أمكانات تنمية الموارد المائية واستدامتها في محافظة بابل باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي

م.د. عادل مجيد كسار
جامعة بابل/كلية التربية الأساسية
adil.majed@uobabylon.edu.iq

م.م. ياسر حسن
جامعة الفرات الأوسط التقنية
yasser.jassem.atu

تاريخ استلام البحث : ٢٠٢٦/٢/٢٤

تاريخ قبول البحث : ٢٠٢٦/٣/١٧

المستخلص:

تعد تنمية الموارد المائية واستدامتها من أبرز التحديات التي تواجه العراق في ظل اتساع ظاهرة التغير المناخي، لاسيما محافظة بابل التي تعتمد بشكل كبير على الري السطحي والمياه الجوفية، يهدف هذا البحث إلى تقييم كفاءة استخدام المياه وتحليل توافرها المستقبلي باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي، وبالتحديد خوارزمية (Extreme Gradient Boosting) (XGBoost)، لتقدير اتجاهات التوافر المائي خلال المدة (٢٠٢٥–٢٠٢٦) استنادًا إلى بيانات تاريخية شهرية تشمل التصريف المائي، اضافة الى عناصر المناخ المتمثلة بـ(الأمطار، درجات الحرارة، الرطوبة)، فضلاً عن ذلك طرق الري المستخدمة والمساحات المروية بمختلف انواعها ،أظهرت النتائج دقة مرتفعة في التنبؤات بقيمة(RMSE ≈ 2.37وMAE ≈ 2.08)، مما يعكس قدرة الخوارزمية على التقاط الأنماط الزمنية والارتباطات البيئية بدقة عالية، وتشير التوقعات إلى تراجع نسبي في كميات المياه المتاحة مع ميل للانخفاض بنسبة تقارب(–٢,٩٧%) مقارنة بالمتوسط التاريخي وفقًا للنموذج المعتمد ، توافر المياه الكلي خلال ٢٠٢٥–٢٠٢٦ سينخفض بمعدل(١,٣٪) مقارنة بالسنوات السابقة، وهذا دليل على عدم استقرار النظام المائي في بابل خلال الفترة المقبلة، كما اوصت نتائج الدراسة أن تحسين أساليب توزيع مياه الري، والحد من الاعتماد على الطرق التقليدية في الري، يمكن أن يسهم في تحقيق وفرة تتجاوز (٥%) من إجمالي الموارد المائية المتاحة.

الكلمات المفتاحية :الاستدامة، بابل، المياه، شط، الذكاء الاصطناعي

Potential for developing and sustaining water resources in Babylon Governorate using artificial intelligence technologies

Dr. Adel Majeed Kassar
University of Babylon/
College of Basic Education
adil.majed@uobabylon.edu.iq

Assistant Lecturer Yasser Hassan
Al-Furat Al-Awsat Technical University
yasser.jassem.atu

Date of submission: 24/2/2026
Date of acceptance: 17/3/2026

Abstract:

Water resources development and sustainability are among the major challenges facing Iraq under the growing impacts of climate change, especially in Babil Governorate, which relies heavily on surface irrigation and groundwater. This study aims to evaluate the efficiency of water use and analyze its future availability using artificial intelligence techniques, specifically the XGBoost (Extreme Gradient Boosting) algorithm, to estimate water availability trends during the period *(2025–2026*). The analysis is based on monthly historical data including water discharge, as well as climate elements such as rainfall, temperature, and humidity, in addition to irrigation methods and irrigated areas of different types. The results showed high prediction accuracy (RMSE ≈ *2.37 and MAE ≈ 2.08*), reflecting the algorithm's ability to capture temporal patterns and environmental correlations with high precision. Forecasts indicate a relative decline in available water quantities, with a tendency to decrease by about *(%2.97-)* compared to the historical average according to the adopted model. The total water availability during 2025–2026 is expected to drop by *(%1.3)* compared to previous years, which demonstrates the instability of the water system in Babil in the coming period. Moreover, the study results revealed that improving water distribution methods and reducing reliance on traditional irrigation can contribute to saving more tha *(%5*) of the total available water resources.

Keywords: Sustainability Water – Babil – Shatt – Artificial Intelligenc

المقدمة :

تواجه محافظة بابل كغيرها من المحافظات العراقية، تحديات متزايدة في إدارة الموارد المائية نتيجة النمو السكاني الغير متوازن، وتغير المناخ، وتراجع الإيرادات النهرية، هذه التحديات تفرض الحاجة إلى أدوات تحليلية ذكية قادرة على استشراف المستقبل وتقديم بدائل عملية لترشيد الاستهلاك وتحسين الكفاءة، تُعد تقنيات الذكاء الاصطناعي، ولا سيما خوارزميات مثل(**XGBoost**)، من أهم الأدوات الحديثة التي أثبتت كفاءتها في التنبؤ بالسلاسل الزمنية المائية والبيئية، لما تمتاز به من دقة عالية وقدرة على التعامل مع البيانات غير الخطية والمعقد، يهدف هذا البحث إلى بناء نموذج تنبؤي وتحليلي لتقدير توافر المياه وكفاءتها في محافظة بابل، مع تحليل سيناريوهات الترشيد الممكنة لتحقيق استدامة الموارد المائية.

١) **مشكلة البحث:** يمكن تلخيص مشكلة البحث بالتساؤلات الاتية:

أ- مشكلات طبيعية: إلى أي مدى أسهمت التغيرات المناخية، بما في ذلك انخفاض معدلات الأمطار وعدم انتظامها، في التأثير على الواقع المائي في العراق عموماً ومحافظة بابل خصوصاً؟ وكيف انعكس ذلك على تراجع التصريف المائي لنهر الفرات والجداول المتفرعة منه داخل المحافظة؟

ب- مشكلات ادارية وتكنولوجية: ما حجم تأثير الاستنزاف غير المنظّم للمياه وغياب تطبيق التقانات الحديثة في الري والاستهلاك البشري على تدهور الموارد المائية في محافظة بابل، خاصة في ظل النمو السكاني المرتفع وزيادة الطلب على المياه، وما مدى ارتباط ذلك بضعف الالتزام بالقوانين والضوابط المائية؟

ت- ما السبل والإمكانات المتاحة لتنمية الموارد المائية في محافظة بابل وتعزيز استدامتها في ظل التحديات المناخية والبشرية والإدارية القائمة من خلال توظيف تقانات الذكاء الاصطناعي؟

٢) **فرضية البحث:** تكمن في الإجابات الاتية:

أ- أن التغيرات المناخية المتمثلة بانخفاض معدلات الأمطار وتذبذبها أدت إلى تراجع ملحوظ في التصريف المائي لنهر الفرات والجداول المرتبطة به داخل محافظة بابل، مما تسبب في خلل واضح في التوازن المائي وانخفاض الاعتماد على الموارد المائية السطحية.

ب–أن غياب الإدارة المائية الفعّالة وضعف استخدام التكنولوجيا الحديثة في الري والاستهلاك المنزلي أسهما في زيادة الاستنزاف والهدر المائي، وأن تزايد الطلب المرتبط بالنمو السكاني قد عمّق من مشكلة شح المياه في محافظة بابل، في ظل ضعف الالتزام بالقوانين والضوابط المنظمة لاستخدام المياه.

ت–أن الاعتماد على تقانات الذكاء الاصطناعي في تحليل الموارد المائية والتنبؤ باستهلاكها وإدارتها يمكن أن يسهم بشكل واضح في تنمية الموارد المائية وتعزيز استدامتها في محافظة بابل، مقارنة بالأساليب التقليدية المعتمدة حاليًا.

٣) **هدف البحث: يهدف هذا البحث إلى تحقيق ما يلي:**

أ- يهدف البحث إلى تطوير أنظمة ذكية تعتمد على البيانات الفورية من المجسات ومحطات الرصد، بما يتيح تنظيم تدفقات المياه وتحسين توزيعها بين القنوات الاروائية، ورصد التغيرات في نوعية المياه بشكل دقيق، مما يسهم في تعزيز الكفاءة التشغيلية وتجنب أزمات الشح أو الفيضانات.

ب–قياس أثر التبطين وصيانة القنوات :استخدام تحليل صور الأقمار الصناعية وتقنيات الذكاء الاصطناعي لتقييم ومقارنة أثر عمليات تبطين وصيانة القنوات المائية المختلفة على تقليل الفاقد المائي (Seepage Losses)، وتقديم توصيات حول القنوات التي تتطلب تدخلاً عاجلاً.

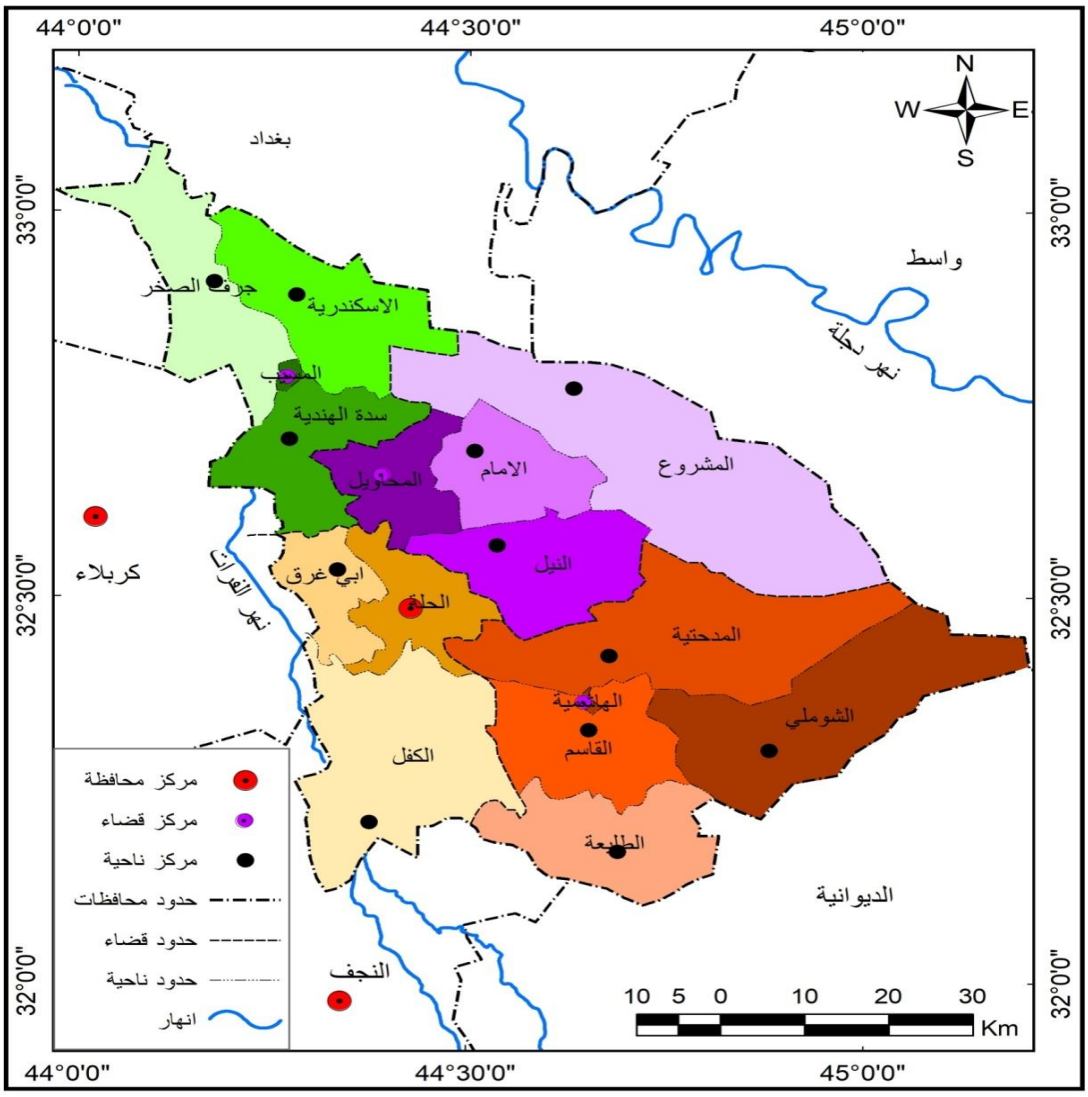
ت–تعزيز القدرة على التنبؤ واتخاذ القرار من خلال استخدام الذكاء الاصطناعي في تحليل البيانات التاريخية والحالية المتعلقة بالإطلاقات المائية والهطول، لتوفير أدوات دعم قرار تساعد الجهات المعنية في وضع خطط تشغيلية أكثر واقعية ومرونة، بما يقلل من المخاطر ويعزز إدارة الموارد المائية بشكل مستدام.

٤) **منهجية البحث:** تم اعتماد المنهج الوصفي التحليلي والمنهج الكمي للظاهرة المدروسة وتحليل خصائصها باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي، فضلاً عن استخدام الأساليب الإحصائية لتحليل البيانات وتفسير النتائج، اذ يعد المنهج الوصفي التحليلي والمنهج الكمي المتقدم المدعوم بتقنيات الذكاء الاصطناعي، ضرورياً في الدراسات التنموية التي تتطلب توقعات مستقبلية دقيقة وتحديداً واقعياً للإمكانات والاحتياجات المائية لمحافظة بابل، فضلاً عن ذلك استخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية (GIS)لرسم الخرائط وقياس المساحات ، كذلك الاستعانة بالزيارات الميدانية والتصوير الفوتوغرافي والمقابلات الشخصية لبعض المسؤولين ، إضافة الى ذلك الاستعانة بالمصادر المكتبية والدراسات السابقة .

٥)**حدود منطقة البحث:** تمثل الحدود المكانية لهذه الدراسة في محافظة بابل، الواقعة ضمن منطقة الفرات الأوسط في العراق. جغرافياً، تقع المحافظة بين خطي طول "(٥٥ ° ٤٤ – "٨ ° ٤٥) شرقاً ودائرتي عرض (٥ ° ٣٢ – " ٢٥ ° ٣٣)شمالاً، تحدها من الشمال والشمال الغربي محافظتا بغداد والأنبار، ومن الشرق محافظة واسط، في حين تحدها من الجنوب والجنوب الغربي محافظات القادسية وكربلاء المقدسة والنجف الأشرف، تمتد بابل على مساحة إجمالية تبلغ(5119كم²) وهو ما يمثل حوالي(1.2%)من إجمالي مساحة العراق الكلية، وتتوزع هذه المساحة على أربع وحدات إدارية (أقضية) تتضمن ١٦ ناحية.اما الحدود الزمانية فتمثلت بيانات الرصد المناخي المستمدة من محطة بابل المناخية، للمدة من ١٩٩٠ إلى ٢٠٢٤ ،اما البيانات الهيدرولوجية والكمية تمثلت الحدود الزمانية للبيانات الكمية الخاصة بالتصريفات المائية (تدفقات المياه) في الأنهار والقنوات للمدة الأحدث، وهي من 2013إلى ٢٠٢٤ .

٦)**هيكلية البحث: تضمنت هيكلية البحث من مقدمة وأطار نظري وثلاث مباحث، ناقش المبحث الأول** الخصائص الطبيعية لمحافظة بابل وتم التركيز على الخصائص ذات العلاقة المباشرة بالموارد المائية في المحافظة لاسيما خصائص المناخ والموارد المائية ومعدلات تصريفها ، في حين ركز المبحث الثاني على اهم المشاكل المتعلقة بإدارة الموارد المائية وكيفية ادرتها ، اما المبحث الثالث فقد تضمن التحليل الاحصائي للذكاء الاصطناعي للموارد المائية في منطقة الدراسة وإمكانات التنبؤ بها مستقبلاً، ثم انتهى البحث بمجموعة من النتائج والمقترحات ومجموعة من المصادر والملاحق .

خريطة (١)



الموقع الجغرافي والفلكي لمحافظة بابل

المصدر: وزارة الموارد المائية الهيئة العامة للمساحة، خريطة محافظة بابل الادارية، مقياس ١:٥٠٠٠٠٠ لسنة ٢٠١٦.

المبحث الأول

الخصائص الطبيعية لمحافظة بابل

ان للخصائص الطبيعية دور كبير في رسم ملامح طبيعة الموارد المائية في أي منطقة، إذ إن العوامل الطبيعية هي التي تقرر مدى وفرة أو ندرة هذه الموارد وتحدد خصائصها النوعية والكمية في منطقة ما دون غيرها، كما أن تباين هذه العوامل بين منطقة وأخرى أدى إلى تباين في أساليب استغلال وإدارة الموارد المائية فيها، وعلى الرغم من التطورات والتقنيات التي توصل إليها الإنسان في مجال الري الحديث، إلا أن إمكاناته ما زالت محدودة أمام تأثير العوامل الطبيعية في تشكيل الدورة الهيدرولوجية والسيطرة على مصادر المياه.

