



ISSN: 1817-6798 (Print)

Journal of Tikrit University for Humanities

available online at: www.jtuh.org/
JTUH
 مجلة جامعة تكريت للعلوم الإنسانية
 Journal of Tikrit University for Humanities

Hawraa Radhi Alzurphy

Ammar Majeed

Seasonal Trend Analysis of Rainfall and Temperature and Their Impact on Soil Moisture in Kalar District Using Remote Sensing

A B S T R A C T

* Corresponding author: E-mail :
hawraar.alzurphy@uokufa.edu.iq

Keywords:

Climate change
 remote sensing and Geographic Information Systems (GIS) techniques,
 Normalized Difference Moisture Index (NDMI)
 Standardized Precipitation Index (SPI).

ARTICLE INFO

Article history:

Received 3 Jan 2026
 Received in revised form 25 Jan 2026
 Accepted 27 Jan 2026
 Final Proofreading 30 Mar 2026
 Available online 31 Mar 2026

E-mail t-jtuh@tu.edu.iq

©THIS IS AN OPEN ACCESS ARTICLE UNDER
 THE CC BY LICENSE

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Soil degradation is considered one of the major environmental issues associated with the interaction of natural and human factors, particularly in arid and semi-arid regions. Soils in these regions are characterized by high sensitivity to climatic changes and improper land-use practices. Accordingly, this study aimed to analyze the temporal and spatial variations in both temperature and rainfall, and to clarify their impact on soil moisture through seasonal trend analysis of climatic elements for the period 1980–2020.

The study also relied on remote sensing techniques and satellite imagery (Landsat TM), using the Normalized Difference Moisture Index (NDMI) to monitor and analyze changes in soil properties and levels of soil degradation.

The results revealed a clear temporal change in soil moisture levels. Areas experiencing high moisture stress showed a significant increase, expanding from 290.7 km² in 1993 to 679.1 km² in 2020. The areas classified under moderate moisture stress remained relatively large; however, a noticeable declining trend after 2005 is recorded. Meanwhile, the moderately moist level exhibited a clear fluctuation toward decline, with its area decreasing from 482.3 km² in 1993 to 317.3 km² in 2020, indicating a reduction in moderately moist conditions. In addition, the very moist level showed a sharp and continuous decrease, shrinking from 137.9 km² in 1993 to 27.7 km² in 2020.

Overall, the findings indicate a general trend toward increasing aridity in the study area, represented by the expansion of areas under high and moderate moisture stress, accompanied by a clear decline in moist and moderately moist areas. This trend has contributed to a noticeable deterioration in soil properties during the study period, driven by rising temperatures and declining rainfall, in addition to the impacts of various human activities. Consequently, agricultural land productivity has decreased, and manifestations of environmental degradation have increased in the study area.

DOI: <http://doi.org/10.25130/jtuh.33.3.1.2026.9>

تحليل الاتجاه الموسمي للأمطار ودرجة الحرارة واثاره على رطوبة التربة في قضاء كلار باستخدام R.S

حوراء راضي جاسم/ كلية العلوم ، جامعة الكوفة

عمار مجيد مطلق/ كلية الآداب، الجامعة العراقية

الخلاصة:

تُعد مشكلة تدهور التربة من القضايا البيئية الرئيسية المرتبطة بتداخل العوامل الطبيعية والبشرية، ولا سيما في المناطق الجافة وشبه الجافة، لما تتميز به ترب هذه المناطق من حساسية عالية تجاه التغيرات المناخية وسوء استخدام الموارد الأرضية، إذ هدفت هذه الدراسة إلى تحليل التغيرات الزمنية والمكانية لكل

من درجات الحرارة وكميات الأمطار، وبيان أثرها في رطوبة التربة من خلال تحليل الاتجاه الموسمي للعناصر المناخية للمدة (١٩٨٠-٢٠٢٠). كما اعتمدت الدراسة على تقنيات الاستشعار عن بعد وصور الأقمار الصناعية (Landsat TM)، باستخدام مؤشر فرق رطوبة التربة (NDMI) لرصد وتحليل التغيرات في خصائص التربة ومستويات تدهورها.

أظهرت نتائج الدراسة وجود تغير زمني واضح في مستويات الرطوبة، إذ شهد مستوى الإجهاد الرطوبي العالي زيادة كبيرة في المساحة من (٢٩٠.٧ كم²) عام ١٩٩٣ إلى (٦٧٩.١ كم²) عام ٢٠٢٠. أما مستوى الإجهاد الرطوبي المتوسط فقد بقيت مساحته مرتفعة نسبياً، إلا أنها سجلت اتجاهاً تنازلياً ملحوظاً بعد عام ٢٠٠٥. في حين أظهر مستوى الرطوبة المعتدل تذبذباً واضحاً نحو الانخفاض، إذ بلغت مساحته (٤٨٢.٣ كم²) عام ١٩٩٣، وانخفضت إلى (٣١٧.٣ كم²) عام ٢٠٢٠، مما يشير إلى تراجع الظروف الرطبة المعتدلة. كما سجل المستوى الرطب جداً انخفاضاً حاداً ومستمرًا من (١٣٧.٩ كم²) عام ١٩٩٣ إلى (٢٧.٧ كم²) عام ٢٠٢٠.

وعليه يتضح مما سبق وجود اتجاه عام نحو زيادة الجفاف في منطقة الدراسة، تمثل بتوسع مساحات الإجهاد الرطوبي العالي والمتوسط مقابل تراجع واضح للمناطق الرطبة والمعتدلة. وقد أسهم ذلك في حدوث تدهور ملحوظ في خصائص التربة خلال المدة الزمنية المعتمدة، نتيجة لارتفاع درجات الحرارة وتناقص كميات الأمطار، فضلاً عن تأثير الأنشطة البشرية المختلفة، مما أدى إلى تراجع الكفاءة الإنتاجية للأراضي الزراعية وزيادة مظاهر التدهور البيئي في منطقة الدراسة.

الكلمات المفتاحية:- التغيرات المناخية، تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية ، مؤشر فرق رطوبة التربة NDMI ، مؤشر الجفاف الـ (SPI) .

المقدمة

تُعدّ دراسة التغيرات المكانية والزمانية الناجمة عن التقلبات الموسمية من الموضوعات ذات أهمية بالغة، ولاسيما في البيئات الجافة وشبه الجافة، لما لها من آثار مباشرة وخطيرة على الموارد المائية والبيئة الحيوية والأنشطة الاقتصادية. إذ يؤدي انخفاض التساقط المطري المتزامن مع ارتفاع درجات الحرارة إلى زيادة معدلات التبخر/النتح، الأمر الذي ينعكس بشكل واضح على تباين مقادير رطوبة التربة، ويسهم في تدني كميات المياه المتاحة، مما يجعل مناطق عديدة تعاني من شح مائي متزايد، لذلك تُعدّ رطوبة التربة من العناصر الأساسية التي تتحكم في التوازن المائي والبيئي، وتتأثر بشكل مباشر بالعناصر المناخية ولاسيما التساقط المطري ودرجة الحرارة ومن هنا تبرز أهمية الكشف عن التغيرات الموسمية في رطوبة التربة وتمييزها عن غيرها من الاضطرابات البيئية، لما لذلك من دور في فهم ديناميكية الجفاف وتكراره وآثاره المستقبلية وفي

هذا السياق أظهرت نتائج الدراسات التطبيقية أن مؤشر فرق رطوبة التربة (NDMI) يعتبر من أكثر المؤشرات كفاءة في رصد التغيرات الموسمية لرطوبة التربة، لما يتمتع به من قدرة عالية على إظهار الفروقات في المحتوى الرطوبي للتربة باستخدام بيانات الاستشعار عن بُعد. وعليه، اعتمد هذا البحث على استخدام مؤشر NDMI لتحديد التغيرات الموسمية في رطوبة التربة ضمن منطقة الدراسة و تحليل الاتجاه العام للتساقط المطري السنوي ودرجة الحرارة السطحية، نظراً لتأثيرهما المباشر في رطوبة التربة، وذلك من خلال الاعتماد على عنصرَي الأمطار ودرجة الحرارة لغرض حساب رطوبة التربة وتكرار الجفاف باستخدام مؤشر الجفاف لبالمير (Palmer Drought Index)، وربط التغيرات المناخية لهذه العناصر بمدى تأثيرها في رطوبة التربة ونظراً لأن التغيرات المناخية ذات طابع شمولي واسع النطاق وتغطي مساحات جغرافية كبيرة، فإن دمج البيانات المناخية مع بيانات المرئيات الفضائية يُعد من الطرائق الفاعلة لتتبع آثارها المحتملة على مختلف الجوانب البيئية. وبناءً على ذلك، تم الاعتماد في هذا البحث على مجموعة من المرئيات الفضائية للفترة الزمنية (١٩٨٠-٢٠٢٠)، لما توفره من بيانات مكانية وزمانية تغطي مساحات واسعة في آنٍ واحد ولغرض كشف التغيرات التي طرأت على مقادير رطوبة التربة خلال المدة الزمنية المذكورة، جرى حساب مؤشر فرق رطوبة التربة (NDMI) بالاعتماد على مرئيات القمر الصناعي Landsat TM، وذلك للمواسم الرطبة (١٩٩٣-١٩٩٤، ١٩٩٧-١٩٩٨، ٢٠٠٤-٢٠٠٥) وللمواسم الجافة (٢٠١٤-٢٠١٥، ٢٠١٩-٢٠٢٠).

