التقييم الزماني والمكاني لنوعية مياه شط الشطرة في محافظة ذي قار جنوب العراق ودوره في تحقيق أهداف التنمية المستدامة

الأستاذ الدكتور رقية احمد محمد امين
Ruqaya_Mohamed@aliraqia.edu.iq
نور فيصل عبودي الطائي
كلية الآداب / الجامعة العراقية

Spatial and Temporal Assessment of Water Quality in the Shatt AlShatrah Channel, Dhi Qar Governorate, Southern Iraq, and Its Role in Achieving Sustainable Development Goal

Dr. Raqiya Ahmed M.Amin
Ruqaya_Mohamed@aliraqia.edu.iq
Nour Faisal Abboudi alTaie
College of Arts ALIraqia University

المستخلص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم الخصائص الزمانية والمكانية لنوعية مياه شط الشطرة في محافظة ذي قار – جنوب العراق، ضمن إطار الإدارة المستدامة للموارد المائية. تتمثل مشكلة الدراسة في تدهور نوعية المياه نتيجة لتأثير الأنشطة الزراعية والصرف الصحي المنزلي، مما يهدد صلاحيتها للاستخدامات المختلفة. شملت الدراسة خمس محطات موزعة على امتداد النهر، وأُجريت التحاليل خلال موسمي الصيف والشتاء لعام ٢٠٢٢.

تم قياس المعايير الفيزيائية والكيميائية الرئيسة، إذ تراوحت درجة الحرارة بين22.4–31.7°C ، والأس الهيدروجيني (pH) بين 7.1–8.2، والأوكسجين المذاب (DO) بين3.4–6.8 mg/L ، والعسرة الكلية (TH) بين320–780 mg/L ، فيما بلغت الموصلية الكهربائية1.8–3.6 mS/cm (EC) ، والأملاح الكلية الذائبة (TDS) بين 1200–2500 mg/L. أظهرت النتائج زيادة الملوحة والعسرة باتجاه المصب، وانخفاض DO في المناطق القريبة من مصادر التلوث، مما يعكس تدهورًا بيئيًا نسبيًا.

تشير المقارنة مع المواصفات القياسية العراقية والعالمية إلى أن المياه صالحة جزئيًا للري وغير ملائمة للشرب دون معالجة. تسهم هذه النتائج في تحقيق أهداف التنمية المستدامة (SDG 6) المتعلقة بضمان توافر المياه وإدارتها المستدامة للجميع، من خلال تحديد مناطق التلوث ووضع أسس للمعالجة والحماية البيئية المستقبلية.

الكلمات المفتاحية: نوعية المياه، شط الشطرة، التباين الزماني والمكاني، التنمية المستدامة

Abstract

This study aims to evaluate the spatial and temporal variations in the water quality of the Shatt AlShatrah Channel, located in Dhi Qar Governorate, southern Iraq, within the framework of sustainable water resource management. The main problem addressed is the deterioration of water quality caused by agricultural runoff and domestic wastewater discharge, which threatens its suitability for different uses. Five sampling stations were selected along the river course, and analyses were conducted during the summer and winter seasons of 2022.

The principal physical and chemical parameters were measured: temperature ranged from 22.4 to 31.7°C, pH from 7.1 to 8.2, dissolved oxygen (DO) from 3.4 to 6.8 mg/L, total hardness (TH) from 320 to 780 mg/L, electrical conductivity (EC) from 1.8 to 3.6 mS/cm, and total dissolved solids (TDS) from 1200 to 2500 mg/L. The results indicated an increase in salinity and hardness downstream, with lower DO values near pollution sources, reflecting moderate environmental degradation.

When compared with Iraqi and international water quality standards, the water was found to be partially suitable for irrigation and unsuitable for drinking without treatment. These findings contribute to achieving Sustainable Development Goal 6 (SDG 6) by promoting the availability and sustainable management of clean water through identifying pollution zones and supporting future environmental protection strategies.

Keywords: Water Quality, Shatt AlShatrah, Spatial–Temporal Variation, Sustainable Development

بسم الله الرحمن الرحيم

أولا: المقدمة.

في جنوب العراق، تقع منطقة شط الشطرة ضمن محافظة ذي قار التي تمثل جزءًا من السهل الرسوبي الجنوبي، وهي منطقة ذات أهمية هيدرولوجية وزراعية كبيرة لما تمتاز به من خصائص طبيعية وبشرية متشابكة، إذ يعد شط الشطرة أحد الفروع الرئيسة المتفرعة من نهر الغراف الذي بدوره يتغذى من نهر دجلة عند قضاء الكوت، ويتجه جنوبًا نحو مدينة الشطرة ليغذي مناطق واسعة من الأراضي الزراعية، ويشكّل مصدرًا رئيسًا للمياه السطحية في المحافظة(AlDabbas et al., 2016) ، وتتمتع المنطقة بسطح مستوٍ إلى منبسط نسبيًا، إذ يتراوح الارتفاع العام بين ٥ و١٠ أمتار فوق مستوى سطح البحر مع انحدار طفيف نحو الجنوب الشرقي، مما يسهم في بطء التصريف وزيادة ترسيب الرواسب الدقيقة والطمي التي تراكمت بفعل النشاط النهري المستمر منذ العصور الهولوسينية(Jassim & Goff, 2006) ، وتعود التكوينات الجيولوجية السائدة إلى العصر الرباعي وتتكون من رواسب غرينية وطينية دقيقة مختلطة مع رواسب نهرية قديمة تعود لتكوينات حديثة غنية بالمعادن الطينية كالمونتموريلونايت والإيلايت، مما يؤثر في خواص التربة ودرجة نفاذيتها (AlKubaisi & Nasser, 2018)، وتعد هذه الطبيعة الرسوبية المنخفضة عاملاً حاسمًا في تحديد الخصائص الهيدرولوجية ونوعية المياه في المنطقة.

يتسم مناخ منطقة الشطرة بكونه مناخًا قاريًا جافًا، يتميز بحرارة مرتفعة صيفًا وبرودة معتدلة شتاءً مع تفاوت كبير بين درجات الحرارة اليومية، إذ يبلغ المعدل الحراري السنوي نحو ٢٥°م بينما تتجاوز درجات الحرارة في الصيف ٤٧°م في بعض الأشهر، ويبلغ معدل الأمطار السنوي أقل من ١٥٠ ملم معظمها يتساقط في شهري كانون الأول وكانون الثاني، مما يجعل التبخر أحد أهم العوامل المؤثرة في ارتفاع تركيز الأملاح الذائبة في المياه والتربة، اذ تتراوح معدلات التبخر السنوية بين ٢٠٠٠ و٢٥٠٠ ملم سنويًا(Iraqi Meteorological Organization, 2021) ، كما تسود

الرياح الشمالية الغربية الجافة، مما يزيد من معدلات التبخر في فصل الصيف ويُسرّع من ملوحة المياه والتربة، في حين أن الارتفاع المنخفض وقرب المنطقة من الأهوار الجنوبية يسهم في ارتفاع الرطوبة النسبية خلال فصلي الربيع والخريف.

أما من حيث التربة فتسود الترب الرسوبية الحديثة ذات النسيج الطيني الثقيل، وتتدرج من ترب غرينية طينية قرب مجرى النهر إلى ترب طينية ملحية في المناطق المنخفضة البعيدة عن الجريان المباشر، وتُعد ذات خصوبة متوسطة إلى جيدة لكنها تعاني من تملح متزايد بسبب ارتفاع مستوى المياه الجوفية وتكرار الري بالمياه شبه المالحة، إذ تتراوح الملوحة بين ٤–١٠ ديسيسمنز/متر في بعض المناطق الزراعية، وتغطي التربة السهلية الغرينية نحو ٨٠٪ من المساحة الإجمالية لقضاء الشطرة (AlMashhady et al., 2019)، أما الغطاء النباتي الطبيعي فيتألف من نباتات ملحية ومائية تتكيف مع بيئة شبه مستنقعية مثل القصب والبردي والعاقول، في حين تغيب النباتات الموسمية غير المقاومة للملوحة بسبب قلة الأمطار، ويلاحظ انتشار الزراعة الكثيفة للنخيل والحبوب في المناطق القريبة من مجرى الشط، مقابل تراجع الغطاء النباتي الطبيعي في المناطق الشرقية بفعل الرعي الجائر واستنزاف الموارد المائية.

تتميز المنطقة أيضًا بنظام استعمالات أرضية متنوع يعتمد أساسًا على الزراعة المروية، إذ تعد قضاء الشطرة من المناطق الزراعية الرئيسة في محافظة ذي قار، وتزرع فيها محاصيل الحنطة والشعير والرز والخضروات الموسمية، وتعتمد على مياه شط الشطرة للري عبر شبكة من الجداول الفرعية التقليدية، كما تنتشر الأنشطة السكانية والحضرية على ضفاف الشط في مدن مثل الشطرة والغراف والبدعة، فضلاً عن وجود بعض الأنشطة الصناعية الصغيرة المرتبطة بمعامل الثلج والطابوق التي تُعد من مصادر التلوث المحلي للمياه، فضلا عن شبكات الصرف الصحي غير المعالجة التي تُطرح مباشرة في مجرى الشط مسببة تدهورًا نوعيًا متزايدًا في خصائص المياه الفيزيائية والكيميائية(AlHassan & Hassan, 2020) ، وتُعد المحافظة من

أكثر المناطق تعرضًا لمخاطر الجفاف والتصحر في السنوات الأخيرة بسبب قلة الإطلاقات المائية القادمة من دجلة والفرات وتغير أنماط الاستخدام البشري للموارد الطبيعية.

