



ISSN: 1817-6798 (Print)

Journal of Tikrit University for Humanities

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

Aws Ali Mohammed

* Corresponding author: E-mail :
aws.ali@tu.edu.iq
 07703054789

Keywords:

Geomatics techniques
 Spectral indicator efficiency testing
 Drought
 Desertification
 Tuz Khurmatu District

ARTICLE INFO**Article history:**

Received 1 Mar 2025
 Received in revised form 25 Mar 2025
 Accepted 2 May 2025
 Final Proofreading 30 Nov 2025
 Available online 30 Nov 2025

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/>



Journal of Tikrit University for Humanities

Using Geospatial Techniques to Test the Efficiency of Spectral Indicators to Monitor Drought and Desertification Phenomena in Tuz Khurmatu

ABSTRACT

Drought and desertification are among the most serious environmental challenges facing Iraq in recent decades, particularly in arid and semi-arid regions such as Tuz Khurmatu District, located in Salah al-Din Governorate. Climate change, along with unsustainable human activities, has accelerated land degradation, reduced vegetation cover, and increased the frequency of dust storms, negatively impacting the environment and local economy.

With significant advancements in geospatial technologies, particularly Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS), it is now possible to monitor environmental phenomena with high temporal and spatial accuracy, enabling a deeper understanding of changes on the Earth's surface. Spectral indices derived from satellite images provide effective tools for measuring drought severity and vegetation degradation, although the efficiency of these indices varies depending on the environmental and geographical characteristics of each region. This research aims to test the efficiency of a set of spectral indices in monitoring and assessing drought and desertification in Tuz Khurmatu District, by integrating these indices with geospatial tools to create an accurate picture of environmental changes, which contributes to supporting sustainable environmental planning and finding solutions to mitigate land degradation.

DOI: <http://doi.org/10.25130/jtuh.32.11.1.2025.11>

استخدام التقنيات الجيومكانية في اختبار كفاءة المؤشرات الطيفية لمراقبة ظاهرتي الجفاف والتصحر في قضاء طوز خورماتو

أوس علي محمد/ جامعة تكريت/ كلية الآداب / قسم الجغرافية ونظم المعلومات الجغرافية
الخلاصة:

يُعدّ الجفاف والتصحر من أخطر التحديات البيئية التي تواجه العراق في العقود الأخيرة، لا سيما في المناطق القاحلة وشبه القاحلة مثل قضاء طوزخورماتو، الواقع في محافظة صلاح الدين. وقد أدى تغير المناخ، إلى جانب الأنشطة البشرية غير المستدامة، إلى تسريع تدهور الأراضي، وتقليل الغطاء النباتي،

وزيادة وتيرة العواصف الغبارية، مما أثر سلباً على البيئة والاقتصاد المحلي. ومع التقدم الكبير في التقنيات الجغرافية المكانية، وخاصةً نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بُعد (RS)، أصبح من الممكن الآن رصد الظواهر البيئية بدقة زمنية ومكانية عالية، مما يتيح فهماً أعمق للتغيرات على سطح الأرض. وتوفر المؤشرات الطيفية المستمدة من صور الأقمار الصناعية أدوات فعالة لقياس شدة الجفاف وتدهور الغطاء النباتي، على الرغم من أن كفاءة هذه المؤشرات تختلف باختلاف الخصائص البيئية والجغرافية لكل منطقة. يهدف هذا البحث إلى اختبار كفاءة مجموعة من المؤشرات الطيفية في رصد وتقييم الجفاف والتصحر في قضاء طوزخورماتو، من خلال دمج هذه المؤشرات مع الأدوات الجيومكانية لإنشاء صورة دقيقة للتغيرات البيئية، مما يساهم في دعم التخطيط البيئي المستدام وإيجاد الحلول للتخفيف من تدهور الأراضي.

كلمات مفتاحية: التقنيات الجيومكانية / اختبار كفاءة المؤشرات الطيفية/ الجفاف /التصحر / قضاء طوز خورماتو

المقدمة

تعد ظاهرة الجفاف والتصحر من أخطر التحديات البيئية التي تواجه العراق في العقود الأخيرة، لاسيما في المناطق ذات الطبيعة الجافة وشبه الجافة مثل قضاء طوز خورماتو الواقع في محافظة صلاح الدين. فقد ساهمت التغيرات المناخية، إلى جانب النشاط البشري غير المستدام، في تسارع وتيرة تدهور الأراضي، وتراجع الغطاء النباتي، وازدياد وتيرة العواصف الغبارية، مما أثر سلباً على البيئة والاقتصاد المحلي.

ومع التطور الكبير في التقنيات الجيومكانية، لاسيما نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وتقنيات الاستشعار عن بُعد (RS)، أصبح من الممكن مراقبة الظواهر البيئية بدقة زمنية ومكانية عالية، مما يُتيح فهماً أعمق للتغيرات الحاصلة على سطح الأرض. وتوفر المؤشرات الطيفية المشتقة من صور الأقمار الصناعية أدوات فعالة لقياس درجة الجفاف وتدهور الغطاء النباتي، إلا أن كفاءة هذه المؤشرات تختلف باختلاف الخصائص البيئية والجغرافية لكل منطقة، ومن هنا تنبع أهمية هذا البحث في اختبار كفاءة مجموعة من المؤشرات الطيفية في مراقبة وتقييم ظاهرتي الجفاف والتصحر في قضاء طوز خورماتو، من خلال دمج هذه المؤشرات مع الأدوات الجيومكانية لرسم صورة دقيقة للتغيرات البيئية، بما يساهم في دعم جهود التخطيط البيئي المستدام ووضع الحلول الملائمة للحد من تدهور الأراضي.

مشكلة الدراسة :

يعاني قضاء طوز خورماتو من تزايد واضح في مظاهر الجفاف والتصحر، الأمر الذي يؤدي إلى تدهور في الغطاء النباتي واستنزاف الموارد الطبيعية. ورغم توفر تقنيات الاستشعار عن بُعد والتقنيات

الجيومكانية التي توفر مؤشرات طيفية لرصد هذه الظواهر، إلا أن هناك تفاوتاً في كفاءة هذه المؤشرات، ولم تُختبر بعد بشكل دقيق وملائم لطبيعة المنطقة ومن هنا تبرز المشكلة الرئيسة:

1. ما مدى كفاءة المؤشرات الطيفية المستخرجة من تقنيات الاستشعار عن بعد في مراقبة ظاهرتي الجفاف والتصحر في قضاء طوز خورماتو ؟
2. ما مدى انتشار وتطور ظاهرتي الجفاف والتصحر في قضاء طوز خورماتو خلال الفترة الزمنية المدروسة؟

فرضية الدراسة :

- تفترض هذه الدراسة أن بعض المؤشرات الطيفية المستخلصة من صور الأقمار الصناعية تُعد أكثر كفاءة ودقة من غيرها في مراقبة ظاهرتي الجفاف والتصحر في قضاء طوز خورماتو ، ويمكن التوصل إلى مؤشرات موثوقة تُستخدم كأدوات إنذار مبكر ودعم للقرارات البيئية ومنها
1. يُعد مؤشر NDVI من أكثر المؤشرات الطيفية كفاءة في رصد التغيرات في الغطاء النباتي داخل قضاء طوز خورماتو .
 2. يُعد مؤشر SAVI من أكثر المؤشرات الطيفية كفاءة في رصد التغيرات لمعدل التربة داخل قضاء طوز خورماتو .

أهداف الدراسة:

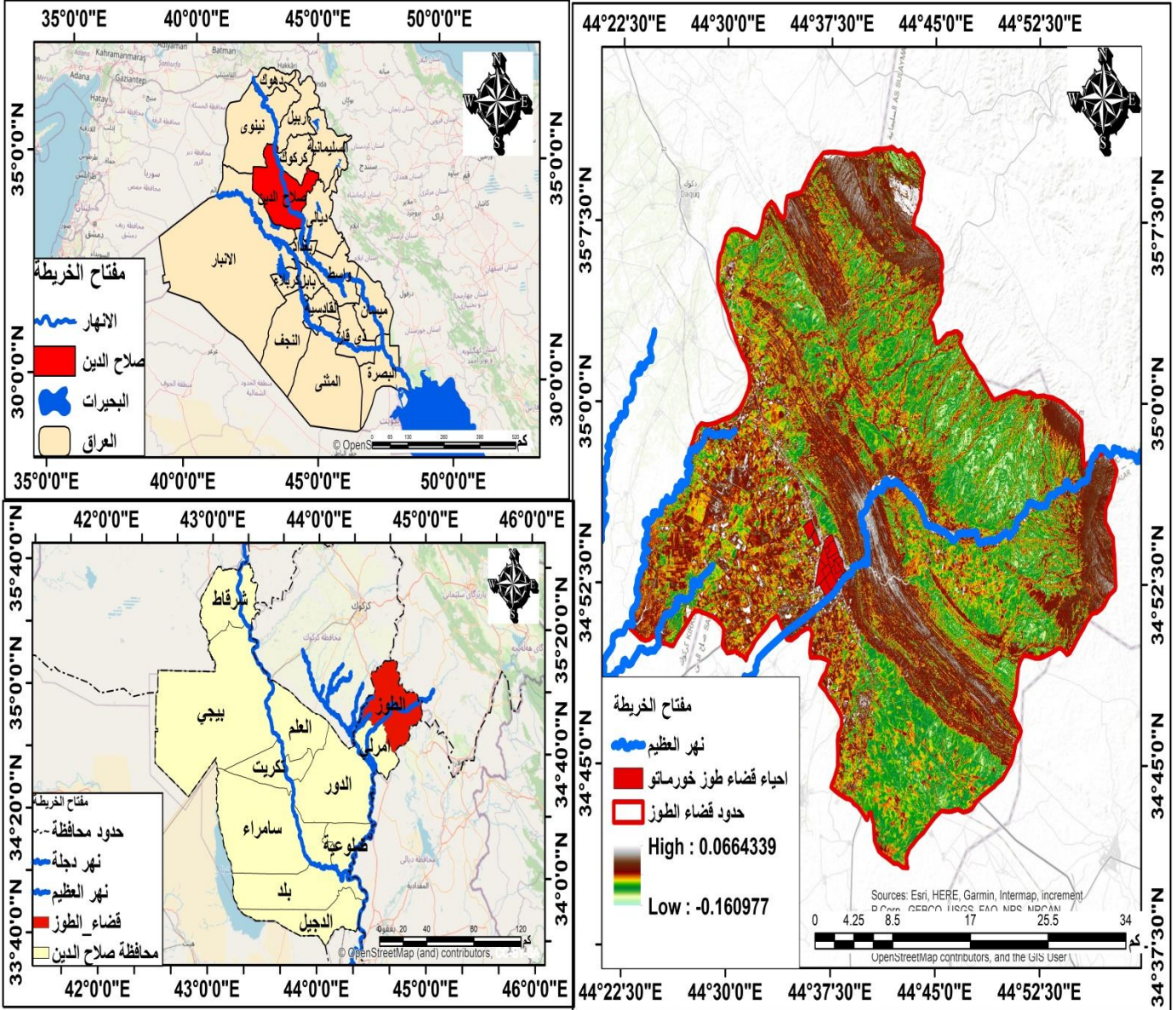
1. تحليل التغيرات البيئية في قضاء طوز خورماتو خلال فترة زمنية محددة باستخدام صور الأقمار الصناعية.
2. حساب مجموعة من المؤشرات الطيفية المرتبطة بالجفاف والتصحر مثل NDVI، NDDI، CVI، ، وغيرها.
3. اختبار كفاءة المؤشرات الطيفية من خلال المقارنة المكانية والإحصائية وربطها بواقع المنطقة.
4. إنتاج خرائط تحليلية وموضوعية تُظهر المناطق المتأثرة بدرجات متفاوتة من الجفاف والتصحر.
5. اقتراح مؤشرات مرجعية عالية الدقة يمكن اعتمادها في تقييم ومراقبة التصحر مستقبلاً في مناطق مشابهة.
6. تقديم توصيات للمؤسسات المعنية حول كيفية توظيف نتائج البحث في إدارة الأراضي ومكافحة التصحر.

حدود منطقة الدراسة :

ينحصر قضاء طوز خورماتو جغرافياً بين خطي طول (30° 22' 44" و 30° 52' 44") شرقاً ودائرتي عرض (30° 37' 34" و 30° 37' 35") شمالاً كما في الخريطة (1) وتحتل مساحته قدرها (1540.037) كم² وتقع اداريا لمحافظة صلاح الدين، وتحدها من الشمال محافظة كركوك ومن الشرق محافظة السليمانية، ومن الجنوب محافظة ديالى، أما من جهة الغرب فتتصل مع حدود قضاء

الدور ويشمل موقع منطقة الدراسة عقدة الاتصال بين المحافظات الشمالية والعاصمة بغداد، ومما جعلها مركزاً تجارياً فضلاً عن تنوع الاستخدامات فيها نتيجة للتباين في النظام البيئي لها.

خريطة (1) موقع منطقة الدراسة من المحافظة والعراق



المصدر: بالاعتماد على خريطة العراق الجيومورفولوجية بمقياس 1/1000000، وباستخدام (ArcMap. 10.8).

اولا : المصطلحات والمفاهيم الدراسية

1_ التصحر: هو تدهور الأراضي في المناطق الجافة وشبه الجافة والجافة شبه الرطبة نتيجة عوامل مختلفة، منها التغيرات المناخية والأنشطة البشرية، مما يؤدي إلى فقدان الإنتاج البيولوجي والاقتصادي للأرض (الواقع والافاق، 2015، ص12).

2_ **الجفاف:** هو ظاهرة مناخية تتمثل في الانخفاض الملحوظ والمستمر في كميات الأمطار عن معدلاتها الطبيعية المعتادة خلال فترة زمنية معينة، مما يؤدي إلى اختلال التوازن البيئي وتأثير سلبي على الموارد المائية والنشاط الزراعي والاقتصادي (الطويل ، 2000، ص212).

3_ **المؤشرات الطيفية:** هي معاملات أو نسب رياضية تُحسب من القيم الرقمية لعدة نطاقات طيفية (Bands) مستخرجة من صور الأقمار الصناعية، وتستخدم للكشف عن خصائص معينة لسطح الأرض، مثل الغطاء النباتي، والمياه، والتربة، وحالة الجفاف، وذلك من خلال تحليل الانعكاسات الطيفية لمكونات السطح في أطوال موجية محددة ومن أبرز هذه المؤشرات: (حسين ، 2012، ص145)

• NDVI (مؤشر الغطاء النباتي)

• NDWI (مؤشر المياه)

• SAVI (المؤشر المعدل للغطاء النباتي)

• CVI (مؤشر الجفاف)

ويبين الجدول (1) تفاصيل البيانات الفضائية المعتمدة في الدراسة، إذ تم استخدام صور القمر الصناعي Landsat-8 OLI/TIRS بدقة مكانية مقدارها 30 م)، (تغطي مسار/مقطع: Path/Row: 168/35 لقضاء طوز خورماتو. تم اختيار صورتين تعودان لعامي 2019 و 2025، وشملت المعالجة المسبقة خطوات مثل التصحيح الإشعاعي والجوي وقص منطقة الدراسة لضمان دقة التحليل الطيفي.

جدول (1): بيانات الصور الفضائية المستخدمة

القمر الصناعي	الحزم الطيفية	رقم المسار/المقطع	خطوات المعالجة	الدقة المكانية	تاريخ الالتقاط
Landsat-8 OLI/TIRS	Band 4-5	168/35	تصحيح إشعاعي، جوي، قص منطقة الدراسة	30 م	2019-05-15
Landsat-8 OLI/TIRS	Band 4-5	168/35	تصحيح إشعاعي، جوي، قص منطقة الدراسة	30م	2025-05-15

ثانياً: مؤشر دليل الاختلاف الخصري الطبيعي

يُعد تدهور الغطاء النباتي الطبيعي من أبرز التهديدات التي تواجه النظم البيئية في مختلف أنحاء العالم، لما يترتب عليه من تغيرات في الخصائص الطبيعية للمنطقة، وظهور أنماط مناخية أكثر تطرفاً، لا سيما التباين في درجات الحرارة، كنتيجة مباشرة لتقلص المساحات المغطاة بالنباتات الطبيعية، وسيادة مظاهر الجفاف والتصحر الناتجة عن ضعف هذا الغطاء، وتعدّ العوامل المناخية من أبرز المؤثرات المباشرة في تكوين الغطاء النباتي وتنوعه الجغرافي، حيث يظهر ترابط واضح بين الأقاليم المناخية والنباتية، إذ تُعدّ الأقاليم النباتية انعكاساً للظروف المناخية السائدة. (Hamad، 2017، ص77)

وقد تم اعتماد مقادير الفئات الموضحة في الجدول (2) لتحديد نوع وكثافة الغطاء النباتي في عدد من الدراسات السابقة، والتي تفاوتت نتائجها باختلاف البيئات المدروسة. أما في هذه الدراسة، فقد تم استخدام مؤشر الغطاء النباتي المشتق (NDVI) وفق تصنيف آلي من خلال برنامج (ArcGIS)، وبأسلوب يقسم منطقة الدراسة إلى خمس فئات، أظهرت نتائج منطقية ومعبرة عن الواقع. ومن هنا، فإن الغطاء النباتي يُعدّ مؤشراً فعالاً ومقياساً دقيقاً لمدى التدهور البيئي، لما له من تأثير مباشر في الغطاء الأرضي وأنماط استخدامات الأرض، ولذلك، فإن الاستمرار في رصد الغطاء النباتي وتحليل تغيراته، سواء كانت سلبية أو إيجابية، أمر بالغ الأهمية، خاصة مع توافر صور الأقمار الصناعية التي تتيح مراقبة دقيقة للتغيرات البيئية وتفاعلها مع الغلاف الجوي (حمادة، 2010، ص53)