مشكلة الدراسة

تعاني منطقة قضاء كلار من تذبذب واضح في العناصر المناخية، ولا سيّما الأمطار ودرجة الحرارة، نتيجة التغيرات المناخية خلال السنوات الأخيرة. ويُعد هذا التذبذب من العوامل المؤثرة مباشرة في مقدار رطوبة التربة وتوزيعها المكاني والزمني، لما له من انعكاسات على النشاط الزراعي والبيئي في المنطقة، ومن هنا تتمثل مشكلة الدراسة في عدم وضوح العلاقة المكانية والزمانية الموسمية بين الأمطار ودرجة الحرارة ورطوبة التربة في قضاء كلار، الأمر الذي يستدعي إجراء دراسة تعتمد على تقنيات التحسس النائي ونظم المعلومات الجغرافية لسد هذه الفجوة المعرفية، وعليه، تتمحور مشكلة الدراسة في التساؤل الآتي:

(هل تؤثر التغيرات الموسمية للأمطار ودرجة الحرارة في تباين مقادير رطوبة التربة مكانياً وزمانياً في قضاء كلار؟

فرضية الدراسة

تتطلق الدراسة من فرضية مفادها أن للتغير المناخي، المتمثل بارتفاع درجات الحرارة وتناقص كميات الهطول المطري، دوراً أساسياً في تباين مقادير رطوبة التربة ارتفاعاً وانخفاضاً، وأن هذا التغير ينعكس بشكل واضح على التوزيع المكاني والزمني لرطوبة التربة في منطقة الدراسة.

أهداف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى ما يأتي:

- ١- إنشاء قاعدة بيانات مكانية لمقادير رطوبة التربة في قضاء كلار خلال مدة زمنية محددة.
- ٢- تحليل التباين المكاني والزمني لرطوبة التربة في منطقة الدراسة.
- ٣- الكشف عن علاقة التغيرات الموسمية للأمطار ودرجة الحرارة بمقادير رطوبة التربة.
- ٤- توظيف تقنيتي الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) في دراسة رطوبة التربة.
- ٥- استخدام مؤشر فرق رطوبة التربة (NDMI) بوصفه أحد المؤشرات المهمة في رصد آثار التغير المناخي.

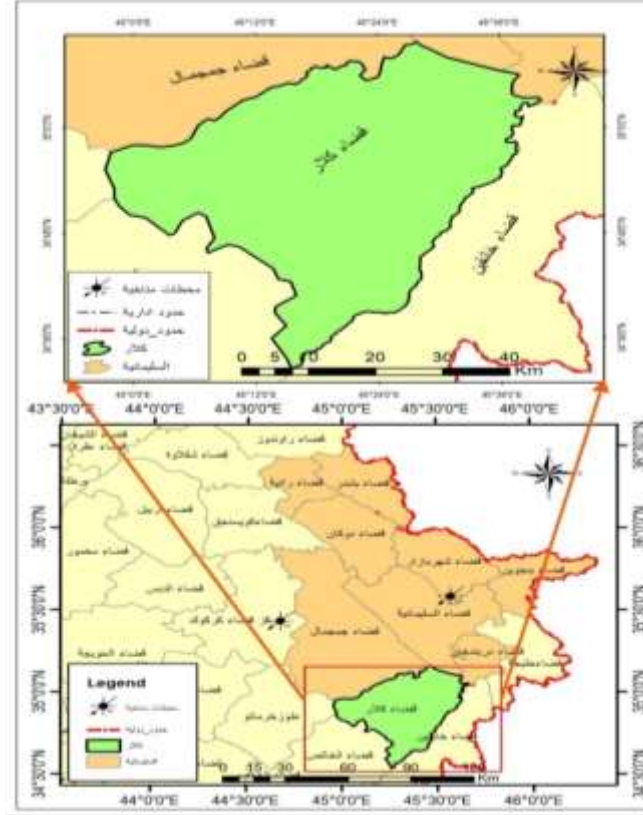
حدود منطقة الدراسة

تمثلت منطقة الدراسة بقضاء كلار احد اقصية اقليم كردستان العراق والتي يقع فلكياً بين دائرتي عرض (٤٥° ٣٢' ٣٤") و (٥٣° ١٩' ٣٥") شمالاً وبين خطي طول (١٣° ٣٧' ٤٥") و (١٩° ٠٩' ٤٥") (رشيد و صالح، ٢٠٢٢) شرقاً وبمساحة تبلغ (٢١٥٢.٨) كما في الخريطة (١) ويحدها من الغرب ناحيتا سة رقة لا وناحية كولة جو التي تتبع ادرياً قضاء كفري ، ومن الجنوب الشرقي تماشياً مع مجرى نهر سيروان لتصبح حدوداً طبيعية فاصلة بينها وبين قضاء خانقين، اما من جهة الشمال والشمال الشرقي فيحدها قضاء قرداغ ودريندخان التابعان لمحافظة السليمانية ومن الشمال الغربي يحدها ناحيتي (سنكاو وقادر كرم) التابعة لقضاء جمجمال. (الزكنة، صفحة ٢٣٠).

منهجية البحث:-

قسمت منهجية البحث الى قسمين تمثل القسم الأول بمعرفة الاتجاه العام لدرجة الحرارة والامطار بالاعتماد على البيانات المناخية المسجلة من الهيئة العامة للأنواء الجوية لمحطات الدراسة (خانقين و كركوك والسليمانية) وتمثيل الاتجاه العام بالاعتماد على اختبار مان كاندال (Karmeshu) اما القسم الثاني فتمثل بمعرفة التباين الزمني والمكاني لرطوبة التربة من خلال استخدام المرئيات الفضائية ونظم المعلومات الجغرافية لتحديد مقادير رطوبة التربة وتقسيمها الى اربع مستويات خلال المدة الزمنية من ١٩٨٠-٢٠٢٠.

خريطة رقم (١) الموقع الفلكي والاداري لقضاء كلار



المصدر :-

١- الهيئة العامة للمساحة ، خارطة العراق الإدارية ، مقياس ١:١٠٠٠٠٠٠، بغداد، ٢٠٠٢.

٢- الهيئة العامة للمساحة، خرائط المسح الطبوغرافية، كلار، ٢٠٠٣، ١:١٠٠٠٠٠٠.

وقد تضمن البحث عدد من المحاور منها: -

اولا:- تحليل اتجاهات التغير للعناصر المناخية (درجة الحرارة والامطار).

١- تحليل الاتجاه لدرجة الحرارة (م°)

يتبين من الجدول (١) والشكل (1) ان الاتجاه العام لدرجة الحرارة في منطقة الدراسة اتخذ اتجاها متزايدا نحو الارتفاع مع وجود تباين طفيف لمحطات الدراسة ، اذ سجلت محطة خانقين اتجاها متزايدا بلغ (0.043 م°) بمقدار تغير *بلغ (1.72) في حين سجلت بقية المحطات اتجاها بلغ (0.039 و 0.038 م°) بمقدار تغير بلغ (1.56 و 1.52) لكل من محطتي كركوك والسليمانية .

