Journal of Al-Farabi for Humanity Sciences Volume (10) Issue (1) 31 July (2026)

ISSN: 2957-3874 (Print)
Journal of Al-Farabi for Humanity Sciences (JFHS)
https://iasj.rdd.edu.iq/journals/journal/view/95
مجلة الفارابي للعلوم الإنسانية تصدرها جامعة الفارابي

الرصد الجيومورفولوجي لديناميكية السباخ في مركز قضاء الوركاء للفترة (٢٠١٦-٢٠٢٥) باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد

م. د اسامة فالح عبد الحسن المكتوب

وزارة التربية / المديرية العامة للتربية في المثنى

Geomorphological Monitoring of Sabkha Dynamics in Al-Warka District during the Period (2016–2025) Using Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing

Dr. Osama Faleh Abdul Hassan Al-Maktoob
General Directorate of Education in Al-Muthanna, Iraq
osamasmawi@gmail.com

الملخص:

تهدف الدراسة إلى رصد جيومورفولوجي لديناميكية السباخ في قضاء الوركاء في محافظة المثنى (جنوب العراق) خلال المدة ٢٠١٦–٢٠٢٥، باستخدام بيانات الأقمار الصناعية Landsat–٨ و Landsat–9 وتقنيات نظم المعلومات الجغرافية، من خلال مؤشرات الملوحة (SI) ، الغطاء النباتي (NDVI)، والرطوبة (NDWI).أظهرت النتائج توسع مساحات الملوحة المنخفضة من ٧١.٩٢ كم² (٢٤.١٠٪) عام ٢٠١٦ إلى ١٠٣.٠٢ كم² (٣٤.٥٢٪) عام ٢٠٢٥، في حين تراجعت الأراضي متوسطة الملوحة من ذروة بلغت ١٣٩.٧٦ كم² (٤٦.٨٣٪) عام ٢٠٢٠ إلى ١١١.٥٩ كم² (٣٧.٣٩٪) عام ٢٠٢٥، كما انخفضت السباخ عالية الملوحة من ١٠٤.٤٧ كم² (٣٥.٠١٪) إلى ٨٣.٨١ كم² (٢٨.٠٩٪) للفترة نفسها.أما مؤشر NDVI فأظهر تحسناً نسبياً في الغطاء النباتي المتوسط من ٢٠.٤٤ كم² (٦.٨٥٪) إلى ٣٣.٢٨ كم² (١١.١٥٪)، بينما بيّن مؤشر NDWI ارتفاع المناطق الرطبة إلى ٤٦.٢٣ كم² (١٥.٤٩٪) عام ٢٠٢١ قبل أن تتراجع لاحقاً.خلصت الدراسة إلى أن ديناميكية السباخ تخضع لتفاعل مركب بين الخصائص الانحدارية والخصائص المناخية فضلاً عن الأنشطة البشرية، وإن هناك انخفاضاً نسبياً في الأراضي شديدة الملوحة، لكنها لا تزال تشغل أكثر من ربع مساحة المنطقة، مما يعكس استمرار التحديات البيئية، وأوصت بإنشاء مرصد بيئي سبخي لتحديث قواعد البيانات المكانية سنوياً وتعزيز استدامة إدارة الموارد. **الكلمات المفتاحية:** السباخ; SI;NDVI; NDWI

Abstract

This study aims to conduct a geomorphological monitoring of the dynamics of sabkhas in Al-Warka District, Al-Muthanna Governorate (southern Iraq) over the period 2016–2025, using Landsat-8 and Landsat-9 satellite data and Geographic Information Systems (GIS) techniques. The analysis was carried out through salinity indices (SI), vegetation cover (NDVI), and moisture indices (NDWI).The results indicate an expansion of low-salinity areas from 71.92 km² (24.10%) in 2016 to 103.02 km² (34.52%) in 2025, while moderately saline lands declined from a peak of 139.76 km² (46.83%) in 2020 to 111.59 km² (37.39%) in 2025. Highly saline sabkhas also decreased from 104.47 km² (35.01%) to 83.81 km² (28.09%) over the same period.The NDVI revealed a relative improvement in moderate vegetation cover, increasing from 20.44 km² (6.85%) to 33.28 km² (11.15%). Meanwhile, the NDWI showed an increase in wet areas to 46.23 km² (15.49%) in 2021, followed by a subsequent decline.The study concludes that sabkha dynamics are governed by a complex interaction between slope characteristics, climatic factors, and human activities. Although there has been a relative reduction in highly saline lands, they still occupy more than a quarter of the study area, reflecting the persistence of environmental challenges. The study recommends establishing a sabkha environmental observatory to annually update spatial databases and enhance the sustainability of resource management.**Key words**: Sabkha; SI؛ NDVI; NDW.

١- المقدمة:

تُمثّل السباخ أحد أهم النظم الجيومورفولوجية في البيئات الجافة وشبه الجافة ، لما تحمله من دلائل بيئية دقيقة تعكس التطور الهيدرولوجي والمناخي للمناطق التي تتواجد فيها ، وتكتسب هذه الأحواض الملحية أهمية خاصة بوصفها سجلاً رسوبياً وكيميائياً يوفّر مؤشرات واضحة حول تاريخ التغيرات في مستوى المياه الجوفية ، ودرجات الملوحة ، وعمليات التبخر، فضلاً عن ارتباطها الوثيق بالتدهور البيئي وملوحة التربة ، ومع تزايد الضغوط المناخية في العقود الأخيرة ، أصبحت السباخ مؤشراً بيئياً بالغ الأهمية لرصد آثار الجفاف ، وارتفاع الملوحة ، وتغيّر أنماط التغذية الجوفية ، وفي ظل هذا الواقع ، برزت الحاجة إلى دراسات كمية دقيقة تعتمد على بيانات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية ، لما توفره من قدرة على تحليل التغير المكاني–الزماني للسباخ بكفاءة عالية ، باستخدام مؤشرات طيفية متقدمة مثل NDVI و NDWI و SI، التي أثبتت فعاليتها في توصيف خصائص السطوح الملحية وتتبع تطورها.

١ـ مشكلة البحث

١-١-١- المشكلة الرئيسة: ما طبيعة التغيرات المكانية–الزمانية التي شهدتها السباخ في مركز قضاء الوركاء خلال الفترة (٢٠١٦–٢٠٢٥)؟

المشكلات الثانوية المتفرعة من المشكلة الرئيسة:

١. ما حجم واتجاه التغيرات المكانية والزمانية في مساحة السباخ خلال المدة ٢٠١٦–٢٠٢٥؟

٢. ما مدى قدرة المؤشرات الطيفية (NDWI، NDVI، SI) على الكشف عن التغيرات الدقيقة في رطوبة وملوحة وغطاء السباخ؟

٣. كيف تُظهر بيانات Landsat وتقنيات GIS أنماط التدهور والانكشاف وتملّح السطوح داخل السباخ؟

٤. ما دور الخصائص الجيومورفولوجية (الانحدارية)في تكوين السباخ؟

٢ـ فرضيات البحث

٢ـ١الفرضية الرئيسة:

تخضع السباخ في مركز قضاء الوركاء لتغيرات مكانية وزمانية مما يؤدي إلى تحولات في مساحتها خلال الفترة الزمنية قيد الدراسة.

الفرضيات الثانوية المتفرعة من الفرضية الرئيسة:

١. هناك تباين مكاني وزماني في مساحة السباخ في قضاء الوركاء خلال المدة ٢٠١٦–٢٠٢٥.

٢. تشير قيم المؤشرات الطيفية (NDVI، SI، NDWI) إلى وجود علاقة بين التغير في الغطاء النباتي وبين مستويات الملوحة والرطوبة في بيئات السباخ.

٣. تُعد بيانات (٨–٩ Landsat) أداة فعّالة وقادرة على كشف الاتجاهات الرئيسية في ديناميكية السباخ بدقة مكانية وزمانية مقبولة.

٤. يمكن الاستفادة من نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) في تحديد المناطق ذات الانحدار الهين التي تعد بيئات مثالية لتكوين السباخ.

٣ـ أهمية البحث

يعد البحث خطوة مهمة نحو إنشاء نظام رصد مبكر للتغيرات في البيئات الملحية يمكن أن يدعم برامج التخطيط البيئي ، وتقييم المخاطر ، وإدارة الأراضي في محافظة المثنى والمناطق المجاورة من خلال توفير قاعدة بيانات مكانية–زمانية موثوقة حول ديناميكية السباخ في مركز قضاء الوركاء خلال المدة (٢٠١٦–٢٠٢٥) من خلال دمج بيانات Landsat مع قدرات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) ، مما يجعل نتائج البحث مرجعاً علمياً أولياً للباحثين وصنّاع القرار من خلال توظيف سلسلة زمنية تمتد لعقد كامل، يتيح تحديد الاتجاهات طويلة الأمد لتغير السباخ بدقة عالية .

٤ـ أهداف البحث

١. قياس وتحديد التغيرات الزمنية في امتداد السباخ ومساحاتها عبر سلسلة زمنية من صور Landsat، بهدف الكشف عن اتجاهات الزيادة أو التراجع في البيئات الملحية.

٢. تقييم العلاقة بين مؤشرات الغطاء النباتي والرطوبة والملوحة (NDVI، SI،NDWI) وبين ديناميكية السباخ.

٣. تحليل التوزيع المكاني والجيومورفولوجي للسباخ في مركز قضاء الوركاء خلال الفترة (٢٠١٦–٢٠٢٥)، اعتماداً على بيانات الاستشعار عن بعد مفتوحة المصدر.