وقد تناولت عدد من الدراسات السابقة نوعية المياه في محافظة ذي قار ومجاريها المائية، إذ أشار AlDabbas et al. (2016) إلى ارتفاع تراكيز الملوحة والكلوريدات في مياه الغراف بسبب قلة التصريف النهري وزيادة البزل الزراعي، بينما بينت دراسة AlHassan & Hassan (2020) وجود مستويات مرتفعة من العكارة والأملاح الذائبة الكلية في شط الشطرة خصوصًا قرب المناطق الحضرية، كما أوضحت دراسات أخرى مثل Jaber (2018) و AlShemmeri et al. (2019) أن التغير المكاني والزماني في نوعية المياه في أودية جنوب العراق يرتبط بوضوح بالأنشطة البشرية أكثر من العوامل الطبيعية، في حين بينت بحوث محلية في جامعة ذي قار (٢٠٢٢) أن قيم الأس الهيدروجيني والعسرة الكلية ضمن الحدود المسموح بها للاستخدام الزراعي لكنها تميل للارتفاع خلال موسم الصيف نتيجة التبخر وانخفاض التصريف المائي، مما يعكس هشاشة النظام الهيدرولوجي المحلي وتأثره السريع بالضغوط المناخية والبشرية، ويمثل هذا الواقع تحديًا رئيسًا أمام تحقيق أهداف التنمية المستدامة المتعلقة بالمياه في بيئة شديدة الحساسية بيئيًا كالسهول الجنوبية العراقية.

- **مشكلة البحث**

تعاني المسطحات المائية في جنوب العراق، ولا سيما شط الشطرة، من تدهور متزايد في نوعية المياه نتيجة لتداخل العوامل الطبيعية والبشرية؛ كقلة التصريف النهري، وازدياد الملوحة، والتصريف العشوائي للمياه الزراعية ومخلفات الصرف الصحي، وتركز المشكلة على التغير الزماني والمكاني في خصائص مياه الشط ومدى توافقها مع متطلبات الاستخدام المستدام للمياه، مما يعرقل تحقيق الهدف السادس من أهداف التنمية المستدامة (المياه النظيفة والصرف الصحي) في محافظة ذي قار لتكون بالاتي

((إلى أي مدى تتأثر نوعية مياه شط الشطرة بالعوامل الزمانية والمكانية، وما انعكاس ذلك على تحقيق أهداف التنمية المستدامة في مجال إدارة الموارد المائية بمحافظة ذي قار؟))

- **فرضية البحث**

تفترض الدراسة أن نوعية مياه شط الشطرة تتباين زمانيًا ومكانيًا تبعًا للعوامل المناخية والبشرية، وأن هذا التباين يؤدي إلى انخفاض ملحوظ في بعض مؤشرات الجودة عن الحدود المسموح بها، مما يستدعي اعتماد سياسات إدارة مائية مستدامة تضمن تحسين نوعية المياه وتحقيق أهداف التنمية المستدامة ذات الصلة.

- **أهداف البحث**

١. تحليل التباين الزماني والمكاني في الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه شط الشطرة خلال مدة الدراسة.

٢. مقارنة القيم المقاسة بالمعايير الوطنية (IQS) والدولية (WHO, FAO) لتحديد مدى صلاحيتها للاستخدامات المختلفة.

٣. تحديد مصادر التلوث الرئيسة (الطبيعية والبشرية) المؤثرة في نوعية المياه.

٤. تقييم الأثر البيئي والتنمية المستدامة من خلال ربط نتائج التقييم بأهداف التنمية المستدامة، خصوصًا الهدف السادس المياه النظيفة والصرف الصحي والهدف الثالث عشر العمل المناخي.

٥. اقتراح آليات إدارة بيئية مستدامة لتحسين جودة المياه وتقليل التلوث ضمن إطار تنمية الموارد المائية في محافظة ذي قار.

- **أهمية البحث**

• يقدم البحث تقييماً علمياً شاملاً ومحدّثاً لنوعية المياه في أحد أهم المجاري المائية في جنوب العراق.

• يدمج التحليل الهيدرولوجي والبيئي مع منظور التنمية المستدامة، ما يجعله نموذجًا لدراسات الربط بين البيئة والتنمية.

- يوفّر قاعدة بيانات علمية يمكن أن تعتمدها الجهات البيئية والمائية في وضع خطط الإدارة المتكاملة للموارد المائية في ذي قار.
- يسهم في رصد مدى التقدم نحو تحقيق أهداف التنمية المستدامة (SDGs) على المستوى المحلي.

- **مبررات اختيار الموضوع**

١. أهمية شط الشطرة كرافد حيوي للنشاط الزراعي والحضري في محافظة ذي قار.
٢. تزايد الضغوط البيئية والبشرية (صرف زراعي وصحي) المؤثرة على نوعية مياهه دون وجود دراسات حديثة شاملة.
٣. الحاجة إلى ربط الدراسات البيئية المحلية بأطر التنمية المستدامة العالمية.
٤. إمكانية تطبيق نتائج البحث عمليًا من قبل دوائر البيئة والموارد المائية لتحسين إدارة المياه في المحافظة.
٥. ندرة الدراسات العلمية المتكاملة التي تناولت تقييم مياه شط الشطرة ضمن إطار التنمية المستدامة.

- **الدراسة الميدانية ومتطلبات البحث**

الجدول (١): مراحل ومتطلبات الدراسة الميدانية

المرحلة	النشاط الميداني	الأدوات والأجهزة المستخدمة	الغرض العلمي	الجهة أو المكان المنفذ
1	تحديد مواقع محطات القياس على طول مجرى شط الشطرة (من الشمال إلى الجنوب)	GPS خرائط طبوغرافية برنامجArcGIS	تمثيل التدرج الطولي والمكاني لنوعية المياه	الباحث قسم الجغرافيا/ جامعة ذي قار
2	جمع عينات المياه السطحية من كل محطة خلال فصول السنة (شتاء – ربيع – صيف – خريف)	عبوات بلاستيكية معقمة جهاز قياس درجة الحرارة الميداني مقياس pH متنقل	تحديد التباين الزماني لنوعية المياه	الدراسة الميدانية المباشرة
3	قياس الخصائص الفيزيوكيميائية الميدانية الأولية (الحرارة، الأس الهيدروجيني، التوصيلية الكهربائية، الأوكسجين المذاب)	EC Meter DO Meter Portable pH Meter Thermometer	رصد المؤشرات المباشرة لجودة المياه ميدانياً	الباحث موقع العينة
4	تسجيل الملاحظات البيئية حول الأنشطة البشرية القريبة (صرف صحي، زراعة، نفايات، معامل)	كاميرا رقمية دفتر ملاحظات	تفسير التباين النوعي وربطه بالمسببات البشرية	الباحث
5	حفظ العينات ونقلها إلى المختبر للتحليل الكيميائي والبيولوجي	Ice Box ملصقات تعريفية أكياس تبريد	ضمان دقة النتائج المخبرية ومنع التلوث	مختبر كلية العلوم جامعة ذي قار
6	إدخال البيانات الميدانية ضمن قاعدة GIS وربطها زمنياً ومكانياً	ArcGIS Excel SPSS	التحليل الإحصائي والمكاني للنتائج	الباحث قسم نظم المعلومات الجغرافية

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على بيانات منظمة الصحة العالمية(WHO, 2017) ، ومنظمة الأغذية والزراعة(FAO, 2015) ، والجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية العراقي (IQS 417, 2009)، وطرق الفحص القياسية(APHA, 2012) ، ودراسات AlDabbas et al. (2016) وAlHassan & Hassan (2020).

الجدول (٢): التحليلات المختبرية لمياه شط الشطرة

نوع التحليل	المتغير (Parameter)	الوحدة	الجهاز أو الطريقة المعتمدة	الغرض العلمي	المعيار المرجعي للمقارنة
التحليل الفيزيائي	العكارة (Turbidity)	NTU	Turbidity Meter	تقدير المواد العالقة وتأثيرها البصري	WHO, 2017
	المواد الصلبة الذائبة الكلية (TDS)	mg/L	Conductivity Meter	تحديد الملوحة العامة للمياه	FAO, 2015
التحليل الكيميائي	الأس الهيدروجيني (pH)		Digital pH Meter	تحديد درجة الحموضة ومدى التوازن الكيميائي	WHO, 2017
	التوصيلية الكهربائية(EC)	µS/cm	EC Meter	قياس تركيز الأملاح الذائبة الكلية	IQS 417, 2009
	الأوكسجين المذاب (DO)	mg/L	DO Meter	تقييم التوازن الحيوي للمياه	WHO, 2017
	العسرة الكلية (Total Hardness)	mg/L $CaCO_3$	EDTA Titration	تحديد تركيز الكالسيوم والمغنيسيوم	FAO, 2015
	الكالسيوم(Ca^{2+})	mg/L	Flame Photometer	تحديد الملوحة القاعدية	WHO, 2017
	المغنيسيوم (Mg^{2+})	mg/L	Atomic Absorption Spectrometer	تقييم صلاحية المياه للزراعة	FAO, 2015
	الصوديوم(Na^{+})	mg/L	Flame Photometer	قياس درجة الملوحة الصودية	WHO, 2017
	الكلوريد(Cl^{-})	mg/L	Argentometric Titration	تقدير الأملاح الكلورية	IQS 417, 2009
	الكبريتات (SO_4^{2-})	mg/L	Spectrophotometer	تقييم التأثيرات الملحية على التربة	WHO, 2017
	النترات(NO_3^{-})	mg/L	UV Spectrophotometer	الكشف عن التلوث الزراعي (أسمدة)	FAO, 2015
	الفوسفات (PO_4^{3-})	mg/L	Spectrophotometer	تحديد النشاط العضوي وتلوث الصرف الصحي	WHO, 2017
التحليل الحيوي	البكتيريا القولونية (Total Coliform)	CFU/100ml	Multiple Tube Fermentation	تقييم التلوث البكتيري للمياه	WHO, 2017

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على بيانات منظمة الصحة العالمية(WHO, 2017) ، ومنظمة الأغذية والزراعة(FAO, 2015) ، والجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية العراقي (IQS 417, 2009)، وطرق الفحص القياسية(APHA, 2012) ، ودراسات AlDabbas et al. (2016) وAlHassan & Hassan (2020).