المصدر :- بالاعتماد على جمهورية العراق، وزارة النقل والمواصلات، الهيئة العامة للأبناء الجوية والرصد الزلزالي في العراق،

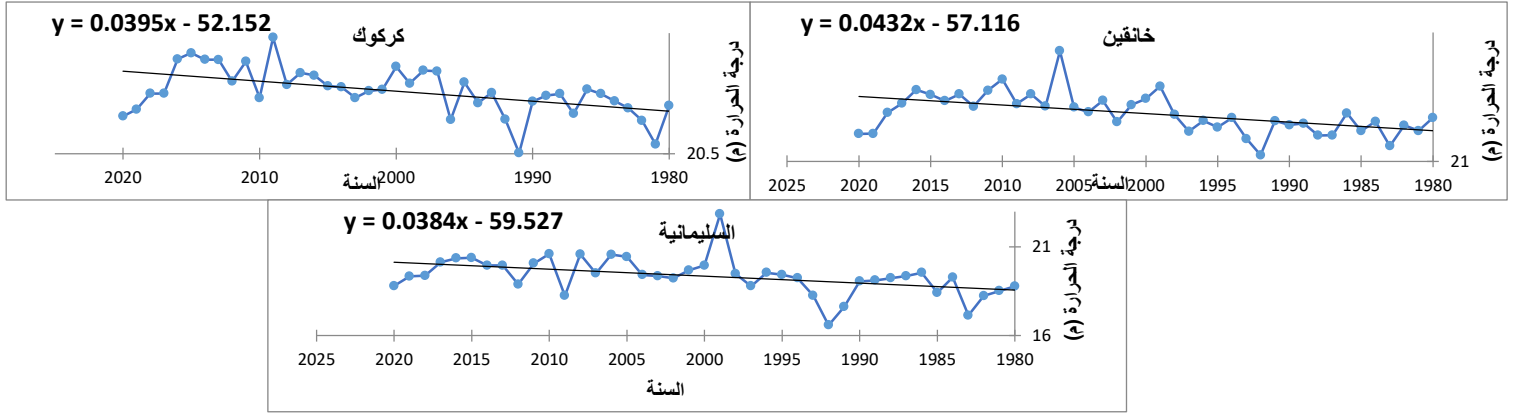
قسم المناخ، (بيانات غير منشورة)، ٢٠١٨ .

*يستخرج مقدار التغير من خلال ضرب الاتجاه العام في عدد سنوات الدراسة.

جدول (1) الاتجاه العام لدرجة الحرارة (م °) في محطات الدراسة للمدة (١٩٨٠ - ٢٠٢٠)

المحطات	الاتجاه	مقدار التغير
خانقين	0.043	1.72
كركوك	0.039	1.56
السليمانية	0.038	1.52

شكل (1) الاتجاه العام لدرجة الحرارة (م °) في منطقة الدراسة للمدة (١٩٨٠-٢٠٢٠)



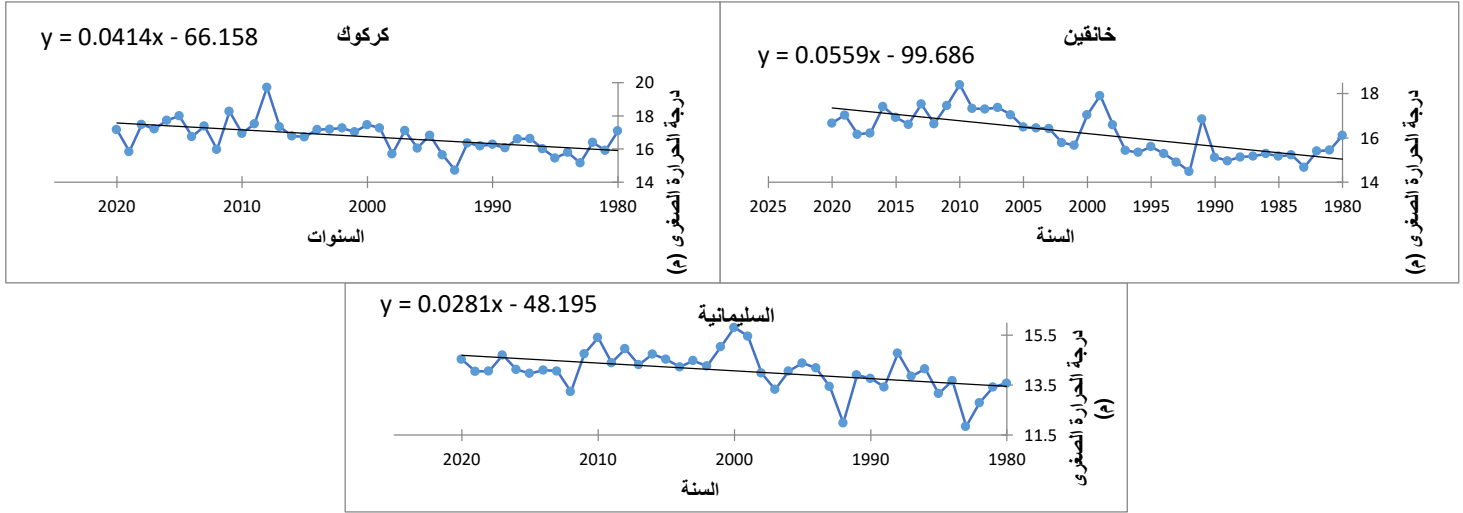
٢- تحليل الاتجاه لدرجة الحرارة الصغرى (م °)

يتضح من الجدول (2) والشكل (2) ان الاتجاه العام لدرجة الحرارة الصغرى اتخذ اتجاها متزايدا نحو الارتفاع مع وجود تباين طفيف لمحطات الدراسة ، اذ سجلت محطة خانقين اتجاها متزايدا بلغ (0.055 م °) بمقدار تغير بلغ (2.2) في حين سجلت بقية المحطات اتجاها بلغ (0.041 و 0.028 م °) بمقدار تغير بلغ (1.64 و 1.12) لكل من محطتي كركوك والسليمانية على التوالي.

جدول (2) الاتجاه العام لدرجة الحرارة الصغرى (م °) في محطات الدراسة للمدة (١٩٨٠ - ٢٠٢٠)

المحطات	الاتجاه	مقدار التغير
خانقين	0.055	2.2
كركوك	0.041	1.64
السليمانية	0.028	1.12

شكل (2) الاتجاه العام لدرجة الحرارة الصغرى في منطقة الدراسة للمدة (١٩٨٠-٢٠٢٠)



المصدر: -بالاعتماد على جمهورية العراق، وزارة النقل والمواصلات، الهيئة العامة للأتواء الجوية والرصد الزلزالي في العراق، قسم المناخ، (بيانات غير منشورة)، ٢٠١٨.

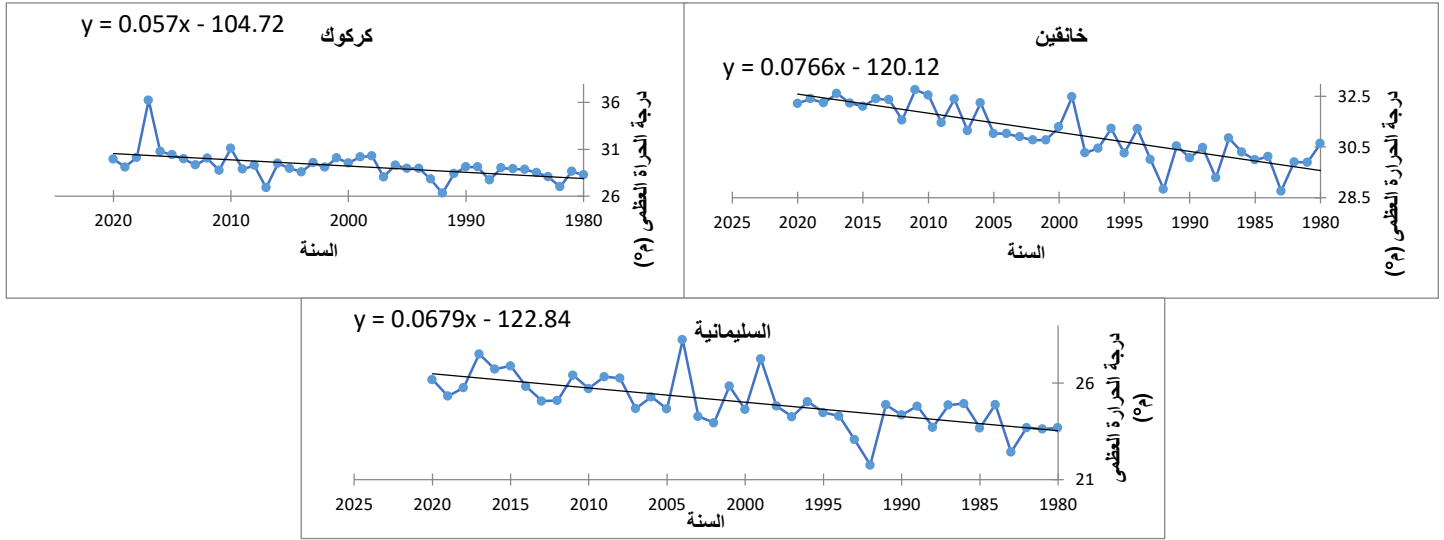
٣- تحليل الاتجاه لدرجة الحرارة العظمى (م°)

من معطيات الجدول (3) والشكل (3) يتضح ان الاتجاه العام لدرجة الحرارة العظمى لمحطات الدراسة سجلت اتجاها عاما نحو الارتفاع ، اذ بلغ اعلى اتجاه (0.076) بمقدار تغير بلغ (3.04م°) في خانقين ، في حين سجلت محطتي كركوك والسليمانية اتجاها بلغ (0.05 و 0.067) بمقدار تغير بلغ (2.28 و 2.68 م°) لكل منهما على التوالي .