ونظراً لتعدد العوامل الطبيعية المؤثرة على الموارد المائية، فسيتم دراسة وتحليل كل عامل من هذه العوامل على انفراد، مع إظهار العلاقة المشتركة بين تلك العوامل في مدى تأثيرها على استدامة وتوزيع الموارد المائية في محافظة بابل، تنطوي الخصائص الطبيعية على أهمية محورية في فهم وإدارة الموارد المائية في محافظة بابل، وتشكل أساساً لتحليل مشكلة البحث، وعليه، سيتم تخصيص جزء من الدراسة لتناول وتحليل العناصر الطبيعية ذات الأثر المباشر، والتي تشمل بشكل أساسي ما يلي:

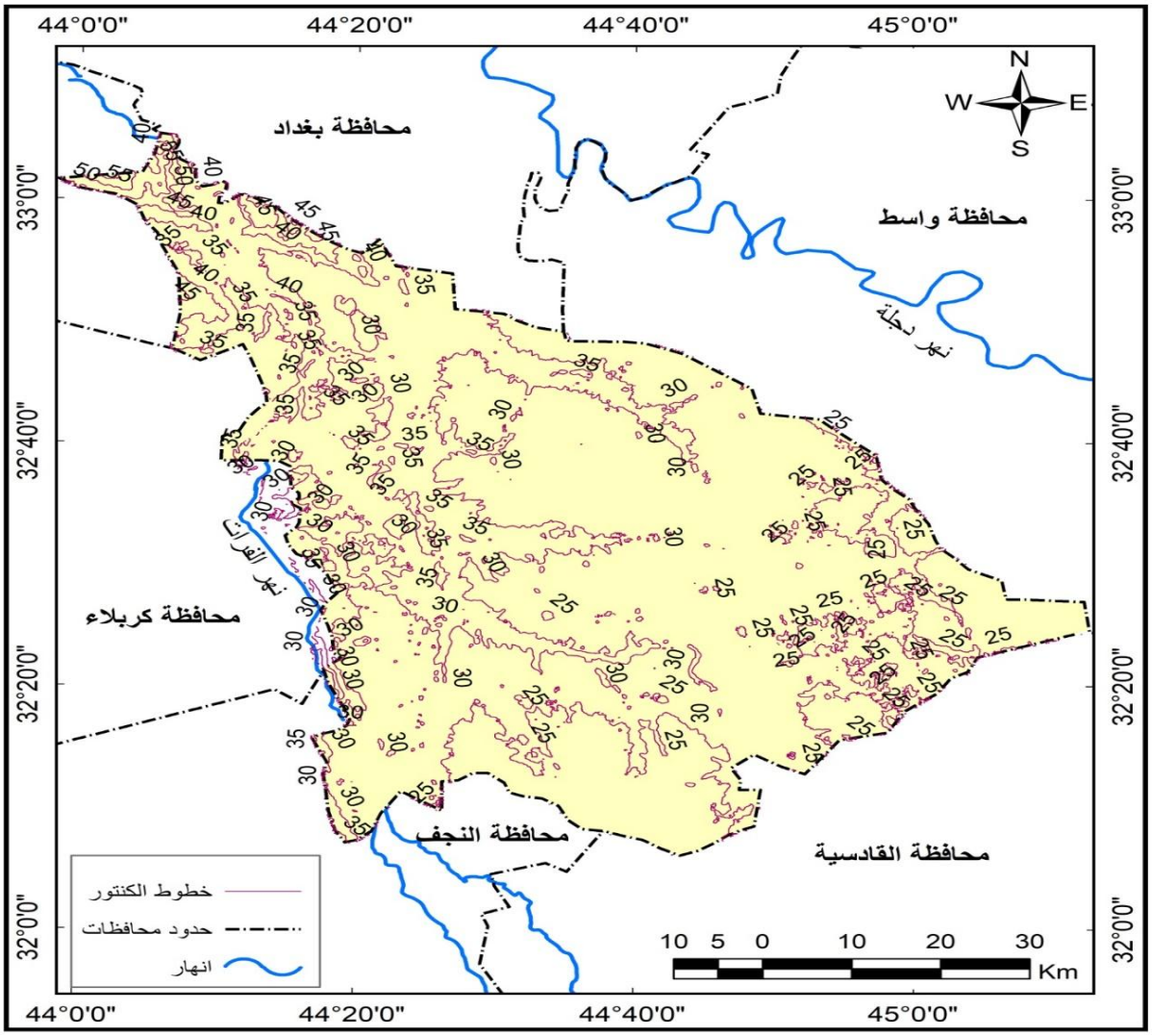
اولاً: مظاهر السطح وأثرها في الموارد المائية:

تؤدي العوامل الطبيعية دوراً محورياً في رسم ملامح الموارد المائية وتحديد خصائصها في أي منطقة جغرافيّة، إذ تعد هي المحدد الأساسي لمدى وفرة هذه الموارد أو ندرتها، وطبيعة استثمارها، وعلى الرغم من التطورات التقنية التي أحرزها الإنسان، إلا أن إمكاناته لا تزال تواجه تحديات كبيرة أمام سطوة العوامل الطبيعية وتأثيرها في الدورة الهيدرولوجية، ويبرز دور مظاهر السطح كأحد أهم هذه العوامل، أذ تتحدد طبيعة الموارد المائية وحركتها على ضوء الشكل الخارجي للتضاريس فالمرحلة الأولى في فهم الواقع المائي لأي إقليم تتمثل في تحليل طبيعة السطح الذي يقرر مسارات الجريان أو الاستقرار المائي.

ويتمثل تأثير السطح في صورتين تأثير مباشر يظهر في درجة انحدار الأرض التي تتحكم في سمك الخزانات الرسوبية وحالة التصريف المائي، وتأثير غير مباشر يتمثل في تركز الفائض المائي في النطاقات السهلية والمنخفضات مقارنة بالمرتفعات ، ويُعد السطح الذي تتراوح درجة انحداره بين (3 – 1) درجات هو الأمثل لاستدامة الموارد المائية، أذ يسمح انبساط الأرض بتباطؤ الجريان السطحي، مما يعزز من فرص تغلغل

المياه وترشيحها إلى باطن الأرض لتغذية المياه الجوفية. وفي المقابل، عندما يتجاوز الانحدار (15) درجة، فإنه يشكل عائقاً هيدرولوجياً يؤدي إلى تسارع الجريان السطحي، مما يجعل المنطقة عرضة لفقدان مياه الأمطار بسرعة ناهيك عن عمليات انجراف التربة وقلة الاحتفاظ بالرطوبة، الأمر الذي يفرض على الإنسان التكيف مع هذا الواقع الطبوغرافي عبر استخدام تقنيات متطورة في الري والحصاد المائي للتغلب على هذه المحددات الطبيعي.[١] ، وبالنسبة لمنطقة الدراسة والتي تعد جزء من منطقة السهل الرسوبي، فهي تتميز بالانبساط العام والانحدار البسيط من شمالها الى جنوبها ، اذ نجد من خلال ملاحظة خطوط الارتفاع المتساوية خريطة رقم(٤)، أن أرض منطقة الدراسة تنحدر تدريجياً من الشمال نحو الجنوب، اذ إن خط الكنتور (٤٤) يمر بالأقسام الشمالية منها، بينما يمر خط الكنتور(٢٠) مع حدودها الجنوبية [٢]،يشغل مساحة (٣٢كم^{٢}) ويشكل نسبة (٠,٥٩%) من مجوع المساحة الكلية لمنطقة الدراسة ، يتمثل هذا الغطاء بنهر الفرات الذي يدخل أراضي منطقة الدراسة من الجهة الشمالية الغربية ويتجه نحو الجنوب الشرقي بمجرى متطابق مع الانحدار العام لسطح منطقة الدراسة ويتفرع الى عدة جداول وهي (الاسكندرية والرويعية والمسيب الكبير والناصرية وبني حسن والكفل)، ويستمر نهر الفرات في جريانه حتى سدة الهندية حيث يتفرع الى فرعين كبيرين هما شطي(الحلة والهندية) ويعد شط الحلة أهم جداول نهر الفرات في منطقة الدراسة، اذ تتفرع من ضفتيه شبكة واسعة من جداول الري ، فيتفرع من ضفته اليمنى (١٦) جدولا ، بينما يتفرع من ضفته اليسرى (١٧) جدول[٣].

خريطة (٢)



خطوط الكنتور لسطح محافظة بابل

المصدر: مرئية فضائية نوع DEM (نموذج التضرس الرقمي) لسنة ٢٠١٥ ومعالجتها باستخدام برنامج Arc Map 10.5.

بالنسبة لمحافظة بابل فهي جزء من منطقة السهل الرسوبي، لذا فإن سطحها يميل للاستواء والانبساط مع وجود بعض الارتفاعات البسيطة (التضاريس المحلية) الناتجة عن عملية الإرساب النهري، وتراكم أنقاض الأبنية القديمة ومخلفات سور المدينة والنفايات. إذ لا يزيد معدل الارتفاع بين أقسام هذه التضاريس (المنخفضة والمرتفعة) عن حوالي مترين فقط في كل (١٠٠) متر بالامتداد الأفقي، ويظهر ذلك واضحًا في الاختلاف في الارتفاع بين المناطق المجاورة للأنهار والمناطق البعيدة عنها. إذ يمتد شريط من الأرض المرتفعة نسبيًا جانبي

نهر الفرات وفرعيه الرئيسيين شطي الحلة والهندية، بشكل كتوق أنهار طبيعية، تمثل (المناطق المرتفعة) إذ ترتفع عن مستوى قيعان أحواض الأنهار التي تمثل (المناطق المنخفضة) البعيدة عن مجاري الأنهار الرئيسية في منطقة البحث. إن سطح محافظة بابل يتراوح بين ارتفاع (١١ – ٧٢م) فوق مستوى سطح البحر، ومن خلال ما تقدم يلاحظ تأثير السطح في استدامة الموارد المائية من خلال التحكم في كفاءة تغذية الخزانات الجوفية وتقليل الفاقد المائي، فالمناطق ذات الانحدار المثالي تضمن تغلغل المياه وبقاء الرطوبة، بينما تسبب المناطق الوعرة ضياع الموارد عبر الجريان السطحي السريع والانجراف.

ثانياً: عناصر المناخ: تُعد عناصر المناخ من أهم المؤثرات الطبيعية في الموارد المائية السطحية، إذ أن درجة الحرارة، والأمطار، والرياح، والرطوبة، تؤثر بشكل مباشر وغير مباشر في طبيعة الحياة للكائنات الحية، وكذلك في خصائص التربة، فالمناخ بما يحمله من عوامل محددة يُسهم في تشكيل صفات التربة وأنواعها، ويعطي صورة أولية عن البيئة الطبيعية التي تمتد عبر نطاقات مختلفة وتوزيعات متباينة، وتختلف آثار العناصر المناخية باختلاف الأقاليم والأنماط المناخية، حيث تعمل الحرارة على تنشيط التبخر وزيادة فقدان المياه السطحية، بينما تؤدي الأمطار إلى تغذية الأنهار والجداول والبحيرات، وتُعد المصدر الرئيس لتجدد المياه السطحية، أما الرياح فتؤثر في معدلات التبخر ونقل الرطوبة، في حين أن الرطوبة الجوية تُسهم في تقليل فقدان المياه وتوازن النظام البيئي، وفي المناطق ذات المناخ المتطرف، خاصة تلك التي تتعرض لصيف حار وأشعة شمس مباشرة خلال النهار، ترتفع درجات الحرارة بشكل كبير مما يؤدي إلى زيادة معدلات التبخر وانخفاض كميات المياه السطحية المتاحة، كما أن التباين المناخي بين الفصول يُحدث تغيرات واضحة في حجم الموارد المائية، إذ ترتفع مناسيب الأنهار والجداول في مواسم الأمطار، بينما تنخفض بشكل ملحوظ في مواسم الجفاف ومن هنا يتضح أن المناخ يمثل العامل الرئيس في تحديد وفرة أو ندرة الموارد المائية السطحية، وأن فهم هذه العلاقة يُعد أساسًا للتخطيط المائي والإدارة المستدامة للموارد المائية في محافظة بابل ، ومن اهم العناصر ذات التأثير المباشر سيتم تناولها بالاتي:

١) **درجة الحرارة** : تُعرَّف درجة الحرارة بأنها مقدار الإحساس بالبرودة أو السخونة، وتُعد شكلًا من أشكال الطاقة الحسية التي يمكن الشعور بها، على الرغم من كونها غير ملموسة ماديًا، وهي عنصر قابل للقياس باستخدام أدوات دقيقة، وتُعتبر من أهم عناصر المناخ الأساسية، إذ أن ارتفاعها أو انخفاضها ينعكس بشكل مباشر على بقية العناصر المناخية الأخرى مثل الضغط الجوي، وسرعة الرياح، ونسبة الرطوبة، وكميات

الأمطار، مما يجعلها ذات تأثير كبير في تحديد طبيعة[٤] ،من خلال معطيات جدول (١) تشير البيانات المناخية إلى أن المعدل السنوي لدرجة الحرارة العظمى بلغ نحو(41.2م°)، مع تباين واضح بين الفصول. فقد سجل فصل الصيف أعلى المعدلات خلال حزيران وتموز وآب، حيث تراوحت بين (44–43 م°)، ثم بدأ الانخفاض التدريجي في أيلول ليستمر حتى تشرين الأول وتشرين الثاني، أما فصل الشتاء فقد سجل أدنى المعدلات في كانون الأول وكانون الثاني وشباط، إذ تراوحت بين (22–19)م° وفي المقابل، ارتفعت درجات الحرارة تدريجيًا خلال أشهر الربيع (آذار، نيسان، أيار) لتصل إلى نحو °(37–31م°).أما درجات الحرارة الصغرى، فقد بلغ معدلها السنوي نحو (15.1 م°)، وسجلت أعلى القيم في الصيف (حزيران–آب) بحدود –25 (27 م°)، بينما انخفضت تدريجيًا في أيلول وتشرين الأول، لتسجل أدنى القيم في الشتاء (كانون الأول–شباط) حيث تراوحت بين (7–5م°)وبذلك يتضح أن المناخ يتسم بتباين حراري موسمي واضح، حيث ترتفع درجات الحرارة في الصيف إلى مستويات عالية، وتنخفض في الشتاء إلى مستويات منخفضة، مع انتقال تدريجي بين الفصول، أن درجات الحرارة العظمى شهدت ارتفاعًا تدريجيًا خلال أشهر الربيع (آذار، نيسان، أيار) لتصل إلى أعلى معدلاتها في فصل الصيف، خاصة في حزيران وتموز وآب، حيث تجاوزت القيم (44م°)ثم تبدأ بالانخفاض التدريجي في أيلول وتشرين الأول لتسجل أدنى مستوياتها في فصل الشتاء (كانون الأول، كانون الثاني، شباط) بحدود (22–19م°)أما درجات الحرارة الصغرى فقد بلغ معدلها السنوي نحو(15م°) ، في حين سجلت أعلى القيم في الصيف (٢٥–٢٧م°)، بينما انخفضت تدريجيًا في الخريف لتصل إلى أدنى مستوياتها في الشتاء (٥–٧م°) كما أن المدى الحراري السنوي تراوح بين(17–12م°)، وهو ما يعكس التباين الموسمي الواضح في مناخ المنطقة،ان لهذا التباين الحراري الموسمي أثر مباشر على الموارد المائية السطحية في محافظة بابل، إذ يؤدي ارتفاع درجات الحرارة في الصيف إلى زيادة معدلات التبخر وفقدان المياه، ومن هنا تبرز أهمية إدارة الموارد المائية بشكل مستدام، لضمان توازنها بين مواسم الوفرة والنقص في المحافظة.

جدول (١)

معدلات درجات الحرارة العظمى والصغرى الشهرية والسنوية محافظة بابل للمدة (١٩٩٠ – ٢٠٢٤)

الاشهر	درجة الحرارة العظمى	درجة الحرارة الصغرى	المدى الحراري	معدل درجة الحرارة
ك٢	١٧,٩	٥,٨	١٢,١	١١,٨
شباط	٢٠,٧	٧,٨	١٢,٩	١٤,٢
اذار	٢٦,١	١١,٧	١٤,٤	١٨,٩

نيسان	٣١,٤	١٦,٥	١٤,٩	٢٣,٩
مايس	٣٧,٣	٢١,٩	١٥,٤	٢٩,٦
حزيران	٤١,٩	٢٥,٤	١٦,٥	٣٣,٧
تموز	٤٤,٤	٢٧,٦	١٦,٨	٣٦
اب	٤٤,٣	٢٧,٣	١٧	٣٥,٨
ايلول	٤٠,٩	٢٣,٥	١٧,٤	٣٢,٢
ت١	٣٤,٢	١٨,٩	١٥,٣	٢٦,٦
ت٢	٢٥,٣	١١,٤	١٣,٩	١٨,٤
ك١	١٩,٢	٧,٢	١٢	١٣,٢
المعدل السنوي	٣١,٩	١٧,١	١٤,٩	٢٤,٥

المصدر: جمهورية العراق ،وزارة النقل ،الهيئة العامة للأنواء الجوية العراقية والرصد الزلزالي ، قسم المناخ بيانات غير منشورة ، ٢٠٢٤ .