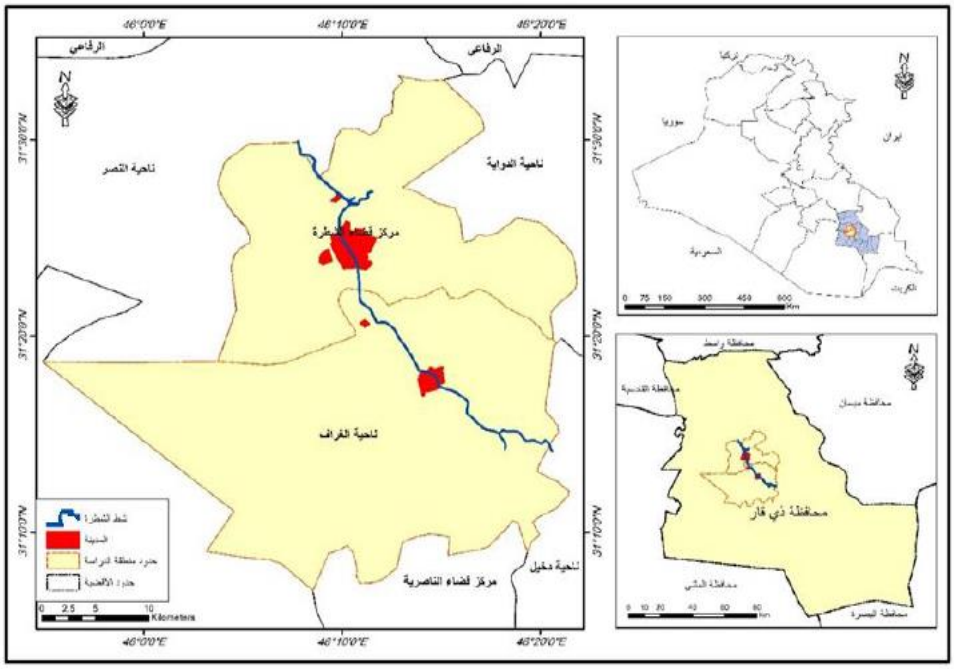
- **المنهج المستخدم في البحث**

اعتمد البحث المنهج الوصفي التحليلي بوصفه الإطار الرئيس لدراسة نوعية المياه في شط الشطرة وتحليل خصائصها الفيزيائية والكيميائية والحيوية، وذلك من خلال الربط بين المشاهدات الميدانية والقياسات المختبرية والتمثيل المكاني الزماني للبيانات، إذ يقوم هذا المنهج على وصف الظاهرة قيد الدراسة كما هي في الواقع ثم تحليل أسبابها وتفسير علاقاتها المكانية والبشرية وصولاً إلى استنتاجات كمية مدعومة بالأدلة الرقمية .

- **حدود منطقة الدراسة**

تقع منطقة الدراسة ضمن محافظة ذي قار في الجزء الجنوبي من جمهورية العراق، وتمثل شط الشطرة أحد أهم الفروع المتفرعة من نهر الغراف الذي يتغذى من نهر دجلة عند قضاء الكوت، ويتجه جنوبًا ليخترق أراضي أقضية الغراف والشطرة والبدعة قبل أن يصب في هور الحمار، ويُعدّ الشط المورد السطحي الرئيس للمياه في المحافظة. تمتد منطقة الدراسة بين دائرتي عرض (′31°30 – ′31°00) شمالًا (وخطي طول ′47°10 – ′46°40) شرقًا، بامتداد طولي يقارب 45 كيلومترًا من شمال مدينة الشطرة حتى جنوبها ينظر الشكل (١) ، وتشمل المقطع النهري الذي يمر عبر عدد من القرى والمراكز الحضرية والزراعية، وتُقسم إلى ست محطات رئيسة للرصد والقياس تمثل التدرج الطولي للشط من المنبع إلى المصب.

الشكل (١) موقع منطقة الدراسة من العراق ومحافظة ذي قار



المصدر: جمهورية العراق, وزارة البلديات والاشغال العامة, دائرة بلدية ذي قار, قسم تخطيط المدن, 2018.

يحد المنطقة من الشمال قضاء الغراف الذي يمثل الجزء الأعلى من مجرى النهر، ومن الجنوب مدينة البدعة المتصلة بهور الحمار، ومن الشرق سهول الطيب والجبايش الزراعية التي تتخللها قنوات الري والبزل، ومن الغرب أراضي قضاء سوق الشيوخ التي تمثل الامتداد الغربي للسهل الرسوبي، وتبلغ المساحة الإجمالية التقريبية لمنطقة الدراسة نحو 300كيلومتر مربع، وتشكل جزءًا من السهل الرسوبي الجنوبي الذي يتميز بانبساط سطحه وتدرج انحداره نحو الجنوب الشرقي بمتوسط ميل لا يتجاوز 0.5 متر/كم، مما يجعل المنطقة عرضة لركود المياه وزيادة الترسيب والملوحة.

ثانيا: منهجية البحث(Materials and Methods)

- **تحديد مواقع محطات القياس**

تم اختيار ست محطات رئيسة على طول مجرى شط الشطرة لتمثيل التدرج الطولي في نوعية المياه من المنبع إلى المصب، بحيث تغطي المناطق الزراعية في الشمال والمناطق الحضرية في الوسط والمناطق شبه المستنقعية في الجنوب، وذلك لضمان التمثيل المكاني الدقيق للتغيرات في الخصائص الفيزيائية والكيميائية والحيوية للمياه. جرى تحديد الإحداثيات الجغرافية لكل محطة باستخدام جهاز GPS Garmin eTrexمع الاستعانة بخرائط طبوغرافية مقياس (١:١٠٠,٠٠٠) وبرنامج ArcGIS 10.8لتثبيت المواقع وإعداد قاعدة بيانات مكانية (spatial database) خاصة بالدراسة. وقد رُوعي في اختيار المحطات أن تكون موزعة بشكل يعكس تأثير الأنشطة البشرية المختلفة (صرف صحي، زراعي، صناعي) على نوعية المياه (AlHassan & Hassan, 2020; AlDabbas et al., 2016).

- **نوع العينات وآلية جمعها**

اعتمد البحث على جمع عينات المياه السطحية (Surface Water Samples) من كل محطة بعمق يتراوح بين ٢٠–٣٠ سم تحت سطح الماء لتجنب تأثير العوامل الجوية المباشرة. استخدمت عبوات بلاستيكية سعة لتر واحد مصنوعة من البولي إيثيلين تم غسلها مسبقًا بماء مقطر وتجفيفها لتجنب أي تلوث سابق، ثم أغلقت بإحكام بعد جمع العينة، ووضعت في صندوق تبريد (Ice Box) بدرجة حرارة ٤ °Cلنقلها إلى المختبر خلال أقل من ٢٤ ساعة من الجمع. وقد اتبعت إجراءات الحفظ والتحضير وفق ما ورد في دليل APHA (2012)وWHO (2017)، لضمان دقة التحاليل وعدم تغير الخواص الكيميائية للعينة قبل الفحص.

- **الأدوات التحليلية والمعايير المعتمدة**

اعتمد البحث على مجموعة من الأدوات والأجهزة التحليلية الدقيقة لإجراء القياسات الفيزيائية والكيميائية والحيوية لمياه شط الشطرة، وذلك لضمان الحصول على نتائج

موثوقة وقابلة للمقارنة مع المعايير المحلية والعالمية. تم إجراء التحاليل في مختبرات كلية العلوم – جامعة ذي قار، باستخدام أجهزة قياس حديثة ومعايرة مسبقًا وفق تعليمات دليل APHA (2012) المعتمد دوليًا في تحاليل المياه. وقد تضمنت الأدوات الأساسية المستخدمة ما يأتي:

١. جهاز قياس الأس الهيدروجيني لقياس درجة الحموضة مباشرة في العينات.

٢. جهاز قياس التوصيلية الكهربائية لتحديد تركيز الأملاح الذائبة الكلية (TDS) بشكل غير مباشر.

٣. جهاز قياس الأوكسجين المذاب لتقدير الحالة الأكسجينية للمياه ودراسة مدى تعرضها للتلوث العضوي.

٤. جهاز Spectrophotometer لقياس تراكيز الأيونات مثل الكبريتات(SO_4^{2-}) ، النترات(NO_3^-) ، والفوسفات (PO_4^{3-}) باستخدام الأطوال الموجية الخاصة بكل عنصر.

٥. جهاز Flame Photometer لتقدير تراكيز الصوديوم (Na^+) والبوتاسيوم (K^+)بدقة عالية.

٦. جهاز Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) لتحديد تراكيز العناصر المعدنية الثقيلة عند الحاجة) مثل.(Fe, Mn, Zn

٧. طريقة المعايرة بالـ EDTA لقياس العسرة الكلية والكالسيوم والمغنيسيوم.

