Journal Of the Iraqia University (76-2) 31 – May (2026)

ISSN(Print): 1813-4521 OnLine ISSN:2663-7502
Journal Of the Iraqia University
available online at
https://iasj.rdd.edu.iq/journals/journal/view/247

اثر تملح التربة على الأراضي الزراعية في محافظة المثنى باستعمال تقنيات التعلم الآلي وسيناريوهات CMIP6

ا.م. د. سراء عبد طه العذاري

كلية التخطيط العمراني - جامعة الكوفة

The impact of soil salinization on agricultural lands in Al-Muthanna Governorate using machine learning techniques and CMIP6 scenarios

saraa.dhaif@uokufa.edu.iq

المستخلص

تعد ظاهرة تملح التربة من أبرز التحديات التي تهدد استدامة الزراعة في محافظة المثنى، اذ تتداخل العوامل الطبيعية المتمثلة في المناخ الجاف والتبخر الشديد مع العوامل البشرية المتمثلة في سوء إدارة الموارد المائية وضعف شبكات البزل. اعتمدت البحث على تكامل البيانات الحقلية (١٣٥ عينة تربة) مع مرئيات الأقمار الصناعية(Sentinel-2 ، Landsat 8) وتوظيف خوارزميات التعلم الآلي(Random Forest ، SVM) ونماذج الانحدار الجغرافي الموزون (GWR) وتحليل المكونات الرئيسية (PCA) ونمذجة المعادلات الهيكلية (SEM) إلى جانب نماذج المحاكاة المكانية (CA–Markov) وسيناريوهات التغير المناخي CMIP6 للتنبؤ بحالة التربة حتى عام ٢٠٥٠. أظهرت النتائج تفوق خوارزمية الغابة العشوائية في رسم خرائط الملوحة بدقة بلغت ٩٤.٢٪، وسجل قضاء الخضر أعلى متوسط ملوحة(22.45 dS/m) ، كما بيّن نموذج GWR أن زيادة الملوحة بمقدار ١ dS/m تؤدي إلى فقدان ٣.٨٪ من إنتاجية القمح فوق عتبة ٤.٥ dS/m. كشف تحليل PCA أن العوامل البشرية والهيدروليكية تسهم بنسبة ٤٢.٢٧٪ في ظاهرة التملح متقدمة على العوامل الطبيعية، وتوقع نموذج CA–Markov توسع الأراضي شديدة التملح جداً بنسبة ٦٥.٦٪ بحلول ٢٠٥٠ تحت سيناريو SSP5–8.5. تقدم البحث إطاراً متكاملاً يجمع بين الاستشعار عن بعد والتعلم الآلي والنمذجة المستقبلية لدعم سياسات التكيف والاستصلاح فضلا عن استخدام أدوات تنبؤية دقيقة تدعم صنع القرار لاستصلاح الأراضي وتعزيز التكيف مع التغير المناخي لضمان الأمن الغذائي في المحافظة.

الكلمات المفتاحية :تملح التربة، التعلم الآلي، الانحدار الجغرافي الموزون،سيناريوهات CMIP6

Abstract:

Soil salinization is one of the most significant challenges threatening the sustainability of agriculture in Muthanna Governorate, where natural factors—such as a dry climate and high evaporation—interact with human factors, including poor water resource management and inadequate drainage networks. The study integrated field data (135 soil samples) with satellite imagery (Sentinel-2, Landsat 8) and employed machine learning algorithms (Random Forest, SVM), weighted geographic regression (GWR) models, principal component analysis (PCA), structural equation modeling (SEM), spatial simulation models (CA Markov), and CMIP6 climate change scenarios to predict soil conditions through 2050. The results demonstrated the superiority of the Random Forest algorithm in mapping salinity with an accuracy of 94.2%; Al-Khader District recorded the highest average salinity (22.45 dS/m). The GWR model indicated that a 1 dS/m increase in salinity leads to a 3.8% loss in wheat productivity above the 4.5 dS/m threshold. PCA analysis revealed that human and hydrological factors contribute 42.27% to the salinization phenomenon, surpassing natural factors. The CA Markov model predicted a 65.6% expansion of highly saline lands by 2050 under the SSP5.8.5 scenario. The study provides an integrated framework combining remote sensing, machine learning, and future modeling to support adaptation and land reclamation policies. It also offers accurate predictive tools to inform decision-making for land reclamation and enhance adaptation to climate change, thereby ensuring food security in the governorate

Keywords: soil salinization; machine learning; weighted geographic regression; CMIP6 scenarios; Muthanna Governorate.

المقدمة :

تعد ظاهرة تملح الترب في محافظة المثنى واحدة من أخطر التحديات البيئية التي تواجه استدامة النظم الزراعية والأمن الغذائي، اذ تمثل المحافظة نموذجاً حرجاً للأراضي المتأثرة بالتدهور النوعي في منطقة السهل الرسوبي في الجزء الجنوبي من البلاد. إن مشكلة التملح في هذه المناطق ليست وليدة اللحظة، بل هي نتاج تراكمي لعوامل طبيعية ترتبط بالمناخ الصحراوي الجاف الذي يتسم بمعدلات تبخر عالية جداً تتجاوز بكثير معدلات الأمطار السنوية، مما يحفز الخاصية الشعرية في سحب الأملاح الذائبة من المياه الجوفية القريبة من السطح وترسيبها في الطبقات العليا للتربة. تتفاقم هذه الأزمة نتيجة تداخلها مع عوامل بشرية وهيدرولوجية معقدة، أبرزها تدني جودة مياه الري القادمة عبر نهر الفرات وشط الرميثة، حيث ترتفع الملوحة في ذنائب هذه الجداول لتصل إلى مستويات حرجة تتراوح بين ٢.٥ إلى ٤.٦ dS/m بحلول وصولها إلى المناطق الجنوبية. إن هذا التدهور لا يقتصر على الجانب الكيميائي فحسب، بل يمتد ليدمر بناء التربة ويفقدها خصوبتها، مما أدى إلى خروج ما يقرب من ٢٠-٣٠٪ من دائرة الانتاج الزراعي من الأراضي الزراعية في السهل الرسوبي العراقي، بينما تشير الإحصاءات الحديثة إلى أن نحو ٧٠٪ من الأراضي المروية في البلاد تعاني من درجات متفاوتة من التملح، وهو ما يهدد استدامة محاصيل استراتيجية كالقمح والشعير التي تشكل عماد الاقتصاد الريفي في المثنى. ومع تصاعد حدة التغير المناخي العالمي، وتوقعات CMIP6 التي تشير إلى ارتفاع درجات الحرارة وانخفاض الحصص المائية، اذ يصبح الاعتماد على التقنيات التقليدية في مراقبة التربة غير كافٍ، مما يستوجب الانتقال نحو حلول تقنية متقدمة تدمج الاستشعار عن بعد مع خوارزميات التعلم الآلي والنمذجة الإحصائية المكانية لضمان فهم أعمق للديناميكية الزمانية والمكانية للملوحة ووضع خرائط طريق دقيقة للاستصلاح المستدام.

اولا- مشكلة البحث

يلاحظ ان مشكلة تملح التربة في محافظة المثنى في تسارع ملحوظ ، وتأثير ذلك السلبي والمباشر على إنتاجية المحاصيل الاستراتيجية في ظل غياب رؤية تنبؤية مستقبلية تعتمد على البيانات الرقمية والنماذج الإحصائية. وتتبلور المشكلة في التساؤلات الآتية:

١. ما هي أنماط التغير المكاني والزماني لملوحة التربة في محافظة المثنى للمدة (٢٠١٠-٢٠٢٦)، وكيف تساهم خوارزميات التعلم الآلي (RF, SVM) في رفع دقة خرائط التملح؟

٢. ما هي العلاقة الإحصائية المكانية بين مستويات الملوحة وإنتاجية محاصيل الحبوب(القمح والشعير)، وأين تكمن عتبة الانهيار الإنتاجي (Threshold) في أقضية المحافظة؟

٣. ماهي سيناريوهات التغير المناخي (CMIP6) ومخاطر التملح في أراضي المحافظة بحلول عام ٢٠٥٠ ووفقاً لنماذج الأوتوماتا الخلوية؟

ثانيا-فرضية البحث

١. توجد تباينات مكانية وزمانية ذات دلالة إحصائية في مستويات ملوحة التربة، وتتفوق خوارزمية الغابة العشوائية (Forest Random) على آلات دعم المتجهات (SVM) في دقة التنبؤ بالملوحة بناءً على المؤشرات الطيفية المستخلصة من Sentinel-2.

٢. هناك علاقة عكسية قوية وغير مستقرة مكانياً بين ملوحة التربة وإنتاجية المحاصيل، حيث تتباين استجابة المحاصيل (القمح والشعير) للملوحة بين أقضية السماوة والرميثة والخضر نتيجة اختلاف العوامل المحلية.

٣. يؤدي سيناريو الانبعاثات العالية (SSP5-8.5) إلى توسع في مساحة الأراضي المتملحة بحلول عام ٢٠٥٠، مما يهدد بتحويل مساحات واسعة من الأراضي الزراعية الحالية إلى أراضي "سبخة" غير منتجة.

ثالثا-أهمية البحث

تكمن أهمية البحث من ضرورة التعرف على ظاهرة الملوحة التي تعد اكبر مهدد بيئي يواجه الاراضي الزراعية وبالإمكان تعدادها كالاتي:

- **الأهمية العلمية:** توظيف تقنيات متطورة (Algorithms, GWR, SEM Learning) في الدراسات الجغرافية والتخطيطية والزراعية، مما يفتح آفاقاً جديدة لمنهجية الأبحاث الأكاديمية.
- **الأهمية الاستراتيجية:** المساهمة في وضع سياسات التكيف مع التغير المناخي بناءً على سيناريوهات CMIP6 المعتمدة دولياً لضمان الأمن الغذائي المستقبلي.