جدول (2) مقدار مؤشر دليل الاختلاف الخضري الطبيعي (NDVI)

الفئات	مقدار NDVI
ماء	0.015 الى -0.28
مدمج	0.015 الى 0.14
اراضي قاحلة	0.14 الى 0.18
اعشاب وشجيرات ارضية	0.18 الى 0.27
نباتات متناثرة	0.27 الى 0.36
غطاء نباتي كثيف	0.36 الى 0.74

Tahir Ali Akbar, Quazi K. Hassan, Sana Ishaq, Maleeha Batool, Hira Jannat Butt, Investigative Spatial Distribution and Modelling of Existing and Future Urban Land Changes and Its Impact on Urbanization and Economy, Remote Sensing, USA, 2019

يعتمد هذا المؤشر على الفرق بين الأشعة تحت الحمراء القريبة والأشعة تحت الحمراء البعيدة مقسوماً على مجموعهما، مما يتيح التعرف الفعال على كثافة الغطاء النباتي، حيث يتم حسابه من الصيغة التالية

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

إذ ان:

NDVI = مؤشر الغطاء النباتي.

NIR = الحزمة الطيفية الخامسة نطاق الاشعة تحت الحمراء).

RED = نطاق الاشعة المرئية الحمراء.

يبين الجدول رقم (3) والخرائط (2) (3) العديد من الحقائق العلمية المتعلقة بتباين مكاني وزماني واضح في قيم مؤشر الغطاء النباتي في قضاء طوز خرماتو، ويمكن ادراج تلك الحقائق بالنقاط الآتية:

1_ غطاء نباتي متوسطة الكثافة : يتضح لنا من معطيات الجدول (3) والخريطة (2) و (3) والشكل (1) ان هناك تباين بين سنوات الدراسة حيث سجل عام 2019 مساحة بحوالي (570.68 كم) وبنسبة بلغ قدرها حوالي (37.1%) من اجمالي نسب المساحة لعام 2019 ويرجع السبب الى تغيرات المناخية منها قلة سقوط الامطار في عام 2025 حيث بلغت كمية الامطار في هذا العام حوالي (250) معدل

الأمطار (ملم/سنة) وارتفاع سقوط الامطار في عام 2019 حيث بلغ حوالي (420) معدل الأمطار (ملم/سنة) وبالتالي يسبب ارتفاع درجات الحرارة وارتفاع كميات التبخر تساعد في عملية تغير الغطاء النباتي في منطقة الدراسة و بينما سجل عام 2025 مساحة الغطاء النباتي المتوسط الكثافة مساحة حوالي (422.318 كم) وبنسبة بلغ قدرها حوالي (27.4%) من اجمالي نسب المساحة لعام 2025 .

2_ لا يوجد غطاء نباتي: يتبين ان عام 2019 سجل اقل مساحة بواقع(620.57 كم) وبنسبة بلغت حوالي (40.3%) بينما سجل عام 2025 اعلى مساحة التي لا يوجد فيها غطاء نباتي بواقع (851.392 كم) وبنسبة بلغت حوالي (55.3%) من اجمالي نسب المساحة ويرجع السبب الى ارتفاع المساحات الخالية من الغطاء النباتي في عام 2025 بسبب قلة الامطار وتخفض في عام 2019 بسبب ارتفاع كميات تساقط الامطار في منطقة الدراسة .

3_ غطاء نباتي كثيف : نستنتج ان عام 2019 ادنى مساحة من الغطاء النباتي الكثيف بواقع (205.70 كم) وبنسبة (13.4%) من اجمالي نسب التغير المساحي في منطقة الدراسة ما بين عامي (2019 و 2025) ، بينما سجل عام 2025 سجل اعلى مساحة من الغطاء نباتي كثيف بواقع (234.875 كم) وبنسبة (15.3%)

4_ غطاء نباتي قليل الكثافة: يتبين لنا ان عام 2019 سجل اعلى مساحة بواقع (128.31 كم) وبنسبة بلغت حوالي (8.3%) من اجمالي نسب المساحة المتغيرة في منطقة الدراسة بينما سجل عام 2025. سجل اقل تغير مساحي في الغطاء القليل الكثافة بمساحة بلغت حوالي (24.818 كم) وبنسبة (1.6%) من اجمالي نسب التغير

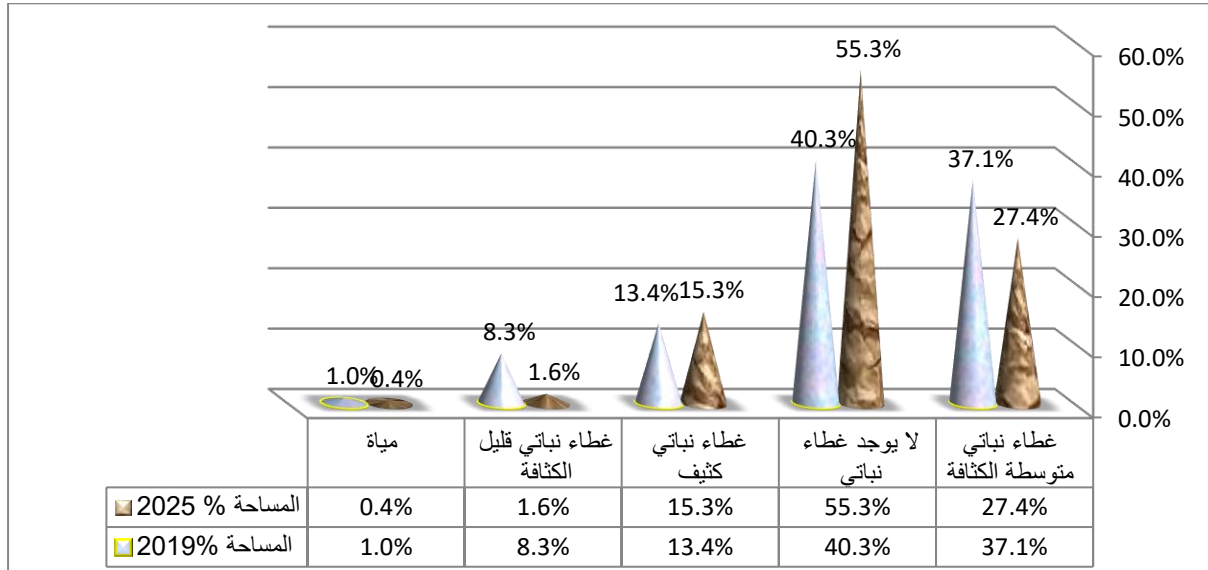
5_ مياه : حصل تغير في كمية المياه في منطقة الدراسة حيث سجل عام 2019 اعلى كميات للمياه بواقع (14.77 كم) من اجمالي المساحة وبنسبة (1.0%) بينما سجلت عام 2025 نسبة بلغت حوالي (0.4%) ويرجع السبب الى التقلبات المناخية التي حصلت بين السنوات من حيث سقوط الامطار وارتفاع وانخفاض كميات التبخر في منطقة الدراسة .

