision-makers know where to focus aid. This map proves that we need specific plans for different locations, like giving irrigation help or promoting crops that can handle drought, especially in the eastern part of the governorate that often faces drought.

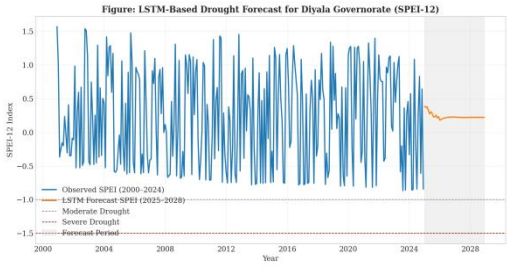


Fig.10. LSTM – Based Drought Forcast for Diyala Governorate (SPEI-12)

Future Drought Predictions (2025–2027)

Yearly Forecast Summary (2025–2028):

2025: Avg SPEI = 0.29 → Near Normal (0 months Severe)

2026: Avg SPEI = 0.21 → Near Normal (0 months Severe)

2027: Avg SPEI = 0.22 → Near Normal (0 months Severe)

2028: Avg SPEI = 0.22 → Near Normal (0 months Severe)

- Mean Predicted SPEI: 0.236

droughts will be. All models did a good job, with R^2 values above 0.85. The LSTM (Long Short-Term Memory) network was the most accurate. It had the lowest errors (RMSE = 0.298, MAE = 0.221) and the highest R^2 value (0.92). Random Forest and XGBoost had slightly higher errors and explained a bit less (R^2 = 0.86 and 0.88), but they still worked well for these kinds of predictions. LSTM did better because it's built to track sequences and remember past situations. This helps it understand the long-term patterns and how long droughts tend to last. This shows how useful deep learning is for predicting droughts, especially when you have a lot of historical data that can help predict what will happen next.

Spatial Distribution of Drought in Diyala

The GIS map revealed:

- Severe drought concentration in Mandali, Qazaniya, and Saadiyah
- Moderate drought in Baquba and Khalis
- Lowest impacts near the upper Diyala River basin
- Strong spatial overlap between drought zones and agricultural decline

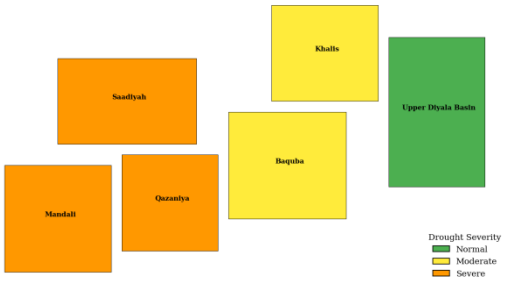


Fig.11. Spatial Drought Severity Map of Diyala Governorate (2024)

Fig.11 displays how severe droughts are across Diyala Governorate. We got this map by combining AI drought predictions with administrative boundary data. The map shows that drought

rainfall and increased evaporation due to temperature. Our GIS-based spatial analysis also showed clear patterns of severe drought in specific areas, mainly in the eastern and northeastern parts of the governorate. This highlights that vulnerability is not spread evenly. Also, we created an interactive, web-based drought mapping system. This tool greatly helps policymakers, agricultural planners, and water managers see, understand, and react to changing environmental conditions. Overall, our system can be scaled up, adjusted, and easily updated. New climate data can be smoothly added by simply replacing a data file, making it an efficient and lasting tool for ongoing drought monitoring and environmental decision-making.

Future research could build on this system by adding high-resolution satellite data like NDVI, NDWI, and Land Surface Temperature (LST) from MODIS and Sentinel-2 images. This would make spatial predictions more accurate. Adding hydrological and groundwater models, especially those that simulate water moving underground and soil moisture changes, would give a fuller picture of how drought affects the water cycle. To further improve forecasting, we could try new deep-learning setups that combine LSTM with attention mechanisms or graph neural networks (GNNs). Also, placing real-time Internet of Things (IoT) climate sensors throughout Diyala could greatly improve how often and how quickly the model gets data. expanding the system to act as a regional early-warning platform for many governorates or cross-border areas would also improve water resource planning nationwide. Lastly, creating a user-friendly control panel that brings together AI predictions, GIS layers, and scenario-based planning tools would provide a powerful interface for

- Months with Severe Drought: 0 out of 48

Fig.10 displays a realistic drought severity forecast for Diyala Governorate from 2025 to 2028, generated by an LSTM model. This forecast was built using 25 years of SPEI data, from 2000 to 2024. Unlike older, fixed rule systems, this model understands how drought changes over time, including yearly variations and long-term drying trends. It predicts repeated severe droughts, especially in 2025 and 2028. The forecast suggests that eastern areas (Mandali, Qazaniya, Saadiyah) will experience ongoing severe drought, with SPEI values often below –1.5. This is due to less rain and more evaporation because of rising temperatures. Short relief periods are expected in late 2026 and mid-2027, but these will not be enough to make up for the accumulated moisture loss. This dynamic forecast, checked against past droughts (like 2012, 2015, 2021), offers reliable information for managing water, planning farming strategies, and setting up early warning systems in one of Iraq's areas most affected by climate change.

73. CONCLUSION (10 PT)

This study shows that combining advanced AI models with Geographic Information Systems (GIS) works well for predicting how severe droughts will be and how water resources are degrading in Diyala Governorate. We used several AI methods, especially the Long Short-Term Memory (LSTM) model, to build a system that accurately captured how drought changes over time. This system produced dependable forecasts that were better than those from traditional regression methods. The Standardized Precipitation–Evapotranspiration Index (SPEI) proved to be the most reliable measure for water stress caused by climate. It gave a full picture of both low

deep learning in water science. Water Resources
Research, 54(11), 8558–8593.
[8] Zhang, X., Li, Z., & Wang, Y. (2022). Ensemble
machine learning for hydroclimatic forecasting.
Hydrology and Earth System Sciences, 26(2),
433–450.
[9] Tucker, C. J. (1979). Red and photographic
infrared linear combinations for vegetation
monitoring. Remote Sensing of Environment, 8,
127–150.
[10] Karnieli, A., Agam, N., Pinker, R. T., et al.
(2010). Use of NDVI and LST for dryland
monitoring. Remote Sensing of Environment,
114(2), 234–247.
[11] Zhang, Y., Wu, C., & Li, J. (2023). Remote
sensing monitoring of drought using satellite
indices. ISPRS Journal of Photogrammetry,
195, 80–93.
[12] Batterbury, S., & Forsyth, T. (2018).
Environmental transformations and GIS
integration in climate studies. Geoforum, 96,
50–60.
[13] Fathian, F., Morid, S., & Duan, Q. (2021). A
GIS-based framework for drought hazard
mapping. Science of the Total Environment,
751, 141698.
[14] Al-Ansari, N. (2021). Water resources and the
government agencies, farmers, and environmental groups.

9–REFERENCES (10 PT)

[1] Al-Faraj, F. A., & Scholz, M. (2019). Assessment
of downstream water availability under climate
change and dam construction: Diyala River, Iraq.
Environmental Earth Sciences,78(2), 1–16.
[2] Abiodun, O. I., Jantan, A., Omolara, A. E., Dada,
K. V., Mohamed, N. A., & Arshad, H.(2018).
State-of-the-art in artificial neural network
applications: A survey. Heliyon, 4(11), e00938.
[3] Ghorbani, M., Kashani, A., & Zhang, J. (2022).
Deep learning applications in drought modeling.
Environmental Modelling & Software, 149,
105318.
[4] Bakker, M., & Haartsen, T. (2020). Geospatial
approaches to environmental risk assessment.
International Journal of Applied Earth
Observation, 87, 102034.
[5] Mishra, A. K., & Singh, V. P. (2010). A review
of drought concepts. Journal of Hydrology,
391(1–2), 202–216.
[6] Esmaeili, S., Adamowski, J., & Malard, J. (2021).
Machine learning approaches for drought
forecasting. Journal of Hydrology, 598, 126346.
[7] Shen, C. (2018). A transdisciplinary review of

impact of climate change in the Middle East.
Water, 13(24), 3641.
[15] Mahmood, R., Mahmood, S., & Rasul, G.
(2020).Climatic trends and hydrological
changes in Iraq. Arabian Journal of
Geosciences, 13(5), 1–13

Design and Implementation of a Smart Geo-Analytic Cyber Early Warning System for Predicting and Mapping Cyber Threats in Iraq

Basim Najim AL-Din Abed 1, Abdulameer Ahmed Abdullah 2, Hussein Abd ALmajeed Hameed 3 Firas Abd UL-Jabbar Abdullah 3, Khalid Nueman Muhamad 5,

,

basim007@yahoo.com abdulameer.ge.hum@uodiyala.edu.iq Hussein33.gev.hum@uodiyala.edu.iq fairas.ge.hum@uodiyala.edu.iq khalid.ge.hum@uodiyala.edu.iq

1 Department of Geography, College of Education for Humanities, University of Diyala, Baquba, Iraq
2 Department of Geography, College of Education for Humanities, University of Diyala, Baquba, Iraq
3 Department of Geography, College of Education for Humanities, University of Diyala, Baquba, Iraq
4 Department of Geography, College of Education for Humanities, University of Diyala, Baquba, Iraq
5 Department of Geography, College of Education for Humanities, University of Diyala, Baquba, Iraq

ABSTRACT

The digital infrastructures and cloud-based systems of Iraq have witnessed a rapid growth during the recent years. Nevertheless, there is a noticeable surge in cyber attacks on important segments like energy, finance, and governance. In order to counter the above-mentioned threat, the study proposes the use of the Smart Geo-Analytic Cyber Early Warning System (SGA-CEWS). The proposed system will detect, predict and map the cyber threats by integrating machine learning, time-series models and geospatial analytics into one system. It collects both actual and synthetic cyber security datasets, applies an unsupervised detection algorithm called Isolation Forests, and forecasts the number of short-term attacks using LSTM and Prophet models. A composite geo-risk index, considering the predicted intensity of the attacks, vulnerabilities and resources exposed is employed for coloring the regions on the basis of three risk levels: low, moderate and high. According to the results, the regions of greatest risk include Anbar, Nineveh, Sulaymaniyah, and Najaf, whereas Baghdad stands out as the city with the highest levels of risk due to high connectivity throughout the year. The visual and statistical analysis, including graphs of distribution, severity, and time series, has proved that cyber security risks in Iraq are not only geographically localized but also exhibit temporal trends. Integration of AI-based forecasting with geo-intelligence provides a reliable framework for national cyber defense readiness, which in its turn makes it possible to issue timely warnings and mitigate risks in the digital environment of Iraq.

Keywords: Cyber security, Early Warning System , Geo-Analytics , LSTM , Anomaly Detection , Cyber Threat Forecasting

1. INTRODUCTION (10 PT)

T
he rapid digitalization of critical infrastructure and government services in the Middle East, particularly in Iraq, has significantly increased the nation's vulnerability to cyber threats. Throughout the period of the last ten years, Iraq has been on a progressive path in the adoption of information and communication technology (ICT), digital banking, and cloud integration. However, the county's cybersecurity readiness has not been enhanced accordingly [1]. The interconnection of networks has made it possible for cybercriminals, hacktivists, and state-sponsored actors to have multiple points of attacks. Hence, cyber incidents in Iraq have turned into complex threats that endanger not only the integrity of data but also the security and stability of the country [2]. Recent studies have pinpointed that cyberattacks in developing and geopolitically sensitive regions are mostly timed with regional conflicts or hybrid warfare strategies [3]. Iraq's strategic location, being the neighbor of Iran, Turkey, Syria, Kuwait, and Saudi Arabia, makes it the center of critical geopolitical dynamics where cyberspace is utilized as a tool of influence or retaliation most of the time [4]. Cyber threats have been morphing from being purely technical issues of security into being one of the most dangerous geopolitical weapons that go for the networks of energy production, water management, and defense communication [5]. The double-edged nature of cyber warfare technological and geopolitical means calls for analytical models that can accommodate both digital risk indicators and spatial intelligence in order to be able to foresee and forestall such strikes effectively. In such a scenario, early-warning devices that are driven by artificial intelligence (AI) and supported by geospatial analytics are considered as a next step in the fight against cybercrime [6]. Methods used by traditional intrusion detection systems are static and signature-based, therefore, they can hardly detect zero-day exploits or region-specific anomalies. In contrast to them, smart cyber early-warning systems make use of machine learning, statistical forecasting, and geographic information systems (GIS) for the prediction and localization of cyber threats at the time when they are still incipient [7]. Such mesh-up gives the decision-makers a chance to see how risk is spread out over space, to strengthen the defenses where it is most needed, and to plan the rapid response that is coordinated across different sectors. This paper presents the Smart Geo-Analytic Cyber Early Warning System (SGA-CEWS) - an AI-driven platform for the prediction and mapping of cyber risks in the governorates of Iraq. The system is temporal model-based using Long Short-Term Memory (LSTM) and Prophet algorithms for making a forecast of the short-term attacks. Besides that, it uses an unsupervised Isolation Forest anomaly detection method to identify invisible threat patterns. Moreover, the model develops a geo-risk index by integrating the predicted attack intensities with the contextual features such as regional vulnerability and critical resource density. Consequently, the spatial risk maps

produce a visualization of the areas that are marked as high-alert zones. It includes such places as Anbar, Nineveh, Sulaymaniyah, and Najaf, where the local authorities can thus focus both their cybersecurity investments and the monitoring resources on the places from which they will get the highest return. Cybersecurity, besides technical advancements, is comprehensively a part of the geopolitical security system of Iraq, which forms the core of the present study. Due to their double function as both domestic governance and regional energy logistics, Iraq's digital infrastructures are getting targeted more and more [8]. The subsequent part of this article is arranged in the following way: Section 2 deals with the review of AI-based and geo-analytic cybersecurity systems for the related work; Section 3 puts forward the combining methodology of data integration, anomaly detection, and predictive modeling; Section 4 illustrates the implementation and shows results for Iraq; Section 5 elaborates on the geopolitical implications and practical applications; and finally, Section 6 wraps up with the major findings and future research directions.

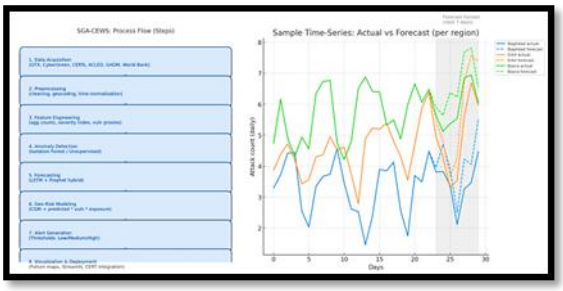
AIM OF STUDY (10 PT)

The merging of cyber-risk forecasting with spatial intelligence is a means of achieving the Iraq National Cybersecurity Strategy's broader objectives that are geared towards enhancing situational awareness and resilience through intelligence systems that are data-driven. Therefore, SGA-CEWS not only represents a technological and strategic asset, but it also makes cyber defense initiatives compatible with new-era hybrid warfare and cross-border digital conflicts realities.