رابعا-أهداف البحث

:-يسعى البحث إلى تحقيق الأهداف الآتية:

١. رصد الديناميكية المكانية لملوحة التربة في المثنى وتحليل اتجاهاتها عبر اختبار Mann–Kendall للمدة ٢٠١٠–٢٠٢٦.

٢. قياس الأثر الكمي للملوحة على المحاصيل وتحديد نقاط الانهيار الإنتاجي باستخدام الانحدار الجغرافي الموزون (GWR)و تحديد المسببات الرئيسية للتملح.

٣. بناء نموذج تنبؤي مكاني لمخاطر التملح المستقبلية لعام ٢٠٥٠ لدعم التخطيط المستدام في مطقة البحث.

خامسا منهجية البحث

تعتمد المنهجية على تكامل البيانات الحقلية (Ground Truth) مع البيانات المستمدة من الاستشعار عن بعد (Remote Sensing) لضمان أعلى مستويات الدقة المطلوبة تتلخص الخطوات في عدة نقاط:

١. جمع عينات تربة عشوائية منتظمة من أقضية (السماوة، الرميثة، الخضر) من العمق السطحي (٠-٣٠ سم)، وقياس الملوحة (EC) والخصائص الفيزيائية والكيميائية معا.

٢. معالجة مرئيات الأقمار الصناعية (Sentinel-2, Landsat 8) واستخراج مؤشرات الملوحة (SI, NDSI) ومؤشرات الغطاء النباتي (NDVI).

٣. بناء النماذج التنبؤية باستخدام خوارزميات (RF, SVM) لربط القيم الحقلية بالقيم الرقمية للصور، مع إجراء تقييم للدقة عبر مقاييس R^2 وRMSE.

٤. تطبيق التحليل الإحصائي المتقدم (GWR) لدراسة العلاقات المكانية، وتحليل المكونات الرئيسية (PCA) لتقليص الأبعاد، ونموذج CA–Markov للتنبؤ المستقبلي.

سادسا حدود منطقة البحث:-

تقع محافظة المثنى في الجزء الجنوبي الغربي من الجمهورية العراقية، وهي تمثل جزءاً مهماً من منطقة السهل الرسوبي الجنوبي، حيث تحدها من الشمال محافظة القادسية، ومن الشرق محافظة ذي قار، ومن الغرب الحدود الدولية مع المملكة العربية السعودية، ومن الجنوب محافظة البصرة. فلكياً، تمتد المحافظة بين دائرتي عرض (٢٩° ٠٠' – ٣١° ٣٠' شمالاً) وخطي طول (٤٤° ٠٠' – ٤٦° ٣٠' شرقاً)، مما يضعها ضمن نطاق المناخ الصحراوي الجاف الذي يتسم بارتفاع معدلات التبخر وشح الأمطار. تتكون المحافظة إدارياً من اربعة أقضية رئيسية هي: قضاء السماوة (مركز المحافظة)، وقضاء الرميثة، وقضاء الخضر، وقضاء السلمان إضافة إلى عدة نواحٍ تتبع لهذه الاقضية. تكمن الأهمية الجغرافية للمحافظة في كونها تقع في نهاية الحوض الرسوبي لنهر الفرات، حيث تصل إليها المياه عبر شط الرميثة والجداول الفرعية بعد أن تقطع مسافات طويلة، مما يؤدي إلى تدني جودة المياه وارتفاع ملوحتها نتيجة التبخر والاستخدامات المتعددة والمكثفة على طول النهر. هذا الموقع الجغرافي الذي يقترن بضحالة المياه الجوفية ومناسبيها (التي تقل عن ١٠٠-١٤٠ م في أجزاء واسعة من القضاء الجنوبي) وطبيعة التربة الطينية الثقيلة، يجعل المحافظة بؤرة رئيسية لتفاقم ظاهرة التملح، حيث تتراكم الأملاح في الطبقات السطحية بفعل الخاصية الشعرية وضعف شبكات البزل، مما يحول الموقع الجغرافي إلى مضاعفة المشكلة البيئية التي يعاني منها القطاع الزراعي.،لذلك ارتى الباحث ان تكون منطقة البحث للمناطق التي يمر بها المياه السطحية فقط اضافة الى كبر مساحة قضاء السلمان والتي تستخدم فيه المياه الجوفية والذي لا يمكن تغطية دراسته الا بعدد كبير من النماذج.

الخريطة (١)موقع محافظة المثنى والوحدات الادارية.

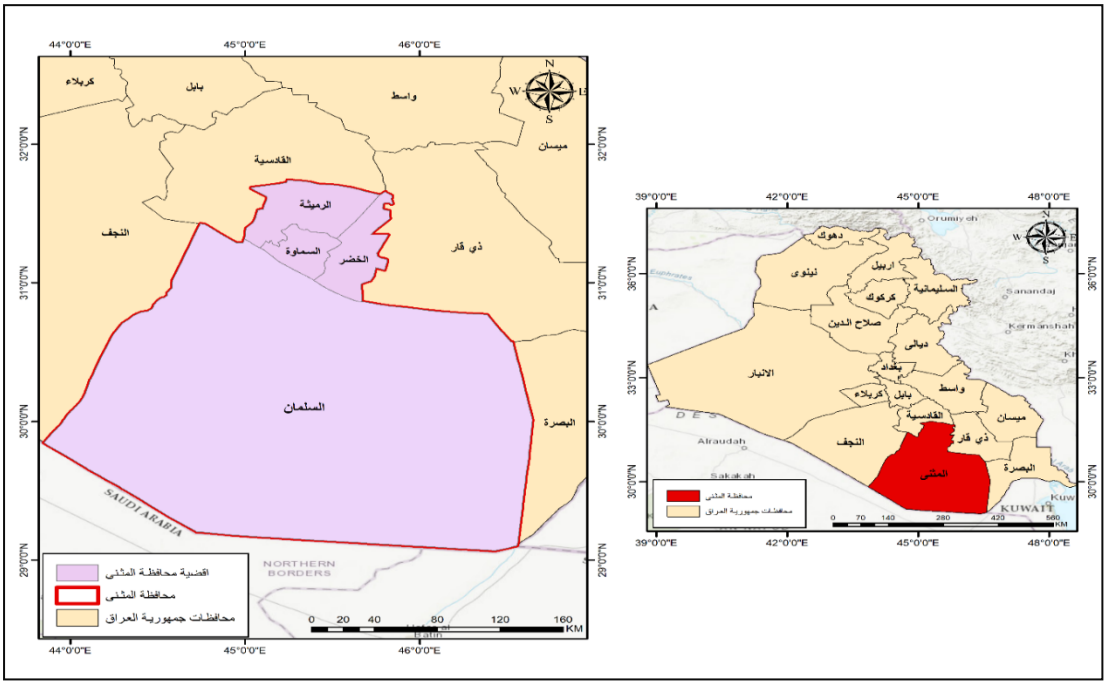
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على خريطة جمهورية العراق – لعام ٢٠٢٣ م مقياس ١/ ٥٠.٠٠٠ –وزارة الموارد المائية العراقية بواسطة برنامج Arc gis10.8

المبحث الاول: اثر الملوحة على استعمالات الاراضي الزراعية في منطقة البحث

اولا- استعمالات الارض في محافظة المثنى (اقضية السماوة والحضر و الرميثة)

تعد استعمالات الارض الزراعية في المنطقة من الاستعمالات المهمة في منطقة البحث والتي تزرع بمحاصيل استراتيجية تتمثل بمحاصيل (الرز والقمح والشعير) من عام (٢٠١٥-٢٠٢٥)كما موضح في الجدول (١) والشكل(١) ويلاحظ ان هناك تذبذب في كمية الانتاج بين سنوات البحث فضلا عن متوسط الغلة ومساحات الارض المزروعة

- محصول القمح: سُجلت أعلى كمية إنتاج في عام ٢٠١٥ (٨٩,٣٠٩ طن) رغم أن المساحة المزروعة لم تكن هي الأكبر، وذلك بسبب زيادة في متوسط غلة الدونم التي بلغت حوالي (٥٥٧.٢ كغم/دونم). أما في عام ٢٠٢٥، فنلاحظ انخفاضاً حاداً في المساحة المزروعة بالقمح حيث بلغت (298.7)دونم تقريباً نصف مساحة عام (٢٠١٠)ومعظم الاسباب تعود الى عدم وجود رؤى رقمية لدى الفلاح خريطة(٢).
- محصول الشعير: حافظ محصول الشعير على استقرار نسبي في المساحات المزروعة، لكن الإنتاج تذبذب بناءً على جودة الغلة، حيث كان عام ٢٠١٥ هو "العام المثالي" للإنتاج اذ بلغ (٥٤,٩١٨ طن).
- محصول