٨. طريقة الترسيب الأرجنتومترية لتقدير تراكيز أيون الكلوريد.(Cl^-)

٩. اختبار البكتيريا القولونية بطريقة الأنابيب المتعددة لتحديد التلوث الحيوي للمياه.

تمت معايرة الأجهزة والتحقق من دقتها وفق تعليمات التشغيل المعيارية، مع تكرار كل تحليل ثلاث مرات لضمان ثبات القيم وتقليل الانحراف المعياري للقياسات.

أما المعايير المرجعية المعتمدة في تقييم نتائج التحليل فقد استندت إلى:

• معايير منظمة الصحة العالمية (WHO, 2017) الخاصة بجودة مياه الشرب، والتي حددت الحدود القصوى المسموح بها لمعظم العناصر الكيميائية مثل–6.5) pH

8.5)، TDS (≤1000 mg/L)، Na^+ (≤200 mg/L)، Cl^- (≤250 mg/L)، وNO_3^- (≤50 mg/L).

• معايير منظمة الأغذية والزراعة (FAO, 2015) الخاصة بمياه الري، والتي تُعد مرجعًا لتقييم صلاحية المياه الزراعية بناءً على مؤشرات الملوحة والعسر والصوديوم القابل للامتزاز (SAR) حيث حددت القيم المثلى للتوصيلية الكهربائية 3 ≤ EC) (dS/mوالعناصر الذائبة المؤثرة على إنتاجية التربة والمحاصيل.

• المواصفة العراقية رقم (IQS 417, 2009) الصادرة عن الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية، والتي تحدد الحدود الوطنية لمياه الشرب في العراق وفق المعايير الكيميائية والفيزيائية والبكتريولوجية.

وقد تمت مقارنة جميع القيم المقاسة ميدانيًا ومخبريًا مع هذه المعايير الثلاثةWHO) ، FAO، (IQSالتحديد مدى صلاحية المياه للاستخدامات المختلفة، وتقييم مدى تجاوزها للحدود المسموح بها، مع تحليل التباين الزمني والمكاني في ضوء تلك المواصفات. وتمثل هذه المقارنة أساسًا علميًا لتفسير نتائج التدهور النوعي للمياه وربطها بمسبباتها البيئية والبشرية، وفق الأسس التي تبنتها دراسات مشابهة في جنوب العراق مثل AlDabbas et al. (2016)و AlHassan & Hassan (2020) وAlShemmeri et al. (2019)، والتي أكدت ضرورة استخدام المعايير العالمية والمحلية في التقييم المائي لضمان اتساق النتائج وقابليتها للمقارنة الدولية.

- **القياس الزمني**

تم تنفيذ برنامج رصد دوري وفق مبدأ التمثيل الزمني الرباعي Seasonal) (Sampling، إذ جُمعت العينات في أربعة فصول رئيسة تمثل التغيرات المناخية السنوية (الشتاء، الربيع، الصيف، الخريف) خلال سنة الدراسة (٢٠٢٣–٢٠٢٤). جرى اختيار هذا التواتر الزمني بهدف تحليل التباين الموسمي في نوعية المياه وتأثير العوامل الحرارية والتبخرية والتصريف النهري في تراكيز العناصر الكيميائية، خاصة في ظل المناخ شبه الجاف الذي يميز جنوب العراق Iraqi Meteorological)

Organization, 2021) وقد أثبتت الدراسات المماثلة مثل دراسة AlShemmeri et al. (2019) أن مراقبة المياه على أساس موسمي تعطي صورة دقيقة عن التغيرات الطبيعية والبشرية المؤثرة في النظام النهري.

- **المتغيرات المقاسة**

تضمنت الدراسة تحليل مجموعة من المتغيرات الفيزيائية والكيميائية والحيوية الرئيسة التي تعكس نوعية المياه ومدى صلاحيتها للاستخدامات المختلفة. شملت القياسات الميدانية كلًا من درجة الحرارة(°C) ، الأس الهيدروجيني(pH) ، الأوكسجين المذاب (DO)، والتوصيلية الكهربائية (EC) باستخدام أجهزة رقمية متنقلة (Portable EC & DO Meters). أما في المختبر فقد تم تحليل المواد الصلبة الذائبة الكلية(TDS) ، العسرة الكلية(TH) ، الكالسيوم(Ca^{2+}) ، المغنيسيوم(Mg^{2+}) ، الصوديوم(Na^{+}) ، الكلوريد(Cl^{-}) ، الكبريتات(SO_4^{2-}) ، النترات(NO_3^{-}) ، والفوسفات (PO_4^{3-}). أُجريت التحاليل باستخدام أجهزة Spectrophotometer و Flame Photometer و EDTA Titration وفق الطرق القياسية الموصى بها في دليل APHA (2012)، ثم قورنت النتائج بالحدود القياسية العالمية المعتمدة من قبل WHO (2017) و FAO (2015) والمعيار العراقي IQS 417 (2009) لتقييم مدى صلاحية المياه للشرب والزراعة.

وقد تم اعتماد نظام Water Quality Index (WQI) في التحليل التكاملي للنتائج لتصنيف نوعية المياه من حيث الجودة العامة، مع توظيف التحليل المكاني (Spatial Analysis) عبر ArcGIS لرسم خرائط التوزيع المكاني للعناصر المقاسة وتحليل التغيرات الطولية في المجرى النهري، وذلك استنادًا إلى مناهج التحليل الجغرافي الكمي التي استخدمها كل من AlMashhady et al. (2019) و Jaber (2018) في دراسات مشابهة ضمن بيئة السهل الرسوبي الجنوبي.

الجدول (٣): المعايير القياسية لمتغيرات نوعية المياه (Water Quality Standards)

رقم	المتغير (Parameter)	الوحدة(Unit)	الحد الأقصى المسموح به – WHO (2017)	الحد الأقصى المسموح به – FAO (2015)	الحد الأقصى المسموح به – IQS 417 (2009)	الغرض من المؤشر
1	درجة الحرارة (Temperature)	°C	≤ 35	—	≤ 35	مؤشر للتغيرات المناخية والتوازن الحراري
2	الأس الهيدروجيني (pH)	—	6.5 – 8.5	6.0 – 8.5	6.5 – 8.5	يعكس التوازن الحمضي القاعدي
3	التوصيلية الكهربائية (EC)	µS/cm	≤ 1500	≤ 3000	≤ 2000	مقياس للملوحة الكلية
4	المواد الصلبة الذائبة الكلية(TDS)	mg/L	≤ 1000	≤ 2000	≤ 1500	تعبر عن درجة الملوحة وتأثيرها على الاستخدامات
5	الأوكسجين المذاب (DO)	mg/L	≥ 5	—	≥ 4	مقياس لجودة المياه الحيوية
6	العسرة الكلية (Total Hardness)	mg/L ($CaCO_3$)	≤ 500	≤ 1000	≤ 500	تحدد صلاحية المياه للشرب والري
7	الكالسيوم(Ca^{2+})	mg/L	≤ 200	≤ 400	≤ 200	مؤشر للصلابة المؤثرة على التربة والمياه
8	المغنيسيوم(Mg^{2+})	mg/L	≤ 150	≤ 200	≤ 150	يؤثر على العسر الكلي وصلاحية المياه
9	الصوديوم(Na^{+})	mg/L	≤ 200	≤ 920	≤ 200	يحدد ملوحة الري والتأثير على النباتات
10	البوتاسيوم(K^{+})	mg/L	≤ 12	≤ 50	≤ 12	عنصر غذائي للنبات لكنه يؤثر على التوصيلية
11	الكلوريد(Cl^{-})	mg/L	≤ 250	≤ 600	≤ 250	مؤشر للتلوث الملحي والمياه البزلية
12	الكبريتات(SO_4^{2-})	mg/L	≤ 250	≤ 960	≤ 250	يحدد صلاحية المياه للشرب والري
13	النترات(NO_3^{-})	mg/L	≤ 50	≤ 30	≤ 45	يدل على التلوث الزراعي بالأسمدة
14	الفوسفات(PO_4^{3-})	mg/L	≤ 0.5	≤ 2.0	≤ 1.0	يدل على التلوث العضوي والصرف الصحي
15	البكتيريا القولونية الكلية (Total Coliform)	CFU/100ml	0	—	0	مؤشر للتلوث البكتيري ومخاطر الصحة العامة

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على(WHO, 2017؛ FAO, 2015؛ IQS 417, 2009 ؛ APHA, 2012).

ثالثا: عرض وتحليل القيم الميدانية والفصلية (الشتاء – الصيف)

أظهرت القياسات الميدانية التي أُجريت خلال فصلي الشتاء والصيف وجود تباين واضح في الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه شط الشطرة نتيجة لتأثير العوامل المناخية والأنشطة البشرية المختلفة، كما في جدول رقم (٤) إذ تبين أن درجة حرارة المياه تراوحت بين (17–19°C) في فصل الشتاء، وارتفعت لتصل إلى (31–34°C) خلال فصل الصيف، ويُعزى هذا الارتفاع إلى زيادة درجة حرارة الهواء وشدة الإشعاع الشمسي في أشهر حزيران وتموز وآب، إضافة إلى انخفاض التصريف المائي وركود الجريان في بعض المقاطع، مما يؤدي إلى تسخين الطبقة السطحية من المياه (AlHassan & Hassan, 2020)هذا التباين الحراري يؤثر مباشرة في ذوبان الأوكسجين، إذ أظهرت نتائج الأوكسجين المذاب (DO) قيمًا تراوحت بين(6.8–8.2 mg/L)في الشتاء مقابل انخفاضها إلى (3.5–4.5 mg/L) في الصيف، وهو ما يشير إلى زيادة التحلل الحيوي للمادة العضوية ونقص الأكسجة خلال أشهر الجفاف وارتفاع درجات الحرارة(APHA, 2012 ؛WHO, 2017).