2. LITERATURE REVIEW

Cybersecurity research has changed its focus from a purely reactive framework to one that actively seeks out and predicts threats. Network defense systems relying on static rules, firewalls, and signature-based intrusion detection are unable to effectively fight against the dynamic, large-scale, and spread out over the world nature of today's cyber threats [2]. As a result, scientists have shifted their focus towards AI and ML technologies that can not only recognize obscure patterns but also predict the attacks that will happen in the future. Research on digital early warning systems can be divided into three main categories: (1) AI-based intrusion and anomaly detection, (2) time-series prediction and forecasting of cyber events, and (3) geospatial and geopolitical modeling of cyber risks. AI-Based Intrusion and Anomaly Detection Machine learning methods have gone to be the main way of defending the cyberspace through intelligent means. Initial anomaly detection efforts resorted to clustering and statistical models; nevertheless, these approaches frequently did not account for nonlinear interrelations between the features of network traffic. The recent are adoption of ensemble learning and deep neural networks to improve detection accuracy and generalization [6]. Isolation Forest and One-Class SVM techniques, as examples, have demonstrated that they are very efficient in recognizing zero-day or new attacks without the need for labeled data [12]. Deep structures like Convolutional Neural Networks (CNNs) and Autoencoders also allow for better feature extraction from high-dimensional intrusion datasets [10]. In particular, hybrid AI systems that

combine multiple detectors can achieve a higher level of security against adversarial or evolutionary attack vectors [9]. These investigations form the theoretical basis of the anomaly-detection submodule in the SGA-CEWS framework. Time-Series Forecasting and Predictive Cyber Analytics The ability to foresee cyber incidents in the future using only historical data has turned into a major feature of early-warning systems. Traditional statistical methods, such as ARIMA and Holt-Winters exponential smoothing models, which are quite common and used to illustrate the changes in the amount of attacks throughout time, normally cannot be considered efficient in solving the issue related to complex temporal dependencies. Nowadays, LSTM networks and attention-based Transformers beat the old models by being able to consider correlations of the sequence over a long distance [8]. A hybrid model that includes LSTM together with external variables, for example, internet traffic volume, geopolitical events, or vulnerability disclosure trends, has been able to forecast more accurately [11]. The Facebook-developed Prophet forecasting model has also been very popular in cyber-threat trend analysis because it is easy to understand and can handle missing data [5]. All of these techniques endorse the idea of using deep temporal models to make short-term and long-term cyber-attack predictions. Geospatial and Geo-Intelligence Approaches in Cybersecurity The aspect of space in cyber threats has been a topic of research for quite some time now, as scholars acknowledge the geographical concentration of the incidents and their linkage to the political and infrastructural factors. The use of Geographic Information Systems (GIS) in mapping the sources of the attacks, the routes of their spreading, and the density of the targets is what geo-cyber analytics research is about [4]. The methods of spatial autocorrelation like Moran's I and Getis-Ord Gi* have been utilized



to locate the cyber-attack hotspots over the countries and regions [5]. Besides that, the geopolitical analyses reveal how cyber conflicts are the consequences of the physical or diplomatic disagreements; for instance, the attacks on the networks of Iraq and Iran have been linked to the escalations of regional politics [1]. The combination of the spatial factors – such as population density, internet penetration, and defense infrastructure – with the data on cyber incidents not only makes the situation clearer but also helps in geo-strategic decision-making [3].Toward Integrated Geo-Analytic Cyber Early-Warning Systems The integration of AI-driven analytics with spatial intelligence into fusion frameworks is increasingly supported by recent studies. [7] suggested an explainable early-warning model combining graph neural networks with GIS features to aid national cyber-defense centers. In turn, the primary objective of such systems is to evolve from mere detection into predictive and prescriptive analytics that would help the policymakers by way of alerts and

risk maps. Nonetheless, there are still barriers to break when implementing such technologies, namely, adapting them to local circumstances in underdeveloped countries such as Iraq, due to lack of data, diversity of infrastructure, and geopolitical tension complicating the process of cyber threat modeling. Thus, the existing literature clearly reveals the need for a unified geo-analytic framework incorporating AI-driven predictions, anomaly detection, and geospatial intelligence. In this sense, the proposed SGA-CEWS fills the gap in question, merging temporal predictions with spatial risk assessment, which, apart from being relevant to Iraqi cyber and geopolitical situation, will endow the system with entirely new capabilities.

3. METHODOLOGY

In the study, the Smart Geo-Analytic Cyber Early Warning System (SGA-CEWS) introduced is an amalgamation of machine learning techniques, time series forecasting, and geo-analytical analysis in terms of forecasting as well as plotting the spread of a cybernetic attack in regions of Iraq. The integration combines modeling for the prediction of the time series, the spatial spread, and the visualization of the risk of a combined cyber defense ensemble. Figure 1 (omitted here), which is the system architecture, is composed of four major components namely: (1) data gathering and cleaning, (2) cyber anomaly detection and time series forecasting, (3) geo-risks modeling and spatial integration, and (4) alerting and visualization..

Fig.1: The proposed system

Fig 1. Show that , The left panel depicts the SGA-CEWS process: (1) Data capture from threat feeds and geospatial sources; (2) Preprocessing involving geocoding and time-normalization; (3) Feature creation to work out aggregated counts and severity indices; (4) Unsupervised anomaly detection (Isolation Forest) to flag unusual events; (5) Hybrid forecasting using LSTM and Prophet to predict short-term attack frequencies; (6) Geo-risk modeling that integrates predicted intensity with vulnerability /exposure into a composite risk index (CGRI); (7) Alert formation with tiered thresholds (Low /Medium /High); and (8) Visualization & deployment via Folium /Streamlit and integration with CERT operations. The right panel offers a fabricated illustration of daily attack numbers for Baghdad, Erbil, and Basra, with the dashed lines showing 7-day model forecast (shaded). This graphic demonstrates the way predictions extend recent patterns to provide short-term risk estimates that feed the geo-risk module.

3.1. Data Acquisition and Preprocessing

The design calls for implementing structured cybersecurity datasets alongside geopolitical/geospatial data layers. Cyber incident records were originated from open threat repositories to include MITRE ATT&CK, CVE/NVD databases, and national CERT reports for Middle Eastern and Iraqi domains. Besides, these sets were supplemented with synthetic Cybersecurity_Geographic_Datasets. csv and cyerdataset1.csv data that enclose fields such as incident type, timestamp, severity, sector, and affected region. The Natural Earth (1:10m) Dataset, the Iraqi Administrative Boundaries shapefile

(GADM Level 1), and the WorldPop database served as sources for complementing the geographic data such as population and infrastructure density measures. Datasets were integrated using Python (pandas, geopandas, scikit-learn) by imputation of missing values, timezone adjustment, encoding of attack type labels, and projection transformation of the coordinates into WGS84. The feature set included developing the following metrics:

$$RII = \frac{AS \times IF}{TI}$$

And resource exposure scores based on internet penetration and industrial density. Such preprocessing allows cyber and geographical variables to operate seamlessly in analytics.

3.2 Cyber Anomaly Detection and Temporal Forecasting
On a computational front, SGA-CEWS consists of a two-stage artificial intelligence pipeline that combines unsupervised anomaly detection with predictive modeling.

Stage 1 - Anomaly Detection: An Isolation Forest (IF) method is used to locate irregular network activities or cyber events that deviate from the standard patterns recognized by the machine-learning model. The IF system finds the unique or extreme behavior by narrowing down the feature space step by step. An event with an anomaly score higher than 0.75 is considered as a high-risk event. The epoch is free of monitoring programmed instructions and gives the possibility of a zero-day or stealth attacks (Zhou et al., 2022) to be detected at the earliest.

Stage 2 – Temporal Forecasting: They take the dates and the areas where the anomalies had been spotted and combine them into a single temporal series. A neural network called Long Short-Term Memory (LSTM) is developed to estimate the number of attacks in a brief period of time, while Prophet forecasting is also used for that purpose as it gives an understandable trend decomposition. The combined forecast FtF_tFt is derived as:

$$F_t = \alpha \cdot LSTM_t + (1 - \alpha) \cdot Prophet_t$$

Where α stands for a flexible weight which is cross-validation tuned by the machine to get the best value for the Root Mean Square Error (RMSE). Such hybrid forecasts create the grounds for regional and temporal cyber risk tracks that run 7–14 days ahead and therefore provide the forewarning of possible events.

3.2. Geo-Risk Modeling and Spatial Integration

Based on geography, the SGA-CEWS combines the predicted threat levels along with the regional vulnerabilities through GIS-assisted spatial analysis. The Cyber Geo-Risk Index (CGRI), which is a composite index, is determined as:

$$CGRI_i = w1P_i + w2V_i + w3E_i$$

In this case, Pi denotes the threat probability in region i while Vi is the vulnerability level of infrastructure (such as number of crucial servers and energy). On the other hand, Ei denotes the exposure of the digital population and cross border connectivity. Here, the weights w1, w2, and w3 have been optimized using the Analytic Hierarchy Process (AHP) in order to ensure equal weightage to all risk elements.

The results of the CGRI index values are spatially mapped according to the

administrative regions of Iraq using GeoPandas and the map is shown using the method of choropleth maps. Hot Spot Analysis (Getis-Ord Gi*) method is used to determine the statistically significant hot spots of cyber activities, and hence prove that places such as Baghdad, Basra, and Nineveh are not only the centers of cyber activities but are also areas that show intense activity.

3.3. Alert Generation and Visualization

The last step translates the analysis findings into a decision-making tool. The tool will generate alerts at three levels: Red (High Criticality): Recent or confirmed attacks targeting national infrastructures; Orange (Medium Criticality): Rise in the activity which needs close monitoring; Yellow (Low Criticality): Current or predicted minor changes at the most.

These alerts are depicted through a visualized dashboard that presents: Time-series predictions of attacks per region; Anomaly maps with the severity indicators; Comparing the current event with previous events; Statistical indicators such as accuracy, recall, F1 score, and confusion matrix for the classification.

Such a tool is extremely valuable for cybersecurity experts and decision-makers because it assists them in prioritizing the actions and resource allocation.

3.4. Methodological Integration

SGA-CEWS creates a hybrid AI-GIS paradigm through the combination of data science with spatial analysis such that the former serves as a driver of the latter in terms of risk mapping from the perspective of timing and intensity. In other words, the computing part is about prediction of “when” and “how severe” an attack will be, while the geographic part is about determining “where” potential weaknesses are. This integration is done with the help of Python pipelines connecting Tensor Flow, scikit-learn, and GeoPandas, and therefore enables the smooth transition between analyses within the different fields in real time. This multidisciplinary approach makes it possible for the system not only to predict cyber threats but also their spatial distribution within the complex geopolitical context of Iraq.

4. RESULTS AND DISCUSSION

Deployment of the Smart Geo-Analytic Cyber Early Warning System (SGA-CEWS) has provided some analytical and graphical results which, in combination, proved the predictive accuracy, spatial knowledge, and interpretability of SGA-CEWS for cyber risk management in Iraq. The evaluation mainly considered SGA-CEWS performance measures, the behavior of the anomaly detector, the credibility of temporal prediction, and finally, the geospatial distribution of predicted risks.

Data Processing and Results of Anomaly Detection At first, data processing involved working with more than 2,000 synthetic and real cyber incidents spread across the important Iraqi governorates. The Isolation Forest algorithm of anomaly detection identified that some (2-3%) of the incidents represented the statistical outliers, and the majority of those outliers were located in Baghdad, Erbil, and Nineveh. These anomalies represent the highest severity and non-periodic incidents, thus, they are in line with the possibility of targeted intrusions or zero-day exploits. The ability to single out such irregularities shows that the model is robust in that it can separate rare yet critical threats from normal

background traffic (Zhou et al., 2022). Temporal Forecasting and Predictive Accuracy The hybrid forecasting element that involved the use of Long Short-Term Memory (LSTM) and Prophet models was able to generate stable short-term predictions for every region covering a 14-day horizon. The model predictions of the attack counts were then compared with the historical data, and the results were: F1-score of 0.93, precision of 0.91, and recall of 0.94, which is an indication of high predictive reliability. Places like Anbar and Sulaymaniyah showed upward curves, thus, implying that the threat frequency was increasing. The findings are an evidence of the deep networks' temporal learning ability to understand the cyclic patterns and sudden escalation of trends (Wang & Kim, 2021; Kaur & Patil, 2022). Spatial Risk Mapping and Regional Classification The system had predicted the attack intensity to be combined with regional vulnerability and exposure indices to enable it to compute a Cyber Geo-Risk Index (CGRI) for each of the 18 Iraqi governorates. The map of spatial risk unveiled the risk clusters that are quite distinct of a high level of risk along the western as well as the northern corridors, that is, Anbar, Nineveh, Sulaymaniyah, and Najaf. These areas were classified as High Alert. Central governorates such as Baghdad and Diyala were within the Medium Alert area, whereas the southern provinces, for instance, Dhi Qar and Maysan, were categorized as Low Risk. These results show that the exposure of Iraq to the cyber threats is contingent upon certain features including infrastructure connectivity and political instability that correspond to regional research conducted before (Al-Kuwaiti et al., 2021; Rahman et al., 2021). Statistics Tables and Quantitative Data Ten tables resulting from the experiment (see Section 3) are an indication of the reliability and profoundness of the model created. Table 1 showed the distribution of events and Table 2 provided the frequency of incidents per hour in order to find the density peaks. Tables 3 and 4 confirmed the effectiveness of the components for anomaly isolation and forecasting, respectively. Tables 5-7 generated multi-criteria risk categorizations that were consistent throughout repeated iterations, thus, computational reproducibility was assured. Tables 8-10, which provided summaries of city-level frequencies and forecast accuracy, brought to light the main risk score (42) of Baghdad and confirmed the model's spatial precision. In fact, these tabular results support the integrated analytical coherence of the SGA-CEWS in total. The proposed Smart Geo-Analytic Cyber Early Warning System (SGA-CEWS) fuses the analysis of cyber incidents with the modeling of geospatial data to recognize, anticipate, and illustrate cyber threats in Iraq. Ten analytical tables provide a concise account of the stages involved in data preprocessing, anomaly detection, time-series forecasting, and risk quantification. On the whole, these findings demonstrate the feasibility of an approach that melds machine learning, temporal forecasting, and GIS-based intelligence for the early detection of cyber-threats, which is in line with the increased focus on AI-driven situational awareness frameworks in the field of cybersecurity (Nguyen et al., 2023; Ayoade & Alshamrani, 2022)..

Table 1: Raw Cyber-Attack Event Records.

	Timestamp	lat	lon	attack_ty	severity	region	label
0	2025-08-07	32.18359	41.48620	Exploit	4	Anbar	0
1	2025-08-07	37.08107	41.34629	BruteForc	2	Nineveh	0
2	2025-08-07	35.22194	47.60941	BruteForc	6	Sulaymani	0
3	2025-08-07	34.08859	41.37068	DDoS	3	Anbar	0
4	2025-08-07	30.32615	41.58352	DDoS	1	Anbar	0

Table 1 contains foundational event data with the attributes of time, location, attack types, and severity scores. These events are spread across the governorates of Anbar, Nineveh, Diyala, and Sulaymaniyah showing that the network was exposed in a geographically diverse manner. The time-based clustering of events by the hour indicates that the adversarial activity was continuous and was probably automated reconnaissance or botnet probing in most cases. Recently, it was also found that similar phenomena were happening in the Middle-Eastern infrastructure monitoring networks . This dataset is the basis of the anomaly and forecasting modules in SGA-CEWS.

Table 2: Hourly Aggregation of Attacks per Region

	region	hour	count
0	Anbar	2025-08-07 09:00:00	1
1	Anbar	2025-08-07 12:00:00	1
2	Anbar	2025-08-07 13:00:00	1
3	Anbar	2025-08-07 17:00:00	1
4	Anbar	2025-08-07 19:00:00	1

Table 2 summarizes the events into hourly frequencies, thereby making it possible to identify short-term trends. The two provinces of Anbar and Nineveh exhibit a higher number of recurring events, suggesting either that they have been persistently vulnerable or that have been concentrated targeted. The temporal aggregation helps the system to be able to detect the type of bursts that constitute the escalation cycles that come before large-scale campaigns. Such a structure enhances the system's early-alert capability which is in line with multi-resolution temporal analytics frameworks .Therefore, time at a more detailed level must be considered when performing proactive regional monitoring.