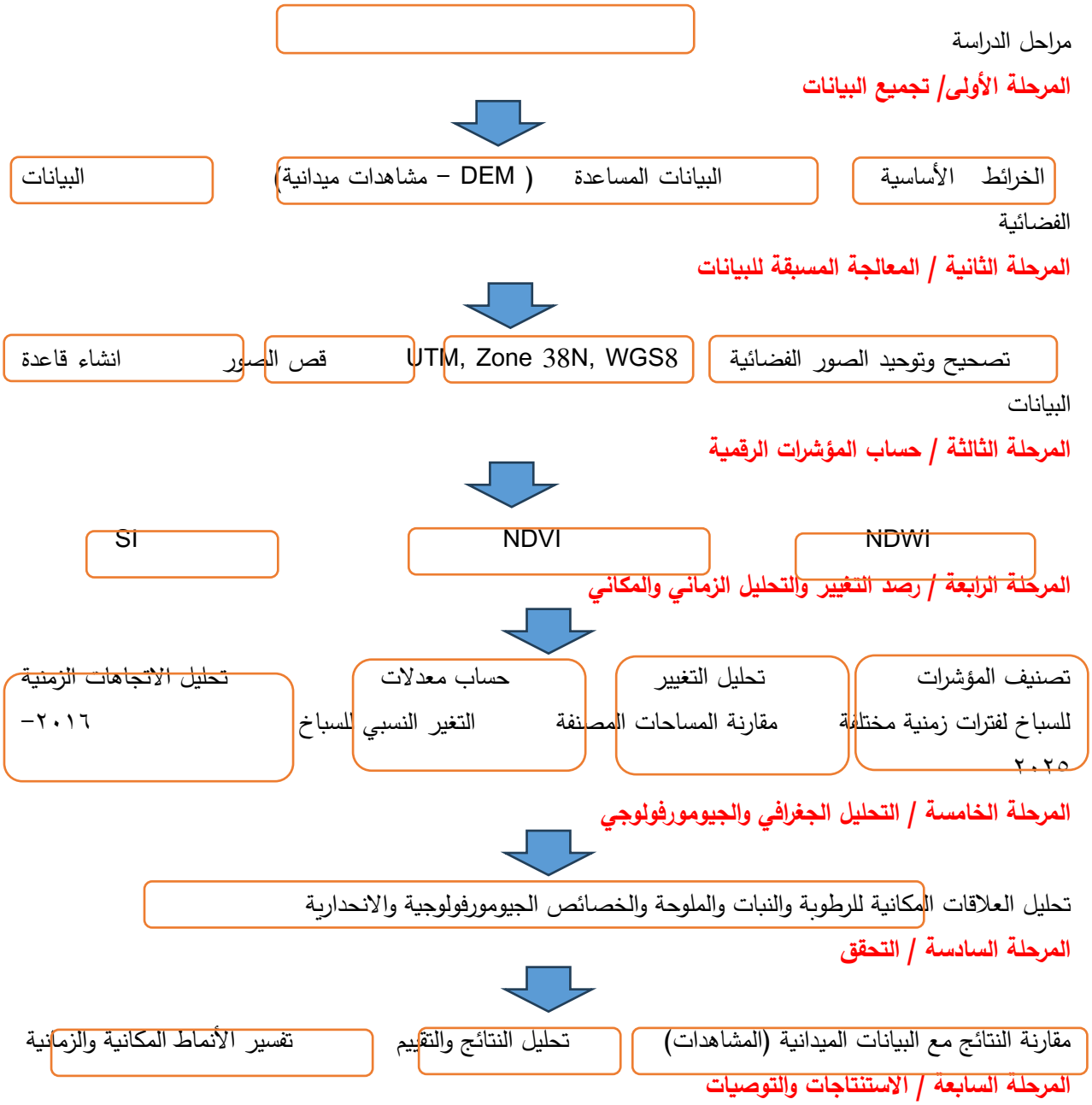
5-1 ـ موقع منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة في جنوب العراق، ضمن الحدود الإدارية لمحافظة المثنى، وتحديداً في مركز قضاء الوركاء دون أن تشمل ناحية الكرامة التابعة له، ويغطي هذا المجال الجغرافي مساحة إجمالية بلغت (٢٩٨.٤٢) كم²، بما يجعله وحدة مكانية ملائمة لرصد التغيرات المكانية على مدى العقد الأخير، فلكياً تمتد المنطقة بين خطي طول (45° 13′ 42.349″ E – 45° 31′ 5.060″ E) ودائرتي عرض (31° 23′ 20.267″ N – 31° 35′ 41.851″ N)، كما هو موضح في خريطة (١-٢).

٦-١-منهجية البحث (Research Methodology)

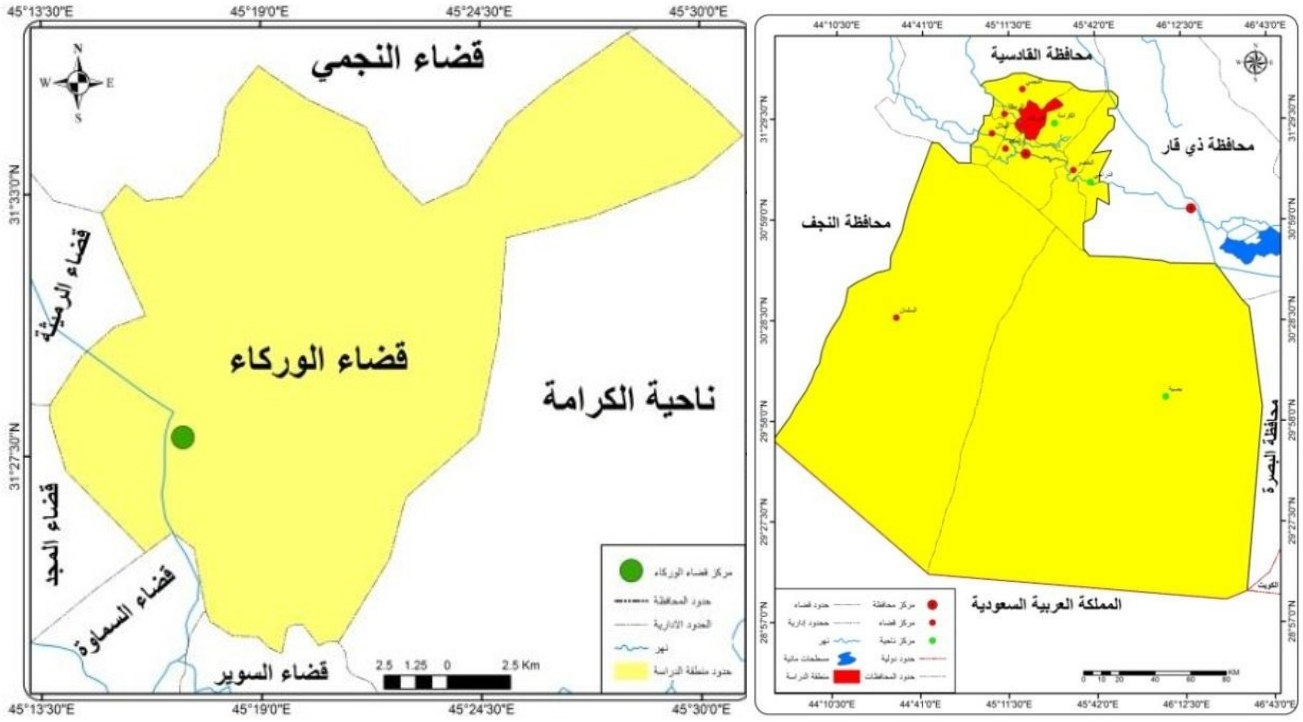
اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي–التحليلي المدعوم بالتحليل المكاني–الزماني، لغرض رصد وتحليل ديناميكية السباخ في مركز قضاء الوركاء خلال الفترة الزمنية (٢٠١٦–٢٠٢٥).

1-7 – مراحل الدراسة: اعتمدت هذه الدراسة على منهجية علمية متسلسلة تقوم على جمع البيانات الفضائية ومعالجتها رقمياً ، ثم استخراج المؤشرات الطيفية المرتبطة بديناميكية السباخ خلال مدة الدراسة ، يلي ذلك إجراء التحليل المكاني–الزماني باستخدام نظم المعلومات الجغرافية لرصد أنماط التغير واتجاهاته ، وتُختتم المراحل بتفسير النتائج جيومورفولوجياً ، وكما يأتي ، يلاحظ شكل (١).



١-٧-١- **الخرائط الأساسية لمنطقة الدراسة:** تمثلت الخرائط الأساس في الخرائط الطبوغرافية بمقياس (١:١٠٠,٠٠٠) والخرائط الجيولوجية بمقياس (١:٢٥٠,٠٠٠) الصادرة عن الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين في العراق، بمقياس وقد استخدمت في التحديد المكاني الدقيق لحدود منطقة الدراسة وربطها بالبيانات الفضائية.

خريطة(١ و٢) موضع قضاء الوركاء من المحافظة ومن الاقضية



١-وزارة الموارد المائية، الهيئة العامة للمساحة، قسم إنتاج الخرائط، خريطة محافظة المثنى، مقياس الرسم 1:500,000،

٢-وزارة البلديات، المديرية العامة للتخطيط العمراني، الخطة الهيكلية لمحافظة المثنى، جمهورية العراق, ٢٠٢٥.

١-٧-٢- **بيانات مساعدة:** جرى توظيف نموذج الارتفاع الرقمي SRTMبدقة تمييزية (٣٠، ٩٠ م) لتحديد الانحدارات الطفيفة والجهات الطبوغرافية المؤثرة في تجمع المياه السطحية وتوزيع التملح، كما تضمنت البيانات المساعدة مشاهدات ميدانية لتوثيق طبيعة التربة السباخية والتحقق من انعكاساتها الطيفية في الصور الفضائية.

١-٧-٣- **البيانات الفضائية:** تضمنت سلسلة من الخطوات المترابطة:

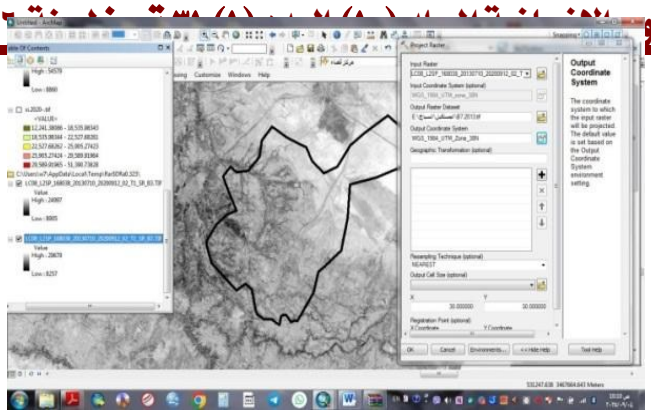
١-٧-٣-١- **المعالجة المسبقة:** جرى تنزيل صور (Landsat 8–9 OLI/TIRS) للفترة (2016–2025) من بوابةUSGS ، وقد تم إسقاط هذه الصور إلى النظام المتري (UTM, Zone 38N, WGS84) لتوحيد المخرجات وضمان مطابقتها للإحداثيات الجغرافية الميدانية يلاحظ شكل (١) جدول (١).

١-٧-٣-٢- **حساب المؤشرات الطيفية:** استُخدم كل من (NDVI) لرصد الغطاء النباتي، و(Salinity Index (SI للكشف عن شدة التملح، إضافة إلى مؤشرات مساندة مثل (NDWI).

١-٧-٣-٣- **رصد التغير (Change Detection):** أُجريت مقارنة بين الخرائط المصنفة للسنوات المختارة، وحُسبت معدلات التغير النسبي في مساحة السباخ.

١-٧-٣-٤- **التحليل الجغرافي الجيومرفولوجية :** رُبطت النتائج المكانية بالخصائص الجيومورفولوجية (انحدار، ارتفاع) بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM، لإنتاج خرائط توضح ديناميكية السباخ خلال المدة (٢٠١٥–٢٠٢٥).

