

التغيرات الجيومورفولوجية الناتجة عن صرف  
المياه في منخفض سيوة وأخطارها (في المدة  
من عام ٢٠٠٠ إلى عام ٢٠٢١) باستخدام نظم  
المعلومات الجغرافية والاستشعار من البعد

د. محمد عبد اللطيف عبدالمطلب القصراوي

مدرس الجغرافيا الطبيعية

المعهد العالى للدراسات الأدبية - كنج مريوط الإسكندرية

**DOI:** [10.21608/qarts.2023.173637.1545](https://doi.org/10.21608/qarts.2023.173637.1545)

مجلة كلية الآداب بقنا - جامعة جنوب الوادي - العدد (٥٧) أكتوبر ٢٠٢٢

ISSN: 1110-614X الترخيم الدولي الموحد للنسخة المطبوعة

ISSN: 1110-709X الترخيم الدولي الموحد للنسخة الإلكترونية

<https://qarts.journals.ekb.eg>

موقع المجلة الإلكتروني:



## التغيرات الجيومورفولوجية الناتجة عن صرف المياه فى منخفض سيوة وأخطارها (فى المدة من عام ٢٠٠٠ إلى عام ٢٠٢١) باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار من البعد

### الملخص:

يعانى منخفض سيوة من مشكلات فى صرف المياه أدت إلى حدوث تغيرات جيومورفولوجية واضحة تبعتها أخطاراً تهدد التنمية المستدامة، وتناولت الدراسة التغيرات الجيومورفولوجية الناتجة عن صرف المياه فى المدة من عام ٢٠٠٠ حتى عام ٢٠٢١ مع عمل نماذج تنبؤية لعام ٢٠٤٠، من خلال دراسة الخصائص الطبيعية للمنخفض، ثم دراسة أسباب مشكلة صرف المياه، ثم دراسة التغيرات الجيومورفولوجية الناتجة عن صرف المياه من خلال تحليل المرئيات الفضائية لأعوام ٢٠٠٠ - ٢٠١٠ - ٢٠٢١ وذلك بعمل التصنيف الإشرافى Supervised Classification ومؤشر NDVI لدراسة تطور الغطاء النباتى وعلاقتها بصرف المياه، ومؤشر NDWI لرصد تغيرات المسطحات المائية، ثم عمل نماذج محاكاة تنبؤية لعام ٢٠٤٠ باستخدام خوارزمية المحاكاة لماركوف (CA - Markov) ثم دراسة الأخطار الجيومورفولوجية من خلال نموذج محاكاة لتصنيف الخطر، وتوضيح طرق مواجهته، ومن أهم نتائج الدراسة رصد التغيرات فى مساحة المسطحات المائية فى مدة الدراسة بالزيادة بنسبة ٣٤,١٨٪، كذلك رصد تغيرات بالتناقص فى مساحة المسطحات الملحية فى مدة الدراسة بالتناقص بنسبة -٦٩,٢٣٪، وجاءت التغيرات فى مساحة السبخات بالتناقص بنسبة -٢٤,٢٪، وجاءت نتائج تصنيف الخطر بوجود تدرج فى درجات الخطورة من القليلة الخطر حتى الشديدة جداً، وأضافت الدراسة طرق مواجهة مشكلة صرف المياه.

الكلمات المفتاحية: منخفض سيوة ، التغيرات الجيومورفولوجية ، محاكاة ماركوف ، صرف المياه ، السبخات ، الأخطار الجيومورفولوجية .

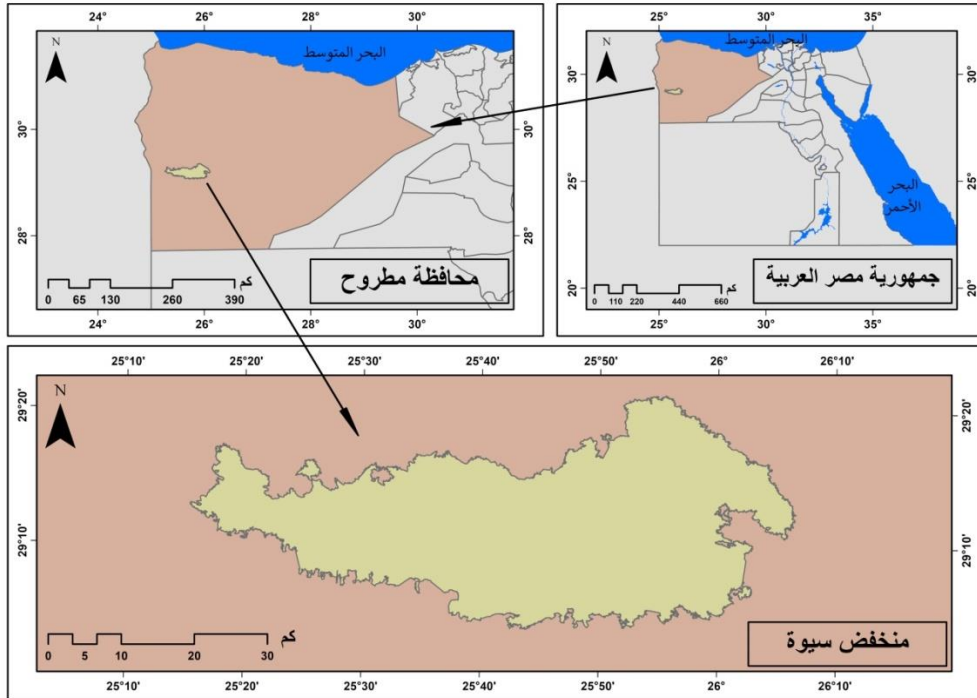
## مقدمة

يعد التغير من الحقائق المطلقة على كوكب الأرض منذ نشأته، وله دلالاته الواضحة، وتعد التغيرات الجيومورفولوجية لظواهرات سطح الأرض من أبرز هذه التغيرات التي لها أسبابها الواضحة، وكان للطبيعة السبب الرئيس لها في الماضي حيث كان تأثيرها يسير بصورة تدريجية منتظمة إلا إذا تخللته نشاطات بيئية مفاجئة تعطي بصماتها الواضحة على الظواهرات الجيومورفولوجية، وكان لنشاط الإنسان وسعيه المستمر نحو تحقيق رغباته تأثيراً على التغيرات الجيومورفولوجية لسطح الأرض حيث بدأ بطيئاً وغير ملحوظ إلى أن أصبح يسير جنباً إلى جنب مع تأثيرات الطبيعة بل وتفوق عليها وأصبح له الدور الرئيس في هذه التغيرات في أماكن معينة، وهو ما حدث في منخفض سيوة نتيجة الرغبة المستمرة في استثمار موارد المنخفض لتحقيق الرغبات المادية دون النظر لتداعيات البيئة الطبيعية، فحفر الآبار بصورة عشوائية وزاد تدفق المياه بالمنخفض المغلق ذو التصريف المركزي نحو أخفض أجزاءه، فزادت مساحة البرك المائية والسبخات والمسطحات الملحية وتغدقت التربة وأجهدت وطال تأثير التغيرات المنشآت الحضرية، ولهذا جاءت رغبة الباحث في دراسة هذه التغيرات من خلال أسبابها وتطورها والتنبؤ بما سيحدث في المستقبل باستخدام الأساليب الحديثة كالإستشعار من البعد، ونظم المعلومات الجغرافية، من وجهة نظر جيومورفولوجية.

## موقع منطقة الدراسة:

يقع منخفض سيوة في الجزء الشمالي الغربي لصحراء مصر الغربية ويعد من أهم منخفضاتها، ويقع إدارياً في محافظة مرسى مطروح الذى يبعد عن مدينتها ب ٣٠٦ كم في الإتجاه الجنوبي الغربي (شكل - ١)، ويحد المنخفض من جهة الشمال هضبة الدفة الجيرية، ومن الجنوب بحر الرمال العظيم، وأبرز الظواهرات من الغرب منخفض

جنوب في ليبيا، أما من الشرق منخفض القطارة، ويقع المنخفض فلكياً بين دائرتي عرض  $29^{\circ} 4' 21''$  شمالاً حتى  $29^{\circ} 21' 21''$  شمالاً، وخطى طول  $25^{\circ} 15'$  شرقاً حتى  $26^{\circ} 18'$  شرقاً، وتقدر مساحة المنخفض بـ  $1397,09$  كم $^2$ ، ويقدر أقصى عرض للمنخفض من الغرب إلى الشرق بـ  $82,7$  كم، وأقصى طول من الشمال للجنوب بـ  $31,17$  كم، وتتراوح مناسيب المنخفض حسب نتائج نموذج الإرتفاع الرقمي بين  $18$  -  $18$  متر في أخفض الجهات (مع رصد مساحات محدوده جدا وصلت إلى  $20$  متر) ووصل أقصى إرتفاع إلى  $127$  متراً في أعلى جهاته في الحافة الجنوبية (DEM, Alospalser, 12.5m, 2007).



المصدر: الهيئة العامة للتخطيط العمراني قاعدة بيانات جغرافية غير منشورة ٢٠١٧، المرئية

الفضائية : Landsat 8 OLI, 2021

(شكل - ١) موقع منطقة الدراسة

## مشكلة الدراسة:

أدت الطبيعة الجغرافية لمنخفض سيوة مع زيادة النشاط البشرى العشوائى إلى ظهور مشكلة الدراسة، كونه منخفض صحراوى مغلق يصل إنخفاضه إلى مادون الصفر - ١٨ متراً ويصرف مياهه مركزياً إلى الجهات المنخفضة، مع زيادة النشاط البشرى فى الإستثمار الزراعى والإسراف فى إستخدام مياه العيون وحفر الآبار عشوائياً سواء فى توزيعها أو أعدادها وحتى التحكم فى المياه المتدفقة منها من قبل الأهالى مع غياب الرقابة والتخطيط للتنمية المستدامة فى المستقبل، وتتمثل مشكلة الدراسة فى التغيرات الجيومورفولوجية الواضحة على سطح المنخفض أهمها زيادة مساحة البرك المائية الرئيسة وظهور برك مائية جديدة وتلاحم برك أخرى مع بعضها، وتغير مساحات السبخات والمسطحات الملحية، وزيادة منسوب الماء الأرضى، مما أدى إلى ظهور أخطار جيومورفولوجية تمثلت فى زيادة نشاط التجوية الملحية على المنشآت، والهبوط الأرضى فى بعض مناطق المنخفض، وتغدق وتملح التربة التى تأثرت بها مساحات زراعية تقدر بنحو ٧٥,٨٨٪ من المساحات المزروعة مما خفض إنتاجية الفدان لمحاصيل الزيتون والتمور (Abo-Ragab samy, 2010,p801) وبالتالي هناك تحديات صعبة تتطلب العديد من الدراسات فى التخصصات للخروج من المشكلة وتنمية المنخفض وتحسين وضعه البيئى.

## أهداف الدراسة:

- دراسة الخصائص الطبيعية لمنخفض سيوة.
- دراسة أسباب مشكلة سوء صرف المياه بمنخفض سيوة.
- دراسة التغيرات الجيومورفولوجية الناتجة عن سوء صرف المياه بمنخفض سيوة.

-دراسة تغيرات إستخدام الأرض والغطاء الأرضى Land Use Land Cover (LULC) بمنخفض سيوة.

- عمل نماذج تنبؤية لتغيرات إستخدام الأرض والغطاء الأرضى بمنخفض سيوة.
- عمل نموذج محاكاة لتصنيف درجات الأخطار الجيومورفولوجية بمنخفض سيوة.
- تقديم الحلول المناسبة لحل مشكلة سوء صرف المياه بمنخفض سيوة.

### مناهج الدراسة وأساليبها:

إعتمدت الدراسة على عدد من المناهج أهمها المنهج التطبيقي، والمنهج التاريخي، ومنهج تحليل النظم، كما إعتمدت الدراسة على عدد من الأساليب أهمها الإسلوب الوصفى التحليلي، والأسلوب الكمي، والإسلوب الكارتوجرافى، والإسلوب المقارن، هذا بالإضافة إلى إستخدام العديد من البرامج المتخصصة أهمها IDRISI Selva.17, CA-Marcov, ENVI 5.3, ARC GIS Pro.

### مصادر الدراسة:

- أ- الدراسات السابقة: ويمكن تقسيم الدراسات السابقة إلى قسمين هما:
- ١ - دراسات جغرافية: ومنها دراسة (أحمد سامى النجار، ٢٠٠٨) وتناولت الدراسة التغيرات البيئية بمنخفض سيوة وتعرضت الدراسة للجوانب الطبيعية والبشرية بالمنخفض، دراسة ( إبراهيم صلاح الدين، ٢٠٠٨) التى تناولت الجيومورفولوجيا التطبيقية للمنخفض وركزت الدراسة على الأخطار الجيومورفولوجية فى المنخفض بأنواعها المختلفة، دراسة (Azza Abdallah,2007) التى تناولت تقييم وتصنيف خطر التجوية الملحية بالمنخفض، وإنتهت بخريطة جيدة لتصنيف خطر التجوية الملحية بالمنخفض، دراسة (إحسان سعيد، ٢٠٠٥) عن الأشكال الأرضية الهوائية بمنخفض سيوة، وركزت الدراسة على أشكال النحت والإرساب بأربع نطاقات فى جنوب

المنخفض بالقرب من بحر الرمال العظيم، دراسة (ممدوح تهامي، ٢٠٠٣) وهي من الدراسات الجيدة التي تناولت تصحر التربة في منخفض سيوة من منظور جيومورفولوجي من خلال دراسة إتساع مساحة البرك المائية وتملح التربة، ونحت التربة بفعل الرياح والمطر والجريان السطحي للمياه، وسفى الرمال وطغيانها على التربة، دراسة (حنان حامد، ١٩٩٥) عن نشأة المنخفض وظاهراته الجيومورفولوجية وإنشاء خريطة جيومورفولوجية له، دراسة (نبيل إمبابي، ١٩٧٧) بالرغم من قدمها فهي من أفضل الدراسات الجيومورفولوجية عن منخفض سيوة وتناولت دراسة الخريطة الجيومورفولوجية للمنخفض وركزت على الجوانب الجيولوجية والنشأة مع دراسة تفصيلية للظواهرات الجيومورفولوجية.

٢- **دراسات جيولوجية وبيئية:** ومنها دراسة (Mona Sayed Hussein, 2021) وتناولت الدراسة مشكلات صرف المياه بمنخفض سيوة مع محاولات لتقديم الحلول، دراسة (Ashraf M. Mostafa, et al, 2020) وتناولت الحساسية البيئية للتصحر في شرق منخفض سيوة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والإستشعار من البعد، دراسة (Noha Moghazy, 2020) وتناولت الدراسة تقييم مصادر المياه الجوفية في منخفض سيوة، دراسة (Abdelhamid Elnagar, 2017) وتعرضت الدراسة لرسم خريطة تصنيفية لملوحة التربة بمنخفض سيوة مع تقييم جودة المياه بالمنخفض، دراسة (Heba S.A. Rashed, 2016) وتناولت دراسة التغيرات والحساسية البيئية لمدى الخطورة التي تتعرض لها التربة في منخفض سيوة، دراسة (Abo-Ragab Samy, 2010) وتناولت دراسة التصحر في منخفض سيوة في الحاضر مع تحديات المستقبل وركزت على مدى الضرر الإقتصادي الذي حدث بالمنخفض جراء التصحر، هذا بالإضافة إلى العديد من التقارير الصادرة عن وزارة الزراعة واستصلاح الأراضي، ومركز بحوث الصحراء، والمنظمة العربية للتمنية.



ويتضح من العرض السابق للدراسات السابقة أن الدراسات الجغرافية الجيومورفولوجية تتسم بالقدم إلى حد كبير حيث إنتهى معظمها بعام ٢٠٠٨، وتفتقر معظمها إلى إستخدام الأساليب الحديثة نظراً لقدمها، على عكس الدراسات الجيولوجية والبيئية التي تتسم بالحداثة، وهو ما دعى الباحث إلى دراسة التغيرات الجيومورفولوجية الحديثة والمستجدة بمنخفض سيوة باستخدام أحدث أساليب نظم المعلومات الجغرافية، ومؤشرات Indexs الإستشعار من البعد، مع عمل نماذج تنبؤية للتغيرات في المستقبل القريب، هذا مع محاولة لإقتراح بعض الحلول لحل مشكلة صرف المياه بمنخفض سيوة.

#### ب- الخرائط والمرئيات الفضائية:

- الخرائط الطبوغرافية لمنخفض سيوة، مقياس ١ : ٥٠٠٠٠٠ إصدار الهيئة العامة للمساحة العسكرية، ١٩٩٨.

- الخريطة الجيولوجية لمنخفض سيوة، مقياس ١ : ٥٠٠٠٠٠٠ إصدار شركة كونكو كورال، ١٩٩٨.

- خريطة التربة لمنخفض سيوة، مقياس ١ : ١٠٠٠٠٠٠ أطلس التربة، جامعة عين شمس، ١٩٦٩.

- المرئية الفضائية: Landsat 8 OLI, 30 m, 27 - 12 - 2021

- المرئية الفضائية: Landsat 7 ETM, 30 m, 3 - 11 - 2010

- المرئية الفضائية: Landsat 7 ETM, 30 m, 22 - 10 - 2000

- نموذج الإرتفاع الرقمي: Alospalser, 12.5m, 2007

د- البيانات المناخية: [worldclim.org/data/index.htr](http://worldclim.org/data/index.htr)

#### ج - العمل الميدانى:

تم إجراء العمل الميدانى فى المدة من ١٥ : ٢٥ يناير ٢٠٢٢، وفى المدة من ١ : ٥ مايو ٢٠٢٢، وتم خلاله دراسة قطاعات التربة، وإجراء القياسات الميدانية، وجمع

العينات من التربة من مناطق مختلفة، والتأكد من تصنيفات المرئيات الفضائية Supervised Classification ، والتصوير الفوتوغرافى، وإجراء المقابلات، وجمع البيانات والمعلومات من مركز مدينة سيوة، ومعهد بحوث الصحراء، وغيرها من الأعمال.

### عناصر البحث:

- الخصائص الطبيعية لمنخفض سيوة.
- أسباب مشكلة سوء صرف المياه فى منخفض سيوة.
- التغيرات الجيومورفولوجية الناتجة عن مشكلة سوء صرف المياه فى منخفض سيوة.
- التنبؤ بتغيرات استخدام الأرض والغطاء الأرضى LULC بمنخفض سيوة باستخدام خوارزمية المحاكاة لماركوف (CA-Marcov).
- الأخطار الجيومورفولوجية الناتجة عن مشكلة سوء صرف المياه بمنخفض سيوة.
- طرق مواجهة مشكلة سوء صرف المياه بمنخفض سيوة.
- النتائج والتوصيات اللازمة لمواجهة مشكلة سوء صرف المياه بمنخفض سيوة.

## أولاً: الخصائص الطبيعية لمنطقة الدراسة:

### أ - جيولوجية منطقة الدراسة:

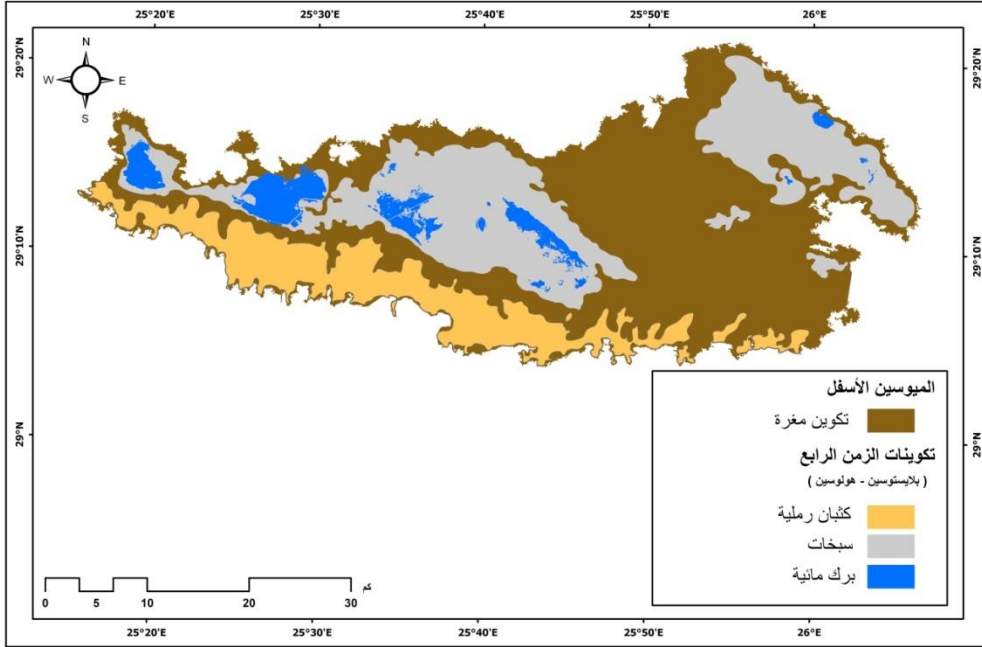
تؤثر الخصائص الجيولوجية بصورة مباشرة على مشكلة صرف المياه بمنطقة الدراسة، من خلال خصائص الصخر والبنية الجيولوجية، وتمت دراستها كالتالى:

١ - الخصائص الصخرية: من تحليل الخريطة الجيولوجية لمنخفض سيوة (شكل - ٢) يتضح أن صخور الميوسين الأسفل المعروفه بتكوين مغره Maghara formation تشغل معظم أجزاء المنخفض بمساحه ٨١٣,٢٩ كم<sup>٢</sup> بنسبة ٥٨,٢٢% من مساحه المنخفض، حيث تمتد أمام منحدرات الحافه الشماليه حتى تختفي أسفل رمال الهوامش الشماليه لبحر الرمال العظيم ويصل متوسط سمكها الى ٧٠ متراً، ويتكون بشكل رئيس من تتابعات من الحجر الرملى والحجر الطينى والحجر الجيرى (Said,1962,p202)، ويرتكز فوقها الرواسب البلايستوسينية والهولوسينية مثل رواسب السبخات والفرشات الرملية ورواسب الأودية، أما الزمن الرابع فتنتشر رواسب البلايستوسين في الجزء الغربى والأوسط من المنخفض وهي عباره عن رواسب البرك وما يتبعها من سبخات التي تتكون رواسبها من رقائق المتبخرات والرمل الناعم مع الطين والطفل وتضفي عليها الأملاح صلابه شديده أثناء الجفاف وتغطي البرك مساحه ٧٤,٠٧ كم<sup>٢</sup> بنسبة ٥,٣% من مساحه المنخفض بينما تغطي السبخات ١٩٨ كم<sup>٢</sup> بنسبة ١٤,١٧% من مساحه المنخفض، وتتمثل رواسب الهولوسين في الأجزاء الجنوبيه للمنخفض حيث تلاشت الحافه الجنوبيه تماماً اسفلها متمثله في الرواسب الرملية لبحر الرمال العظيم التي تظهر على شكل كتبان رملية متعددة الأنماط والأشكال وتشغل مساحه ٣١١,٧ كم<sup>٢</sup> بنسبة ٢٢,٣% من مساحه المنخفض، كما يظهر الهولوسين في تراكم رواسب مخروطات المنحدرات على قطاعها السفليه على شكل رواسب زاوية

الشكل رديئة التصنيف نتيجة فعل التجوية، وتختلف كميتها وأحجامها حسب طول المنحدر واختلاف زوايا انحداره.

٢ - **خصائص البنية:** ومن حيث الوضع البنيوي فمن المرجح أن منخفض سيوه حفر على طول محور طية مقعرة تمتد باتجاه غرب الشمال الغربي الى شرق الجنوب الشرقي، وتميل الطبقات على جوانبها بصورة هينه، وتتسع هذه الطية في الأجزاء الشرقية والغربية للمنخفض ويتفق الشكل العام للمنخفض مع خصائص هذه الطية المقعرة (نبيل امبابي، ١٩٧٧، ص٨)، هذا بالإضافة إلى مجموعات أخرى من الطيات المحدبة والمقعرة التي ترتبط بها التلال المنعزلة والأحواض المتراصه بقاع المنخفض.

وتظهر الصدوع على جانب الطيات وتأخذ نفس اتجاهها العام، وعلى الرغم من الدور الهامشي للصدوع في نشأه المنخفض إلا أنها لعبت دوراً هاماً في رسم ملامحه الجيومورفولوجية من خلال المحددات التي فرضتها على أشكال البرك المائية التي تأخذ حدوداً حادة تتفق مع الخطوط الصدعية، كما أن نقاط تلاقي الصدوع بالمنخفض تتدفق خلالها المياه الجوفية لتشكل العيون الطبيعية التي تساعد على قيام النشاط الزراعي، وللصدوع أثراً سلبياً في نقل مياه الصرف الزراعي شديد الملوحة الى الخزان الجوفي العذب مما يؤدي الى زيادة ملوحته، كما تؤدي الشقوق والفواصل التي تختلف كثافتها من مكان لآخر إلى تشكيل منحدرات المنخفض والتلال المنعزلة وظهور الإنهيارات الصخرية التي تعد خطراً جيومورفولوجياً بالمنخفض .



المصدر: الخريطة الجيولوجية لمنخفض سيوة، مقياس ١ : ٥٠٠٠٠٠٠ إصدار شركة كونكو، ١٩٩٨.  
(شكل-٢) الخريطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة

## ب - الخصائص الجيومورفولوجية:

من خلال تحليل الخريطة الجيومورفولوجية (شكل-٣) ونموذج الإرتفاع الرقعى (شكل-٤) يمكن تقسيم جيومورفولوجية المنخفض الى وحدتين رئيسيتين هما حواف المنخفض، وقاع المنخفض وذلك حسب اختلاف الخصائص الجيومورفولوجية لكل وحده.