جدول (3) الاتجاه العام لدرجة الحرارة العظمى (م°) في محطات الدراسة للمدة (١٩٨٠ - ٢٠٢٠)

المحطات	الاتجاه	مقدار التغير
خانقين	0.076	3.04
كركوك	0.057	2.28
السليمانية	0.067	2.68

شكل (3) الاتجاه العام لدرجة الحرارة (م°) في منطقة الدراسة للمدة (١٩٨٠-٢٠٢٠)



المصدر: -بالاعتماد على جمهورية العراق، وزارة النقل والمواصلات، الهيئة العامة للأحوال الجوية والرصد الزلزالي في العراق، قسم المناخ، (بيانات غير منشورة)، ٢٠١٨،

٤- تحليل الاتجاه للتساقط المطري (ملم)

يتبين من الجدول (4) والشكل (4) ان هنالك تباين في الاتجاه العام للسلاسل الزمنية لكمية الامطار اذ سجلت محطات الدراسة اتجاها عاما نحو الانخفاض اذ بلغ (-2.349 و -2.456 و -3.136) بمقدار تغير بلغ (93- و 86- و 125- ملم) لمحطات الدراسة خانقين وكركوك والسليمانية على التوالي.

ثانياً:- تحليل الاتجاه للمواسم الجافة والرطبة باستخدام مؤشر الـ (SPI).

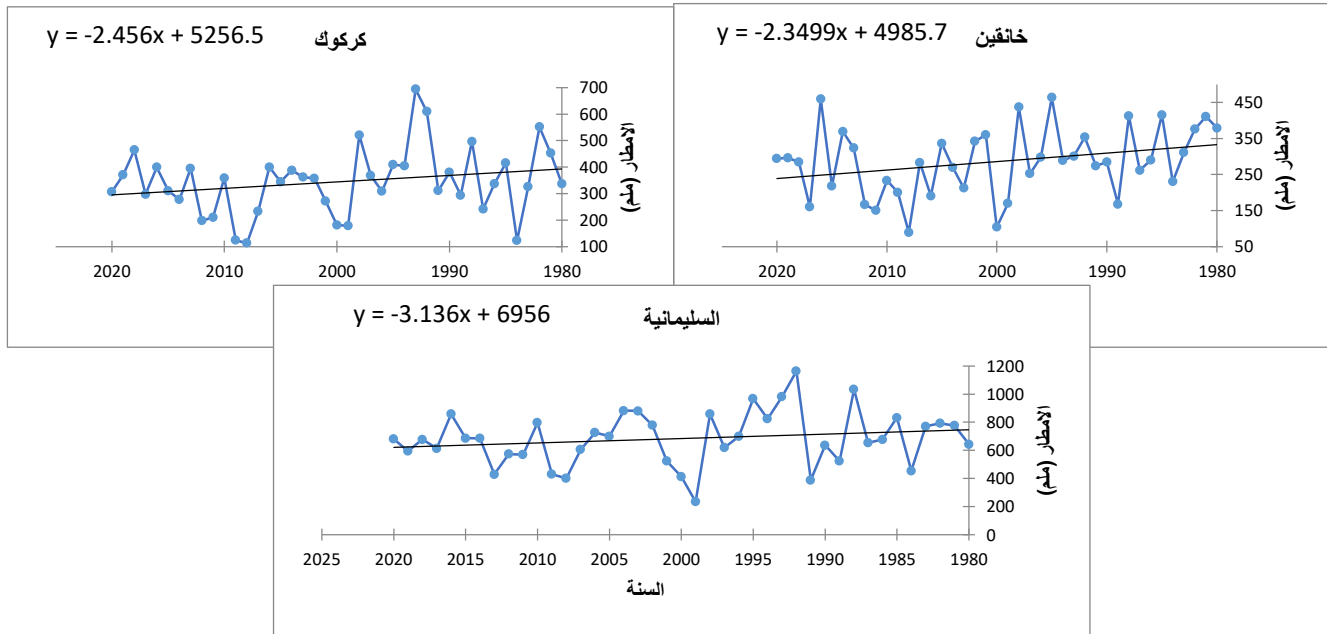
استخدمت الدراسة مؤشر الجفاف الـ (SPI) لتحليل سنوات الجفاف والرطوبة من (1980 - 2020) وتحديد فترة التراكم خلال (12) شهرا لتحليل الجفاف على المدى الطويل ، اذ تم تحديد المواسم الجافة والرطوبة لبيان تأثيرها على رطوبة التربة في منطقة الدراسة ومنها موسم (١٩٩٢-١٩٩٣) الذي صنف حسب مؤشر الجفاف الـ (SPI) من المواسم الشديدة الرطوبة جدا اما المواسم (١٩٩٧ - ١٩٩٨ و ٢٠٠٤-٢٠٠٥) صنفت من المواسم المعتدلة الرطوبة اما المواسم الجافة سجلت خلال (٢٠١٤-٢٠١٥ و ٢٠١٩ - ٢٠٢٠) ، اما بالنسبة للاتجاه العام لمؤشر الجفاف فقد تبين ان محطات الدراسة قد سجلت اتجاها سلبياً بلغ (-0.027 و -0.022 و -0.21) لمحطات الدراسة خانقين وكركوك والسليمانية على التوالي اي هناك تعمق للجفاف في منطقة الدراسة اذ سجل اعلى مقدار للتغير في محطة خانقين اذ بلغ (-

1.08) في حين بلغ مقدار التغير في بقية المحطات (-0.88 و -0.84) لكل من محطتي كركوك والسليمانية على التوالي كما في الجدول (5).

جدول (4) الاتجاه العام للأمطار (ملم) في محطات الدراسة للمدة (١٩٨٠ - ٢٠٢٠)

المحطات	الاتجاه	مقدار التغير
خانقين	-2.349	-93
كركوك	-2.456	-89
السليمانية	-3.136	-125

شكل (4) الاتجاه العام للأمطار (ملم) في منطقة الدراسة للمدة (١٩٨٠-٢٠٢٠)