شكل (1) تغيير المسقط إلى النظام المتري



المصدر: باعتماد برنامج (Arc GIS 10.8)

جدول (١) المرئيات المعتمدة في منطقة الدراسة

Path	Row	Date	Satellite
167	38	18/02/2016	Landsat
167	38	15/08/2017	
167	38	02/08/2018	
167	38	05/08/2019	
167	38	07/08/2020	
167	38	25/07/2021	
167	38	05/08/2022	
167	38	08/08/2023	
167	38	02/08/2024	
167	38	28/07/2025	

المصدر: http://landsat.usgs.gov/index.php

٢-السباخ (Sabkhas):

السبخة (Sabkha) هي مسطح ملحي منخفض، يتكوّن في البيئات الجافة وشبه الجافة نتيجة التفاعل بين العمليات الهيدرولوجية والجيومورفولوجية والكيميائية (1, p. 67) ، وتظهر السباخ على شكل مناطق منبسطة تتراكم فيها المياه السطحية أو الجوفية في أحواض مغلقة endorheic basins، ثم تتبخر بسرعة عالية ، مما يؤدي إلى ترسيب الأملاح والمعادن على السطح ، وقد تصل ملوحة المياه الجوفية في السباخ الى ٦٠٠ جم/لتر ، وتؤدي أيونات الصوديوم والمغنيسيوم بشكل رئيس ، والكلوريدات والكبريتات الى ترسب الجبس والأنهيدريت(٢, p. ١١٢٠) ، مكوّنة قشورًا ملحية متعددة الأضلاع (polygonal salt crusts) وتشققات طينية مميزة (desiccation cracks) ، يلاحظ الصور (١-٢) .

صورة (١) ترسيب الأملاح والمعادن

31° 34' 15.747" N 45° 27' 24.994" E

صورة (٢) القشور الملحية المتعددة الاضلاع

31° 32' 6.533" N 45° 22' 0.584" E

وتتنوع أشكال السباخ ما بين دائرية أو شريطية أو غير منتظمة، وتُعدّ موطنًا لعدد من الأشكال الجيومورفولوجية المصاحبة مثل الصفائح الملحية والتجعدات الدقيقة، وتُعدّ السباخ سجلاً بيئياً مهمًا لتتبع التغيرات المناخية في الأقاليم الجافة وشبه الجافة، فضلاً عن كونها مؤشراً واضحًا على ديناميكية التغير البيئي عبر الزمن.

ويؤدي ترسّب الجبس والأنهيدريت على سطح التربة إلى زيادة تملّحها وتكوّن قشور صلبة تعيق نفاذية الماء والهواء، مما يحدّ من إنبات الجذور ونمو الغطاء النباتي، كما يسهم ذلك في تدهور الخصائص الفيزيائية للتربة وانخفاض إنتاجيتها الزراعية وزيادة قابليتها للتعرية.

وتُظهر السباخ خصائص طيفية مميزة في صور الاستشعار عن بعد، ناتجة عن ارتفاع الانعكاسية في النطاقات المرئية وتحت الحمراء القريبة بسبب وفرة الأملاح السطحية وضعف الغطاء النباتي، وتُعدّ هذه الخصائص الطيفية مؤشراً فعالاً للتمييز بين البيئات الجافة والمشبعة بالأملاح، مما يجعل السباخ أهدافاً مثالية للرصد المكاني–الزماني باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية (GIS).

3-استخلاص المؤشرات الرقمية:

اعتمدت الدراسة على ثلاثة مؤشرات رقمية رئيسة لرصد وتحليل ديناميكية السباخ ضمن المدة الزمنية (٢٠١٦–٢٠٢٥)، وذلك لما تتميز به هذه المؤشرات من قدرة على عكس خصائص التربة والنبات والرطوبة بشكل كمي، يلاحظ الخرائط (٣–٣٢) والأشكال (٤،٣،٢) والجداول (٤،٣،٢).

3-١- مؤشر المياه المعياري (NDWI) يُعد هذا المؤشر من المؤشرات الفعّالة في عزل المسطحات المائية السطحية بدقة عالية ، إذ يخفّض من تأثير الغطاء النباتي على التمييز الطيفي للماء ، كما يُسهم في تحديد المناطق الرطبة والسباخ ذات المحتوى الرطوبي المرتفع ، وهو ما يجعله ذا صلة مباشرة بدراسة ديناميكية التملح ، **يلاحظ الخرائط (3-12)**.

- **القيم التفسيرية:**

-القيم الموجبة تدل على وجود مياه سطحية أو رطوبة عالية.

- القيم السالبة تدل على غطاء أرضي (تربة، سباخ جافة، نبات).

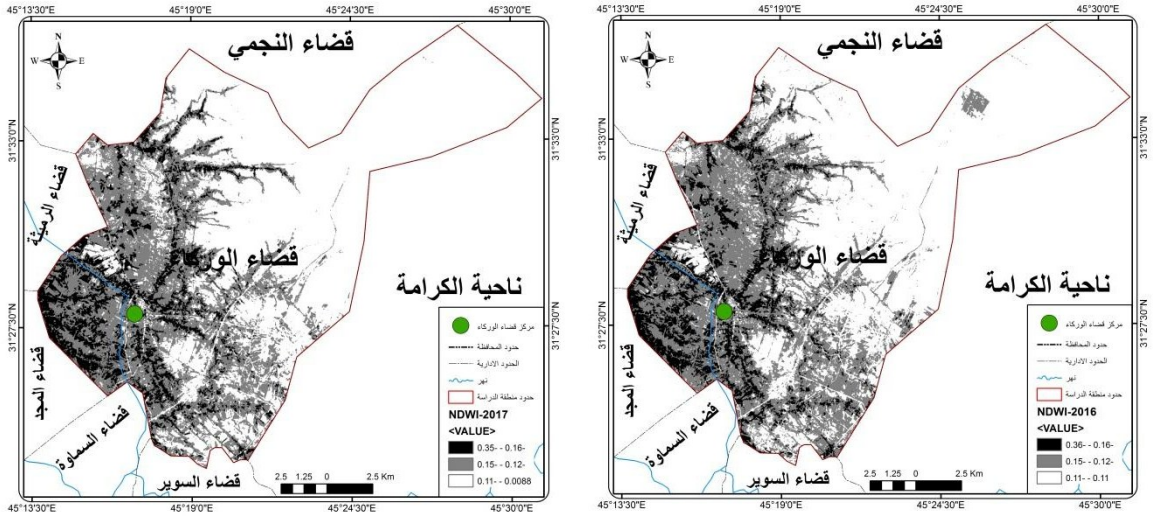
-القيم القريبة من الصفر تدل على المناطق الانتقالية (تربة رطبة، سباخ مالحة)

(٣, p. 3026-3027) وتم حسابه وفقاً للمعادلة (٤, p. 1425-1432)

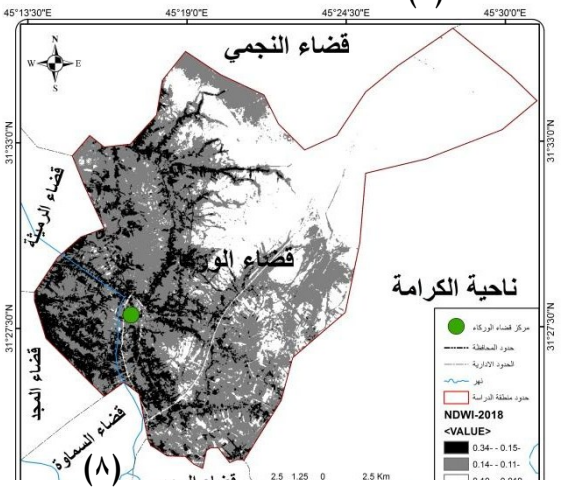
NDWI = {GREEN − NIR} \ {GREEN + NIR}

الخرائط (3-12) مؤشر الفرق الطبيعي للمياه (NDWI)للأعوام 2016-2025

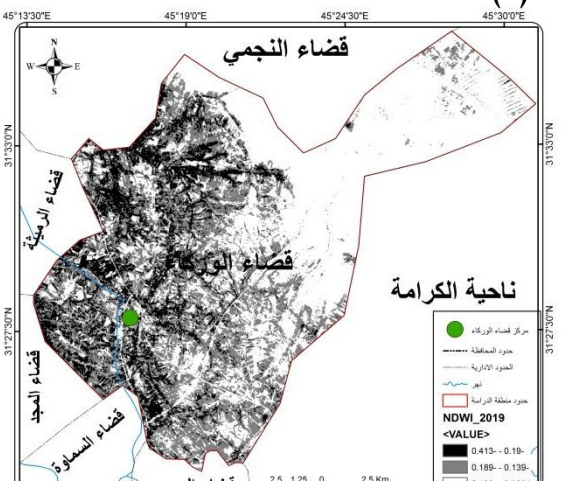
(٣) **(٤)**



(٥)

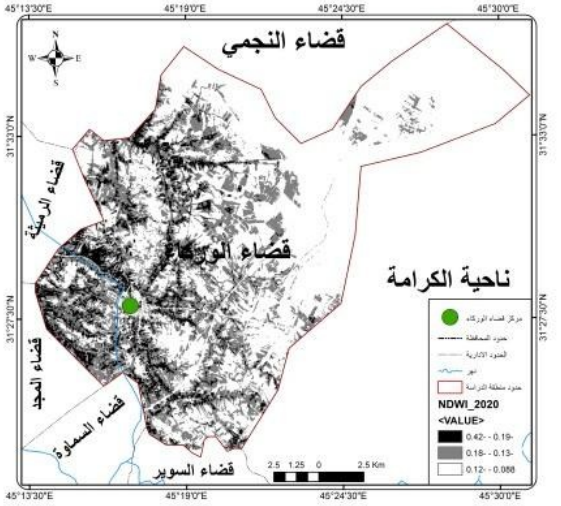

قضاء النجمي
قضاء الرميثة
قضاء الوركاء
ناحية الكرامة
قضاء المجد
قضاء السماوة
NDWI-2018
<VALUE>
0.34- - 0.15-
0.14- - 0.11-

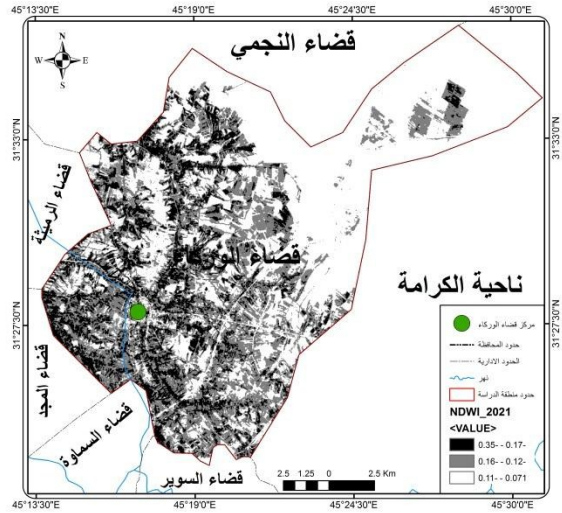
(6)


قضاء النجمي
قضاء الرميثة
قضاء الوركاء
ناحية الكرامة
قضاء المجد
قضاء السماوة
NDWI_2019
<VALUE>
0.413- - 0.19-
0.189- - 0.139-