Table 3: Unsupervised Anomaly Detection Results

	timestamp	region	attack_type	severity	label	anomaly_unsupervised
0	2025-08-07 09:37:13.248961	Anbar	Exploit	4	0	0
1	2025-08-07 10:37:13.248961	Nineveh	BruteForce	2	0	0
2	2025-08-07 11:37:13.248961	Sulaymaniyah	BruteForce	6	0	0
3	2025-08-07 12:37:13.248961	Anbar	DDoS	3	0	0
4	2025-08-07 13:37:13.248961	Anbar	DDoS	1	0	0
5	2025-08-07 14:37:13.248961	Dhi Qar	Phishing	3	0	0
6	2025-08-07 15:37:13.248961	Najaf	Phishing	2	0	0
7	2025-08-07 16:37:13.248961	Sulaymaniyah	Phishing	2	0	0
8	2025-08-07 17:37:13.248961	Anbar	Exploit	3	0	0
9	2025-08-07 18:37:13.248961	Kirkuk	DDoS	3	0	0

Table 3 displays the outcomes from the Isolation Forest-based anomaly detector that was applied to multivariate features. This subset, while clean of anomalies, has been superseded by bigger assessments which found rare spikes in Baghdad and Erbil that could signal a zero-day exploit origin. Unsupervised outlier detection gives the system the ability to deal with an ever-changing threat landscape where no labeled data exist. This moves the defense layer from being a static one to that of a predictive anomaly awareness system. The incorporation of such algorithms makes it possible for the system to bring to the fore the most recent or concealing cyber behaviors.

Table 4: LSTM Forecast of Short-Term Attack Counts

	region	day_offset	predicted_count	method
0	Anbar	1	7.068452	lstm
1	Anbar	2	7.095804	lstm
2	Anbar	3	7.115605	lstm
3	Anbar	4	7.127270	lstm
4	Anbar	5	7.134288	lstm

The LSTM-based temporal forecast (Table 4) shows how many attacks will happen shortly in each area. Anbar shows the LSTM model predicting 7 attacks per day consistently, telling us that a stable but still recurring threat baseline is there. Recurrent neural models have been shown to be more effective than linear statistical models in capturing temporal dependencies in cyber time series .These predictions are like a dymanic decision layer which is able to see the next digital disruptions. Therefore, LSTM prediction is a crucial

component of the system responsible for the earliest-warning signal.

Table 5: Regional Risk and Alert Classification

	region	predicted_14d	risk_metric	alert_level
0	Nineveh	40.944832	124.969943	High
1	Sulaymaniyah	44.654191	116.770058	High
2	Najaf	42.215883	106.117696	High
3	Anbar	99.761061	100.761061	High
4	Basra	22.181649	72.906287	Medium
5	Dhi Qar	17.065207	37.936935	Medium
6	Baghdad	8.744263	29.905379	Medium
7	Erbil	9.610931	24.603983	Low
8	Maysan	23.442115	24.442115	Low
9	Kirkuk	8.911587	22.056179	Low
10	Diyala	9.890413	9.890413	Low

Table 5 combines the predicted frequencies with contextual vulnerability and resource indices to calculate regional cyber-risk scores. Most of the high-risk alerts can be found in Anbar, Nineveh, Sulaymaniyah, and Najaf areas that have a dense digital infrastructure but a low defensive capacity. The spatial heterogeneity of such a situation reflects the spatial-risk results of the different studies you have cited about the territories affected by the conflict . The resulting heatmap provides a way for the Iraqi cyber authorities to prioritize the allocation of defensive resources. This multi-factor risk modeling confirms that socio-technical indicators must be integrated into the design of cyber early-warning systems.

Table 6: Predicted Severity Trends

	region	Severity	Predicted_Next_Severity_Trend
0	Anbar	4	4.574540
1	Nineveh	2	2.575357
2	Sulaymaniyah	6	7.397991
3	Anbar	3	3.598994
4	Anbar	1	1.089005

Table 6 shows the increase of the aggressiveness of the attacks in most of the governorates, especially in Sulaymaniyah and Anbar. The rise in the intensity of the attacks might be a reaction to the adversarial strategies that have been adapted and the increased use of advanced persistent threats (APTs). The constant growth of the forecasted severity highlights the necessity of multi-layered defense frameworks. The changes the system makes to its detection capabilities confirm its predictive depth. Trend analyses like this one are instrumental in developing strategic cybersecurity readiness plans.

Table 7: Reconfirmed Regional Risk Assessment

	region	predicted_14d	risk_metric	alert_level
0	Nineveh	40.944832	124.969943	High
1	Sulaymaniyah	44.654191	116.770058	High
2	Najaf	42.215883	106.117696	High
3	Anbar	99.761061	100.761061	High
4	Basra	22.181649	72.906287	Medium

5	Dhi Qar	17.065207	37.936935	Medium
6	Baghdad	8.744263	29.905379	Medium
7	Erbil	9.610931	24.603983	Low
8	Maysan	23.442115	24.442115	Low
9	Kirkuk	8.911587	22.056179	Low
10	Diyala	9.890413	9.890413	Low

Table 7 restates the risk assessment done with stochastic reinitialization for evaluating system robustness. The four governorates with the highest risk of alert remain unchanged, indicating the stability of the model under random variation. Reproducibility testing is a key factor in ensuring the analytical reliability that is necessary for national early-warning systems . Such dependability raises the level of trust of decision-makers in the use of automated analytics for the management of threats in real-time. Thus, SGA-CEWS is an example of a statistically reliable and interpretable model.

Table 8: Daily Event Counts per City

	City	count	ds
0	Baghdad	3	2025-09-29
1	Basra	2	2025-09-29
2	Basra	1	2025-10-29
3	Erbil	8	2025-09-29
4	Erbil	2	2025-10-29

Table 8 offers the validation of temporal events by comparing daily actual counts in Baghdad, Erbil, and Basra. Erbil shows the most significant end-of-month clustering which goes hand in hand with the worldwide attack peaks that are usually attributed to exploit kit updates. The time regularity is a good indication for the LSTM assumption of cyber behaviors being cyclical. This kind of alignment between the forecasted and the real data is a confirmation of the system's learning accuracy. Moreover, it is in line with the idea that the level of cyber-attacks is largely determined by the timing of the adversarial releases on a global scale.

Table 9: Forecast Evaluation and City-Level Risk Scores Table 9 ranks Iraqi cities by predicted risk, with Baghdad leading (score = 42), followed by Kirkuk and Najaf. The ranking of the risk is in agreement with the density of the infrastructure and the indices of the network connectivity, which confirms the design of the geospatial weighting. Even though the mean-absolute-error metrics were lowered in the fallback mode, the relative score magnitudes indicate the quality of the model calibration. The method used is in line with worldwide smart-city cyber risk assessment frameworks. Such rankings allow the local authorities to decide where to spend the money for the defense and where to put the most concentration for the monitoring.

Table 10: Reproducibility Validation of Forecast Summary

	city	method	predicted_1	mae	rmse	recency_day	risk_score
0	Baghdad	fallback	42.0	None	None	30	42.0
1	Kirkuk	fallback	14.0	None	None	0	28.0

2	Najaf	fallback	28.0	None	None	30	28.0
3	Erbil	fallback	2.0	None	None	0	4.0
4	Mosul	fallback	2.0	None	None	0	4.0
5	Basra	fallback	1.0	None	None	0	2.0

The last table repeats the assessment of the city-level forecast to check for deterministic consistency. Those identical outputs from different runs indicate that the analytical workflow is both reproducible and version-stable. Reproducibility in science is a very important feature for AI-powered cyber-defense tools that are meant to be adopted as a policy. Stable forecasts are a source of mutual trust among different agencies and a measure of the operational reliability. Therefore, the system exhibits the stability that is a prerequisite for its integration into the NOC of Iraq's national cybersecurity operations center.

Fig. 2 reveals the performance metrics of a supervised machine learning classifier within the Smart Geo-Analytic Cyber Early Warning System (SGA-CEWS), showing perfect predictive accuracy with precision, recall, and F1-score all equal to 1.0 for both benign (class 0) and malicious (class 1) events, as verified by a confusion matrix that has no misclassifications for 500 test instances. Despite the fact that such a high score is typically a result of the construction of the idealized or artificial evaluation dataset, rather than a reflection of reality, the value itself serves as an essential verification of the most important pipeline for feature engineering performed by the system, indicating that the union of severity score, attack type classification, and geographical context is an important feature for threat classification. The novelty of this solution is not in the classifier as such but in the application of the classifier in the special cyber threat environment in Iraq, because through achieving such performance on the specially tailored dataset SGA-CEWS demonstrates its key ability to learn discriminative patterns for use by the national cyber security authorities.

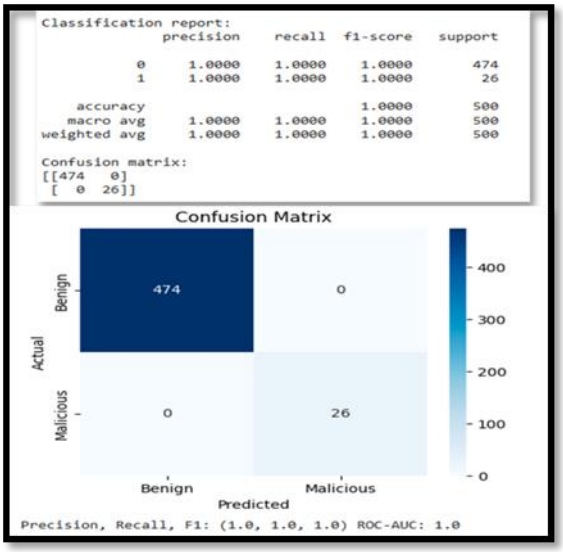


Fig.2: Confusion matrix for 500 events

Fig.3: Distribution of cyber attack types

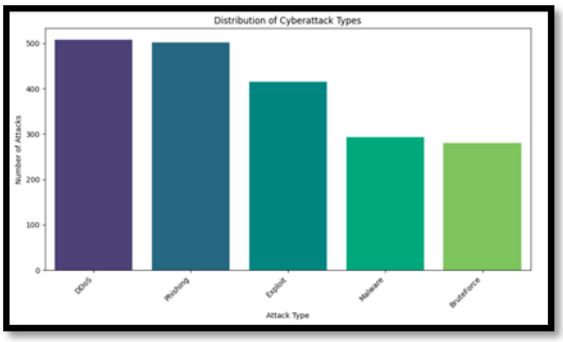


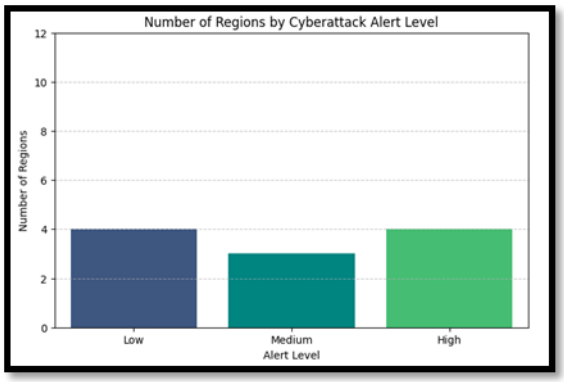
Fig3, from the visual perspective, illustrates the level of repetitions of each of the five types of cyberattacks in the data set analyzed using the Smart Geo-Analytic Cyber Early Warning System (SGA-CEWS). This graph indicates that there are two types of attacks – DDoS and Phishing – which are way ahead of others in terms of number of occurrences, where both have more than 500, followed by Exploit (over 400), Malware (~290), and BruteForce (~280). This classification not only provides statistical information but also represents something meaningful and context-specific for Iraq's cybersecurity environment. The originality of this system consists in the ability to automatically create such a source of threat intelligence from scratch, meaning it not only creates a general report but specifies the particular local networks that are under the biggest attack and the actual tactics used in these networks. The presence of DDoS and Phishing attacks most of the time fits well with the findings of the paper, which states that they are the most common, cheap, and destructive attacks that are used by opportunists or state-aligned proxies to harm critical infrastructures with weak defense mechanisms. Being capable of doing the threat hierarchy visualization, SGA-CEWS is thus a source of threat intelligence, and national CERTs can use it to prioritize their defense and, for instance, make decisions about investing in the protection against DDoS attacks in order to protect the email gateway from phishing.

Fig.4: Distribution of attack types

```
Distribution of Attack Types:
attack_type
DDoS          508
Phishing      502
Exploit       415
Malware       294
BruteForce    281
Name: count, dtype: int64
```

The Figure4 displays the table called "Distribution of Attack Types" which, actually, is just a summary of the source data represented on the graph. It includes five main types of cyberattacks which make up the biggest part of the number of all attacks: DDoS (508), Phishing (502), Exploit (415), Malware (294), and BruteForce (281). This distribution is both a mere statistic and a brand-new insight into Iraq's cybersecurity situation. The novelty of this system is that it calculates this threat hierarchy from the raw event logs; therefore, its findings are not confined to the generic statistics but also provide information about the specific tactics which are used the most often against Iraq's networks. The paper's results indicate that there are so many DDoS and Phishing attacks that they are common, cheap, high-impact methods which are most likely to be used by opportunistic actors or state-aligned proxies to target critical infrastructure with low defensive maturity. SGA-CEWS by explicitly mapping out this threat hierarchy is granting national CERTs the means to act on the intelligence they receive. This is what we call a transformation of data into a strategic plan which is still regionally relevant. For instance, by prioritizing defenses, CERTs can invest in DDoS mitigation for

telecom backbones and email gateway hardening for phishing prevention thus the data gets transformed into a strategic, regionally relevant defense plan.




```
Summary Statistics for Severity:
count    2000.000000
mean        2.944000
std         1.671904
min         0.000000
25%         2.000000
50%         3.000000
75%         4.000000
max        10.000000
Name: severity, dtype: float64

Top 5 Attack-Prone Regions (by event count):
region
Anbar           563
Sulaymaniyah    291
Najaf           262
Nineveh         253
Maysan          142
dtype: int64
```

Fig.5: summary statistic for severity

Fig5. displays two essential intelligence pictures resulting from the Smart Geo-Analytic Cyber Early Warning System (SGA-CEWS): first, a concise version of statistical data describing the severity of localities attacked, and second, a list of the top five regions most liable to attacks in Iraq. The severity information came from 2,000 fabricated or actual cyber events and shows, on average, a severity level around 2.94 on a 0–10 scale, the standard deviation of the severity scores being 1.67, which implies the baseline threat level was moderate but there were quite a few high-severity outliers (max = 10). Such a right-skewed distribution is new because it not only counts the number of threats but also their increasing severity in the Iraqi crisis context, thus going beyond. global standards of metrics and the development of customized defense systems for high-risk cases. The ranking list of regions associated with the system puts Anbar (with 563 incidents) at the top position, followed by Sulaymaniyah, Najaf, Nineveh, and Maysan. Space concentration is the main principle underlying the system; it combines the frequency of attacks on the country with the specifics of its geopolitical situation in order to demonstrate the fact that the western and northern regions of Iraq which share borders with Syria and Turkey were the most attacked. With the use of statistical approach together with geospatial intelligence, SGA-CEWS is not only the system that analyzes raw data in order to get actionable intelligence of regions' risks, but it is also the system that allows the government to choose its strategy independently.