أما الأس الهيدروجيني (pH) فقد تراوح بين (٧.١–٧.٦) في فصل الشتاء و(٧.٥–٨.٢) في فصل الصيف، وهي قيم ضمن الحدود المقبولة لمعايير WHO (6.5–8.5)، ويُلاحظ ميل المياه إلى القاعدية الطفيفة خلال الصيف نتيجة زيادة تبخر المياه وتراكم أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم، فضلاً عن استهلاك ثاني أوكسيد الكربون خلال عملية البناء الضوئي للنباتات المائية، مما يرفع قيمة الـ pH (AlDabbas et al., 2016).

كما أظهرت نتائج الموصلية الكهربائية (EC) ارتفاعًا ملحوظًا بين الموسمين، إذ تراوحت في الشتاء بين (1450–1850 µS/cm) وازدادت في الصيف لتتراوح بين (2200–2800 µS/cm)، وهو ما يعكس زيادة تركيز الأملاح الذائبة الكلية (TDS)بفعل التبخر العالي وقلة الإطلاقات المائية القادمة من نهر الغراف، إضافة إلى تسرب مياه البزل الزراعي الغنية بالأملاح نحو مجرى الشط (AlShemmeri

.(2019 ,.al et وقد توافقت قيم TDS مع هذا الاتجاه، إذ تراوحت بين (900–1100 mg/L) شتاءً و (1500–1800 mg/L) صيفًا، مما يشير إلى ميل المياه نحو الملوحة المتوسطة وفق تصنيف FAO (2015) لمياه الري.

وفيما يخص العسرة الكلية (Total Hardness) ، فقد بلغت قيمها في الشتاء (350–420 mg/L) وازدادت في الصيف لتصل إلى (480–550 mg/L) نتيجة ارتفاع تراكيز أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم الناتجة عن ذوبان الأملاح المعدنية مع انخفاض الجريان. أما الكلوريد (Cl^-) فقد سجل زيادة موسمية واضحة من (180–230 mg/L) في الشتاء إلى (300–380 mg/L) في الصيف، وهي قريبة من الحد الأعلى المسموح به في المواصفة العراقية IQS 417 (250 mg/L)، مما يعكس تأثير الصرف الزراعي واستخدام الأسمدة والمبيدات الكيميائية في المناطق المجاورة للشط. كما لوحظ ارتفاع النترات (NO_3^-) في الصيف (25–40 mg/L) مقارنة بالشتاء (10–18 mg/L) بسبب زيادة الترشيح من الأراضي الزراعية واستخدام الأسمدة النيتروجينية المكثفة خلال الموسم الزراعي (AlMashhady et al., 2019).

الجدول (٤): القيم الميدانية والفصلية لمتغيرات نوعية المياه في شط الشطرة (الشتاء–الصيف)

رقم	المتغير(Parameter)	الوحدة	الشتاء (Winter)	الصيف (Summer)	المدى المسموح به وفق المعايير	التفسير العلمي للتباين
1	درجة الحرارة (Temperature)	°C	17 – 19	31 – 34	≤ 35 (WHO, 2017)	ارتفاع الحرارة صيفًا نتيجة الإشعاع الشمسي وانخفاض التصريف
2	الأس الهيدروجيني(pH)	—	7.1 – 7.6	7.5 – 8.2	6.5 – 8.5 (WHO, 2017)	ميل المياه للقاعدية بسبب التبخر واستهلاك CO_2
3	الأوكسجين المذاب(DO)	mg/L	6.8 – 8.2	3.5 – 4.5	≥ 5 (WHO, 2017)	انخفاض DO في الصيف بسبب التحلل العضوي وارتفاع الحرارة
4	التوصيلية الكهربائية (EC)	µS/cm	1450 – 1850	2200 – 2800	≤ 1500 (WHO), ≤ 3000 (FAO)	زيادة الأملاح الذائبة بفعل التبخر والبزل الزراعي
5	المواد الصلبة الذائبة (TDS)	mg/L	900 – 1100	1500 – 1800	≤ 1000 (WHO), ≤ 2000 (FAO)	ارتفاع الملوحة في الصيف لقلة الإطلاقات المائية
6	العسرة الكلية(TH)	mg/L ($CaCO_3$)	350 – 420	480 – 550	≤ 500 (WHO)	زيادة Ca و Mgفي الصيف مع تبخر المياه
7	الكالسيوم(Ca^{2+})	mg/L	80 – 110	120 – 160	≤ 200 (WHO)	ارتفاع ناتج عن ذوبان الأملاح الجيرية
8	المغنيسيوم(Mg^{2+})	mg/L	40 – 60	70 – 90	≤ 150 (WHO)	زيادة العسر الكلي في الصيف
9	الصوديوم(Na^{+})	mg/L	120 – 150	180 – 240	≤ 200 (WHO)؛ ≥ ٩٢٠(FAO)	تأثير البزل الزراعي والصرف المنزلي
10	الكلوريد(Cl^{-})	mg/L	180 – 230	300 – 380	≤ 250 (WHO, IQS)	زيادة التلوث الملحي في الصيف
11	الكبريتات(SO_4^{2-})	mg/L	180 – 240	260 – 320	≤ 250 (WHO)	ارتفاع مرتبط بتركيز الأملاح الذائبة
12	النترات(NO_3^{-})	mg/L	10 – 18	25 – 40	≤ 50 (WHO)	زيادة ناتجة عن الأسمدة الزراعية الصيفية
13	الفوسفات(PO_4^{3-})	mg/L	0.15 – 0.35	0.30 – 0.60	≤ 0.5 (WHO)	تأثر محدود بمياه الصرف العضوي
14	الملوحة الكلية(Salinity)	‰	0.8 – 1.0	1.5 – 1.8	≤ 2.0 (FAO)	ارتفاع الملوحة صيفًا نتيجة التبخر
15	البكتيريا القولونية الكلية (Total Coliform)	CFU/100ml	0 – 15	30 – 80	0 (WHO, IQS)	تلوث بكتيري واضح قرب المناطق الحضرية

المصدر :استنادًا إلى القياسات الميدانية والمخبرية ومقارنة بالمعايير (WHO, 2017 FAO 2015 IQS, 2009) .

أما الفوسفات (PO_4^{3-}) فقد سجلت قيمًا منخفضة نسبيًا تراوحت بين–0.15) (0.35 mg/Lفي الشتاء و (0.30–0.60 mg/L)في الصيف، ما يدل على تلوث عضوي محدود ناتج عن مياه الصرف الصحي المنزلية والأنشطة الحضرية، وهي ضمن الحد المسموح به عالميًا (0.5 mg/L ≤)حسب WHO (2017) وتُظهر هذه النتائج أن خصائص المياه في فصل الشتاء تكون أفضل نسبيًا من الصيف، بسبب زيادة التصريف النهري وانخفاض درجات الحرارة، بينما يزداد التدهور النوعي في الصيف نتيجة لارتفاع التبخر وقلة التجديد المائي وازدياد الأنشطة البشرية على ضفاف الشط، وهي ظاهرة أكدتها العديد من الدراسات المماثلة في بيئة السهل الرسوبي الجنوبي(Jaber, 2018 AlDabbas et al., 2016) .

وعند تحليل الاتجاه العام للقيم الفصلية، يتضح أن مياه شط الشطرة تتصف بتباين مكاني وزماني واضح، إذ تزداد درجة الملوحة والعسرة نحو الجنوب وفي فصل الصيف، مما يقلل من صلاحية المياه لبعض الاستخدامات، خصوصًا الشرب والزراعة الحساسة، وهو ما يبرز أهمية تبني برامج رصد بيئي مستمر لضمان إدارة مستدامة للموارد المائية في المنطقة.

رابعا: التحليل المكاني للنتائج

يتضح من الجدول أن المنبع (المحطة ١) يتميز بنوعية مياه جيدة نسبيًا ذات ملوحة منخفضة (TDS < 1000 mg/L) ودرجة أوكسجين مرتفعة 8 DO) (mg/L، ما يعكس التأثير المحدود للأنشطة البشرية شمال الغراف، في حين يزداد التلوث تدريجيًا باتجاه الجنوب، اذ ترتفع الموصلية الكهربائية والملوحة والعسرة الكلية لتبلغ أعلى مستوياتها عند المصب (المحطة ٦)، متجاوزة الحدود المثلى المسموح بها لمياه الشرب وفق WHO (2017)، تُظهر القيم ارتفاعًا في الصوديوم والكلوريد والنترات تدريجيًا، مما يشير إلى تأثير مياه البزل الزراعي وتصريف الصرف الصحي المنزلي في وسط الشطرة والمناطق الزراعية الجنوبية، (AlHassan & Hassan,

(2020كما يتناقص الأوكسجين المذاب (DO) من ٨ mg/L في المنبع إلى أقل من ٤ mg/L في المصب، وهو دليل على تدهور بيئي وتزايد النشاط البكتيري في المياه الراكدة(APHA, 2012) ، هذا التدرج المكاني يعكس العلاقة الطردية بين كثافة الأنشطة البشرية ودرجة تدهور نوعية المياه، وهو ما يتطابق مع نتائج الدراسات المماثلة في السهل الرسوبي الجنوبي AlShemmeri) (AlDabbas et al., 2016 et al., 2019).