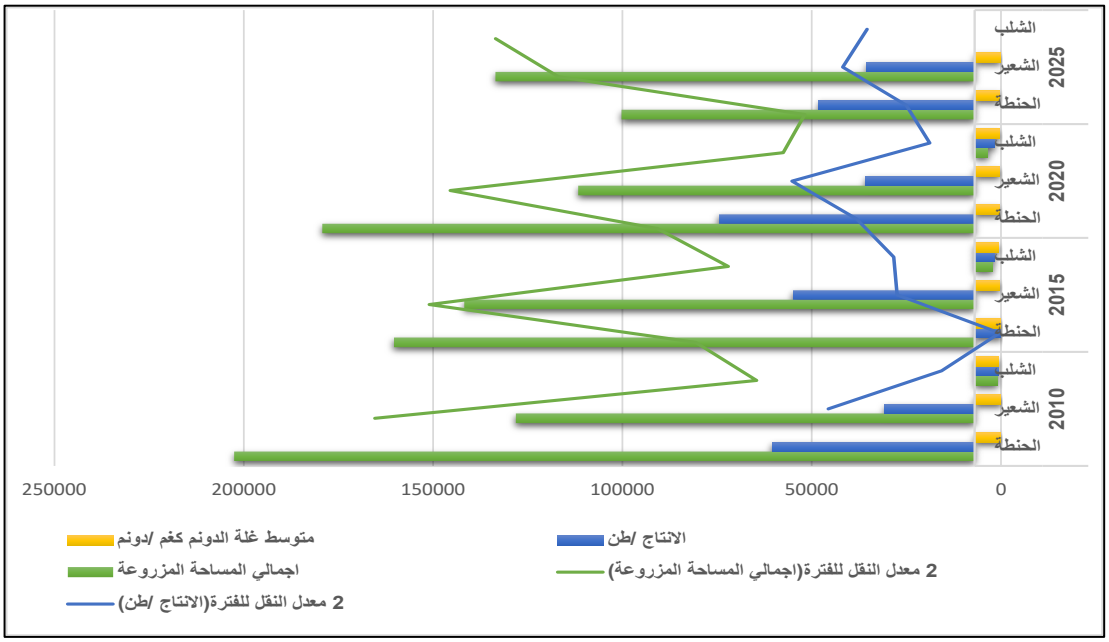


الرز: يلاحظ تصاعد تدريجي في المساحة والإنتاج حتى عام ٢٠٢٠، ولكن البيانات تشير إلى انقطاع أو عدم توفر بيانات لعام ٢٠٢٥، والسبب يعود الى تحديات مائية أو تغييرات في السياسة الزراعية لهذا المحصول تحديداً.ان الإنتاج بالطن يتم حسابه عادة بضرب المساحة في الغلة وتقسيم الناتج على ١٠٠٠، وهي المعادلة التي تظهر بوضوح في أرقام الجدول.ان تغير المساحات لها سبب اخر هو استبعاد المساحات "المتضررة" أو "التي لم تحصد" إذا كانت البيانات تفرق بين المساحة المزروعة والمساحة المحصودة، لأن الإنتاج الفعلي يُحسب على المساحة المحصودة.

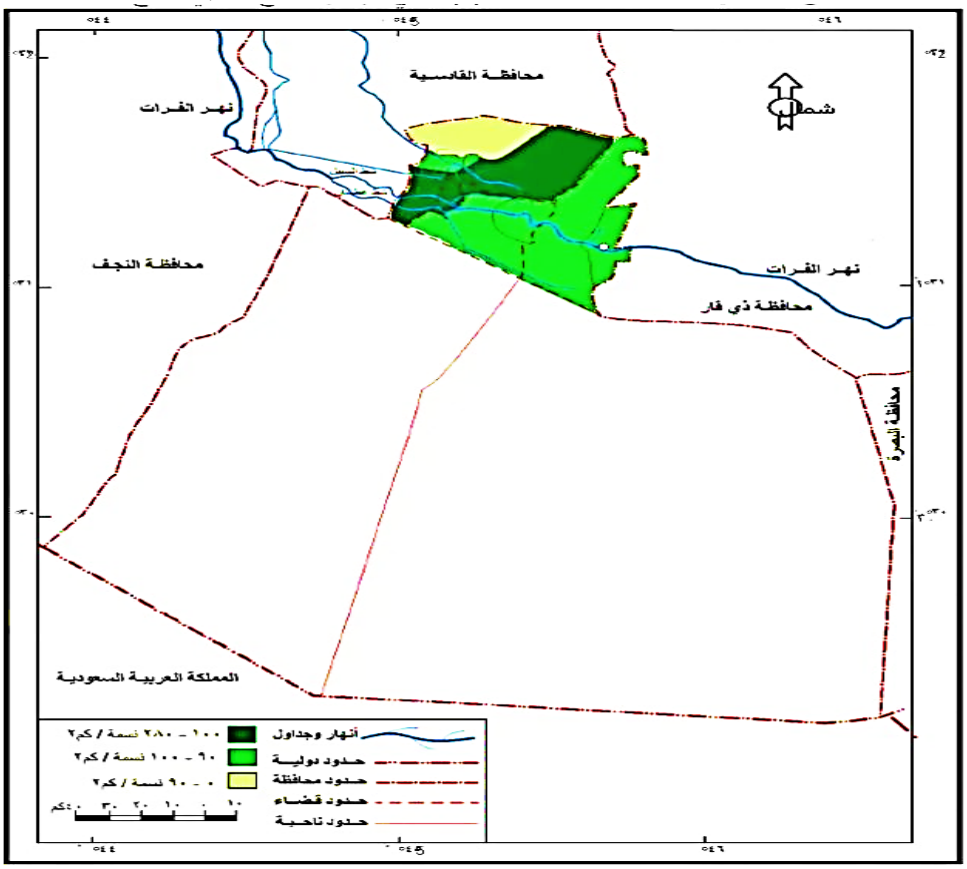
جدول (١)المحاصيل الحبوب المساحة المزروعة ومتوسط الغلة والإنتاج في محافظة المثنى

السنة	المحصول	اجمالي المساحة المزروعة	متوسط غلة الدونم كغم /دونم	الانتاج /طن
٢٠١٠	القمح	202582	298.7	60505
	الشعير	128138	239.5	30694
	الرز	1039	695	668.9
٢٠١٥	القمح	160293	557.2	89309
	الشعير	141758	387.4	54918
	الرز	2240	769.6	1724
٢٠٢٠	القمح	179241	415.6	74490
	الشعير	111633	321.3	35863
	الرز	3415	534.4	1825
٢٠٢٥	القمح	100185	481.0	48188
	الشعير	133496	265.1	35396
	الرز	-	-	-

المصدر: بالاعتماد على البيانات مديرية زراعة محافظة المثنى ،قسم الاحصاء بيانات غير منشورة جدول (١)المحاصيل الحبوب المساحة المزروعة ومتوسط الغلة والانتاج في محافظة المثنى



من عمل الباحثة بالاعتمادعلى جدول (١)الخريطة (٢) استعمالات الارض في محافظة المثنى.



مصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على خريطة جمهورية العراق وزارة الموارد المائية العراقية بواسطة برنامج Arc gis10.8

ثانيا-التغيرات المكانية والزمانية لملوحة التربة (٢٠١٠-٢٠٢٥) باستخدام خوارزميات التعلم الآلي

تعد دراسة التغيرات المكانية والزمانية لملوحة التربة في محافظة المثنى من الركائز الأساسية لفهم مسارات التدهور البيئي للترب، حيث تم الانتقال من المراقبة التقليدية إلى دمج التكنولوجيا المتقدمة لضمان دقة الرصد في بيئة تتسم بالتعقيد تم دراسة المدة الممتدة من(٢٠١٠- ٢٠٢٦) لرصد التحولات العميقة التي طرأت على تربة المحافظة نتيجة تذبذب الموارد المائية وتصاعد حدة الجفاف. بدلاً من الاكتفاء بالتحليل البصري للصور الفضائية(١)و (٢)تم استخدام خوارزمية الغابة العشوائية (Random Forest) وآلات دعم المتجهات (SVM)

التحليل البصري للصور الفضائية(١)　　التحليل البصري للصور الفضائية(٢)

(SI)