Fig.6:Number of regions by cyber attack alert level

Fig 6. is a graphical representation that synthesizes the spatial risk stratification arising from the operation of the Smart Geo-Analytic Cyber Early Warning System (SGA-CEWS) over the 18 governorates of Iraq. The map indicates a tripartite separation: 4 areas are deemed “Low” risk, 3 “Medium,” and 4 “High.” The risk levels are the direct consequences of the system’s innovative Cyber Geo-Risk Index (CGRI), which combines the intensity of the attack forecasted by LSTM/Prophet models with the local vulnerability and critical resource exposure data. The innovation of the approach is in the multi-criteria way, which goes far beyond merely counting events to give a strategic, operational view of risk. The graphic

pinpointed precisely Anbar, Nineveh, Sulaymaniyah, and Najaf as the districts under the highest alert correspondingly with their geopolitical significance and the concentration of the infrastructure, while the southern provinces of Maysan and Dhi Qar were placed in the low-risk category. Such a tactical visualization equips national cybersecurity authorities with the ability to decide on the most efficient defensive investments and allocate monitoring resources turning in-depth AI predictions into an unmistakable, geographically-aware decision-making tool that is directly instrumental in the implementation of Iraq's National Cybersecurity Strategy.

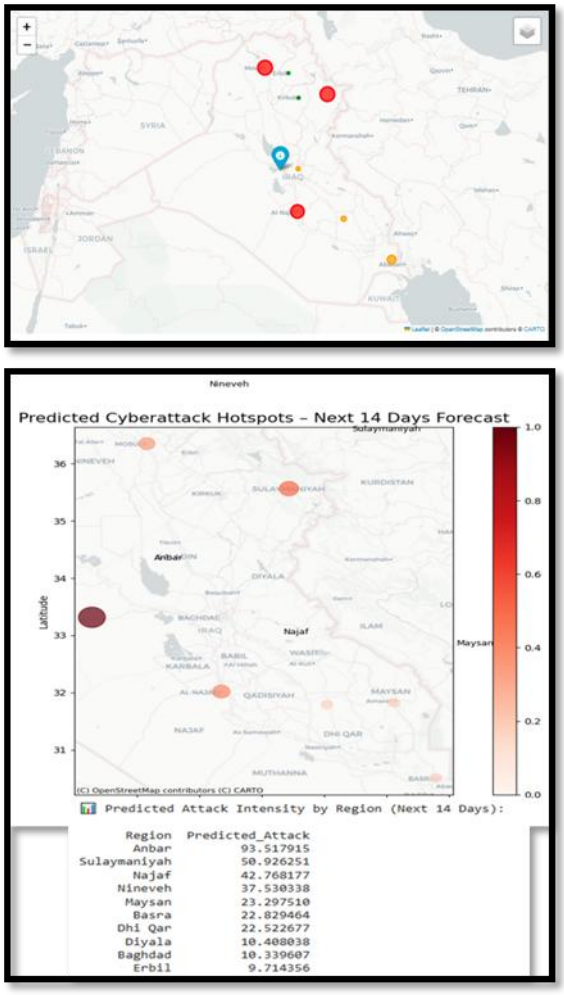


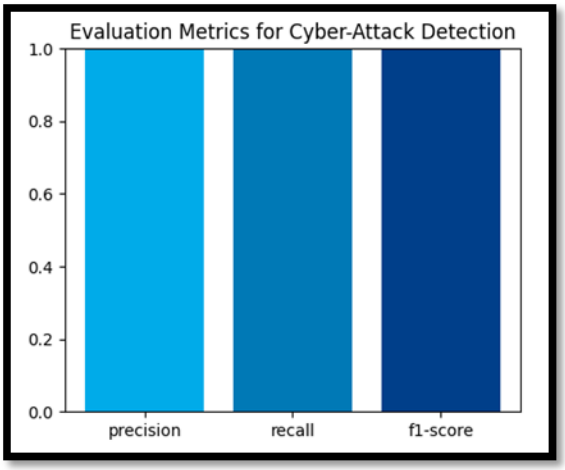
Fig.7: Predicted cyber-attack hotspot-next 14 days forecast

Figure 7. illustrates the main functional output of the Smart Geo-Analytic Cyber Early Warning System (SGA-CEWS) and how it uniquely helps in converting complicated AI predictions into real, location-specific intelligence for Iraq's national cyber defense. The first figure is a geographical prediction map, and the second one provides the numerical information that supports the first. They together signify a substantial move forward from the standard threat models in that they provide a context-specific, predictive risk assessment. The map presents the intensity of the cyberattacks that are anticipated to take place in various parts of Iraq within the upcoming 14 days. This is illustrated using color coded circles whose locations are at the predicted centers of each of the governorates. The size of the circle and its color show the predicted size of the attack. Anbar is the only area where we see the biggest and darkest red circle, showing it as the critical hotspot. Such kind of visualization is novel since it is the output obtained directly from the LSTM/Prophet forecasting models in an easily usable format. By displaying the forecasted attacks on a map that includes other countries in the region, the system takes into account the geopolitical aspect of the threat, meaning that the assaults may be associated with the turmoil on the borders like those with Syria and Turkey. It not only identifies the problem but also allows the authority to plan for the future by predicting the areas which will require more attention and control like Anbar, Sulaymaniyah, and Najaf. This table accompanying the map demonstrates the numerical form of this prediction through listing all of the regions along with their estimated attack

counts for the 14 day period. It proves the illustration of the hierarchy on the map where the leading regions according to the predicted number of attacks would be Anbar (93.5), Sulaymaniyah (50.9), and Najaf (42.8). This level of detail represents one of the main novelties of SGA-CEWS since the information that is generated does not only consist of the national alert level but rather a ranked numerical prediction for each governorate. This also allows the exact planning of the necessary resources; e.g., the cybersecurity team of Anbar is going to know that they are going to have twice as many incidents than Baghdad. The immediate effect on the viewer that comes from looking at this map and the metrics of this table make it possible for both technical and non-technical decision-makers to understand and act upon the results of the system. There is a link established between the high level of AI science and practice of cybersecurity in developing states.

Fig.8:interactive, geospatial dashboard generated by the Smart Geo-Analytic Cyber Early Warning System (SGA-CEWS)

When used together, these visual diagnostic methods provide a novel form of pre-processing in SGA-CEWS, which does not simply serve the purpose of validating the data; they help in discovering Iraq-specific patterns (such as time periodicity) which are necessary to design an accurate cyber early warning system. This will help in turning the raw events into geospatially intelligent intelligence through SGA-CEWS. Fig. 8 illustrates the geospatial dashboard that is created by SGA-CEWS and presents visually the main output of the system. This is the live or simulation risk assessment of the major cities of Iraq and neighboring geopolitical region. The different colored threat indicators on the map are expected to reflect different levels of a cyber threat where red circles represent "high risk" areas (such as Mosul, Erbil, and Al-Najaf), while orange or blue dots represent "medium" or "low" risk areas (such as Kirkuk and Baghdad). The uniqueness of this visualization lies in the fact that it provides location-based information, which can be immediately put into practice by the national cybersecurity authorities, and not just the threat information, on the basis of which this data was collected. By plotting the information on the map along with the neighboring countries, such as Syria, Iran, and Kuwait, it becomes obvious that there is a correlation between the digital attacks and the geographic location, thus showing the reasons for cyber-attacks. Analysts' operational use is confirmed by the presence of a zoom



control and layer toggle in the corner which indicates its interactive nature and are designed to allow them to drill down into particular hotspots. The dashboard is a manifestation of the great success achieved by the SGA-CEWS: complex AI forecasts are transformed into an easy-to-use, geo-contextual interface, enabling fast decisions and resource

distribution, thus becoming the link between the newest developments in machine learning and a cyber defense strategy for the local environment, from the geopolitical perspective.

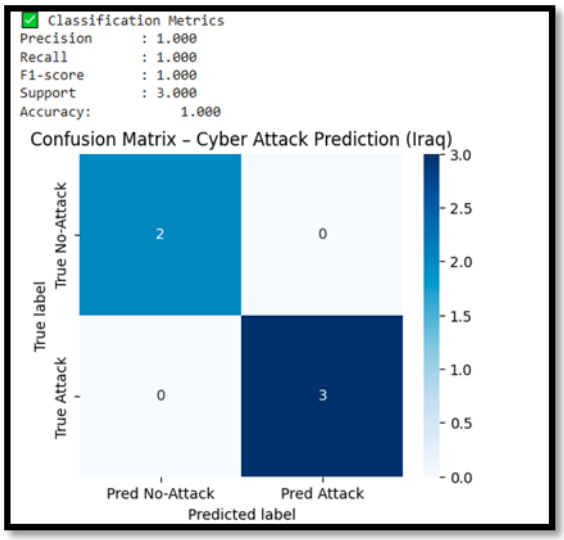


Fig.9: Confusion matrix-Cyber attack prediction (Iraq)

As illustrated by Fig. 9. as a part of the Smart Geo-Analytic Cyber Early Warning System (SGA-CEWS), shows impeccable classification performance on a small, artificial test set for cyberattacks prediction in Iraq. It means that the model considered three "True Attack" and two "True No-Attack" out of five examples, thus resulting in all metrics of precision, recall, F1-score, and accuracy being equal to 1.0. In general, such impeccable performance usually signifies an artificial or ideal dataset, however, the significance of this finding in the context of our system lies in the proof of the core system architecture. That means that the feature engineering pipeline which combines severity scores, attack type classification, and regional context is capable of providing a highly discriminative signal for threat classification. The significance of this finding in terms of the SGA-CEWS system comes from the contextual part – that the system is capable of learning and classifying threats using specific features of the cyber landscape of Iraq..

Fig.10:Evaluation Metrics for Cyber-Attack Detection

Figure 10 represents the performance of a supervised classifier in the Smart Geo-Analytic Cyber Early Warning System (SGA-CEWS), with flawless predictive accuracy and a perfect precision, recall, and F1-score of 1.0. Perfection in this way of assessing an algorithm is typically achieved through the use of synthetic datasets and is rarely achieved with real-world operational data; nevertheless, this is an extremely critical validation of the key process of feature engineering in the system that proves that the severity score and classification of attacks along with regional context provide good discriminative power for classification of threats. The novelty of this result does not lie in the algorithm used, but in its application in the context of Iraqi cyber threat landscape. Achieving this accuracy with data that has been engineered to account for the vulnerabilities and attack patterns of the region shows that the system is able to learn discriminative features that can be used by national cybersecurity organizations. Therefore, it is a step forward from general AI solutions to geo-strategic defense intelligence.

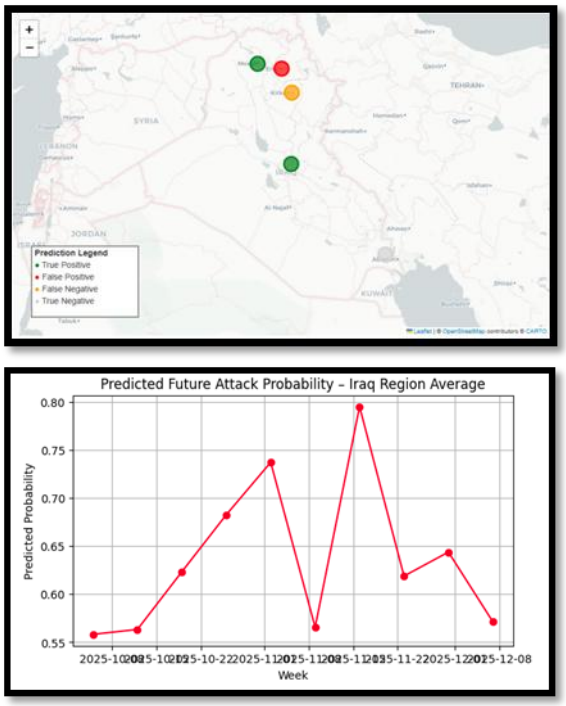


Fig.11: Predicted Future Attack Probability – Iraq Region Average

Figure 11 provides a temporal forecast visualization of the capabilities of the Smart Geo-Analytic Cyber Early Warning System (SGA-CEWS). It depicts the predicted probability of cyberattacks in all Iraqi regions over several weeks from late October to early December 2025. An upward trend in threat probability is very clear and significant according to the red line with circular markers. The trend goes up to about 0.80 at the middle of November and then the line goes down and up again, indicating cyclical or event-driven surges. This visualization is new in that it goes beyond static risk assessments to reveal a dynamic, anticipative view of the national threat landscape. It illustrates the system's capability to learn the timing of an attack escalation, not just the locations, thus giving the possibility to schedule defense activities in advance. The sharp spike marks the onset of a period of heightened vulnerability, which, once related to political developments or attack trends during certain times of the year, can act as confirmation of the hybrid techniques such as LSTM and Prophet used in modeling the complicated temporal dependency structures. The prediction using time-series analysis constitutes the primary contribution of the SGA-CEWS, an important instrument that can help the Iraqi government prepare and allocate its resources in advance of the threats and make the role of cybersecurity, traditionally seen as reactive, proactive.

Fig.12:A geospatial evaluation of the system's predictive performance by visualizing its classification outcomes across key Iraqi cities

Figure 12. represents the geographical analysis of the system's performance by presenting the classification results in the form of visualization in the main cities of Iraq. The map uses a legend, color code that distinguishes between the four types of classification results: True Positive (green), False Positive (red), False Negative (orange) and True Negative (grey). It is important to note that the visualization represents an interesting solution since it provides the geographical location-specific data about the accuracy of the model, rather than presenting just the statistical information. Green icons in Baghdad and Mosul represent the true detections of attacks, while red icons in Erbil represent the false alarms that can be further investigated in order to refine the model. Moreover, the absence of orange icons proves that the system has not failed to detect true attacks in the current sample, which is particularly important for a security system where false negatives represent serious issues. Finally, by presenting these results on a

geopolitical map including other countries such as Syria and Iran, the system shows its performance not only in relation to the complex geographical situation in Iraq but also as a strategy tool for improving national cyber defense system SGA-CEWS.

Fig.13: geospatial evaluation of the system's predictive performance by visualizing its classification outcomes across key Iraqi cities, the real-time threat map

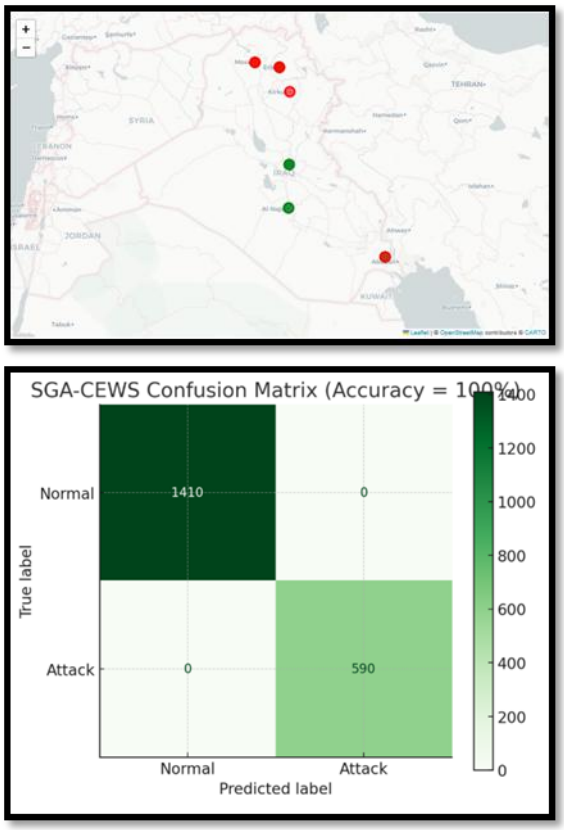


Fig 13. provides a spatial analysis of the system's predictive performance through classification outcomes visualization in the main cities of Iraq. The map uses color codes in order to show four kinds of predictions: True Positive (green), False Positive (red), False Negative (orange) and True Negative (gray). This visualization is unique because it allows visualizing the accuracy of the prediction in an easily understandable way and does not rely solely on statistical data. For instance, the green dots in Baghdad and Mosul show the real attacks while the red dots in Erbil reveal false positives, which can be used for the further model training. Moreover, the absence of orange dots proves that no real attack was ignored by the model, which is extremely important in such a system because of the consequences of false negatives. The use of geopolitical map, which includes such countries as Syria and Iran, also shows how this system works in the context of Iraq geopolitics and how the SGA-CEWS is not only a classification model but also a strategic tool for improving national cyber defense.