١- **حواف المنخفض** : تختلف أشكال وخصائص حواف المنخفض حسب طبيعة العوامل التي شكلتها وخصائص تتابعها الصخري، و تتنوع اشكالها الرئيسة ما بين السلمية، والمستقيمة، والمستقيمة المحدبة، والمحدبة المقعرة، وتقطع أوجه هذه الحافات العديد من المسيلات الضحلة، ويمكن تقسيمها الى:

- الحافة الشمالية: وهي التي تحدد المنخفض من الجهة الشمالية والشمالية الشرقية والشرقية، وهي تعد جزء من جنوب هضبة مارمريكا الجيرية، وتتراوح مناسيبها بين ١٢٠ الى ٢٠٠ متراً، وتتباين درجات الانحدار على طول قطاعها الطولية حيث تتراوح في أجزائها الدنيا التي تتراكم على معظمها مخاريط الهشيم ٧ درجات، و ٣ درجات في اجزائها العليا، و تنتمي اليها التلال المنعزلة التي اقتطعت منها بفعل الأودية والمسيلات المائية، ويتمثل التابع الطبقي لها من أسفل إلى أعلى بين الطين الصفحي فالمارل ثم طبقات الحجر الجيري، وتسبب التقويض السفلي في طبقات الطين الصفحي بالأسفل في تساقط الكتل الكبيرة الحجم من الأجزاء العليا للحافات مكونه مدرجات سلمية الشكل.

- الحافة الجنوبية: وتعد أيضاً أحد بقايا الحافة الجنوبية لهضبة الدفة الجيرية وتتميز بأنها أقل انحداراً وارتفاعاً من الحافة الشمالية حيث يخفي معظمها أسفل الكثبان الرملية التي تنتمي للهوامش الشمالية لبحر الرمال العظيم مما أعطاها صفات الانحدارات المتوسطة والهينة فيما عدا بعض التلال المنعزله التي تبدو قممها الناتئة أعلى من الكثبان الرملية وتمثل هذه التلال الحد الجنوبي للمنخفض ومن أهمها تل الطبطاح وتل المرتزق.

٢- قاع المنخفض: يقع قاع المنخفض بين أقدام الحافتين الشمالية والجنوبية بداية من خط كنتور صفر وتتميز أراضيها بأنها شبه مستوية مع بعض الانحدارات الهينة التي تتجه إلى البرك المتناثرة في قاع المنخفض في أخفض جهاته، ويمكن توضيح الظواهر التي ترتبط بقاع المنخفض كالتالي:

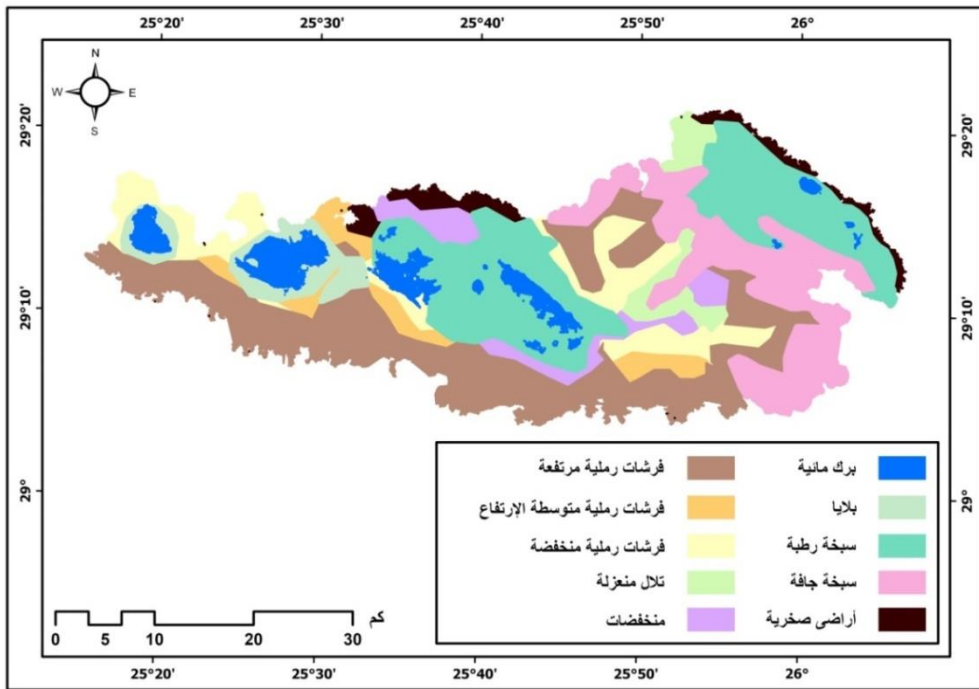
- البرك: تنتشر على قاع المنخفض ويمكن تقسيمهم إلى المجموعة الشرقية التي تتميز بصغر مساحتها وتعد أبرز البرك المائية بها بركة المعاصر ٢,٢ كم<sup>٢</sup> وبركة تميرة

٣,٠ كم<sup>٢</sup> ، والمجموعة الوسطى وتتميز بكبر مساحتها ومن أبرز البرك فيها بركة أغورمي ١٢,٨٥ كم<sup>٢</sup> وبركة الزيتون ٤,٦٢ كم<sup>٢</sup> ، والمجموعة الغربية وتتميز بكبر مساحتها أيضاً ومن أهمها بركة سيوة ٢٨,٧٣ كم<sup>٢</sup> ، وبركة المراقى ١١,٧١ كم<sup>٢</sup> ، وتتصرف المياه مركزياً الي هذه البرك التي تتسع مساحتها او تتكمش حسب كمية المياه المنصرفة بالإضافة إلى درجات الحرارة ومعدلات التبخر .

- **السبخات والمسطحات الملحية:** تنتشر السبخات في المنخفض وتشكل مظهراً جيومورفولوجياً مميزاً له وتنتشر حول البحيرات وفي المناطق ذات الطبوغرافية المنخفضة وتبلغ إجمالي مساحتها ١٩٨ كم<sup>٢</sup> في عام ٢٠٢١ ، وتنتشر المسطحات الملحية بالمنخفض خاصة حول بركه اغورمي وتتكون من أملاح الصوديوم والكالسيوم والبوتاسيوم المختلطه بالرمال والطفل والطين، ونتيجة التمدد الناتج عن جفاف الطبقة الملحية تتكون طبقه تعرف بطبقه الكورشيف (ممدوح تهامي، ٢٠٠٣، ص١١٤).

- **التلال المنعزله ( القور) :** يطلق عليها بعض الجيومورفولوجيين التلال المتبقية حيث أنها تمثل بقايا السطح الهضبي القديم التي أدت عمليات التعرية المائية والحركات التكتونية الى انفصالها عن الحافة الشمالية والبعض منها ما زال متصلاً بها ولعل التتابع الكبير في التتابع الطبقي بينها وبين الحافة الشمالية دليلاً على اقتطاعها منها (نبيل امبابي، ١٩٧٧، ص٩) ، وتتركز بصورة كبيرة في الجزء الشمالي الغربي للمنخفض بمحاذاة الحافة الشمالية وتتشابه منحدراتها من حيث الشكل إلى حدٍ كبير مع منحدرات حافات الهضبه وتتباين أشكالها من الشكل المخروطي كتل الطبطاح وسيوه ١٨ متراً والموتى ١٧ متراً، والشكل المتعدد القمم مثل تل الكوشه ٣٦ متراً، والذكورور ٨٨ متراً، وتتميز هذه التلال بالإنحدارات السلمية في سفوحها الدنيا وتوجد أنواع أخرى من التلال ذات القمم المستويه مثل الخميسه ١٩ متراً .

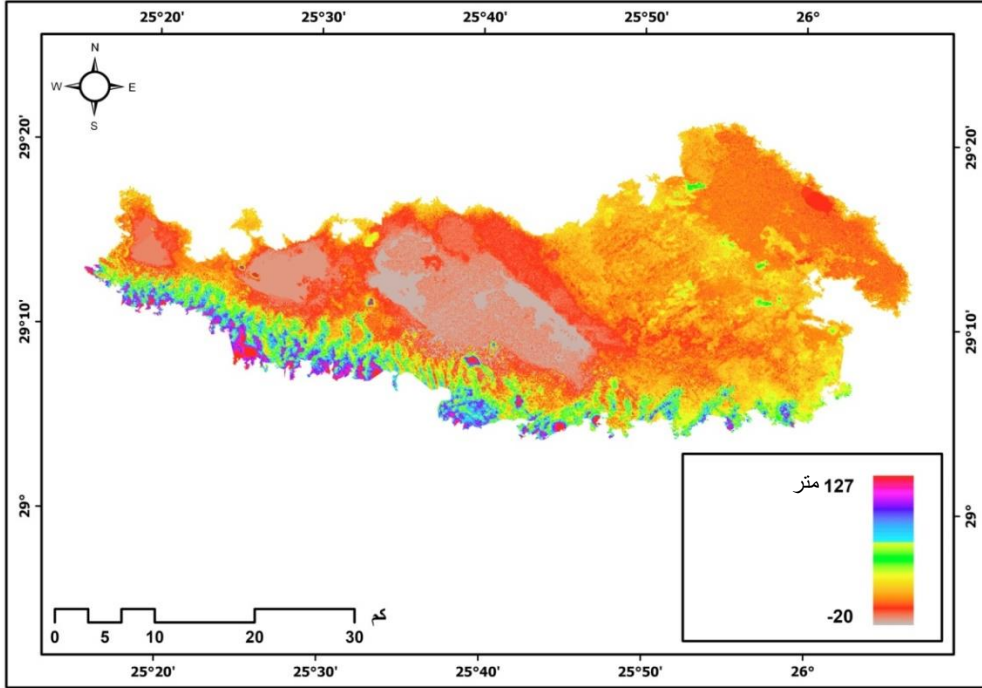
- التجمعات الرملية: تنتشر التجمعات الرملية بأشكالها المختلفة كالفرشات الرملية التي تنتشر في أجزاء عديده بالمنخفض والنباك التي ترتبط بالسبخات والبرك الملحية والكثبان الرملية التي تظهر بصورة كبيرة في الأجزاء الجنوبية من المنخفض وقد طمرت رواسبها معظم أجزاء الحافة الجنوبية حتى بدا من الصعب إدراك الحد الفاصل بين قاع المنخفض والحافة الجنوبية.



المصدر: (A.S.EL-Hassanin, et al, 2020, p3086)

(شكل-٣) الخريطة الجيومورفولوجية لمنخفض سيوة





المصدر: DEM, Alospalsar, 12.5m, 2007

(شكل-٤) نموذج الإرتفاع الرقمي لمنطقة الدراسة

### ج الخصائص المناخية:

يقع منخفض سيوة ضمن المناخ الصحراوي القارى شديد الحرارة والجفاف، وساعد إنخفاض السطح إلى - ١٨ متر دون الصفر مع المتغيرات الدائمة فى مساحة البرك المائية وزيادة الرقعة الزراعية مع العيون المائية على إعطاء المنخفض صفات مناخية مميزة عما حوله فى نفس دائرة العرض، وبناء على البيانات المناخية لـ ( <https://www.worldclim.org/data/index.htm> ) بلغ المعدل السنوى لدرجات الحرارة العظمى فى المنخفض ٢٨,٦°م، والمعدل السنوى لدرجات الحرارة الصغرى ١٣,٣°م ، ووصل المدى الحرارى إلى ١٥,٣°م، وتصل معدلات الحرارة العظمى إلى أقصاها فى شهور الصيف فى شهرى يونية ويونيو بمعدل ٣٧,٥°م، ومعدلات درجات الحرارة الصغرى أنداها فى شهور الشتاء فى شهرى يناير وفبراير بمعدل ٦°م، وتعمل

درجات الحرارة العالية على زيادة معدلات التبخر وتكون نطاقات الأملاح حول البرك المائية.

ويتصف منخفض سيوة بندرة الأمطار مثل باقى منخفضات الأجزاء الوسطى والجنوبية لصحراء مصر الغربية، وتصل كمية المطر الساقطة عليه إلى ١٢م/سنة، وتسقط الأمطار من نوفمبر حتى إبريل ويندر سقوطها فى فصل الصيف، وتتميز بفجائيتها وتركزها فى يوم واحد، وبلغت أقصى كمية سقطت فى يوم واحد ٢٥,٤م، ويبلغ المعدل السنوى للرطوبة النسبية ٤٥٪ وتتراوح فى فصل الشتاء بين ٥٠٪ إلى ٥٥٪، وفى فصل الصيف بين ٣٥٪ إلى ٤٠٪، وتتراوح معدلات التبخر فى فصل الشتاء بين ٤,٨ : ٥,٥م/يوم، وتزداد فى فصل الصيف مع انخفاض الرطوبة لتتراوح بين ١٠ : ١٣م/يوم، وذلك لإرتفاع درجات الحرارة مع إتساع المسطحات المائية.

وتسود فى المنطقة الرياح الشمالية الغربية والشمالية الشرقية بسرعات لا تتعدى ١٠ عقده مما يضعف من تأثيرها، على عكس الرياح الجنوبية الغربية التى تتعدى سرعتها ١٧ عقده وتأتى بعواصف رملية مؤثرة بشكل كبير على حركة الكثبان الرملية.

### ثانياً: أسباب مشكلة صرف المياه فى منخفض سيوة:

تتعدد الأسباب التى أدت إلى مشكلة صرف المياه فى منخفض سيوة والتى نتج عنها تغيرات جيومورفولوجية فى المنخفض، ومن أهم هذه الأسباب:

#### أ - مصادر المياه:

وقوع منخفض سيوة فى النطاق الصحراوى جعله يستقبل معدل أمطار ١٢م سنوياً بمعدل تبخر يصل إلى ١٣ م/يوم، وإذا إستثنينا العواصف الممطرة النادرة الحدوث نجد أن مياه الأمطار إسهاماتها محدودة جداً سواء فى إحداث جريان سطحى أو إضافة للمياه الأرضية، وبالتالي تعد العيون والآبار هى المصدر الرئيس للمياه فى

المنطقة، حيث يقع منخفض سيوة فوق عدة خزانات جوفية هى من أسفل إلى أعلى تبدأ بالخران النوبى الذى يعد الأقدم فى شمال أفريقيا ويتراوح سمكة بين ٢٥٠٠ إلى ٣٠٠٠ متر ويعتمد عليه بصورة رئيسة فى مياه الشرب نظراً لعذوبة مياهه، يليه خزان الطباشير الأعلى بسمك ٥٠٠ متر، والخزان الأيوسينى بسمك ٢٠٠ متر، ثم الخزان الميوسينى بمتوسط سمك ١٢٥ متر (El-Ramly, 1990, p.8)، وبالرغم من زيادة ملوحة الخزانات الأخيرة إلا أن الزراعة فى المنخفض تعتمد عليها بصورة رئيسة، هذا بالإضافة للمياه الأرضية التى يختلف منسوبها حسب طبوغرافية السطح حيث يمكن ظهورها بأعماق تتراوح بين ٢٠ - ٣٠ سم فى معظم المناطق وتظهر تلقائياً على السطح خاصة فى المناطق المنخفضة طبوغرافياً على شكل سبخات وبرك مائية التى تعد سبباً رئيساً فى التغيرات الجيومورفولوجية بالمنخفض، وترتبط الزيادة فى منسوب المياه الأرضية بمقدار السحب من الخزانات السابقة وإستخدامها فى عمليات الري.

وتعد العيون والآبار الإرتوازية هما وسيلتا الحصول على الماء الجوفى بالمنخفض، ويوجد بالمنخفض ٢٢٠ عينا أخذ معظمها الشكل الدائرى بأقطار تتراوح بين ٥ - ٢٢ متراً وأعماق معظمها بين ٥ - ١٥ متراً، وتوجد بعض العيون التى تشبه الشكل الحوضى ترتفع جوانبها بارتفاعات تصل إلى ٠,٥ متراً (عاطف عبد العظيم ، ١٩٨٥، ص٢٦) وتتركز العيون فى الجزء الغربى للمنخفض، وتشتأثر منطقة سيوة بمعظم العيون بعدد ١٣٠ عينا ، ثم المراقى ٣٥ عينا تليها أغورمى بـ ٣٠ عيناً ويتوزع الباقي فى أجزاء المنخفض (مركز بحوث الصحراء ، ١٩٩٩، ص٨)، ويبلغ عدد الآبار الإرتوازية ١١١ بئر ، منهم ٩١١ بئر غير عميقة حفرت على أعماق تتراوح بين ٢٠ - ٢٥ متر، و ٢٠٠ بئر على أعماق متوسطة إلى عميقة يصل معظمها إلى أعماق تتراوح بين ٧٠٠ - ١٣٠٠ متراً لتصل إلى الخزان النوبى مثل آبار الذكور التى يوجد بها أعماق الآبار بعمق ١٣٠٠ متراً الذى تصل فيه نسبة الملوحة إلى ١٧٥ جزء/مليون

(RIGW, 2012,p4)، ويعد تركيز الأملاح فى المياه الجوفيه بمنخفض سيوة هو الأعلى مقارنة بالوحدات الأخرى ويعود ذلك إلى المسافة الطولية التى تقطعها المياه مع ميل طبقات الأرض حتى تصل إلى منخفض سيوة بالإضافة إلى مرورها أثناء صعودها إلى السطح بالطبقات الجيرية ذات الأصل البحرى التى تحتوى على نسب عالية من الأملاح ( محمد عمر إدريس، ١٩٩٠، ص١٢ )، وتتراوح معدلات ضخ الآبار بين ٣٢٠,٠٠٠ - ٥٧٠,٠٠٠ متر<sup>٣</sup>/يوم (A.M.Abdulaziz & A.M.Faid, 2016,p673) وتوجد العديد من العيون ذات معدلات ضخ عالية مثل عين قريشت التى يصل تصريفها إلى ٥٠٠,٠٠٠م<sup>٣</sup>/يوم وعين أبو شروف القريبه من بركة الزيتون التى تضخ ما يقرب من ٢٧,٠٠٠م<sup>٣</sup>/يوم ( محمود عشاوى، ٢٠٠٣، ص٤١)، وتضخ العيون المائية والآبار الإرتوازية معاً نحو ٢٩١ مليون متر<sup>٣</sup> من المياه سنوياً يفقد منها نحو ٢٢٢ مليون متر<sup>٣</sup> بالتبخر Evaporation والنتح Evapotranspiration، ويذهب المتبقى الذى يقدر بـ ٦٩ مليون متر<sup>٣</sup> نحو البرك المائية، مما يؤدي إلى زيادة منسوب الماء الأرضى بنحو ٤,٥سم فى العام (Gad,M.l.,2000,p23)، وبالتالي يؤدي إلى زيادة غدق المياه الأرضية وتملح التربة، وهذا بالطبع نتيجة للتصريف الذاتى أو المركزى للمنخفض، والإدارة الغير جيدة لنظم الصرف وقلة كفاءتها مع إستمرارية تدفق المياه من الآبار والعيون، وما يتبعه من تدهور إنتاجية الأراضى، وانخفاض الدخل لدى المزارعين خاصة فى الأراضى القديمة لتدهور كفاءتها الإنتاجية مقارنة بنظيرتها الجديدة.

#### ب - زيادة مساحة الأراضى الزراعية:

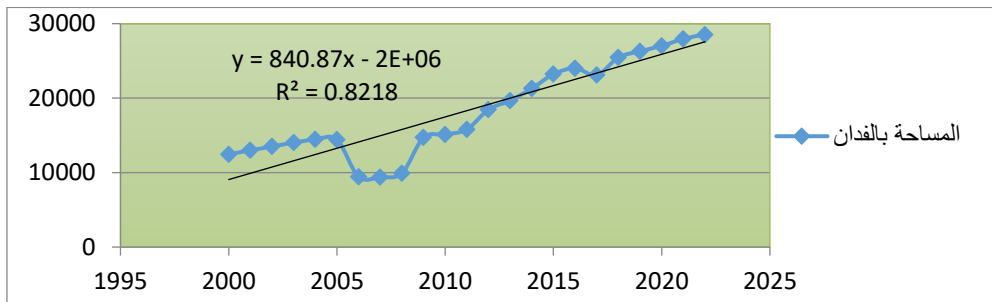
إرتبط التوسع فى المساحة الزراعية بزيادة حفر الآبار ويعانى منخفض سيوة من عشوائية واضحة فى زيادة أعداد الآبار وزيادة المساحة الزراعية دون مراعاة مشاكل الصرف والتغيرات البيئية بالمنخفض، ومرت المساحة الزراعية بين عام ٢٠٠٠ حتى

٢٠٢١ بتغيرات واضحة ويتضح ذلك من تحليل بيانات (جدول-١)، حيث اتضح أن زيادة المساحة الزراعية تتجه للتزايد منذ عام ٢٠٠٠ حتى نهاية ٢٠٠٥ ثم تناقصت فى المدة من ٢٠٠٦ إلى نهاية ٢٠٠٨ وهى المرحلة التى تم فيها الإتجاه إلى غلق الآبار العشوائية نظراً لظهور مشكلة المياه، ثم لم تلبث طويلاً وعادت الزيادة فى مساحة الأراضى الزراعية مع التوسع فى الآبار مرة أخرى منذ بداية ٢٠٠٩ حتى نهاية ٢٠٢١، ومن تحليل الإتجاه الزمنى فى (شكل-٥) يتضح وجود علاقة طردية معنوية مع الزمن سواء فى الصورة الخطية أو التربيعية حيث بلغت  $R_2 = 0.82$  أى أن عامل الزمن يؤثر بـ ٨,٢ % فى زيادة مساحة الأرض الزراعية بما تتضمنه هذه المدة الزمنية من عوامل أخرى ساعدت على هذه الزيادة، وقد أثرت مرحلة التناقص من ٢٠٠٦ حتى ٢٠٠٨ على هذه النتيجة بالتأكيد، وتشير الدلالات الإحصائية على أن التناقص فى المساحة الذى حدث فى بداية مدة الدراسة ثم حدث إتجاه للتزايد مرة أخرى دليل على أن المنطقة تسير فى الطريق الصحيح نحو تعديل أساليبها ورفع كفاءتها الإنتاجية مما أدى إلى زيادة المساحة المزروعة، ولكن الباحث يرى عكس ذلك فى أنه إتجاه نحو الريح السريع بحفر الآبار عشوائياً وزيادة معدلات الري والزراعة دون النظر للتداعيات البيئية فى المنطقة التى ستؤدى بالتأكيد إلى نتائج وخيمة وخسائر إقتصادية وبيئية فادحة من زيادة منسوب البرك وغدق المياه الأرضية وزيادة مساحة السبخات وتملح التربة.