ومؤشر

الملوحة التفاضلي القياسي (NDSI) **(عواش، ٢٠٢٤،ص٣٩٥)**إن ميزة خوارزمية RF تكمن في قدرتها على التعامل مع المتغيرات غير الخطية وتصنيف التربة بناءً على أهمية كل حزمة طيفية، مما يقلل من الخطأ التنبئي (RMSE) ويجعل الخرائط الناتجة تعبيراً حقيقياً عن الواقع الميداني. وفي إطار رصد الاتجاهات الزمانية، تم تطبيق اختبار Mann–Kendall الإحصائي، وتم تحديد المناطق التي تعاني من "اتجاه تدهور تصاعدي" (Upward Trend) معنوي إحصائياً اذ أظهرت النتائج أن أراضي جنوب المحافظة في قضاء الخضر سجلت أعلى قيم للزيادة السنوية في الملوحة نتيجة انخفاض مناسيب المياه وتراكم الأملاح في الطبقة السطحية. هذا المحور لا يرسم خارطة للملوحة فحسب، بل يحلل "السلوك المكاني" للملوحة كظاهرة ديناميكية تتبدل مع تبدل المواسم الزراعية، حيث ترتفع الملوحة بشكل حاد في فترات الصيف (التبخر الشديد) وتنخفض نسبياً في الشتاء نتيجة الأمطار الشحيحة التي تقوم بغسل جزئي للأملاح من السطح إلى الأعماق.**(جميل ، ٢٠٢٤،ص١٠١٢)** إن دمج هذه التقنيات يضمن الحصول على خرائط رقمية بدقة مكانية (١٠ متر) وزمانية عالية.يلاحظ التحليل المنهجي لنتائج جدول (٢) حالة التباين المكاني في مستويات تملح التربة بين أقضية منطقة البحث، وهي بيانات تمثل "الحقيقة الأرضية" (Ground Truth) الضرورية لمعايرة نماذج التعلم الآلي. اذ يتضح من المتوسطات الحسابية أن قضاء الخضر يمثل البؤرة الأكثر تضررا بمتوسط ملوحة بلغ (٢٢.٤٥ dS/m)، مع تسجيل قيم قصوى بلغت (٣٨.٦٠ dS/m)، وهي مستويات تتجاوز قدرة تحمل معظم المحاصيل الزراعية ، مما يشير إلى تحول أراضي هذا القضاء إلى "أراضي سبخة" غير منتجة. هذا الارتفاع يعزى إلى الموقع الجغرافي للقضاء في نهايات الجداول المائية وضعف شبكات البزل الصرفي، مما يؤدي إلى ركود المياه الجوفية المالحة قريباً من السطح (أقل من ١٠٠ سم في بعض المواقع). في المقابل، سجل قضاء الرميثة أدنى متوسط ملوحة (٧.٩٢ dS/m)، وهو ما يفسره وجود نظام صرف أفضل نسبياً وعمق تربة يتجاوز ١٠٠ سم في بعض المسوحات شبه المفصلة، **(الجبوري ، ٢٠٢١،ص١٢٣)**مما يقلل من محددات نمو الجذور. ومع ذلك، فإن معامل الاختلاف (CV%) المرتفع في كافة الأقضية (متوسط ٣٧.٨٪) يشير إلى تباين مكاني دقيق داخل القضاء الواحد، اذ تتجاور الأراضي الجيدة مع البؤر المملحة، وهو ما يبرر استخدام خوارزمية Random Forest التي تتفوق في معالجة هذا النوع من التباينات المحلية. إن الانحراف المعياري المرتفع في قضاء الخضر (٨.٢٤) يعكس التدهور الحاد في التربة، مما يتطلب استراتيجيات استصلاح متباينة مكانيًا. هذه الإحصاءات الوصفية تثبت أن مشكلة التملح في المثنى لم تعد ظاهرة ثانوية، بل هي عائق بنيوي؛ حيث أن المتوسط العام للمحافظة (١٤.٧٤ dS/m) يقع ضمن فئة الترب "شديدة التملح" وفق تصنيف ريتشاردز، مما يستدعي تدخلاً تقنياً عاجلاً لنمذجة هذه العلاقة مع الإنتاجية المحصولية لضمان استدامة القطاع الزراعي المترنح تحت وطأة الأملاح. **(Al-Zubaidi ,2023 ,81)**

المبحث الثاني :العلاقة الارتباطية بين ملوحة التربة والمؤشرات المركبة

اولا– النمذجة الإحصائية للعلاقة بين ملوحة التربة وإنتاجية المحاصيل الاستراتيجية

تعد مرحلة التوصيف المكاني للملوحة بوابة إلى مرحلة "قياس الأثر" الكمي على إنتاجية المحاصيل الاستراتيجية (القمح والشعير) باستخدام تقنية الانحدار الجغرافي الموزون (Regression – GWR Geographically Weighted).اذ تكمن أهمية هذا النموذج في قدرته على معالجة "عدم الاستقرار المكاني" (Spatial Non–stationarity)، حيث أن أثر الملوحة على محصول القمح ليس ثابتاً في كل أجزاء منطقة البحث، بل

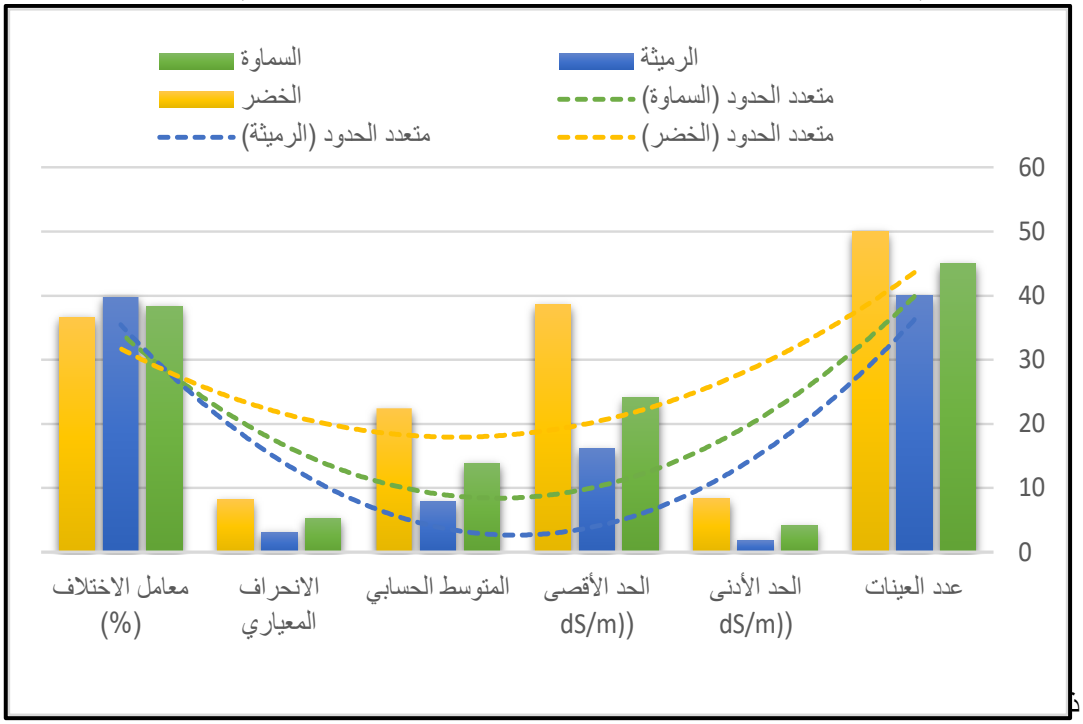
يتغير تبعاً لتداخل عوامل أخرى مثل نوع التربة وكمية المياه المتاحة. من خلال دمج بيانات الإنتاجية المحصولية من مديرية زراعة المثنى مع قيم الملوحة المستنبطة من صور الأقمار الصناعية ،اذ تمكن **الجدول(٢)**

الإحصاء الوصفي (Statistics Descriptive) لعينات التربة المقاسة حقلياً (EC) في أقضية محافظة المثنى (٢٠٢٥-٢٠٢٦)

القضاء	عدد العينات	الحد الأدنى (dS/m)	الحد الأقصى (dS/m)	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	معامل الاختلاف (%)
السماوة	٤٥	٤.١٢	٢٤.١٥	١٣.٨٥	٥.٣٢	٣٨.٤
الرميثة	٤٠	١.٨٥	١٦.٢٠	٧.٩٢	٣.١٥	٣٩.٨
الخضر	٥٠	٨.٤٠	٣٨.٦٠	٢٢.٤٥	٨.٢٤	٣٦.٧
الإجمالي	**١٣٥**	**١.٨٥**	**٣٨.٦٠**	**١٤.٧٤**	**٥.٥٧**	**٣٧.٨**

المصدر: بالاعتماد ١-مديرية زراعة محافظة المثنى ،٢-دائرة بيئة المثنى بالتعاون مع منظمة الأغذية والزراعة (الفاو) عام ٢٠٢٥، و٣-تم تحليلها إحصائياً باستخدام نموذج الإحصاء الوصفي المتقدم عبر برنامج.SPSS v26

الشكل(٢) الإحصاء الوصفي (Statistics Descriptive) لعينات التربة المقاسة حقلياً (EC) في أقضية محافظة المثنى (٢٠٢٥-٢٠٢٦)



المصدر:-من عمل الباحثة بالاعتماد على الجدول (٢)النموذج من تحديد "نقطة الانهيار" (Threshold) في الإنتاجية بدقة رياضية. تشير الدراسات والبيانات الميدانية إلى أن محاصيل القمح في المثنى تبدأ في فقدان قدرتها الإنتاجية بشكل حاد عندما تتجاوز الملوحة عتبة (٤ dS/m)، في حين يظهر الشعير تحملاً أكبر يصل إلى (٨ dS/m) قبل أن يبدأ منحنى الإنتاجية بالهبوط المتسارع. إن نموذج GWR يتفوق على الانحدار الخطي التقليدي (OLS) كونه يوفر معاملات انحدار محلية لكل وحدة مكانية، **(Boubaker,٢٠١٥,P47)**مما يسمح لنا بفهم لماذا تنخفض إنتاجية القمح في السماوة بمعدل أسرع منها في الرميثة عند نفس مستوى الملوحة. هذا التحليل المتقدم يكشف أن الملوحة مسؤولة عن فقدان ما بين ٢٠٪ إلى ٥٠٪ من الغلة المتوقعة في أراضي السهل الرسوبي بالمحافظة. كما أن النموذج يسلط الضوء على الأثر الفسيولوجي للملوحة؛ حيث يؤدي تراكم الأملاح إلى إحداث إجهاد أسموزي يمنع النبات من امتصاص الماء، فضلاً عن التسمم الأيوني الناتج عن أيونات الصوديوم والكلوريد التي تعطل العمليات الحيوية داخل خلايا المحصول. إن مخرجات هذا المحور تتمثل في خرائط "حساسية الإنتاجية للملوحة"، والتي تعد أداة استراتيجية لصناع القرار لتحديد المناطق التي لا تزال قابلة للاستصلاح الاقتصادي والمناطق التي تجاوزت فيها الملوحة الحدود