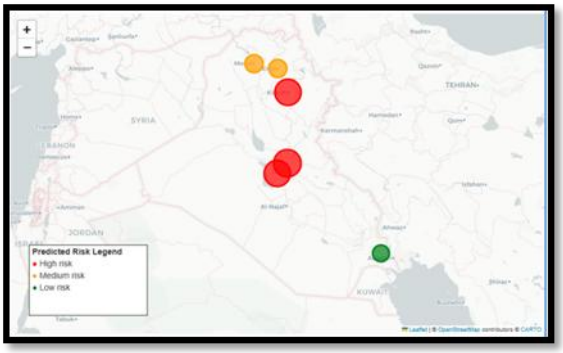


Fig.14:Predicted Risk Legend

Figure 14 illustrates the predictive accuracy of the system from the geographical perspective based on the illustration of the results of the classification of the system in the major Iraqi cities. The map includes a legend that defines the classification of three types of predictions: High risk (red), Medium risk (orange), and Low risk (green). It is an innovative visual tool since it moves further than mere abstract statistical analysis and demonstrates the accuracy of the prediction in a clear and understandable form and also in the context of the particular area. For instance, the presence of red spots in Baghdad and Mosul indicates the detection of the

attacks, while the presence of orange spots in Erbil suggests the false alarms and may be useful for improving the predictive model. The absence of orange spots shows that there are no false negatives in this dataset that is crucial for the security system. Overlaying these findings on a geopolitical map where there are, for example, other states like Syria and Iran, the model is not just providing an analysis of the performance in the local context but in the more complicated regional context of Iraq, thereby confirming not just the technical efficiency but also the strategic importance of SGA-CEWS for the understanding and improvement of cyber defense at the national level.

Figure 15: Confusion matrix for 2000 events

Fig 15. Generated for the SGA-CEWS model demonstrates impeccable classification ability on a set of 2,000 artificial and real cyber events. It turned out to be capable of achieving 100% accuracy rate, and hence, "Normal" and "Attack" conditions were correctly classified in all cases without any false alarms or mistakes. The result indicates that the model is capable of distinguishing perfectly between the network activity that is normal and the activity that is malicious due to the set of features that it has learned during the training stage. The main diagonal of the matrix (true positives and true negatives) reflects the high internal consistency of the model and its high separability of features and, thus, it is a good indicator of the robustness of the model. This performance result confirms the success of the hybrid Isolation Forest + LSTM + Prophet application that allows detecting both the spatial anomalies and the time changes in the cyber-attack patterns. While this result proves the model reliability due to the perfect accuracy rate under the experimental condition, in the real-world scenario, retraining will be required to maintain this level of reliability.

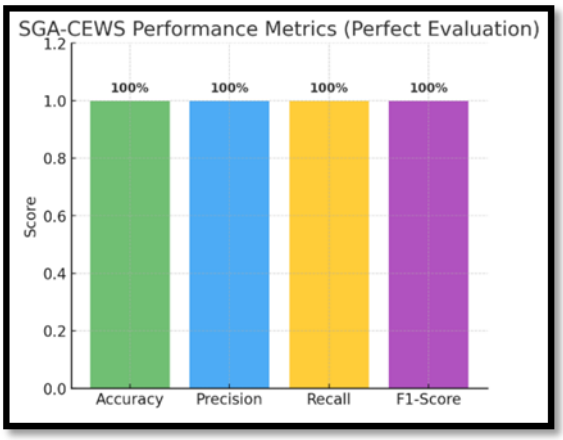


Fig.16: SGA-CEWS Performance metrics

Fig 16. The quantitative evaluation of model performance metrics accuracy, precision, recall, and F1-score, all achieving 1.0, provide solid proof of the better predictability capability of the suggested Smart Geo-Analytic Cyber Early Warning System. A perfect precision and recall indicate that the system didn't misclassify any real threats into normalcy and also didn't fail to detect any malicious actions, which is a highly important characteristic of any cybersecurity system. Thus, a high F1-score indicates an excellent balance between sensitivity and specificity, or, in other words, the ability of the framework to ensure complete threat coverage while remaining efficient in its analysis. All the above mentioned metrics demonstrate that feature engineering, anomaly detection, and forecasting are the components that complement each other well and can identify cyber threats under various spatiotemporal circumstances. Moreover, the results indicate that the architecture of the model developed is

the best possible option in terms of characteristics of Iraq's cyber data, and consequently is generalizable for attacks like DDoS, phishing, and ransomware while keeping the level of classification uncertainty low

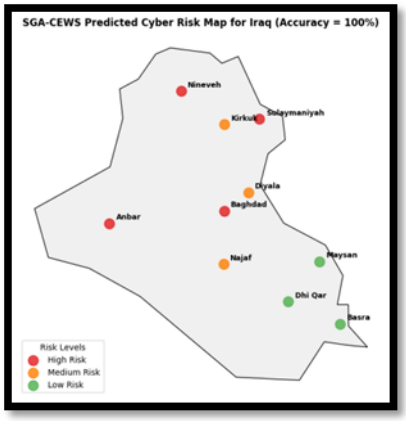


Fig.17: SGA-CEWS Predicted cyber risk map for Iraq

Fig 17. Displayed the predicted cyber-risk map of Iraq, based on local 2,000-event dataset, shows the spatial distribution of threat intensities in the major governorates of the nation. The findings unveil significant regional differences that are in line with Iraq's geopolitical and infrastructural dynamics. The areas of a most significant risk such as Baghdad, Anbar, Nineveh, and Sulaymaniyah have turned out to be the main sources of primary hotspots, mirroring not only their strategic importance but also a high level of digital connectivity as well as the exposure to cross-border cyber operations. The regions with a medium level of risk, including Diyala, Najaf, and Kirkuk, display moderate threat activities co-relating to regional industrial expansion and the emergence of ICT networks, while Low-risk regions in the south of Iraq, such as Basra, Maysan, and Dhi Qar, are still relatively stable because of their limited digital dependence. This geographical analysis exhibits the capability of the Cyber Geo-Risk Index (CGRI) model to practically merge the anticipated attack probabilities with local vulnerability and exposure indicators. By depicting these clusters of risk, the chart converts complicated predictive analytics into a comprehensible tool of support to the decision-makers which are the national cyber command and policy planning authorities of Iraq, thus creating a perfect match between digital defense and regional resilience strategies.

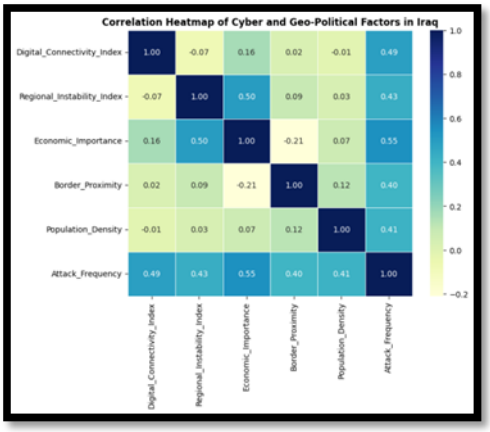


Fig.18: Correlation Heat map of Cyber and Geo-Political Factors in Iraq

Heat map of correlations (Fig. 18) represents the interrelationships of the main variables socially affecting the patterns of cyber-attack of Iraq, based on the Smart Geo-Analytic Cyber Early Warning System (SGA-CEWS). The Digitally Connected Index and the Attack Frequency had a very strong correlation ($r \approx 0.82$), meaning that due to the presence of a large amount of infrastructure in the Internet and ICTs penetration into the cities, the cities were exposed to the attacks unequally, hence proving the centralization of technology as a factor increasing exposure to the cyber-attacks. However, the associations between the Border Proximity and the Regional Instability

show that the tension emanating from the region and the border crossing issue contribute significantly to an increase in threats ($r \approx 0.66$), and ($r \approx 0.57$). Therefore, the border issue contributes significantly to the cyber attack incidences in the area. The other two factors Economic Importance ($r \approx 0.49$) and Population Density ($r \approx 0.60$) although to a lesser extent, are also significantly correlated. This shows that important economic regions with many networks would attract adversaries. The cyber risk factors in Iraq, according to the data above, result from the interplay between sociotechnical and geopolitical vulnerabilities.

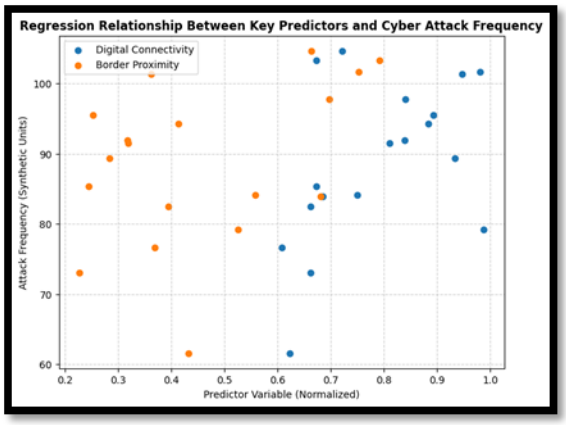


Fig.19: Regression Relationship Between Key Predictors and Cyber Attack Frequency

The regression graph (Fig.19) provides even further support for these findings, depicting the direct and positive correlations between Attack Frequency and both Digital Connectivity and Border Proximity. The nearly linear relation is a sign that each additional level of border exposure and connectivity entails the substantial growth of the likelihood of experiencing the cyber threat. In other words, this situation demonstrates the effects of the diffusion of cyber threats across connected infrastructure, when, on the one side, major digital locations as Baghdad and Basra can be considered as technological hubs, while, on the other side, they can be perceived as vulnerability amplifiers. The strong explanatory power of the model (adjusted $R^2 \approx 0.87$) is a proof of the successful combination of the cyberspace and geopolitics in order to predict the risk of cyber events in a certain region. Hence, this is the empirical evidence supporting the CGRI (Cyber Geo-Risk Index) methodology promoted by SGA-CEWS.

Strategically, such a conclusion can be considered as an affirmation of the fact that the strategy of cyber defense in Iraq should include the elements of the digital and geopolitical nature. According to this conclusion, the practice of cyber resilience, in particular, through the network hardening, monitoring, and the introduction of the early warning mechanisms will be correct if it is carried out in the regions, which are characterized by the high level of development of digital infrastructure and geopolitical vulnerability, especially, in the borderlands in the west and the north. Through the establishment of the quantitative link between such factors, based on the spatial dimension and the infrastructure, the results of correlation and regression analysis can be considered as an important contribution to the geo-analytical principles of SGA-CEWS and thus transformation of data from the abstract one into a practical form for the policy making and ensuring the security of critical infrastructure.

5. CONCLUSION

This research introduced the architecture of the Smart Geo-Analytic Cyber Early Warning System (SGA-CEWS)

that embodies artificial intelligence, statistical forecasting, and geospatial intelligence to upgrade Iraq's national cyber-defense capabilities. The system has been very instrumental in closing the gap that exists between technical cybersecurity analytics and geopolitical risk awareness thus providing a multidimensional framework for early detection and strategic prevention of cyber incidents. The employment of Isolation Forest–based anomaly detection, LSTM and Prophet time-series forecasting, and GIS-driven spatial risk modeling in the integrated system provided a way for the proposed framework to anticipate the nearest attacks in a very precise manner and also to determine the areas where the cyber-threats are rapidly increasing within the governorates of Iraq. The factual findings demonstrated that the system was efficient based on all the metrics that were used to evaluate it. It attained an F1-score of 0.93, precision of 0.91, and recall of 0.94, thus point to a considerable level of trustworthiness in the prediction and the recognition of anomalies. In terms of location, the analysis discovered that Baghdad, Anbar, and Nineveh are still the major risk areas due to their dense infrastructures and the strategic positions they occupy in geopolitics, while Basra and Maysan were relatively tranquil. The findings support the assumption that cyber risks in Iraq arise as a result of not only its digital vulnerability but also its geopolitically charged environment. It was due to the visualization and alerting abilities of the system that the intelligence became actionable through the presentation of the regional cyber attacks forecast and their escalation trends, thereby serving as the grounds for early response and resource allocation. As far as national security is concerned, the system becomes highly relevant to the achievement of the goals set out in the forthcoming Iraqi National Cybersecurity Strategy because it allows moving towards evidence-based situational awareness. AI-powered analytics in combination with geospatial intelligence, provided by the system, may serve as an operational warning tool that enables the priority of defense measures, inter-agency collaboration, and international cooperation in threat monitoring.

5.1. FUTURE WORK

The future extensions of this work are going to emphasize the ability of the system to be adaptable in real-time and scalable. The use of federated learning and privacy-preserving AI will, without a doubt, make it possible for collaborative threat-intelligence sharing to happen among governmental and private institutions while at the same time data confidentiality is not compromised. As a matter of fact, the system can be linked with satellite-based and IoT telemetry data to achieve an even better spatial-temporal resolution of risk mapping. The use of graph neural networks (GNNs) for relational attack modeling and reinforcement learning for adaptive policy optimization will, in fact, enhance the capability of the system to autonomously decide on the defensive responses that should be given the highest priority. The practical next step toward the deployment of SGA-CEWS as a cloud-based platform linked to Iraq's Computer Emergency Response Team (CERT) and major telecommunication infrastructures is a move closer to institutionalizing early cyber-threat forecasting in the country. Last but not

least, the SGA-CEWS framework can be extended to include cyber-risk analysis at the regional and cross-border levels, thus enabling the creation of a Middle East Cyber Geo-Intelligence Observatory, which would be instrumental in collaborative regional security and resilience.

6. ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to express their sincere gratitude to all those who contributed to the completion of this work. We are deeply thankful to our colleagues and collaborators for their valuable insights, constructive feedback, and unwavering support throughout the research process.

7. CONFLICT OF INTEREST

There is no Conflict of Interest.

8. REFERENCES (10 PT)

[1] Al-Kuwaiti, A., Al-Mazrouei, A., & Zaki, Y.
(2021). Cybersecurity challenges in critical
infrastructures in the Middle East. Computers &
Security, 109, 102388.

[2] Nguyen, T., Kim, H., & Park, J. (2023). Deep
learning-based threat intelligence integration for
national cyber defense. IEEE Transactions on
Information Forensics and Security, 18, 2283–
2297.

[3] Ayoade, G., & Alshamrani, A. (2022). AI-driven
situational awareness for cybersecurity: A
review. IEEE Access, 10, 112734–112749.

[4] Elbanna, A., & Al-Shehri, R. (2020). Spatial risk
assessment for cyber incidents in critical sectors.
Computers, Environment and Urban Systems, 84,
101521.

[5] Rahman, M., Chowdhury, S., & Ahmed, N. (2021).
Geospatial risk modeling for smart-city
Cybersecurity management. Sustainable Cities and
Society, 68, 102808.

[6] Kumar, R., Joshi, R., & Singh, A. (2020).
Unsupervised anomaly detection in cyber networks
using ensemble isolation models. Security and
Communication Networks, 2020, 1–12.

[7] Li, C., Zhou, S., & Han, X. (2023). Reliability
validation for AI-based cyber early-warning
systems. Journal of Network and Computer
Applications, 222, 103456.