## تغيرات المساحات الزراعية بمنخفض سيوة (جدول-١)

السنة	٢٠١١	٢٠١٠	٢٠٠٩	٢٠٠٨	٢٠٠٧	٢٠٠٦	٢٠٠٥	٢٠٠٤	٢٠٠٣	٢٠٠٢	٢٠٠١	٢٠٠٠
المساحة بالفدان	١٥٨٠٧	١٥١١٦	١٤٧١٢	٩٩١٣	٩٤٠٩	٩٤٣٠	١٤٤٢٨	١٤٤٤٩	١٤٠٢٠	١٣٥٠٦	١٢٩٩٢	١٤٢٥٦
السنة	٢٠٢١	٢٠٢٠	٢٠١٩	٢٠١٨	٢٠١٧	٢٠١٦	٢٠١٥	٢٠١٤	٢٠١٣	٢٠١٢	٢٠١١	٢٠١٠
المساحة بالفدان	٢٨٥٤٢	٢٧٩٦٠	٢٧٠١٥	٢٦٣٠٠	٢٥٤٥٢	٢٣١٠٠	٢٤٠١٢	٢٣٢١٤	٢١٢٩٣	١٩٦٨٦	١٨٤٦٢	

المصدر: مركز معلومات مديرية الزراعة، محافظة مرسى مطروح



المصدر: من عمل الباحث إعتماًداً على بيانات (جدول-١)

(شكل ٥) علاقة الإرتباط الخطية بين تطور المساحات الزراعية وسنوات الدراسة

ولاحظ الباحث تضارباً واضحاً في بيانات تطور المساحات الزراعية بين الهيئات المختلفة، وبالتالي يعد تحليل المرئيات الفضائية شاهداً على الواقع من خلال تطبيق وتحليل المؤشرات المختلفة عليها كمؤشر الفرق المعياري للنبات Normalized Difference Vegetation index (NDVI)، بالرغم من أن الوظيفة الأساسية لإستخدام مؤشر الفرق المعياري للنبات هو رصد الجفاف والتنبؤ بالإنتاج الزراعي والمساعدة في التنبؤ بمناطق حرائق الغابات وخرائط زحف الصحارى، إلا أنه يمكن إستخدامه في حساب المساحات الزراعية أو بالأدق المساحات الخضراء بمنطقة الدراسة وهو ما لجأ إليه الباحث، ويتم حسابه عن طريق الفرق بين شدة إنعكاس

الأشعة تحت الحمراء القريبة NIR والأشعة الحمراء RED مقسوماً على مجموع هذه الشدة أى أن:

$$NDVI = NIR - RED / NIR + RED$$

ويختلف وجود هذه الخصائص الطيفية فى محتوى البيانات Bands بين مرئيات Landsat 7 و Landsat 8 وبالتالى تكون المعادلة

$$Landsat7 ETM, NDVI = Band 4 - Band 3 / Band 4 + Band 3$$

$$Landsat8 OLI, NDVI = Band 5 - Band 4 / Band 5 + Band 4$$

المصدر: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-normalized-difference-vegetation-index>

وتتراوح قيم هذا المؤشر بين - ١,٠ : ١,٠ حيث تشير القيم السالبة بشكل أساسى إلى السحب والمياه والثلج بينما تشير القيم القريبة من الصفر إلى الصخور والترية العارية، والقيم القليلة مثل ٠,١ إلى الرمال، أما القيم المتوسطة التى تبدأ من ٠,٢ إلى النباتات حيث تدرج القيم من الحشائش حتى الشجيرات، بينما القيم الكبيرة من ٠,٦ فأكثر تشير إلى الغابات من المعتدلة حتى الإستوائية، وعلية فإن جميع المساحات التى تشير إنعكاستها إلى القيم النباتية يمكن من خلالها التعرف على المساحات النباتية فى منخفض سيوه وحساب معدلات التغيرات التى طرأت عليها فى الفترات الزمنية المختلفة، وقام الباحث بتطبيق مؤشر NDVI على المرئيات الفضائية لمنطقة الدراسة خلال المده من عام ٢٠٠٠ إلى ٢٠٢١ على ثلاث مرئيات Landst 7 ETM 2000 ، Landst 8 ETM 2010 ، Landsat OLI 2021 ،

ومن تحليل نتائج مؤشر NDVI (شكل-٦، ٧، ٨)، (جدول-٢) يتضح أن فى عام ٢٠٠٠ بلغت مساحة الرقع الخضراء ٢٦٩,٣٢ كم<sup>٢</sup> بنسبة ٤,٦٩% من باقى تصنيفات المؤشر، وزادت فى عام ٢٠١٠ لتصل إلى ١١٨,٦٩ كم<sup>٢</sup> بنسبة ٨,٤٩% من

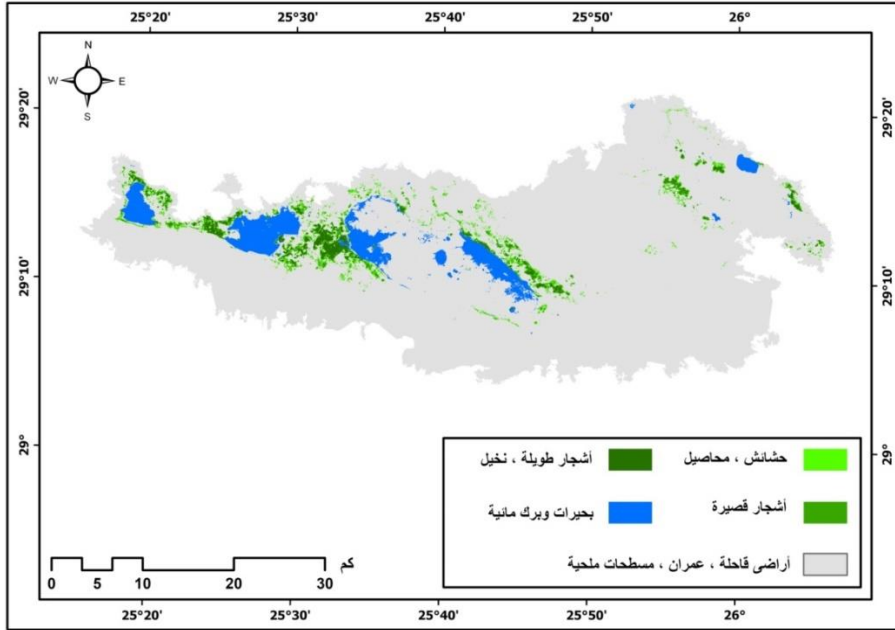
باقى التصنيفات أى زادت بزياده قدرها ٢كم٤٩,٣٧ فى العشر سنوات بمعدل زيادة ٢كم٤,٩٤ فى العام، وفى عام ٢٠٢١ بلغت مساحة الرقع الخضراء ١٢٩,٦٣كم٢ بنسبة ٩,٢٨% من باقى التصنيفات أى زادت بفارق ١٠,٩٤ كم٢ عن ٢٠١٠ بمعدل زياده ٢كم١,٩٤ فى العام.

(جدول - ٢) نتائج تصنيف مؤشر NDVI فى عام ٢٠١٠، ٢٠٢١، ٢٠٢١ بمنخفض سيوة

التصنيف	المساحة كم٢ عام ٢٠٠٠	نسبة التصنيف %	المساحة كم٢ عام ٢٠١٠	نسبة التصنيف %	المساحة كم٢ عام ٢٠٢١	نسبة التصنيف %
مسطحات مائية	٤٧,٤٧	٥,٣٣	٦٨,٠٣	٤,٨٧	٨٩,٢٩	٦,٣٩
أرض قاحلة ، عمران :سبخات ملحية	١٢٥٣,٣٩	٨٩,٧١	١٢١٠,٤٧	٨٦,٦٤	١١٧٨,٢٦	٨٤,٣٣
حشائش ، محاصيل	٣٢,٨٤	٢,٣٥	٦٠,٣٣	٤,٣٢	٦١,٠٢	٤,٧٣
أشجار قصيرة	١٤,٢٦	١,٠٢	٢٠,٠٩	١,٤٤	٣٣,٣٨	٢,٣٩
أشجار طويلة ، نخيل	٢٢,٢٢	١,٥٩	٣٨,٢٧	٢,٧٤	٣٥,٢٣	٢,٥٢
المجموع	١٣٩٦,١٨	١٠٠	١٣٧٩,١٨	١٠٠	١٣٩٧,١٨	١٠٠
مجموع المساحات الزراعية	٦٩,٣٢	٤,٩٦	١١٨,٦٩	٨,٤٩	١٢٩,٦٣	٩,٢٨

المصدر : من عمل الباحث إعتقادا على نتائج مؤشر NDVI مرئيات ETM 2000 Landst 7 ، Landst 8 ، ENVI 5.3, ARC GIS Pro برامج ، Landsat 8 OLI 2021 ، ETM 2010

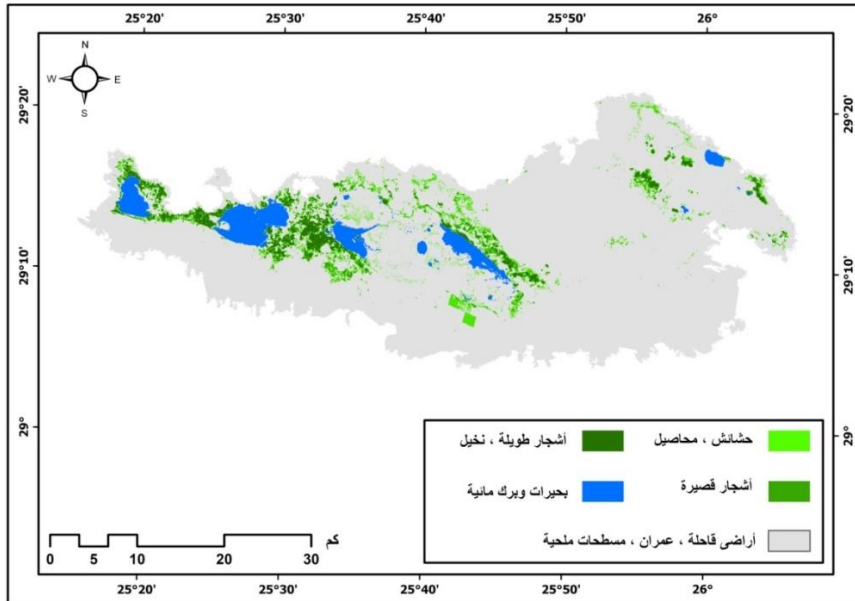




المصدر: من عمل الباحث إعتامدا على نتائج مؤشر NDVI مرئية Landst 7 ETM 2000، برامج ENVI

### 5.3, ARC GIS Pro

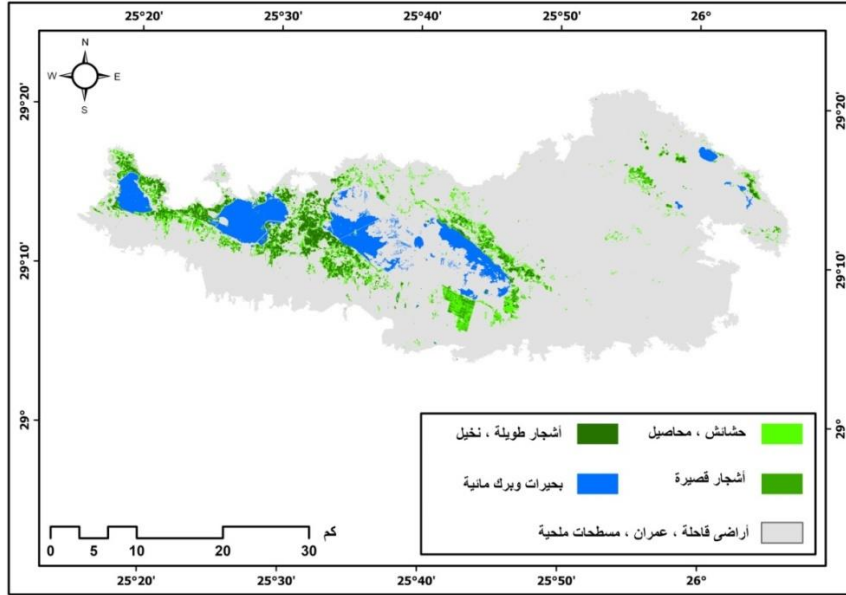
#### (شكل-٦) نتائج تصنيف مؤشر NDVI لمنخفض سيوة عام ٢٠٠٠



المصدر: من عمل الباحث إعتامدا على نتائج مؤشر NDVI مرئيات ، Landst 7ETM 2010 ، برامج ENVI

### 5.3, ARC GIS Pro

#### (شكل-٧) نتائج تصنيف مؤشر NDVI لمنخفض سيوة عام ٢٠١٠



المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على نتائج مؤشر NDVI مرئية Landsat 8 OLI  
 ENVI 5.3, ARC GIS Pro برنامج، 2021

(شكل-٨) نتائج تصنيف مؤشر NDVI لمنخفض سيوة عام ٢٠٢١

### ج - طبوغرافية السطح:

تؤثر طبوغرافية السطح في إتجاه مياه الصرف نحو الأراضي المنخفضة المنسوب، حيث توجد علاقة واضحة بين منسوب الأراضي المنخفضة وتواجد البرك المائية والسبخات والمسطحات الملحية بالمنخفض، ومن تحليل نموذج الإرتفاع الرقمي يتضح أن مناسيب السطح في منطقة الدراسة تتراوح بين -١٨ متر و ٢٧ متراً، وعن فئات الإنحدار في منخفض سيوة حسب تصنيف (Young, 1974) يتضح من تحليل (جدول-٣)، (شكل-٩) أن الإنحدارات الخفيفة هي السائدة في منطقة الدراسة بنسبة ٤٦,٤٣% تليها الأراضي المستوية وشبه المستوية بنسبة ٣٢,٩٤%، ثم المتوسطة بنسبة ١٣,٧٩%، أما الإنحدارات الشديدة تبلغ نسبتها ٦,٥٤% والشديدة جداً ٠,٢٩%، وأخيراً الجرفية بنسبة ٠,٠١% فقط.

(جدول-٣) مساحات ونسب فئات الإنحدار بمنخفض سيوة

فئات الإنحدار	مستوى - شبة مستوى	خفيف	متوسط	شديد	شديد جدا	جروف	المجموع
المساحة كم <sup>٢</sup>	٤٦٠,٢٥	٦٤٨,٧٢	١٩٢,٦٠	٩١,٣٢	٤,٠١	٠,١٩	١٣٩٧,٠٩
النسبة المئوية %	٣٢,٩٤	٤٦,٤٣	١٣,٧٩	٦,٥٤	٠,٢٩	٠,٠١	١٠٠

المصدر: من عمل الباحث إعتماًداً على نموذج الإرتفاع DEM, Alospalser, 12.5m, 2007 ،

وبرنامج ArcGIS pro

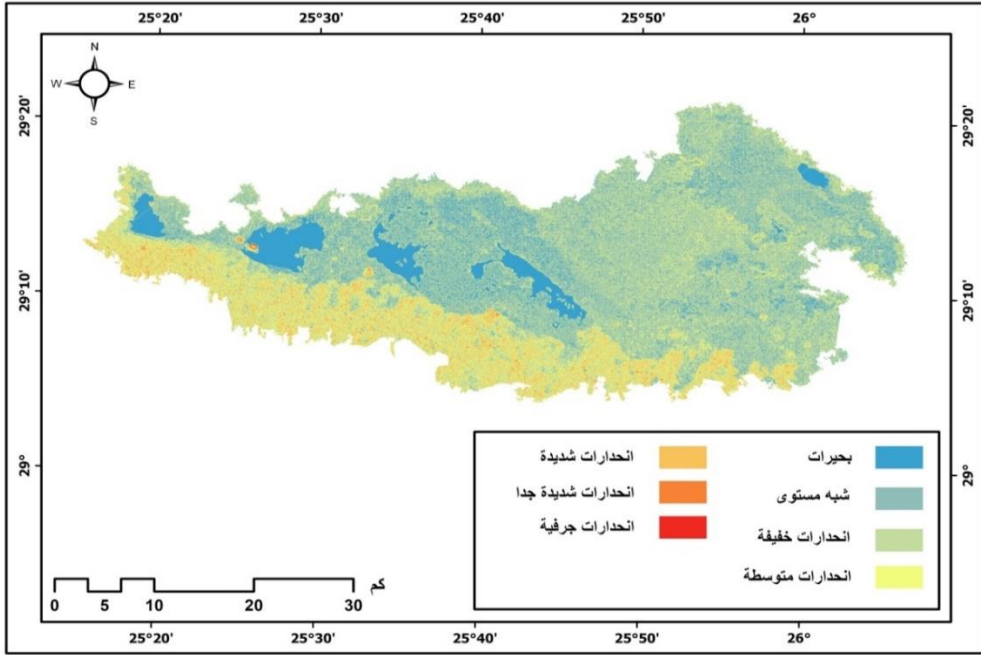
(جدول-٤) مساحات ونسب إتجاهات الإنحدار بمنخفض سيوة

إتجاه الإنحدار	مستوى	شمال	شمال شرقى	شمال غربى	جنوب شرقى	جنوب غربى	جنوب	شمال غربى	المجموع
المساحة كم <sup>٢</sup>	٣٨٩,١٧	١٣٦,٥٧	١٣١,١٢	١٢٩,١١	١٣١,١٣	١٢٦,٩٣	١٣١,٢١	١٤٢,٩٠	٧٨,٩٣
النسبة %	٢٧,٨٦	٩,٧٨	٩,٣٩	٩,٢٤	٩,٣٩	٩,٠٩	٩,٣٩	١٠,٢٣	٥,٦٥

المصدر: من عمل الباحث إعتماًداً على نموذج الإرتفاع DEM, Alospalser, 12.5m, 2007 ، وبرنامج

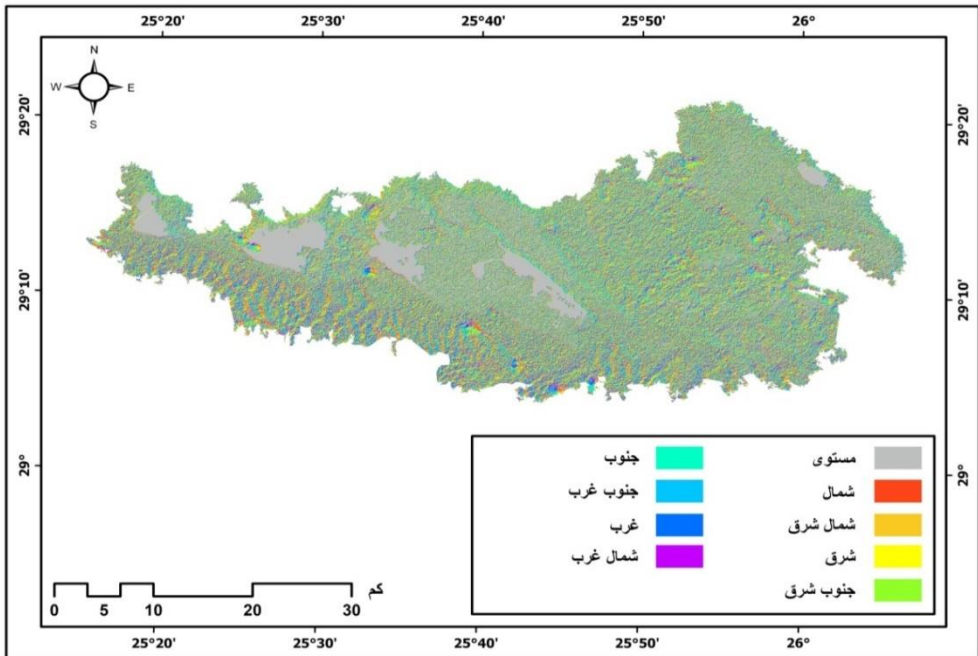
ArcGIS pro

ومن تحليل إتجاهات الإنحدار (جدول-٤) يتضح أن الأراضى المستوية هى السائدة بمنطقة الدراسة بنسبة ٢٧,٨٦% من مساحة المنطقة و بالتالى لها دور كبير فى ركود المياه وزيادة تسربها وظهور مشكلة غدق المياه الأرضية، وتتقارب باقى الإتجاهات فى نسبة المساحة التى تشغلها حيث يشغل الإتجاه الغربى ١٠,٢٣% من مساحة المنطقة، ثم الشمال ٩,٧٨%، أما إتجاه الشمال الشرقى، والجنوب الشرقى، والجنوب الغربى فمساحتهم متقاربة جداً ويشغل كلاً منهما ٩,٣٩% من مساحة المنطقة، كم يشغل إتجاه الشرق نسبة ٩,٢٤%، والجنوب ٩,٠٩%، وأخيراً إتجاه الشمال الغربى بنسبة ٥,٦٥%، ولعل إتجاه معظم الأراضى إلى قاع المنخفض هى السبب الرئيس فى تقارب نسب المساحات التى تشغلها الإتجاهات، وهذا يعلل إتجاه مياه الصرف بنمط تصريف مركزى إلى قاع المنخفض وتكون البرك المائية التى تتغير مساحتها حسب تغير معدلات الصرف.



المصدر: من عمل الباحث إتماداً على نموذج الإرتفاع 2007 ، DEM, Alospalsar, 12.5m ، وبرنامج ArcGIS pro

(شكل ٩) تصنيف فئات الإنحدار بمنخفض سيوة



المصدر: من عمل الباحث إتماداً على نموذج الإرتفاع 2007 ، DEM, Alospalsar, 12.5m ، وبرنامج ArcGIS pro

(شكل ١٠) إتجاهات الإنحدار بمنخفض سيوة

وقام الباحث بتوزيع الظاهرات الجيومورفولوجية المرتبطة بتصريف المياه كالبحيرات والسبخات والمسطحات الملحية على مناسيب سطح الأرض المختلفة لدراسة مدى إرتباطها بها، ومن تحليل (جدول-٥، ٦،٧) و (شكل-١١، ١٢، ١٣) يتضح التالى:

- تركزت البرك المائية بصورة كبيرة فى منسوب - ٥ متراً حيث إحتلت البحيرات ٢٨,٧٢% من مساحة المنسوب فى عام ٢٠٠٠، ثم تناقصت فى ٢٠١٠ إلى ٢٨,٠١%، وزادت فى ٢٠٢١ إلى ٣٧,٩٢% من مساحة هذا المنسوب داخل المنخفض، يلية منسوب صفر الذى شغلت البرك المائية ١٣,٣٠% من مساحته فى عام ٢٠٠٠، ثم زادت إلى ١٥,٣٩% و ١٨,٦٥% فى عامى ٢٠١٠ و ٢٠٢١ على الترتيب، وتركزت معظم مساحة هذه المناسيب فى الجزء الأوسط من المنخفض وبالتالي إرتبطت إرتباط وثيق ببركتى أغورمى والزيتون، وترجع زيادة المياه بهذه المناسيب إلى زيادة صرف المياه إليها، كما ظهرت البرك المائية بمساحات قليلة جداً فى المناسيب بين ٥ إلى ٢٠ متراً .

- إرتبط وجود السبخات فى نطاق المناسيب من - ٥ متراً إلى ١٠ متراً، حيث تقل السبخات ما دون هذه المناسيب أو فوقها حيث نجدها قليلة فى مناسيب - ١٠ متر : - ١٥ متراً ، وقليلة جداً فى مناسيب ١٥ متراً : ٢٠ متراً، ويعد منسوب صفر هو أكثر الأراضى التى ظهرت بها السبخات حيث شغلت ٤١% من مساحته فى عام ٢٠٠٠، وزادت فى ٢٠١٠ إلى ٤٣,٣٦% ، وتناقصت فى ٢٠٢١ إلى ٢٧,٢٧% نتيجة تعديل بعض نظم الصرف، وإذا تم جمع مساحة المناسيب من - ١٠ متر حتى ١٠ متر يتضح أن السبخات تشغل ٢٦,٥٨% من مساحتها فى عام ٢٠٠٠، وزادت إلى ٢٩,٩٨% فى عام ٢٠١٠، ثم إنخفضت إلى ٢٠,١٥% من مساحتها فى عام ٢٠٢١، وذلك لتعديل بعض نظم الصرف وغلق مجموعة من الآبار العشوائية، وتتكون السبخات حول

شواطئ البرك المائية، أو نتيجة غرق المياه بسبب عمليات الري بالغمر، وإحتجاز المياه أعلى الطبقات الصلصالية القريبة من السطح، وأعلى طبقات الدولوميت قليلة النفاذية.

- إرتبطت المسطحات الملحية بصورة كبيرة مع منسوب - ٥ متراً بنسبة ٣٣,٦٤% من مساحة المنسوب في عام ٢٠٠٠ ، وتناقصت إلى ٢٦,٠٥ % في عام ٢٠١٠، واستمرت في التناقص إلى أن وصلت إلى ١٢,٥٦% من مساحة المنسوب في عام ٢٠٢١ ، وذلك بسبب الإتجاه إلى إستخراج الملح وتصنيعه بالمنخفض، وظهرت المسطحات الملحية بنسب قليلة في المنسوب بين صفر : ٥ متراً وأتجهت أيضاً للإخفاض كما ذكر سابقاً .

(جدول ٥-) مساحات ونسب البحيرات والسبخات والمسطحات الملحية في مناسيب سطح الأرض بمنخفض

سيوه عام ٢٠٠٠

المسطحات الملحية		السبخات		البحيرات		مساحة المنسوب ٢ كم	المنسوب م
% من مساحة المنسوب	مساحة ٢ كم	% من مساحة المنسوب	مساحة ٢ كم	% من مساحة المنسوب	مساحة ٢ كم		
٠	٠	٠,٢٨٩	٠,٠٠١	٠	٠	٠,٢٤	١٥ -
٠,١٠	٠,٠٠١	٠,٨٠٢	٠,٠٠١	٠	٠	١,٠١	١٠ -
٣٣,٦٤	٢٢,٩٥	٢٧,٧١	١٨,٩١	٢٨,٧٢	١٩,٥٩	٦٨,٢٢	٥ -
٩,٥٢	٢٢,٩٣	٤١,٠٥	٩٨,٨٦	١٣,٣٠	٣٢,٠٤	٢٤٠,٨٣	٠
٣,٨٨	١١,٣٤	٣٢,١٩	٩٤,١٦	١,٢١	٣,٥٣	٢٩٢,٥١	٥
٠,٤٩	١,٨٨	١٢,٩٢	٤٩,٢١	٠,٠٠٣	٠,٠١١	٣٨٠,٨٣	١٠
٠,٠٢	٠,٠٤١	٠,٠٧	٠,١٣	٠,٠٠١	٠,٠٠١	١٧٩,٢٧	١٥
٠,٠٢	٠,٠١٤	٠,٠٠١	٠,٠٠١	٠,٠٠٢	٠,٠٠١	٥٦,٤٢	٢٠
٠	٠,٠٠١	٠	٠	٠,٠٠٣	٠,٠٠١	٣٦,٠٦	٢٥
٠	٠	٠	٠	٠,٠٠٤	٠,٠٠١	٢٩,٤٤	٣٠
٠	٠	٠	٠	٠,٠٠٤	٠,٠٠١	٢٦,٦٧	٣٥
٠	٠	٠	٠	٠,٠٠٥	٠,٠٠١	٢٣,٤٩	٤٠
٤,٤٣	٥٩,١٤٤	١٩,٧٥	٢٦١,٢٧	٤,١١٣	٥٥,١٧٥	١٣٣٤,٩٨	الإجمالي

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على supervise classification مرتئية Landst 7 ETM 2000، نموذج

الأرتفاع الرقمي، 2007، DEM, Alospaiser, 12.5m, برنامج ENVI 5.3, ARC GIS Pro.