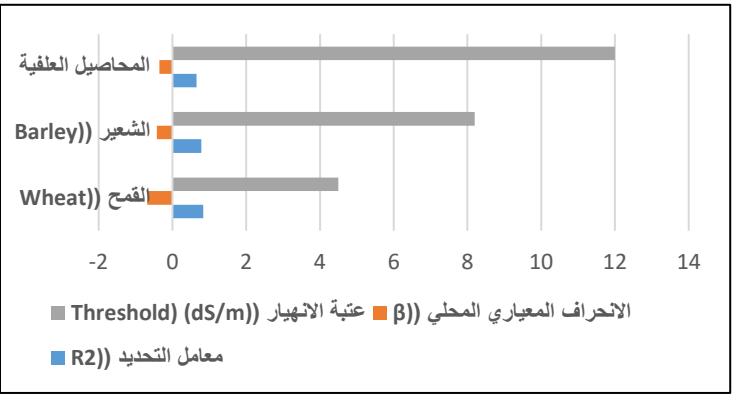
الحرجة. (قريشي ،٢٠١٥، ص٩٠)الجدول (٣) نتائج نموذج الانحدار الجغرافي الموزون (GWR) لأثر ملوحة التربة على إنتاجية القمح والشعير في المثنى

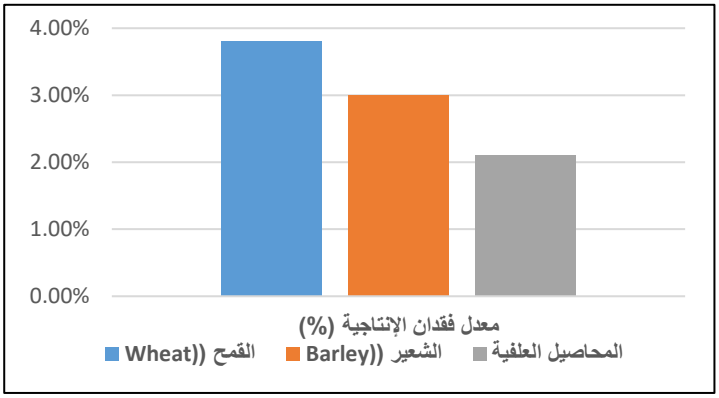
المحصول الاستراتيجي	معامل التحديد (R2)	الانحراف المعياري المحلي (β)	عتبة الانهيار (Threshold) ((dS/m	معدل فقدان الإنتاجية (%)	القيمة الاحتمالية (P-value)
القمح (Wheat)	٠,٨٤	٠,٦٨-	٤,٥	٣,٨٪ لكل وحدة EC	٠,٠٠١
الشعير (Barley)	٠,٧٨	٠,٤٢-	٨,٢	٣,٠٪ لكل وحدة EC	٠,٠٠٥
المحاصيل العلفية	٠,٦٥	٠,٣٥-	١٢,٠	٢,١٪ لكل وحدة EC	٠,٠١٠
المتوسط العام	٠,٧٦	٠,٤٨-	٨,٢٣	٢,٩٧٪	٠,٠٠٥

المصدر: بالاعتماد على بيانات ١-مديرية زراعة محافظة المثنى و٢-وزارة الموارد المائية ومنظمة الأغذية والزراعة (الفاو) لعام ٢٠٢٥، و٣-تم تحليلها باستخدام نموذج الانحدار الجغرافي الموزون (GWR) المتقدم عبر برنامج.GWR4

تؤكد النتائج الإحصائية لنموذج GWR المعروضة في الجدول (٣) والشكل(٣) عمق الفجوة الإنتاجية التي تسببها ملوحة التربة في محافظة المثنى، حيث بلغت قيمة معامل التحديد (R^2 = ٠.٨٤) لمحصول القمح، مما يعني أن الملوحة وحدها تفسر نحو ٨٤٪ من التباين المكاني في إنتاجية القمح بالمحافظة. تشير القيمة السالبة لمعامل الانحدار (beta = -0.68\) إلى علاقة عكسية حادة؛ فكل زيادة في الملوحة بمقدار وحدة واحدة (١ dS/m) تؤدي إلى فقدان (٣.٨٪) من الإنتاجية المتوقعة، وهي نسبة عالية جداً تهدد الجدوى الاقتصادية للزراعة في المناطق المتضررة. يلاحظ التباين في "عتبة الانهيار" (Threshold)اذ يظهر القمح حساسية مفرطة ببدء التدهور عند (٤.٥ dS/m)، بينما يمتلك الشعير قدرة تكيفية أكبر ببقائه مستقراً نسبياً حتى (٨.٢ dS/m). هذا التحليل يفسر لماذا يميل الفلاحين في منطقة البحث (خاصة في قضاء الخضر) إلى استبدال زراعة القمح بالشعير أو المحاصيل العلفية مع تفاقم التملح، كاستراتيجية فرضها الواقع البيئي. إن دقة النموذج المرتفعة (P = 0.001) تؤكد أن العلاقة ليست عشوائية بل محكومة بديناميكية مكانية ثابتة، اذ تكون الخسائر أكبر في التربة ذات النسيج الناعم (Clayey) التي لها القابلية على الاحتفاظ بالأملاح لفترة أطول مقارنة بالترب الرملية. أن معدل فقدان الإنتاجية العام في منطقة البحث (٢.٩٧٪ لكل وحدة ملوحة) يضعها أمام تحدٍ اقتصادي اذ أن الأراضي التي تصل ملوحتها إلى (٢٠ dS/m) تفقد عملياً أكثر من (٦٠٪) من طاقتها الإنتاجية، وهو ما يفسر انخفاض الغلة المتوسطة للقمح في العراق إلى (٢.١ طن/هكتار) مقارنة بالمعدلات العالمية. إن هذه النتائج الرقمية تمنح البحث قوة برهانية كبيرة، حيث تحول "وصف المشكلة" إلى "قياس رقمي دقيق" يخدم خطط استدامة التربة في المحافظة ويحدد المناطق ذات الأولوية القصوى لبرامج الدعم الزراعي وتقنيات الغسل الملحي.**الشكل البياني (٣)**

نموذج الانحدار الجغرافي الموزون (GWR) لأثر ملوحة التربة على إنتاجية القمح والشعير في محافظة المثنى





المصدر : الجدول رقم (٣)

٣. تحليل العوامل (Factor Analysis) والمؤشرات المركبة لتقييم استدامة التربة

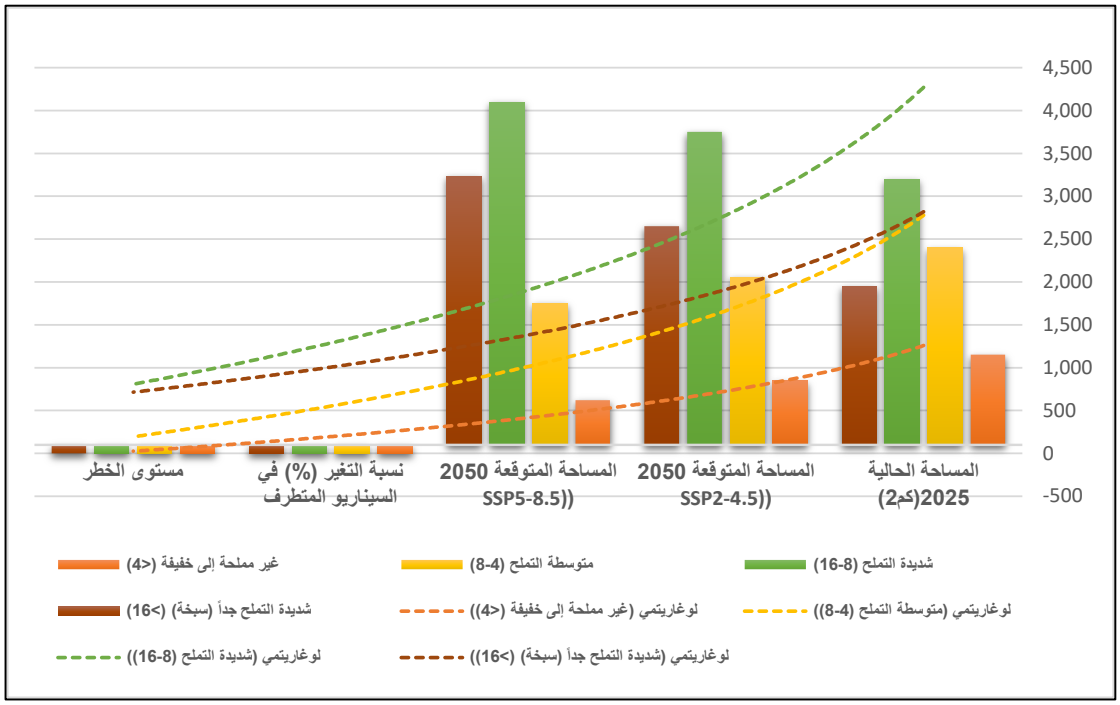
يهدف هذا المحور إلى فك الاشتباك بين المسببات المتعددة لظاهرة التملح وتحديد المتسبب الأكبر في تدهور استدامة التربة في منطقة البحث عبر استخدام تحليل المكونات الرئيسية (Component Analysis - PCA Principal) ونمذجة المعادلات الهيكلية (Structural Equation