2)الرياح :

تُعد حركة الهواء المتوازية أو المنظمة أساس عمل الرياح، فهي تنشأ نتيجة الفروق في الضغط الجوي بين المناطق المرتفعة والمنخفضة، وتعتمد على درجة الحرارة والرطوبة. وتُعتبر الرياح من أهم الظواهر المناخية المؤثرة في الفعاليات الجوية المختلفة مثل تكوّن الغيوم وسقوط الأمطار وتباين درجات الحرارة. إذ تتحرك الرياح من مناطق الضغط المرتفع نحو مناطق الضغط المنخفض، ويظهر ذلك بوضوح في الأجزاء السهلية حيث يسهل انتقال الهواء بشكل انسيابي. كما أن طبيعة سطح الأرض، وكثافة الغطاء النباتي، وتعدد المنشآت العمرانية، تؤثر في حركة الرياح، حيث يؤدي السطح غير المستوي إلى اضطرابها، بينما يسهم الغطاء النباتي في تنظيمها وتقليل حدته[٥].:

من خلال معطيات جدول (٢) يلاحظ هنالك تباين في سرعة الرياح في محطة الحلة تباينا زمانيا ،حيث بلغ المعدل العام لسرعة الرياح (١,٨)م/ثا ، كما تباينت خلال فصول السنة ،اذ سجلت اعلى معدل لسرعة الرياح خلال شهر حزيران وتموز اذ بلغت (٢,٦ ، ٢,٥)م/ثا على الترتيب بينما سجل شهر تشرين الثاني وكانون الأول والثاني اقل معدل لسرعة الرياح بلغ (١,٤ ، ١,٣ ، ١,١)م/ثا على الترتيب ،بينما بلغت خلال شباط واذار ونيسان ومايس (٢,١، ٢، ٢,١ ، ١,٨)م/ثا على الترتيب ،اما خلال شهر أيلول وتشرين الثاني فقد بلغت سرعة الرياح (١,٥)م/ثا لكل شهر ، وقد اتضح ان الرياح الشمالية الغربية هي السائدة في منطقة الدراسة فقد بلغت نسبة تكرارها على المنطقة (٢٥,٩) من مجموع نسبة الرياح الهابة على منطقة الدراسة ،ويعود السبب في تباين سرعة واتجاه الرياح الى التباين في منظومات الضغط الجوي لناتجة عن تباين معدلات الحرارة خلال اشهر السنة ،فوقوع المنطقة في العروض شبه المدارية وبالتالي تأثرها بالمنخفض الهندي الموسمي في أواسط اسيا

خلال الفصل الحار، مما أدى الى التباين في سرعة واتجاه الرياح بالعموم تتصف الرياح بالجفاف وقلة الرطوبة النسبية ومع الارتفاع في درجات الحرارة ،ان هذا التباين في سرعة واتجاه الرياح ينعكس بشكل مباشر على الموارد المائية في محافظة بابل، إذ تسهم الرياح القوية في زيادة معدلات التبخر من المسطحات المائية والأنهار، مما يؤدي إلى فقدان جزء من المياه السطحية، بينما تساعد الرياح المعتدلة على تجديد الهواء وتقليل الرطوبة الزائدة، ومن هنا تظهر أهمية إدارة الموارد المائية بشكل مستدام، عبر تقليل الفاقد المائي الناتج عن التبخر، وتعزيز كفاءة استخدام المياه ، بما يضمن استمرارية هذه الموارد الحيوية في مواجهة التغيرات المناخية،

جدول(٢)معدل سرعة الرياح (م/ثا) في محطة الحلة للمدة (١٩٩٠- ٢٠٢٤)

الأشهر/ العنصر	ك٢	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	اب	ايلول	ت١	ت٢	ك١	المعدل
سرعة الرياح	١,٤	١,٨	٢,١	٢	٢,١	٢,٥	٢,٦	٢	١,٥	١,٥	١,١	١,٣	١,٨

المصدر: جمهورية العراق ،وزارة النقل ،الهيئة العامة للأنواء الجوية العراقية والرصد الزلزالي ، قسم المناخ بيانات غير منشورة ، ٢٠٢٤

.

٣)الامطار: يُعد المطر من اهم مظاهر تكاثف بخار الماء في الهواء، وهو عبارة عن قطرات مائية متوسطة الى كبيرة الحجم ،تسقط عند انخفاض درجة حرارة الهواء الى ما دون نقطة الندى ، اذ يبدا بخار الماء بالتكاثف ويتحول الى ذرات دقيقة من الماء تتجمع على شكل سحب يزيد حجمها تدريجيا كلما انخفضت درجة حرارة الهواء حتى لا يستطيع حملها فتسقط على الارض مكونة المطر المعروف[٦]،ان نظام التساقط المطري في محافظ بابل هو نظام فصلي يندرج ضمن، يقع ضمن نظام البحر المتوسط بمعنى ذلك ان التساقط المطري يكون فصلي ينعدم تساقطها خلال الفصل الحار وان المنخفضات القادمة من البحر المتوسط السبب الرئيس للتساقط المطري ، كما ان الضغط المنخفض المتمركز فوق البحر المتوسط والمرتبطة بمنطقة الضغط المنخفض فوق الخليج العربي تساعد على مرور منخفضات البحر المتوسط من الغرب الى الشرق، وان المنخفضات التي تنشأ وتمر بالبحر المتوسط ثم يتجدد نشاطها بالقرب من جزيرة قبرص وبيروت وخليج العقبة ،وتتجه نحو الشرق فتمر بالعراق متجهة في معظمها الى الخليج ،كما تجه بعضها نحو الشرق فتمر بالعراق ومن ثم الخليج العربي، يتضح ان نظام التساقط المطري فصلي يزداد خلال الفصل البارد وينعدم خلال الفصل لحار لذلك يعوض النقص الحاصل وسد الاحتياجات المائية للمنطقة بمياه الري السطحية[٧] ،من خلال معطيات

الجدول (٤) اتضح ان مجموع التساقط المطري في منطقة البحث بلغ (١٠٧,٣) ملم يبدأ التساقط المطري من شهر تشرين الأول بمعدل (٤,٣)ملم وبعدها يأخذ بالارتفاع التدريجي ليسجل شهر تشرين الثاني وكانون الأول والثاني اعلى معدلات للتساقط المطري في المنطقة اذ بلغت (٢٠ , ٢٠,٨ , ١٨,٦)ملم على الترتيب,ويستمر بالتساقط بمعدلات متذبذبة خلال شباط واذار ونيسان بمعدل (١٢,٥ , ١٣,١,١٥,٢)ملم على الترتيب وتستمر حتى شهر أيار ,اذ ينخفض فيه معدل الامطار لتصل الى (٢,٧)ملم ،اما شهر أيلول فيسجل ادنى معدل للتساقط المطري في المنطقة بمعدل (٠,١)ملم ،في حين ينعدم تساقط الامطار خلال الفصل الحار ابتداءً من حزيران وتموز واب، سبب ذلك عدم وصول المنخفضات الجوية القادمة من البحر المتوسط والتي تعد المصدر الرئيس للامطار في المنطقة ، أن هذا النمط الفصلي للتساقط المطري يفرض تحديات كبيرة على الموارد المائية في المحافظة، إذ يؤدي انقطاع الأمطار في الصيف إلى الاعتماد شبه الكامل على مياه الري السطحية لتعويض النقص وسد الاحتياجات الزراعية والمعيشية، ومن هنا تبرز أهمية التوجه نحو التقانات الحديثة في سبيل استثمار مياه الأمطار خلال مواسمها الباردة ، وتعزيز تقنيات الحصاد المائي، إضافة إلى تحسين كفاءة شبكات الري لتقليل الفاقد المائي، كما أن الحفاظ على هذه الموارد وإدارتها بشكل مستدام يسهم في دعم التنمية الزراعية، وضمان الأمن الغذائي، وتوفير المياه للأنشطة الاقتصادية والاجتماعية في محافظة بابل، بما يحقق التوازن بين الوفرة الموسمية والنقص في الفصول الجافة.

جدول (٤)معدلات الامطار والتبخر والفائض والعجز المائي (ملم) في محطة الحلة للمدة (١٩٩٠ – ٢٠٢٤)

الاشهر	الامطار	التبخر	العجز المائي	الفائض المائي
ك٢	20.8	54	33.3-	-
شباط	15.2	78.2	63-	-
اذار	13.1	133.5	120.4-	-
نيسان	12.5	184.3	171.8-	-
مايس	2.7	264	261.3-	-
حزيران	0	335.7	335.7-	-
تموز	0	351.4	351.8-	-
اب	0	315.8	351.8-	-
ايلول	0.1	244.9	244.8-	-
ت١	4.3	159.3	155-	-
ت٢	20	80.1	60.1-	-
ك١	18.6	60.2	41.6-	-
المعدل السنوي	107.3	2261.4	2154.1-	-

المصدر: جمهورية العراق ،وزارة النقل ،الهيئة العامة للأنواء الجوية العراقية والرصد الزلزالي ، قسم المناخ بيانات غير منشورة ، ٢٠٢٤ .

٤) **التبخر** : هو عملية تحول الماء من الحالة السائلة الى الحالة الغازية عندما يكون الهواء غير مشبع ببخار الماء[٨] ، يحدث التبخر من سطح الارض ومن المسطحات المائية ، والنتح يعني تبخر الماء من النبات والانسان والحيوانات ، ومجموع التبخر من سطح الارض والمسطحات المائية والنبات يعني (التبخر / النتح)[٩] وتتأثر كمية التبخر بعدة عوامل منها (مقدار رطوبة الهواء النسبية وكمية الماء في التربة ودرجة الحراة وسرعة الرياح)، قد اتضح من خلال بيانات جدول (4) أن معدلات التبخر في منطقة البحث مرتفعة طوال أشهر السنة، إذ تفوق معدلات التساقط المطري لكون المنطقة تقع ضمن المناخ الصحراوي الحار الجاف، اذ بلغ مجموع التبخر (٢٢٦١,٤ ملم)، وسجل الفصل الحار أعلى معدلاته خلال حزيران وتموز وآب لتبلغ (٣٣٥,٧ ،٣٥١,٤ ،٣١٥,٨ ملم)على الترتيب، ثم أخذت بالانخفاض التدريجي خلال أيلول وتشرين الأول لتصل إلى (٢٤٤,٩ ،١٥٩,٣ ،٨٠,١ ملم) على التوالي ، واستمرت بالانخفاض ليسجل الفصل البارد أدنى معدلاته في كانون الأول والثاني وشباط بمعدلات بلغت (٦٠,٢، ٥٤ ، ٧٨,٢ ملم) على الترتيب، ثم تعاود معدلات التبخر ارتفاعها التدريجي مرة أخرى خلال آذار ونيسان ومايس لتبلغ (١٣٣,٥، ١٨٤,٣ملم)،على التوالي ، ومن خلال استقراء معدلات التساقط المطري ومقارنتها بالتبخر في محطة الحلة، اتضح أن معدلات التبخر تفوق معدلات الأمطار بشكل واضح، مما يشير إلى وجود عجز مائي بلغ مجموعه(-٢١٥٤,١ملم) تباينت في معدلاتها بين اشهر السنة ، حيث سجل الفصل الحار أعلى عجز مائي خلال حزيران وتموز وآب، بمعدلات بلغت(-٣٣٥,٧ ،-٣٥١,٥٤ ،-٣١٥,٨ملم) على التوالي ،في حين سجلت الفصول الباردة وهي اشهر كانون الأول وكانون الثاني وشباط ادنى عجز مائي بلغ (-٤١,٦ ، -٣٣,٢ ، -٦٣)ملم بالترتيب وهو ما يعكس معاناة المنطقة من نقص المياه وعدم وجود فائض يمكن الاعتماد عليه لسد الاحتياجات المائية، الأمر الذي يفرض ضرورة إدارة الموارد المائية بكفاءة للحفاظ على المياه وتقليل الفاقد منه، هذا يتطلب اعتماد تقنات حديثة لاسيما في الإنتاج الزراعي ، ان اعتماد هذه الإجراءات يضمن استدامة الموارد المائية في بابل، ويعزز قدرة المحافظة على مواجهة التغيرات المناخية وتلبية احتياجاتها الزراعية والاقتصادية.

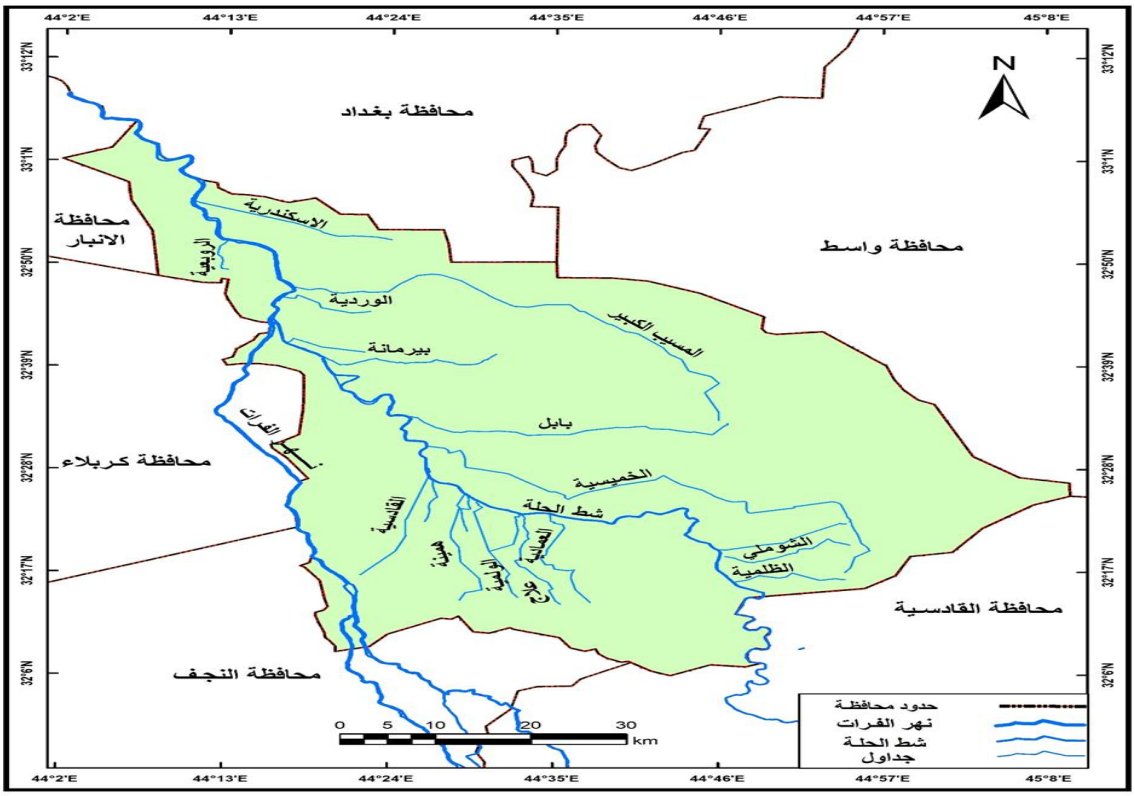
٥) **الموارد المائية:** تُعد الموارد المائية الركيزة الأساسية للحياة والتنمية، فهي العنصر الحيوي الذي تعتمد عليه مختلف الأنشطة البشرية والاقتصادية، فالماء ليس مجرد حاجة بيولوجية للإنسان والكائنات الحية، بل يمثل أيضًا أساسًا لاستقرار المجتمعات وازدهار الحضارات عبر التاريخ. وتبرز أهميته في الزراعة التي تُعد المستهلك

الأكبر للمياه، وفي الصناعة التي تعتمد على المياه في عملياتها الإنتاجية، إضافة إلى دوره في توليد الطاقة ودعم الأنشطة السياحية والبيئية، ومع تزايد النمو السكاني والتوسع العمراني وتغير المناخ، أصبحت قضية إدارة الموارد المائية واستدامتها من أبرز التحديات التي تواجه الدول، إذ يتطلب الأمر استراتيجيات متكاملة للحفاظ عليها وضمان استخدامها بكفاءة وعدالة، بما يحقق الأمن المائي ويعزز التنمية المستدامة للأجيال الحالية والقادمة، تجدر الاشار الى ان منطقة البحث تعتمد بصورة رئيسية على المياه السطحية المتمثلة بنهر الفرات وتفرعاته الرئيسية والثانوية ، فضلاً عن الاعتماد بشكل ثانوي على المياه الجوفية المتمثلة بالعيون والينابيع ، وسيتم التطرق على الموارد المائية في محافظة بابل بصورة تفصيلية وبيان التصاريف السنوية لها ومدى تراجع مناسيب المياه على مدى السنوات السابقة بالشكل الاتي :

أ- **الموارد المائية السطحية** : تتمثل الموارد المائية السطحية في منطقة الدراسة بنهر الفرات وتفرعاته الرئيسة والتي تشتمل على الرويعية والمسيب الكبير والناصرية وشط الحلة وجدول الكفل ،يدخل نهر الفرات المنطقة من الشمال الغربي بالاتجاه نحو الجنوب الشرقي بطول (١٠٧,٤)كم من دخوله محافظة بابل من الشمال حتى خروجه منها من الجنوب ,اذ يبلغ قبل تفرع نهر الفرات عند سدة الهندية (٥٠,٤)كم ,بينما يبلغ طول نهر الفرات بعد التفرع من سدة الهندية (٥٠)كم وبطاقة تصريفية يصل معدلها الى (٢٥٤)م٣/ثا تتباين بحسب الاطلاقات المائية من دول المنبع سنوياً وموسمياً ويتفرع من نهر الفرات جنوب سدة الهندية جدول الكفل وشط الحلة الذي يبلغ طوله (١١٣)كم ويمثل الشريان الرئيس للمياه السطحية في المنطقة ويستمر شط الهندية بالجريان والذي يمثل المجرى الرئيس لنهر الفرات الجدول (٥) والخريطة (٢) وسيتم التطرق الى الامتداد الجغرافي لشبكة الموارد المائية في المنطقة[١٠] وبالشكل الاتي-:

المجرى المائي	موقع التفرع	مكان التفرع/كم	التصريف م٣/ثا	طول المجرى/كم	المساحة المروية/دونم
الاسكندرية	أيسر الفرات	٥٧٣	٧,٨	٢٣,١	٣١٤٥٤
الرويعية	ايمن الفرات	٥٨٣	٢	٨,٥	٢٠٠٠٠
المسيب الكبير	أيسر الفرات	٥٩٦	٤٠	٤٩,٥	٣٣٤٧٨٠
الناصرية	أيسر الفرات	٥٩٨	٤,٧	١٢,٨	٩٨٢٦
شط الحلة	أيسر سدة الهندية	٦٠٢	١٦٧,٥	١٠١	٩١٣٦٨٩
الكفل	ايمن سدة الهندية	٦٠٢	٢٠,٥٠	٦٩	١٦٧٠٠٠

جدول(٥)الامتداد الجغرافي للجداول الأروائية المتفرعة من نهر الفرات ضمن محافظة بابل لسنة ٢٠٢٤



المصدر : جمهورية العراق ، وزارة الموارد المائية، مديرية الموارد المائية في محافظة بابل ، قسم التشغيل الشعبة الفنية بيانات غير منشورة، ٢٠٢٤ .