جدول (3) التغيرات المساحية في مؤشر الاختلاف الحضري الطبيعي (NDVI) في قضاء طوز خرماتو في عامي (2019_ 2025)

النسبة %	المساحة /كم	السنوات	التصنيف NDVI
27.4%	422.318	2025	غطاء نباتي متوسطة الكثافة
37.1%	570.68	2019	
55.3%	851.392	2025	لا يوجد غطاء نباتي
40.3%	620.57	2019	
15.3%	234.875	2025	غطاء نباتي كثيف
13.4%	205.70	2019	
1.6%	24.818	2025	غطاء نباتي قليل الكثافة
8.3%	128.31	2019	
0.4%	6.634	2025	مياه
1.0%	14.77	2019	
100%	1540.037	2025	المجموع
100%	1540.037	2019	

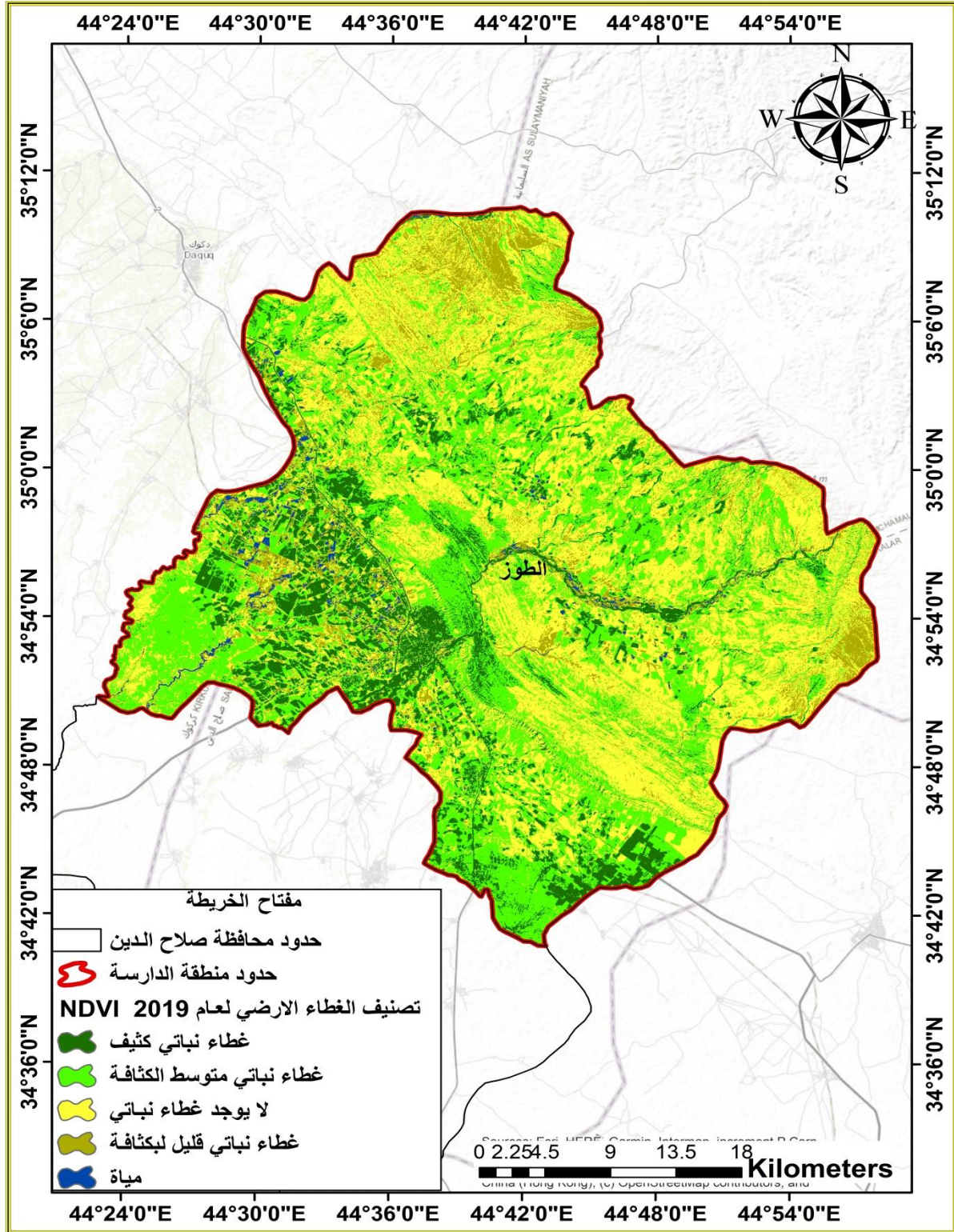
المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على خريطة (2 و3)

الشكل (1) التوزيع النسبي للتغيرات المساحية في مؤشر الاختلاف الحضري الطبيعي (NDVI) في قضاء طوز خرماتو في عامي (2019_ 2025)



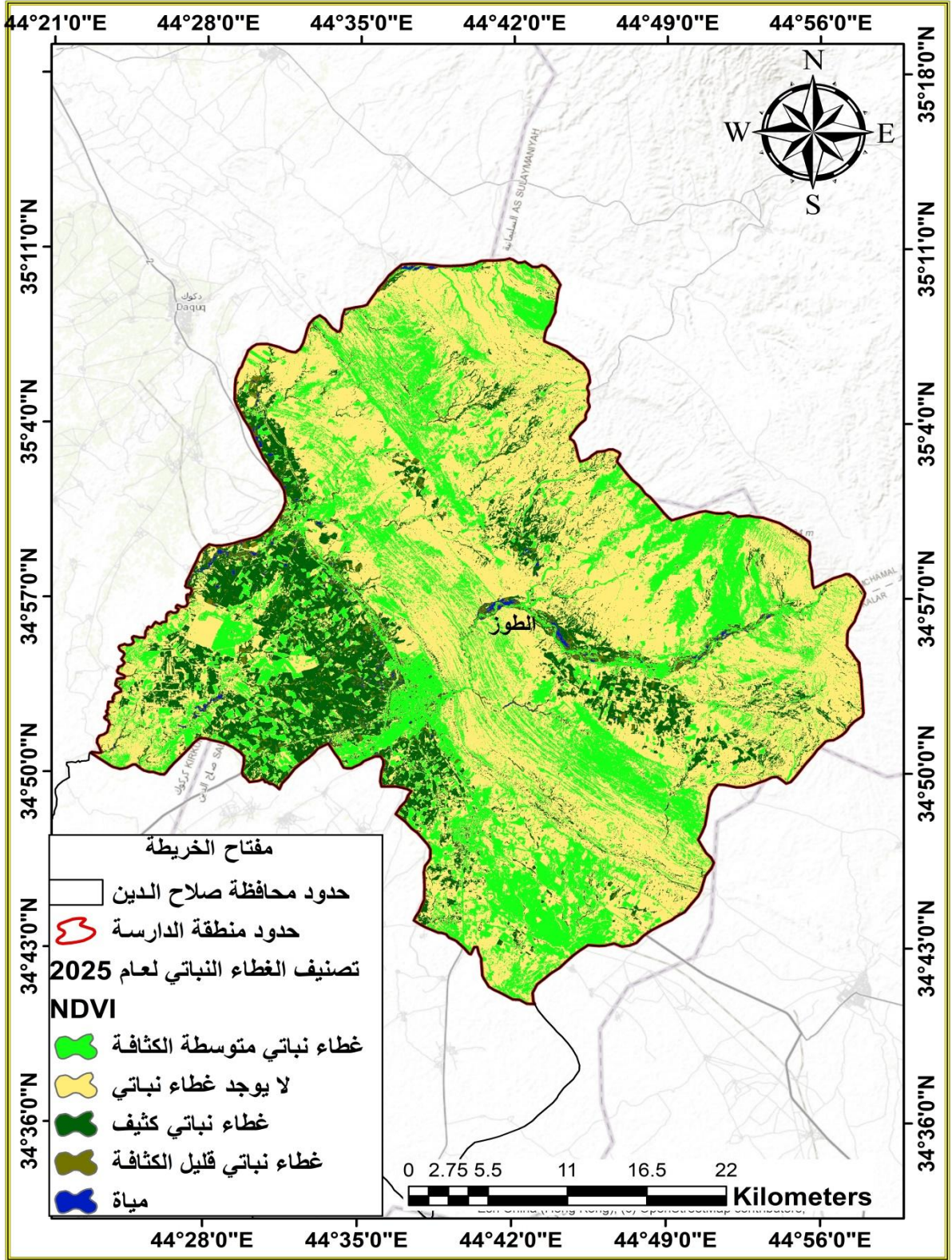
المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات جدول (3)

خريطة (2) مؤشر الاختلاف الخضري الطبيعي (NDVI) في قضاء طوز خورماتو
لعام (2019)



المصدر بالاعتماد على المرئيات الفضائية من القمر الصناعي (Landsat.8 B_4_5) وباستعمال برنامج (Arc GIS 10.8).

خريطة (3) مؤشر الاختلاف الخضري الطبيعي (NDVI) في قضاء طوز خورماتو لعام (2025)



المصدر بالاعتماد على المرئيات الفضائية من القمر الصناعي (Landsat.8 B_4_5) وباستعمال برنامج (Arc GIS 10.8).