(جدول ٦- ) مساحات ونسب البحيرات والسبخات والمسطحات الملحية في مناسيب سطح الأرض بمنخفض

سيوه عام ٢٠١٠

المسطحات الملحية		السبخات		البحيرات		مساحة المنسوب كم	المنسوب
% من مساحة المنسوب	مساحة كم	% من مساحة المنسوب	مساحة كم	% من مساحة المنسوب	مساحة كم		
٠	٠	٥,٤٢	٠,٠١	٠	٠	٠,٢٤	١٥ -
٠,٠٩	٠,٠٠١	٥,٠٩	٠,٠٥	٠	٠	١,٠١	١٠ -
٢٦,٠٥	١٧,٧٨	٣٠,٥٧	٢٠,٨٥	٢٨,٠١	١٩,١١	٦٨,٢٢	٥ -
٤,٦٨	١١,٢٦	٤٣,٣٦	١٠٥,٠٦	١٥,٣٩	٣٧,٠٩	٢٤٠,٨٣	٠
٠,٧٦	٢,٢٢	٣٧,١٩	١٠٨,٧٩	١,١٢	٣,٢٧	٢٩٢,٥١	٥
٠,٠٩	٠,٣٥	١٥,٧٢	٥٩,٨٥	٠,٠٠٣	٠,٠١	٣٨٠,٨٣	١٠
٠,٠٠٩	٠,٠١٥	٠,٥٠١	٠,٨٩	٠,٠٠١	٠,٠٠٢	١٧٩,٢٧	١٥
٠,٠١	٠,٠٠٤	٠,٢٤	٠,١٢	٠,٠٠٤	٠,٠٠٢	٥٦,٤٢	٢٠
٠	٠	٠,١٨	٠,٠٧	٠,٠٠٦	٠,٠٠٢	٣٦,٠٦	٢٥
٠	٠	٠,١٣	٠,٠٤	٠,٠٠٧	٠,٠٠٢	٢٩,٤٤	٣٠
٠	٠	٠,١٢	٠,٠٠٤	٠,٠٠٩	٠,٠٠٢	٢٦,٦٧	٣٥
٠	٠	٠	٠	٠,٠١	٠,٠٠٢	٢٣,٤٩	٤٠
٢,٣٧	٣١,٦٢	٢٢,١٥	٢٩٥,٧٥	٤,٤٥٦	٥٩,٤٨٧	١٣٣٤,٩٨	الإجمالي

المصدر : من عمل الباحث اعتمادا على نتائج مؤشر NDVI مرئية Landst 7 ETM 2010 ، نموذج الإرتفاع الرقمي

ENVI 5.3, ARC GIS Pro ، برامج ، DEM, Alospalsler, 12.5m, 2007

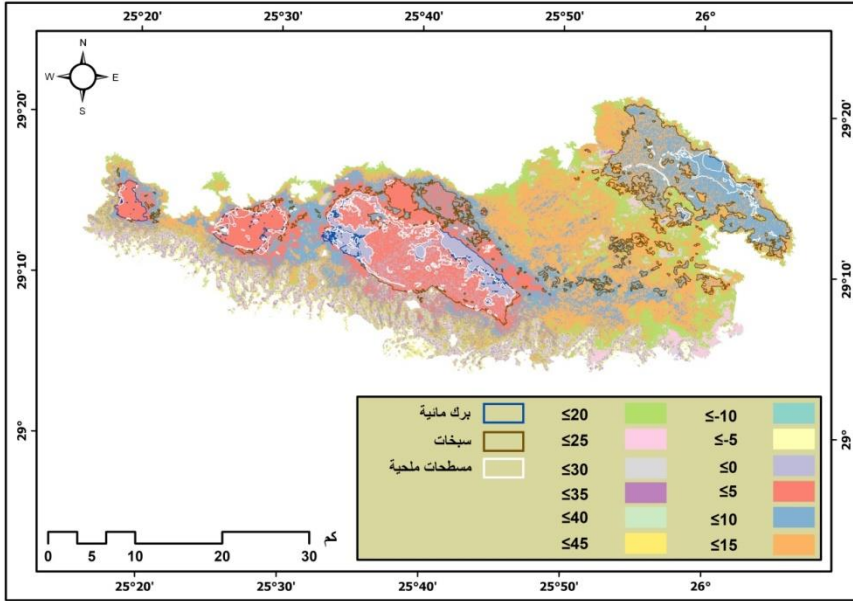
(جدول ٧- ) مساحات ونسب البحيرات والسبخات والمسطحات الملحية على مناسيب سطح الأرض

بمنخفض سيوه عام ٢٠٢١

المسطحات الملحية		السبخات		البحيرات		مساحة المنسوب كم	المنسوب
% من مساحة المنسوب	مساحة كم	% من مساحة المنسوب	مساحة كم	% من مساحة المنسوب	مساحة كم		
٠	٠	١,١٢	٠,٠٠٣	٠	٠	٠,٢٤	١٥ -
٠	٠	٠,٤٩	٠,٠٠٥	٠	٠	١,٠١	١٠ -
١٢,٥٦	٨,٥٧	٢١,٩٢	١٤,٩٥	٣٧,٩٢	٢٥,٨٧	٦٨,٢٢	٥ -
٣,٥٤	٨,٥٢	٢٧,٢٧	٦٥,٦٨	١٨,٦٥	٤٤,٩٠	٢٤٠,٨٣	٠
٠,٣٣	٠,٩٥	٢٧,٩٣	٨١,٦٩	١,٠٩	٣,١٩	٢٩٢,٥١	٥
٠,٠٤	٠,١٦	٩,٣٥	٣٥,٥٩	٠,٠٢٨	٠,١١	٣٨٠,٨٣	١٠
٠	٠	٠,٠٣	٠,٠٥٣	٠,٠٠٣	٠,٠٠٤	١٧٩,٢٧	١٥
٠	٠	٠,٠٢	٠,٠١٢	٠,٠٠٣	٠,٠٠٢	٥٦,٤٢	٢٠
٠	٠	٠	٠,٠٠١	٠	٠	٣٦,٠٦	٢٥
٠	٠	٠	٠	٠	٠	٢٩,٤٤	٣٠
٠	٠	٠	٠	٠	٠	٢٦,٦٧	٣٥
٠	٠	٠	٠	٠	٠	٢٣,٤٩	٤٠
١,٥٧	١٨,٤٧	١٤,٨٣	١٩٨,٠٠١	٥,٥٤٩	٧٤,٠٧	١٣٣٤,٩٨	الإجمالي

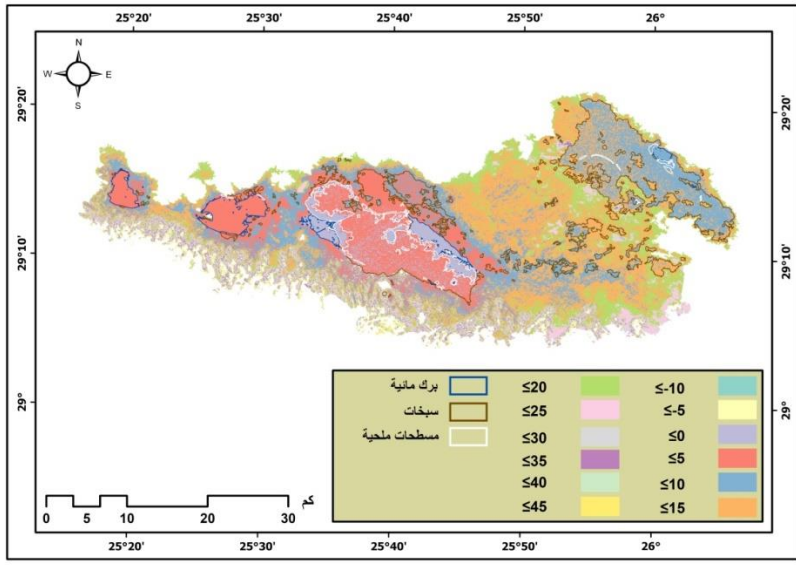
المصدر : من عمل الباحث اعتمادا على نتائج مؤشر NDVI مرئية Landst 8 OLI 2021 ، نموذج الإرتفاع

الرقمي ENVI 5.3, ARC GIS Pro ، برامج ، DEM, Alospalsler, 12.5m, 2007



المصدر : من عمل الباحث إعتقادا على نتائج supervise classification مرئية Landst 7 TM 2000 ، نموذج الأرتفاع الرقمي DEM, Alospalser, 12.5m, 2007 ، برامج ENVI 5.3, ARC GIS Pro .

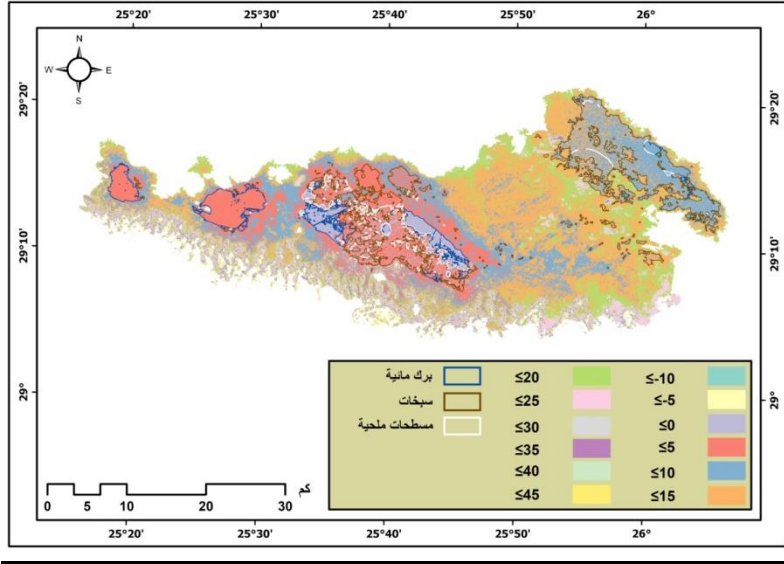
(شكل-١١) توزيع البرك المائية والسبخات والمسطحات الملحية على مناسيب السطح في منخفض سيوة عام ٢٠٠٠



المصدر : من عمل الباحث إعتقادا على نتائج supervise classification مرئية Landst 7 ETM 2010 ، نموذج الإرتفاع الرقمي DEM, Alospalser, 12.5m, 2007 ، برامج ENVI 5.3, ARC GIS Pro (شكل - ١٢) توزيع البرك المائية والسبخات والمسطحات الملحية على مناسيب السطح في

منخفض سيوة عام ٢٠١٠



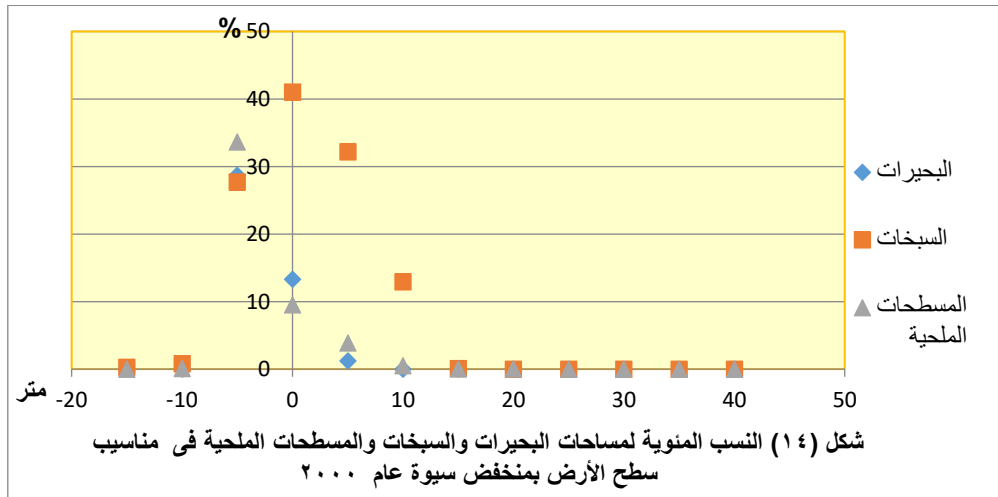


المصدر : من عمل الباحث إعتامداً على نتائج supervise classification مرئية Landst 8 OLI,2021 ، نموذج

الإرتفاع الرقمي DEM، Alospalsler، 12.5m، 2007 ، برامج ENVI 5.3، ARC GIS Pro

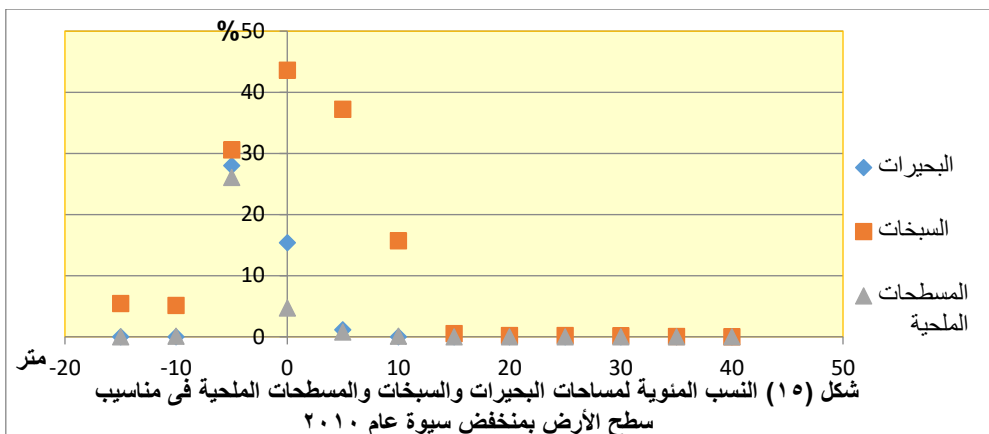
(شكل - ١٣) توزيع البرك المائية والسبخات والمسطحات الملحية على مناسيب السطح في

منخفض سيوة عام ٢٠٢١

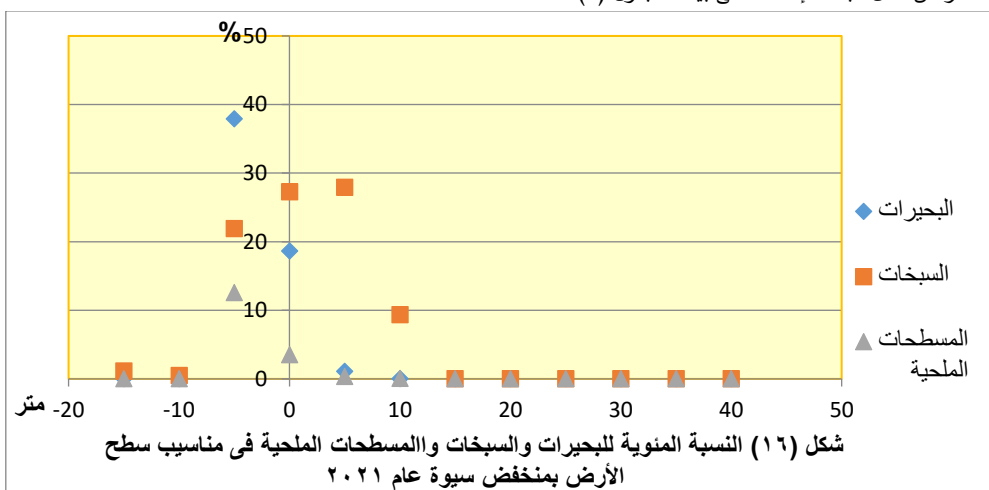


شكل (١٤) النسب المئوية لمساحات البحيرات والسبخات والمسطحات الملحية في مناسيب سطح الأرض بمنخفض سيوة عام ٢٠٠٠

المصدر من عمل الباحث إعتامداً على بيانات جدول(٥)



المصدر من عمل الباحث اعتماداً على بيانات جدول (٦)



المصدر من عمل الباحث اعتماداً على بيانات جدول (٧)

#### د - السلوكيات الخاطئة وسوء التخطيط:

مع الزيادة السكانية في منخفض سيوة خاصة مع زيادة الوافدين إليها بغرض الإستثمار خاصة الزراعي، وفي ظل عدم وجود شبكة صرف صحي أدى إلى تغذية الماء الأرضي، والأراضي المنخفضة المنسوب بمياه الصرف الملوثة، كما يعد أسلوب الري بالغمر من أهم المسببات الرئيسية لمشكلة تراكم المياه، بالرغم من أن المزارعين يروا في هذا الأسلوب وسيلة جيدة لغسل التربة من الأملاح المتراكمة بها إلا أنها تخلف ورائها خطراً أكبر في زيادة مساحة البرك والسبخات وارتفاع منسوب الماء الأرضي،

كما أن امتناع العديد من المزارعين عن الزراعة فى فصل الشتاء أدى إلى تراكم كميات كبيرة من المياه كانت من الممكن أن تستغل فى الزراعة بشكل أفضل، خاصة فى ظل عدم وجود طرق جيدة للتحكم فى مياه الآبار المتدفقة بإستمرار، بالإضافة إلى أن عدم تبطين قنوات الري الذى أدى إلى زيادة معدلات التسرب منها إلى قطاع التربة وزيادة معدلات غدق المياه بها، هذا بالإضافة إلى عدم وجود شبكة صرف جيدة لا تتناسب مع نفاذية التربة ولا مع انحدار السطح مما أدى إلى زيادة معدلات التسرب منها وتراكم المياه والحشائش بها.

**ثالثاً: التغيرات الجيومورفولوجية الناتجة عن مشكلة سوء الصرف فى منخفض سيوة:**

مع إستمرارية تدفق المياه من العيون والآبار والتوسيع الزراعى غير المحسوب حدثت العديد من التغيرات الجيومورلوجية بمنخفض سيوة وأصبح معظمها يشكل خطراً يهدد التوازن البيئى فى المنخفض، وقام الباحث بدراستها كالتالى:

#### **أ - إرتفاع منسوب الماء الأرضى:**

مع زيادة ضخ المياه ذاتية التدفق من العيون الطبيعية، أو المتدفقة من الآبار المحفورة عشوائياً أدى إلى زيادة كبيرة فى كمية المياه عن الإحتياجات المائية داخل المنخفض وخاصة مع قلة التبخر أثناء فصل الشتاء، ومع نظام الصرف المغلق داخل المنخفض، أدى إلى خلل فى التوازن الطبيعى للمياه الأرضية بمنخفض سيوة، مما عمل على زيادة المساحة الأفقية لبرك الصرف وتكون السبخات وزيادة ملوحة التربة وغدق المياه بها، وساعدت على ذلك شرائح الصلصال الأخضر الموجوده فى التتابع الطبقي فى مناطق عديدة بالمنخفض خاصة المنخفضة طبوغرافيا، وتبعد هذه الشرائح عن سطح التربة بحد أقصى ٢ متر مما عمل على منع التسرب واحتجاز المياه عندها فى هذا المستوى (شكل-١٧)، وبالتالي تتجه المياه أفقياً مع ميل الطبقات من هذا

المستوى نحو البرك أو تبقى في مكانها وترتفع رأسياً مكونه بركاً إضافية أو سبخات ومستنقعات.

وقد قام الباحث بدراسة عدة قطاعات ميدانية سواء بإستغلال مناطق حفر الآبار، أو بالحفر بواسطة الباحث في مناطق متفرقة بأعماق وصل بعضها إلى ١,٥ متراً ما لم يعترضها الماء الأرضى أو مواد صماء تعيق عملية الحفر، وذلك لدراستها بيديمورفولوجياً لتوضيح مدى تأثير بناء التربة والطبقة القريبة منها على غدق المياه بالمنطقة، ومن التحليل البيديمورفولوجى لهذه القطاعات (صورة-٣،٢،١) يتضح التالي:

الصخور الرسوبية الميوسينية من الحجر الجيري والطفلة هي المصدر الرئيس لتربة منطقة الدراسة حيث تتكون بشكل رئيس من الرواسب الرملية المنقولة مع الجيرية والجبسية والطفلة، كما اتضح من الرصد الميدانى لهذه القطاعات أن نطاق التربة الفعال محدد بطبقات متصلبة من الحجر الجيرى الدولوميتى على أعماق تتراوح بين ١٥ - ٥٥ سم ونادراً ما يصل إلى ١ متر.

طبيعة القوام الرملى للتربة السطحية فى معظم القطاعات جعلها تتدرج تحت البناء الفردى أو عديم البناء Structureless حسب تقارير (FAO, 2006)، بينما نجد الطبقات تحت السطحية ذات قوام طمى Clay أو طينى رملى Loamy sandy وبالتالي تطور فيها البناء إلى البناء الكتلى، ويتتابع تماسك التربة من أعلى إلى أسفل بين المفككه فى الطبقات السطحية فى معظم القطاعات إلى شبة صلابة فى الطبقات تحت السطحية مباشرة ثم تصل إلى درجة الصلابة وشديدة الصلابة فى الطبقات السفلى للقطاعات التى تم دراستها التى لا تتجاوز ١,٥ متراً، ويمكن أن نصف قوام التربة فى معظم القطاعات أنها تبدأ بقوام رملى وأحياناً رملى طينى، ثم يتغير إلى قوام أكثر نعومة فى الطبقات تحت السطحية إلى طمى وأحياناً طمى طينى رملى.

ومن دراسة هذه القطاعات اتضح أن ما يعوق عملية الصرف الطبيعى للمياه هو الطبقات الطينية بالإضافة إلى أن هذه القطاعات يحدها من أسفل طبقة صخرية متصلبة من الحجر الجيري الدولوميتى  $CaMg(CO_3)$  مع ترسبات ملحية وكربونات الكالسيوم شديدة الصلابة، مما يعيق عملية الصرف هذا بالإضافة إلى رصد تجمع البلورات الملحية والبلورات الجبسة المنتشرة فى صورة بقع صغيرة، كل ذلك عمل على إعاقة عملية الصرف مما يؤدي مع زيادة تدفق المياه إلى رفع مستوى الماء الأرضى وزيادة غدق المياه.



المصدر: العمل الميدانى فى المدة من ١٥ : ٢٥ يناير ٢٠٢٢

#### (صورة ١) قطاع رأسى فى منطقة الزيتون



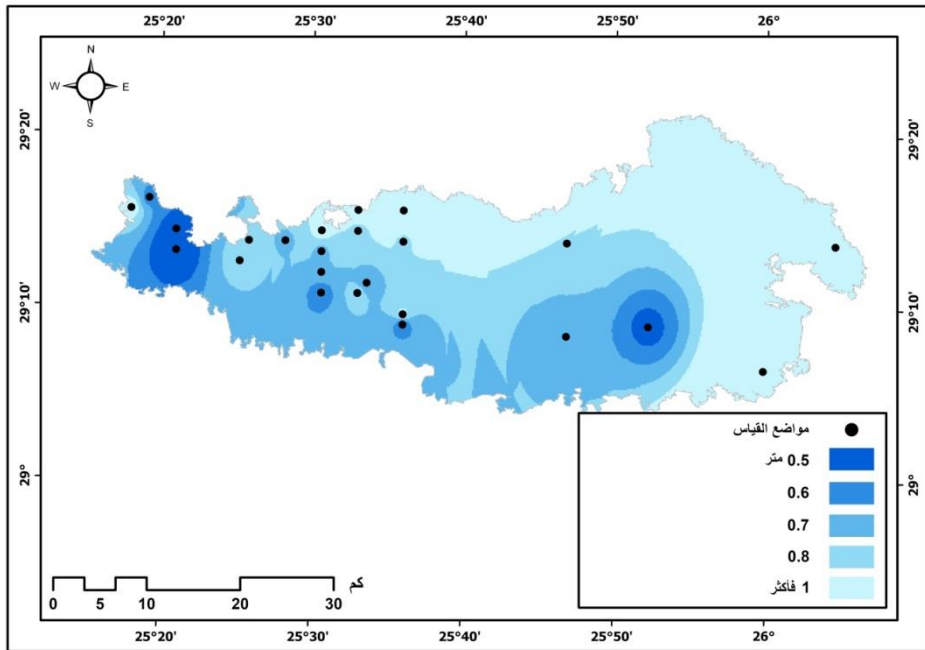
المصدر: العمل الميدانى فى المدة من ١٥ : ٢٥ يناير ٢٠٢٢

#### (صورة ٢) قطاع رأسى فى منطقة أبو شروف



المصدر: العمل الميداني في المدة من ١٥ : ٢٥ يناير ٢٠٢٢

### (صورة ٣- قطاع رأسي في منطقة أغورمي



المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على بيانات معهد بحوث الصرف عام ٢٠٠١، العمل الميداني في المدة من

١٥ : ٢٥ يناير ٢٠٢٢ (قام الباحث بقياس بعض النقاط) برنامج، ARC GIS Pro, Interpolation tool

### (شكل ١٧- مناسيب المياه الأرضية بمنخفض سيوة في فصل الشتاء

## ب - تغير مساحة البرك المائية:

شهدت البرك المائية بمنخفض سيوة تغيرات عديدة فى مدة الدراسة من عام ٢٠٠٠ حتى ٢٠٢١ سواء بالزيادة أو النقصان فى مساحتها أو ظهور برك جديد وإختفاء أخرى أو تلاحم برك صغيرة لتكوين بركة أكبر، وذلك نتيجة للتغيرات فى العوامل المسببة لتكونها، ولدراسة التغيرات قام الباحث باستخدام مؤشر الفرق المعيارى للمياه Normalized Difference Water Index (NDWI) ويستخدم هذا المؤشر للتركيز على الهدف الذى يحتوى على مياه ويتم فصله عن التصنيفات الأخرى فى المرئية كالتربة والغطاء النباتى، ونظراً لأن مؤشر (NDWI) يقيس محتوى الرطوبة بشكل فعال فغالباً ما تتم مقارنة بمؤشر الرطوبة (NDMI) ولكن هناك فارق جوهري حيث أن الأخير يستخدم فى مجموعة NIR - SWIR (الأشعة تحت الحمراء القريبة - والموجات القصيرة تحت الحمراء) لتعزيز وجود الماء فى النبات وهو بالتالى يرصد أيضاً الغطاء النباتى لإحتوائه على محتوى رطب، بينما يتم حساب مؤشر المياه (NDWI) باستخدام تركيبة Green - NIR ( الخضراء المرئية - والأشعة تحت الحمراء القريبة) حيث تعمل الأطوال الموجية الخضراء المرئية على زيادة الإنعكاس النموذجى لسطح الماء، وتعمل الأطوال الموجية للأشعة تحت الحمراء القريبة على زيادة الإنعكاس العالى للنباتات الأرضية وخصائص التربة مع تقليل الإنعكاس المنخفض لخصائص المياه، حيث يكون ناتج المعادلة قيم موجبه لخصائص المياه، والقيم السالبة أو الصفر للتربة والغطاء النباتى الأرضى ويتم حساب المعادلة كالتالى :

$$NDWI = (Green - NIR) / (Green + NIR)$$

ويختلف وجود هذه الخصائص الطيفية فى محتوى البيانات Bands بين مرئيات Landsat7 ، Landsat8 وبالتالى تكون المعادلة فى

Landsat7 data: NDWI = (Band 2 – Band 4) / (Band 2 + Band 4)

Landsat 8 data: NDWI = (Band 3 – Band5) / (Band 3 + Band5)

المصدر: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-normalized-difference-water-index>

وقام الباحث بتطبيق مؤشر NDWI على المرئيات الفضائية لمنطقة الدراسة خلال المدة من عام ٢٠٠٠ إلى ٢٠٢١ على ثلاث مرئيات Landst 7 ETM 2000 ، Landst 8 ETM 2010 ، Landsat OLI 2021 ، ثم دراسة التغيرات المساحية Chang Detection للبرك المائية بمنطقة الدراسة، ومن تحليل نتائج المؤشر (جدول ٨-١) و (شكل- ٢٠، ٢١، ١٩، ١٨) يتضح أن مساحة المسطحات المائية داخل منخفض سيوة عام ٢٠٠٠ بلغت ٢٠٥٥,٢٠ كم<sup>٢</sup> وزادت في عام ٢٠١٠ إلى ٢٠٥٩,٥١ كم<sup>٢</sup> حيث بلغت الزيادة في العشر سنوات ٤,٣١ كم<sup>٢</sup> بمعدل زياده ٢٠,٤٣ كم<sup>٢</sup> في العام. وتتضمن هذه المدة الزمنية المرحلة التي تم فيها ردم العديد من الآبار العشوائية وتقليل المساحات الزراعية منذ بداية ٢٠٠٦ حتى ٢٠٠٨ ، وفي مرئية عام ٢٠٢١ بلغت مساحة المسطحات المائية ٢٧٤,٠٧ كم<sup>٢</sup> أى أن الزيادة في الـ ١١ عام الأخيره بلغت ٤,٥٦ كم<sup>٢</sup> بمعدل زيادة سنوية قدرة ١,٣٢ كم<sup>٢</sup>، وفي هذه المرحلة كان الإتجاه نحو حفر الآبار يتزايد وزادت المساحة الزراعية بالمنخفض وبالتالي زيادة معدلات الصرف نحو البرك المائية، وعلى مدار سنوات الدراسة من عام ٢٠٠٠ حتى ٢٠٢١ زادت المسطحات المائية بـ ١٨,٨٧ كم<sup>٢</sup> بنسبة تغير بلغت ٣٤,١٨ % .