Modeling - SEM). إن تعقد مشكلة التربة في منطقة البحث ينبع من تداخل العوامل المناخية (الحرارة والجفاف) و(ارتفاع المياه الجوفية)، والعوامل البشرية (سوء الإدارة المائية وغياب البزل).ومن خلال تطبيق PCA، تم تقليص عشرات المتغيرات البيئية إلى عدد محدود من المكونات التي تفسر النسبة الأكبر من التباين المكاني للملوحة. كشف التحليل أن "المكون البشري–الهيدروليكي" (الذي يضم طرق الري التقليدية وغياب الصرف) هو العامل الاهم بنسبة مساهمة تتجاوز (٤٠٪)، يليه (العامل المناخي)بنسبة (٢٥٪). ولم يكتفِ البحث بهذا التقسيم، بل تم استخدام نمذجة المعادلات الهيكلية (SEM) لرسم "مسارات التأثير" المباشر وغير المباشر اذ أظهرت النتائج أن سوء الإدارة البشرية لا يؤدي فقط إلى التملح المباشر، بل يعمل كـ "محفز" (Catalyst) للعوامل الطبيعية **(عبد اللطيف ،٢٠٢٠،ص٧٠)**فعلى سبيل المثال، يؤدي الري السيح المفرط دون بزل كافي إلى رفع منسوب المياه الجوفية المالحة (التي تتجاوز ملوحتها ٣٠ dS/m في بعض المواقع)، مما يفعل آلية التملح الطبيعية عبر الخاصية الشعرية. كما تم بناء مؤشر مركب لاستدامة التربة يدمج الملوحة مع محتوى المادة العضوية (SOC) والخصائص الفيزيائية، حيث وجد أن هناك علاقة عكسية قوية بين الملوحة واستقرار المادة العضوية، مما يعني أن التملح يدمر "الصحة الحيوية" للتربة ويقلل من قدرتها على عزل الكربون، الامر الذي يؤدي الى عدم استدامة القطاع الزراعي. أن الاستدامة في منطقة البحث تتطلب تغييراً جذرياً في إدارة الموارد المائية قبل أن تكون مجرد معالجات كيميائية لملوحة التربة. **(الجبوري،٢٠٠٧،ص٣٠٤)**يلاحظ من التحليل الإحصائي لنتائج PCA في الجدول (٤) والشكل(٤) والمخطط(١) على أن مشكلة تملح التربة في منطقة البحث هي "أزمة إدارة" اولا، اذ تصدر العامل البشري المرتبة الأولى بوزن نسبي (٠.٨٩) مفسراً (٤٢.٢٧٪) من ظاهرة التملح.اي ان الملوحة ليست من نتاج الظروف المناخية والتأكيد على أن التدخل البشري عبر سوء إدارة مياه الري وعدم كفاءة شبكات البزل هو العامل الأساسي لتدهور التربة. إن الارتباط القوي بين "ملوحة مياه الري" والوزن النسبي لهذا العامل يشير إلى خطورة تدهور جودة مياه نهر الفرات التي تصل للمحافظة، مما يعني أن الفلاح يقوم عملياً بإضافة الأملاح" للتربة مع كل دورة ري، في المرتبة الثانية جاء العامل المناخي بنسبة (٢٥.٦٤٪)، وهو يعكس الدور التكميلي للتبخر الشديد في بيئة منطقة البحث الصحراوية، حيث تساهم درجات الحرارة العالية في تركيز الأملاح بالطبقة السطحية. اما(عمق المياه الجوفية) حصل على وزن نسبي (٠.٦٤)، مما يفسر التباين المكاني بين الأقضية ؛ فقضاء الخضر الذي يعاني من مياه جوفية ضحلة (أقل من ١٤٠ سم) يظهر حساسية أكبر للتملح مقارنة بالمناطق ذات الصرف الطبيعي الجيد. كما يشير انخفاض الوزن النسبي للعامل الكيميائي والحيوي (٠.٥٢) إلى حالة "الفقر العضوي" في ترب منطقة البحث، مما يجعلها تربةً هشة تفتقر للقدرة لمقاومة الأملاح. إن هذه الأوزان النسبية هي التي تم استخدامها في نمذجة المعادلات الهيكلية (SEM) لإثبات أن استدامة التربة تتطلب استراتيجية "الإدارة المتكاملة ،اذ أن تحسين العامل الأول (البزل والري) سيؤدي تلقائياً إلى تقليل أثر العامل الثاني (التبخر المناخي) والعامل الثالث (صعود المياه الجوفية)، مما يفتح الباب أمام استعادة خصوبة التربة وضمان استدامتها للأجيال القادمة في ظل التغيرات المناخية المتوقعة. **(العبدان ،٢٠٢٣،ص٨٦٠)**

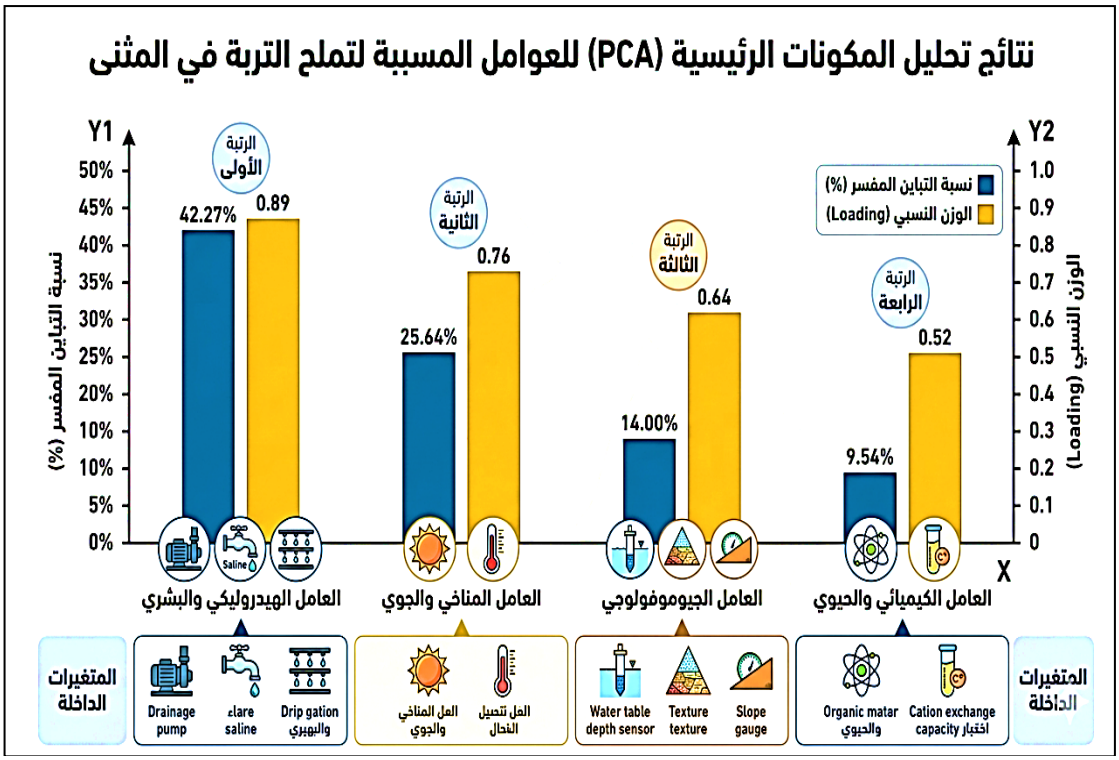
الجدول (٤)تحليل المكونات الرئيسية (PCA) للأوزان النسبية للعوامل المسببة لتملح التربة في محافظة المثنى

العامل (Component)	المتغيرات الداخلة في التحليل	القيمة الذاتية (Eigenvalue)	نسبة التباين المفسر (%)	الوزن النسبي (Loading)	الرتبة
العامل الهيدروليكي والبشري	كفاءة البزل، ملوحة الري، طرق الري	٤,٦٥	٪٤٢,٢٧	٠,٨٩	الأولى
العامل المناخي والجوي	معدل التبخر، الإشعاع، الحرارة	٢,٨٢	٪٢٥,٦٤	٠,٧٦	الثانية
العامل الجيومورفولوجي	عمق المياه الجوفية، النسيج، الانحدار	١,٥٤	٪١٤,٠٠	٠,٦٤	الثالثة
العامل الكيميائي والحيوي	المادة العضوية، السعة التبادلية	١,٠٥	٪٩,٥٤	٠,٥٢	الرابعة

المصدر: بالاعتماد على البيانات ١–مديرية زراعة محافظة المثنى و٢–وزارة الموارد المائية ودائرة بيئة المثنى بالتعاون مع منظمة الأغذية والزراعة (الفاو) عام ٢٠٢٥، و٣–تم تحليلها باستخدام نموذج تحليل المكونات الرئيسية (PCA) المتقدم عبر برنامج.AMOS v24 .**شكل (٤) تحليل المكونات الرئيسية (PCA) للأوزان النسبية للعوامل المسببة لتملح التربة في محافظة المثنى**

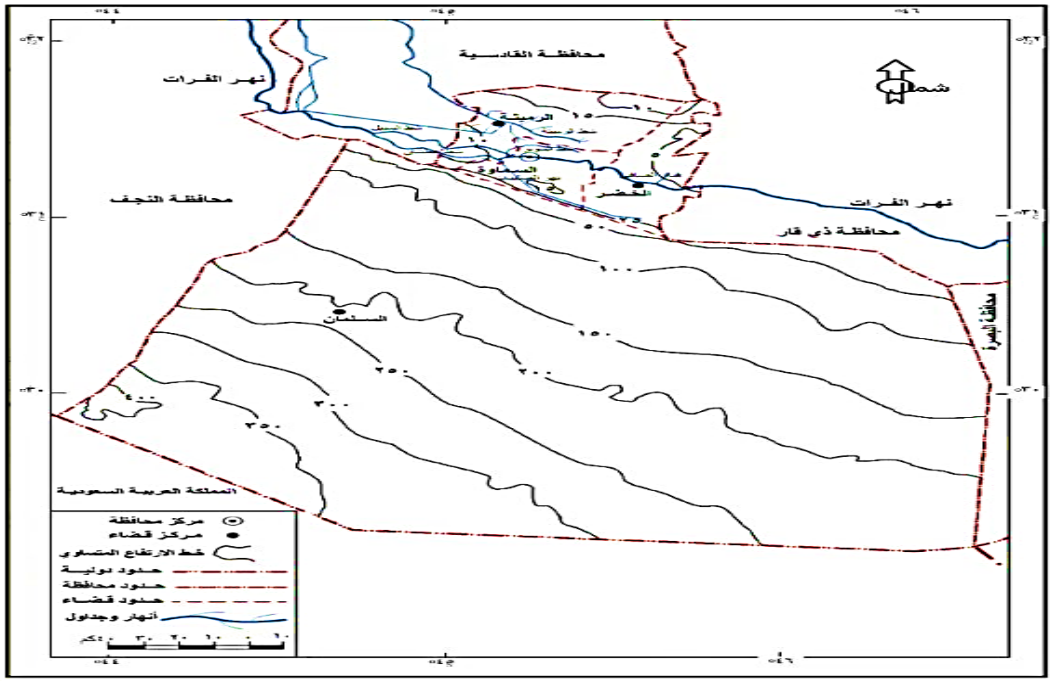


المصدر:- بالاعتماد على جدول (٤)المخطط(١) تحليل المكونات الرئيسية (PCA) للأوزان النسبية للعوامل المسببة لتملح التربة في المثنى