ثالثا : مخاطر التصحر البيئية في منطقة الدراسة

يهدف إعداد خريطة للمخاطر البيئية للتصحر في منطقة الدراسة إلى توضيح درجات التصحر والكشف عن مخاطره، وذلك بالاعتماد على التقنيات الجغرافية الحديثة المتمثلة بنظم المعلومات الجغرافية (GIS) وتقنيات الاستشعار عن بعد (RS)، إذ جرى توظيف المرئيات الفضائية من القمر الصناعي (Landsat-8) للعامي (2019 و 2025) بهدف رصد التغيرات البيئية وتشخيص الآثار المترتبة على ظاهرة التصحر في قضاء طوز خرماتو، (الجبوري ، 2021، ص 145_170) وتمثل مخاطر التصحر تهديداً بيئياً متنامياً يمتد ليشمل مختلف الأقاليم الجافة، وشبه الجافة، وشبه الرطبة وحتى الرطبة، وبدرجات متفاوتة في الوقت الحاضر. ويُعزى هذا التهديد إلى مجموعة من العوامل الطبيعية كالمناخ والتربة والموارد المائية، إضافةً إلى العوامل البشرية التي كان لها دور محوري في تعاضد حدة المخاطر، مثل سوء إدارة الموارد الطبيعية (التربة، المياه، الغطاء النباتي) والاستغلال غير المستدام لها ، وبناءً على ذلك، جرى تصميم خريطة لمستويات التصحر ومخاطره في منطقة الدراسة عبر إدخال مجموعة من البيانات الأساسية (المياه، الغطاء الأرضي، التربة) ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، والتي أخضعت لعمليات التحليل المكاني والمقارنة الزمنية بين عامي 2019 و 2025، وصولاً إلى تحديد درجات التصحر التي توزعت مكانياً كما هو موضح في الخريطة (4 و 5) والجدول (4) والشكل (2) اللذين يبينان مستويات التصحر في منطقة الدراسة وكما يلي

1_ أراضي ذات تصحر طفيف: يتبين لنا من معطيات الجدول (4) والخريطة (4_5) والشكل (2) ان عام 2019 سجل مساحة من اراضي ذات التصحر الطفيف بحوالي (155.436 كم) وبنس بلغت حوالي (10%) من اجمالي نسبة مستويات التصحر بينما سجل عام 2025 تصحر طفيف بمساحة حوالي (0.075 كم) وبنسبة (0%) ويرجع السبب الى العديد من العوامل الطبيعية والبشرية منها التوسع العمراني وقطع الاشجار المتكرر والرعي الجائر وقلة سقوط الامطار في منطقة الدراسة.

2_ أراضي خالية من التصحر: يتضح لنا من معطيات الجدول (3) ان عام 2019 سجل مساحة من اراضي الخالية من التصحر بحوالي (320.595 كم) وبنس بلغت حوالي (21%) من اجمالي نسبة مستويات التصحر ويرجع السبب الى ارتفاع كميات الامطار في هذا العام ، بينما سجل عام 2025 اراضي خالية من التصحر بمساحة حوالي (305.676 كم) وبنسبة (20%) ويرجع السبب الى العديد من العوامل الطبيعية والبشرية منها التوسع العمراني وقطع الاشجار المتكرر والرعي الجائر وقلة سقوط الامطار في منطقة الدراسة.

3_ أراضي معتدلة التصحر: نستنتج من معطيات الجدول (4) ان عام 2019 سجل مساحة من الاراضي ذات التصحر المعتدل بحوالي (349.846 كم) وبنسبة بلغت حوالي (23%) بينما ارتفعت في عام 2025 الى حوالي (430.710 كم) وبنسبة بلغت حوالي (28%) ويرجع السبب الى التغيرات

المناخية في منطقة الدراسة منها اختلاف في سقوط كميات الامطار حيث ارتفعت كميات الامطار في عام 2019 وانخفضت في عام 2025 .

4_ أراضي ذات تصحر شديد: يتبين لنا من الجدول (4) والكل (2) والخريطة (4_5) ان عام 2019 سجل اقل مساحة من التصحر الشديد بواقع مساحي حوالي (410.639 كم) وبنسبة بلغت (27%) بينما ارتفعت هذا التصحر الشديد في عام 2025 حتى وصل الى حوالي (520.421 كم) وبنسبة ارتفعت الى حوالي (34%) من اجمالي نسب التصحر لعام 2025 في منطقة الدراسة ,

5_ أراضي ذات تصحر شديد جدا: اذ سجل عام 2019 من مستوى التصحر الشديد جدا حوالي (220.551 كم) وبنسبة (14%) وبينما راتفعت في عام 2025 الى حوالي (271.016 كم) وبنسبة بلغت حوالي (14%) كما موضح في الخريطة (4_5) والجدول (4) والشكل (2) لمنطقة الدراسة .

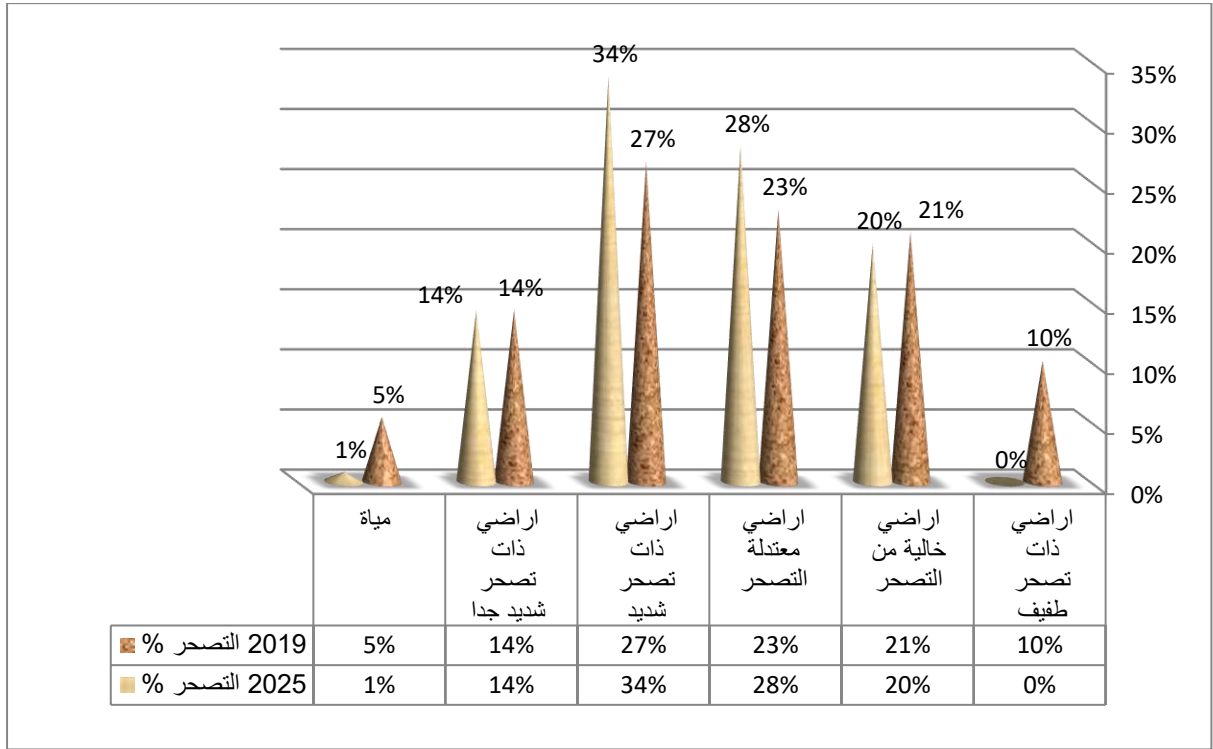
6_ المياه : سجل عام 2019 ارتفاع في كميات المياه بسبب غزارة الامطار لهذا العام اذ سجلت نسبة بلغت حوالي (5%) بينما سجل عام 2025 انخفاض واضح في كمية المياه بسبب قلة سقوط الامطار اذ سجلت نسبة المياه حوالي (1%) في منطقة الدراسة .

جدول (4) التغيرات المساحية في مؤشر مخاطر التصحر في قضاء طوز خورماتو في عامي (2019_ 2025)

النسبة %	المساحة /كم	السنوات	درجات مخاطر التصحر
0%	0.075	2025	أراضي ذات تصحر طفيف
10%	155.436	2019	
20%	305.676	2025	أراضي خالية من التصحر
21%	320.595	2019	
28%	430.710	2025	أراضي معتدلة التصحر
23%	349.846	2019	
34%	520.421	2025	أراضي ذات تصحر شديد
27%	410.639	2019	
14%	271.016	2025	أراضي ذات تصحر شديد جدا
14%	220.551	2019	
1%	12.704	2025	مياه
5%	83.504	2019	
100%	1540.037	2025	المجموع
100%	1540.037	2019	