(جدول - ٨) نتائج تصنيف مؤشر NDWI فى عام ٢٠٠٠، ٢٠١٠، ٢٠٢١ بمنخفض سيوة

البركة	المساحة كم <sup>٢</sup> ٢٠٠٠	المساحة كم <sup>٢</sup> ٢٠١٠	المساحة كم <sup>٢</sup> ٢٠٢١	التغيرات من ٢٠١٠-٢٠٠٠	التغيرات من ٢٠٢١-٢٠١٠	التغيرات من ٢٠٢١-٢٠٠٠	نسبة التغير فى مدة الدراسة ٢٠٢١-٢٠٠٠
المراقى	٩,٤٨	١٠,٦١	١١,٧١	١,١٣	١,١٠	٢,٢٣	٢٣,٤٨
سيوة	٢٢,٠٢	٢٦,١٢	٢٨,٧٣	٤,١٠	٢,٦٠	٦,٧٠	٣٠,٤٣
أغورسى	٦,٥٣	٧,٠٠	١٤,٦٢	٠,٤٧	٧,٦١	٨,٠٨	١٢٣,٧٨
الزيتون	١١,٢٣	١٠,٩٤	١٢,٨٥	- ٠,٢٩	١,٩١	١,٦٢	١٤,٤٣
تميرة	٠,٣١	٠,٢٦	٠,٣٠	- ٠,٠٥	٠,٠٤	- ٠,٠١	٣,٥٠ -
المعاصر	٣,١٦	٢,٨١	٢,٢٠	- ٠,٣٥	- ٠,٦١	- ٠,٩٦	٣٠,٣٨ -
أ	١,٣٢	١,٢٠	٠,٨٦	- ٠,١٢	- ٠,٣٤	- ٠,٤٦	٣٤,٨٠ -
ب	٠,١٣	٠,١١	٠,١٢	- ٠,٠٢	٠,٠١	- ٠,٠١	٥,٤٢ -
ج	٠,٢٦	٠,٢٠	٠,٤٤	- ٠,٠٦	٠,٢٤	٠,١٨	٧,٠٦١
د	٠,٤٣	٠,٠٣	٠,٠٩	- ٠,٤٠	٠,٠٦	- ٠,٣٤	٧٨,٣٧ -
هـ	٠,١١	٠,٠٧	٠,٠١٠	- ٠,٠٥	٠,٠٣	- ٠,٠٢	١٦,٠٦ -
و	٠,١٠	٠,٠٠	٠,٠٠	- ٠,١٠	٠,٠٠	- ٠,١٠	١٠٠,٠٠ -
ز	٠,٠٩	٠,٠٠	٠,٠٠	- ٠,٠٩	٠,٠٠	- ٠,٠٩	١٠٠,٠٠ -
ح	٠,٠١	٠,٠٠	٠,٠٠	- ٠,٠١	٠,٠٠	- ٠,٠١	١٠٠,٠٠ -
ط	٠,٠٠	٠,٠٨	٠,٢٩	٠,٠٨	٠,٢١	٠,٢٩	٣٧٢,٨٧
ك	٠,٠٠	٠,٠٨	٠,٨١	٠,٠٨	٠,٧٣	٠,٨١	١٠٠٠,١٠
ل	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٢٤	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٢٤	حديثة الظهور
م	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٧٤	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٧٤	حديثة الظهور
مجموع	٥٥,٢٠	٥٩,٥١	٧٤,٠٧	٤,٣١	١٤,٥٦	١٨,٨٧	٣٤,١٨

المصدر : من عمل الباحث إعتقادا على نتائج مؤشر NDVI مرئيات Landst 7 ETM 2000 ،  
ENVI 5.3, ARC GIS Pro برنامج ، Landsat 8 OLI 2021 ، Landst7 ETM 2010



المصدر: من عمل الباحث إعتقاداً على بيانات (جدول - ٨)

(شكل - ١٨) التغيرات في مساحة البرك المائية في منخفض سيوة في المدة من عام ٢٠٠٠ - ٢٠٢١

ومن تحليل التغيرات Chang Detection اتضح تعرض البرك المائية للتغيرات سواء بالزيادة أو النقصان في مساحتها، أو ظهور برك مائية وإختفاء أخرى، وتلاحم برك مع برك أخرى خلال مدة الدراسة، فعلى مستوى البرك الكبرى أو الرئيسة وهي التي تزيد مساحتها عن ٢ كم<sup>٢</sup> في عام ٢٠٢١ وهي من الأكبر للأصغر (سيوة ٢٨,٧٣ كم<sup>٢</sup>، أغورمي ١٤,٦٢ كم<sup>٢</sup>، الزيتون ١٢,٨٥، المراقى ١١,٧١، المعاصر ٢,٢٠ كم<sup>٢</sup>)، جاءت التغيرات بالزيادة على مستوى هذه البرك فيما عدا بركة المعاصر التي تعرضت للنقصان.

ونجد أن بركة أغورمي أكثر البرك المائية التي زادت مساحتها في مدة الدراسة بزيادة قدرها ٨,٠٨ كم<sup>٢</sup> بنسبة ١٢٣,٧٨٪، ومن الجدير بالذكر أن معظم الزيادة جاءت في المدة من ٢٠١٠ - ٢٠٢١ بزيادة ٧,٦١ كم<sup>٢</sup> مقابل ٠,٤٧ كم<sup>٢</sup> في المدة من

عام ٢٠٠٠ - ٢٠١٠ ويعود ذلك للزيادة الكبيرة فى الرقعة الزراعية حول هذه البرك خلال هذه المدة .

ثم جاءت بركة سيوة بزيادة فى مساحتها قدرها ٢كم٦,٧٠ خلال مدة الدراسة بنسبة تغير ٣٠,٤٣% حيث زادت مساحتها ٢كم٤,١٠ فى المدة من عام ٢٠٠٠ - ٢٠١٠ ، مقابل ٢كم٢,٦٠ خلال المدة من عام ٢٠١٠ حتى ٢٠٢١ .

وبلغت نسبة الزيادة فى بركة المراقى ٢٣,٤٨% حيث زادت ٢كم٢,٢٣ موزعة بين ٢كم١,١٣ فى المدة من ٢٠٠٠ - ٢٠١٠ ، مقابل ٢كم١,١٠ فى المدة من عام ٢٠١٠ - ٢٠٢١ .

وفى بركة الزيتون بلغت نسبة الزيادة ١٤,٢٣%، وقد تعرضت البركة للتناقص فى مساحتها بمقدار ٢كم٢٩ فى المدة من عام ٢٠٠٠ - ٢٠١٠ نتيجة إغلاق العديد من الآبار المجاورة لها، ثم عادت للزيادة مرة أخرى فى الجزء الثانى من مدة الدراسة من عام ٢٠١٠ - ٢٠٢١ بزيادة قدرها ٢كم١,٩١ .

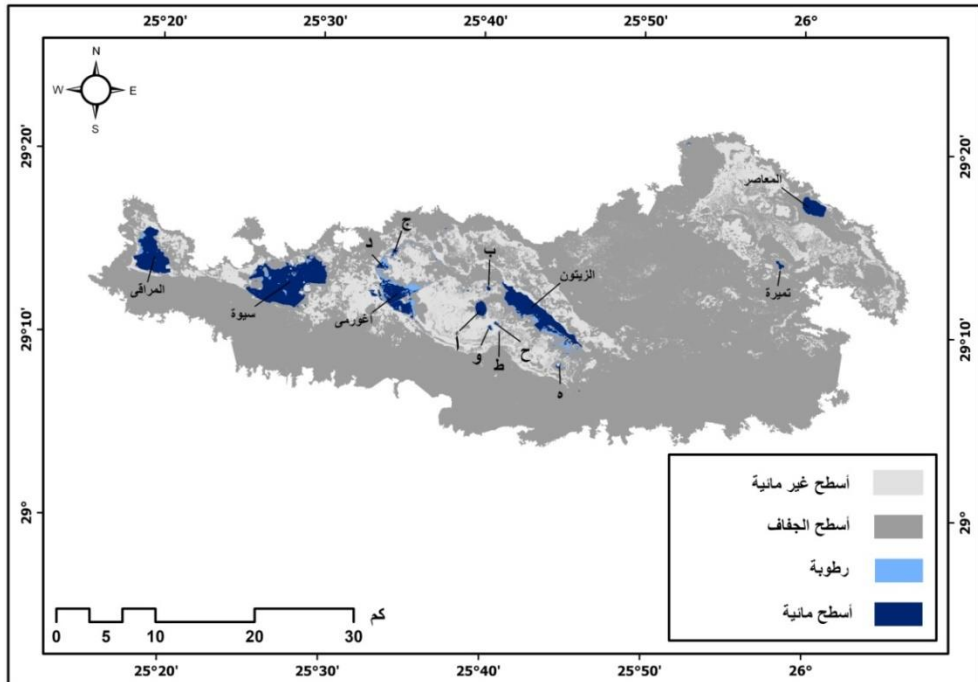
وفى بركة المعاصر تناقصت المساحة بنسبة - ٣,٥%، حيث تناقصت مساحة البركة فى بداية مدة الدراسة من عام ٢٠٠٠ - ٢٠١٠ بمقدار - ٢كم٠,٠٥ ، ثم عادت للزيادة مرة أخرى فى المدة من عام ٢٠١٠ - ٢٠٢١ بزيادة قدرها ٢كم٠,٠٤ ، وبالتالي بلغ إجمالى التغير تناقص فى مساحة البركة بمقدار ٢كم٠,٠١ .

وفى البرك الصغيرة المساحة الأقل من ٢كم١ جاءت التغيرات واضحة جداً ومعظمها بنسب مرتفعة نتيجة تأثر هذه البرك بوضوح بمعدلات غدق المياه الأرضية، والتبخر، وأنماط الري والصرف، وتغيرت مساحات معظم البرك للتناقص كما فى برك (تميره، أ، ب، د، هـ، و، ز، ح) بينما زادت المساحة فى برك (ج، ط، ك، ل، م) .

ويتضح أيضاً من التحليل أن هناك برك كانت موجودة فى عام ٢٠٠٠ ثم اختفت فى مرئية عام ٢٠١٠، ومرئية عام ٢٠٢١ مثل بركة (و، ز، ح) وتحولت إلى أسطح

ملحية، وتوجد برك لم تكن موجودة في مرئية عام ٢٠٠٠ وظهرت في مرئية عام ٢٠٢١ وزادت مساحتها في مرئية عام ٢٠٢١ وهى برك (ط ، ك)، وتوجد برك لم تكن موجوده في مرئية عام ٢٠٠٠ ، وعام ٢٠١٠ وظهرت في مرئية عام ٢٠٢١ مثل برك ( ل ، م) نتيجة التوسعات الزراعية في هذه المناطق.

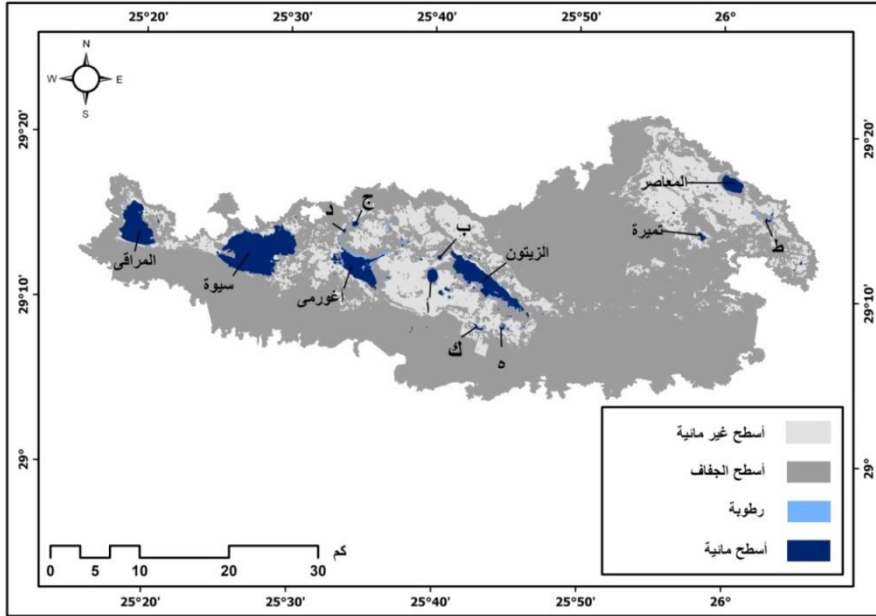
كما يجب التوضيح أن الزيادة في المسطح الأفقى للبرك المائية لا تعبر بالضرورة عن كمية المياه المنصرفة إليها، حيث أن الوضع أعقد من ذلك بكثير وتحكمه ضوابط أخرى مثل معدلات التسرب ومستوى الماء الأرضى المحيط بالبركة، ومناسيب خطوط الكنتور للشطوط المحيطة بالبركة، فبسبابة البرك المحاطة بمناسيب كنتور أقل وانحدارات مستوية تتسع أفقياً أكثر من البرك المحاطة بمناسيب أعلى وانحدارات أكثر، وما يؤكد ذلك أن الإتساع الأفقى لنفس البركة لا يكون متماثلاً على طول محيطها.



المصدر : من عمل الباحث إعتامدا على نتائج مؤشر NDWI مرئية Landst 7 ETM 2000 ، ENVI

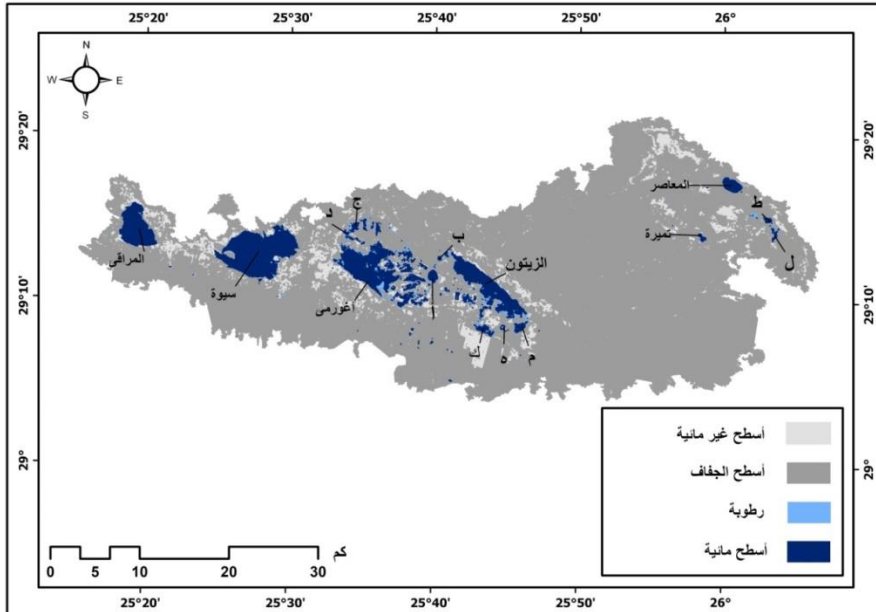
5.3, ARC GIS Pro

(شكل -١٩) نتائج تصنيف مؤشر NDWI في عام ٢٠٠٠ بمنخفض سيوة



ENV 5.3, Landst 7 ETM 2010 مرئية NDWI مؤشر نتائج على اعتمادا من عمل الباحث : المصدر  
ARC GIS Pro

(شكل ٢٠ -) نتائج تصنيف مؤشر NDWI في عام ٢٠١٠ بمنخفض سيوة



ENVI 5.3, Landst 8 OLI 2021 مرئية NDWI مؤشر نتائج على اعتمادا من عمل الباحث : المصدر  
ARC GIS Pro

(شكل ٢١ -) نتائج تصنيف مؤشر NDWI في عام ٢٠٢١ بمنخفض سيوة

## ج - التغير في مساحة السبخات:

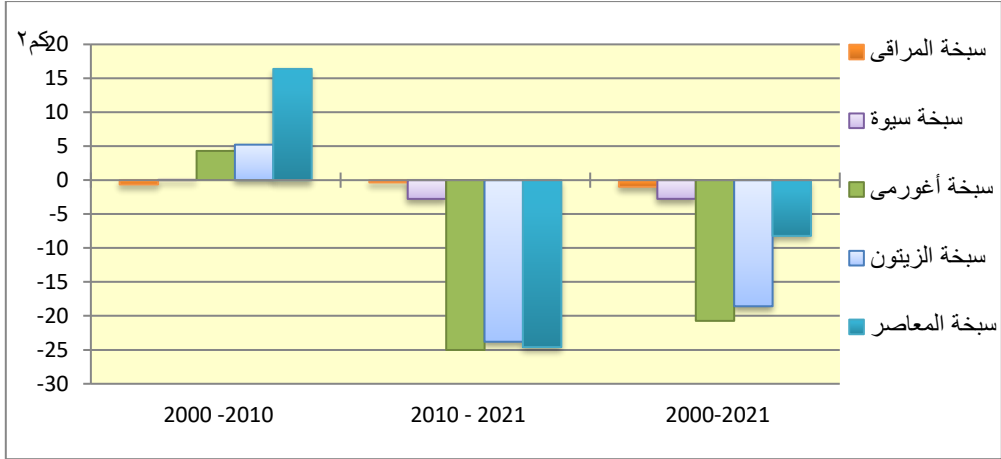
غالباً ما يتلازم وجود السبخات حول البرك المائية داخل المنخفضات الصحراوية كمنخفض سيوة، بالإضافة إلى إرتباطها الوثيق بالمناسيب المنخفضة والانحدارات شبه المستوية، ومناطق تواجد الطبقة الصلصالية الخضراء التي تعوق التصريف الرأسى للمياه مما ساعد على غرق المياه وبالتالي ساعدت بيئة هذه المناطق على ظهور البقع السبخية بها.

وقام الباحث بقياس التغيرات في مساحة السبخات بمنطقة الدراسة من خلال تحليل المرئيات الفضائية لعام ٢٠٠٠، ٢٠١٠، ٢٠٢١ وذلك عن طريق التصنيف الإشرافى Supervised Classification واستخراج مناطق السبخات، ثم دراسة السبخات الرئيسية بالمنخفض وعمل المقارنه بينهم Chang Detection، (جدول - ٩) و (شكل - ٢٢، ٢٣، ٢٤، ٢٥) وجاءت نتيجة التغيرات كالتالى:

## (جدول - ٩) تغيرات مساحة السبخات فى منخفض سيوة فى المدة من عام ٢٠٠٠ - ٢٠٢١

السبخات	المساحة كم <sup>٢</sup> ٢٠٠٠	المساحة كم <sup>٢</sup> ٢٠١٠	المساحة كم <sup>٢</sup> ٢٠٢١	تغيرات السبخات ٢٠١٠ - ٢٠٠٠	تغيرات السبخات ٢٠٢١ - ٢٠١٠	تغيرات السبخات ٢٠٢١ - ٢٠٠٠	نسبة التغير ٢٠٢١ - ٢٠٠٠
المراقى	١,٣١	٠,٦٧	٠,٣٤	٠,٦٤ -	٠,٣٤ -	٠,٩٧ -	٧٤,٣٢ -
سيوة	٣,١٥	٣,١٦	٠,٤٠	٠,٠١	٢,٦٧ -	٢,٧٦ -	٨٧,٤٥ -
أغورمى	٥٤,٩٧	٥٩,٢٦	٣٤,٢٣	٤,٢٩	٢٥,٠٣ -	٢٠,٧٤ -	٣٧,٧٣ -
الزيتون	٦٧,٣٣	٧٢,٥٦	٤٨,٧٥	٥,٢٣	٢٣,٨١ -	١٨,٥٨ -	٢٧,٥٩ -
المعاصر	١١٦,٩٩	١٣٣,٣٧	١٠٨,٧٨	١٦,٣٩	٢٤,٥٩ -	٨,٢١ -	٧,٠٢ -

المصدر : من عمل الباحث اعتمادا على نتائج التصنيف الإشرافى Supervised Classification لمرئيات Landsat 8 OLI 2021، Landst 7 ETM 2010، Landst 7 ETM 2000 ، برامج ENVI 5.3, ARC GIS Pro



المصدر: من عمل الباحث إتماداً على بيانات جدول (٩)

(شكل - ٢٢) تغيرات مساحة السبخات فى منخفض سيوة فى المدة من ٢٠٠٠ - ٢٠٢١

تعد سبخة المعاصر الواقعة فى النطاق الشرقى للمنخفض أكبر السبخات مساحة وذلك نتيجة زيادة معدلات الري بالغمر وخصائص الطبقات السطحية السيئة الصرف، وفى عام ٢٠٠٠ بلغت مساحة سبخة المعاصر ١٦,٩٩ كم<sup>٢</sup>، ومع التوسع الزراعى وزيادة معدلات الري بالغمر زادت مساحة السبخة فى عام ٢٠١٠ إلى ٣٣,٣٧ كم<sup>٢</sup> بزيادة قدرها ١٦,٣٩ كم<sup>٢</sup>، ثم اتجهت مساحة السبخة إلى التناقص فى عام ٢٠٢١ إلى أن بلغت مساحتها ١٠,٧٨ كم<sup>٢</sup> وبالتالي بلغ التناقص - ٢٤,٥٩ كم<sup>٢</sup>، وعن التغير طول مدة الدراسة من عام ٢٠٠٠ إلى ٢٠٢١ بلغ - ٨,٢١ كم<sup>٢</sup> بنسبة تغير قدرها - ٧,٠٢ % .

وفى النطاق الأوسط للمنخفض تعرضت سبختى أغورمى والزيتون لتغيرات عديدة بالزيادة والنقصان طول مدة الدراسة، فسبخة الزيتون عام ٢٠٠٠ بلغت مساحتها ٦٧,٣٣ كم<sup>٢</sup> ثم زادت المساحة فى عام ٢٠١٠ حيث بلغت ٧٢,٥٦ كم<sup>٢</sup> بتغير قدره ٥,٢٣ كم<sup>٢</sup>، وهى تتوافق مع مرحلة التوسع فى حفر الآبار العشوائية وزيادة معدلات

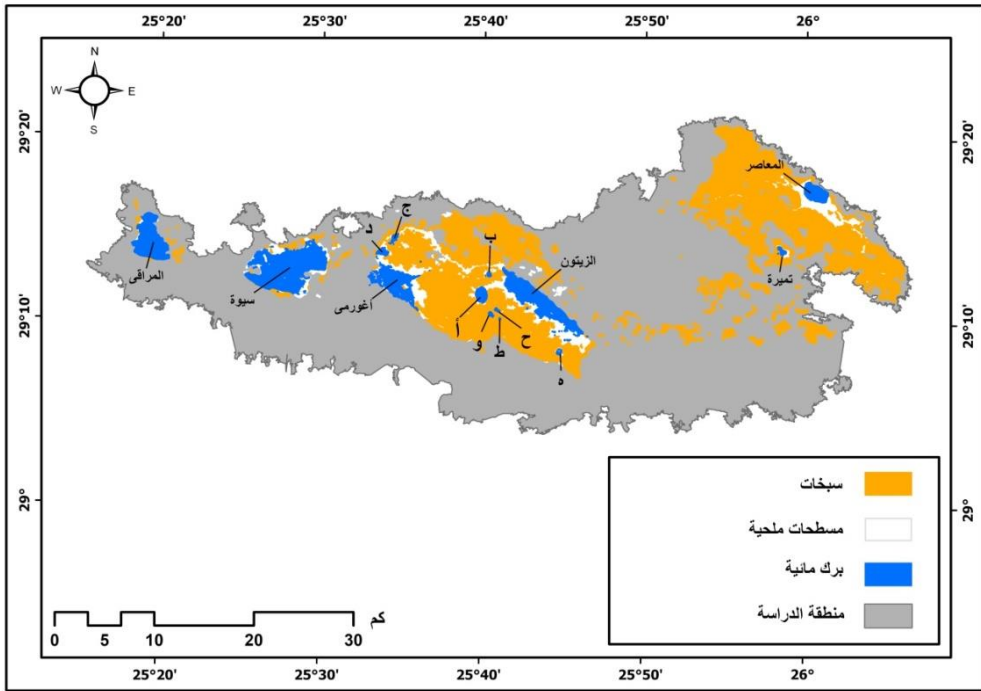
الرى والصرف للبرك المائية، وتناقصت المساحة فى عام ٢٠٢١ تناقصاً كبيراً بمقدار - ٢٣,٨١ كم<sup>٢</sup> حيث بلغ إجمالى المساحة ٤٨,٧٥ كم<sup>٢</sup>، ويرجع هذا إلى تعديل نظم الصرف وغلق العديد من الآبار العشوائية فى المنطقة، وعليه فإن إجمالى التغير فى السبخة طول مدة الدراسة بلغ - ١٨,٥٨ كم<sup>٢</sup> بنسبة تغير قدرها - ٢٧,٥٩٪. ونفس الأمر فى سبخة أغورمى التى فى عام ٢٠٠٠ بلغت مساحتها ٥٤,٩٧ كم<sup>٢</sup> وزادت بمقدار ٤,٢٩ كم<sup>٢</sup> فى ٢٠١٠ لتصل إلى ٥٩,٢٦ كم<sup>٢</sup> ثم تناقصت فى عام ٢٠١١ بمقدار - ٢٥,٠٣ كم<sup>٢</sup> وهو أكثر تناقص حدث فى سبخات منطقة الدراسة لتصل المساحة إلى ٣٤,٢٣ كم<sup>٢</sup>، وعليه فإن إجمالى التغير فى السبخة طول مدة الدراسة بلغ - ٢٠,٧٤ كم<sup>٢</sup> وهى أكثر السبخات التى فقدت من مساحتها ، وبلغت نسبة التغير بها - ٣٧,٧٣٪.