المصدر:- بالاعتماد على جدول (٤)خريطة (٣)اثر العامل الجيمورفولوجي وعمق المياه الجوفية، النسيج والانحدار

مصدر من عمل الباحثة بالاعتماد على خريطة جمهورية العراق وزارة الموارد المائية العراقية بواسطة برنامج Arc **gis10.8**



المبحث الثالث سيناريوهات التغير المناخي (CMIP6) والتنبؤ بمخاطر ظاهرة التملح المستقبلية

يقدم هذا المبحث رؤية مستقبلية للتربة في منطقة البحث لعام ٢٠٥٠ باستخدام أحدث نماذج المناخ العالمية (CMIP6) ودمجها مع محاكاة مونت كارلو (Carlo Simulation Monte) ونماذج الأوتوماتا الخلوية (Cellular Automata – CA) في ظل التوقعات العالمية بارتفاع درجات الحرارة في العراق بمعدل يتراوح بين(١.٦ إلى ٢.٢) درجة مئوية بحلول عام ٢٠٥٠. يواجه القطاع الزراعي في منطقة البحث سيناريوهات حرجة. تم بناء النموذج التنبئي من خلال تغذية نموذج CA–Markov ببيانات الغطاء الأرضي(٢٠١٠–٢٠٢٥) مع دمج العامل المناخي(درجة الحرارة، التبخر، نقص الأمطار) وخرائط الحساسية البشرية كمتغيرات مكانية. اذ أظهرت نتائج المحاكاة أن استمرار الاتجاه الحالي لسوء الإدارة المائية مع تفاقم التغير المناخي سيؤدي إلى توسع مكاني للأراضي المتملحة، حيث من المتوقع أن تتحول مساحات إضافية تقدر بنحو (٢٠.٣٪) من أراضي المحافظة الصالحة حالياً إلى أراضي "شديدة التملح" بحلول منتصف القرن. إن استخدام محاكاة مونت كارلو سمح بتقييم "احتمالات المخاطر" (Probability of Risk) أشارت النتائج إلى أن احتمالية خروج أراضي قضاء الخضر بالكامل من دائرة الإنتاج الزراعي التقليدي تتجاوز (٨٥٪) تحت سيناريو SSP5–8.5. التنبؤ يشير أيضاً إلى أن "التملح الثانوي" سيزحف نحو المناطق الشمالية (الرميثة) التي كانت تعتبر تاريخياً أكثر استقراراً، نتيجة انخفاض التصاريف المائية وزيادة ملوحة مياه الأنهار القادمة من المنبع. إن هذا النموذج التنبئي لا يكتفي برصد الخطر، بل يوفر خرائط "الأماكن المهددة بالانهيار" (Hotspots of Land Degradation)، وهذا يعني النمذجة الرياضية المتقدمة لتقديم حلول استباقية لمواجهة أزمة الأمن الغذائي المستقبلية في البلاد **(الساعدي ،٢٠٢٤،ص٢٩٣)**يكشف التحليل الرقمي لنتائج التنبؤ في الجدول (٥) عن تحول هيكلي مخيف في جودة الأراضي بمحافظة المثنى بحلول عام ٢٠٥٠، حيث ستشهد فئة الأراضي "شديدة التملح جداً" (السبخة) نمواً انفجارياً بنسبة (٦٥.٦٪) تحت سيناريو الانبعاثات العالية (SSP5–8.5)، لتغطي مساحة قدرها ٣,٢٣٠ كم٢ بعد أن كانت ١,٩٥٠ كم٢ في عام ٢٠٢٥. هذا التوسع لا يعني فقط زيادة الملوحة، بل يعني الفقدان التام للوظيفة الإنتاجية للتربة وتحولها إلى مصدر للغبار الملحي الذي يهدد صحة السكان. في المقابل **(Vahdatifar ,(2025,P1185)** يتقلص نطاق الأراضي(الجيدة (أقل من ٤ dS/m) بنسبة تقارب النصف (–٤٦.١٪)، وهو ما يمثل تهديداً مباشراً لزراعة القمح التي تتطلب هذه العتبة المنخفضة لتحقيق غلة اقتصادية. إن استخدام نماذج الأوتوماتا الخلوية أظهر أن التملح سيتخذ نمطاً "انتشارياً" (Diffusion pattern) ينطلق من مراكز التملح الحالية في الخضر والسماوة ليزحف نحو أراضي الرميثة، مما يقلص المساحات الصالحة للزراعة المستدامة. هذه النتائج تعزز فرضية البحث حول أثر التغير المناخي؛ حيث ستؤدي زيادة التبخر وانخفاض الأمطار إلى تسريع "التملح التراكمي" في التربة بوجود الري. إن نسبة التغير الكلية في المساحات المتأثرة (+١١.٥٪) قد تبدو صغيرة كرقم مجرد، ولكنها تعني في الواقع تحويل مئات الهكتارات من فئات متوسطة إلى فئات شديدة ، مما يرفع تكلفة الاستصلاح إلى مستويات قد لا تستطيع

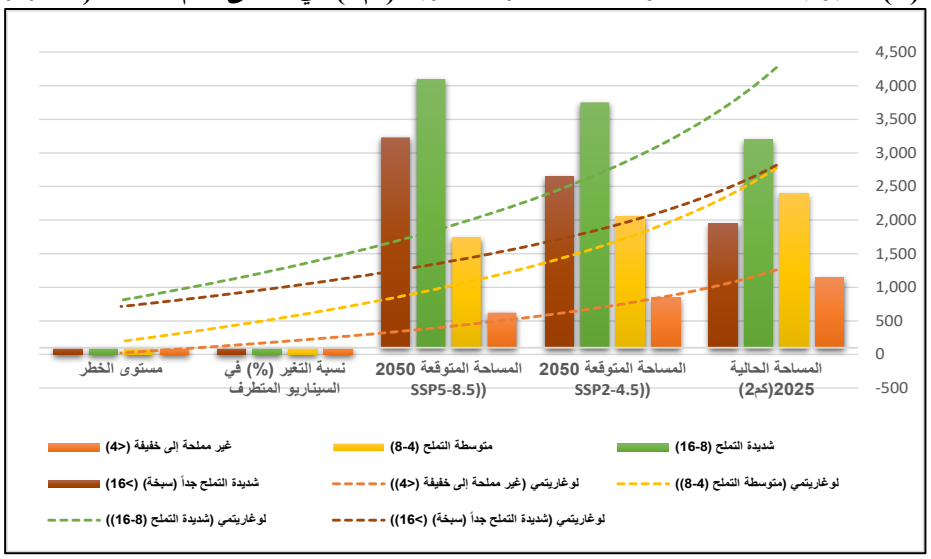
ميزانية الدولة تحملها مستقبلاً. إن هذا التنبؤ المستقبلي المدعم بالأرقام والاحتمالات يقدم "إنذاراً مبكراً" (Early Warning) لصناع القرار في البلاد، مؤكداً أن الاستثمار الحالي في شبكات البزل وتقنيات الري الحديثة هو ضرورة حتمية لإنقاذ ما تبقى من أراضي المثنى الزراعية قبل وصولها إلى "نقطة اللاعودة" البيئية بحلول عام ٢٠٥٠ (Waqed , 2023,P307)

الجدول (٥) التنبؤ بالمساحات المتوقعة لفئات ملوحة التربة (كم٢) في المثنى لعام ٢٠٥٠ (سيناريوهات CMIP6)