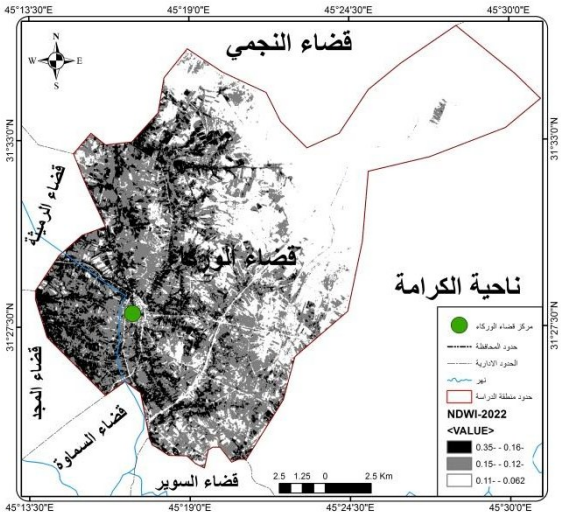
(٧)

(٨)

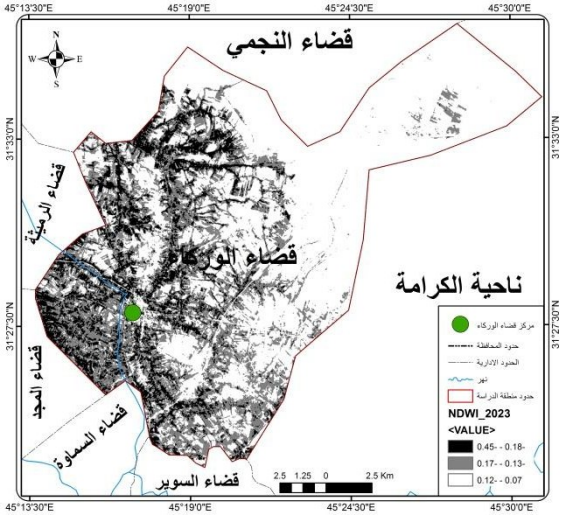

قضاء النجمي
قضاء الرميثة
قضاء الوركاء
ناحية الكرامة
قضاء المجد
قضاء السماوة
قضاء السوير
NDWI_2020
<VALUE>
0.42- - 0.19-
0.18- - 0.13-
0.12- - 0.088


قضاء النجمي
قضاء الرميثة
قضاء الوركاء
ناحية الكرامة
قضاء المجد
قضاء السماوة
قضاء السوير
NDWI_2021
<VALUE>
0.35- - 0.17-
0.16- - 0.12-
0.11- - 0.071

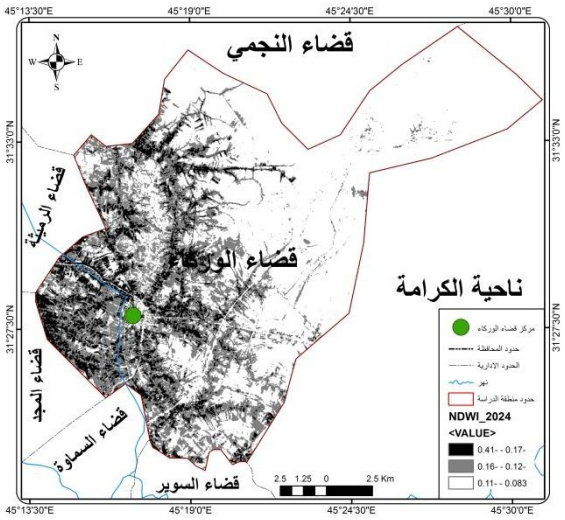
(٩)

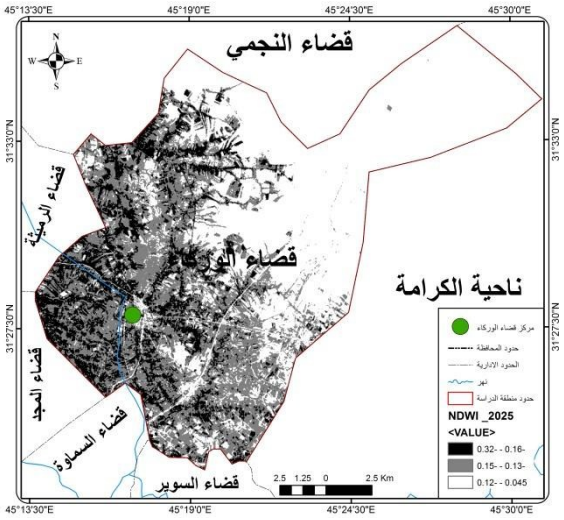

قضاء النجمي
قضاء الرميثة
قضاء الوركاء
ناحية الكرامة
قضاء المجد
قضاء السماوة
قضاء السوير
NDWI-2022
<VALUE>
0.35- - 0.16-
0.15- - 0.12-
0.11- - 0.062

(١٠)


قضاء النجمي
قضاء الرميثة
قضاء الوركاء
ناحية الكرامة
قضاء المجد
قضاء السماوة
قضاء السوير
NDWI_2023
<VALUE>
0.45- - 0.18-
0.17- - 0.13-
0.12- - 0.07

(12) (11)





مصادر البيانات:

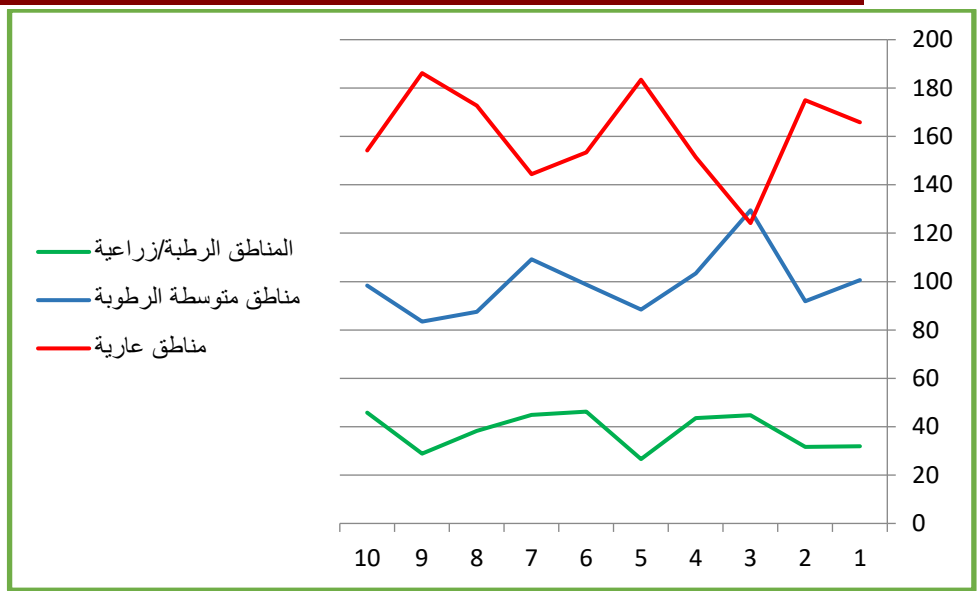
١- صور القمر الصناعي الأمريكي Landsat 9-8 متعددة الاطياف تم التقاطها في الفترة 2016-2025 .

٢-برنامج ArcGIS 10.8 للتحليل المكاني وإنتاج الخرائط.

يلخص الجدول (2)نتائج تحليل مؤشر (NDWI)للأعوام 2016-2025

NDWI	المناطق الرطبة/زراعية		مناطق متوسطة الرطوبة		مناطق عارية		المجموع	
	كم^2	%	كم^2	%	كم^2	%	كم^2	%
2016	31.97	10.71	100.56	33.7	165.89	55.59	298.42	100
2017	31.61	10.59	91.87	30.79	174.94	58.62	298.42	100
2018	44.78	15.01	129.46	43.38	124.18	41.61	298.42	100
2019	43.54	14.59	103.42	34.66	151.46	50.75	298.42	100
2020	26.6	8.91	88.37	29.61	183.45	61.48	298.42	100
2021	46.23	15.49	98.79	33.11	153.4	51.4	298.42	100
2022	44.85	15.03	109.22	36.6	144.35	48.37	298.42	100
2023	38.2	12.81	87.54	29.33	172.68	57.86	298.42	100
2024	28.8	9.65	83.45	27.96	186.18	62.39	298.42	100
2025	45.84	15.36	98.39	32.97	154.19	51.67	298.42	100

المصدر: الخرائط (12,3)وبرنامج ArcGIS 10.8 **شكل (2)نتائج تحليل مؤشر (NDWI)للأعوام 2016-2025**



المصدر: جدول(٢) وبرنامج Excel

يمكن تلخيص التغير العام من خلال الجدول (٢) والشكل (٢) للعقد ٢٠١٦ – ٢٠٢٥ وكما يأتي:

ان هناك زيادة في مساحة المناطق الرطبة/زراعية من(٣١.٩٧) كم٢ وبنسبة (١٠.٧١)% إلى (٤٥.٨٤) كم٢ وبنسبة (١٥.٣٦)% وبواقع (٤.٦٥٪) ، وان هناك تراجع ملحوظ خلال سنتي(٢٠٢٠-٢٠٢٤) ، بمساحة (٢٦.٦-٢٨.٨) كم٢ ونسبة (٨.٩١- ٩.٦٥٪) على التوالي، يمكن تفسير هذا التراجع إلى انخفاض الايرادات المائية في هاتين السنتين .

- ان هناك استقرار نسبي في المناطق متوسطة الرطوبة (٩٨.٣٩-١٠٠.٥٦) كم٢ (٣٣.٧٠) %(٣٢.٩٧)% على التوالي.

- ان هناك انخفاض طفيف بحدود (-٣.٩٢٪) في المناطق العارية (١٥٤.١٩-١٦٥.٨٩) كم٢ وبنسبة (٥٥.٥٩) % (٥١.٦٧) % على التوالي.

تعكس هذه النتائج تحسنًا نسبيًا في إدارة الموارد المائية (الري)، والاستقرار في المناطق ذات الرطوبة المتوسطة يشير إلى استمرار تأثير الجفاف الجزئي والتملح المعتدل، أما تراجع الأراضي العارية فيدل على ديناميكية بيئية إيجابية مرتبطة بتوسع الرقعة الرطبة.

3-٢- مؤشر الغطاء النباتي المعياري (NDVI): يُعد هذا المؤشر من أكثر المؤشرات استخداماً في الدراسات البيئية لرصد حيوية الغطاء النباتي ، وهو حساس للتغيرات الموسمية ومستويات الجفاف ، مما يسمح بمتابعة عمليات التصحر وتدهور الأراضي في البيئات السبخية ، **(٥, p. 129)** ، يلاحظ الخرائط (13-22).

- **القيم التفسيرية:**

(+١ إلى ٠.٦) غطاء نباتي كثيف وصحي.

(0.2 – 0.6)غطاء نباتي متوسط.

(0.1 – 0.2) نباتات قليلة أو متناثرة.