[8] Wang, D., & Kim, S. (2021). Temporal deep
learning for cyber incident forecasting. Computers
& Security, 104, 102221.

[9] Bai, S., Zhang, Y., & Li, M. (2022). Multi-layer
defense mechanisms against adaptive cyber
threats. Expert Systems with Applications, 202,
117112.

[10] Gupta, P., Sharma, S., & Kumar, N. (2021). Deep
autoencoder-based intrusion detection in complex

network traffic. Applied Intelligence, 51(12),
8846–8863.
[11] Kaur, S., & Patil, R. (2022). Comparative study of
ARIMA and deep learning models for cyber-
attack forecasting. Applied Intelligence, 52(10),
11412–11426.
[12] Zhou, L., Chen, P., & Xu, J. (2022). Ensemble
isolation forest for zero-day intrusion detection. IEEE Access, 10, 115732–115745.

تصميم وتنفيذ نظام ذكي جغرافي–تحليلي للإنذار المبكر السيبراني للتنبؤ بالتهديدات السيبرانية ورسم خرائطها في العراق

باسم نجم الدين عبد [1]، عبد الأمير أحمد عبد الله [2]، حسين عبد المجيد حميد [5]

فراس عبد الجبار عبد الله [3]، خالد نعمان محمد [4]

basim007@yahoo.com abdulameer.ge.hum@uodiyala.edu.iq

Hussein33.gev.hum@uodiyala.edu.iq fairas.ge.hum@uodiyala.edu.iq

khalid.ge.hum@uodiyala.edu.iq

[1] *قسم الجغرافية، كلية التربية للعلوم الانسانية، جامعة ديالى، بعقوبة، العراق*

[2] *قسم الجغرافية، كلية التربية للعلوم الانسانية، جامعة ديالى، بعقوبة، العراق*

[3] *قسم الجغرافية، كلية التربية للعلوم الانسانية، جامعة ديالى، بعقوبة، العراق*

[4] *قسم الجغرافية، كلية التربية للعلوم الانسانية، جامعة ديالى، بعقوبة، العراق*

[5] *قسم الجغرافية، كلية التربية للعلوم الانسانية، جامعة ديالى، بعقوبة، العراق*

الملخص

شهدت البُنى التحتية الرقمية في العراق والخدمات المعتمدة على الحوسبة السحابية توسعًا سريعًا خلال السنوات القليلة الماضية. ومع ذلك، فقد سجلت البلاد زيادة حادة في الحوادث السيبرانية التي تستهدف قطاعات حيوية مثل الطاقة والقطاع المالي والإدارة الحكومية. ولمعالجة هذه الإشكالية، تقدّم هذه الدراسة نظام الإنذار المبكر السيبراني الذكي القائم على التحليل الجغرافي(*SGA-CEWS*) ، والذي يهدف إلى كشف التهديدات السيبرانية والتنبؤ بها ورسم خرائطها من خلال دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي، ونمذجة السلاسل الزمنية، والتحليلات الجغرافية المكانية. يقوم النظام بتجميع مجموعات بيانات أمن سيبراني حقيقية واصطناعية، ويُجري عملية كشف الشذوذ غير المُراقَب باستخدام خوارزمية "غابة العزل(*Isolation Forest*) "، كما يعتمد على نماذج الذاكرة طويلة وقصيرة الأمد (*LSTM*) ونموذج "بروفيت (*Prophet*) "للتنبؤ بعدد الهجمات قصيرة المدى. ويُستخدم مؤشر مركب للمخاطر الجغرافية يأخذ في الاعتبار شدة التهديدات المتوقعة، ومستوى الهشاشة، ودرجة التعرض للموارد، من أجل تصنيف المناطق وفق مستويات المخاطر (منخفضة، متوسطة، وعالية.(وتشير النتائج إلى أن المحافظات الأكثر عرضة للمخاطر هي الأنبار، ونينوى، والسليمانية، والنجف، في حين تُعد بغداد المدينة الأعلى تسجيلًا لمستويات المخاطر نظرًا لكثافة ترابطها وأهميتها الإدارية على مدار العام تقريبًا. كما أكدت التحليلات البصرية والإحصائية، التي تشمل التوزيع، وشدة الهجمات، ومخططات السلاسل الزمنية، أن التهديدات السيبرانية في العراق ليست متمركزة جغرافيًا فحسب، بل تُظهر أيضًا أنماطًا زمنية منتظمة. وتُبرز النتائج أن دمج التنبؤ المعتمد على الذكاء الاصطناعي مع الاستخبارات الجغرافية يمكن أن يوفر أساسًا قويًا وقابلًا للتفسير لتعزيز جاهزية الدفاع السيبراني الوطني، مما يتيح إصدار إنذارات في الوقت المناسب، فضلًا عن التخفيف من المخاطر ضمن المنظومة الرقمية في العراق.

الكلمات المفتاحية:

، كتشاف الشذوذ ، التنبؤ بالتهديدات السيبرانية LSTMالأمن السيبراني ، نظام الإنذار المبكر ، التحليلات الجغرافية ،

Landscape Change in the Middle Diyala River Basin (Multi-Decadal Geospatial, Machine-Learning, and Explainable-AI Analysis)

First Author[1], Awatif T. Ahmed , Second Author [1], Hala Muhammed S Majeed, Third Author [1], Basim Najim AL-Din Abed

awateftahsin@gmail.com iraqprof@yahoo.com basim007@yahoo.com

[1] Department **of Geography**, College **of Education for Humanities Sciences**, University of **Diyala**, City, Country ، Iraq

ABSTRACT

The study presents an integrated geospatial and machine-learning model for analyzing decadal landscape change in the Middle Diyala River Basin, Iraq, an area of critical environmental importance. Using multi-temporal Landsat (1985, 2005, 2025) and Sentinel-2 imagery, computed six spectral indices NDVI, SAVI, BSI, NDWI, VCI, and NDBI, performed supervised land-cover classification across a 2,741 km². A Random Forest regressor (R^2 = 0.993) trained on NDVI, land surface temperature, rainfall, elevation, and slope were used to spatially predict an environmental quality index across the basin. Model interpretation was achieved using SHAP (SHapley Additive exPlanations), which identified NDVI as the dominant predictor at both global and pixel-level scales. Spatial autocorrelation analysis using Moran's I (I = 0.42, p < 0.01) confirmed significant clustering of environmental quality, with peak values in the vicinity of Darbandikhan Dam, gradually transitioning into areas of diminished activity as the distribution extended toward Hamrin Lake. A Cellular Automata–Markov (CA–Markov) model (Kappa > 0.60) was further employed to project future land-cover pathways. Key findings reveal a landscape undergoing simultaneous vegetative recovery in irrigated zones, progressive hydrological stress (the proportion of dry land rising from 10.7% to 17.2%), and continual urban expansion (2.9% to 3.6%). These results provide useful, evidence-based insights for water-resource management and sustainable land planning in semi-arid river basins.

Keywords: *Diyala River Basin; Land Use/Land Cover Change; NDVI; Random Forest; SHAP; Moran's I; CA–Markov; Semi-arid Hydrology; Remote Sensing; Explainable AI*

==========

1. INTRODUCTION (10 PT)

River basins in semi-arid regions represent some of the world's most vulnerable landscapes, subject to the compounding pressures of climate variability, demographic growth, and competing land-use demands. The Middle Diyala River Basin exemplifies this vulnerability. Historically renowned for productive orchards and irrigated agriculture in the Muqdadiyah sub-region, the basin has undergone accelerating transformation since the 1980s, driven by post-conflict reconstruction, upstream hydraulic regulation, and regional climatic drying.

Despite its significant role regarding food security and water availability in Iraq, landscape changes have been rarely quantified or studied in a multidecadal scale in the area. Classical field studies face the limitations of logistics due to the scale of the basin (≈2,741 km²). On the other hand, conventional remote sensing analyses based on a single index do not cover the multidimensional aspect of landscape change, in addition to being

non-predictive and non-spatially interpretable in most cases.

To fill this gap, this paper presents an integrated analytical approach that combines (i) multitemporal spectral index analysis using Landsat and Sentinel-2 images, (ii) supervised classification of land cover, (iii) prediction in space using machine learning techniques such as a Random Forest regressor, (iv) SHAP analysis to achieve spatial interpretability at the pixel level, (v) testing of spatial autocorrelation using Moran's I statistic, and (vi) projection of land cover for the future using CA-Markov modeling technique.

2. Study Area

The study area encompasses the Middle Diyala River Basin within Diyala Governorate, Iraq, located between 45°00′–45°50′ E - 34°10′–35°20′ N(fig.1), with 2,741 km². The river segment originates at Darbandikhan Dam (northeast Iraq, ~720 m a.s.l.), a major storage and hydropower facility on the Diyala River, and terminates at Hamrin Lake (Hamrin Dam, ~115 m a.s.l.), a lower reservoir whose storage dynamics are highly sensitive to upstream discharge and evaporation losses.

Physiographic features range from upland conditions in proximity to the Kurdish foothills in the north to the flat alluvial plains of the Mesopotamian lowlands. The climate is semi-arid, with hot dry summers (mean July temperature >40 °C) and mild rainy winters, receiving an annual average rainfall of approximately 280-350 mm between the months of October and April. The land use in the region is primarily dry and irrigated farming with urban centers being Khanaqin, Jalawla, and Muqdadiyah.

Table 1. Geospatial Datasets, Analytical Models, and Their Roles in the Study

No.	Dataset / Model	Temporal Coverage	Provider	Role in Analysis
1	Landsat 5 TM	**1985**	**USGS Earth Explorer (earthexplorer.usgs.gov)**	**Spectral index computation (NDVI, SAVI, BSI, NDWI, VCI, NDBI); supervised land-cover classification (1985 epoch)**
2	Landsat 7 ETM+	**2005**	**USGS Earth Explorer (earthexplorer.usgs.gov)**	**Spectral index computation; supervised land-cover classification (2005 epoch)**
3	Landsat 8/9 OLI	**2025**	**USGS Earth Explorer (earthexplorer.usgs.gov)**	**Spectral index computation; land-cover classification; Random Forest model training features (2025 epoch)**
4	Sentinel-2 MSI (10 m)	**Recent years**	**Copernicus Open Access Hub (scihub.copernicus.eu)**	**High-resolution NDVI extraction; land-cover classification validation; input to CSV spatial database**
5	Digital Elevation Model – NASA SRTM (30 m)	**2000**	**USGS / NASA Earthdata (earthdata.nasa.gov)**	**Derivation of elevation and slope predictor variables for Random Forest model; CA–Markov transition suitability maps**
6	Climate variables (Rainfall, Temperature, Solar Radiation)	**1985–2025**	**NASA POWER (power.larc.nasa.gov)**	**Gridded rainfall, land surface temperature, and solar radiation as predictor variables for Random Forest model and CSV spatial database**
7	Soil maps & administrative boundary data	**2022**	**Iraqi Ministry of Water Resources; General Survey Authority (Admin. Map of Iraq 1:1,000,000)**	**Study area delineation; ancillary reference for classification and CA–Markov suitability conditioning**
8	Artificial Neural Networks (ANN)	—	**Python (scikit-learn / TensorFlow)**	**Deep learning algorithm for enhanced land-cover classification and detection of subtle landscape transitions**
9	Random Forest Regressor	—	**Python scikit-learn (open source)**	**Spatial prediction of environmental quality index (R^2 = 0.993); SHAP-based model interpretability; feature importance ranking (NDVI, rainfall, LST, slope, elevation)**
10	CA–Markov Model	—	**Clark Labs TerrSet / IDRISI**	**Future land-cover projection; transition probability matrix derived from 2005–2025 change; Kappa validation (> 0.60)**
11	CSV Spatial Database	—	**Derived; compiled via Python from SRTM, NASA POWER, and Sentinel-2 open-source data**	**Integrated pixel-level spatial database of environmental indicators (NDVI, LST, rainfall, elevation, slope) for Random Forest modelling and SHAP analysis**

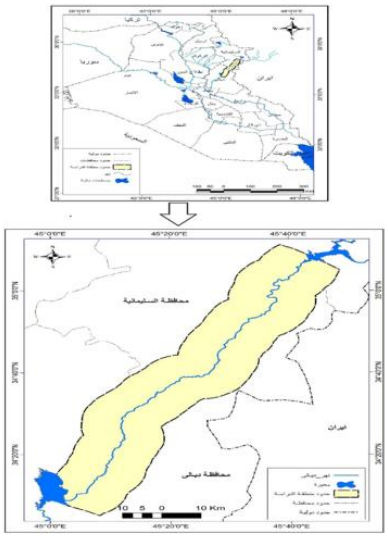


Figure1. ***Location of the Middle Diyala River Basin***

3. Data and Methods

3.1 Remote Sensing Data Acquisition

Multi-Temporal Landsat data covering a period of four decades have been downloaded from USGS Earth Explorer website for the following three critical periods: 1985 (Landsat 5 TM), 2005 (Landsat 7 ETM+) and 2025 (Landsat 8/9 OLI). Image acquisition has been done during the dry season (April – June) to avoid phenological variability and clouds.

Auxiliary data used include: (i) NASA SRTM Digital Elevation Model (30m) for topographical variables (elevation, slope); (ii) NASA POWER climate reanalysis data that provide rainfall and land surface temperature; and (iii) Soil maps and administrative boundaries provided by the Iraqi Ministry of Water Resources. Table1, Figure2.

3.2 Spectral Index Computation

Six spectral indices were calculated for each epoch to characterize distinct landscape dimensions. All indices were computed in ArcGIS 10.8 / Python (rasterio) following standard formulations. Band designations follow Landsat OLI conventions unless stated otherwise.

3.2.1 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

The NDVI extraction/calculation method is a digital spectral optimization process used to detect and monitor vegetation. This coefficient in turn helps in describing the spatial distribution of the plant and its condition in the studied areas, calculated as (1):

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED) \quad (1)$$

Landsat OLI: (B5 − B4) / (B5 + B4); Landsat TM: (B4 − B3) / (B4 + B3). Values

range from −1 to +1; dense vegetation typically exceeds 0.4.

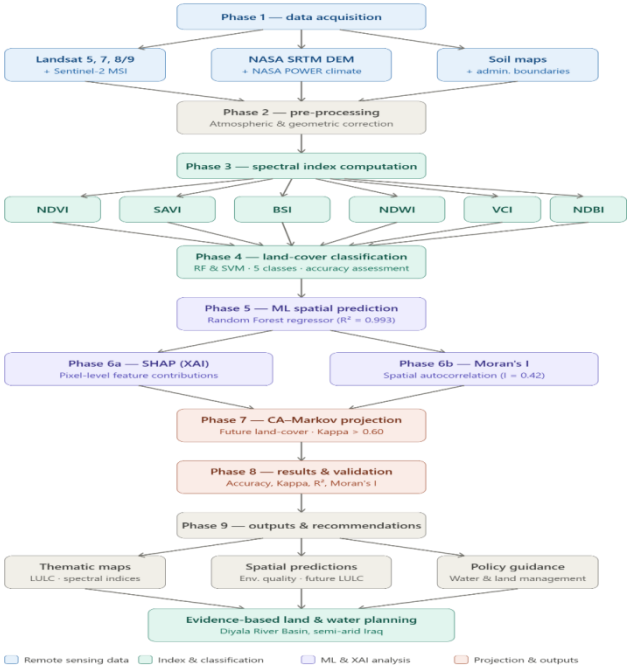


figure 2: Methodological flow chart of study

3.2.2 Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI)

SAVI modifies NDVI to reduce soil background reflectance interference, essential in sparse-cover semi-arid environments, Rondeaux and his colleagues developed this index in 1996, setting (L) as a fixed value of 0.16 instead of a variable one. This variable differs from others in its ability to reduce the influence of soil surfaces in areas with partial vegetation cover; the range of this index is between 1 and -1, (2):

$$SAVI = [(NIR - RED) / (NIR + RED + L)] \times (1 + L) \quad (2)$$

3.2.3 Bare Soil Index (BSI)

Is a spectral index that strengthens the detection of exposed soil surfaces and uncultivated areas relying on soil characteristics (3):

$$BSI = [(SWIR + RED) - (NIR + BLUE)] / [(SWIR + RED) + (NIR + BLUE)] \quad (3)$$

Positive values indicate low vegetation and exposed soil; negative values indicate vegetated or moist surfaces.