وترتبط سبخات النطاق الأوسط بمعدلات صرف المياه ببركتى أغورمى والزيتون، وتناقصت مساحات السبخات فى الجزء الأخير من مدة الدراسة نتيجة تعديل بعض نظم الصرف عن طريق إنشاء الجسور الواقية مثل جسر خنيس ووصلة أغورمى وهما عبارة عن جسرين بينهما مصرف مُجمع لتصب عليه مواسير من المصارف الفرعية وهذا بغرض تصريف مياه الصرف للبركة، وأيضاً وقاية وحماية المزارع القريبة من البركة، ويتم إيصال المياه المجمعة لمحطة الطلمبات التى ترفع المياه وتصرفها للبركة لضخ بعض المياه إلى محطة خلط مياه الصرف مع مياه بئر ونظراً لسخونة مياه البئر يتم التبريد فى حوض كبير بالخلط بالمياه التى تم ضخها من المصرف العمومى، وبعدها يتم فتح المياه المخلوطة على مراوى خرسانية مفتوحة وتنقل المياه بالجاذبية (مع الإنحدار العام) فى خط المراوى لتغذية الزمام المتاخم لمحطة الخلط مع الأخذ فى الاعتبار أن منسوب خزان الخلط أعلى من المراوى لتتم عملية جريان المياه بسهولة، هذا بالإضافة إلى غلق العديد من الآبار العشوائية للأهالى وفرض نظام صارم فى



التحكم في المياه ولذلك نجد أن هناك أماكن قد تحسنت كثيراً ومازال الأمر جارى بهذه الطريقة كأحد حلول المشكلة.

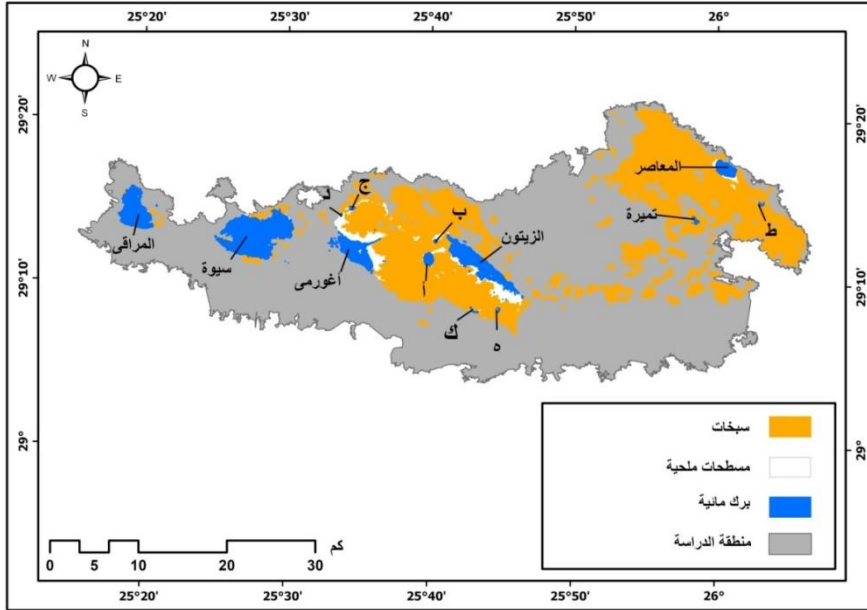
وفي الجزء الغربي للمنخفض تقع سبختى سيوه والمراقى ويعد إرتفاع منسوب الأراضي وسهولة التصريف الرأسى للمياه فى هذه المناطق سبباً فى قلة مياه السبخات فيها حيث بلغت مساحتهما ٣,١٥ كم<sup>٢</sup> لسبخة سيوة ، ١,٣١ كم<sup>٢</sup> لسبخة المراقى، وإتجهت مساحات هذه السبخات للتناقص طول مدة الدراسة بإستثناء ثبات نسبي لسبخة سيوة فى المدة من ٢٠٠٠ إلى ٢٠١٠ بزيادة قدرها ٠,٠١ كم<sup>٢</sup> فقط، ولكن بشكل عام فقدت السبختان أجزاءً كبيرة من مساحتهما طول مدة الدراسة حيث بلغت - ٢,٧٦ كم<sup>٢</sup>، - ٠,٧٩ بنسبة تغير - ٨٧,٤٥٪، - ٧٤,٣٢٪ لسيوة والمراقى على الترتيب.



المصدر : من عمل الباحث إعتامدا على نتائج التصنيف الإشرافى Supervised Classification لمربئية

ENVI 5.3, ARC GIS Pro ، برامج ، Landst 7 ETM 2000،

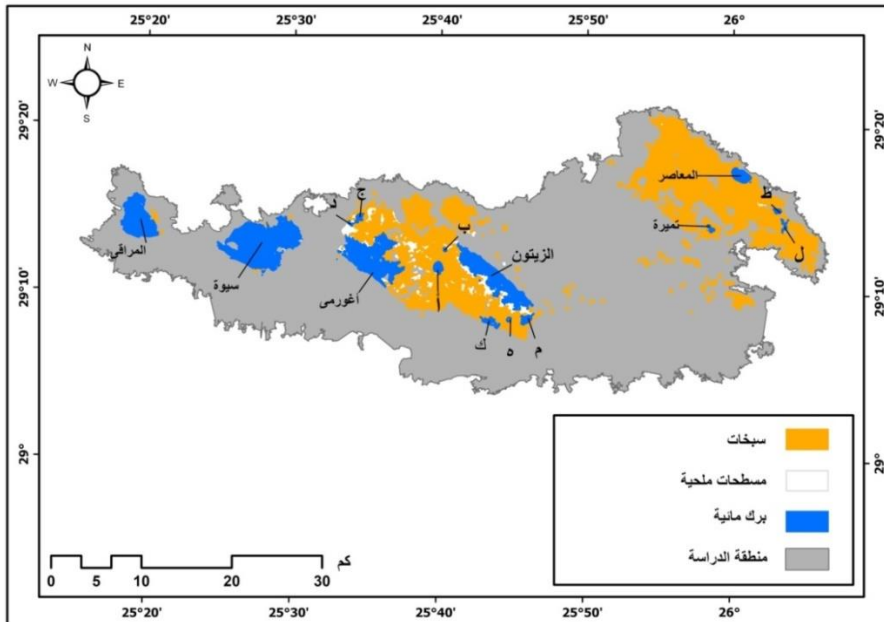
(شكل - ٢٣) السبخات والمسطحات الملحية والبرك المائية بمنخفض سيوة عام ٢٠٠٠



المصدر : من عمل الباحث اعتمادا على نتائج التصنيف الإشرافي Supervised Classification لمربئية

ENVI 5.3, ARC GIS Pro ، برنامج Landst 7 ETM 2010,

(شكل - ٢٤) السبخات والمسطحات الملحية والبرك المائية بمنخفض سيوة عام ٢٠١٠



المصدر : من عمل الباحث اعتمادا على نتائج التصنيف الإشرافي Supervised Classification لمربئية

ENVI 5.3, ARC GIS Pro ، برنامج Landst 8 OLI 2021,

(شكل - ٢٥) السبخات والمسطحات الملحية والبرك المائية بمنخفض سيوة عام ٢٠٢١

وتتميز أسطح السبخات فى منطقة الدراسة بعدد من الظواهر الجيومورفولوجية التى تعكس طبيعتها البيئية كبيئة متبخرات وأملاح، ومن أبرزها الكورشيف الذى تتميز بها سبخات منطقة الدراسة، وهو عبارة عن تجعدات فى السطح متباينة الأشكال تتكون من الأملاح المختلطة بالمواد الدقيقة، وتكونت نتيجة التمدد الناشئ عن جفاف الطبقة الملحية الصلبة، وذلك نتيجة غرق المياه الأرضية بالخاصية الشعرية وتبخرها وترسيب ما بها من أملاح، وتبقى الطبقة السفلية للكورشيف مشبعة بالمياه فى معظم الأحيان (صورة- ١)، ومن الجدير بالذكر أن الكورشيف يستخدم كمادة بناء أساسية فى منطقة الدراسة نظراً لصلابته، ولكنه يتعرض دائماً لإذابة أملاحه عند سقوط الأمطار مما يعجل من إنهياره.

كما تتكون التشققات الطينية نتيجة غرق المياه الأرضية وتشبع الرواسب السبخية بالمحاليل الملحية مع مزجها بالرواسب الطينية، ومع ارتفاع درجات الحرارة صيفاً تزداد معدلات تبخر المحاليل تاركة فراغات سرعان ما تتحول إلى تشققات طينية غالباً ما تكون ممتلئة بالأملاح، وتتراوح أطوال هذه التشققات بين ١٠- ٣ سم بإتساع يصل إلى ٥ سم (العمل الميدانى فى المدة من ١٥ : ٢٥ يناير ٢٠٢٢).

كما تنتشر القباب الملحية أو التتهادات، وهى عبارة عن قباب صغيرة مملوءة بالغازات الناتجة عن زيادة ضغط الأملاح المترسبة أسفل القشرة الملحية السطحية وذلك لزيادة معدلات تبخر المحاليل الملحية المتصاعده إلى أعلى بالخاصية الشعرية، كما يساهم تنفس أو موت الأحياء الدقيقة فى زيادة نسبة الغازات التى تساعد على تكونها، وتختلف التتهادات الملحية ما بين تتهادات صغيرة لا يتجاوز ارتفاعها ٥سم، وتتهادات كبيرة يصل ارتفاعها إلى ٢٠سم، وهى تنتشر فى النطاقات المشبعة بالرطوبة ذات الرواسب الملحية والجبسية الهشة التى تساعد على تكونها كما فى منطقة أغورمى والزيتون (صورة- ٢).

هذا بالإضافة إلى القشور الملحية التي تتخذ أشكالاً هندسية مختلفة كالرباعي والخماسي والسداسي تعرف بالمثلعات الملحية التي تزداد إتساعاً وعمقاً كلما تجانس نسيج التربة وزاد مقدار الأملاح الذائبة فيها (صورة- ٣)، وتتراوح أبعاد أضلاعها بين ١٠ - ٤٠ سم (العمل الميداني في المدة من ١٥ : ٢٥ يناير ٢٠٢٢)، كما تنتشر الرقائق الملحية (صورة- ٤)، وتزهرات الأملاح، والعروق الملحية الطولية في مزيج كبير بين الأشكال الجيومورفولوجية المرتبطة بالسبخات.



المصدر: العمل الميداني في المدة من ١٥ : ٢٥ يناير ٢٠٢٢

(صورة- ١) الكورشيف في سبخة الزيتون (صورة- ٢) القباب الملحية (التنهيدات) بسبخة أغورمي



المصدر: العمل الميداني في المدة من ١٥ : ٢٥ يناير ٢٠٢٢

المصدر: العمل الميداني في المدة من ١٥ : ٢٥ يناير ٢٠٢٢

(صورة- ٤) القشور الملحية بسبخة أغورمي

(صورة- ٣) المثلعات الملحية بسبخة أغورمي

#### د - التغير في مساحة المسطحات الملحية:

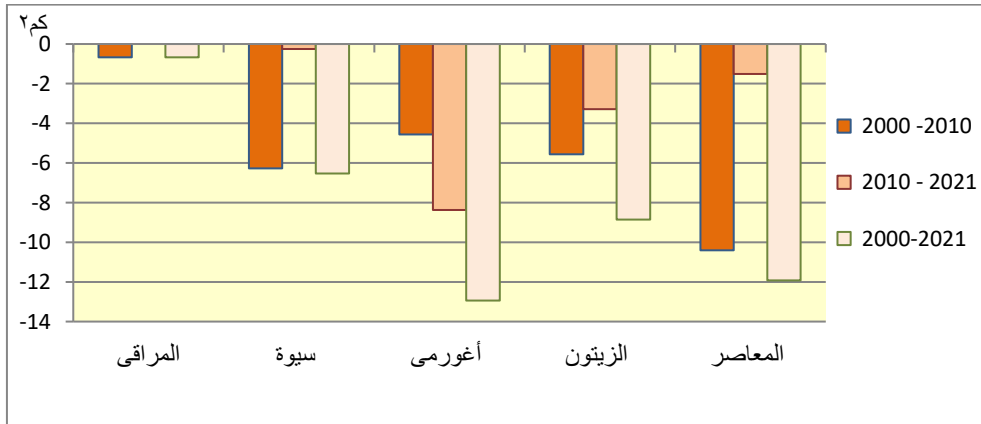
تتواجد المسطحات الملحية حول البحيرات وداخل السبخات بطبقات صلبة يتراوح سمكها بين ٣سم : ٦٠سم (العمل الميداني في المدة من ١٥ : ٢٥ يناير ٢٠٢٢)، وتتكون نتيجة إرتفاع الملوحة في مياه الصرف مع زيادة معدلات التبخر خاصة في فصل الصيف (صورة- ٥) .

(جدول- ١٠) تغيرات مساحة المسطحات الملحية في منخفض سيوة في المدة من عام

٢٠٠٠ : ٢٠٢١

المنطقة	الملح كم <sup>٢</sup> ٢٠٠٠	الملح كم <sup>٢</sup> ٢٠١٠	الملح كم <sup>٢</sup> ٢٠٢١	تغيرات الملح ٢٠١٠ - ٢٠٠٠	تغيرات الملح ٢٠٢١ - ٢٠١٠	تغيرات الملح ٢٠٢١ - ٢٠٠٠	نسبة التغير %
المراقى	٠,٦٨	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٦٨-	٠,٠٠	٠,٦٨-	١٠٠-
سيوة	٦,٦١	٠,٣٤	٠,٠٨	٦,٢٧-	٠,٢٦-	٦,٥٣-	٩٢,٧٨-
أغورمى	١٩,٨٢	١٥,٢٥	٦,٨٨	٤,٥٧-	٨,٣٨-	١٢,٩٤-	٦٥,٢٩-
الزيتون	١٩,٠٩	١٣,٥٢	١٠,٢٣	٥,٥٧-	٣,٢٨-	٨,٨٥-	٤٩,٣٦-

المصدر : من عمل الباحث إعتامدا على نتائج التصنيف الإشرافى Supervised Classification لمرئيات Landst ENVI 5.3, ARC GIS Pro ، برامج Landsat 8 OLI 2021, Landst 7 ETM 2010, 7 ETM 2000



المصدر من عمل الباحث إعتامدا على بيانات (جدول- ١٠)

(شكل- ٢٦) تغيرات مساحة المسطحات الملحية بمنخفض سيوة في المدة من عام ٢٠٠٠ - ٢٠٢١

ومن تحليل (جدول-١٠)، (شكل- ٢٣، ٢٤، ٢٥) الخاص بالتصنيف الإشرافى

للمرئيات الفضائية Supervise Classificaion، و(شكل-٢٦) يتضح التالى:

في عام ٢٠٠٠ بلغ إجمالي المسطحات الملحية ٢كم٥٩,١٢ وتناقصت في عام ٢٠١٠ إلى ٢كم٣١,٦٢ واستمر التناقص حتى عام ٢٠٢١ حيث قدر إجمالي المساحة بـ ١٨,٢٠ كم وبالتالي فقدت المسطحات الملحية ٢كم٤٠,٩٢ بنسبة ٦٩,٢٢٪ من مساحتها، وتعد المسطحات الملحية حول بركتى أغورمى والزيتون وفي سبختيهما هي الأكثر مساحة ففي عام ٢٠٠٠ بلغت مساحة المسطحات الملحية حول بركة أغورمى ٢كم١٩,٨٢ ثم تغيرت إلى النقصان في السنوات التالية فبلغت ٢كم١٥,٢٥ في عام ٢٠١٠ حيث فقدت - ٢كم٤,٥٧ من مساحتها، وتواصل التناقص في المساحة حتى عام ٢٠٢١ حيث بلغت ٢كم٦,٨٨ وبالتالي فقدت - ٢كم٨,٣٨ من مساحتها عن عام ٢٠١٠، وبلغ إجمالي التناقص طول مدة الدراسة ٢كم١٢,٩٤ بنسبة تناقص - ٦٥,٢٩٪ طول مدة الدراسة.

وحول بركة الزيتون في عام ٢٠٠٠ بلغت مساحة الأسطح الملحية ٢كم١٩,٠٩، وفي عام ٢٠١٠ بلغت المساحة ٢كم١٣,٥٢ حيث فقدت - ٢كم٥,٥٧ من مساحتها، وتواصل التناقص حتى عام ٢٠٢١ حيث بلغت المساحة ٢كم١٠,٢٣ بفقدان قدرة - ٢كم٣,١٨ عن عام ٢٠١٠، وبلغ إجمالي التناقص طول مدة الدراسة - ٢كم٨,٨٥ بنسبة تغير قدرها - ٤٦,٣٦٪.

وتستأثر بركتا أغورمى والزيتون على ٦٥,٨١٪ من مساحة المسطحات الملحية، ويعود ذلك إلى ملوحة مياه الصرف كما أن كمية مياه الصرف المنصرفة إليهما تشكل ما يقرب من نصف مياه الصرف بالمنخفض سواء كان صرف زراعي أو صناعي من معاصر الزيتون (إبراهيم صلاح الدين، ٢٠٠٨، ص ١٩٥) هذا بالإضافة إلى ضحولة المياه في شواطئها مع استواء السطح أمام الشواطئ مما سمح بتكوين المسطحات الملحية خاصة مع ارتفاع درجات الحرارة وزيادة البخر في فصل الصيف.

أما عن بركة المعاصر ففي عام ٢٠٠٠ بلغت مساحة المسطحات الملحية ٢,٩٢ كم<sup>٢</sup>، وتناقصت المساحة بشدة في عام ٢٠١٠ حيث بلغت ٢,٥١ كم<sup>٢</sup> وبالتالي فقدت - ١٠,٤١ كم<sup>٢</sup>، واستمر التناقص مع مدة الدراسة حتى وصلت في عام ٢٠٢١ إلى ١,٠ كم<sup>٢</sup> بفقدان قدرة ١,٥ كم<sup>٢</sup> عن ٢٠١٠، وبلغ إجمالي التناقص طول مدة الدراسة - ١١,٩٢ كم<sup>٢</sup> بنسبة تغير - ٩٢,٢٥٪.

وحول بركة سيوة في عام ٢٠٠٠ بلغت مساحة المسطحات الملحية ٦,٦١ كم<sup>٢</sup> وتناقصت بشدة حتى بلغت المساحة ٠,٣٤ كم<sup>٢</sup> في عام ٢٠١٠، وفي عام ٢٠٢١ بلغت ٠,٠٨ كم<sup>٢</sup> حيث فقدت المسطحات الملحية - ٦,٥٣ كم<sup>٢</sup> طوال مدة الدراسة بنسبة تغير - ٩٨,٧١٪، أما عن بركة المراقى ففي عام ٢٠٠٠ بلغت المسطحات الملحية ٠,٦٨ كم<sup>٢</sup> واختفت تماماً في عامي ٢٠١٠ و ٢٠٢١ بنسبة تغير ١٠٠٪ طوال مدة الدراسة، ويرجع تناقص المسطحات الملحية في منخفض سيوة إلى التوسيع الشديد في صناعة إستخراج الملح (صورة- ٦).



المصدر: العمل الميداني في المدة من ١٥ : ٢٥ يناير ٢٠٢٢  
(صورة- ٦) عملية إستخراج الأملاح حول بركة الزيتون



المصدر: العمل الميداني في المدة من ١٥ : ٢٥ يناير ٢٠٢٢  
(صورة- ٥) تراكمات الأملاح حول بركة الزيتون

## رابعاً - التنبؤ بتغيرات استخدام الأرض و الغطاء الأرضى LULC بمنخفض سيوة باستخدام خوارزمية المحاكاة لماركوف (CA-Marcov):

لعبت التقنيات المكانية المتمثلة فى نظم المعلومات الجغرافية دوراً هاماً فى تسهيل التنبؤ بتغيرات الغطاء الأرضى والتي من بينها الظاهرات الجيومورفولوجية وهى بذلك تقدم العديد من السيناريوهات لتسهيل وضع الحلول والبدائل المناسبة لحل المشكلات، ومن أشهر هذه التقنيات أساليب النمذجة المكانية Spatial Modeling التى تحاكي الواقع من خلال مدخلاتها من العوامل والمؤشرات المؤثرة على الظاهرات محل التنبؤ، وقام الباحث بعمل نموذج مكانى فى بيئة برنامج الإدريسى IDRISI Selva.17 ثم تطبيق تقنية خوارزمية المحاكاة لماركوف CA- Marcov Simulation Algorithm Tech للتنبؤ بتغيرات الغطاء الأرضى بمنخفض سيوة.

وتعتمد خوارزمية المحاكاة لماركوف على أسلوب تحليلى يتعامل باحتمالات الحدوث لحدث معين فى المستقبل إستناداً على تحليل لبعض الإحتمالات، بمعنى دراسة وتحليل الظاهرات الحالية من أجل التنبؤ بسلوكها فى المستقبل (Syrres.com/articles,2019)، ولذلك يمكن تعريفها بأنها إحدى الأدوات التى تبحث فى تحليل الإتجاهات الحالية لبعض المتغيرات من أجل التنبؤ بإتجاهاتها فى المستقبل، وقال عنها البعض بأنها خاصية التكهن بالمستقبل إنطلاقاً من الحاضر بدون الحاجة إلى معرفة الماضى (مركين محمد، سمير صباح، ٢٠٢٠، ص٥١٨)، ولذلك تحتل سلاسل ماركوف مكانة كبيرة فى مختلف المجالات التطبيقية لمنذجة المشاهدات الحالية Observation فى المستقبل، وتعد الظاهرات الجغرافية الدائمة التغير من أبرز الظاهرات التى يجب نمذجتها والتنبؤ بها من خلال رسم سلوكياتها المستقبلية، ولذلك تم إضافة البعد المكانى لهذه النمذجة الخوارزمية عن طريق تطوير نموذج يعتمد فى الأساس على إستعمال الخلايا الآلية المستقلة (الأمثلة الخلية) Cellular Automata



لمعرفة احتمال التغير المكاني والزمانى لها بشكل متلازم، أى أنه ببساطة يتنبأ بانتقال الخلايا Pixels التى تحمل تصنيف معين فى المرئية الفضائية إلى تصنيفات أخرى مثل تحول خلايا المسطحات المائية إلى سبخات أو إلى ملح أو الكثبان الرملية إلى زراعة أو إمتداد الكتلة العمرانية فى إتجاه معين وهكذا، عن طريق التنبؤ بتحول الخلية من تصنيف إلى تصنيف آخر .

إذن فإن نموذج ماركوف يعد من أدوات النمذجة التى تجمع التغيرات المكانية والزمانية من خلال الجمع بين الخلايا المستقلة وسلسلة ماركوف Marcov Chain للتنبؤ باتجاهات وخصائص استخدام الأرض والغطاء الأرضى LULC، ويستخدم هذا النموذج على نطاق واسع لتوصيف ديناميات الغطاء الأرضى والزحف العمرانى ونمو النباتات ونمذجة إدارة المسطحات المائية، وذلك لتخطيط أهداف التنمية المستدامة للأرضى، لذلك لابد من دراسة تغيرات الغطاء الأرضى الماضية من أجل فهم التفاعلات بين البيئة والإنسان من منظور طويل الأجل (Ghosh,et al, 2017, p.66)، وقام الباحث بمراحل إعداد النموذج كالتالى:

فى البداية قام الباحث بإختبار نموذج التنبؤ على الواقع الذى حدث بالفعل بعمل تنبؤ على مرئيتى عام ٢٠٠٠ ، وعام ٢٠١٠ للتنبؤ بتغيرات استخدام الأرض والغطاء الأرضى فى عام ٢٠١٢ الذى حدث بالفعل، وكانت النتيجة جيدة إلى حد كبير، ثم بعد الإختبار قام الباحث بالتنبؤ بتغيرات استخدام الأرض والغطاء الأرضى لعام ٢٠٣٠ ثم لعام ٢٠٤٠، وقام الباحث فى المرحلة الأولى باستخدام المرئيات الفضائية التى قام بعمل التصنيف الإشرافى عليها Supervised Classification فى برنامج Envi 5.3 وتحويلها إلى صيغة ASCII لكى يتم تصديرها لقراءتها داخل بيئة برنامج IDRISI Selva.17، ثم بعد ذلك قام الباحث بعمل إعادة التصنيف Re-Class مره أخرى داخل برنامج IDRISI حسب طلب البرنامج، ثم حفظها كملف بصيغة Raster

داخل برنامج IDRISI، ثم بعد ذلك قام الباحث بإنشاء مشروع بواسطة النموذج LCM مع تحديد متغيرات العمل LCM-Parameters والتي بدأها عن طريق إدخال مرئية عام ٢٠٠٠ ثم مرئية عام ٢٠١٠ مع توضيح تواريخ المرئيتين المصنفتين، ثم عمل المصفوفة الإحتمالية لإنتقال تصنيف Class إلى تصنيف آخر والتي تعرف داخل البرنامج بـ Transition Probability Matrix، ثم عمل صور الإحتمال الشرطى Conditional Probability الخاصة بالأتوما الخلوية Cellular Automata من خلال CA-Marcov، ثم عمل التحقق من صحة ودقة النتائج Validate، وعمل نسبة الخطأ كحد أقصى ١٥٪ بحيث أن دقة النتائج تصبح ٨٥٪ وهذا حد مقبول جداً فى التنبؤ وبالفعل ظهرت دقة النتائج ٨٧٪، وتمت مقارنة النتائج بتصنيف الغطاء الأرضى لمرئية ٢٠٢١ الموجوده بالفعل للتأكد من خطوات العمل.