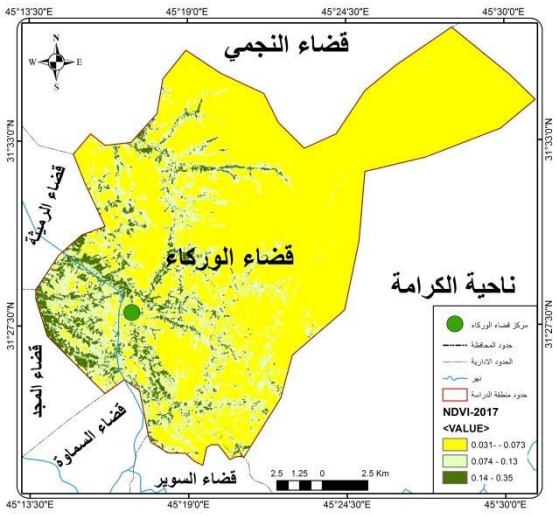
(0 – 0.1) أراضٍ جرداء أو سباخ مكشوفة.

أقل من (٠) مسطحات مائية أو صخور أو أسطح حضرية. (٦ ,p.٢٤٠) وتم حسابها وفقاً للمعادلة الاتية :**[7, p. 312]** .

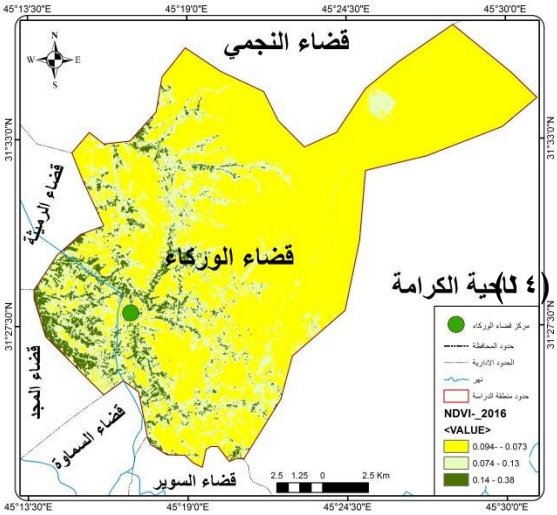
NDVI = {NIR – RED} \ {NIR + RED}

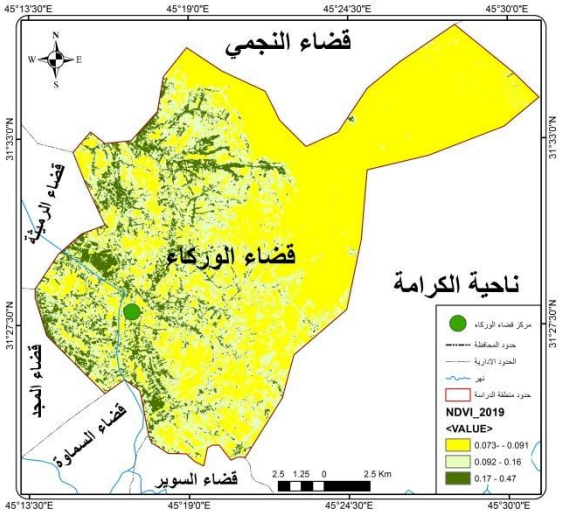
الخرائط(١٣-٢٢) مؤشر الغطاء النباتي (NDVI) للأعوام 2016-2025 على التوالي

(١٣)

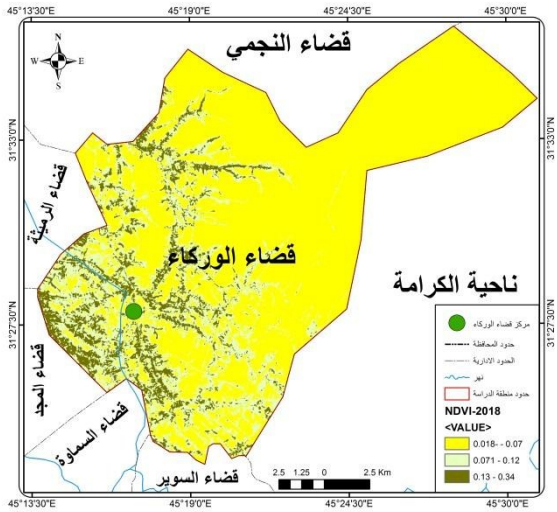


(١٤)



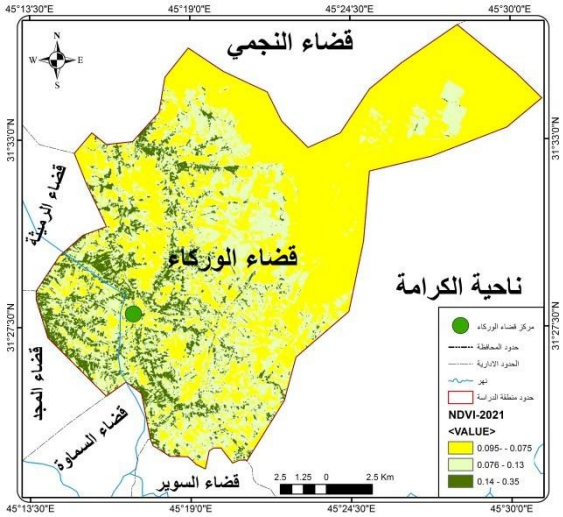


(١٦)

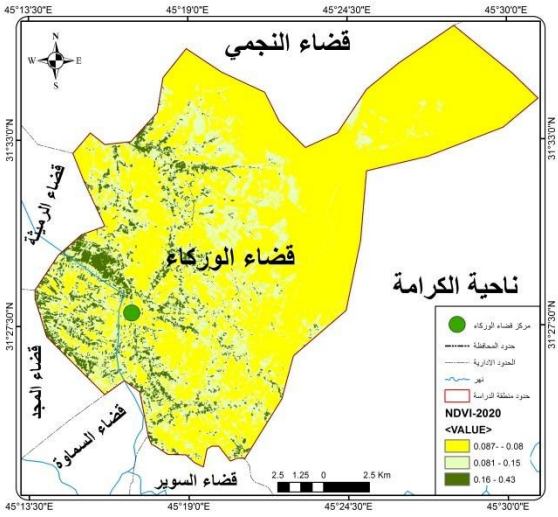


(١٥)

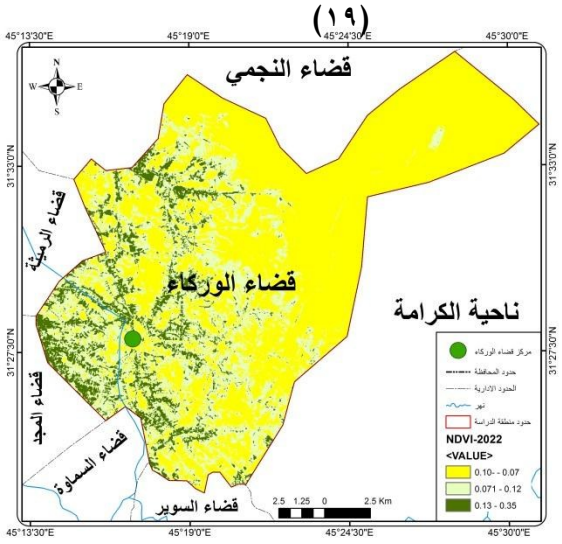
(١٨)



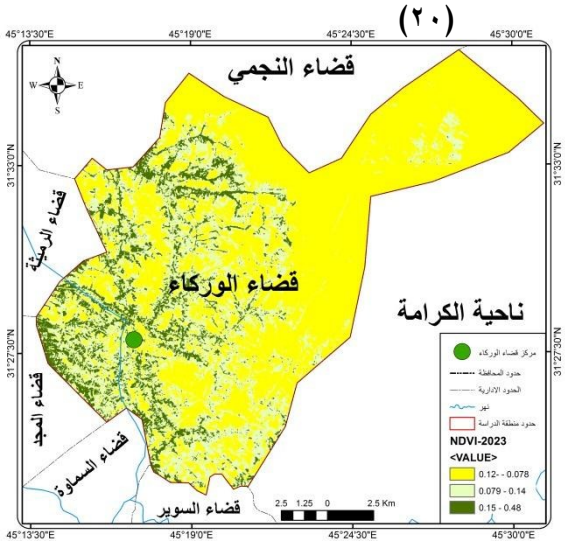
(١٧)



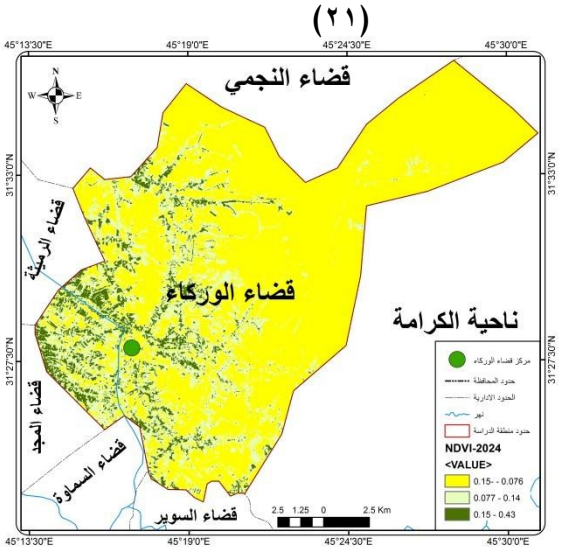
(١٩)



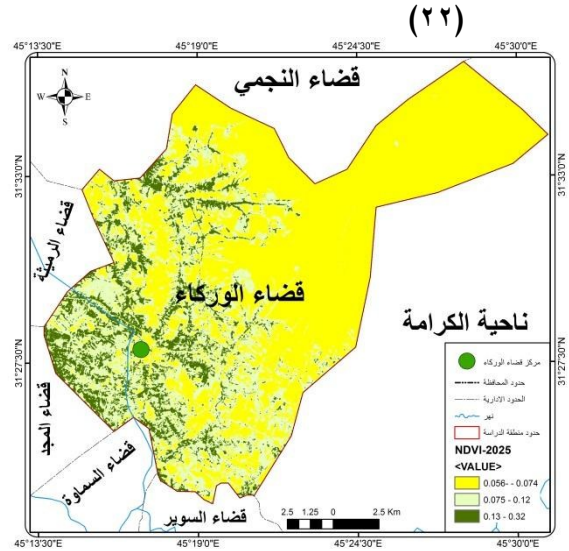
(٢٠)



(٢١)



(٢٢)



مصادر البيانات:

1-صور القمر الصناعي الأمريكي Landsat 8-9 متعددة الاطياف تم التقاطها في الفترة 2016-2025 .

٢-برنامج ArcGIS 10.8 للتحليل المكاني وإنتاج الخرائط.