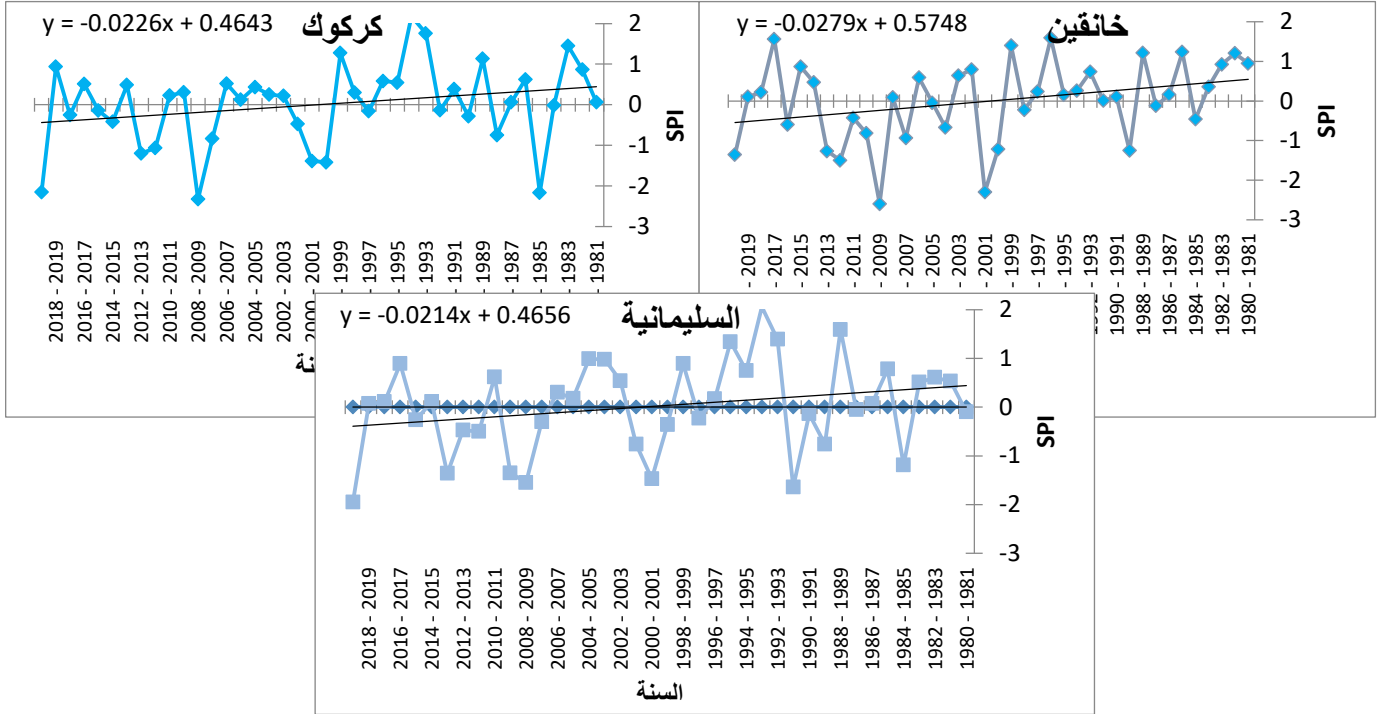


المصدر: -بالاعتماد على جمهورية العراق، وزارة النقل والمواصلات، الهيئة العامة للأرصاد الجوية والرصد الزلزالي في العراق، قسم المناخ، (بيانات غير منشورة)، ٢٠١٨.

جدول (5) مقادير الجفاف لمحطات الدراسة للمدة (١٩٨٠-٢٠٢٠)

المحطات	الاتجاه	مقدار التغير
خانقين	-0.027	-1.08
كركوك	-0.022	-0.88
السليمانية	-0.021	-0.84

شكل (5) الاتجاه العام لنتائج ال spi في منطقة الدراسة للمدة (١٩٨٠-٢٠٢٠)



المصدر: -بالاعتماد على جمهورية العراق، وزارة النقل والمواصلات، الهيئة العامة للأحوال الجوية والرصد الزلزالي في العراق، قسم المناخ، (بيانات غير منشورة)، ٢٠١٨،

وعليه يتضح ان درجة الحرارة تؤثر بشكل مباشر على مؤشر فرق الرطوبة الطبيعي NDMI اذ تتحكم في معدلات التبخر والنشاط النباتي اذ يؤدي ارتفاعها الى قلة المحتوى الرطوبي وبالتالي انخفاض مقدار المؤشر بينما يحدث العكس عن انخفاضها مما يؤدي الى قلة التبخر وبالتالي الحفاظ على رطوبة التربة ومن تحليل الاتجاه السنوي لدرجة الحرارة وهطول الأمطار، يتبين بوضوح أن هناك تغيرات في الخصائص المناخية لمنطقة الدراسة، ناجمة عن التغيرات في ساعات سطوع الشمس النظرية وساعات سطوع الشمس الفعلية، مثل قيمة ساعات سطوع الشمس الفعلية في المنطقة يصل المعدل السنوي إلى حوالي (٨:١١ ساعة)، مما يعني أن منطقة الدراسة تستقبل كمية كبيرة من الإشعاع شمسي لفترة طويلة تصل إلى أكثر من ١٤ ساعة. وهذا بدوره يؤدي إلى ارتفاع درجة الحرارة خلال الصيف، مما يؤدي إلى زيادة قيمة التبخر ومع زيادة التبخر وارتفاع درجات الحرارة يسبب في انخفاض رطوبة التربة وزيادة معدلات الجفاف وتعرضها للعديد من عمليات التجوية والتآكل، يمكن أيضاً من ملاحظة الاتجاه العام لهطول الأمطار أن هناك اتجاهًا تنازليًا عامًا لهطول الأمطار في منطقة الدراسة، حيث يكون هطول الأمطار أقل ما يمكن في الصيف بسبب انقطاع وصول المنخفضات الجوية الى منطقة الدراسة ، بينما يزداد هطول الأمطار شتاءً (رستم و اخرون، ٢٠٢٢) بسبب زيادة اعاصير البحر المتوسط في هذا الفصل مع زيادة قوتها واعماقها وتأثيرها .

ثالثاً: – التباين المكاني لمقادير رطوبة التربة باستخدام مؤشر فرق الرطوبة الطبيعي The Normalized Difference Moisture Index

تعرف رطوبة التربة على انها مقدار المياه العالقة او المخزنة في التربة وهذا يختلف من تربة لأخرى بناء على خصائصها الفيزيائية وغيرها (بارود، ٢٠١٩) و مؤشر فرق رطوبة التربة NDMI يتم حسابه من خلال انعكاس الأشعة تحت الحمراء القريبة (NIR) والأشعة تحت الحمراء ذات الموجة القصيرة (SWIR) ويمكن من خلاله تتبع واقتراح التغييرات على المحتوى المائي للأوراق (Hisham & Other, 2022) كما يحدد هذا المؤشر رطوبة سطح التربة ، اذ يعتمد على مزيج من النطاق ٥ المعروف باسم الاشعة تحت الحمراء القريبة (NIR) ونطاق 6 المعروف بالأشعة تحت الحمراء ذات الاشعة القصيرة (SWIR)، (D.Suyeda1, 2022) و Setiawan, Vol (1) 2022) ويشير مؤشر اختلاف الرطوبة الطبيعي إلى الإجهاد المائي للمحصول يسمح تفسير القيمة الدقيقة لـ NDMI بالتحديد الفوري للمناطق الزراعية أو الميدانية التي تعاني من مخاوف الإجهاد المائي (Hisham & Other, 2022).

ويتم حسابه كنسبة الفرق ومجموع الإشعاعات المنكسرة في الأشعة تحت الحمراء القريبة (NIR) والأشعة تحت الحمراء ذات الموجة القصيرة (SWIR) التي تختلف فيها نطاقات المرئية الفضائية من قمر لآخر وفي هذه الدراسة يكون التطبيق على Landsat8 من خلال المعادلة الآتية :- (Schmidt & McCullum)

$$NDMI = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR)$$

وتختلف النطاقات حسب Landsat المعتمد في الدراسات منها :-

Landsat Bands – Landsat 4-7

- NIR = Band 4
- SWIR = Band 5

تتراوح مقادير مؤشر فرق رطوبة التربة NDMI من (١ - ١⁻)، وكل مقدار يتوافق مع حالة زراعية مختلفة تكون مقادير NDMI في المناطق الجافة و الخالية من الغطاء النباتي سلبية، في حين تكون مقاديره في المناطق ذات النباتات الخضراء إيجابية ، اذ تتوافق المقادير العالية لـ (NDMI) باللون الأزرق مع المحتوى المائي العالي للنباتات والغطاء النباتي العالي في حين تشير المقادير المنخفضة لمؤشر فرق رطوبة التربة

جدول (٦) مساحات مؤشر فرق رطوبة التربة (NDMI) في منطقة الدراسة

المستويات السنوات	1993	1998	2005	2015	2020
اجهاد رطوبي عالي	290.7	292.0	323.8	486.8	679.1
اجهاد رطوبي متوسط	1241.9	1289.0	1214.6	1193.9	1128.7
معتدلة الرطوبة	482.3	445.5	545.5	424.1	317.3
رطوبة جدا	137.9	126.3	68.8	48.0	27.7