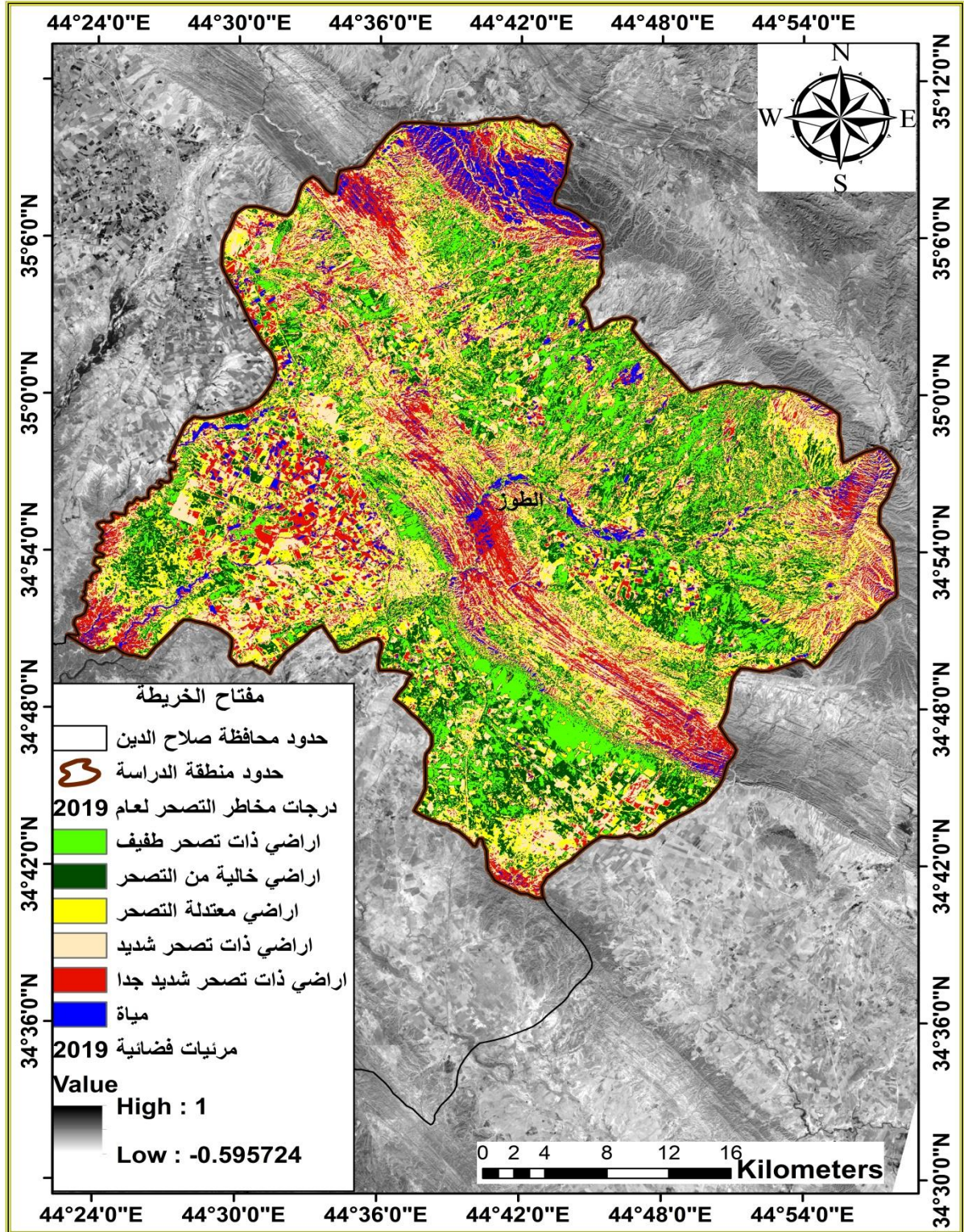
المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على خريطة (4 و5)

شكل (2) التغيرات النسبية لمساحية لمخاطر التصحر في قضاء طوز خورماتو في عامي (2025 _2019)



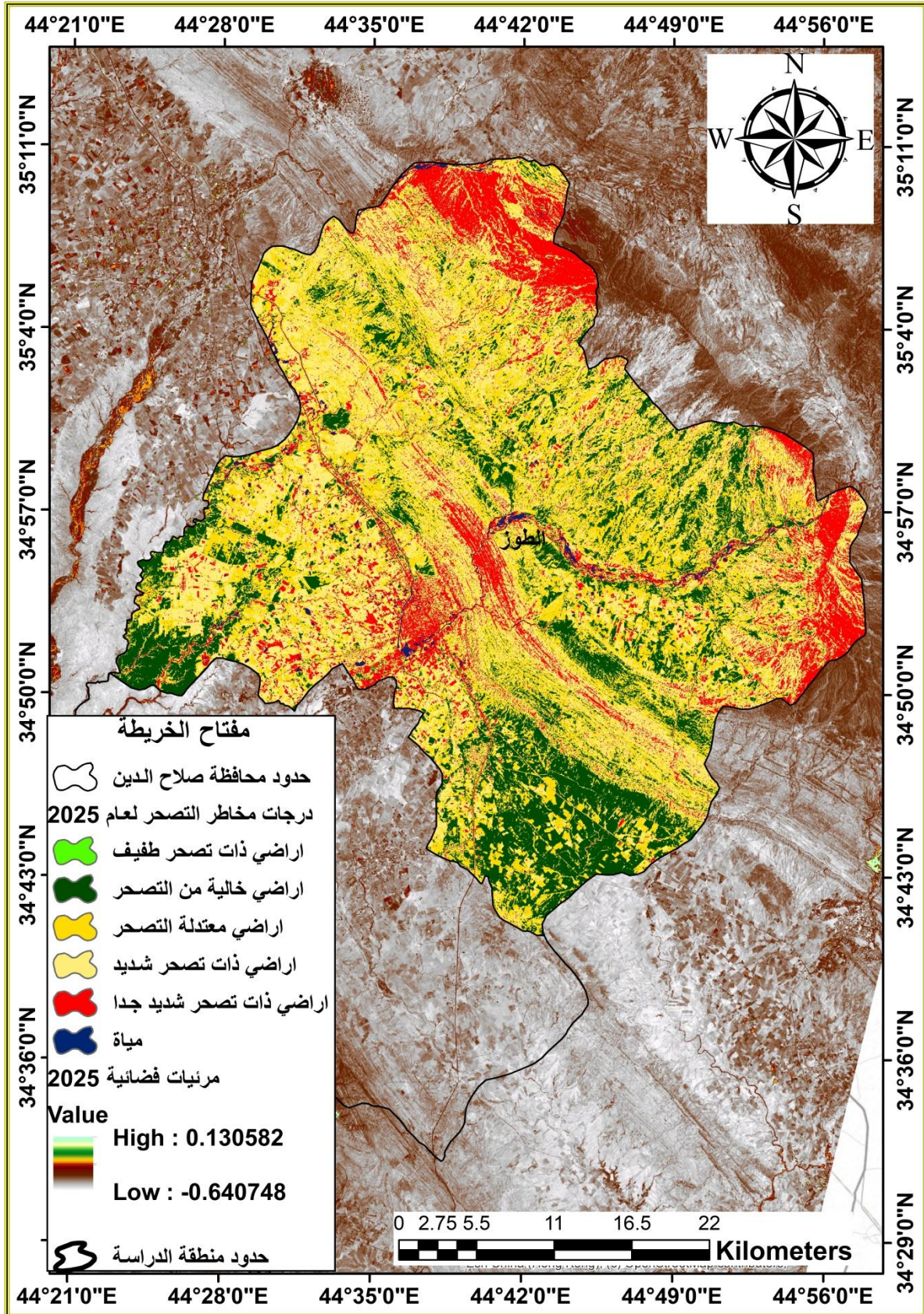
المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات جدول (4)

خريطة (4) التغيرات المساحية في مؤشر مخاطر التصحر في قضاء طوز خورماتو في عام (2019)



المصدر بالاعتماد على المرئيات الفضائية من القمر الصناعي (Landsat.8) وباستعمال برنامج (Arc GIS 10.8).

خريطة (5) التغيرات المساحية في مؤشر مخاطر التصحر في قضاء طوز خورماتو في عام (2025)



المصدر بالاعتماد على المرئيات الفضائية من القمر الصناعي (Landsat.8) وباستعمال برنامج (Arc GIS 10.8).