الجدول (٥): التغير المكاني في نوعية مياه شط الشطرة من المنبع إلى المصب

رقم المحطة	موقع المحطة	درجة الحرارة (°C)	pH	DO (mg/L)	EC (µS/cm)	TDS (mg/L)	TH (mg/L)	Na^+ (mg/L)	Cl^- (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	PO_4^{3-} (mg/L)	الملاحظات الميدانية
1	**المنبع – شمال الغراف**	18	7.2	8.0	1450	950	350	120	180	12	0.20	مياه نظيفة نسبيًا ذات ملوحة منخفضة، تأثير محدود للأنشطة البشرية
2	**قرب جسر الشطرة الشمالي**	20	7.3	7.2	1650	1050	380	130	200	15	0.25	بداية التأثر بالأنشطة الزراعية وتصريف مياه الري
3	**وسط مدينة الشطرة**	24	7.6	6.0	1900	1200	420	150	240	20	0.30	زيادة التلوث العضوي والبكتيري بسبب الصرف الصحي
4	**جنوب الشطرة – منطقة الصناعات الصغيرة**	27	7.8	5.0	2200	1450	470	180	290	25	0.40	ارتفاع الملوحة وتراكيز الكلوريد بسبب مياه البزل
5	**منطقة البدعة الزراعية**	30	7.9	4.3	2500	1600	500	200	340	32	0.45	مياه متأثرة بالأنشطة الزراعية المكثفة والأسمدة
6	**المصب – مدخل هور الحمار**	32	8.0	3.8	2750	1800	540	220	380	38	0.55	مياه مالحة وشبه راكدة، انخفاض DOوزيادة الأملاح الذائبة

المصدر :بالاعتماد على القياسات الميدانية والمخبرية لعام ٢٠٢٤ ومقارنتها بالمعايير (WHO, 2017؛ FAO, 2015؛ IQS 417, 2009).

- التدرج الطولي في نوعية المياه.

تُظهر نتائج القياسات الميدانية والمخبرية على طول مجرى شط الشطرة وجود تدرج طولي واضح في نوعية المياه يمتد من المنبع شمال قضاء الغراف حتى المصب عند هور الحمار، ويعكس هذا التدرج التفاعل المعقد بين العوامل الطبيعية (الهيدرولوجية والمناخية) والعوامل البشرية (الزراعية والحضرية والصناعية) التي تؤثر في الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه، ففي المنبع (المحطة ١)، تتميز المياه بخصائص جيدة نوعيًا إذ تكون الموصلية الكهربائية (EC) والأملاح الذائبة (TDS) منخفضة نسبيًا، ويبلغ تركيز الأوكسجين المذاب (DO) أعلى قيمه نتيجة لسرعة الجريان وتجدّد المياه، مما يجعلها أقرب إلى مواصفات WHO (2017) لمياه الشرب. ومع التوجه جنوبًا، تتزايد تدريجيًا تراكيز الأيونات الموجبة والسالبة مثل الصوديوم (Na^+)، الكلوريد(Cl^-) ، الكبريتات (SO_4^{2-}) والنترات(NO_3^-) ، وهو ما يشير إلى تأثير مياه البزل الزراعي والصرف الصحي القادم من المناطق الحضرية والزراعية على ضفتي النهر (AlHassan & Hassan, 2020 AlDabbas et al., 2016)، تزداد الملوحة والعسرة الكلية بصورة ملحوظة بين المحطة الرابعة والخامسة في منطقة البدعة الزراعية، حيث تسجل الموصلية الكهربائية أكثر من 2500 µS/cm، وتتجاوز TDS 1600 mg/L، وهي قيم تصنف المياه ضمن الملوحة العالية (C3–C4) وفق تصنيف FAO (2015) لمياه الري، مما يجعلها صالحة جزئيًا فقط للاستخدام الزراعي في الأراضي الجيدة الصرف. كما يلاحظ تناقص الأوكسجين المذاب (DO) تدريجيًا حتى يصل إلى 3.8 mg/L عند المصب، في حين يرتفع الأس الهيدروجيني (pH) نحو القاعدية الخفيفة (٨.٠) نتيجة لاستهلاك ثاني أوكسيد الكربون أثناء البناء الضوئي للنباتات المائية وتراكم الأملاح القاعدية.

يُظهر هذا التدرج الطولي علاقةً طردية بين الملوحة والأنشطة البشرية، حيث يتزامن ارتفاع EC وTDS و Na^+ و Cl^- مع زيادة مناطق الزراعة والصرف المنزلي، في حين تتراجع جودة المياه باتجاه الجنوب نتيجة قلة التصريف النهري وزيادة التبخر في ظل المناخ الجاف الحار (Iraqi Meteorological Organization, 2021) ، وتشير المقارنة بالمعايير القياسية إلى أن المياه في المقاطع العليا (المحطتان ١ و٢) تقع ضمن حدود الصلاحية لمياه الشرب والري، بينما في المقاطع الوسطى والدنيا (المحطات ٤–٦) تتجاوز القيم الحدود المسموح بها لبعض العناصر مثل الكلوريد والنترات والعسرة الكلية، مما يجعلها مياهًا متدهورة بيئيًا تتطلب معالجة وإدارة مستدامة.

إن التحليل المكاني للنتائج يوضح أن الاتجاه الطولي للجريان في شط الشطرة يمثل محورًا متزايدًا للتلوث، حيث تنتقل المياه من بيئة شبه طبيعية شمالًا إلى بيئة حضرية ملوثة وسطًا ثم إلى بيئة شبه مستنقعية جنوبًا. وقد أكدت دراسات مماثلة (AlShemmeri et al., 2019 Jaber, 2018) أن هذا النمط من التدرج المكاني هو سمة مميزة لمجاري الأنهار الجنوبية في العراق، إذ ترتفع تراكيز الأملاح والعناصر الذائبة تدريجيًا مع انخفاض سرعة الجريان وزيادة الاستعمالات البشرية، الأمر الذي يعكس الترابط المكاني بين النشاط البشري ونوعية المياه.

من خلال تحليل هذا التدرج يمكن تحديد المناطق الأكثر تدهورًا بيئيًا، وهي المحطات الرابعة إلى السادسة، ما يجعلها مناطق أولوية في برامج الإدارة البيئية الرامية إلى تحقيق الهدف السادس من أهداف التنمية المستدامة (SDG 6) المتعلق بالمياه النظيفة والصرف الصحي. وتُعد هذه النتائج أساسًا لرسم خرائط التوزيع

المكاني (GIS) التي تُظهر خطوط التدرج في الملوحة والعسرة والعناصر الذائبة، لتكون أداة فعالة في دعم القرار البيئي في محافظة ذي قار.

– تحليل ملاءمة مياه شط الشطرة للاستخدامات المختلفة (الشرب – الزراعة – الصناعة)

يتضح من الجدول أن مياه شط الشطرة صالحة نسبيًا للاستخدام الزراعي والصناعي البسيط، لكنها غير ملائمة تمامًا للشرب دون معالجة، وذلك بسبب تجاوز بعض المتغيرات للحدود القياسية، خصوصًا الكلوريد (Cl^-) والكبريتات (SO_4^{2-}) وارتفاع المواد الصلبة الذائبة (TDS) في المقاطع الوسطى والدنيا من المجرى.

الجدول (٦): تقييم ملاءمة مياه شط الشطرة للاستخدامات مقارنة بالمعايير العالمية والمحلية

رقم	المتغير (Parameter)	وحدة القياس	المعدل العام المقاس	الحد المسموح به للشرب (WHO, 2017)	الحد المسموح به للري (FAO, 2015)	الحد المسموح به الصناعي (IQS 417, 2009)	مدى الصلاحية	التفسير العلمي
1	درجة الحرارة (Temperature)	°C	27	≤ 35	≤ 40	≤ 35	صالحة	ضمن الحدود الطبيعية ولا تؤثر على الاستخدام
2	الأس الهيدروجيني (pH)	—	7.7	6.5–8.5	6.0–8.5	6.5–8.5	صالحة	ضمن المدى المثالي للتوازن القاعدي
3	الأوكسجين المذاب (DO)	mg/L	4.8	≥ 5	—	≥ 4	مقبولة جزئيًا	انخفاض نسبي في المقاطع السفلية بسبب قلة الجريان
4	التوصيلية الكهربائية (EC)	µS/cm	2200	≤ 1500	≤ 3000	≤ 2500	صالحة للري فقط	مرتفعة نسبيًا وتدل على ملوحة معتدلة–عالية
5	المواد الصلبة الذائبة (TDS)	mg/L	1350	≤ 1000	≤ 2000	≤ 1500	مقبولة للري والصناعة	مرتفعة عن حد الشرب لكنها مقبولة زراعيًا