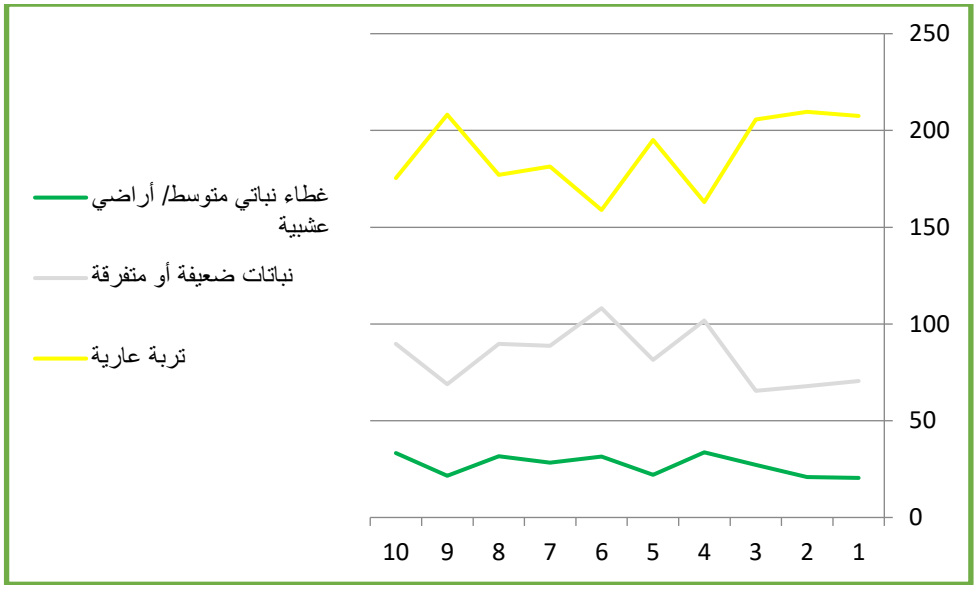
يلخص الجدول (3)نتائج تحليل مؤشر (NDVI)للأعوام 2016-2025

NDVI	تربة عارية		نباتات ضعيفة أو متفرقة		غطاء نباتي متوسط/أراضي عشبية		المجموع	
	كم^2	%	كم^2	%	كم^2	%	كم^2	%
2016	207.44	69.51	70.54	23.64	20.44	6.85	298.42	100
2017	209.63	70.25	67.92	22.76	20.87	6.99	298.42	100
2018	205.72	68.93	65.46	21.94	27.24	9.13	298.42	100
2019	162.92	54.6	101.83	34.12	33.67	11.28	298.42	100
2020	195.05	65.36	81.39	27.27	21.98	7.37	298.42	100
2021	158.9	53.25	108.13	36.23	31.39	10.52	298.42	100
2022	181.42	60.8	88.7	29.72	28.3	9.48	298.42	100
2023	176.97	59.3	89.76	30.08	31.69	10.62	298.42	100
2024	208.11	69.74	68.81	23.06	21.5	7.2	298.42	100

100	298.42	11.15	33.28	30.05	89.67	58.8	175.47	2025

المصدر: الخرائط (١٣-٢٢) وبرنامج ArcGIS 10.8

شكل (3) نتائج تحليل مؤشر (NDVI)للأعوام 2016-2025



المصدر: جدول(٣) وبرنامج Excel

يمكن تلخيص التغير العام من خلال الجدول (٣) والشكل (٣) للعقد ٢٠١٦ – ٢٠٢٥ وكما يأتي:

-إن هناك انخفاض واضح في التربة العارية وبنسبة (10.71%)حسب مؤشر NDVI من (٢٠٧.٤٤) كم ^{2}لغاية (175.47) كم^2 وبنسبة (٦٩.٥١)%(٥٨.٨٠)% على التوالي.

-هناك زيادة في نباتات ضعيفة أو متفرقة بنسبة (+٦.٤١٪) حسب مؤشر (NDVI) من (70.54)كم^2 لغاية (٨٩.٦٧) كم^2 وبنسبة (٢٣.٦٤) %(٣٠.٠٥) % على التوالي.

-ان الغطاء النباتي المتوسط (أراضي عشبية) قد شهد زيادة ملحوظة بلغت (+٤.٣٪) وبمساحة (٢٠.٤٤) كم^2 لغاية (٣٣.٢٨) كم^2 وبنسبة (٦.٨٥)%(١١.١٥)% على التوالي .

-تشير النتائج إلى زيادة واضحة في الغطاء النباتي، بسبب استخدام اساليب حديثة في الري، وهو ما يعكس تحسنًا نسبيًا في رطوبة التربة وتراجعًا محدودًا لشدة الملوحة.

3-٣- مؤشر الملوحة Salinity Index (SI) : صُمم مؤشر (SI) لقياس انعكاس التربة المالحة (**٨, p. 101**) اعتماداً على التباين بين الحزمة الحمراء (RED) والأشعة تحت الحمراء القريبة (NIR). ويُستخدم هذا المؤشر على نطاق واسع في رسم خرائط التملح في البيئات الجافة وشبه الجافة، إذ يرتبط طيفياً بمحتوى الأملاح الذائبة في السطح ، وتشير القيم العالية لمؤشر**(SI)** عادةً إلى مستويات مرتفعة من الملوحة السطحية ، يلاحظ الخرائط (٢٣-٣٢) ، وتم حسابه من خلال المعادلة الاتية : (٩, p. 10 of 24)

$$SI = \sqrt[2]{(B * R)}$$

- **القيم التفسيرية:**

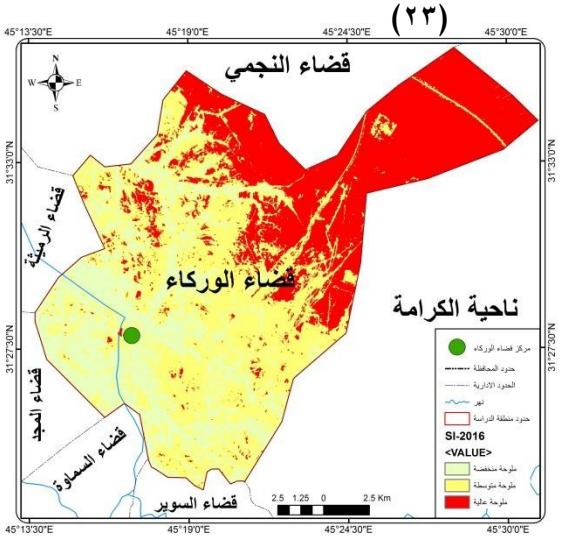
(قيم مرتفعة) تمثل الترب ذات ملوحة عالية (سباخ متقدمة).

(قيم متوسطة) ملوحة متوسطة (مناطق انتقالية).

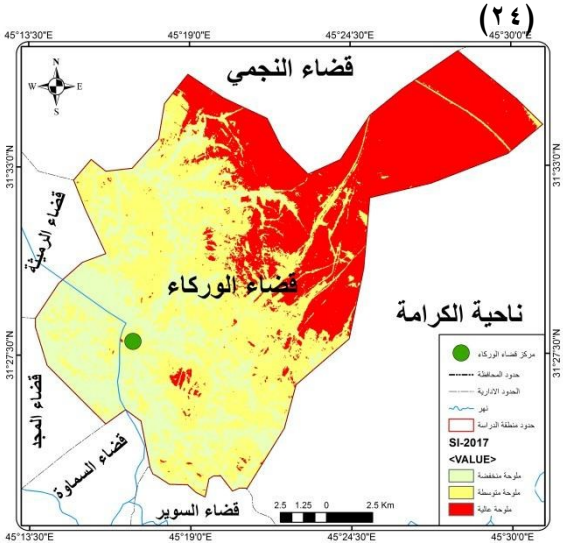
(قيم منخفضة) الترب الضعيفة الملوحة أو غير مالحة. (١٠, p. ٢٣٣).

الخرائط(٢٣-٣٢) مؤشر الملوحة(SI) Salinity Index للأعوام 2016-2025 على التوالي

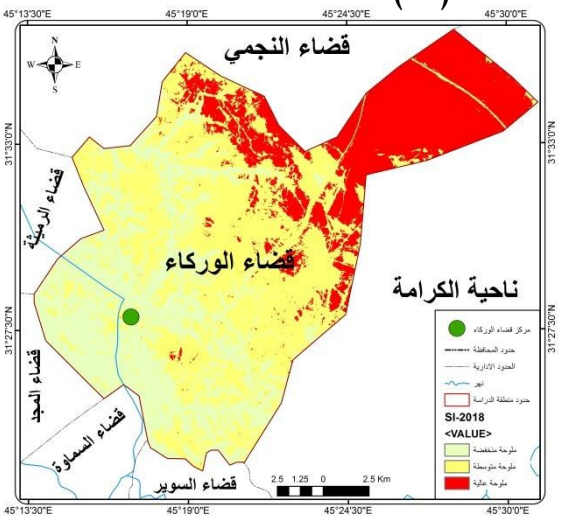
(٢٣)



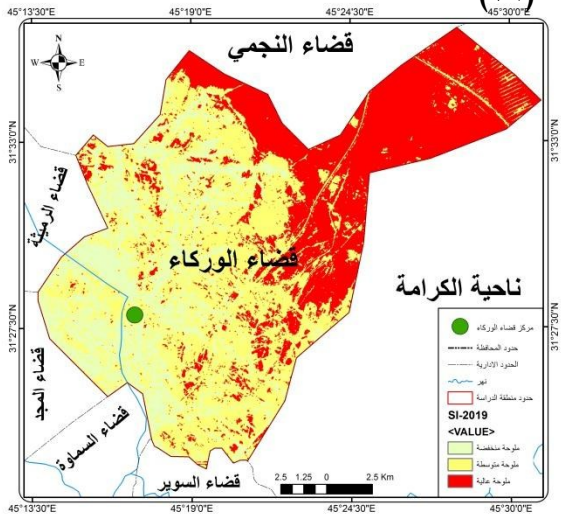
(٢٤)



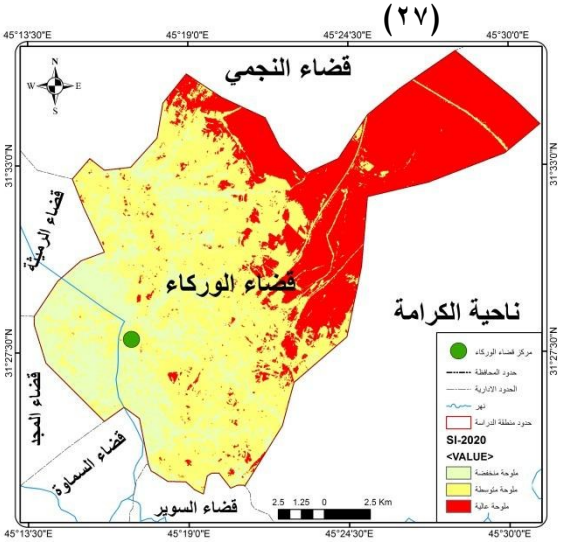
(٢٥)



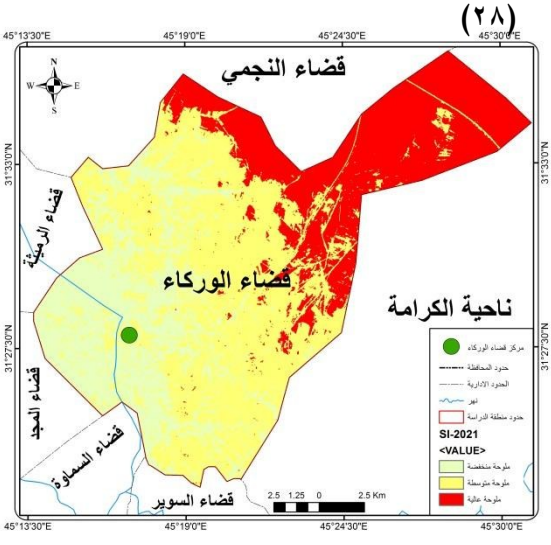
(٢٦)