المصدر :- بالاعتماد على المرئيات الفضائية Landsat8

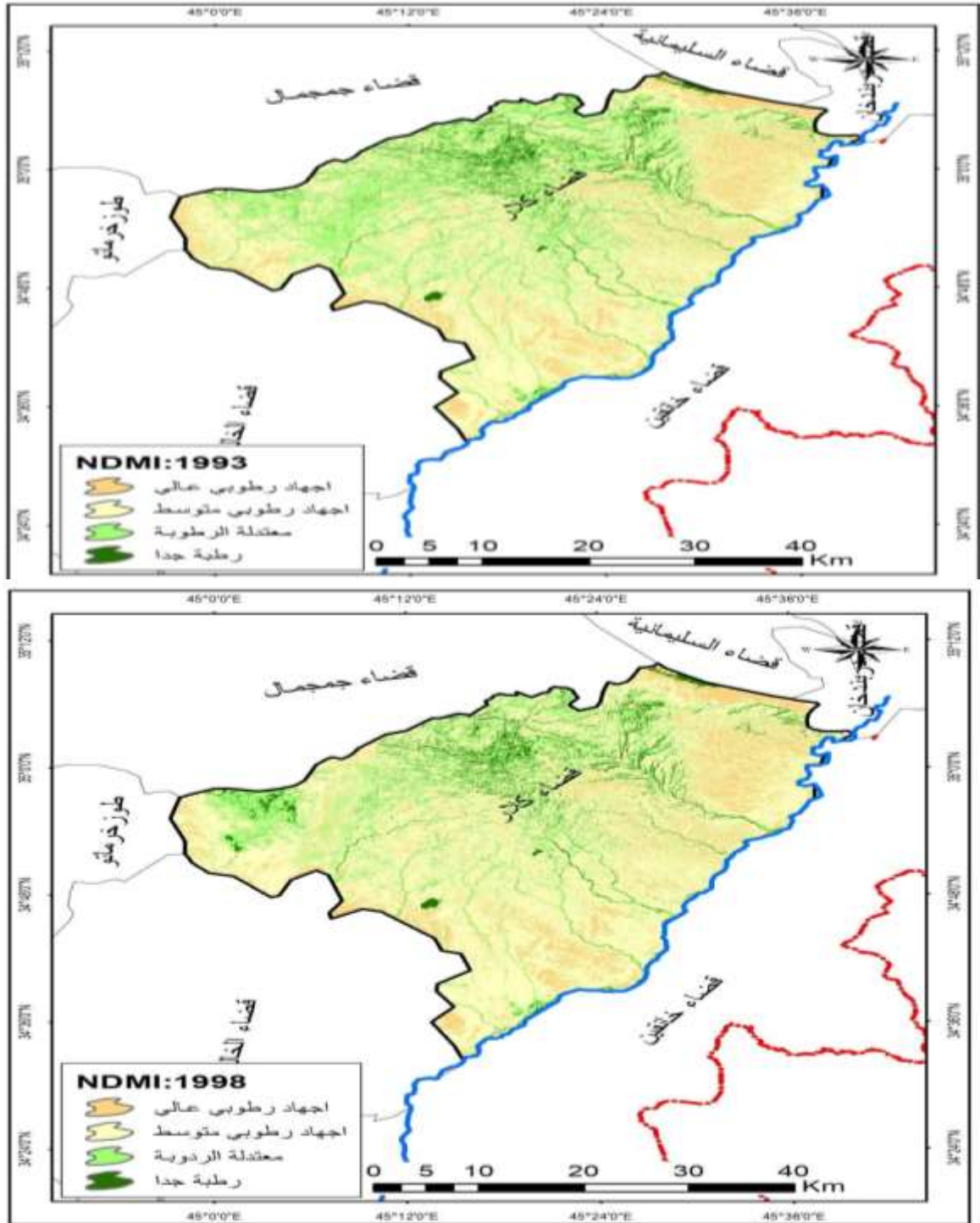
٣- مستوى الاجهاد الرطوبي المعتدل

يتبين من الخرائط اعلاه انخفاض مقادير مؤشر NDMI مقارنة بمستوى الاجهاد الرطوبي المتوسط اذ بلغت اعلى مساحة في موسم ٢٠٠٤-٢٠٠٥ بلغت (545.5 كم٢) وادنى مقدار سجل خلال الموسم ٢٠١٩-٢٠٢٠ بمساحة بلغت (317.3 كم٢) في حين شغلت المستويات الاخرى مساحات مختلفة بلغت (482.3 و 445.5 و 424.1 كم٢) في المواسم (١٩٩٢-١٩٩٣ و ١٩٩٧-١٩٩٨ و ٢٠١٤-٢٠١٥) على التوالي ويتركز معظمها في الاجزاء الشمالية الغربية والغربية والجنوبية الغربية واجزاء متفرقة وسط منطقة الدراسة.

٤- المستوى الرطب جداً

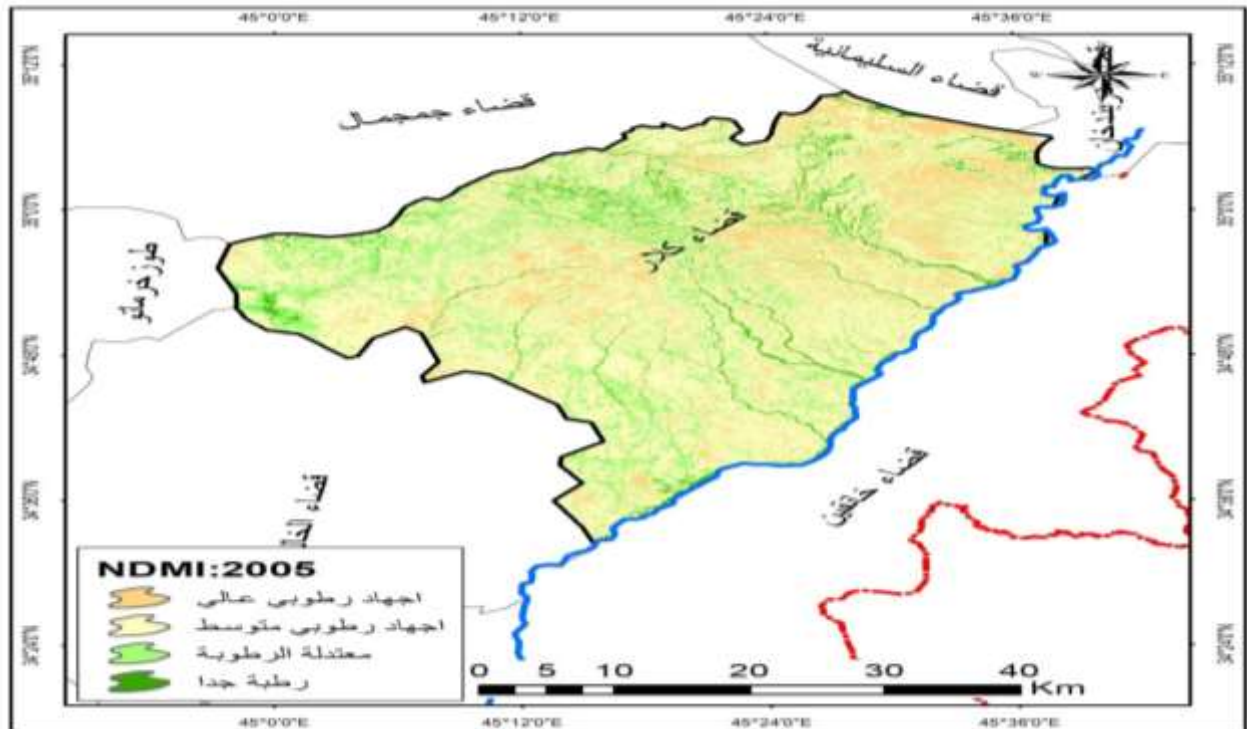
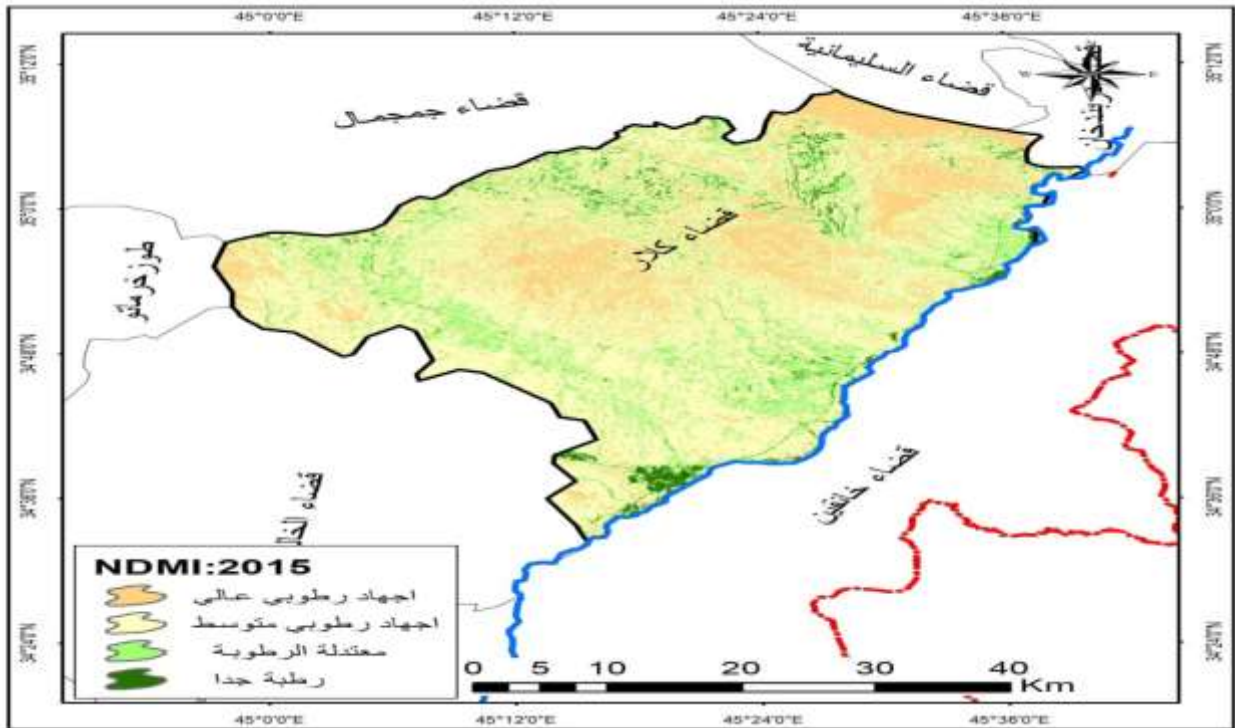
وبالمقارنة مع المستويات المذكورة سابقاً فأن المستوى الرطب جدا شغل اقل مساحة في منطقة الدراسة ، اذ سجل اعلى مساحة في موسم ١٩٩٢-١٩٩٣ حيث بلغت (137.9 كم٢) واقلها سجلت في موسم ٢٠١٩-٢٠٢٠ بمساحة بلغت (27.7 كم٢) بينما تباينت تلك المساحة في المواسم (١٩٩٧-١٩٩٨ و ٢٠٠٤-٢٠٠٥ و ٢٠١٤-٢٠١٥) فبلغت (126.3 و 68.8 و 48.0 كم٢) على التوالي ، اذ احتل هذا المستوى اجزاء مختلفة من منطقة الدراسة وتركز التوزيع بشكل رئيس في الاجزاء الوسطى والغربية والجنوبية الغربية واكثرها تركزا في الجزء الجنوبي الشرقي ايضا من منطقة الدراسة ؛ لأنها تعد من المناطق السهلية والمنبسطة القريبة من النهر وتتميز ايضا بتواجد تربة قيعان الاودية وهي تربة ضحلة غير عميقة ولكنها صالحة للإنتاج الزراعي اذ استغلت من قبل سكان القرى بالزراعة الخضرية . (علي، ٢٠١٤)