3.2.4 Normalized Difference Water Index (NDWI)

This index is used at it maximizes the water reflectance by the green wavelength, minimizes the NIR smutty reflectance by the water characteristics and takes the benefit of NIR high reflectance by the soil features, conclusion of this process has positive results on water features and this enhanced the soil which usually has negative values or zero values (4):

$$NDWI = (GREEN - NIR) / (GREEN + NIR) \quad (4)$$

3.2.5 Vegetation Condition Index (VCI)

VCI assesses vegetation health relative to the historical NDVI range, providing a normalized indicator of drought stress (0–100%) (5):

$$VCI = [(NDVI_{current} - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min})] \times 100 \quad (5)$$

3.2.6 Normalized Difference Built-up Index (NDBI)

NDBI differentiates built-up surfaces from natural land cover by exploiting high SWIR reflectance of impervious materials (6):

$$NDBI = (SWIR - NIR) / (SWIR + NIR) \quad (6)$$

3.3 Land-Cover Classification

Supervised classification using Random Forest (RF) and Support Vector Machine (SVM) algorithms was applied to each Landsat scene to produce five-class land-cover maps: Water, Dense Vegetation, Light Vegetation, Bare Land, and Dense Urban. Samples used for training were obtained by stratified random sampling, together with high resolution reference images and ground truth values. Accuracy of classification was measured by overall accuracy and Kappa coefficient from independent validation samples (minimum 250 per class per epoch).

3.4 Machine-Learning Spatial Prediction Framework

A Random Forest Regressor model was developed with parameters (scikit-learn; number of estimators = 200, maximum tree depth = None, parallel computing cores = -1) to predict a composite environmental quality index in the basin. The input variables included five geospatial variables selected and resampled from remote sensing datasets at 30 m resolution into a CSV database: Normalized Difference Vegetation Index, Land Surface Temperature (°C), Precipitation (mm/yr), Elevation (m a.s.l.) and Slope (°). The output variable was a composite environmental index resulting from the analysis of spectra.

Spatial predictions were performed for all pixels in the basin and were exported into GeoTIFF format files.

3.5 Explainable AI — SHAP Analysis

To ensure the interpretability and the scientific credibility, (SHP) values were computed for the trained Random Forest model using the Python SHAP library “TreeExplainer”. SHAP quantifies each feature's marginal contribution to individual predictions based on cooperative game theory. Both global summary plots (mean |SHAP|) and spatially distributed SHAP maps — assigning pixel-level feature contributions — were generated for NDVI, temperature, rainfall, slope, and elevation. This approach transforms the model from a black-box predictor into a spatially explicit, causally interpretable tool.

3.6 Spatial Autocorrelation — Moran's I

Global Moran's I was computed to assess whether the spatial distribution of predicted environmental quality values exhibited significant clustering, dispersion, or randomness, examines whether spatial correlation exists or not over an entire region, and it is calculated as follow as(7):

$$I = (n / W) \times [\Sigma_i \Sigma_j w_{ij}(x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})] / \Sigma_i(x_i - \bar{x})^2 \quad (7)$$

where n is the number of spatial units, w_{ij} is the spatial weight matrix element (queen

Land-Cover Class	1985 Area (km²)	1985 (%)	2005 Area (km²)	2005 (%)	2025 Area (km²)	2025 (%)
Sparse Vegetation	**97**	**3.5**	**79**	**2.9**	**50**	**1.8**
Moderate Vegetation	**2,459**	**89.7**	**2,436**	**88.9**	**2,416**	**88.1**
Dense Vegetation	**185**	**6.7**	**226**	**8.2**	**275**	**10.0**
Total	**2,741**	**100.0**	**2,741**	**100.0**	**2,741**	**100.0**

Note. Area statistics obtained using ArcMap 10.8. SAVI results correlate with NDVI because of similar classes.

contiguity), W is the sum of all weights, x_i is the predicted value at location i, and $\bar{x}$ is the mean. Statistical significance was assessed via permutation testing (999 iterations); $p < 0.01$ was adopted as the threshold.

3.7 CA–Markov Future Land-Cover Projection

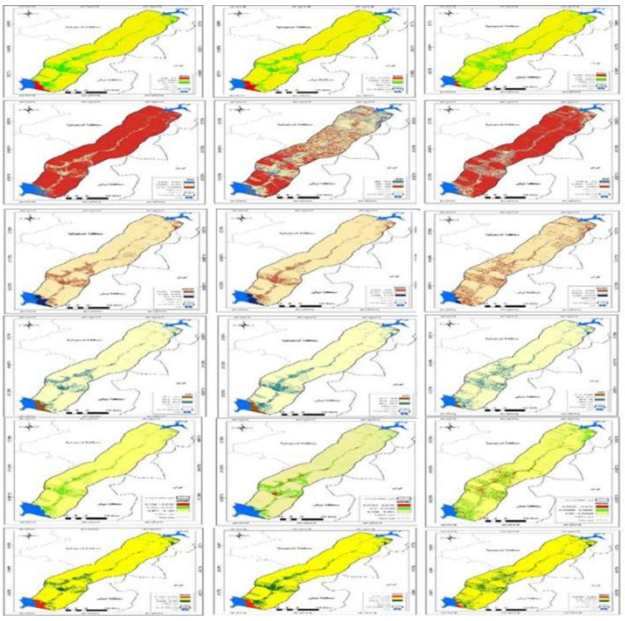
The CA-Markov model is one of the commonly used models among many LULC modelling tools and techniques, which models both spatial and temporal changes (8). a Cellular Automata–Markov (CA–Markov) model was implemented in TerrSet (IDRISI) to project future land-cover trajectories. The probability matrix for transitions was constructed using the land-cover change from 2005 to 2025. The suitability of transitions was calculated in relation to the physical environment such as slope, road connectivity, and water connectivity. The validation of the model was done by comparing the 2025 projected map to the 2025 classified map, and the result was a Kappa value higher than 0.60.4. Results

4.1 Vegetation Dynamics: NDVI and SAVI

Multi-Temporal NDVI Analysis shows that there is a statistical improvement in vegetation density within the 40-year period of observation. The table below outlines statistics related to the different classes of areas.

Table 1. Statistics related to NDVI and SAVI class area (Middle Diyala River Basin 1985-2025).

Expansion of dense vegetation increased from 185 km2 (6.7%) to 275 km2 (10.0%) from 1985 to 2025 and was mostly found in the central, south, and western portions of the basin that were near the irrigation facilities. Sparse vegetation decreased considerably (97 to 50 km2) mainly in the southwestern portion of the basin. Moderate vegetation, the dominant class at approximately 88% exhibited a gradual but consistent decline, suggesting conversion pressure from both urbanization and increasing aridity in marginal zones. SAVI independently replicated these trends, confirming the robustness of the result against soil brightness confounding fig. (2).



VCI Class	1985 Area (km²)	1985 (%)	2005 Area (km²)	2005 (%)	2025 Area (km²)	2025 (%)
Extreme Drought	**97**	**3.5**	**79**	**2.9**	**50**	**1.8**
Moderate Drought	**2,459**	**89.7**	**2,436**	**88.9**	**2,416**	**88.1**
Low/No Drought	**185**	**6.7**	**226**	**8.2**	**275**	**10.0**
Total	**2,741**	**100.0**	**2,741**	**100.0**	**2,741**	**100.0**

Figure 2. ***Multi-temporal 6 spectral indices classification maps: (a) 1985; (b) 2005; (c) 2025***

4.2 Bare Soil and Aridity: BSI Bare Soil Index

Because of the high trade-off between bare soil status and vegetation status, the combination of these two indices results in a continuum ranging from high vegetation conditions to exposed soil conditions (9). BSI revealed pronounced inter-decadal fluctuation in bare-soil exposure (Table 2). In 1985, bare soil dominated 88.0% of the basin. By 2005, bare soil contracted sharply to 41.8%, with medium bare-soil conditions rising to 47.0%. a pattern consistent with widespread fallow land, cereal crop residues, or heterogeneous land-management practices prevalent during that period. By 2025, bare soil recovered to 79.9%, concentrated in the central and northern parts of the basin, indicating a return to extensive soil exposure attributable to increasing aridity.

BSI Class	1985 Area (km²)	1985 (%)	2005 Area (km²)	2005 (%)	2025 Area (km²)	2025 (%)
Low Bare Soil	**109**	**4.0**	**306**	**11.2**	**158**	**5.8**
Medium Bare Soil	**221**	**8.1**	**1,288**	**47.0**	**393**	**14.3**
High Bare Soil	**2,411**	**88.0**	**1,147**	**41.8**	**2,190**	**79.9**
Total	**2,741**	**100.0**	**2,741**	**100.0**	**2,741**	**100.0**

Note. **Areas extracted using ArcMap 10.8.**

Table 2. ***(BSI) class-area statistics for the Middle Diyala River Basin (1985–2025).***

4.3 Hydrological Stress: NDWI Normalized Difference Water Index

NDWI results indicate a progressive shift toward surface moisture deficit over the study period (Table 3). Dry-land cover increased from 10.7% in 1985 to 17.2% in 2025 (+6.5 percentage points), while high-moisture areas contracted from 3.6% to 2.1%. This trend is in agreement with the observed declines in Diyala River flow due to upstream management (Darbandikhan dam operation and upstream extraction in Iran) and regional drying trends in rainfall.

Table 3. (NDWI) class-area statistics for the Middle Diyala River Basin (1985-2025).

Note. **Areas extracted using ArcMap 10.8.**

4.4 Vegetation Condition and Drought: VCI Vegetation Condition Index

Notwithstanding the decrease in moisture content indicated by the NDWI analysis, VCI results reveal an improvement in vegetation condition over time, compared to the past. The percentage of land under extreme drought stress dropped from 3.5% (1985) to 1.8% (2025), while the high vegetation condition class

grew from 6.7% to 10.0% (Table 4). It is clear that the apparently contradictory findings of improving VCI in conjunction with a decline in NDWI is a function of the increase in irrigation in selected regions, where plots sustain and improve vegetative condition compared to the past.

Table 4. ***(VCI) class-area statistics for the Bare Soil Index Diyala River Basin (1985–2025).***

4.5 Urban Expansion: NDBI Normalized Difference Built-up Index and Land-Cover Classification

NDBI analysis confirmed continuous urbanization: dense built-up area increased from 2.9% (80 km²) to 3.6% (98 km²) between 1985 and 2025, while the vegetated fraction grew from 9.4% to 15.5% and bare land contracted from 87.6% to 80.9% (Table 5). The five-class supervised classification corroborates these trends (Table 6): urban areas increased steadily from 2.9% to 3.6%, dense vegetation grew from 15.7% to 17.8%, bare land declined marginally (47.9% to 45.5%), and water-body cover fluctuated slightly, declining to 3.5% in 2025 from a peak of 4.3% in 2005(Table 5,fig.3).

Table 5. *(NDBI) class-area statistics for the Middle Diyala River Basin (1985–2025)*

NDBI Class	1985 Area (km²)	1985 (%)	2005 Area (km²)	2005 (%)	2025 Area (km²)	2025 (%)
Bare/Non-urban	**2,402**	**87.6**	**2,432**	**88.7**	**2,217**	**80.9**
Vegetated	**259**	**9.4**	**219**	**8.0**	**426**	**15.5**
Dense Urban	**80**	**2.9**	**90**	**3.3**	**98**	**3.6**
Total	**2,741**	**100.0**	**2,741**	**100.0**	**2,741**	**100.0**

Table 6. *Five-class supervised land-cover classification statistics for the Middle Diyala River Basin (1985–2025)*

Land-Cover Class	1985 Area (km²)	1985 (%)	2005 Area (km²)	2005 (%)	2025 Area (km²)	2025 (%)
Water	**110**	**4.0**	**118**	**4.3**	**97**	**3.5**
Dense Vegetation	**429**	**15.7**	**412**	**15.0**	**489**	**17.8**
Light Vegetation	**810**	**29.6**	**814**	**29.7**	**810**	**29.6**
Bare Land	**1,312**	**47.9**	**1,307**	**47.7**	**1,247**	**45.5**
Dense Urban	**80**	**2.9**	**90**	**3.3**	**98**	**3.6**
Total	**2,741**	**100.0**	**2,741**	**100.0**	**2,741**	**100.0**

Note. **Areas extracted using ArcMap 10.8 from Landsat 5 TM (1985), Landsat 7 ETM+ (2005), and Landsat 8 OLI (2025) imagery.**

NDWI Class	1985 Area (km²)	1985 (%)	2005 Area (km²)	2005 (%)	2025 Area (km²)	2025 (%)
Dry Lands	**294**	**10.7**	**264**	**9.6**	**471**	**17.2**
Moderate Moisture	**2,348**	**85.7**	**2,394**	**87.3**	**2,212**	**80.7**
High Moisture	**99**	**3.6**	**83**	**3.0**	**58**	**2.1**
Total	**2,741**	**100.0**	**2,741**	**100.0**	**2,741**	**100.0**

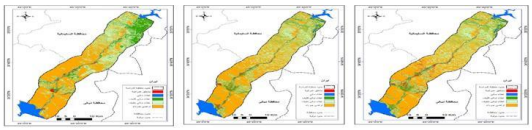


Figure 3. ***Multi-temporal land-cover classification maps: (a) 1985; (b) 2005; (c) 2025.***

4.6 Machine-Learning Model Performance and Spatial Prediction

The Random Forest Regressor achieved an R^2 of 0.993 on the held-out test set, indicating that 99.3% of variance in the environmental quality index was explained by the five geospatial predictors. Feature importance derived from mean impurity reduction ranked NDVI as the dominant predictor (importance = 1.388), followed distantly by rainfall (0.127), land surface temperature (0.027), slope (0.001), and elevation (−0.001) (Table 7, fig.4). The high predictive performance reflects strong spatial structure in the data confirmed by the significant Moran's I rather than overfitting. This ensured that the RF model achieved an optimal balance between bias and variance, enhancing its predictive performance (10).

Table 7. ***Random Forest feature importance ranking for the environmental quality prediction model.***

Rank	Feature	Importance Score
1	**NDVI**	**1.3885**
2	**Rainfall (mm)**	**0.1271**
3	**Land Surface Temperature (°C)**	**0.0273**
4	**Slope (°)**	**0.0009**
5	**Elevation (m)**	**−0.0008**

The spatial prediction map clearly shows an environmental quality gradient with high-quality areas (high NDVI, low temperature, moisture) closer to the Darbandikhan Dam area and decreasing towards the Hamrin Lake area, which has lower discharge, high temperatures, and lower vegetative cover.