خريطة(٢) الامتداد الجغرافي للجداول الأروائية المتفرعة من نهر الفرات ضمن محافظة بابل لسنة ٢٠٢٤

المصدر: جمهورية العراق ،وزارة الصناعة والمعادن،الهيئة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين ،خريطة العراق الجيولوجية،بمقياس رسم(١:٢٥٠٠٠٠٠) .

- **الجداول الأروائية المتفرعة من ضفتي شط الحلة :** من خلال معطيات جدول(٦) يتضح أن شط الحلة يمثل محورًا أساسيًا في منظومة التصريف والإرواء بمحافظة بابل، إذ يشكل مصدرًا رئيسًا لتغذية مساحات واسعة من الأراضي الزراعية عبر شبكة الجداول المتفرعة منه. غير أن تباين طاقته التصريفية بين المواسم يفرض تحديات في إدارة المياه، الأمر الذي يستدعي اعتماد سياسات رشيدة تقوم على تحسين كفاءة استخدام

المياه، وتطوير تقنيات الري الحديثة، وتقليل الفاقد المائي لضمان استدامة الموارد المائية. إن تحقيق التوازن بين الطاقة التصريفية المتاحة والاحتياجات الزراعية والاقتصادية يعد خطوة جوهرية نحو تعزيز التنمية المستدامة في المحافظة، وضمان الأمن المائي والغذائي للأجيال القادمة.، يتفرع شط الحلة من الضفة اليسرى لنهر الفرات عند الكيلومتر (٦٠٢) من أمام سدة الهندية، ويتجه مجراه السطحي نحو الجنوب الشرقي بطول يبلغ (١٠١) كم، ومن خلال معطيات جدول (٥) يتضح ان الطاقة التصريفية التصميمية بلغت (٢٥٠,٥ م^3/ثا)، في حين تصل الطاقة التشغيلية إلى (١٦٧,٥ م^3/ثا) مع تباينها تبعًا لمواسم السنة، إذ تنخفض خلال الموسم البارد إلى (١٣٥ م^3/ثا)، وترتفع في الموسم الصيفي لتصل إلى (٢٠٠ م^3/ثا)، وقد خُصصت مساحة زراعية واسعة للإرواء من مياهه بلغت (٩١٣,٦٨٩) دونمًا، ويتفرع من جانبي الشط عدد كبير من الجداول الأروائية بلغ مجموعها (٣٠) جدولًا، منها (١٣) جدولًا على الضفة اليمنى بطاقة تصريفية قدرها (٤١,٦٦ م^3/ثا) لإرواء مساحة زراعية تصل إلى (٣٠٧,٥٤٠) دونمًا، بينما بلغ عدد الجداول المتفرعة من الضفة اليسرى (١٧) جدولًا بطاقة تصريفية بلغت (٦٢,٩١ م^3/ثا) لإرواء مساحة زراعية قدرها (٦٠٦,١٤٩) دونمًا.

جدول (٥)

الجداول الأروائية المتفرعة من ضفتي شط الحلة لسنة ٢٠٢٤

الجدول	جهة التفرع	موقع التفرع	الطول/كم	التصريف(م٣/ثا)	المساحة المروية/دونم
التاجية	ايمن شط الحلة	٤٥,٧٥٠	٨,٧٧٠	٠,٦٥	٦٢٦٧
القادسية	ايمن شط الحلة	٤٦,٥٥٠	٣٢,١٩٠	٨,٤	٥٢٦٥٠
دورة	ايمن شط الحلة	٥١,١٠٠	٢٥,٠٨٠	٣,٧	٣٥٣٤٠
همينية	ايمن شط الحلة	٥٤,٣٧٥	٨,٥٣٠	٠,٧	٥٠١٧
وسمي	ايمن شط الحلة	٥٤,٩٠٠	٤,٥٠٠	٠,٢	١٥٦٤
علاج	ايمن شط الحلة	٥٦,٤٧٠	٣١,٥٥٠	٦,٨	٤٦٢٨٣
أبو قمجي	ايمن شط الحلة	٦٠,٠٢٠	٧,٦٨٠	٠,٦	٤٣٣٦
العمادية	ايمن شط الحلة	٦١,٩٧٠	١١,٢٤٠	١,١١	٨٢٩٠
الجربوعية	ايمن شط الحلة	٦٢,١٢٠	٢٩,٣٥٠	٩,٩	٩١٦٦٧
الهاشمية	ايمن شط الحلة	٦٥	٣,١٣٠	٠,٩٧	٥١٧٠
البازول	ايمن شط الحلة	٨٥,٧٥٠	٤,٦٢٠	٠,٧١	٥٢٧٩
الابيخر	ايمن شط الحلة	٨٨,١٥٠	٥,٨٠٠	٠,٥٢	٤٠١٢
الحيدري	ايمن شط الحلة	٩٠,٣٥٠	١٢,٢٣٠	٧,٤	٤١٦٦٥
المجموع	-	-	١٨٤,٦٧٠	٤١,٦٦	٣٠٧٥٤٠
الجدول	جهة التفرع	موقع التفرع	الطول/كم	التصريف(م٣/ثا)	المساحة المروية/دونم

المحاويل	أيسر شط الحلة	٨,٠٨	٢٠,٦٠٠	١٠,٨	٨٤٣٠١
الخاتونية	أيسر شط الحلة	٢٥,٠٩	٦	١,٤	١٢٤٠٧
الفندية	أيسر شط الحلة	٢٥,٤٨	٨	٠,٩٠	٧٢٥٥
النيل	أيسر شط الحلة	٢٧,٠١٧	١٧,٨٠٠	٣,٥	٣٩٩٣٣
بابل	أيسر شط الحلة	٣١,٣٣٥	٣٨	١٥	١٣٣٩٨٥
الوردية	أيسر شط الحلة	٣٦,٩٦٠	٣,٨٢٠	١,٣	١١٩٠٠
بيرمانة	أيسر شط الحلة	٥٧,٤٠٠	٩	٠,٩٠	٧٧٧٦
مشيمش	أيسر شط الحلة	٦١,٧٠٠	١٠	٠,٧٠	٥٨٥٧
روبيانة	أيسر شط الحلة	٧٠,٢٦٠	٥	٠,٧٠	٦٤٠٠
الباشية	أيسر شط الحلة	٧٤,٧١٠	٩	٠,٧٠	٩٨٦٩
الكدس	أيسر شط الحلة	٧٦,٦٠٠	٩	٠,٧٠	٧١٣٠
الخميسية	أيسر شط الحلة	٧٦,٦٨٥	٢٥	٦	٦٥٠٠٠
العوادل	أيسر شط الحلة	٧٦,٩٥٠	١٥,٤٠٠	٢,٧	٣٧٥٠٠
الزبار	أيسر شط الحلة	٨١,١٢٥	٨,٣٠٠	٠,٨١	٧٦٠٦
ام الورد	أيسر شط الحلة	٨٨,٧٤٠	٣٠	٣,٥	٣٥٠٠٠
الشوملي	أيسر شط الحلة	٩٠,٢٠٠	٨,٥	٦,٢	٥٦٢٣٠
الظلمية	أيسر شط الحلة	٩٥,٨٤٣	١٨,٨٠٠	٧,١	٧٨٠٠٠
المجموع	-	-	٨٤,٨٧٨	٦٢,٩١	٦٠٦١٤٩
المجموع الكلي	-	-	٢٦٩,٥٤٨	١٠٤,٥٧	٩١٣٦٨٩

المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على :جمهورية العراق، وزارة المواد المائية، مديرية الموارد المائية في محافظة بابل، قسم التشغيل، الشعبة الفنية، بيانات غير منشورة، ٢٠٢٤.

المبحث الثاني

التحديات التي تواجه استدامة الموارد المائية في محافظ بابل

تواجه الموارد المائية في العراق بصورة عامة ومحافظة بابل على وجه الخصوص مجموعة من المشكلات الداخلية والخارجية، بعضها يُعد محليًا والبعض الآخر يرتبط بعوامل عالمية ، فمن أبرز التحديات الخارجية التغيرات المناخية وزيادة الكثافة السكانية في المدن العراقية، أما داخليًا فتتمثل المشكلات في انخفاض مناسيب المياه الجارية وما يترتب عليه من تراجع حصة الفرد المائية، إضافة إلى تلوث مياه الأنهار وارتفاع نسبة الملوحة فيها نتيجة قلة التصريف المائي قبل وصولها إلى مجاري الأنهار، وتنعكس هذه التحديات بشكل مباشر على الاستخدامات اليومية للمواطنين سواء في الاستهلاك المنزلي والإنساني أو في مشاريع الري الزراعي والأنشطة الاقتصادية الأخرى، فضلاً عن سوء إدارة الموارد المائية الذي يزيد من حدة الأزمة.

١) التغيرات المناخية: قد تفاقمت مشكلة الاحتباس الحراري في العالم نتيجة لاختلاف المناخ وتلوث الهواء، مما أدى إلى ارتفاع درجة حرارة الكرة الأرضية بسبب زيادة نسب مكونات الغلاف الغازي في الطبقات العليا، وقد نتج عن ذلك تغيرات مناخية قاسية، مثل زيادة موجات الجفاف والحرارة، إضافة إلى تغير حركة الرياح، وهذه الظاهرة سيكون لها آثار سلبية وكبيرة إذا استمرت أسبابها في التزايد، أذ سيشهد العالم مزيدًا من التغيرات المناخية. حيث يقع العراق ومنطقة الدراسة ضمن المناطق شبه المدارية والمعتدلة الدافئة، وهو محاط بمناخ إقليمي يتأثر بهذه التغيرات، خاصة وأنه يعتمد على منابع نهري دجلة والفرات، اللذين سيتعرضان لتذبذب في كميات المياه، مع زيادة موجات الجفاف وشح الأمطار في تلك المناطق[١١]،تُعد بلدان المنطقة العربية، ومنها العراق، من الدول النامية التي لا تتحمل مسؤولية كبيرة في ظهور مشكلة التغير المناخي تاريخيًا، إذ لا تتجاوز نسبة انبعاث الغازات الدفيئة منها نحو (٥%)، بينما تبلغ مساهمة المنطقة العربية في الانبعاثات الصناعية حوالي (٠,٢١%). ومع ذلك، فإن العراق يواجه تحديات كبيرة نتيجة غياب استخدام وسائل الإنتاج النظيفة، وضعف الاعتماد على تقنيات الطاقة المتجددة والاقتصاد الأخضر، مما يجعله أكثر عرضة لتأثيرات هذه الظاهرة،ومن المرجح أن تكون انعكاسات التغير المناخي على التنمية الاقتصادية والاجتماعية في العراق سلبية، أذ تؤدي التفاعلات المختلفة لهذه الظاهرة إلى عرقلة مسار التنمية المستدامة، وقد حذرت الأمم المتحدة في تقرير صدر عام ٢٠٠٩ من خطورة التغيرات المناخية الحاصلة عالميًا، خاصة في منطقة الشرق الأوسط التي تضم عددًا كبيرًا من الأنهار الدولية المهمة مثل دجلة والفرات والنيل والأردن، والتي تشهد صراعات متزايدة حول المياه. وتُعد هذه المنطقة من أكثر المناطق سخونة في العالم من حيث النزاعات المائية، وهو ما يجعلها شديدة الحساسية تجاه هذه القضية، ويُعزى ذلك إلى أن نحو (٦٧%) من المياه الواردة إلى الدول العربية تأتي من أراضٍ خارج حدودها، مما يجعلها أكثر تأثرًا بالأنشطة والمشاريع التي تنفذها الدول المجاورة، وهذا الوضع يضع الدول العربية، ومنها العراق، في إطار أكثر خطورة فيما يتعلق بأمنها المائي، ويجعل قضية التغير المناخي والموارد المائية من أبرز التحديات التي تهدد مستقبل التنمية والاستقرار في المنطقة.[١٢]

وتنعكس هذه التغيرات المناخية بشكل مباشر على الموارد المائية في محافظة بابل، حيث يؤدي ارتفاع درجات الحرارة إلى زيادة معدلات التبخر وفقدان كميات كبيرة من المياه السطحية والجوفية. كما أن شح الأمطار وتذبذبها يقلل من التغذية الطبيعية للمياه الجوفية ويضعف المخزون المائي المتاح للزراعة والشرب، وتؤدي موجات الجفاف المتكررة إلى تراجع إنتاجية الأراضي الزراعية، مما يهدد الأمن الغذائي في المنطقة، إضافة إلى

ذلك، فإن انخفاض مناسيب نهري دجلة والفرات يضعف قدرة شط الحلة والجداول الأروائية على تلبية احتياجات الري. كما أن زيادة الملوحة وتلوث المياه نتيجة قلة التصريف يعمّق أزمة المياه ويؤثر سلبًا على نوعية التربة والمحاصيل، كل ذلك يجعل إدارة الموارد المائية في بابل ضرورة ملحة لضمان استدامتها ومواجهة آثار التغيرات المناخية.

٢) مشكلة تلوث المياه: تُعد مشكلة التلوث البيئي من أبرز النتائج المترتبة على سوء إدارة الموارد الطبيعية واستغلالها، فكلما زاد حجم السكان وتطورت الأنشطة الصناعية والزراعية، زادت كميات المخلفات الصلبة والسائلة والغازية، مما يؤثر سلباً على نوعية وكمية المياه السطحية ويمكن توضيحها بالاتي :

أ- مشكلات ناتجة من المخلفات الصناعية الناتجة عن الصناعات الغذائية والكيميائية والخدمية من أخطر مصادر التلوث، أذ تتضاعف آثارها مع توسع النشاط الصناعي، كما أن النشاط الزراعي يفرز بدوره مخلفات متنوعة، أبرزها استخدام المبيدات والأسمدة الكيميائية التي تُستعمل بشكل واسع، والتي قد تتحول إلى مواد سامة عند استخدامها دون رقابة أو توجيه فني من المؤسسات المختصة، إن غياب الرقابة البيئية والصحية على هذه الأنشطة يؤدي إلى تفاقم المخاطر، ويجعل البيئة أكثر عرضة للتلوث، الأمر الذي ينعكس سلبًا على صحة الإنسان واستدامة الموارد المائية في منطقة الدراسة، اذ يلاحظ من خلال الدراسة الميدانية ان مياه الصرف الصحي غير المعالجة أكثر من ٧٠% منها تُصرّف مباشرة في الأنهار دون معالجة، وفق تقارير وزارة البيئة ، في محافظة بابل، ولاسيما في شط الحلة صورة(١)، تتجلى مشكلة المياه العادمة والصرف الصحي بشكل واضح، إذ تُطرح كميات كبيرة من المخلفات السائلة مباشرة في مجرى الشط دون معالجة كافية، مما يؤدي إلى تلوث المياه العذبة التي يعتمد عليها السكان في الاستخدامات المنزلية والزراعية، ومع تزايد عدد السكان واتساع الأنشطة الاقتصادية، ارتفعت كمية المياه العادمة المطروحة في شط الحلة بشكل ملحوظ، وهو ما يهدد نوعية المياه ويزيد من نسب الملوحة والملوثات الكيميائية، تشير التقديرات إلى أن الفرد الواحد ينتج سنويًا ما بين (٣٠-٧٠ م^{٣}) من المياه العادمة، ومع غياب أنظمة معالجة فعالة، فإن هذه الكميات تُصرف مباشرة في المجاري المائية، كما أن استخدام الأسمدة والمبيدات الزراعية في الأراضي المحيطة بالشط يضاعف من حجم التلوث، إذ تتسرب بقاياها إلى المياه الجارية، وتُضاف إلى ذلك مخلفات الأنشطة الصناعية والخدمية في مدينة الحلة، التي تُلقى في شط الحلة عبر شبكات المجاري أو بشكل مباشر، مما يجعل المياه عرضة لمخاطر بيئية وصحية كبيرة، هذا الوضع يُبرز الحاجة الملحة إلى تطوير محطات معالجة حديثة، وتفعيل الرقابة البيئية،

واعتماد تقنيات الري المستدام لتقليل الفاقد المائي والحد من التلوث، بما يضمن استدامة الموارد المائية في بابل ويُحافظ على دور شط الحلة كشريان رئيس للحياة الزراعية والاقتصادية في المنطقة.