وتم إعادة الخطوات على مرئية ٢٠١٠، ومرئية ٢٠٢١ للتنبؤ بتغيرات استخدام الأرض والغطاء الأرضى فى عام ٢٠٣٠، وعام ٢٠٤٠ وكانت النتائج :

- مصفوفة إحتمالية التغير Probability Chang وهى عبارة عن ملف نصى يسجل إحتمالية تحول التصنيف إلى تصنيف آخر.

- مصفوفة مناطق الإنتقال Transition Probability وهى ملف نصى يسجل عدد الخلايا Pixel لكل تصنيف المتوقع أن يتغير إلى نمط آخر حسب المدة الزمنية (جدول - ١١، ١٢).

- صور الإحتمال الشرطى Conditional Probability التى تسير إلى إحتمالية ظهور كل تصنيف فى كل Pixel بعدد محدد من الوحدات الزمنية.

- وفى النهاية تم إنشاء ملف Raster يشير إلى إحتمالية التغير للتصنيفات الأخرى، وقام الباحث بتحويله إلى Vector لقياس المساحات المتوقع تغيرها (جدول - ١٣، ١٤)، (شكل، ٢٦، ٢٧، ٢٨).

**Transition Probabilities (جدول-١١) مصفوفة الخلايا المحتمل أن تتغير إلى تصنيفات أخرى**

بمنخفض سيوة في المدة من ٢٠٢١ حتى ٢٠٣٠ حسب خوارزمية المحاكاة لماركوف

استخدام الأرض / الغطاء الأرضي	أراضي زراعية	مسطحات مائية	مسطحات ملحية	سبخات	أراضي قاحلة	كثبان رملية	عمران
أراضي زراعية	٠,٧٥	٠,٠١	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٥	٠,٠١	٠,١٩
مسطحات مائية	٠,٠٢	٠,٨٠	٠,٠٨	٠,٠١	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٨
مسطحات ملحية	٠,٠٠	٠,٣٥	٠,٣٢	٠,٢٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,١٣
سبخات	٠,٠١	٠,٠٢	٠,٠٣	٠,٥٩	٠,١٢	٠,٠٠	٠,٢٤
أراضي قاحلة	٠,٠٣	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٨٣	٠,٠٧	٠,٠٧
كثبان رملية	٠,١٣	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,١١	٠,٧٤	٠,٠٢
عمران	٠,٢١	٠,٠٥	٠,٠١	٠,٠٢	٠,١٥	٠,٠١	٠,٥٦

المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على نتائج Supervised Classification لمريثيات Landst 7 ETM 2000 ، IDRISI Selva.17, CA-Marcov, ENVI ، برامج Landsat 8 OLI 2021, Landst 7 ETM 2010, 5.3, ARC GIS Pro

**Transition Probabilities (جدول-١٢) مصفوفة الخلايا المحتمل أن تتغير إلى تصنيفات أخرى**

بمنخفض سيوة في المدة من ٢٠٢١ حتى ٢٠٤٠ حسب خوارزمية المحاكاة لماركوف

استخدام الأرض / الغطاء الأرضي	أراضي زراعية	مسطحات مائية	مسطحات ملحية	سبخات	أراضي قاحلة	كثبان رملية	عمران
أراضي زراعية	٠,٦٦	٠,٠١	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٩	٠,٠١	٠,٢٢
مسطحات مائية	٠,٠٤	٠,٧٦	٠,٠٧	٠,٠٣	٠,٠١	٠,٠٠	٠,٠٩
مسطحات ملحية	٠,٠٢	٠,٤٦	٠,١٢	٠,٢١	٠,٠٣	٠,٠٠	٠,١٧
سبخات	٠,٠٤	٠,٠٥	٠,٠٣	٠,٤٠	٠,٢٠	٠,٠٠	٠,٢٨
أراضي قاحلة	٠,٠٤	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٨١	٠,٠٨	٠,٠٧
كثبان رملية	٠,١٧	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,١٥	٠,٦٤	٠,٠٣
عمران	٠,٢٩	٠,٠٧	٠,٠١	٠,٠٢	٠,٢٣	٠,٠١	٠,٣٨

المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على نتائج Supervised Classification لمريثيات Landst 7 ETM 2000 ، IDRISI Selva.17, CA-Marcov, ENVI ، برامج Landsat 8 OLI 2021, Landst 7 ETM 2010, 2000 ENVI 5.3, ARC GIS Pro

ومن تحليل مصفوفة الخلايا المحتمل أن تتغير إلى تصنيفات أخرى Transition Probabilities فى منخفض سيوة فى المدة من ٢٠٢١ حتى ٢٠٣٠ (جدول - ١١)، وفى المدة من ٢٠٢١ حتى ٢٠٤٠ (جدول - ١٢) يتضح التالى:

- توجد إحصائية بنسبة ٧٥٪ أن تتغير مساحة الأراضى الزراعية إلى الزيادة فى عام ٢٠٣٠ مع إحصائية بنسبة ١٩٪ أن يزداد تمدد العمران على حسابها، واحتمالات قليلة أن تتحول إلى أراضى قاحلة بنسبة ٥٪، واحتمالات طغيان الكثبان الرملية عليها وتحولها إلى مساحات من الكثبان الرملية نسبتها ١٪ فقط، كذلك الأمر فى احتمالية طغيان المسطحات المائية عليها تصل إلى ١٪، مع إنعدام الإحتمال فى تحول مساحات من الأراضى الزراعية إلى مسطحات ملحية أو سبخات.

أما فى عام ٢٠٤٠ فإحتمالات تغير الكثبان الرملية للزيادة تصل إلى ٦٦٪ أى أقل من عام ٢٠٣٠ وهذا راجع إلى الإحتمالات المتوقعة فى زيادة النمو العمرانى على حسابها بنسبة ٢٢٪ والأراضى القاحلة بنسبة ٩٪، مع إحصائيات قليلة جداً فى نمو الكثبان الرملية أو المسطحات المائية على حسابها حيث بلغت نسبة إحصائية كل منهما ١٪ فقط، مع إنعدام الإحتمال تماماً فى نمو المسطحات المائية والملحية والسبخات على حساب الأراضى الزراعية.

- إحصائية زيادة المسطحات المائية فى عام ٢٠٣٠ تصل إلى ٨٠٪ وتتنخفض إحصائية زيادة التصنيفات الأخرى على حسابها، حيث تصل إحصائية زيادة العمران عليها بنسبة ٨٪ وهى إحصائية غير منطقية لوجود اتجاهات أخرى للنمو العمرانى بالمنخفض أولى وأقل تكلفة من المسطحات المائية، وإحصائية نمو المسطحات الملحية على حسابها تصل إلى ٨٪، أما إحصائية نمو الأراضى الزراعية على حسابها تصل إلى ٢٪ وهى أيضاً غير منطقية بالرغم من قلة النسبة، أما إحصائية تحول مساحات

منها إلى سبخات تبلغ ١٪ فقط، مع إنعدام إحتمالية نمو الأراضى القاحلة والكثبان الرملية على حسابها.

وفى عام ٢٠٤٠ إنخفضت إحتمالية تغير المسطحات المائية إلى الزيادة عن المدة السابقة حيث بلغت نسبة الإحتمال ٧٦٪، وعض هذا الفارق زيادة قليلة فى إحتمالية نمو التصنيفات الأخرى على حسابها وهى العمران بنسبة ٩٪، والمسطحات الملحية بنسبة ٧٪، والأراضى الزراعية بنسبة ٤٪، والسبخات بنسبة ٣٪، والأراضى القاحلة بنسبة ١٪ فقط، مع إنعدام إحتمالية نمو الكثبان الرملية على حسابها.

- إحتمالية زيادة المسطحات الملحية فى عام ٢٠٣٠ تصل إلى ٣٢٪، وإحتمالية زيادة التصنيفات الأخرى على حسابها كبيرة خاصة المسطحات المائية التى من المحتمل بنسبة ٣٥٪ أن تزيد على حساب المسطحات الملحية، يليها إحتمالية زيادة السبخات بنسبة ٢٠٪ ثم العمران بنسبة ١٣٪، وتتعدم تماماً إحتمالية زيادة كلاً من الأراضى الزراعية والأراضى القاحلة والكثبان الرملية على حساب المسطحات الملحية.

وفى عام ٢٠٤٠ من المحتمل أن تصل إحتمالية زيادة المسطحات الملحية إلى ١٢٪ مع إحتمالية كبيرة فى زيادة التصنيفات الأخرى على حسابها خاصة المسطحات المائية بإحتمالية ٤٦٪ تليها السبخات بنسبة ٢١٪ ثم العمران بنسبة ١٧٪ مع إحتمالية قليلة لزيادة الأراضى القاحلة والأراضى الزراعية على حسابها بنسبة ٣٪ و ٤٪ على الترتيب، ثم إنعدام أحتمالية زيادة الكثبان الرملية على حساب المسطحات الملحية.

- إحتمالية تغير الأراضى القاحلة إلى الزيادة فى عام ٢٠٣٠ تصل إلى ٨٣٪، أما إحتمالية زيادة التصنيفات الأخرى حسابها يأتى العمران والكثبان الرملية بنسبة ٧٪ لكل منهما، ثم الأراضى الزراعية بنسبة ٣٪، مع انعدام إحتمالية زيادة المسطحات المائية والمسطحات الملحية على حساب الأراضى القاحلة.

وفى عام ٢٠٤٠ إحصائية تغيير الأراضى القاحلة للزيادة تصل إلى ٨١٪، ومن المحتمل زيادة الكثبان الرملية على حسابها بنسبة ٨٪، ثم العمران بنسبة ٧٪، والأراضى الزراعية بنسبة ٤٪، مع إنعدام إحصائية زيادة المسطحات المائية والمسطحات الملحية والسبخات على حساب الأراضى القاحلة.

- إحصائية تغيير الكثبان الرملية للزيادة فى عام ٢٠٣٠ تصل إلى ٧٤٪، مع إحصائية توسع الأراضى الزراعية على حسابها بنسبة ١٣٪، ثم الأراضى القاحلة بنسبة ١١٪، والعمران بنسبة ٢٪، مع إنعدام إحصائية زيادة المسطحات المائية والمسطحات الملحية والسبخات على حساب الكثبان الرملية.

وفى عام ٢٠٤٠ من المحتمل أن تتغير مساحات الكثبان الرملية للزيادة بنسبة ٦٤٪، مع إحصائية توسع الأراضى الزراعية على حسابها بنسبة ١٧٪، ثم الأراضى القاحلة بنسبة ١٥٪، والعمران بنسبة ٣٪، مع إنعدام إحصائية زيادة المسطحات المائية والمسطحات الملحية والسبخات على حساب الكثبان الرملية.

- إحصائية تغيير مساحة العمران إلى الزيادة فى عام ٢٠٣٠ تصل إلى ٥٦٪، وسيرافقها تطور مساحة الأراضى الزراعية بنسبة إحصائية ٢١٪، وزيادة الأراضى القاحلة بنسبة ١٥ إحصائية %، ومن المحتمل أن تزداد المسطحات المائية بنسبة ٥٪ على حساب العمران، وكذلك السبخات بنسبة ٢٪، أما المسطحات الملحية والكثبان الرملية فمن المحتمل زيادة كلٍ منهما على حساب العمران بنسبة ١٪ فقط.

وفى عام ٢٠٤٠ إحصائية تغيير مساحة العمران إلى الزيادة تصل إلى ٣٨٪، وسيرافقها تطور مساحة الأراضى الزراعية بنسبة إحصائية ٢٩٪، كذلك الأراضى القاحلة بنسبة إحصائية ٢٣٪، كما من الممكن تغيير مساحات المسطحات المائية على حساب العمران بنسبة إحصائية ٧٪، والسبخات بنسبة ٢٪، أما المسطحات الملحية والكثبان الرملية بنسبة تغيير كلٍ منهما على حساب العمران ١٪ فقط لكلٍ منهما.

وكما ذكر في بداية تحليل النموذج أن نسبة دقة هذه الإحتمالات هي ٨٧٪ أي أنها نسبة تحقيق هذه الإحتمالات في المستقبل، وهي نسبة جيدة وإن خالفت بعض النتائج القليلة المنطق في بعض مواضع المصنوفة إلا أنها تحاكي الواقع بنسبة ٨٧٪. وقام الباحث بدراسة المساحات من إستخدام الأرض والغطاء الأرضي في عام ٢٠٣٠ و عام ٢٠٤٠ ومقارنتها بمدة الدراسة من عام ٢٠٠٠ إلى ٢٠٢١ (جدول- ١٣)، وكذلك دراسة المساحات التي تعرضت للتغير ونسب التغير (جدول- ١٤)، (شكل-٢٧، ٢٨، ٢٩، ٣٠، ٣١، ٣٢، ٣٣).

(جدول- ١٣) مساحات إستخدام الأرض والغطاء الأرضي LULC من عام ٢٠٠٠-٢٠٢١، مع التنبؤ باستخدام خوارزمية المحاكاة لماركوف (CA-Marcov) لعام ٢٠٣٠، و عام ٢٠٤٠

المساحة كم <sup>٢</sup> ٢٠٤٠	المساحة كم <sup>٢</sup> ٢٠٣٠	المساحة كم <sup>٢</sup> ٢٠٢١	المساحة كم <sup>٢</sup> ٢٠١٠	المساحة كم <sup>٢</sup> ٢٠٠٠	استخدام الأرض / الغطاء الأرضي
١٩٣,٨٦	١٦٧,٠٦	١٢٤,١٢	٨٩,٦٥	٤٥,٢٠	أراضي زراعية
٩٢,٧٦	٨٥,٩٢	٧٤,٠٧	٥٩,٥١	٥٥,٢٠	مسطحات مائية
١٤,٣٥	١٨,٢٧	١٨,٢٠	٣١,٦٢	٥٩,١٤	مسطحات ملحية
١٣٥,٧٧	١٥٠,٣٨	١٩٨,٠٠	٢٩٥,٧٥	٢٦١,٢٧	سيخات
٥٢٤,٦٩	٥٢٩,٥٩	٥٣٣,٣٩	٤٧٩,٣٧	٥٥٢,٨٤	أراضي قاحلة
٢٦٠,٣٦	٢٧٤,٤٢	٣١١,٧٠	٣٥٩,٢٧	٣٤٦,١٧	كثبان رملية
١٧٣,٤٧	١٦٩,٦٢	١٢٨,٨٠	٧٥,٩٤	٧٩,٠٥	عمران

المصدر : من عمل الباحث إعتقادا على نتائج Supervised Classification لممرنيات Landst 7 ETM

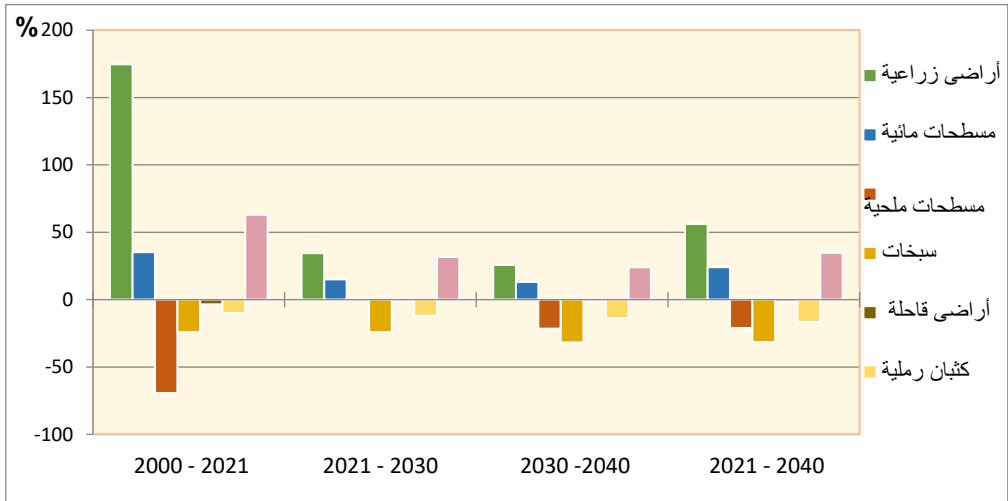
IDRISI Selva.17, CA- برامج ، Landsat 8 OLI 2021, Landst 7 ETM 2010, 2000

Marcov, ENVI 5.3, ARC GIS Pro

(جدول - ١٤) مساحات ونسب التغيرات في استخدام الأرض والغطاء الأرضي LULC من عام ٢٠٠٠-٢٠٢١، مع التنبؤ باستخدام خوارزمية المحاكاة لماركوف لعام ٢٠٣٠، وعام ٢٠٤٠

استخدام الأرض/الغطاء الأرضي	التغيرات	نسبة التغير	التغيرات	نسبة التغير	التغيرات	نسبة التغير	التغيرات	نسبة التغير
أراضي زراعية	٧٨,٩٢	١٧٤,٥٩	٤٢,٩٤	٣٤,٥٩	٢٦,٨٠	٢٥,٧٠	٦٩,٧٤	٥٦,١٩
مسطحات مائية	١٨,٨٧	٣٤,١٨	١١,٨٥	١٦,٠٠	٦,٨٤	٧,٩٦	١٨,٦٩	٢٥,٢٣
مسطحات ملحية	٤٠,٩٥-	٦٩,٢٤-	٠,٠٧	٠,٣٩	٣,٩٢-	٢١,٤٤-	٣,٨٥-	٢١,١٣-
سبخات	٦٣,٧٢-	٢٤,٢٢-	٤٧,٦٢-	٢٤,٠٥-	١٤,٦١-	٣١,٦٧-	٦٢,٢٤-	٣١,٤٣-
أراضي قاحلة	١٩,٤٥-	٣,٥٢-	٣,٨٠-	٠,٧١-	٤,٩٠-	٠,٧٢-	٠,٨٧٠	١,٦٣-
كتبان رملية	٣٤,٤٧-	٩,٩٦-	٣٧,٨٢-	١١,٩٦-	١٤,٠٧-	١٣,٥٨-	٥١,٣٤-	١٦,٤٧-
عمران	٤٩,٧٦	٦٢,٩٥	٤٠,٨١	٣١,٦٩	٣,٨٥	٢٤,٠٥	٤٤,٦٦	٣٤,٦٨

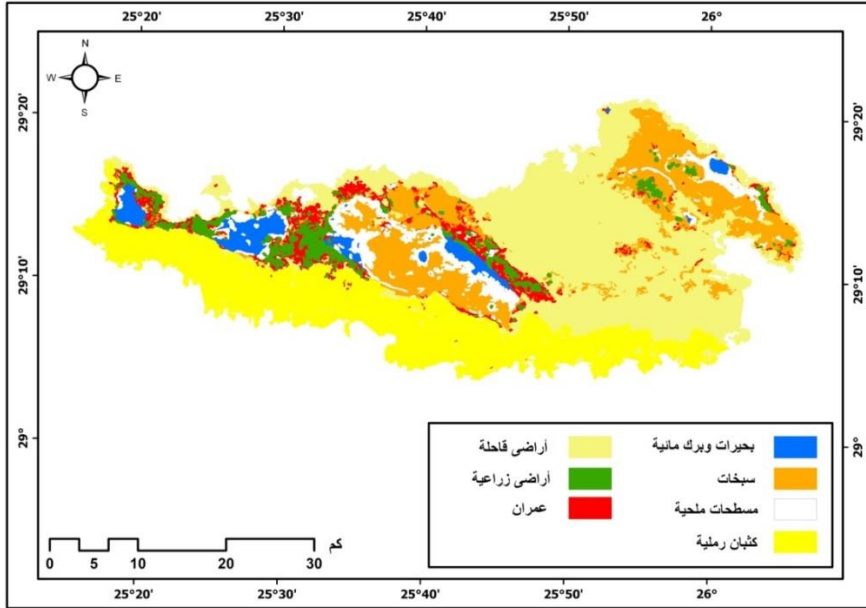
المصدر : من عمل الباحث إعتقاداً على نتائج Supervised Classification لمريثيات Landst 7 ETM من عمل الباحث إعتقاداً على نتائج Supervised Classification لمريثيات Landst 7 ETM 2010, 2000 ، برامج IDRISI Selva.17, CA- Landsat 8 OLI 2021, Landst 7 ETM 2010, 2000 ، برامج IDRISI Selva.17, CA- Marcov, ENVI 5.3, ARC GIS Pro



المصدر من عمل الباحث إعتقاداً على بيانات (جدول - ١٤)

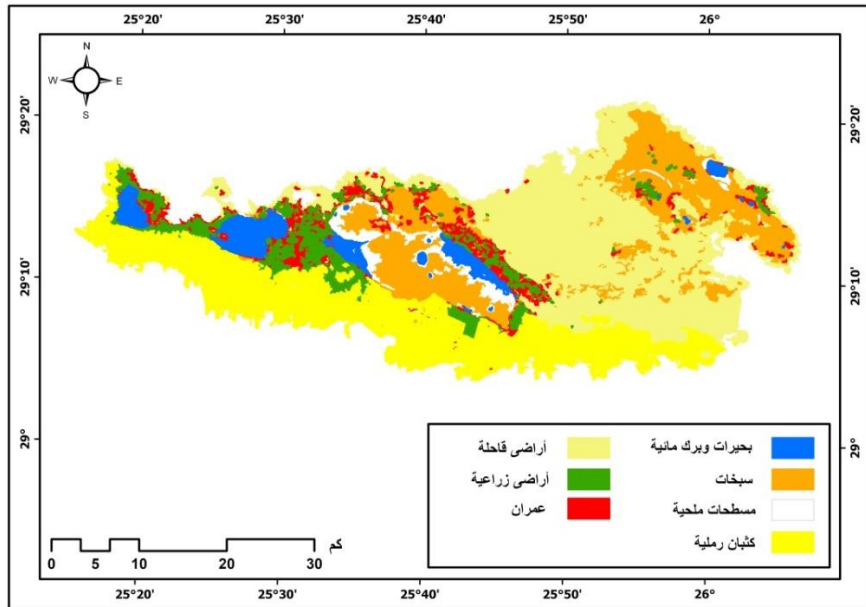
(شكل - ٢٧) نسب التغيرات في استخدام الأرض والغطاء الأرضي LULC من عام ٢٠٠٠-٢٠٢١، مع التنبؤ باستخدام خوارزمية المحاكاة لماركوف لعام ٢٠٣٠، وعام ٢٠٤٠





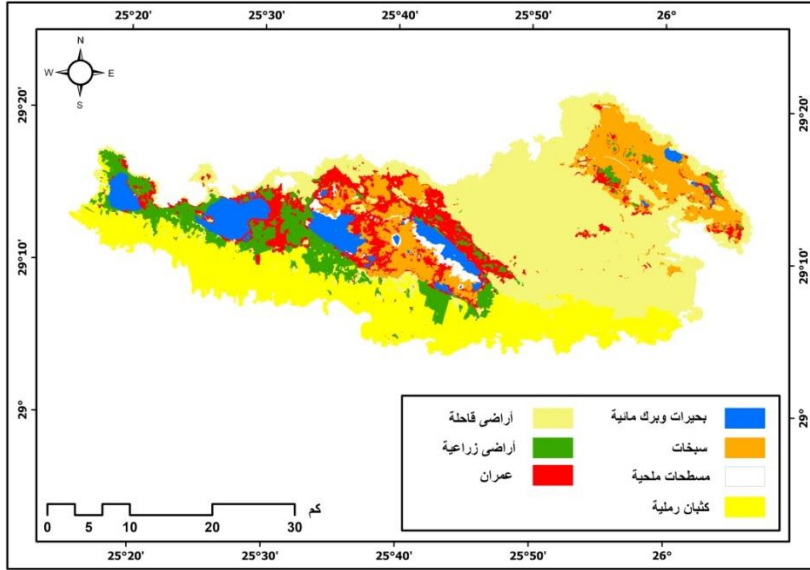
المصدر : من عمل الباحث إعتمادا على نتائج Supervised Classification لمريئة Landst 7 ETM  
 IDRISI Selva.17, CA-Marcov, ENVI 5.3, ARC GIS Pro برامج، 2000،