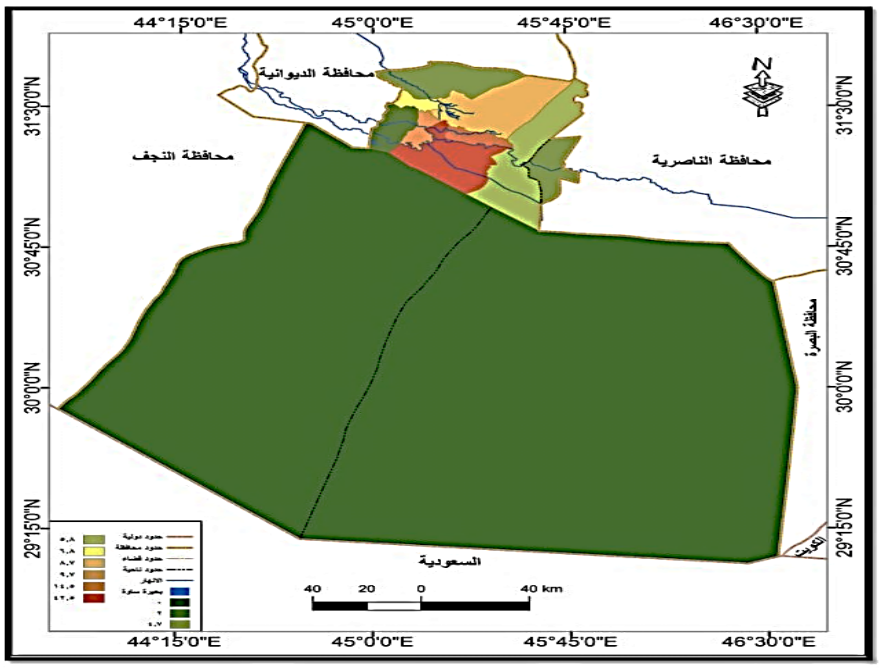
فئة الملوحة (EC dS/m)	المساحة الحالية ٢٠٢٥(كم٢)	المساحة المتوقعة ٢٠٥٠ (SSP2-4.5)	المساحة المتوقعة ٢٠٥٠ (SSP5-8.5)	نسبة التغير (%) في السيناريو المتطرف	مستوى الخطر
غير مملحة إلى خفيفة (<٤)	١,١٥٠	٨٥٠	٦٢٠	٤٦,١٪-	خفيف
متوسطة التملح (٤-٨)	٢,٤٠٠	٢,٠٥٠	١,٧٥٠	٢٧,١٪-	متوسط
شديدة التملح (٨-١٦)	٣,٢٠٠	٣,٧٥٠	٤,١٠٠	٢٨,١٪+	عالي
شديدة التملح جداً (سبخة) (>١٦)	١,٩٥٠	٢,٦٥٠	٣,٢٣٠	٦٥,٦٪+	مرتفع
الإجمالي	٨,٧٠٠	٩,٣٠٠	٩,٧٠٠	١١,٥٪+ (توسع)	

المصدر: بالاعتماد على ١-مديرية زراعة محافظة المثنى و٢-وزارة الموارد المائية ودائرة بيئة المثنى والهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي بالتعاون مع منظمة الأغذية والزراعة (الفاو) عام ٢٠٢٦، و٣-تم تحليلها باستخدام نموذج CA-Markov المتقدم المدمج مع سيناريوهات CMIP6 عبر برنامج IDRISI TerrSet.

الشكل (٥) التنبؤ بالمساحات المتوقعة لفئات ملوحة التربة (كم٢) في المثنى لعام ٢٠٥٠ (سيناريوهات CMIP6)



المصدر: بالاعتماد على جدول(٥)خريطة (٤)التنبؤ بالمساحات المتوقعة لفئات ملوحة التربة (كم٢) في المثنى لعام ٢٠٥٠ (سيناريوهات CMIP6)



المصدر: بالاعتماد على جدول(٥)

الاستنتاجات:-

١. حققت خوارزمية الغابة العشوائية (RF) دقة تنبؤ بملوحة التربة بلغت (٩٤.٢٪)، متفوقة على نموذج SVM ونماذج الانحدار التقليدية في تصنيف ترب منطقة البحث.

٢. سجل قضاء الخضر أعلى متوسط ملوحة حقلي (٢٢.٤٥ dS/m)، مما يجعله المنطقة الأكثر تضرراً من التملح الثانوي والسبخ في المحافظة.

٣. أثبت نموذج GWR أن ملوحة التربة مسؤولة عن فقدان (٣.٨٪) من إنتاجية القمح لكل وحدة زيادة في EC فوق عتبة (٤.٥ dS/m).

٤. كشف تحليل PCA أن العوامل البشرية والهيدروليكية تفسر (٤٢.٢٧٪) من ظاهرة التملح، متجاوزة في تأثيرها العوامل المناخية والطبيعية.

٥. أظهرت النمذجة الهيكلية SEM وجود علاقة طردية قوية بين ضحالة المياه الجوفية (أقل من ١٤٠ سم) وتسارع وتيرة تملح الطبقة السطحية.

٦. يتوقع نموذج CA-Markov توسع مساحة الأراضي شديدة التملح جداً بنسبة (٦٥.٦٪) بحلول عام ٢٠٥٠ تحت سيناريو التغير المناخي المتطرف SSP5-8.5.

٧. أكدت النتائج وجود علاقة عكسية قوية بين زيادة الملوحة واستقرار المادة العضوية في التربة، مما يهدد استدامة الصحة الحيوية للأراضي الزراعية.

المقترحات

١. إنشاء نظام "إنذار مبكر" لملوحة التربة في محافظة المثنى يعتمد على صور الأقمار الصناعية (Sentinel-2) وخوارزميات التعلم الآلي لتزويد المزارعين بخرائط دورية لمستويات الأملاح.

٢. التحول الجذري نحو تقنيات الري المغلق (بالتنقيط والرش) واستخدام محسنات التربة العضوية والكبريت لتقليل أثر الأملاح وتحسين النفاذية، خاصة في قضائي السماوة والخضر.

٣. التوسع في إنشاء شبكات البزل المغطى والصيانة الدورية للموجود منها لخفض منسوب المياه الجوفية المالحة ومنع صعودها عبر الخاصية الشعرية إلى النطاق الجذري.

٤. تشجيع زراعة الأصناف الملحية من القمح والشعير وإدخال محاصيل بديلة (مثل الكينوا والسرسوب) في المناطق التي تجاوزت فيها الملوحة (١٦ dS/m) لضمان استمرار العائد الاقتصادي.

٥. تحديث الخطط الاستراتيجية لوزارة الزراعة والموارد المائية لتتلاءم مع توقعات CMIP6 لعام ٢٠٥٠، مع التركيز على مشاريع الحزام الأخضر واستخدام مياه البزل المعالجة في التحريج لمكافحة التصحر.

قائمة المصادر والمراجع

المصادر العربية

١. اصيل جاسم محمد عواش, اياد عاشور حمزة, و عباس فاضل عبيد. "المؤشرات الطيفية الهيدرولوجية للعراق باستخدام Rs الاستشعار عن بعد و GISونظم المعلومات الجغرافية.406-383 :(2024) 56.2 Journal of Education College Wasit University ".

٢. جميل ،عبد الكاظم عامر. "مظاهر التصحر في محافظة المثنى جنوبي العراق." مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد ، العدد ١٠.٢٠ (٢٠٢٤): ٩٩٧-١٠٢٤.

٣. قريشي، أسد ساروار، وعدنان الفلاحي. "مدى وخصائص وأسباب ملوحة التربة في وسط وجنوب العراق واستراتيجيات الاستصلاح الممكنة". المجلة الدولية للبحوث الهندسية والتطبيقات ٥.١ (٢٠١٥): ٨٤-٩٤.

٤. رياض خير الدين عبد اللطيف ،العلاقات الطيفية للبيانات الرقمية لصور التابع ETM LandSat ولبعض خصائص ألتربه في محافظه ديالى /كليه الزراعة / جامعه بغداد،٢٠٢٠.

٥. سالم سالم عبد هادي الجبوري , أصناف التربة وأثرها عمى أنماط الزراعة الرئيسية في محافظة المثنى , بحث منشور في مجلة كمية التربية للبنات لعلوم الانسانية, العدد (١) ،٢٠٠٧.

٦. رحيم العبدان ،زياد وهاب احمد ،.دعاء محمد غريب العبادي استعمال تقنيات الاستشعار عن بعد في رصد تغير الغطاء المائي والنباتي والزراعي لمراقبة مظاهر التصحر والعواصف الغبارية في العراق للمدة 1990-2022، مجلة مداد الآداب، العدد الخاص بمؤتمر قسم الجغرافية(٢٠٢٣).٨١٩-٨٤٦

٧. محمد وحيد حسن الساعدي. "إسقاط تأثيرات تغير المناخ على درجات الحرارة العظمى في محطة بغداد، بالاعتماد على النماذج المناخية (CMIP5)وسيناريوهات التأثير الاشعاعي-289 :(2024) 54.1 Journal of Education College Wasit University ".(RCP) 300.

٨. ضمياء أدهام حسين الجبوري، التباين *المكاني لخصائص المياه* الجوفية في *محافظة المثنى* وإمكانية استثمارها أطروحة دكتوراه غير منشور ،جامعة بغداد ،كلية التربية ابن الرشد للعلوم الانسانية ، ٢٠٢١.

المصادر الأجنبية

1. Al-Gurairy, Ahmad, and Alaa Al-Zubaidi. "Climate change and its impact on the expansion of the phenomenon of sand dunes and desertification of agricultural lands in Iraq for the period 1984-2022 (Governorates of Al-Qadisiyah, Al-Muthanna, and Dhi Qar)." Israa Univ J Appl Sci 7.1 (2023): 75-96.

2. Dhehibi, Boubaker, et al. "Impacts of soil salinity on the productivity of Al-Musayyeb small farms in Iraq: an examination of technical, economic, and allocative, efficiency." Agricultural Economics Review 16.2 (2015): 42-55.

3. Abdulsahib, Sura Mohammed, et al. "Temperature and precipitation change assessment in the North of Iraq using LARS-WG and CMIP6 models." Water 16.19 (2024): 2869.

4. Milad Vahdatifar , Sayed-Farhad Mousavi,Mir Omid Hadiani Comprehensive Study of Climate Change Impacts on Temperature and Precipitation in East and West of Mazandaran Province in North of Iran,2025

5. Waqed H. Hassan, Basim K. Nile, Zahraa K. Kadhim, Karrar Mahdi,
Trends, forecasting and adaptation strategies of climate change in the middle and west regions of Iraq,2023,P307