رابعاً : مؤشر الحالة النباتية (VCI) للجفاف

يُعد مؤشر حالة الغطاء النباتي (VCI) من أهم المؤشرات الطيفية المستخدمة في رصد حالات الجفاف. وقد طُوِّر هذا المؤشر من قِبَل Kogan بالتعاون مع الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي (NOAA) في الولايات المتحدة الأمريكية، يعتمد المؤشر على متابعة التغيرات في كثافة الغطاء النباتي من خلال صور الأقمار الصناعية، إذ يقارن الحالة الحالية للنبات بالحالة السابقة له، مما يتيح إمكانية الكشف المبكر عن بدايات الجفاف، فضلاً عن تحديد مدته وشدته. ويُطبَّق هذا المؤشر بشكل خاص في المناطق المعرضة باستمرار لظروف الجفاف، كونه يوفر معلومات دقيقة حول تطور هذه الظاهرة عبر الزمن (Kogan، 1995، P91_100) ويُحسب مؤشر VCI بالمعادلة الآتية:

$$VCI = \frac{(NDVI - NDVI_{min})}{(NDVI_{max} - NDVI_{min})} * 100$$

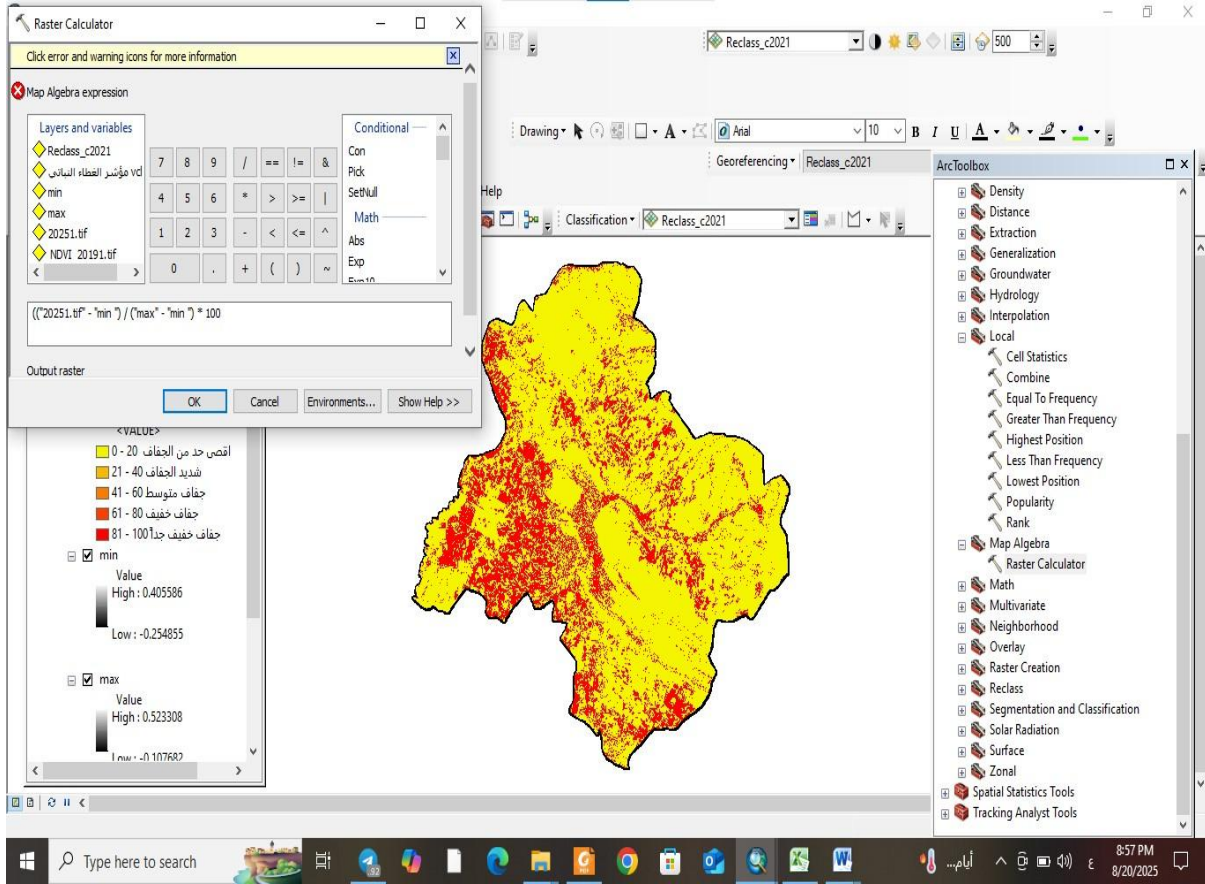
حيث:

- NDVI: القيمة الحالية لمؤشر الغطاء النباتي المستخلصة من صور الأقمار الصناعية دمج الخريطة (2 و 3)
- NDVI_{max}: أعلى قيمة مسجلة لمؤشر NDVI خلال فترة زمنية طويلة (أفضل حالة غطاء نباتي).
- NDVI_{min}: أدنى قيمة مسجلة لمؤشر NDVI خلال الفترة نفسها (أسوأ حالة جفاف). وبناءً على هذه المعادلة:

- القيم القريبة من 0% تدل على ظروف جفاف شديدة.
- القيم القريبة من 100% تعكس حالة نباتية مثالية (خالية من الجفاف)

والصورة توضح طريقة عمل مؤشر الحالة النباتية (VCI) للجفاف في برنامج Arc Gis 10.8 حيث تم دمج تصنيف النباتي لعام 2019 NDVI والتصنيف النباتي لعام 2025 NDVI ومن ثم تطبيق المعادلة في الاعلى .

الصور (1) توضح تطبيق المعادلة لاستخراج مؤشر الحالة النباتية (VCI) للجفاف



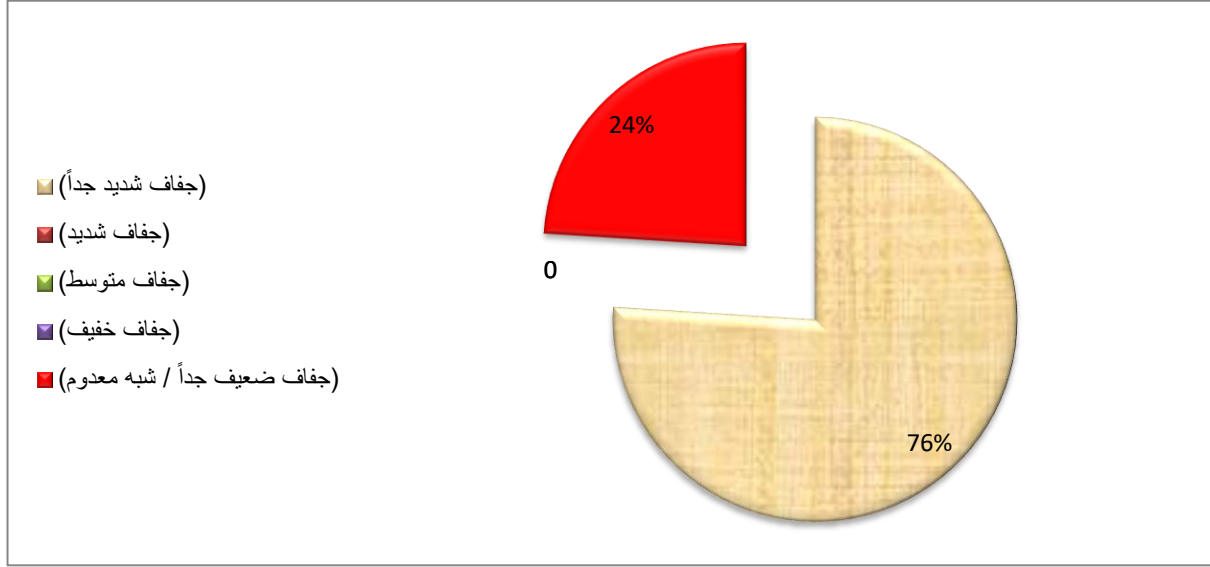
المصدر بالاعتماد على المرئيات الفضائية من القمر الصناعي (Landsat.8) وباستعمال برنامج (Arc GIS 10.8) ودمج مخرجات التصنيف النباتي لعام 2019 و 2025

جدول (5) تصنيف مستويات الجفاف باستخدام مؤشر الحالة النباتية (VCI)

نطاق مؤشر الحالة النباتية للجفاف VCI	المؤشر الرقمي	مساحة الجفاف/كم	%	مستويات الجفاف
0 – 20	5	1166.0	76%	جفاف شديد جدا
20 – 40	4	0	0	شديد جفاف
40 – 60	3	0	0	متوسط جفاف
60 – 80	2	0	0	خفيف جفاف
80 – 100	1	374.1	24%	شبه / ضعيف جداً جفاف معدوم
المجموع	===	1540.037	100%	=====

Kogan, F. N. (1995). Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection. Advances in Space Research, 15(11), 91–100