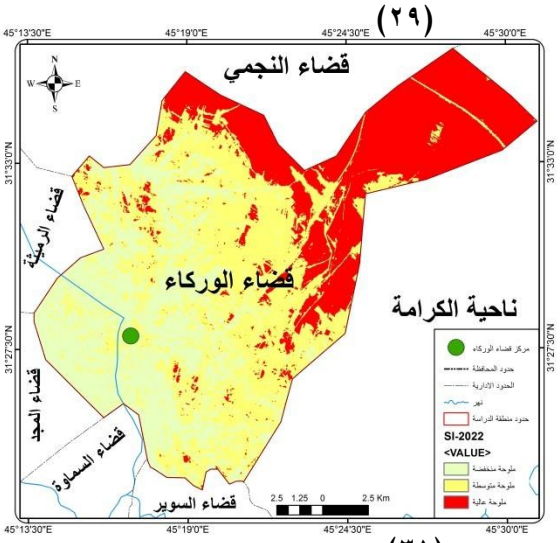
(٢٧)



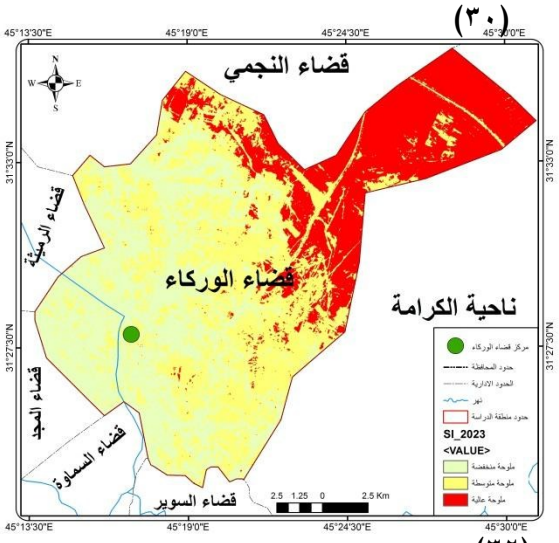
(٢٨)



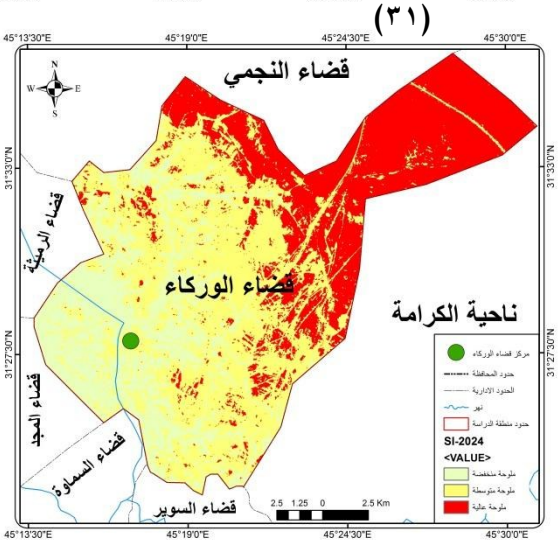
(٢٩)



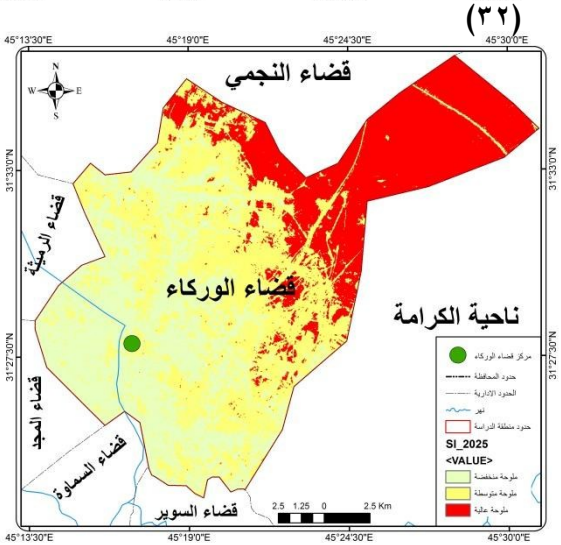
(٣٠)



(٣١)



(٣٢)



مصادر البيانات:

١- صور القمر الصناعي الأمريكي Landsat 8-9 متعددة الاطياف تم التقاطها في الفترة.2016-2025

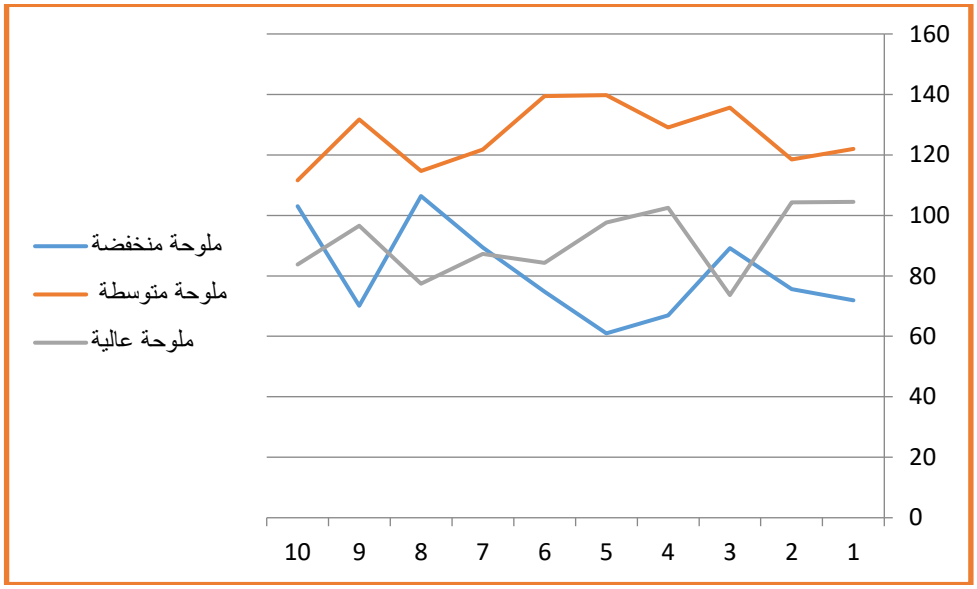
٢-برنامج ArcGIS 10.8 للتحليل المكاني وإنتاج الخرائط.

يلخص الجدول (4) نتائج تحليل مؤشر (SI)للأعوام 2016-2025

SI	ملوحة منخفضة		ملوحة متوسطة		ملوحة عالية		المجموع	
	كم^2	%	كم^2	%	كم^2	%	كم^2	%
2016	71.92	24.1	122.03	40.89	104.47	35.01	298.42	100
2017	75.64	25.35	118.51	39.71	104.27	34.94	298.42	100
2018	89.12	29.86	135.66	45.46	73.64	24.68	298.42	100
2019	66.88	22.41	129.08	43.26	102.46	34.33	298.41	100
2020	60.98	20.44	139.76	46.83	97.68	32.73	298.42	100
2021	74.74	25.04	139.41	46.72	84.27	28.24	298.42	100
2022	89.4	29.95	121.74	40.8	87.28	29.25	298.42	100
2023	106.39	35.65	114.66	38.42	77.37	25.93	298.42	100
2024	70.13	23.51	131.74	44.14	96.55	32.35	298.42	100
2025	103.02	34.52	111.59	37.39	83.81	28.09	298.42	100

المصدر : الخرائط (٣٢,٢٣) وبرنامج ArcGIS 10.8

شكل (٤) نتائج تحليل مؤشر (SI)للأعوام 2016-2025



المصدر: جدول (٤) وبرنامج Excel

يمكن تلخيص التغير العام من خلال الجدول (٤) والشكل (٤) للعقد ٢٠١٦ – ٢٠٢٥ وكما يأتي:

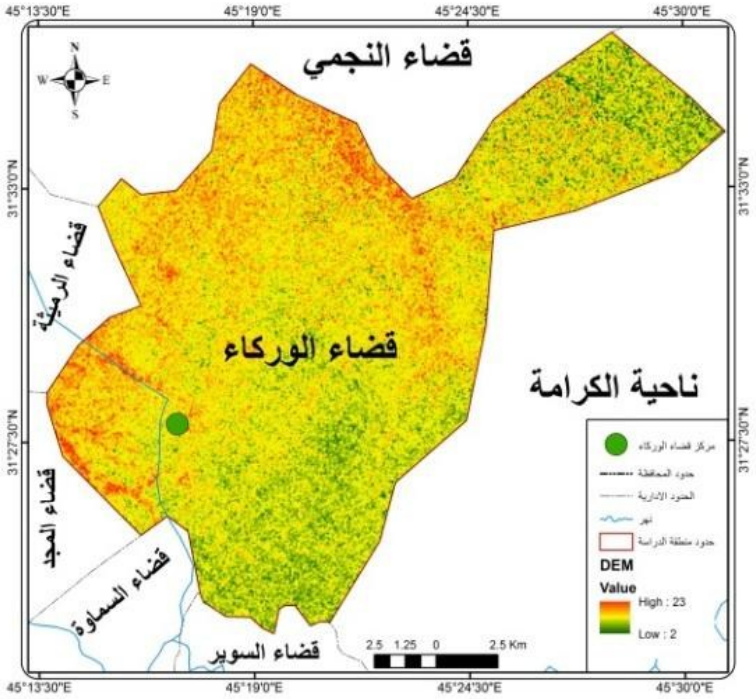
- شهدت المناطق ذات الملوحة المنخفضة زيادة بواقع (10.42%) من71.92 كم^2 وبنسبة (24.10%) إلى103.02 كم^{2}وبنسبة (34.52) %.
- إن هناك انخفاض طفيف في المناطق المتوسطة الملوحة بواقع (3.5%) من 122.03 كم^2 وبنسبة (40.89%) إلى (111.59 كم^{2}وبنسبة (37.39%)
- انخفضت المناطق عالية الملوحة (السباخ) انخفاضاً ملموساً بنسبة (6.92%) من104.47 كم^2 وبنسبة (35.01)إلى83.81كم^2 وبنسبة (28.09 %) .

تشير هذه التغيرات إلى تحسن نسبي في التربة وانحسار نسبي في شدة السباخ ، إلا أن نسبة الأراضي المالحة ما زالت مرتفعة أكثر من (25%) ، مما يؤكد استمرار خطورة التملح ، والانخفاض الواضح في الفئة العالية يتفق مع تحسن NDVI و NDWI، مما يعكس التفاعل بين الغطاء النباتي والرطوبة والملوحة ومع ذلك ، فإن التذبذب الملحوظ خلال بعض السنوات (مثل 2018) يرتبط بالتغيرات المطرية القصيرة الأمد والتغيرات في إدارة المياه .