صورة (١)

"تصريف مياه الصرف الصحي إلى شط الحلة

الدراسة الميدانية: التقطت الصورة بتاريخ (٢٠٢٥/١٢/٢٢)

ب- المشكلات الناتجة من الزيادة السكانية في محافظة بابل: إن توسع المدن في محافظة بابل وانتقال السكان من الريف إلى الحضر، إلى جانب ضعف التخطيط العمراني وانتشار الأحياء العشوائية، أدى إلى زيادة معدلات الطلب على المياه العذبة بشكل ملحوظ، ومع ارتفاع معدلات الاستهلاك بصورة تفوق معدلات التعويض، أصبح العرض المائي يتراجع تدريجيًا، مما يفرض ضرورة تحسين التخطيط وترشيد استخدام المياه، وقد جعلت هذه الظروف المياه عنصرًا أكثر ندرة، حيث أصبحت المصادر المحلية أقل قدرة على تلبية الطلب، في حين أن بعض هذه المصادر بات ملوثًا أو مكلفًا في استثماره، ويُعد شط الحلة مثالًا بارزًا على ذلك، إذ يواجه ضغوطًا متزايدة نتيجة ارتفاع الاستهلاك وتراجع نوعية المياه بسبب طرح المخلفات والصرف الصحي فيه، مما يهدد استدامة موارده المائية ويؤثر على التنمية الزراعية والاقتصادية في المنطقة، أصبحت المياه المحلية في منطقة الدراسة، أكثر عرضة للتلوث وأعلى تكلفة مقارنة بالمصادر المستنزفة الأخرى، فقد بلغ عدد سكان محافظ بابل

لسنة ٢٠٢٤ نحو (٢٤٨٢٣٢٤)[١٣] نسمة ، اذ بلغ عدد سكان المناطق الحضرية (١١٢٧٨٩٤) نسمة أي ما يعادل (٤٥,٤٤%) من سكان المحافظة، في حين بلغ عدد سكان المناطق الريفية (١٣٥٤٤٣٠) نسمة ، بنسبة بلغت (٥٤,٥٦%) هذا التوسع السكاني وما رافقه من زيادة الطلب على المياه العذبة، انعكس بشكل مباشر على شط الحلة والجداول الأروائية المتفرعة منه، حيث ارتفعت معدلات الاستهلاك وتراجعت نوعية المياه بفعل التلوث والصرف الصحي، مما جعل إدارة الموارد المائية أكثر تعقيدًا وضرورة ملحة لضمان استدامتها فضلاً عن ذلك ، تشير الدراسات الاستراتيجية، ومنها تقارير "منظمة المياه الأوروبية، أن الطلب العالمي على المياه يشهد تزايدًا ملحوظًا، وقد توقعت هذه الدراسات حدوث جفاف في بلاد الرافدين بحلول عام ٢٠٤٠، مما قد يؤدي إلى خسارة العراق جزءاً كبيراً من موارده المائية إذ يعتمد العراق على نهري دجلة والفرات لتغطية أكثر من (٩٠%) من احتياجاته المائية، أذ يوفر نهر دجلة وحده نحو (٦٠%) من هذه الاحتياجات وبحسب تلك الدراسات، فإن الأراضي الزراعية العراقية ستتراجع تدريجيًا بملايين الدونمات نتيجة شح المياه، خاصة في ظل السياسات التعسفية التي تتبعها بعض الدول المجاورة، مثل تركيا، من خلال العقود الثنائية والاتفاقيات المائية غير المنصفة، ويُتوقع أن يؤدي ذلك إلى تفاقم أزمة المياه في العراق، ويجعل من قضية الأمن المائي أحد أبرز التحديات المستقبلية التي تهدد التنمية الزراعية والاقتصادية في البلاد [١٤]، تعاني محافظة بابل اليوم من أزمات بيئية، ليست آنية فحسب بل ستستمر آثارها على الأجيال القادمة، ومع الزيادة الكبيرة في عدد السكان، تنتج كميات هائلة من النفايات تُقدَّر بملايين الأطنان سنويًا، مما يزيد من حجم التحديات البيئية، وبهذا يتضح أن أزمة المياه في العراق، ولاسيما محافظة بابل، ليست مجرد تحدٍ بيئي بل قضية وجودية تمس الأمن الغذائي والاجتماعي، إن استمرار التغيرات المناخية والسياسات المائية الإقليمية سيضاعف من حدة المشكلة ويجعل الموارد أكثر ندرة، لذا فإن إدارة رشيدة ومستدامة للمياه أصبحت ضرورة ملحة لضمان مستقبل آمن للأجيال القادمة.

٣- مشكلة الهدر بالمياه وسوء الإدارة: يُلاحظ أن غياب استخدام التقنيات الحديثة في الري، والاعتماد على الطرق التقليدية، يؤدي إلى هدر كبير في المياه يصل إلى نحو (٥٠%) من المياه المستهلكة، نتيجة سوء أنظمة الري المستعملة. ويُعد القطاع الزراعي الأكثر تسببًا في هذا الهدر، إذ يعتمد بنسبة تزيد على (٦٠%) على مياه الري التقليدية دون استخدام وسائل رشيدة ،وتشير إدارة الموارد المائية إلى أن أسباب الهدر لا تقتصر على ضعف التقنيات، بل ترتبط أحيانًا بغياب الظروف الملائمة لتوفير المياه، وخاصة مياه الري، حيث يُترك مجال

استهلاكها مفتوحًا بشكل مجاني أو بأسعار رمزية، مما يؤدي إلى ضياع جزء كبير منها دون استفادة فعلية [١٥]،تواجه محافظة بابل مشكلة واضحة في إدارة واستخدام الموارد المائية، إذ يسود ضعف الكفاءة في استغلال مياه الري، إلى جانب سوء الإدارة والسياسات المائية. وتشير التقديرات إلى أن ما يقارب (٤٠–٥٠%) من مياه الري تُهدر بسبب طرق الري التقليدية وضياع كميات كبيرة بالتبخر في الحقول، خاصة في الأراضي الزراعية المحيطة بشط الحلة صورة(٢) .

كما أن جزءاً آخر من المياه يُهدر في الاستخدامات المنزلية والأنشطة المختلفة بنسبة تصل إلى (٢٥%)، نتيجة غياب التخطيط المائي وضعف الجهود الاستثمارية، وهذا الهدر يجعل الحصة المائية المخصصة للزراعة والاستخدامات الأخرى خارج نطاق التوازن مع الاحتياجات الفعلية.

أضافة إلى ذلك قلة استخدام التقنيات الحديثة في الري، وضعف تطبيق الممارسات الزراعية الرشيدة وتحسين التربة، مما يقلل من كفاءة استهلاك المياه، وفي ظل هذه الظروف، تصبح مشاريع حصاد المياه، واستغلال المياه الجوفية والآبار، وإعادة تأهيل السدود المتوسطة والكبيرة، إضافة إلى تجميع مياه الأمطار، ضرورة ملحة لضمان استدامة الموارد المائية في بابل.

صورة (٢)

مشهد يوضح جزءًا من جدول المحاويل المستخدم في الري بمحافظة بابل

المصدر: الدراسة الميدانية، التقطت الصورة بتاريخ (١٠/٥/ ٢٠٢٥)

تتجلى أزمة المياه في محافظة بابل من خلال عدة مظاهر رئيسة، أبرزها:

١. ضعف إدارة الموارد المائية وسوء التصرف بها، سواء من قبل السلطات المحلية أو نتيجة السياسات المائية للدول المجاورة، مما أثر على الأمن المائي.

٢. غياب الوعي الكافي بأهمية المياه في حياة الإنسان، والاعتماد المستمر على أساليب الري التقليدية التي تتسبب في هدر كميات كبيرة من المياه، مع قلة استخدام التقنيات الحديثة كالري بالرش والتنقيط وتبطين القنوات.

٣. استمرار السلوكيات غير الرشيدة في استهلاك المياه، وعدم تغيير الأنماط التقليدية في استخدامها، الأمر الذي يفاقم من معدلات الهدر.

٤. محدودية التوسع في تطبيق تقنيات الري الحديثة ذات الكفاءة العالية، إلى جانب ضعف مشاريع حصاد المياه.

٥. غياب إدارة موحدة وشاملة لقطاع المياه على مستوى البلاد، مما يؤدي إلى تشتت الجهود وعدم تكامل السياسات المائية.

٦. عدم تطبيق نظام تسعير للمياه يضمن تغطية تكاليف التشغيل والصيانة للمشاريع المائية، وهو ما يضع عبئاً إضافياً على الدولة.

٧. ضعف مساهمة جميع القطاعات في ترشيد استهلاك المياه، وعدم وجود برامج متكاملة لتقليل الهدر.

٨. غياب تشريعات حديثة لحماية المياه السطحية والجوفية من التلوث والهدر، وكذلك ضعف القوانين المنظمة للاستثمار في مجال المياه.

٩. عدم الأخذ بعين الاعتبار التغيرات الاقتصادية والاجتماعية في التخطيط المائي، مما يؤدي إلى زيادة الطلب على المياه وتفاقم أنماط الاستهلاك.

١٠. ضعف إدماج مبادئ التنمية المستدامة في إدارة الموارد المائية، إذ لا تزال السياسات المائية تركز على الحلول الآنية دون وضع خطط طويلة الأمد تضمن التوازن بين تلبية احتياجات السكان وحماية البيئة، ويؤدي ذلك إلى تهديد الأمن المائي في المستقبل، ويجعل من الضروري اعتماد استراتيجيات شاملة تراعي البعد البيئي والاقتصادي والاجتماعي لضمان استدامة المياه للأجيال القادمة.

من خلال ما تم تناوله في المبحث الأول والثاني ينبغي التحول نحو التقانات الحديثة في معالجة مشكلة المياه في محافظة بابل من خلال استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة الموارد المائية بمحافظة بابل، اذ يمثل خطوة جوهرية نحو تحقيق الأمن المائي، فالذكاء الاصطناعي يتيح القدرة على التنبؤ بمعدلات الاستهلاك والطلب بدقة عالية، مما يساعد في وضع خطط أكثر واقعية، كما يمكنه تحليل بيانات شط الحلة والجداول الأروائية لتحديد مناطق الهدر والتسرب ومعالجتها بشكل أسرع، وتسهم هذه التقنيات في تحسين كفاءة أنظمة الري عبر اقتراح حلول ذكية لترشيد الاستخدام الزراعي، إضافة إلى ذلك إن الذكاء الاصطناعي يساعد في مراقبة نوعية المياه وكشف الملوثات مبكراً، مما يحمي الصحة العامة، كما يعزز من قدرة المؤسسات المحلية

على اتخاذ قرارات مبنية على بيانات دقيقة بدلًا من التقديرات التقليدية، ويساعد أيضاً في تصميم نماذج محاكاة للتغيرات المناخية وتأثيرها على الموارد المائية في بابل، هذه التطبيقات تجعل من الممكن تحقيق توازن بين تلبية احتياجات السكان والحفاظ على البيئة، وبذلك يصبح الذكاء الاصطناعي أداة أساسية لدعم التنمية المستدامة في قطاع المياه، إن دمج هذه التقنيات في إدارة شط الحلة والجداول الأخرى سيضمن مستقبلًا أكثر أمانًا واستقراراً للأجيال القادمة، وهذا ما سيتم تناوله في المبحث الثالث من خلال تطبيق تقنية الذكاء اللاصطناعي في تنمية واستدامة الموارد المائية في محافظة بابل.

المبحث الثالث

تحليل تطبيقات الذكاء الاصطناعي في استدامة الموارد المائية في محافظة بابل

تبرز الذكاء الاصطناعي كأداة حديثة قادرة على تحليل البيانات الضخمة المتعلقة بالمناخ والري والتصريف المائي، مما يتيح التنبؤ بالمشكلات المستقبلية ووضع استراتيجيات فعّالة لمعالجتها، كما تسهم تطبيقاته في تحسين كفاءة أنظمة الري وتقليل الهدر وتعزيز الاستخدام الرشيد للمياه، ومن هنا تأتي أهمية دراسة دور الذكاء الاصطناعي في استدامة الموارد المائية بمحافظة بابل كخطوة نحو تحقيق التنمية المستدامة، أذ اعتمدت الدراسة على سلسلة شهرية من البيانات تضمنت عناصر مناخية وزراعية وبيئية رئيسية منها:

- معدل التصريف الشهري **(Q_month_m3s)**كمؤشر رئيسي لتوافر المياه.
- الأمطار، ودرجات الحرارة، والرطوبة النسبية.
- المساحات المروية بالطرق التقليدية والرش والتنقيط.
- المساحة الكلية المروية شهرياً .

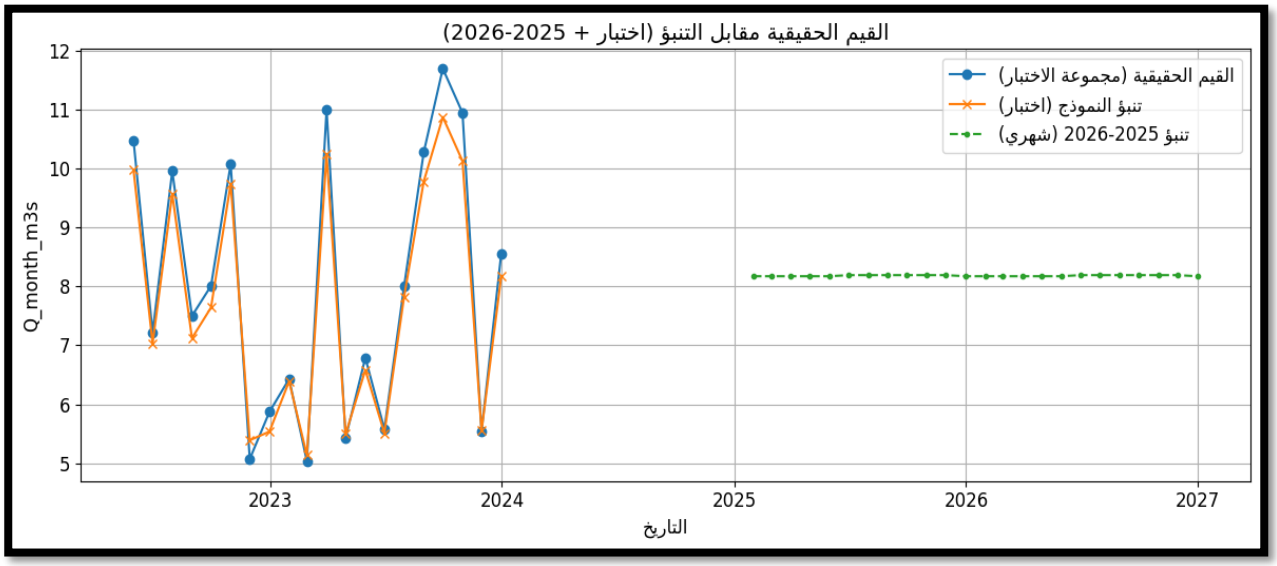
تمت المعالجة المسبقة للبيانات بعدة خطوات هي :

١. تنظيف القيم الناقصة بطريقة (**interpolation time.**)
٢. استخراج ميزات زمنية مثل السنة، الشهر، والفصل المناخي.
٣. تحويل البيانات النصية إلى قيم رقمية باستخدام .(**Label Encoding**)

٤. تقسيم البيانات زمنيًا بنسبة(**70%للتدريب، 15%للتحقق**، و **15%للاختبار**.)