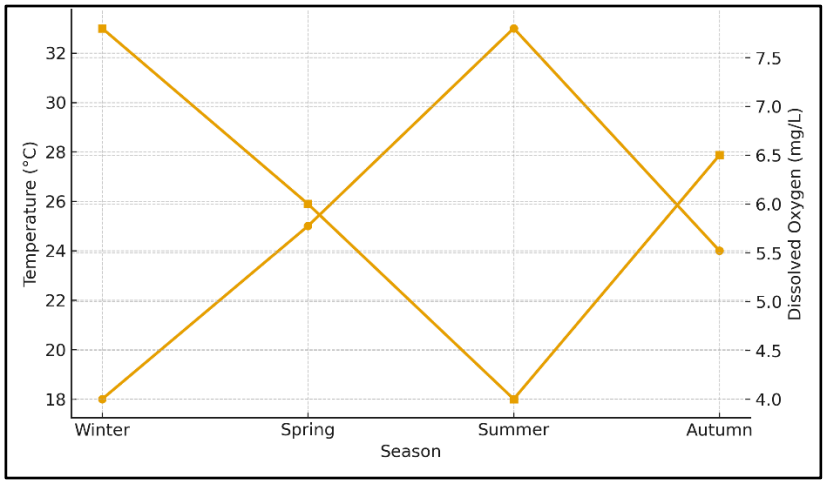
رقم	المتغير (Parameter)	وحدة القياس	المعدل العام المقاس	الحد المسموح به للشرب (WHO, 2017)	الحد المسموح به للري (FAO, 2015)	الحد المسموح به الصناعي (IQS 417, 2009)	مدى الصلاحية	التفسير العلمي
6	العسرة الكلية(TH)	mg/L $CaCO_3$	460	≤ 500	≤ 1000	≤ 500	صالحة	تقع ضمن المدى المتوسط إلى العالي للعسرة
7	الكالسيوم(Ca^{2+})	mg/L	130	≤ 200	≤ 400	≤ 200	صالحة	لا تمثل خطورة على الاستخدامات
8	المغنيسيوم(Mg^{2+})	mg/L	70	≤ 150	≤ 200	≤ 150	صالحة	ضمن الحدود الطبيعية
9	الصوديوم(Na^{+})	mg/L	190	≤ 200	≤ 920	≤ 200	صالحة جزئيًا	مقبول للشرب والري مع مراقبة مستمرة
10	الكلوريد(Cl^{-})	mg/L	280	≤ 250	≤ 600	≤ 250	غير صالحة للشرب	تجاوز الحد الأعلى، مؤشر تلوث ملحي
11	الكبريتات(SO_4^{2-})	mg/L	280	≤ 250	≤ 960	≤ 250	مقبولة للري فقط	زيادة طفيفة بسبب تبخر المياه
12	النترات(NO_3^{-})	mg/L	28	≤ 50	≤ 30	≤ 45	صالحة جزئيًا	مرتفعة محليًا بفعل الأسمدة الزراعية
13	الفوسفات(PO_4^{3-})	mg/L	0.35	≤ 0.5	≤ 2.0	≤ 1.0	صالحة	ضمن الحدود المقبولة عالميًا
14	البكتيريا القولونية الكلية (Total Coliform)	CFU/100ml	45	0	—	0	غير صالحة للشرب	تدل على تلوث بكتيري في المقاطع الحضرية
15	الملوحة الكلية (Salinity)	‰	1.4	≤ 1.0	≤ 2.0	≤ 1.5	صالحة للري فقط	ملوحة معتدلة تؤثر على المحاصيل الحساسة

المصدر :من إعداد الباحث بالاعتماد على نتائج التحليل الميداني والمخبري ومقارنتها بالمعايير (WHO, 2017؛ FAO, 2015؛ IQS 417, 2009).

وتشير النتائج إلى أن قيم pH، العسرة، والكالسيوم والمغنيسيوم تقع ضمن الحدود المثالية في معظم المحطات، مما يدل على توازن كيميائي عام، لكن ارتفاع الصوديوم والملوحة الكلية في الجنوب قد يؤدي إلى تدهور خصوبة التربة الزراعية عند الاستعمال

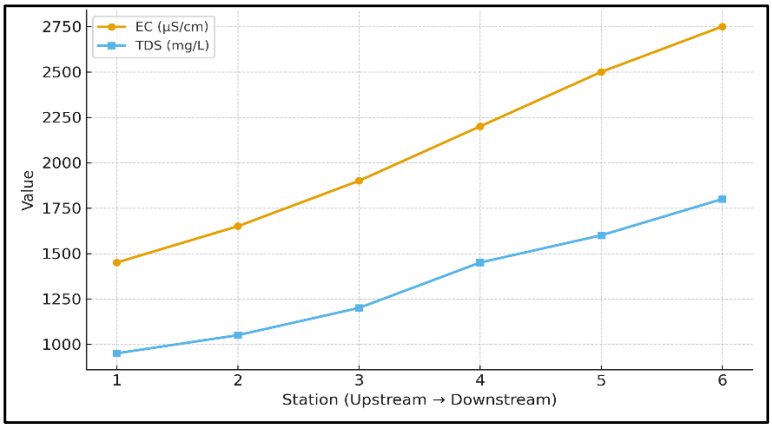
المتكرر (FAO, 2015) ، كما تبين أن الأوكسجين المذاب (DO) ينخفض في المقاطع السفلية، وهو مؤشر على تلوث عضوي ناجم عن تصريف المياه المنزلية والزراعية في مجرى الشط، حيث يتزامن ذلك مع ارتفاع البكتيريا القولونية الكلية (Total Coliform)لتتجاوز الحدود المسموح بها عالميًا(0 CFU/100ml) ، مما يجعل المياه غير صالحة للشرب وفق (2017) WHOو.(2009) IQS ، وتؤكد هذه النتائج أن مياه شط الشطرة تتأثر بوضوح بالتدرج المكاني والزماني، إذ تتدهور نوعيتها باتجاه المصب، كما تزداد ملوحتها خلال فصل الصيف بسبب قلة التصريف النهري وارتفاع التبخر، وهو ما يتطلب تبني سياسات إدارة مائية مستدامة تتضمن مراقبة دورية، وإنشاء محطات معالجة محلية، وتقليل تصريف مياه الصرف غير المعالجة إلى المجاري السطحية (AlHassan & Hassan, 2020 AlShemmeri et al., 2019)، إن تقييم صلاحية المياه وفق هذه المعايير يشير إلى إمكانية استخدامها للري في الأراضي متوسطة النفاذية بشرط المراقبة المستمرة للأملاح، بينما تحتاج مياه الشرب إلى معالجة فيزيائية وكيميائية قبل الاستعمال البشري لضمان مطابقتها للحدود الصحية العالمية، وهذا يتوافق مع ما أشار إليه AlDabbas et al. (2016)في تقييمه لنوعية مياه نهر دجلة في جنوب العراق، حيث لاحظ أن تدهور الجودة يرتبط مباشرة بانخفاض التصريف وارتفاع النشاط البشري على ضفاف الأنهار.

شكل (2) التباين الفصلي في درجة حرارة المياه والأوكسجين المذاب في شط الشطرة



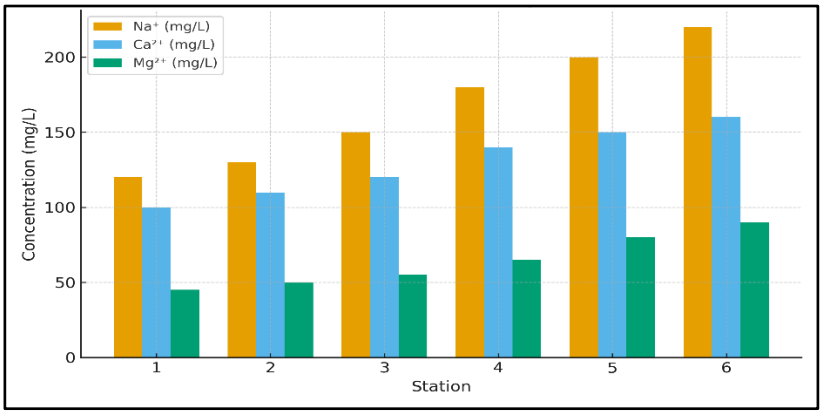
يوضح الشكل العلاقة العكسية بين درجة الحرارة وكمية الأوكسجين المذاب خلال فصول السنة، حيث تنخفض قيم الأوكسجين المذاب مع ارتفاع درجة الحرارة صيفًا بسبب زيادة التبخر وضعف الجريان.

شكل(٣) التغير الطولي في الموصلية الكهربائية (EC) والمواد الصلبة الذائبة (TDS)على طول مجرى شط الشطرة



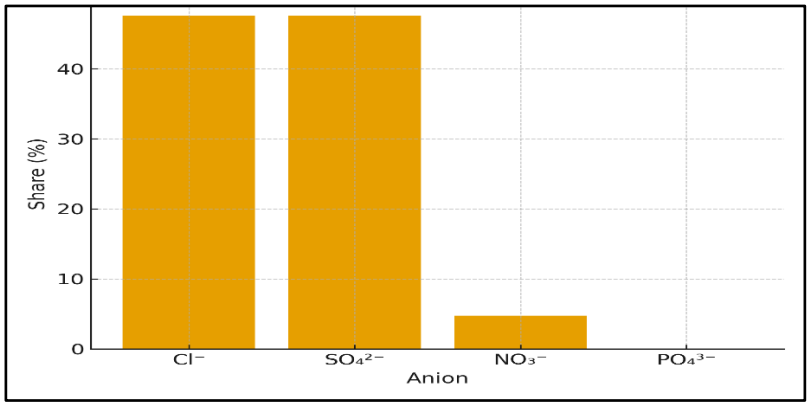
يظهر من الشكل ارتفاع تدريجي في قيم EC و TDSمن المنبع إلى المصب، مما يعكس تزايد الملوحة باتجاه الجنوب نتيجة تداخل مياه البزل الزراعي وقلة التصريف النهري.