خريطة (١ و ٢) مقدار رطوبة التربة باستخدام مؤشر فرق الرطوبة الطبيعي NDMI للاعوام (١٩٩٣-١٩٩٨) في قضاء كلار



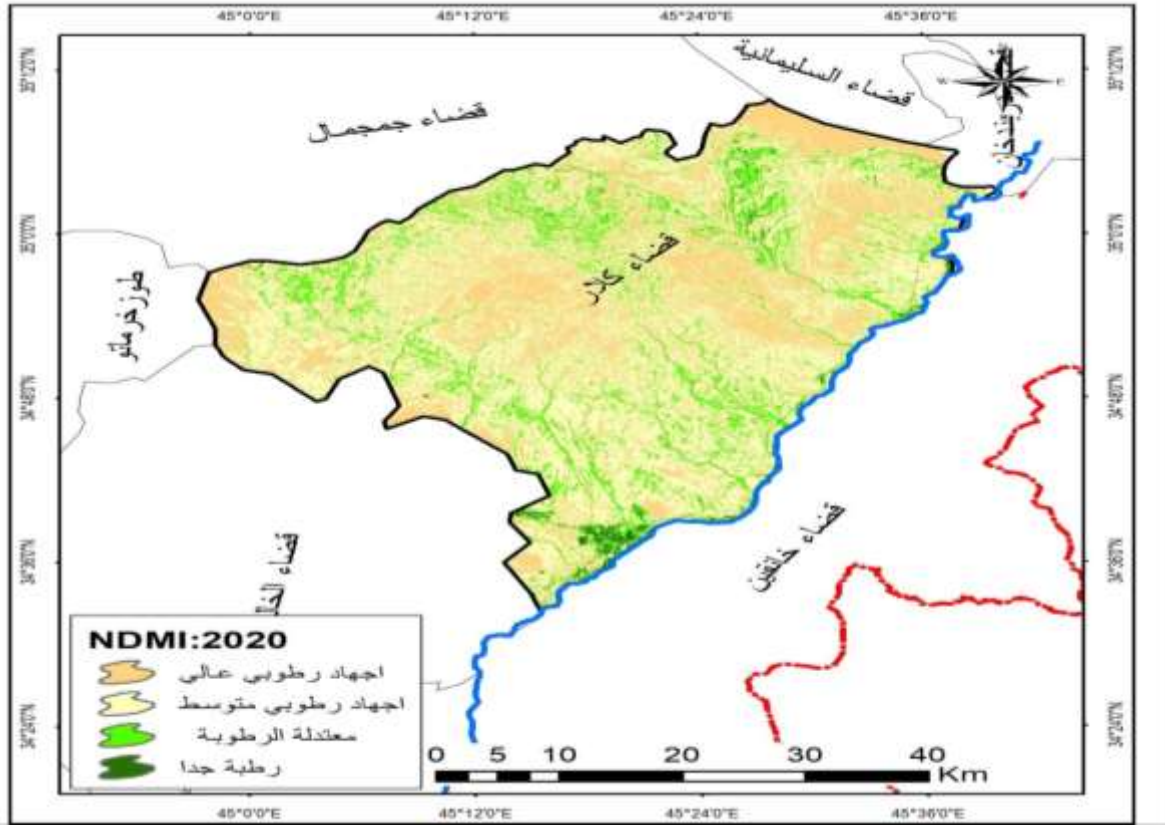
المصدر: بالاعتماد على معطيات مرئيات (Landsat8) وبرنامج (GIS Arc 10.4)

خريطة (٣ و ٤) مقدار رطوبة التربة باستخدام مؤشر فرق الرطوبة الطبيعي NDMI للاعوام (٢٠٠٥-٢٠١٥) في قضاء كلار



المصدر: بالاعتماد على معطيات مرئيات (Landsat8) وبرنامج (GIS Arc 10.4)

خريطة (٥) مقدار رطوبة التربة باستخدام مؤشر فرق الرطوبة الطبيعي NDMI للعام (٢٠٢٠) في قضاء كلار



المصدر: بالاعتماد على معطيات مرئيات (Landsat8) وبرنامج (GIS Arc 10.4)

وعليه اظهرت نتائج تحليل الخرائط الخاصة بمؤشر الـ NDMI وجود تباين مكاني وزماني واضح في رطوبة التربة بقضاء كلار ففي عام ١٩٩٣ يلاحظ انتشار واضح لمناطق الاجهاد الرطوبي العالي خاصة في الاجزاء الجنوبية والجنوبية الشرقية في حين تركزت المناطق الاكثر رطوبة بشكل محدود في الاجزاء الشمالية والشمالية الغربية ، اما في عام ١٩٩٨ ظهرت زيادة واضحة في المساحات الخضراء مقارنة بعام ١٩٩٣ اذ تركزت مناطق الرطوبة العالية والرطوبة جداً في الاجزاء الشمالية والشمالية الشرقية وعلى امتداد المجاري المائية مع تراجع نسبي لمناطق الاجهاد الرطوبي العالي وهذا يعكس تحسن الظروف المناخية وزيادة التساقط المطري وبالتالي تحسن النشاط الزراعي ، اما في عام ٢٠٠٥ يلاحظ انتشار واسع للالوان الخضراء الفاتحة اذ يدل هذا على التحسن النسبي في محتوى الرطوبة خاصة في الاجزاء الوسطى والشمالية ، في حين يلاحظ تراجع قيم الـ NDMI عام ٢٠١٥ مقارنة بعام ٢٠٠٥ اذ توسع نطاق الالوان الصفراء والبرتقالية في الاجزاء الوسطى والشرقية من القضاء ، كما اظهرت نتائج التحليل الخرائطي لمؤشر الـ NDMI تبايناً مكانياً واضحاً الـ NDMI في مستويات الرطوبة داخل قضاء كلار خلال عام ٢٠٢٠ ، اذ

تركز مستوى الاجهاد الرطوبي المتوسط والعالي وسط القضاء وهذا يعكس طبيعة المنطقة شبه الجافة واعتماد محدود على الامطار في حين تركز مستوى الرطوبة الجيد الى المتوسط في الاجزاء الشرقية والجنوبية الشرقية وذلك بسبب قربها من نهر ديالى مع وجود اراضي زراعية مروية في حين تركزت مستويات الاجهاد الرطوبي العالي في المناطق الشمالية والغربية بسبب الابتعاد عن مصادر المياه وطبيعة سطح المنطقة الاكثر جفافاً.