4-التحليل الجيومورفولوجي :

جيومورفولوجياً يغلب على المنطقة الطابع المنبسط–المستوي إذ تراوح الارتفاع عن مستوى سطح البحر من (٢-٢٣) م مع ميل طفيف من جهة الشمال والشمال الغربي الى الجنوب والجنوب الشرقي، مما يسهم في بطء التصريف السطحي وتجمع الأملاح الذائبة، ويضاف إلى ذلك طبيعة التربة التي تحتفظ بالرطوبة السطحية لفترات محدودة قبل أن تتعرض لعمليات تبخرية مكثفة، ما يؤدي إلى تكوين قشرة ملحية واضحة المعالم، يلاحظ خريطة (٣٣).

خريطة(٣٣) اتجاه الانحدار (قضاء الوركاء)



المصدر: بيانات نموذج الارتفاع الرقمي (DEM)وبرنامج ArcGIS الإصدار 10.5، يظهر التحليل المكاني لمؤشرات الغطاء النباتي (NDVI) والملوحة (SI) والرطوبة السطحية (NDWI) أن ديناميكية السباخ في مركز قضاء الوركاء ترتبط ارتباطًا وثيقًا بالخصائص الجيومورفولوجية والانحدارية السائدة في المنطقة، إذ تتطابق أعلى قيم مؤشر الملوحة (SI) مع الوحدات الأرضية ذات الانحدارات الواطئة جدًا (٢°)، وهي مناطق تمثل أحواضًا مغلقة ومنخفضات تراكمية تُعد بيئات مثالية لتجمع المياه المؤقتة وصعودها الشعري، ما يؤدي إلى تركّز الأملاح على السطح مع اشتداد عمليات التبخر.وفي المقابل أظهرت مناطق الانحدار النسبي الأعلى انخفاضًا ملحوظًا في قيم مؤشر الملوحة، وتحسنًا نسبيًا في قيم NDVI، مما يعكس دور الانحدار في تحسين الصرف الطبيعي وتقليل زمن مكوث المياه المالحة، وبالتالي تخفيف الإجهاد الملحي للتربة، ويُفسَّر هذا التباين المكاني بكون الانحدار عاملاً جيومورفولوجيًا حاكمًا في إعادة توزيع المياه والأملاح داخل النظام السبخي أما مؤشر NDWI فقد سجّل قيمًا مرتفعة نسبيًا في الفترات الرطبة داخل المنخفضات السبخية ، خاصة خلال سنوات زيادة التساقط أو ارتفاع منسوب المياه الجوفية، وهو ما تزامن مكانيًا مع ارتفاع مؤقت في قيم NDVI في بعض المواقع الهامشية للسباخ، إلا أن هذا التحسن كان محدودًا زمنيًا، إذ سرعان ما انخفض NDVI مع عودة سيادة الظروف الجافة، وارتفاع تركيز الأملاح، وهو ما يؤكد الطبيعة الديناميكية غير المستقرة للنظام السبخي.وتشير العلاقة العكسية الواضحة بين SI وNDVI، والمكانية المتوافقة مع أقل فئات الانحدار، إلى أن السباخ في قضاء الوركاء تمثل نتاجًا جيومورفولوجيًا تراكميًا تتحكم فيه الطبوغرافية الدقيقة (Micro-topography) فضلاً عن العوامل المناخية لمنطقة الدراسة التي هي نتاج الموقع الفلكي الذي اعطى لمنطقة الدراسة خصائص مناخية شبه جافة، وأن أي تغير طفيف في الانحدار أو الرطوبة السطحية ينعكس مباشرة على السلوك الطيفي للمؤشرات المستخدمة.

5- الخلاصة العامة:

- **ديناميكية السباخ:** أظهرت النتائج انخفاضًا نسبيًا في الأراضي شديدة الملوحة، لكنها لا تزال تشغل أكثر من ربع مساحة المنطقة، مما يعكس استمرار التحديات البيئية.
- **الغطاء النباتي:** رُصد اتجاه إيجابي نحو تحسن مؤشرات NDVI، مع توسع الفئات النباتية الضعيفة والمتوسطة على حساب الأراضي العارية.
- **الرطوبة:** أكّد NDWI وجود زيادة نسبية في الأراضي الرطبة والمحتملة للاستغلال الزراعي.
- **الخصائص الجيومورفولوجية والانحدارية:** أسهمت الخصائص الجيومورفولوجية والانحدارية المنخفضة في تهيئة بيئات تراكمية مغلقة، أدت إلى ارتفاع قيم مؤشر الملوحة (SI) وانخفاض مؤشر الغطاء النباتي (NDVI)، نتيجة ضعف التصريف وسيادة التبخر والصعود الشعري للأملاح،

في المقابل انعكس تحسن الانحدار النسبي وارتفاع الرطوبة السطحية في بعض المواقع على زيادة قيم (NDWI) وتراجع الإجهاد الملحي مؤقتًا، مما يؤكد الدور الحاكم للطبوغرافية الدقيقة في التحكم بديناميكية السباخ وسلوك المؤشرات الطيفية.

٣ـ النتائج والمقترحات:

٣ـ١ النتائج (Results)

١. بيّنت الدراسة أن السباخ في مركز قضاء الوركاء تمثل نظامًا جيومورفولوجيًا ديناميكيًا شديد الحساسية، تحكمه طبيعة السطوح المنخفضة وضعف الانحدارات وسيادة أنماط التصريف الداخلي (Endorheic Basins) ، مما يعزز عمليات التركّز الملحي والترسيب التبخري.

٢. أظهرت تحليلات مؤشر الملوحة (SI) وجود انحسار المساحات شديدة الملوحة (6.92%) مقابل توسع الفئة الأقل ملوحة خلال الفترة (٢٠١٦–٢٠٢٥)، وهو ما يعكس تغيرًا في التوازن الهيدرولوجي–الملحي للمنطقة.

٣. أظهر تحسن الغطاء النباتي (10.71%) على حساب الأراضي العارية، بما يشير إلى استجابة بيئية جزئية لانخفاض الإجهاد الملحي وارتفاع الرطوبة السطحية.

٤. أشار إلى تنامي المساحات الرطبة/الزراعية بواقع (٤.٦٥٪)على حساب اليابسة، بسبب استخدام الاساليب الحديثة في الري ولا سيما الري بالتنقيط.

٥. أثبتت الدراسة كفاءة تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في رصد وتحليل التغيرات الزمانية–المكانية للسباخ، وقدرتها على توفير قاعدة بيانات كمية دقيقة تدعم التحليل الجيومورفولوجي.

٣ـ٢ المقترحات (Recommendations)

١. توصي الدراسة بإنشاء نظام رصد بيئي رقمي للسباخ في جنوب العراق، يعتمد على بيانات الأقمار الصناعية المفتوحة المصدر (Landsat) لتحديث قواعد البيانات المكانية بصورة دورية.

٢. اعتماد المؤشرات الطيفية (SI، NDVI، NDWI) ضمن أدوات التقييم البيئي، لما أثبتته من كفاءة في توصيف التغيرات الملحية والبيئية في المناطق الهشة.

٣. تعزيز الدراسات المستقبلية التكاملية التي تجمع بين التحليل الطيفي والقياسات الحقلية (ملوحة التربة، مناسيب المياه الجوفية، الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة).

٤. تطوير نماذج تنبؤية لديناميكية السباخ تأخذ بنظر الاعتبار السيناريوهات المناخية المستقبلية، خاصة في ظل تصاعد آثار التغير المناخي والجفاف في الأقاليم الجافة وشبه الجافة.

٥. تنظيم الأنشطة البشرية داخل البيئات السبخية، ولا سيما أنماط استخدام الأراضي والتصريف المائي غير المنضبط، لما لها من تأثير مباشر في تسريع عمليات التدهور البيئي.

٦. زراعة المناطق المنخفضة والمتوسطة الملوحة بالشعير والقمح والبرسيم والذرة البيضاء، وزراعة المناطق المرتفعة والشديدة الملوحة بالقطف والرغل والاثل لغرض تثبيت التربة والحد من التعرية.

٦. إدماج نتائج التحليل الجيومورفولوجي الرقمي ضمن سياسات التخطيط المكاني والتنمية المستدامة، بهدف تحقيق إدارة رشيدة للموارد الطبيعية وتقليل المخاطر البيئية المستقبلية.

(References)

1.Kendall, A. C. (1978). Facies models 11. Continental and supratidal (sabkha) evaporites. *Geoscience Canada*. file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/administrator,+geocan5_2art03%20(2).pdf

2.Engel, M., Strohmenger, C. J., Peis, K. T., Pint, A., Brill, D., & Brückner, H. (2022). High-resolution facies analysis of a coastal sabkha in the eastern Gulf of Salwa (Qatar): A spatio-temporal reconstruction. *Sedimentology*, *69*(3), 1119-1150. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/sed.12938

3. Xu, H. (2006). Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International journal of remote sensing*, *27*(14), 3026-3027. https://www.researchgate.net/profile/Hanqiu-Xu/publication/232724072_Modification_of_Normalized_Difference_Water_Index_NDWI_to_Enhance_Open_

Water_Features_in_Remotely_Sensed_Imagery/links/5c9aee13299bf1116949a345/Modification-of-Normalized-Difference-Water-Index-NDWI-to-Enhance-Open-Water-Features-in-Remotely-Sensed-Imagery.pdf?origin=journalDetail&_tp=eyJwYWdlIjoiam91cm5hbERldGFpbCJ9

٤. McFeeters, S. K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International journal of remote sensing*, *17*(7), 1425-1432.
https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01431169608948714

٥. Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote sensing of Environment*, *8*(2), 127-150.
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0034425779900130

٦. Aburas, M. M., Abdullah, S. H., Ramli, M. F., & Ash'aari, Z. H. (2015). Measuring land cover change in Seremban, Malaysia using NDVI index. *Procedia Environmental Sciences*, *30*, 238-243.
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029615006374

7. Rouse, J. W., Haas, R., & Schell, J. A. (1974). &Deering DW (1973). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In *Third ERTS Symposium, NASA*.
https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19740022614/downloads/19740022614.pdf

٨. Guo, B., Lu, M., Fan, Y., Wu, H., Yang, Y., & Wang, C. (2023). A novel remote sensing monitoring index of salinization based on three-dimensional feature space model and its application in the Yellow River Delta of China. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, *14*(1), 95-116.
https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/19475705.2022.2156820

٩. Salem, O. H., & Jia, Z. (2024). Evaluation of different soil salinity indices using remote sensing techniques in Siwa Oasis, Egypt. *Agronomy*, *14*(4), 723.
https://www.mdpi.com/2073-4395/14/4/723

١٠. Raheem, M. A., & Hatem, A. J. (2019). Calculation of salinity and soil moisture indices in south of Iraq-using satellite image data. *Energy Procedia*, *157*, 228-233.
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610218311548