شكل(4) تراكيز الكاتيونات الرئيسة Na^+ ، Ca^{2+}، Mg^{2+} على طول مجرى شط الشطرة



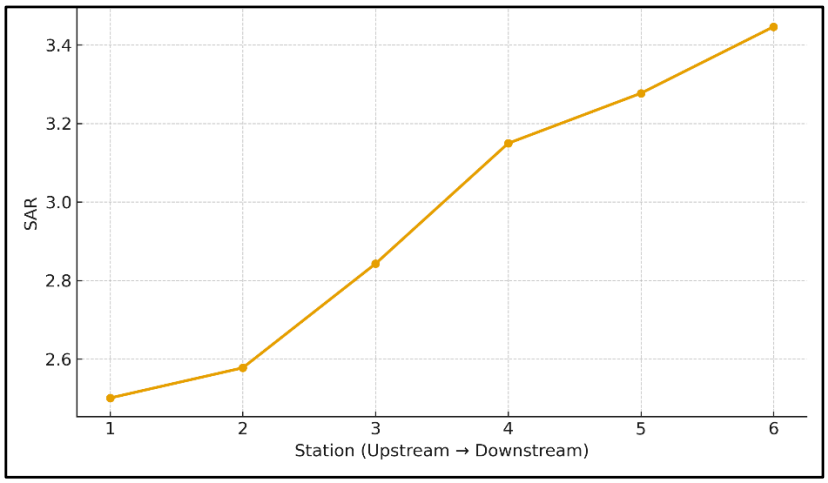
يوضح الشكل التغير في تراكيز الأيونات الموجبة بين المحطات الست، حيث يزداد تركيز الصوديوم بصورة ملحوظة في المقاطع الوسطى والدنيا نتيجة الأنشطة الزراعية

شكل(5) التركيب النسبي للأنيونات Cl^- ، SO_4^{2-}، NO_3^- ، PO_4^{3-} في مياه شط الشطرة



يبيّن الشكل أن أيون الكلوريد يشكل النسبة الأعلى من الأيونات السالبة يليه الكبريتات، مما يشير إلى سيادة التلوث الملحي في المياه السطحية.

شكل(6) نسبة امتزاز الصوديوم (SAR) على طول مجرى شط الشطرة



يعرض الشكل التدرج الطولي لقيم SAR بين المحطات، ويُلاحظ ارتفاعها في المقاطع السفلية لتصنيف المياه ضمن الفئة متوسطة الملوحة والقلوية حسب معايير FAO (2015).

خامسا: الاستنتاجات.

١. تباين نوعية المياه زمانيًا ومكانيًا، أظهرت النتائج وجود تدرج واضح في الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه شط الشطرة، إذ تتدهور نوعية المياه تدريجيًا من المنبع شمالًا إلى المصب جنوبًا، ويزداد التدهور خلال فصل الصيف بسبب ارتفاع درجات الحرارة وقلة التصريف النهري.

٢. ارتفاع الملوحة والعسرة الكلية، سجّلت الموصلية الكهربائية والمواد الصلبة الذائبة والعسرة الكلية قيمًا مرتفعة نسبيًا في المقاطع الوسطى والدنيا من الشط، مما يشير إلى تأثير مياه البزل الزراعي وتبخر المياه، مع تجاوز بعض القيم للحدود القياسية لمياه الشرب وفق WHO (2017).

٣. تأثير الأنشطة البشرية المباشر، تبين أن الأنشطة الحضرية والزراعية، وخاصة تصريف مياه الصرف الصحي والأسمدة، تمثل المصدر الرئيس للتلوث في المياه،

وهو ما انعكس بارتفاع تركيزات الكلوريد والنترات والبكتيريا القولونية في المناطق المأهولة.

٤. صلاحية محدودة للاستخدامات، تُعد مياه شط الشطرة صالحة جزئيًا للري والصناعة البسيطة ضمن الأراضي الجيدة الصرف، لكنها غير صالحة للشرب دون معالجة بسبب تجاوز بعض المؤشرات الكيميائية والبيولوجية للحدود المسموح بها.

٥. أهمية الإدارة المائية المستدامة، أكدت الدراسة ضرورة اعتماد برامج رصد ومعالجة دورية وتحسين كفاءة شبكات الصرف الزراعي والصحي للحد من تدهور المياه، تحقيقًا للهدف السادس من أهداف التنمية المستدامة (SDG 6) المتعلق بتوفير المياه النظيفة والصرف الصحي الآمن.

- **التوصيات**

١. إنشاء محطات معالجة محلية لمياه الصرف الصحي قبل تصريفها في شط الشطرة، مع مراقبة مستمرة لنوعية المياه في مناطق التصريف الحضرية لتقليل التلوث العضوي والبكتيري.

٢. تطبيق نظام رصد بيئي دوري (Monitoring Program) يشمل القياسات الفصلية للخصائص الفيزيائية والكيميائية، وربط النتائج بقاعدة بيانات GIS لتتبع التغيرات الزمانية والمكانية في نوعية المياه.

٣. تقنين استخدام الأسمدة والمبيدات الزراعية في الأراضي المجاورة للشط وتشجيع الممارسات الزراعية المستدامة للحد من التلوث النيتروجيني والفوسفاتي.

٤. تحسين إدارة الموارد المائية من خلال زيادة الإطلاقات المائية في موسم الجفاف، وتطوير شبكات البزل لتقليل تراكم الأملاح والملوحة في مياه الشط والتربة الزراعية.

٥. تعزيز التعاون المؤسسي والبحثي بين دوائر البيئة والموارد المائية والجامعات لوضع خطة متكاملة لإدارة نوعية المياه، بما ينسجم مع الهدف السادس من أهداف

التنمية المستدامة (SDG 6) الهادف إلى ضمان مياه نظيفة وصرف صحي آمن للجميع.

قائمة المراجع

١. أحمد محسن الشمري، فاضل محمود المنصور، ورعد محمود رشيد .(2019) .تأثير الأنشطة البشرية في نوعية المياه في سهل بلاد ما بين النهرين الجنوبي .مجلة العلوم البيئية للأرض، ٧٨(14)، 427.٤١٨–

٢. قيس ياسين الكبيسي، ونبيل عبد الله ناصر .(2018) .الخصائص الرسوبية والمعدنية للرواسب الحديثة في جنوب العراق .مجلة أبحاث البصرة (العلوم)، ٤٤(2)، 110.٩٥–

٣. محمد علي الدباس، عبد الجبار الخفاجي، وعلي إبراهيم الجبوري .(2016) .التقييم الهيدروكيميائي لمياه نهر دجلة في جنوب العراق .المجلة العربية لعلوم الأرض، ٩(12)، 12.١–

٤. محمد عبد الله المشهدي، محمد طارق العبيدي، وحسن جبار سلمان .(2019) .ملوحة التربة وتدهور الأراضي الزراعية في جنوب العراق .المجلة العراقية للعلوم الزراعية، ٥٠(6)، 1562.١٥٥٠–

٥. الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية .(2009) .المواصفة القياسية العراقية رقم ٤١٧: مياه الشرب – التحديث الثاني .بغداد: وزارة التخطيط.

٦. الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي .(2021) .التقرير المناخي للعراق الجنوبي–2000) .(2020بغداد: وزارة النقل.

References

1. AlDabbas, Mohammed Ali, AlKhafaji, Abdul Jabbar, & AlJuboury, Ali Ibrahim. (2016). Hydrochemical assessment of the Tigris River water in southern Iraq. *Arabian Journal of Geosciences, 9*(12), 1–12.
2. AlHassan, Zahraa Kadhim, & Hassan, Abdul Amir. (2020). Evaluation of surface water quality in Dhi Qar Governorate using the Water Quality Index (WQI). *Iraqi Journal of Science, 61*(9), 2330–2343.
3. AlKubaisi, Qais Yassin, & Nasser, Nabil Abdullah. (2018). Sedimentological and mineralogical characteristics of recent deposits in southern Iraq. *Journal of Basrah Researches (Sciences), 44*(2), 95–110.
4. AlMashhady, Mohammed Abdullah, AlObaidi, Mohammed Tariq, & Salman, Hassan Jabbar. (2019). Soil salinity and agricultural land degradation in southern Iraq. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences, 50*(6), 1550–1562.
5. AlShemmeri, Ahmed Mohsen, AlMansour, Fadel Mahmood, & Rasheed, Raad Mahmood. (2019). Human activities impact on water quality in the southern Mesopotamian plain. *Environmental Earth Sciences, 78*(14), 418–427.
6. American Public Health Association (APHA). (2012). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (22nd ed.). Washington, D.C.: APHA Press.
7. Central Organization for Standardization and Quality Control. (2009). *Iraqi Standard No. 417: Drinking Water – Second Update.* Baghdad: Ministry of Planning.
8. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2015). *Irrigation Water Quality Guidelines for Agriculture.* Rome: FAO Water Reports.
9. General Authority for Meteorology and Seismic Monitoring. (2021). *Climatic Report of Southern Iraq (2000–2020).* Baghdad: Ministry of Transportation.
10. Iraqi Meteorological Organization. (2021). *Climatic Data Report for Southern Iraq (2000–2020).* Baghdad: Ministry of Transportation.
11. Jaber, Abdul Hameed Hassan. (2018). Assessment of temporal variation in surface water quality in southern Iraq. *Journal of Environmental Hydrology, 26*(7), 1–10.
12. Jassim, Suhail Zeki, & Goff, John Charles. (2006). *Geology of Iraq.* Prague: Dolin Publishing and Moravian Museum, Brno.
13. World Health Organization (WHO). (2017). *Guidelines for DrinkingWater Quality: Fourth Edition Incorporating the First Addendum.* Geneva: World Health Organization.