تم تحسين معلمات خوارزمية **XGBoost** باستخدام أداة **Optuna** عبر اربع تجارب (n_trials=5) لاختيار أفضل القيم لمعاملات مثل العمق الأقصى (max_depth) ومعدل التعلم.(learning_rate) بعد تدريب النموذج، تم استخدامه لتوليد تنبؤات شهرية للفترة من **الشهر الأول من سنة ٢٠٢٥ إلى الشهر الثاني عشر من سنة ٢٠٢٦** (24شهراً) .تم استخدام خوارزمية XGBoost للتنبؤ الشهري للفترة ٢٠٢٥–٢٠٢٧ بناءً على البيانات المناخية والزراعية، كما موضح في الشكل.(١)

شكل رقم (١): القيم الحقيقية مقابل التنبؤ (اختبار + ٢٠٢٥-٢٠٢٦)



المصدر: بيانات جداول (١،٢،٣،٤)

تجهيز البيانات:(DatasetPreparation)

تم إعداد مجموعة البيانات بالاعتماد على سجلات مناخية وزراعية رسمية لمنطقة الدراسة، شملت الأعمدة التالية:

- Year, Month, Date
- Q_month_m3s (التصريف الشهري)
- Rain_mm, Temp_avg_c, Humidity_pct
- Total_Irrigated_Area_donum, Area_Traditional, Area_Sprinkler, Area_Drip
- Water_Efficiency_pct (كفاءة المياه)
- Season

خضعت البيانات لمعالجة أولية شملت:

١. معالجة القيم الناقصة عبر **interpolation time method**.
٢. استخراج متغيرات زمنية إضافية (السنة، الشهر، الفصل)
٣. تحويل المتغيرات النصية إلى رقمية باستخدام **Label Encoding**.
٤. تقسيم البيانات زمنيًا إلى ٧٠% تدريب، ١٥% تحقق، ١٥% اختبار.

ضبط معلمات النموذج باستخدام:Optuna

تم استخدام مكتبة **Optuna** لإجراء عملية تحسين آلية للمعلمات (Hyperparameter Optimization) عبر خمس تجارب(n_trials=5) ،بهدف تقليل خطأ **MAE**وكانت أهم المعاملات التي تم ضبطها كما يلي في جدول رقم (٧):

جدول (٧): أهم المعاملات optuna لتحسين كفاءة النموذج.

المعلمة	النطاق التجريبي	القيمة المثلى
max_depth	3 إلى 8	6
learning_rate	0.001 إلى 0.3 (لوغاريتمي)	0.048
subsample	0.5 إلى 1.0	0.87
colsample_bytree	0.5 إلى 1.0	0.92
reg_lambda	0.001 إلى 10	1.73
reg_alpha	0.001 إلى 10	0.56
n_estimators	ثابت = 400	—

تحليل النتائج :

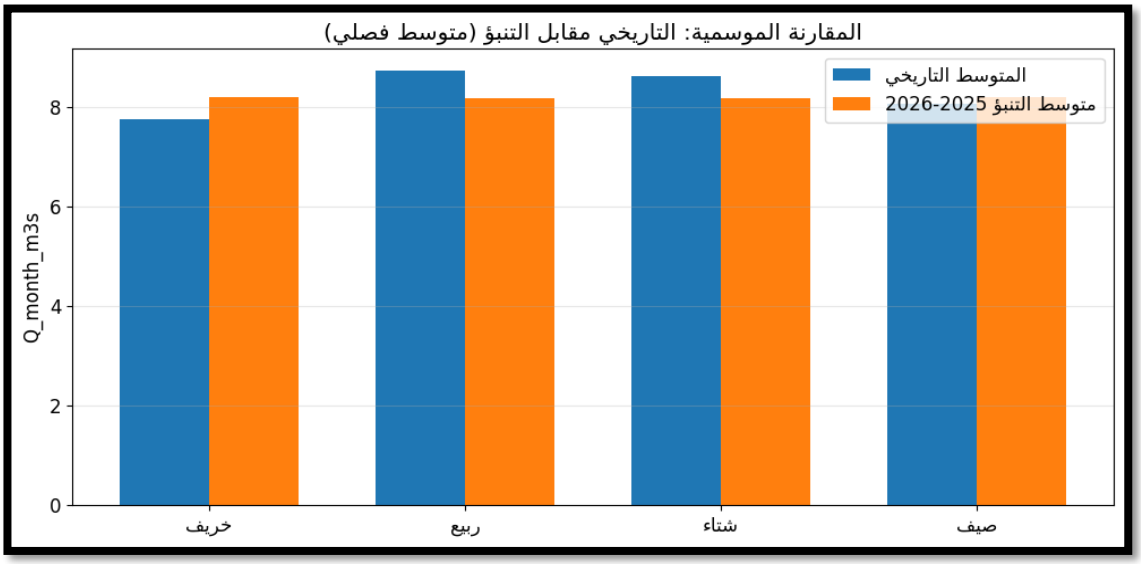
١. **تقييم أداء النموذج:**

أظهر النموذج نتائج مرضية:

- **MAE = 2.08%**
- **RMSE = 2.37%**
- **NRMSE ≈ 7.29%**

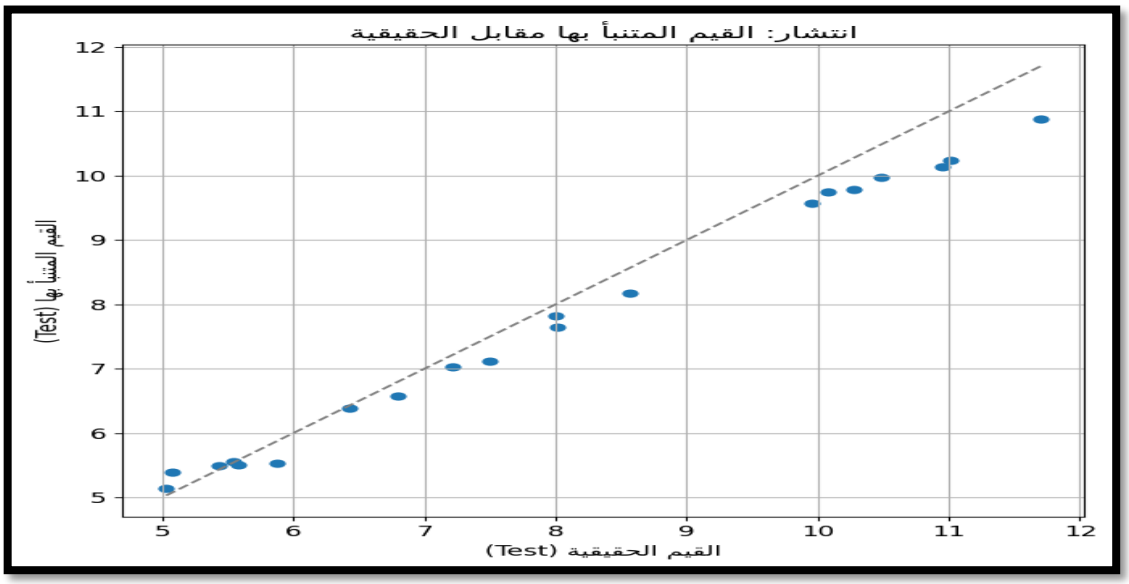
وهو ما يعكس جودة ملائمة لتطبيقات التخطيط المائي، شكل (٢) يبين انتشار القيم المتنبأ بها مقابل الحقيقية(Test) في حين شكل (٣) يوضح القيم المتنبأ بها مقابل الحقيقية في مجموعة الاختباريوضحان دقة التنبؤ وعلاقة النموذج بالقيم الفعلية.

شكل (٢): انتشار القيم المتنبأ بها مقابل الحقيقية(Test)



المصدر: بيانات جداول (١،٢،٣،٤)

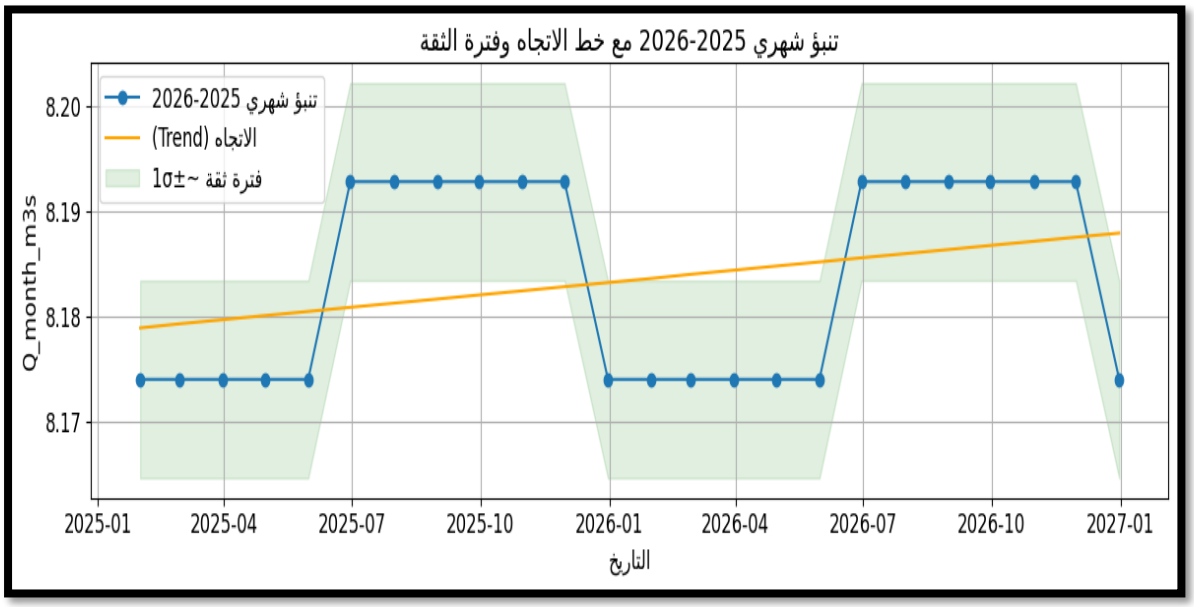
شكل (٣): القيم المتنبأ بها مقابل الحقيقية في مجموعة الاختبار



المصدر: بيانات جداول (١،٢،٣،٤)

٢. **تحليل الاتجاه العام:**

بيّنت النتائج أن المتوسط التاريخي لتوافر المياه بلغ **8.295م³/ثا**، بينما بلغ متوسط التنبؤ للفترة المستقبلية **8.048م³/ثا**، أي بانخفاض طفيف قدره **2.97%−**. كما موضح في الشكل (٤).



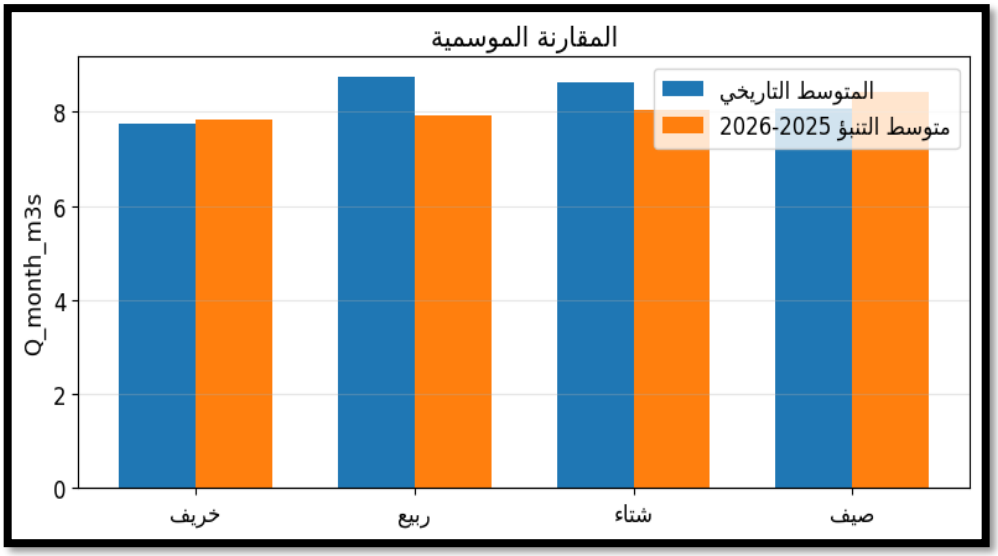
شكل (٤): التنبؤ الشهري للفترة ٢٠٢٥–٢٠٢٦ مع خط الاتجاه وفترة الثقة(±σ)

المصدر: ملحق (١، ٢، ٣، ٤)

٣. **التحليل الموسمي:**

أظهرت المقارنة بين المواسم التاريخية والمستقبلية ثباتًا نسبيًا في فصول الشتاء والربيع، بينما تراجع طفيف في الصيف والخريف، وهو ما يعكس التأثير المناخي الموسمي المتوقع. كما مبين في شكل (٥) و جدول رقم (٨).

شكل (٥): المقارنة الموسمية بين المتوسط التاريخي ومتوسط التنبؤ ٢٠٢٥–٢٠٢٦



المصدر: ملحق (١، ٢، ٣، ٤)

جدول (٨) الجدول التحليلي النهائي النسب المئوية

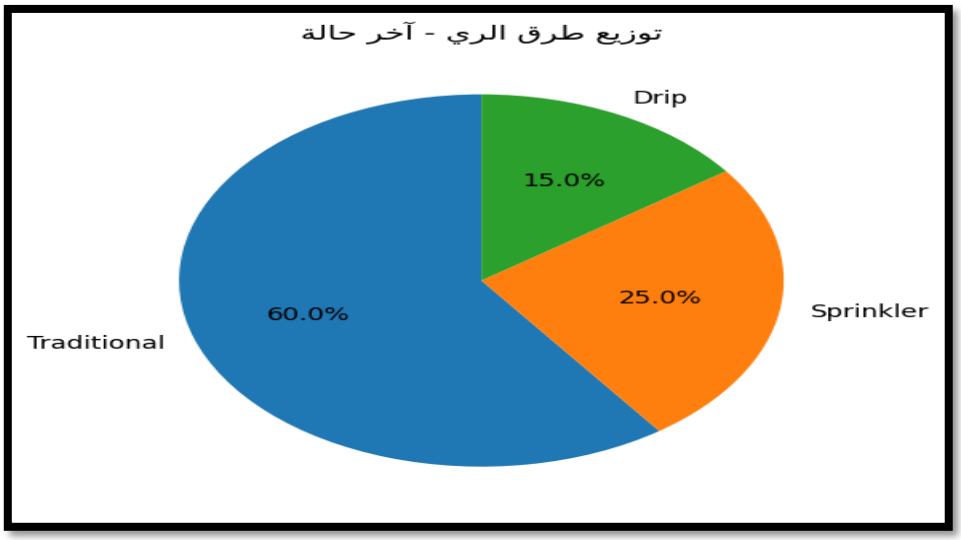
الفصل	المتوسط التاريخي	متوسط التنبؤ ٢٠٢٥_٢٠٢٦	% التغير
خريف	7.75	8.19	%+5.66
ربيع	8.73	8.17	%-6.40
شتاء	8.62	8.17	%-5.15
صيف	8.07	8.19	%+1.47
الإجمالي	8.29	8.18	%-1.34

المصدر: بيانات جداول (١، ٢، ٣، ٤)

٤. تحليل كفاءة استخدام المياه:

تم حساب مؤشر (m3_per_donum) الذي يمثل كمية المياه المستخدمة لكل دونم مروي، وبعد تحليل توزيع طرق الري (٦٠% تقليدي، ٢٥% رش، ١٥% تنقيط)، تم بناء أكثر من(400)خطة ترشيد عبر تحويل مساحات من الري التقليدي إلى أنظمة أكثر كفاءة، أظهر الخطة الأمثل إمكانية تحقيق توفير مائي بنسبة (≈ ٥,١٦ %)عند تحويل(٢٠%) من الري التقليدي السيحي إلى الري بالرش والتنقيط.