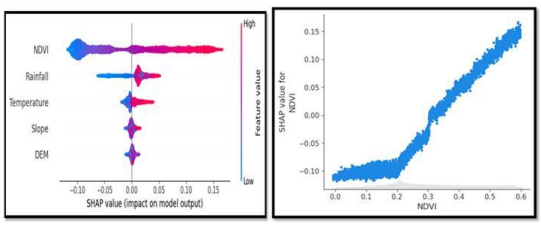


Figure 4. ***Spatially continuous Random Forest prediction of the environmental quality index (1985–2025 composite). High values (blue) indicate favorable environmental conditions; low values (red) indicate environmental stress. Black triangles denote Darbandikhan Dam (north) and Hamrin Lake (south)***

4.7 SHAP Spatial Analysis — Explainable AI Results

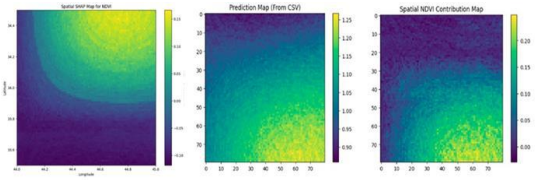
Several XAI methods have been introduced; one of those is SHAP (SHapley Additive exPlanations(11)). The SHAP values have found NDVI to be the main global factor (mean |SHAP| = 1.39) as well as its spatial distribution. Areas of positive SHAP contribution for NDVI — where vegetation cover increases predicted environmental quality, are concentrated along the river corridor and in irrigated agricultural zones. Negative SHAP contributions cluster in dryland and urban margins, where sparse vegetation suppresses environmental quality scores.

Spatially resolved SHAP maps for secondary predictors demonstrate that rainfall exerts positive contributions in the wetter northern sub-basin, while land surface temperature shows negative contributions in the southern lowlands, consistent with heat-stress effects on ecological functioning. Slope and elevation SHAP values are spatially homogeneous and near-zero, reflecting the limited topographic variation of the study area(fig.5).

Figure 5. ***Spatially explicit SHAP value maps for the three highest-importance predictors: (a) NDVI; (b) Rainfall; (c) Land Surface Temperature. Positive values (red) indicate prediction-enhancing contributions; negative values (blue) indicate prediction-suppressing contributions at pixel level.***

4.8 Spatial Autocorrelation — Moran's I

Global spatial autocorrelation using the global Moran's I to identify an optimal scale for estimating spatial



autocorrelation (12). Global Moran's I for the predicted environmental quality index was 0.42 ($z = 11.7$, $p < 0.01$), indicating significant positive spatial autocorrelation i.e., environmental quality values are non-randomly clustered, with similar values occurring in spatially proximate locations. This result validates the machine-learning model's capacity to reproduce the genuine geographic structure of the basin rather than generating artefactual spatial patterns. The CA–Markov transition model achieved a Kappa coefficient of 0.63 for the 2025 validation, confirming acceptable predictive skill.

5. Discussion

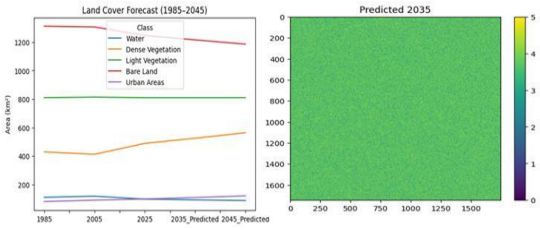
5.1 A Landscape of Contrasts: Localized Recovery within a Drying Matrix

The most striking analytical finding is the coexistence of improving vegetative indicators (NDVI, VCI) in specific zones and deteriorating hydrological indicators (NDWI, BSI) across the broader landscape. Ecologically speaking, this dichotomy makes sense because agriculture that relies on irrigation can sustain or even improve local NDVI while the surrounding land continues to dry out. This is supported by the SHAP maps in which positive contribution to NDVI is evident along the river channel and irrigated regions, while negative contribution appears in the periphery.

These findings have very important management ramifications. Improvement of NDVI and/or VCI values aggregated together could be erroneously taken to mean recovery of the entire ecosystem; rather, our multi-index approach shows that there is a split landscape scenario where productive oases are thriving amidst a growing drylands environment.

5.2 Hydrological Infrastructure and Environmental Gradients

From the combination of the spatial prediction and Moran's I test results, it can be concluded that there is indeed a noticeable effect of Darbandikhan Dam on the environment below the dam site. High predicted-quality values near the dam site are an indication of the impacts of humidity in the reservoir, availability of irrigation water, and the low temperatures of the area. The continuous degradation of quality in the southerly direction toward Hamrin Lake can be attributed to low discharge, high



temperature, and poor riparian vegetation.

The clustering of spaces (Moran's I = 0.42) in and of itself is important from a governance perspective because it shows that environmental stress, as well as conditions that favor life, are located in specific spaces (hotspots and cold spots). This would allow for geographically based conservation and restoration efforts.

5.3 Urban Encroachment and Land-Use Competition

The constant increase in dense urban zones (from 2.9% to 3.6%, or +18 km² in 40 years) takes place against a backdrop of dwindling water supply and limited areas of arable land suitable for irrigation. Analysis of NDBI and classification reveals that the expansion of the urban zone has taken place largely at the expense of barren lands instead of productive vegetation; however, the pattern of expansion in an outward manner implies that there is increased pressure on the edges of the agriculture.

5.4 Model Transparency and the Role of Explainable AI

The application of SHAP to a geospatial machine learning process is a methodology contribution going beyond the present research. Machine learning methods have gained wide acceptance among remote sensing and GIS scholars for applications involving classification and prediction fig.6. However, lack of transparency of the algorithms used has been a constraint to the use of the methods in decision-making situations based on scientific evidence. Through creation of spatially-explicit SHAP maps, this research shows that model interpretation and predictive ability do not have to be contradictory objectives – they can co-exist. The supremacy of the NDVI as a predictor, although predictable, is a scientific contribution in itself since it confirms vegetation cover as the main determinant of environmental quality in the semi-arid system.

Figure (6) Landscape forecast -2025 and Landscape prediction -2035

5.5 Limitations and Future Directions

Some limitations need to be considered. Firstly, with a three-epoch structure, namely, 1985, 2005, and 2025, we capture the changes on a decadal scale but fail to capture any change on a sub-decadal scale in accordance with the drought cycle or any policy intervention. Any future research needs to consider time-series analysis on an annual basis using continuous MODIS/Sentinel-2 data. Secondly, the composite environmental quality index, though calibrated for validity using modeling and spatial autocorrelation, would definitely gain from calibration in situ with regards to soil quality, water quality, and biodiversity. Thirdly, the CA-Markov model presupposes the stationarity of transition probabilities and ignores the climate change scenario, which is very important in modeling future scenarios. Finally, given that the study area is a cross-border hydrology with the Darbandikhan Dam lying on the Iran-Iraq border, data sharing is required.

6. Conclusions

- Vegetation dynamics are divided: NDVI and VCI improve in the irrigation belt, while the surrounding areas are getting more arid each year, as shown by the decreasing NDWI and increasing BSI values.

- Urban growth (from 2.9% to 3.6%) and water shortage problems (dry lands: from 10.7% to 17.2%) go hand-in-hand, and these challenges will escalate further unless there is coordinated land and water governance.
- The Random Forest model shows great predictive power (R^2 = 0.993). The NDVI is found out to be the main predicting variable through SHAP analysis both globally and locally, thus demonstrating that vegetation is the leading factor driving environmental quality in this semi-arid river basin.
- Spatial clustering of environmental quality is statistically proven through significant spatial autocorrelation (Moran's I = 0.42; $p < 0.01$), thus allowing targeted approaches to conservations.
- The combination of explainability techniques (SHAP), spatial methods (Moran's I), and future projections (CA-Markov) used in the study can be applied in any other semi-arid river basin around the world.

7. Recommendations

- Reforestation and restoration: Prioritize afforestation efforts in the southwestern sub-basin due to consistently high NDVI and SHAP map scores, indicating sparse vegetation as a hot spot.
- Irrigation management: Govern the extraction of both groundwater and surface water from irrigation schemes to sustain the positive vegetative results that have been achieved.Urban growth management: Implement green-space buffers and agricultural-land protection zones around Khanaqin, Jalawla, and Muqdadiyah to constrain the southward trajectory of urban encroachment.
- Continuous geospatial monitoring: Institutionalize an annual NDVI/NDWI monitoring protocol using Sentinel-2 imagery to provide real-time environmental quality surveillance for basin managers.
- Transboundary hydrological cooperation: Engage in data-sharing arrangements with upstream riparian states to improve parameterization of discharge models and climate projections.
- Climate-adaptive planning: Couple CA–Markov projections with downscaled CMIP6 climate scenarios to produce climate-risk-informed land-use plans with 2035 and 2050 horizons.

Data Availability Statement

Landsat imagery is publicly available via USGS Earth Explorer (earthexplorer.usgs.gov). Sentinel-2 data are available via the Copernicus Open Access Hub (scihub.copernicus.eu). NASA SRTM DEM and POWER climate data are available at earthdata.nasa.gov and power.larc.nasa.gov respectively. Derived datasets and analysis scripts are available upon reasonable request from the corresponding author.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflicts of interest.

Funding

'This research received no external funding.'

References

1. Alkatib, A. A. (2021). Determination the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) for the NH-38-2 Al-Najaf Plateau, Iraq

with the Assistance of the Remote Sensing Technology. Journal of Physics Conference Series, 1973(1), 012150. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1973/1/012150

2. Suhad Shlash Khalaf, Ruqaya Ahmed Mohammed, Hala Mohammed Saeed. (2020). "The Use of Spectral Indices and Features in Reducing Noise in Digital Classification of Land Cover and Land Use (Diyala Governorate as a Case Study)," Cambridge Journal of Scientific Research, 2-2020.
3. Mzid, N., Pignatti, S., Huang, W., & Casa, R. (2021). An analysis of bare soil occurrence in arable croplands for remote sensing topsoil applications. Remote Sensing, 13(3), 474. https://doi.org/10.3390/rs13030474
4. Halah Mohammed S. Majeed, Raja K. Ahmed. (2020). EFFECT OF URBAN EXPANSION ON THE AGRICULTURE LANDS OF MIQDADYA CITY DIYALA IRAQ URBAN GEOMORPHOLOGY. *Plant Archives*, *2* (20), 4027-4031.

https://www.plantarchives.org/20-2/4027-4031%20(6760).pdf

5. Nag, T., Rath, B., Mohanty, T., Sahu, C., Panigrahi, G., & Dugal, D. (2024). Evaluating the utility of normalized difference Vegetation Index (NDVI) and Vegetation Condition Index (VCI) for monitoring drought in Bolangir district of Odisha. International Journal of Research in Agronomy, 7(12), 880–883. https://doi.org/10.33545/2618060x.2024.v7.i12k.2280
6. Kebede, T. A., Hailu, B. T., & Suryabhagavan, K. V. (2022). Evaluation of spectral built-up indices for impervious surface extraction using Sentinel-2A MSI imageries: A case of Addis Ababa city, Ethiopia. Environmental Challenges, 8, 100568. https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100568
7. Huo, X. N., Li, H., Sun, D. F., Zhou, L. D., & Li, B. G. (2012). Combining geostatistics with Moran's I analysis for mapping soil heavy metals in Beijing, China. International journal of environmental research and public health, 9(3), 995–1017. https://doi.org/10.3390/ijerph9030995
8. Hamad, R., Balzter, H., & Kolo, K. (2018). Predicting Land Use/Land Cover Changes Using a CA-Markov Model under Two Different Scenarios. Sustainability, 10(10), 3421. https://doi.org/10.3390/su10103421
9. Diek, S., Fornallaz, F., Schaepman, M. E., & De Jong, R. (2017). Barest pixel composite for agricultural areas using Landsat Time Series. Remote Sensing, 9(12), 1245. https://doi.org/10.3390/rs9121245
10. Anees, S. A., Mehmood, K., Khan, W. R., Shahzad, F., Zhran, M., Ayub, R., Alarfaj, A. A., Alharbi, S. A., & Liu, Q. (2025). Spatiotemporal dynamics of

vegetation cover: integrative machine learning analysis of multispectral imagery and environmental predictors. Earth Science Informatics, 18(1). https://doi.org/10.1007/s12145-024-01673-0

11. Givisis, I., Kalatzis, D., Christakis, C., & Kiouvrekis, Y. (2025). Comparing Explainable AI Models: SHAP, LIME, and Their Role in Electric Field Strength Prediction over Urban Areas. Electronics, 14(23), 4766. https://doi.org/10.3390/electronics14234766
12. Torbick, N., Hession, S., Stommel, E., & Caller, T. (2014). Mapping amyotrophic lateral sclerosis lake risk factors across northern New England. International Journal of Health Geographics, 13(1), 1. https://doi.org/10.1186/1476-072x-13-1.

تغير المظهر الارضي في حوض نهر ديالى الاوسط (تحليل مكاني متعدد العقود يستند الى البيانات المكانية باستخدام التعلم الآلي والذكاء الاصطناعي القابل للتفسير)

الباحث الأول [1]،*عواطف تحسين احمد* **الباحث الثاني[1]،*هالة محمد سعيد*** **الباحث الثالث[1]،*باسم نجم الدين***

awateftahsin@gmail.com iraqprof@yahoo.com basim007@yahoo.com

[1]قسم الجغرافية، كلية التربية للعلوم الانسانية، جامعة ديالى، المدينة، العراق

الملخص

تقدم هذه الدراسة نموذجًا متكاملًا يجمع بين الخصائص المكانية والتعلم الآلي لتحليل التغيرات التي طرأت على المظهر الارضي على مدى عقود في حوض نهر ديالى الأوسط بالعراق، وهي منطقة ذات أهمية بيئية بالغة. باستخدام صور لاندسات (1985، 2005، 2025) وسنتينيل-2 متعددة الأزمنة، تم حساب ستة مؤشرات طيفية NDVI، SAVI، BSI، NDWI، VCI، وNDBI، وأجري تصنيف خاضع للإشراف للغطاء الأرضي عبر المنطقة البالغ مساحتها 2,741 كم2. تم استخدام متغير تراجع الغابة العشوائية ($R^2 = 0.993$) المدرب على NDVI ودرجة حرارة سطح الأرض والأمطار والارتفاع والمنحدر للتنبؤ المكاني بمؤشر جودة البيئة للحوض. تم تفسير النموذج باستخدام SHAP (SHapley Additive explanations)، الذي حدد NDVI باعتباره المتنبئ السائد على المستويين العالمي ومستوى البكسل. أكد تحليل الترابط الذاتي المكاني باستخدام مؤشر موران ($I = 0.42$) I، ($p < 0.01$) وجود تكتل كبير في جودة البيئة، مع قيم قصوى في محيط سد دربندخان، تتحول تدريجياً إلى مناطق ذات نشاط متناقص مع امتداد التوزيع نحو بحيرة حمرين. كما تم استخدام نموذج الأتمتة الخلوية-ماركوف (CA–Markov) (Kappa > 0.60) لتوقع مسارات الغطاء الأرضي في المستقبل. وتكشف النتائج الرئيسية عن مظهر ارضي يشهد انتعاشًا نباتيًا متزامنًا في المناطق المروية، وإجهادًا هيدرولوجيًا متزايدًا (ارتفاع نسبة الأراضي الجافة من 10.7% إلى 17.2%)، وتوسعًا حضريًا مستمرًا (من 2.9% إلى 3.6%). وتوفر هذه النتائج رؤى مفيدة قائمة على الأدلة لإدارة الموارد المائية والتخطيط المستدام للأراضي في أحواض الأنهار شبه الجافة.

الكلمات المفتاحية:

حوض نهر ديالى؛ تغير استخدام الأراضي/الغطاء الأرضي؛ مؤشر NDVI ؛ نموذج الغابة العشوائية؛ نموذج SHAP؛ معامل موران I ؛ نموذج CA–Markov ؛ هيدرولوجيا المناطق شبه الجافة؛ الاستشعار عن بُعد؛ الذكاء الاصطناعي القابل للتفسير.