وعليه يرجع سبب هذا التباين في مقادير الرطوبة الى طبيعة سطح منطقة الدراسة والتي تعد من المناطق شبه الجبلية التي تجمع بين خصائص بين الاقليم الجبلي في الشمال والشمال الشرقي وبين الاقليم السهلي في الجنوب فتتكون منطقة الدراسة من السهول المنبسطة والجبال المعقدة والتلال اذ بلغ اعلى ارتفاع في منطقة الدراسة في الجزء الشمالي باكثر من ١٨٠٠ م فوق مستوى سطح البحر اما ادنى ارتفاع بلغ (١٨٠ م) فوق مستوى سطح البحر في الجزء الجنوبي بالقرب من نهر سيروان ، اما الاجزاء الشمالية والشمالية الشرقية من منطقة الدراسة تعد من المناطق السهلية التي تميزت بالانبساط ويطلق عليها بسهول شيروان وتقطعها مجموعة من الودية والمجاري المائية بالإضافة الى العديد من السهول منها سهل قدمات المرتفعات والمراوح الغرينية وسهل (شاكه ل) الواقع جنوب غرب كلار وسهل سيد خليل في جنوب منطقة الدراسة فضلا عن سهل بيباز الواقعة في شرق منطقة الدراسة وتعتبر من المناطق الاقتصادية المهمة في منطقة الدراسة وذلك بسبب استغلالها في النشاط الزراعي (الشتوي و الصيفي) ومنها زراعة الحنطة والشعير اعتمادا على سقوط الامطار كما تميزت منطقة الدراسة بوجود مجموعة من الودية النهرية التي تشكل عددا من الاحواض المائية منها (وادي بونكه له و وادي سيد خليل ووادي شورواه ووادي كاني جقل ووادي دال كوز ووادي باريوله ووادي قلاتوبزان ووادي لافاركه ووادي كوان ووادي سي كرد) التي تنتهي عند مصب نهر ديالى اذ تعتمد هذه الودية على مياه الامطار وذوبان الثلوج من مناطق المنابع في الجزء الشمالي والشمالي الغربي من منطقة الدراسة اما بالنسبة لخصائص التربة في منطقة الدراسة اذ تمثلت بتربة قيعان الودية في الاجزاء الشرقية والتربة البنية في الاجزاء الشمالية والشمالية الشرقية والتربة البنية ذات سمك متوسط وضحل كما تركزت تربة الليثوسول مع الحجر الرملي او الجبس في شمال شرق المنطقة التي تكثر فيها الاحجار اضافة الى وجود التربة البنية المحمرة التي تظهر جنوب شرق منطقة الدراسة مما ادى ذلك الى قلة نسبة الرطوبة في اجزاء المنطقة الشمالية الشرقية مقارنة بالاجزاء الغربية التي تتسلم كميات كبيرة من التساقط المطري ، اذ اخذت تلك المساحات تقل تدريجيا خلال المواسم الجافة

(٢٠١٥ و ٢٠٢٠) وهذا يرجع الى ارتفاع درجات الحرارة وانخفاض التساقط المطري خلال السنوات السابقة الذكر مما ادى الى تراجع مساحات بعض النماذج تدريجيا.

الاستنتاجات

- ١- تم الاعتماد على بيانات الاستشعار عن بعد في العديد من الدراسات منها مراقبة التغيرات التي تحدث على مستوى سطح الارض وذلك من خلال مراقبة قيم الانعكاس السطحي واستخدام صور Landsat8 مع استخدام بعض المؤشرات الطيفية .
- ٢- يعد مؤشر فرق رطوبة التربة NDMI حساساً لمستويات الرطوبة في الغطاء النباتي ويستخدم ايضا في رصد حالات الجفاف .
- ٣- استخدام المؤشرات الطيفية في دراسة العديد من التغيرات المناخية او المشكلات البيئية اصبح امرا ضروريا جدا من اجل الابتعاد عن الطرائق التقليدية مع تقليل الوقت والجهد .
- ٤- يتضح من التحليل الخرائطي ان نموذج الاجهاد الرطوبي المتوسط شغل اعلى مساحة من منطقة الدراسة واخذ بالتناقص التدريجي خلال المواسم الجافة .
- ٥- اما بالنسبة لنموذج الاجهاد الرطب جدا شغل اقل المساحات مقارنة ببقية الاصناف لمنطقة الدراسة في كل المواسم سواء الرطبة او الجافة منها.

التوجيهات التطبيقية

- ١- استخدام خرائط التباين الموسمي لرطوبة التربة لتحسين مواعيد الزراعة والري.
- ٢- دعم إدارة الموارد المائية والتقليل من آثار الجفاف.
- ٣- الاعتماد على التحسس النائي ونظم المعلومات الجغرافية لرصد التغيرات بشكل دوري.
- ٤- مساعدة الجهات المحلية في التخطيط التنموي واتخاذ القرارات البيئية والزراعية.

الآفاق المستقبلية

- ١- توسيع الدراسة لمناطق أو محافظات أخرى للمقارنة المكانية.
- ٢- إدخال متغيرات مناخية إضافية مثل التبخر والرياح.
- ٣- استخدام بيانات فضائية ذات دقة أعلى لزيادة دقة التحليل.
- ٤- ربط رطوبة التربة بإنتاجية المحاصيل والتنبؤ بتغيراتها المستقبلية باستخدام النماذج الذكية.

References

- 1- D.Suyeda1 , F., & Setiawan, B. (Vol (1) 2022). Utilization of NDMI Method in Landsat 8 Satellite Imagery for Analysis of MultiHazard Susceptibility , The 9 th Asian Academic Society International Conference GMPI Conference Series., (p. p 63).
- 2- Hisham , N. H., & Other. (2022). *Monitoring of Ric Growth Phases Using Multi-Temporal Sentinel-2Satellite Image*, (p. p 2).
- 3- Karmeshu, N. (n.d.). Trend Detection in Annual Temperature & Precipitation using the Mann Kendall Test – A Case Study to Assess Climate Change on Select States in the Northeastern United States. p4.
- 4- Schmidt, C., & McCullum, A. (n.d.). *Creating and Using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) from Satellite Imagery* , *Applied Remote Sensing Training*. National Aeronautics and Space Administration.
- 5- Khamis Fakher Baroud. (2019). *Remote Sensing Applications in Geographic Information Systems (Volume 1, Edition 1)*.
- 6- Sherwan Omar Rashid, and Peyman Mudhaffar Saleh. (2022). Determining Climatic Rest Days for Tourism Activity in Kalar and Sharabazher Districts According to the Thom Equation. *Journal of the University of Garmian*, 4, p. 466.
- 7- Othman Abdul Rahman Ali. (2014). *Groundwater in Kalar District and the Possibility of Expanding its Exploitation*. Master's Thesis, College of Arts, University of Baghdad.
- 8- Laith Mahmoud Al-Zankana. (n.d.). The Role of Climate in Determining Rest Levels in Kalar District and its Tourism Impacts on the Region. *Al-Mustansiriya Journal for Arab and International Studies*, 41, p. 230.
- 9- Nakhshan Mohammed Rustam, et al. (2022). The Impact of Drought on Soil Pollution (Sulaimaniyah Central District as a Case Study). *Journal of the University of Garmian*, p. 196.