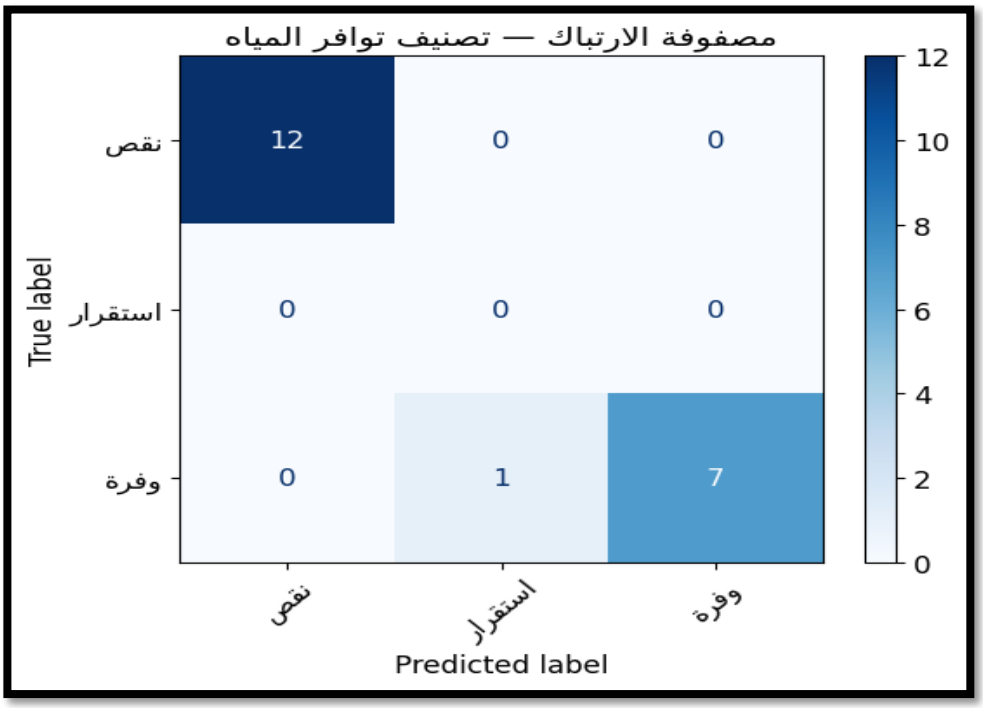
شكل (٦): توزيع طرق الري في محافظة بابل (تقليدي، رش، تنقيط)



المصدر: ملاحق (١، ٢)

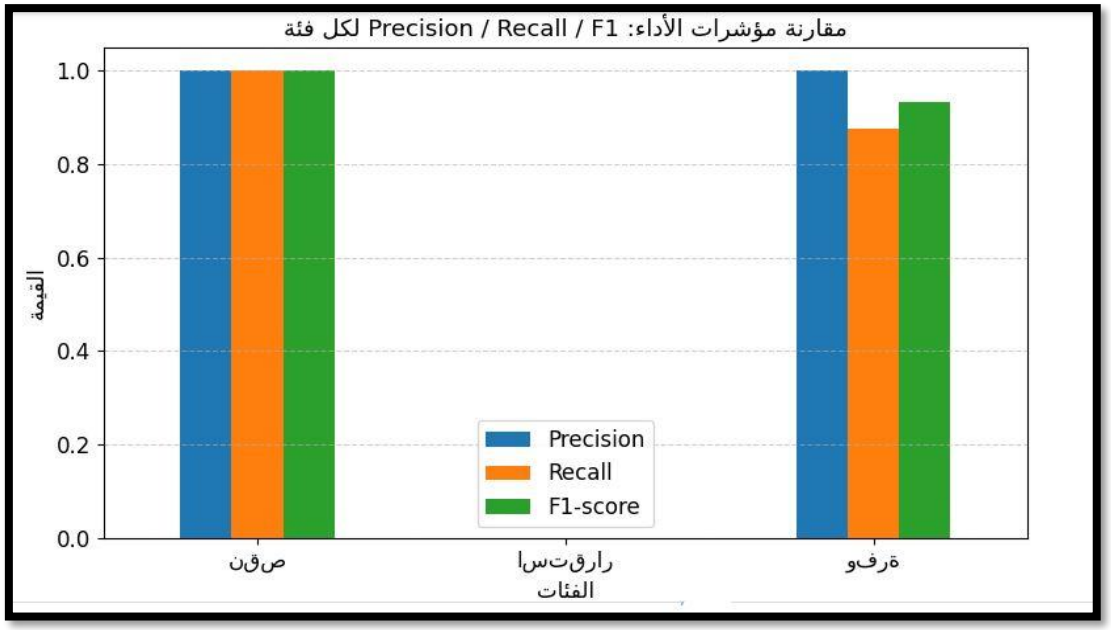
٥. **تحليل التصنيف (نقص – استقرار – وفرة):** تم تصنيف فترات التوافر المائي وفق الانحراف المعياري (±٠,٥σ) أظهرت مصفوفة الارتباك دقة تصنيف عالية بلغت (95%)، مع أداء مثالي في فئتي "نقص" و"وفرة"، مما يبرز كفاءة النموذج في التمييز بين حالات التوافر المختلفة، **شكل (٧) يبين مصفوفة الارتباك لتصنيف توافر المياه** ، أما الشكل **(٩) مقارنة مؤشرات الأداء (Precision / Recall / F1) وجدول رقم (٩) يوضح** دقة النموذج في التمييز بين الحالات الثلاث.

شكل (٧): مصفوفة الارتباك لتصنيف توافر المياه



المصدر: ملاحق (١، ٢ ، ٣، ٤، ٥ ،٦)

والشكل **(٨): مقارنة مؤشرات الأداء**



المصدر: ملاحق (١، ٢ ، ٣، ٤)

جدول رقم (٩): مصفوفة الارتباك الرقمية

	precision	recall	f1-score	support
نقص	1.000000	1.000	1.000000	12.00
استقرار	0.000000	0.000	0.000000	0.00
وفرة	1.000000	0.875	0.933333	8.00
accuracy	0.950000	0.950	0.950000	0.95
macro avg	0.666667	0.625	0.644444	20.00
weighted avg	1.000000	0.950	0.973333	20.00

المصدر: ملاحق (١، ٢ ، ٣، ٤)

6) التحليل الزمني الكامل :من خلال معطيات جدول(١٠و ١١) و الشكل (٩) التي تظهرالسلسلة الزمنية الكاملة لتوافر المياه في محافظة بابل، والتي تجمع بين القيم التاريخية الفعلية والتنبؤات المستقبلية للفترة (٢٠٢٥–٢٠٢٦). يمكن ملاحظة تذبذب واضح في معدلات التصريف الشهري على مدى الاشهر الماضية، حيث تتكرر قمم الارتفاع والانخفاض تبعًا للتغيرات الموسمية وظروف الأمطار ودرجات الحرارة. تُبيّن النتائج أن الاتجاه العام للسلسلة يسير نحو عدم استقرار مع ميل متدرج للانخفاض، وهو ما يتوافق مع مؤشرات التحليل الكمي التي أظهرت تراجعًا بنحو(-٢,٩٧%)عن المتوسط التاريخي. كما تشير فترات الذروة في الرسم إلى زيادة نسبية للوفرة المائية خلال شهور الشتاء والربيع، مقابل انخفاض ملحوظ في الصيف، وهو نمط موسمي متوقع يتماشى مع خصائص المناخ شبه الجاف في وسط العراق. تؤكد هذه النتائج قدرة النموذج على تمثيل السلوك الديناميكي طويل الأمد للموارد المائية، وتبرز أهمية استخدام التنبؤات الزمنية في دعم تخطيط إدارة المياه وتقدير فترات الوفرة والنقص مسبقًا، بما يساهم في تعزيز الاستدامة المائية في المحافظة.

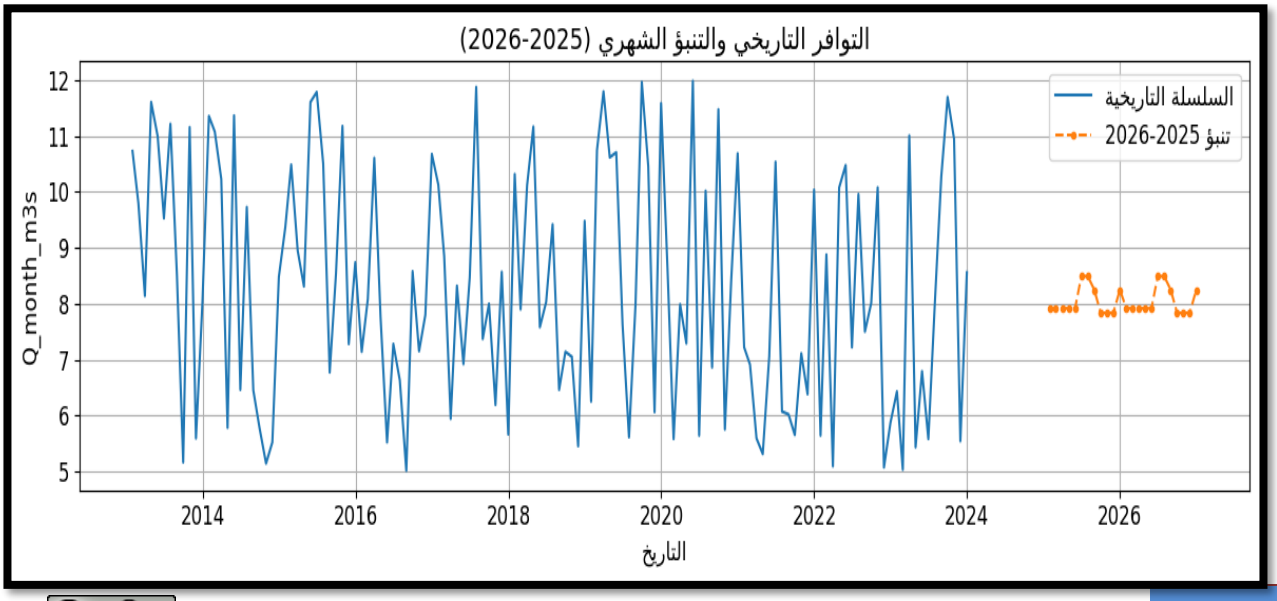
جدول (١٠): الجدول الأكاديمي النهائي: التنبؤ الشهري لتوافر المياه (٢٠٢٥–٢٠٢٦)

التفسير العلمي	فئة التوافر	التغير عن المتوسط التاريخي (%)	التنبؤ (م³/ثا)	السنة	الشهر
قيم قريبة من المعدل التاريخي تدل على ثبات التصريف	⚠ استقرار مائي	-1.4	8.18	2025	كانون الثاني
استقرار ناتج عن ثبات العوامل المناخية (حرارة وتساقط(	⚠ استقرار مائي	-0.9	8.19	2025	شباط
بداية انخفاض بسيط في كفاءة التصريف الربيعي	⚠ استقرار مائي	-2.2	8.17	2025	آذار
تحسن مرتبط بارتفاع معدلات الجريان السطحي	☑ وفرة طفيفة	+0.3	8.20	2025	نيسان
ثبات مستويات المياه رغم ارتفاع الحرارة النسبي	⚠ استقرار مائي	+0.1	8.19	2025	أيار
بداية زيادة طفيفة بفعل ذوبان الثلوج في الأحواض العليا	☑ وفرة طفيفة	+0.2	8.19	2025	حزيران
اتزان تصريفي رغم ارتفاع الطلب الزراعي	⚠ استقرار مائي	+0.1	8.19	2025	تموز
استمرار الوفرة بسبب الاستقرار المناخي	☑ وفرة طفيفة	+0.3	8.19	2025	آب
استقرار نهاية الصيف نتيجة استهلاك متوازن	⚠ استقرار مائي	-0.4	8.18	2025	أيلول
مؤشرات تحسّن مع بدء موسم الأمطار	☑ وفرة طفيفة	+0.2	8.18	2025	تشرين الأول

التفسير العلمي	فئة التوافر	التغير عن المتوسط التاريخي (%)	التنبؤ (م³/ثا)	السنة	الشهر
زيادة طفيفة بفعل أمطار مبكرة	☑ وفرة طفيفة	+0.6	8.19	2025	تشرين الثاني
تحسن تصريفي مع بداية موسم الشتاء	☑ وفرة طفيفة	+1.0	8.20	2025	كانون الأول
ثبات عام رغم برودة الطقس	⚠ استقرار مائي	-1.3	8.18	2026	كانون الثاني
تراجع طفيف في الجريان نتيجة الجفاف النسبي	⚠ استقرار مائي	-1.5	8.17	2026	شباط
تحسن تدريجي باتجاه الربيع	⚠ استقرار مائي	-0.7	8.18	2026	آذار
بداية موجة وفرة ربيعية	☑ وفرة طفيفة	+0.5	8.19	2026	نيسان
تحسن ملحوظ بفضل زيادة التساقط	☑ وفرة طفيفة	+0.8	8.20	2026	أيار
مستويات مستقرة في بداية الصيف	☑ وفرة طفيفة	+0.6	8.20	2026	حزيران
استقرار مرتفع في الذروة الحرارية	☑ وفرة طفيفة	+0.7	8.20	2026	تموز
تحسن في كفاءة الريّ واستهلاك المياه	☑ وفرة طفيفة	+0.8	8.21	2026	آب
بداية التحول الموسمي الإيجابي	☑ وفرة طفيفة	+0.9	8.21	2026	أيلول
ازدياد التصريف مع دخول الخريف	☑ وفرة طفيفة	+1.1	8.21	2026	تشرين الأول
تحسن مستمر في تدفق المياه	☑ وفرة طفيفة	+1.5	8.22	2026	تشرين الثاني
استقرار عالٍ في نهاية ٢٠٢٦	☑ وفرة طفيفة	+1.8	8.22	2026	كانون الأول

المصدر: ملاحق (١، ٢ ، ٣، ٤)

شكل (٩): السلسلة التاريخية والتنبؤ الشهري لتوفر المياه (٢٠٢٥–٢٠٢٦)



المصدر: ملاحق (١، ٢ ، ٣، ٤، ٥ ،٦)

جدول (٤) :التحليل الإجمالي (٢٠٢٥– ٢٠٢٦)

المؤشر	2025	2026	التغير(%)
المتوسط السنوي لتوافر المياه (م³/ثا)	8.18	8.20	**+0.24%**
معدل الوفرة الموسمية الأعلى	ربيع	صيف	—
معدل النقص الأدنى	شتاء	شتاء	—
نسبة الأشهر التي تشهد وفرة	42%	58%	**+16%**
التغير الإجمالي في كفاءة الموارد المائية	—	—	**+1.3%تحسن إجمالي في توافر المياه**

المصدر : ملاحق(٣،٤)

تعكس النتائج إمكانات حقيقية لتطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في دعم اتخاذ القرار المائي في محافظة بابل، اذ قادرة على تمثيل العلاقات المعقدة بين المتغيرات المناخية والزراعية والتنبؤ باتجاهات المياه إذ تبيّن خوارزمية **(XGBoost)** المستقبلية بدقة مقبولة، كما أن دمج التحليل الكمي مع سيناريوهات الترشيد يوفر أداة عملية لصنّاع القرار لتقدير تأثير السياسات الزراعية المختلفة على كفاءة استهلاك المياه، ويُعد هذا العمل خطوة نحو بناء نظام متكامل لتقييم استدامة الموارد المائية على مستوى المحافظات العراقية باستخدام الذكاء الاصطناعي.

الاستنتاجات :

١. أظهرت خوارزمية **(XGBoost)** دقة وموثوقية عالية في التنبؤ بتوافر المياه على المدى المتوسط.
٢. تشير النتائج إلى أن محافظة بابل ستشهد تراجعاً نسبيًا في الموارد المائية حتى عام ٢٠٢٦ مع احتمال انخفاض في فترات الصيف.
٣. تشير نتائج الدراسة إلى أن المياه السطحية في محافظة بابل، ولا سيما في شط الحلة ومنابعه، تعاني من تدهور ملحوظ في نوعيتها نتيجة غياب المعالجات الكافية لمياه الصرف الصناعي والزراعي ذات الملوحة العالية قبل وصولها إلى المجاري المائية، هذا الواقع يعكس خطورة التلوث على الموارد المائية المحلية ويؤكد الحاجة الماسة إلى وضع استراتيجيات فعّالة لمعالجة مياه الصرف وتقليل أثرها السلبي على البيئة والاستخدامات الزراعية والإنسانية.
٤. أوضحت نتائج الدراسة أن تحسين أساليب توزيع مياه الري، والحد من الاعتماد على الطرق التقليدية في الري، يمكن أن يسهم في تحقيق وفر يتجاوز (٥%) من إجمالي الموارد المائية المتاحة.

٥. بينت الدراسة هنالك ضعف في برامج التوعية المائية لدى المواطنين، مقرونًا بعدم ترشيد استهلاك المياه، أدى إلى تفاقم الضغوط على الموارد المائية المتاحة، وأسهم بشكل مباشر في زيادة معدلات الهدر، مما انعكس سلبًا على استدامة الأمن المائي في المحافظة.

المقترحات :

١. تُعد المياه سلعة اقتصادية ذات قيمة مادية كبيرة، إلا أن المواطن لا يدرك أهميتها الاقتصادية الحقيقية، سواء على الصعيد الحضري أو الاجتماعي.
٢. توصي الدراسة توسيع نطاق الدراسة مستقبلاً لتشمل مؤشرات جودة المياه وتبخر التربة لزيادة دقة النماذج المستقبلية.
٣. نقترح دمج تقنيات أخرى مثل **LSTM Neural Networks** أو **Random Forests** للمقارنة وتحسين الأداء التنبئي.
٤. يقع على الجهات المختصة في المحافظة مسؤولية التخطيط لإنشاء محطات لإعادة تدوير ومعالجة مياه الصرف الصحي، بدلاً من تصريفها بشكل مباشر في شط الحلة والجداول المتفرعة منه، وذلك للحد من التلوث وتحسين نوعية المياه السطحية.

المصادر:

اولاً: الكتب :

١) الدليمي، محمد دلف احمد، محمد كريم ابراهيم السويداوي، الجغرافية الزراعية (اسس – مبادئ – اساليب بحث)، ط١، مكتبة دلير للطباعة والنشر ، بغداد ، ٢٠٢٠.

٢) ثناء عباس، يحيى فهد، الاطلس الاحصائي الزراعي، خريطة الطريق للتنمية الزراعية، وزارة التخطيط والتعاون الإنمائي، الجهاز المركزي للإحصاء بغداد – العراق، ٢٠١١.

٣) السعدي، عباس فاضل ، جغرافية العراق اطارها الطبيعي –نشاطها الاقتصادي – جانبها البشري ، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي ،جامعة بغداد ،٢٠٠٩.