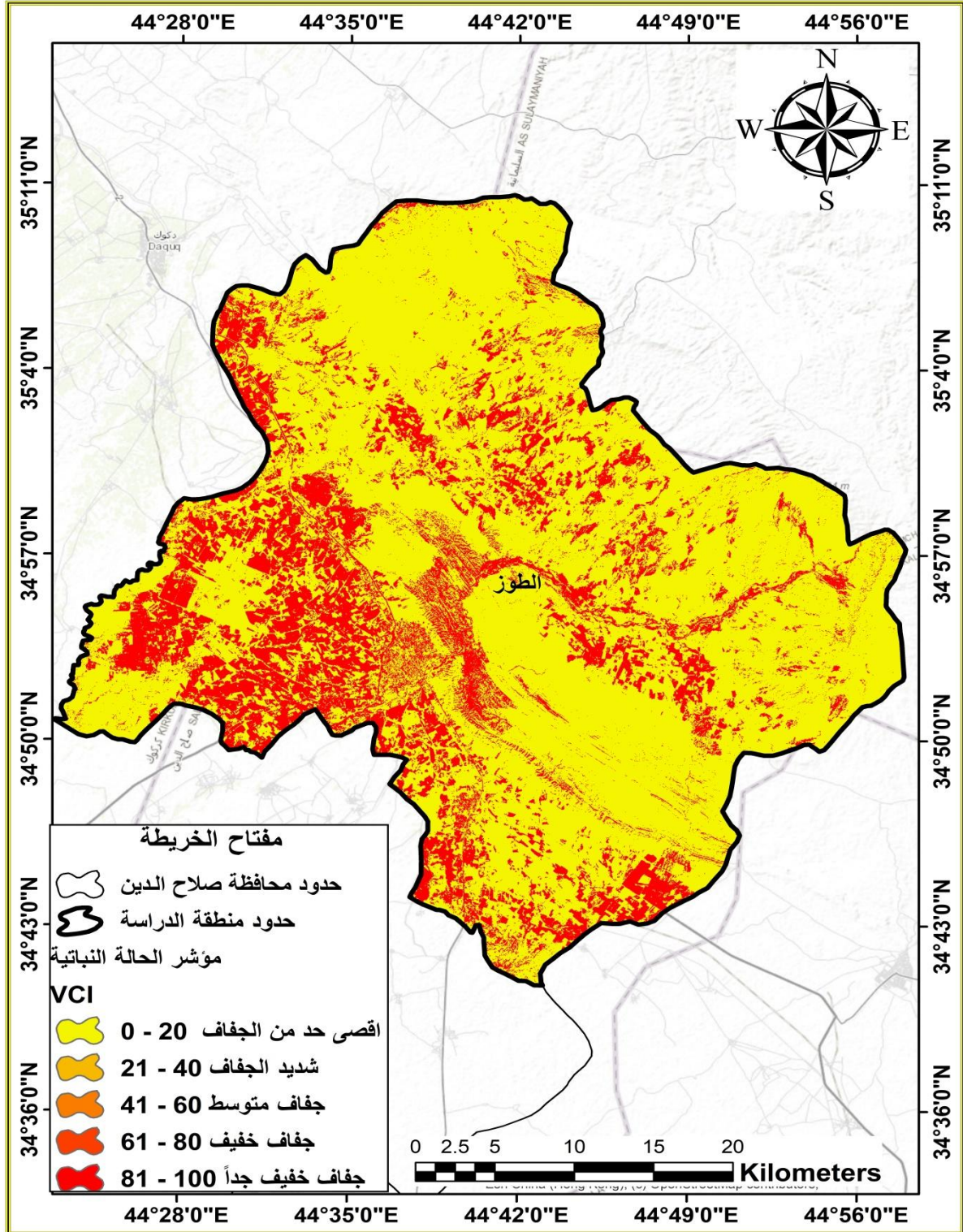
الشكل (3) التوزيع النسبي لمستويات الجفاف باستخدام مؤشر الحالة النباتية (VCI)



المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات جدول (5)

اذ يتبين لنا من الجدول (5) والخريطة (6) والشكل (3) ان منطقة الدراسة تميزت بجفاف شديد جدا اذ بلغت مساحته حوالي (1166.0 كم) وبنسبة بلغت حوالي (76 %) ذات المؤشر الرقمي (5) وذات نطاق مؤشر الحالة النباتية للجفاف VCI محصور ما بين (20_0) بينما سجل مؤشر الجفاف الضعيف جدا شبه معدوم مساحة بلغت حوالي (374.1 كم) وبنسبة بلغت (24%) من اجمالي نسب الجفاف وذات نطاق مؤشر الحالة النباتية للجفاف VCI محصور ما بين (100_80) في منطقة الدراسة لعامي 2019 و2025 ويرجع سبب الجفاف الى قلة هطول الأمطار أو تذبذبها موسمياً وسنوياً وارتفاع درجات الحرارة مما يؤدي إلى زيادة معدلات التبخر وفقدان الرطوبة من التربة و التغير المناخي العالمي الذي يسبب تغير أنماط الأمطار، وزيادة موجات الجفاف إزالة الغطاء النباتي (قطع الأشجار، الرعي الجائر) مما يقلل من قدرة التربة على الاحتفاظ بالرطوبة و الزراعة غير المستدامة واستخدام طرق ري غير فعالة تؤدي إلى استنزاف المياه الجوفية والتمدد والتوسع العمراني على حساب الأراضي الزراعية و تلوث المياه والبيئة مما يحد من الاستفادة من الموارد المائية المتاحة وطبيعة التربة (الترب الرملية سريعة فقدان المياه) والانحدار والتضاريس (المناطق المرتفعة والجبليّة تفقد رطوبتها أسرع من الأراضي المنبسطة)

خريطة (6) مؤشر الحالة النباتية (VCI) للجفاف في قضاء طوز خورماتو في عامي (2019_ 2025)



المصدر بالاعتماد على المرئيات الفضائية من القمر الصناعي (Landsat.8) وباستعمال برنامج (Arc GIS 10.8) ودمج مخرجات التصنيف النباتي لعام 2019 و 2025 .

اولاً : الاستنتاجات

1. توصلت الدراسة ان الغطاء نباتي متوسط الكثافة انخفض من 37.1% (570.68 كم²) سنة 2019 إلى 27.4% (422.31 كم²) سنة 2025 .
2. وضحت الدراسة غياب الغطاء النباتي اذ ارتفعت نسبتها من 40.3% (620.57 كم²) سنة 2019 إلى 55.3% (851.39 كم²) سنة 2025.
3. بينت الدراسة ان الأراضي شديدة التصحر ارتفعت نسبتها من 27% (410.6 كم²) سنة 2019 إلى 34% (520.4 كم²) سنة 2025.
4. وضحت الدراسة ان لمنطقة تعاني من جفاف شديد جداً في 76% (1166 كم²) من المساحة فقط 24% (374.1 كم²) من الأراضي شبه خالية من الجفاف أو ضعيفة التأثير حيث ان بقية المستويات (جفاف متوسط، خفيف) غير موجودة تقريباً، ما يعني أن الظاهرة متطرفة.

ثانياً : التوصيات

1. إدارة الموارد المائية حيث إنشاء سدود وخزانات صغيرة لتقليل الفاقد المائي واعتماد طرق ري حديثة (الري بالتنقيط والرش) بدل الري بالغمر .
2. إعادة تأهيل الغطاء النباتي والتوسع في برامج التشجير وزراعة النباتات المقاومة للجفاف و منع الرعي الجائر والقطع العشوائي للأشجار .
3. الزراعة المستدامة حيث استخدام محاصيل تتحمل الحرارة وقللة المياه واعتماد الدورة الزراعية وتقنيات حفظ التربة.
4. المراقبة المستمرة و الاعتماد على مؤشرات مثل NDVI و VCI لمتابعة التغيرات سنوياً وإنشاء قاعدة بيانات مكانية لتحديث الوضع البيئي بشكل دوري.

References

1. Desertification: Reality and Prospects, Iraqi Ministry of Environment, 2015, p. 12.
2. Kamal Khalaf Al-Tawil, Climatic and Botanical Geography, Second Edition, Dar Al-Fikr Al-Arabi, Cairo, 2000, p. 212.
3. Ahmed Ali Hussein, Remote Sensing and Its Applications in Environmental Studies, Dar Al-Safa for Publishing and Distribution - Amman, First Edition, 2012, p. 145.
4. Abdulhalim A. Suliman, Jasim S. Hamad, Spatial Variability of Soil Salinity in the Mid-Mesopotamian Plain by Remote Sensing, International Journal of Scientific Engineering and Research, Volume (5) Issue (2), February 2017, pp. 73-77.
5. Safaa Abdul-Jalil Kamel Hamada, Topographic Characteristics and Their Impact on Vegetation Cover in Nablus Governorate Using Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing, Master's Thesis, An-Najah National University, Palestine, 2010, p. 53.
6. Ahmed Khalaf Al-Jubouri, and Abdullah Khalil Ahmed, Using Remote Sensing and Geographic Information Systems Techniques in Desertification Risk Analysis in Salah Al-Din Governorate, Journal of the College of Education for Humanities, Tikrit University, Vol. 28, No. 2, 2021, pp. 145-170
7. Kogan, F. N. (1995). Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection. Advances in Space Research, 15(11), 91–100.