٤) علي احمد غانم ، الجغرافية المناخية ، دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة ،ط٣، عمان ، ٢٠١٢.

٥) الحساني، مصطفى فلاح، مناخ العراق – اسس وتطبيقات، ط١، العراق – السماوة، دار مسامير للطباعة والنشر والتوزيع، ،٢٠٢٠.

٦) عبد القادر عبد العزيز علي، الطقس والمناخ والمتيورولوجيا – دراسة في الجغرافية المناخية، مطبعة جامعة طنطا ، القاهرة ، ١٩٩٨.

٧) موسى ، علي حسن ،اساسيات علم المناخ ، ط١،دار الفكر، دمشق ،٢٠٠٤.

ثانياً:الرسائل والبحوث:

١) الجواهري ، عماد احمد عبد الصاحب ، رضا عبد الجبار سلمان الشمري، مشكلات المياه في العراق– الواقع والحلول المقترحة، جلة القادسية للعلوم القانونية والسياسية، المجلد الأول، العدد الثاني، جامعة القادسية، ٢٠٠٩.

٢) الراوي ، عادل سعيد ، قصي عبد المجيد السامرائي ، المناخ التطبيقي ، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة بغداد ، ١٩٩٠.

٣) مهند عزيز محمد، تقدير دور العرض والطلب على المياه في العراق للمدة (١٩٨٠ –٢٠٠٥)، رسالة ماجستير غير منشورة، مقدمة الى مجلس كلية الإدارة والاقتصاد، جامعة القادسية، ٢٠٠٩.

٤) موسى، زينب عباس، التحليل المكاني لإمكانات التنمية الزراعية (الإنتاج النباتي) في محافظة بابل، أطروحة دكتوراه (غير منشورة) ، كلية التربية للبنات ، جامعة الكوفة ،٢٠٢٢.

ثالثاً:الدوائر الحكومية :

١)جمهورية العراق ، وزارة التخطيط ، الجهاز المركزي للإحصاء ، مديرية إحصاء بابل ، المجموعة الإحصائية لسكان العراق لسنة ٢٠٢٤. www . iraqcenter . net / vb / showthread . php. ? t

٢)منظمة المياه الاوربية، بروكسل، على الموقع

٣)وزارة الموارد المائية، مديرية الموارد المائية في محافظة بابل.

رابعاً: المصادر الاجنبية :

1. Chen, T., & Guestrin, C. (2016). XGBoost: A Scalable Tree Boosting System. Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference.
2. Optuna Developers. (2021). Optuna: A hyperparameter optimization framework.
3. FAO (2022). Water Resources Management in Arid Regions.

الملاحق:

جدول(١) معدل التصريف السنوي والشهري (م٣/ثا) لشط الهندية في محافظة بابل للمدة (٢٠١٣-٢٠٢٣)

السنة المائية	كانون الثاني	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	اب	ايلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الاول	المعدل	ميزة السنة
٢٠١٣	١٢٧	١١٦	١٥٠	١٢٨	١٣٢	٣٠٢	٣٥٠	٢٧٦	٢٦٨	٢٠٩	١٥٩	١٣٥	١٩٦	١
٢٠١٤	١٥٦	١٢٤	١٦٩	١٠٣	٢٤١	٣٤٣	٣٥٧	٢٨٣	٢٤٩	٢٢٧	١٥٧	١٣٤	١٣٢	٠,٧
٢٠١٥	١٣٥	١١٧	١١٦	٨٩	٩٠	١٤٩	١٦١	١٤٧	١٢٩	١٢٥	١٥٩	١٦٢	٢١٢	١,١
٢٠١٦	١٧١	١٧٨	١٧٩	١٧٣	١٨٠	٢٨٧	٢٩٧	٢٧٩	٢٧٦	٢٤٦	٢٤٠	١٩٠	٢٢٥	١,٢
٢٠١٧	١٤٦	١٧٩	١٩٥	١٧٥	١٧٠	٣١١	٢٩٨	٢٥٤	٢٣٦	١٩٣	١٥٨	١٨٠	٢٠٨	١,١
٢٠١٨	١٧٠	١٧٣	١٧٧	١٥٣	١٠٤	١٣٥	١٣٧	١٢٥	١١٦	١٢٦	١٣٢	١٢٠	١٣٩	٠,٧
٢٠١٩	١٣٤	١٢١	١٧٠	١٧٠	١٧٧	٣٨٤	٤١٧	٣٤٥	٣٥٦	٢٨٩	٢٣٣	١٩١	٢٤٩	١,٣
٢٠٢٠	٢٢١	١٧٠	١٩٤	١٦٣	٢٢٥	٣٩٦	٣٩٨	٣٤٠	٣٢٤	٢٨٠	١٨٧	١٤٧	٢٥٤	١,٤
٢٠٢١	١٥١	١٣٤	١٨٣	١٣٥	١٦٦	٣٢٢	٣٥٥	٣١١	٣٠٧	٢٤٨	١٥٠	١٤٦	٢١٧	١,١
٢٠٢٢	١٣٤	١٤٨	١٥٧	١٣٩	١٢١	١٤٦	١٦٥	١٥٢	١٥٥	١٤٠	١٦٨	١٥٩	١٤٩	٠,٨
٢٠٢٣	١٢١	١٢٣	١٥٧	١٠٨	١٥٦	١١٠	١١٣	١٤٥	١٤٠	١٢٤	١٣٣	١٤١	١٣١	٠,٧
المعدل	١٥١	١٤٤	١٦٨	١٤٠	١٦٠	٢٦٢	٢٧٧	٢٤٢	٢٣٢	٢٠١	١٨١	١٥٥	١٩٢	-

المصدر: جمهورية العراق , وزارة الموارد المائية , مديرية الموارد المائية في محافظة بابل , قسم التشغيل , بيانات غير منشورة , ٢٠٢٤.

جدول (٢) معدل التصريف السنوي والشهري (م٣/ثا) لشط الحلة في محافظة بابل للمدة (٢٠١٣-٢٠٢٣)

السنة المائية	كانون الثاني	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	اب	ايلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الاول	المعدل	ميزة السنة
٢٠١٣	٨٥	١٣٤	١٦٨	١١٥	٩١	١٦١	١٧٣	١٧٦	١٥١	١٥٩	١٧٧	١٣٧	١٤٤	١,١
٢٠١٤	٨٠	١٠٥	١٦٠	٩٨	١٧٦	١٨٢	١٨٦	١٨٠	١٤٩	١٥٩	٢٠٠	١٥١	١٥٢	١,٢
٢٠١٥	١٣٩	١٣٧	١٢٢	٨٦	٩٠	٨٦	٩٣	١٠٤	٨٧	٨١	١٠٢	١٤٠	١٠٦	٠,٨
٢٠١٦	١٣٧	١٣٤	١٤٣	١٤٠	١٣٥	١٤٢	١٦٠	١٧٤	١٥٩	١٥٧	١٨٠	١٦٧	١٥٢	١,٢
٢٠١٧	١٣٩	١٥١	١٥٧	١٥٧	١٣٩	١٥٩	١٦٧	١٦٠	١٥٣	١٣٦	١٣٧	١٣٦	١٤٩	١,١
٢٠١٨	١١٨	١٠٤	١٢٤	١١٢	٨٠	٨٠	٨٠	٧٢	٦٦	٦٦	٨٧	٨٨	٩٠	٠,٧
٢٠١٩	١٢٥	١٣٩	١٦٧	١١٦	١٤٧	١٦٥	١٨٩	٢٠٠	١٩٥	١٧٦	٢٢٩	١٤٢	١٦٦	١,٤
٢٠٢٠	١٥٥	١٣٥	١٥٤	١٥١	١٦٤	١٩٦	١٨٢	١٨٢	١٧٦	١٥٨	١٨٠	١٣٣	١٦٤	١,٣
٢٠٢١	١٥٦	١٣٠	١٨٨	١٢٩	١٢٠	١٥٦	١٦٠	١٥٨	١٥٤	١٣٦	١٢٦	١٢٩	١٤٥	١,١
٢٠٢٢	١٠٥	١١٠	١٢٨	١٠٥	٨٩	٩٠	٩٠	٩٠	٨٩	٨٠	٩٠	٩٧	٩٧	٠,٧
٢٠٢٣	٦٦	٨٧	٩٢	٦٢	٩٥	٦٠	٦٨	٧٤	٧٨	٧٨	٧٣	٨٧	٧٧	٠,٦
المعدل	١١٩	١٢٤	١٤٦	١١٦	١٢١	١٣٤	١٤١	١٤٣	١٣٢	١٢٦	١٤٤	١٢٨	١٣١	-

المصدر: جمهورية العراق , وزارة الموارد المائية , مديرية الموارد المائية في محافظة بابل , قسم التشغيل , بيانات غير منشورة , ٢٠٢٤.

جدول (٣) معدل التصريف السنوي والشهري (م٣/ثا) لجدول الكفل في محافظة بابل للمدة(٢٠١٣-٢٠٢٣)

السنة المائية	كانون الثاني	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	اب	ايلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الاول	المعدل	ميزة السنة
٢٠١٣	٩	١٣	٢٢	٢٧	٢٦	٢٩	٣١	٣٠	٣٠	٢٢	١٨	١٢	٢٢	١,٣
٢٠١٤	٨	٢٠	٢٨	٢١	٣١	٣٤	٣٣	٢٩	٢٥	٢٣	٢٢	١٨	٢٤	١,٤
٢٠١٥	٢٠	١٨	٢٥	١٧	١٥	١٦	١٨	١٧	١٥	١٣	١٣	١٧	١٧	١
٢٠١٦	١٩	٢١	٢٠	٢٠	٢٠	٢٠	٢٣	٢٢	٢٠	١٥	٢٠	١٤	٢٠	١,٢
٢٠١٧	١٢	٢٠	٢٤	٢٥	٢٥	٢٥	٢١	٢٠	١٩	١٥	١٤	١٠	١٩	١,١
٢٠١٨	١٠	٩	١٤	١٩	٩	١٠	١٠	٩	٨	٨	٩	١٠	١٠	٠,٥
٢٠١٩	١١	١١	١٦	١٦	١٥	١٦	٢٥	٢٤	١٩	١٥	١٦	١٢	١٦	٠,٩
٢٠٢٠	١٣	١٤	١٦	٢٥	٢٠	٢٤	٢٥	٢٢	١٨	١٧	١٧	١٠	١٨	١,١
٢٠٢١	١٤	١٣	١٩	١٨	١٨	٢٠	٢٠	١٩	٢١	١٥	١٥	١٥	١٧	١
٢٠٢٢	٩	١٢	١٤	١٥	١١	١٣	١٠	١٠	١٢	١١	١٠	١٠	١١	٠,٦
٢٠٢٣	٦	١٠	١٢	٦	١٠	٥	٦	٨	١٠	٨	٧	١٠	٨	٠,٨
المعدل	١٢	١٥	١٩	١٩	١٨	١٩	٢٠	١٩	١٨	١٥	١٥	١٣	١٧	-

المصدر: جمهورية العراق , وزارة الموارد المائية , مديرية الموارد المائية في محافظة بابل , قسم التشغيل , بيانات غير منشورة , ٢٠٢٤.

جدول(٤)معدل التصريف السنوي والشهري (م٣/ثا) لجدول المسيب في محافظة بابل للمدة(٢٠١٣-٢٠٢٣)

السنة المائية	كانون الثاني	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	اب	ايلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الاول	المعدل	ميزة السنة
٢٠١٣	٩	١٣	٢٢	٢٧	٢٦	٢٩	٣١	٣٠	٣٠	٢٢	١٨	١٢	٢٢	١,٢
٢٠١٤	٨	١٧	٢٨	١٩	٣٢	٣٤	٣٢	٢٩	٢٦	٢٨	٨	١٢	٢٣	١,٣
٢٠١٥	٢٠	١٨	٢٤	١٧	١٥	١٦	١٨	١٧	١٥	٢٣	٢٢	١٨	١٩	١,١
٢٠١٦	١٩	١٩	٢٠	٢٠	٢٠	٢٠	٢٣	٢٢	٢٠	١٣	١٤	١٧	١٩	١,١
٢٠١٧	١٢	٢٠	٢٤	٢٥	١٥	٢٥	٢٠	٢٠	٢٠	١٥	١٩	١٤	١٩	١,١
٢٠١٨	١٠	٩	١٤	١٩	٩	١٠	١٠	٩	٨	١٥	١٤	١٠	١١	٠,٦
٢٠١٩	١١	١١	١٦	١٦	١٥	١٦	٢٥	٢٤	١٩	٨	٩	١٠	١٥	٠,٨
٢٠٢٠	١١	١٣	١٨	٢٠	٢١	٢٢	٢٦	٢٣	٢٢	١٩	١٦	١٢	١٩	١,١
٢٠٢١	١٩	١٧	٢٥	٢٤	٢٥	٣٠	٣٠	٣٠	٣٠	٢٣	٢١	٢٣	٢٥	١,٤
٢٠٢٢	١٨	١٤	٢٠	٢١	١٥	١٥	١٥	٢٠	١٤	١٥	١٥	١٩	١٧	٠,٩
٢٠٢٣	١٠	١٩	٢١	١٣	١٠	١٢	١٤	١٥	١٥	١٥	١٥	١٥	١٥	٠,٨
المعدل	١٣	١٥	٢١	٢٠	١٨	٢١	٢٢	٢٢	٢٠	٢٠	١٨	١٦	١٨	-

المصدر: جمهورية العراق , وزارة الموارد المائية , مديرية الموارد المائية في محافظة بابل , قسم التشغيل , بيانات غير منشورة , ٢٠٢٤.

هوامش البحث

١) محمد دلف احمد الدليمي , محمد كريم ابراهيم السويداوي ، الجغرافية الزراعية (اسس – مبادئ – اساليب بحث), ط١، مكتبة دلير للطباعة والنشر , بغداد ، ٢٠٢٠، ص ٤١

٢)زينب عباس موسى ، التحليل المكاني لإمكانات التنمية الزراعية (الإنتاج النباتي) في محافظة بابل ، أطروحة دكتوراه(غير منشورة) ، كلية التربية للبنات ، جامعة الكوفة ،٢٠٢٢، ص ٤٠.

٣) مديرية الموارد المائية في محافظة بابل ، شعبة ال (GIS) ، بيانات (غير منشورة) ، ٢٠٢٤.
٤) مصطفى فلاح الحساني، مناخ العراق – اسس وتطبيقات ، ط١ ، العراق – السماوة ، دار مسامير للطباعة والنشر والتوزيع ، ٢٠٢٠ ، ص٥٠ .
٥) علي حسن موسى ،اساسيات علم المناخ ، ط١،دار الفكر، دمشق ،٢٠٠٤ ،ص٧٤ .
٦) عبد القادر عبد العزيز علي ، الطقس والمناخ والمتيورولوجيا – دراسة في الجغرافية المناخية، مطبعة جامعة طنطا ، القاهرة ، ١٩٩٨، ص ١٦٩.
٧) عباس فاضل السعدي، جغرافية العراق اطارها الطبيعي –نشاطها الاقتصادي – جانبها البشري ، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي ،جامعة بغداد ،٢٠٠٩ ، ص١٩–٢١ .
٨) علي احمد غانم ، الجغرافية المناخية ، دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة ،ط٣، عمان ، ٢٠١٢، ص١٣١.
٩) عادل سعيد الراوي، قصي عبد المجيد السامرائي ، المناخ التطبيقي ، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة بغداد ، ١٩٩٠ ، ص٩٩.
١٠)باس فاضل السعدي ،جغرافية العراق اطارها الطبيعي ،نشاطها الاقتصادي ،جانبها البشري، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي ، بغداد، ٢٠٠٨،ص١٣٨ .
١١)عماد احمد عبد الصاحب الجواهري، رضا عبد الجبار سلمان الشمري، مشكلات المياه في العراق– الواقع والحلول المقترحة، جلة القادسية للعلوم القانونية والسياسية، المجلد الأول، العدد الثاني، جامعة القادسية، ٢٠٠٩، ص٧.
١٢) ثناء عباس، يحيى فهد ، الاطلس الاحصائي الزراعي ، خريطة الطريق للتنمية الزراعية ، وزارة التخطيط والتعاون الإنمائي، الجهاز المركزي للإحصاء بغداد – العراق، ٢٠١١، ص ٥.
١٣)جمهورية العراق ، وزارة التخطيط ، الجهاز المركزي للإحصاء ، مديرية إحصاء بابل ، المجموعة الإحصائية لسكان العراق لسنة ٢٠٢٤ .ء
١٤) منظمة المياه الاوربية، بروكسل ،على الموقع ٤٧٧١٤= ? .t. php . showthread / vb / net . iraqcenter . www)
٣) مهند عزيز محمد ،تقدير دور العرض والطلب على المياه في العراق للمدة(١٩٨٠ –٢٠٠٥)،رسالة ماجستير غير منشورة ، مقدمة الى مجلس كلية الإدارة والاقتصاد ، جامعة القادسية ، ٢٠٠٩ ، ص٥٦ .