(شكل - ٢٨) إستخدام الأرض والغطاء الأرضى LULC فى منخفض سيوة عام ٢٠٠٠



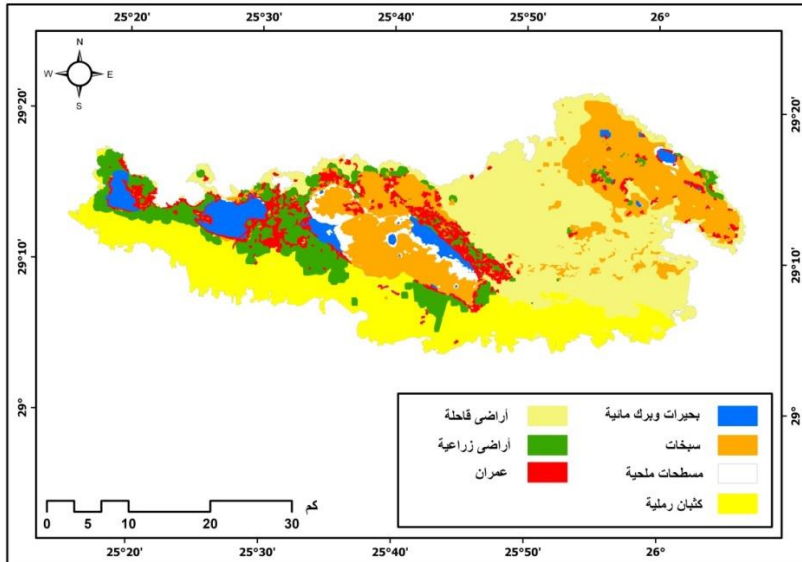
المصدر : من عمل الباحث إعتمادا على نتائج Supervised Classification لمريئة Landst 7 ETM  
 IDRISI Selva.17, CA-Marcov, ENVI 5.3, ARC GIS Pro برامج، 2010،

(شكل - ٢٩) إستخدام الأرض والغطاء الأرضى LULC فى منخفض سيوة عام ٢٠١٠



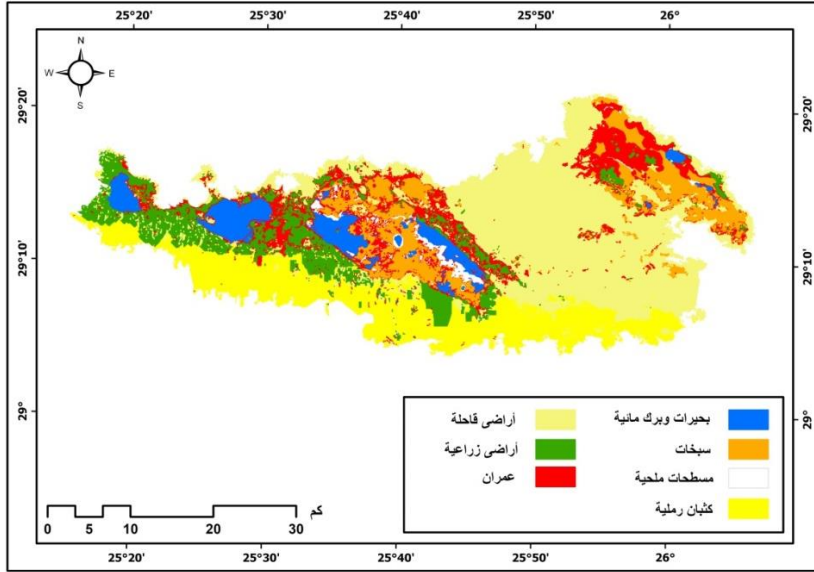
المصدر : من عمل الباحث إعتقادا على نتائج Supervised Classification لمريثات Landst 7 ETM  
 IDRISI Selva.17, CA- برامج ، Landsat 8 OLI 2021, Landst 7 ETM 2010, 2000  
 Marcov, ENVI 5.3, ARC GIS Pro

### (شكل-٣٠) إستخدام الأرض والغطاء الأرضي LULC فى منخفض سيوة عام ٢٠٢١



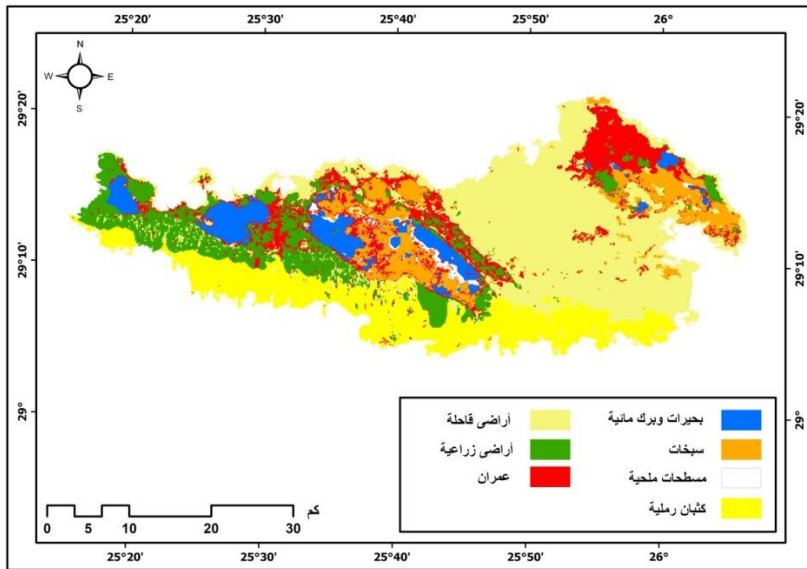
المصدر : من عمل الباحث إعتقادا على نتائج Supervised Classification لمريثات Landst 7 ETM  
 IDRISI Selva.17, CA- برامج ، Landsat 8 OLI 2021, Landst 7 ETM 2010, 2000  
 Marcov, ENVI 5.3, ARC GIS Pro

### (شكل-٣١) محاكاة إستخدام الأرض والغطاء الأرضي LULC فى منخفض سيوة عام ٢٠٢١



المصدر : من عمل الباحث إعتقادا على نتائج Supervised Classification لمريثات Landst 7 ETM  
 IDRISI Selva.17, CA- برامج ، Landsat 8 OLI 2021, Landst 7 ETM 2010, 2000  
 Marcov, ENVI 5.3, ARC GIS Pro

(شكل-٣٢) محاكاة إستخدام الأرض والغطاء الأرضى LULC المتوقع بمنخفض سيوة عام ٢٠٣٠



المصدر : من عمل الباحث إعتقادا على نتائج Supervised Classification لمريثات Landst 7 ETM  
 IDRISI Selva.17, CA- برامج ، Landsat 8 OLI 2021, Landst 7 ETM 2010, 2000  
 Marcov, ENVI 5.3, ARC GIS Pro

(شكل-٣٣) محاكاة إستخدام الأرض والغطاء الأرضى LULC المتوقع بمنخفض سيوة عام ٢٠٤٠

ومن تحليل (جدول - ١٤)، (شكل - ٢٧، ٢٨، ٢٩، ٣٠، ٣١، ٣٢، ٣٣) يتضح

التالى:

- اتجهت مساحات الأراضى الزراعية إلى الزيادة فى مدة الدراسة من عام ٢٠٠٠ إلى عام ٢٠١٠ بزيادة قدرها ٢كم٧٨,٩٢ بنسبة تغير ١٧٤,٥٩٪، ومن المتوقع إنتقال هذه المساحات إلى الزيادة فى عام ٢٠٣٠ لتصل المساحة إلى ٢كم١٦٧,٠٦ بزيادة قدرها ٢كم٤٢,٩٤ عن عام ٢٠٢١ بنسبة تغير ٣٤,٥٩٪، ومن المتوقع إستمرار إنتقال هذه المساحات إلى الزيادة حتى عام ٢٠٤٠ لتصل إجمالى المساحة الزراعية إلى ٢كم١٩٣,٨٦ بزيادة ٢كم٢٦,٨٠ عن عام ٢٠٣٠ بنسبة تغير ٢٥,٧٪، وبالتالي يصل إجمالى الزيادة من عام ٢٠٢١ حتى عام ٢٠٤٠ إلى ٢كم٦٩,٧٤ بنسبة تغير ٥٦,١٩٪ عن عام ٢٠٢١، وهو أمر متوقع مع زيادة الإتجاه نحو الإستثمارات الزراعية بمنخفض سيوة.

- اتجهت المسطحات المائية إلى الزيادة فى مدة الدراسة من عام ٢٠٠٠ إلى ٢٠٢١ بزيادة قدرها ٢كم١٨,٨٧ بنسبة تغير ٣٤,١٨٪، ومن المتوقع انتقال هذه المساحات إلى الزيادة حتى عام ٢٠٣٠ بزيادة قدرها ٢كم١١,٨٥ بنسبة تغير ١٦٪ عن عام ٢٠٢١، ويستمر التنبؤ بالزيادة حتى عام ٢٠٤٠ بزيادة قدرها ٢كم٦,٨٤ بنسبة تغير ٧,٩٦٪ عن عام ٢٠٣٠، وبالتالي يصل إجمالى التغير بالزيادة من عام ٢٠٢١ حتى عام ٢٠٤٠ إلى ٢كم١٨,٦٩ بنسبة تغير ٢٥,٢٣٪ وهو أمر متوقع مع زيادة الإستثمار الزراعى وعدم تطوير طرق الصرف.

- اتجهت المسطحات الملحية إلى التناقص فى مدة الدراسة من عام ٢٠٠٠ إلى عام ٢٠١٠ حيث فقدت - ٢كم٤٠,٩٥ مساحتها بنسبة تغير - ٦٩,٢٣٪، ومن المتوقع أن يحدث ثبات نسبي حتى عام ٢٠٣٠ بزيادة قدرها ٢كم٠,٠٧ فقط بنسبة تغير ٠,٣٩٪، وربما يعود ذلك إلى إستنزاف المسطحات الملحية فى مدة الدراسة السابقة من عام

٢٠٠٠ إلى عام ٢٠١٠ فربما تهدأ عمليات إستخراج الملح، على أن تعود مره أخرى للتناقص فى المدة من عام ٢٠٣٠ حتى عام ٢٠٤٠ حيث بلغ التغير بالتناقص - ٢كم٣,٩٢ بنسبة تغير - ٢١,٤٤٪، فى إشارة إلى العودة التدريجية لنشاط إستخراج الملح مرة أخرى، وعلية فإن إجمالى التغير المتوقع من عام ٢٠٢١ حتى عام ٢٠٤٠ يصل إلى - ٢كم٣,٨٥ بنسبة تغير - ٢١,١٣٪.

- اتجهت مساحة السبخات إلى التناقص فى المدة من عام ٢٠٠٠ إلى عام ٢٠٢١ حيث فقدت - ٢كم٦٣,٢٧ من مساحتها بنسبة تغير - ٢٤,٢٢٪ ومن المتوقع أن يستمر التناقص حتى عام ٢٠٣٠ حيث من المتوقع أن تفقد - ٢كم٤٧,٦٢ من مساحتها عن عام ٢٠٢١ بنسبة تغير - ٢٤,٠٥٪، ويتوقع أن يستمر التناقص حتى عام ٢٠٤٠ حيث من المتوقع أن تفقد السبخات - ٢كم١٤,٦١ من مساحتها فى المدة من عام ٢٠٣٠ حتى عام ٢٠٤٠ بنسبة تغير - ٣١,٦٧٪، وبالتالي فإن إجمالى التغير من عام ٢٠٢١ حتى عام ٢٠٤٠ يبلغ - ٢كم٦٢,٢٤ بنسبة تغير - ٣١,٤٣٪، ويرجع الباحث هذا التناقص إلى عدة أسباب الأول هو زيادة مساحة البرك المائية على حساب السبخات مما ينقص من مساحتها باستمرار، والثانى يتعلق بالتوسعات الزراعية ومحاوله استصلاح بعض هوامش السبخات، أما السبب الثالث فيتعلق بالاتجاه إلى تعديل نظم الصرف مما يقلل من منسوب الماء الأرضى وتشبع السبخات بالخاصية الشعرية.

- اتجهت مساحات الأراضي القاحلة إلى التناقص فى مدة الدراسة من عام ٢٠٠٠ إلى عام ٢٠٢١ بالرغم من التذبذب الواضح بين الزيادة والنقصان خلال مدة الدراسة، إلا أن الإجمالى هو تناقص بمساحة - ٢كم١٩,٤٥ بنسبة تغير - ٣,٥٢٪، ومن المتوقع أن يستمر التغير بالتناقص فى المدة من عام ٢٠٢١ حتى عام ٢٠٣٠، فمن المتوقع أن تفقد حتى عام ٢٠٣٠ مساحة - ٢كم٣,٨٠ بنسبة تغير - ٠,٧١٪، ومن المتوقع أن أيضاً أن يستمر التناقص فى المدة من عام ٢٠٣٠ حتى عام ٢٠٤٠ بفقدان - ٢كم٤,٩٠

بنسبة تغير -٠,٧٢٪، وبالتالي يصل إجمالي التغير في المدة من عام ٢٠٢١ حتى عام ٢٠٤٠ إلى تناقص بمقدار -٨,٧٠كم٢ بنسبة تغير -١,٦٣٪، ويرجع الباحث ذلك إلى تحول الأراضي القاحلة إلى تصنيفات أخرى من استخدام الأرض والغطاء الأرضي سواء إلى أراضي زراعية أو عمران أو طغيان للمساحات المائية عليها.

- اتجهت مساحات الكثبان الرملية إلى التناقص في مدة الدراسة من عام ٢٠٠٠ إلى عام ٢٠٢١ مع تذبذبات بين الزيادة والنقصان خلال مدة الدراسة نتيجة الصراع الدائم بين تثبيت الكثبان وتقدمها خاصة في الجزء الجنوبي من المنخفض، وانتهت المدة بتناقص - ٣٤,٤٧كم٢ بنسبة تغير - ٩,٩٦٪ ، ومن المتوقع أن يستمر التناقص حتى عام ٢٠٣٠ بفقدان - ٣٧,٢٨كم٢ بنسبة تغير - ١١,٩٦٪، ومن المتوقع أيضاً أن يستمر التناقص في المدة من عام ٢٠٣٠ حتى عام ٢٠٤٠ بفقدان - ٤,٠٧كم٢ من مساحتها بنسبة تغير - ١٣,٥٨٪، وبالتالي يصل إجمالي التغير في المدة من عام ٢٠٢١ حتى عام ٢٠٤٠ بتناقص قدرة - ٥١,٣٤كم٢ بنسبة تغير - ١٦,٤٧٪ ويرجع الباحث السبب في ذلك إلى المحاولات المستمرة للحد من زحف الكثبان الرملية بالطرق المختلفة ، بالإضافة إلى التوسع الكبير في إستزراع مناطق الكثبان الرملية.

- اتجهت المساحات المصنفة كعمران إلى الزيادة في مدة الدراسة من عام ٢٠٠٠ إلى عام ٢٠٢١ مع تذبذبات بين الزيادة والنقصان خلال مدة الدراسة حيث تناقصت في منتصف المدة عام ٢٠١٠ وهذا التذبذب راجع إلى زيادة مساحات المساحات المائية وتحول الأراضي إلى سبخات في بعض المناطق، وانتهت مدة الدراسة بزيادة قدرها ٤٩,٧٦كم٢ بنسبة تغير ٦٢,٩٥٪، ومن المتوقع تحول هذه المساحات إلى الزيادة في المدة من عام ٢٠٢١ حتى عام ٢٠٣٠ بزيادة قدرها ٤٠,٨١كم٢ بنسبة تغير ٣١,٦٩٪، ومن المتوقع أيضاً مزيداً من الزيادة في مساحة العمران في المدة من عام ٢٠٣٠ حتى عام ٢٠٤٠ بزيادة قدرها ٣,٨٥كم٢ بنسبة تغير ٢٤,٠٦٪، ويتضح أن

نسبة التغير أقل من المدة السابقة لها ويرجع ذلك إلى ظهور العوائق والمحددات الجيومورفولوجية التى تجعل للنمو العمرانى حد أقصى فى الإمتداد مثل السبخات والمسطحات المائية، وعلى أية حال فإن إجمالى التغير المتوقع طوال مدة التنبؤ من عام ٢٠٢١ حتى عام ٢٠٤٠ هو زيادة قدرها ٤٤,٦٦ كم<sup>٢</sup> بنسبة تغير ٣٤,٦٨٪.

#### خامساً: الأخطار الجيومورفولوجية الناتجة عن صرف المياه بمنخفض سيوة:

نتج عن صرف المياه بمنخفض سيوة تغيرات جيومورفولوجية عديدة غيرت فى المظهر الجيومورفولوجى للمنخفض ونتج عن هذه التغيرات عدة أخطار جيومورفولوجية قام الباحث بدراستها كالتالى :

##### أ - تغدق وتملح التربة:

تعد الصخور الرسوبية الميوسينية هى المصدر الرئيس لمواد الأصل التى منها تربة منطقة الدراسة بالإضافة إلى الطمي والرمال المنقولة بفعل الرياح التى يغطى معظمها رواسب المادة الأصلية (مركز بحوث الصحراء، دراسات الأراضي بسيوة، ٢٠١٧، ص٤٠)، وتتنوع التربات فى منطقة الدراسة من الأراضي الطينية كما فى شرق بحيرة الزيتون، والأراضي الرملية الطينية المنتشرة على هوامش البحيرات والسبخات كما فى هوامش بحيرة وسبخة الزيتون، كما تنتشر التربات حديثة المنشأ فى الجزء الأوسط والجنوبى من المنخفض حيث تكونت نتيجة زحف الكثبان الرملية فى الأجزاء الجنوبية.

وللوقوف على مدى تأثير صرف المياه الزائدة على تملح التربة بمنخفض سيوة قام الباحث بدراسة وتحليل خصائص التربة فى عدة مواقع بالمنخفض ومن تحليل (جدول - ١٥)، يتضح إنتشار التربة الطينية الرملية - الرملية فى مواقع عديدة بمنطقة الدراسة كما فى هوامش بركة سيوه، وهوامش بركة الزيتون وهوامش سبخة الزيتون، كما تواجدت التربات الرملية - الطينية الرملية فى هوامش بركة أغورمى، والتربات الرملية فى هوامش بركة الزيتون وفى نطاقات التربات الرملية.

ويمكن القول أن الطبقات السطحية للتربة غالباً ما يكون قوامها رملي أو رملي طيني ونادراً ما يتغير القوام في الطبقات تحت السطحية إلى قوام أكثر نعومة مثل الطين أو الطين الرملي كما في الطبقات تحت السطحية لقطاعات سبخة الزيتون وهو ما يؤدي إلى تكوين مستوى من الماء الأرضي بهذه النطاقات.

(جدول -١٥) التحليل الميكانيكي لرواسب التربة في بعض مناطق منخفض سيوة

تصنيف التربة	توزيع نسب أحجام العينة %				الأعماق	رقم و موقع العينة
	صلصال	طين	رمل ناعم	رمل خشن		
طينية رملية - رملية	١٠,٢	٢٥,٤	٨,١	٥٦,٣	٢٠ - ٠	١- شاطئ بركة سيوة
رملية	٥	١٨	٩	٦٨	٥٠ - ٢٠	
طينية رملية - رملية	٣	١٥	١٦	٦٦	١٠٠ - ٥٠	
رملية - طينية رملية	١٨,٧	٢١,٦	٢٩,٧	٣٠	٢٠ - ٠	٢- شاطئ بركة أغورمي
رملية - طينية رملية	١٨,٩	٢٣,٧	٢٨,٨	٢٨,٦	٥٠ - ٢٠	
رملية - طينية رملية	١٩	٣٤	٣١,٥	١٥,٥	١٠٠ - ٥٠	
رملية	٤	٦,٤	٨,٢٦	٦٣	٢٠ - ٠	٣- شاطئ بركة الزيتون
رملية	٤,٣	٤,٧	٢٧,٨	٦٣,٢	٥٠ - ٢٠	
رملية	٣,٣	٨,٥	٢٨,٧	٦٢,٤	١٠٠ - ٥٠	
رملية - صلصالية طينية	٢٩	٣٨	٢٠	١٣	٢٠ - ٠	٤- سبخة الزيتون
طينية - طينية رملية	٢٧	٥٢	٧,٦	١٣,٤	٥٠ - ٢٠	
طينية - طينية رملية	٢٥	٥٥	١٠	١٠	١٠٠ - ٥٠	
رملية	٥	٩	٤٠	٤٦	٢٠ - ٠	٥- سبخة المعاصر
رملية	٣,٤	٣,١	٤٩,٥	٤٤	٥٠ - ٢٠	
رملية	٦	٨,٣	٣٦,٣	٤٩,٤	١٠٠ - ٥٠	
رملية	١٠	١١,٤	٢٠,١	٥٨,٥	٢٠ - ٠	٦- هوامش سبخة الزيتون
طينية رملية - رملية	٨,٧	١٣,٨	٤٢,٨	٣٤,٧	٥٠ - ٢٠	
طينية رملية - رملية	١١,٤	٢٠,٧	٣٣,٦	٣٤,٣	١٠٠ - ٥٠	
طينية رملية - رملية	١١,٢	١٩,٨	٤٤	٢٥	٢٠ - ٠	٧- هوامش سبخة المعاصر
طينية رملية - رملية	١٢,١	١٣,٧	٤٧,٤	٢٦,٨	٥٠ - ٢٠	
طينية رملية	١٢,٥	٩,١	٣٠	٤٨,٤	١٠٠ - ٥٠	
رملية	٢,٦	١,٩	٥٤	٤١,٥	٢٠ - ٠	٨- فرشات رملية
رملية	٢,٧	٢,٢	٥٤,٦	٤٠,٥	٥٠ - ٢٠	

المصدر: العمل الميداني في المدة من ١٥ : ٢٥ يناير ٢٠٢٢ ، تم التحليل بمعامل كلية العلوم جامعة طنطا



(جدول -١٦) التحليل الكيمايى لرواسب التربة فى بعض مناطق منخفض سيوة

رقم و موقع العينة	الأعماق	الأس الهيدروجين p.H	الملوحة EC ds/m	الكاتيونات الذائبة /مجم / لتر				الأنيونات الذائبة /مجم / لتر				المادة العضوية % OM	كبريتات الكالسيوم % CaSO4	كربونات الكالسيوم % CaCO3
				الصوديوم Na	البوتاسيوم K	الكالسيوم Ca	المغنسيوم Mg	ثلاثى أكسيد الكربون	بيكربونات الكالسيوم	الكبريتات SO4	الكبريتات SO4			
١- شاطيء بركة سيوة	٢٠-٠	٧,٦	٩,٠	٢٨,٨	٦٧,٦	٣٠,٦	٢١,٤	-	١,٥	٦٠	٣٧,٠	٩,٢	٠,٥	٢,٥
	٥٠-٢٠	٨,٠	١٢,٥	٧٣,٢	١٠٤	٣٦,٢	٢٤,٥	-	٢,٥	٨٩	٦١,٥	١٥,٥	٠,٦	١,٢
٢- شاطيء بركة أغورسى	٢٠-٠	٨,٠	٤,٥	٢٦,٦	١,٥	٣,٥	٦,٣	-	٤,٢	٢١	١١	١٠,٩	٠,٧	٢,٥
	٥٠-٢٠	٨,٠	٣,٢	٦,٧	١,٤	١,٧	٨,٥	-	٢,٩	١١,٥	٢٦,٢	١١,٨	٠,٨	١,٥
٣- شاطيء بركة الزيتون	٢٠-٠	٨,٠	٣,٥	٣,٢	٠,٤	٤,٥	٥٦,٩	-	٤,٤	٩	٢	١٢	٠,٧	٠,١
	٥٠-٢٠	٧,٩	٣,٥	٥,٥	١,٥	٣,٥	٤,٥	-	٤,٥	١٠,٥	٠,٥	١٣,٥	٠,٥	٠,٢
٤- سبخة	٥٠-٢٠	٨,٠	٣,٤	٦,٥	٠,٥	٣,٥	٢,٧	-	٢,٥	٩,٥	١,٣	١٠,٣	٠,٥	٠,٢
	٢٠-٠	٨,٠	٢٧,٥	١٨٥	٢٠,٥	٨٥,٤	٤٨,٦	-	٣,٢	٢٣٦	٩٦	٤٣	١,٦	٠,٦
٥- سبخة	٥٠-٢٠	٨,١	٣٥,٥	٢٥٦,٥	١٧,٨	٧١,٣	٨٧,٠	-	٣,٣	٢٣٥	٩٧,٤	٥٥	١	٠,٣
	١٠٠-٥٠	٨,٠	١٢,٣	٨٥	٨,٠	٣٠,٢	٢٣,٠	-	٦,٥	١٠,٥,٢	٣٢,٥	٥٢	١,٥	٠,٢
٦- هوامش المبخرات	٢٠-٠	٨,٢	٨٠,٥	٤٢٠	٣٥,٥	٥٥	٧٩,٠	-	٢,٨	٥٣٠	١٥٦,٥	١٠	١,٢	٠,٣
	٥٠-٢٠	٨,٢	٤٠,٠	٢٧٥,٥	٤٦,٢	٦٦	٦١,٠	-	١,٥	٢٤١	٢٠٨,٥	٣٤	١,٦	٠,٢
٧- أرض مستصلحة	١٠٠-٥٠	٨,٢	٢٤,٥	٦٧	٦٤,٥	٧٩	٧٢,٥	-	٢,٤	١٤١,٥	١٣٨	١٢	١,٥	٠,١
	٢٠-٠	٧,٢	٣,٢	١١,٨	١,٢	٢,٥	٢,٢	-	٣,٥	١٢,٥	١,٣	١١,٥	٠,٧	٠,٤
٨- قرشات رملية	٥٠-٢٠	٧,٧	٣,٤	٨,٩	١,١	٢,٦	٥,١	-	٤,٢	٨,٥	٦,٥	١٢,١	٠,٨	٠,٣
	١٠٠-٥٠	٧,٨	٣,١	١٢,٣	١,٣	٢,٥	١,٠	-	٣	١٢,٣	١,٩	١٢,٥	٠,٥	٠,٥
٧- أرض مستصلحة	٢٠-٠	٨,٢	٥٠,٠	٣٤٠	٢١,٨	٢٣٠	٣٢٠	-	٤,٢	٦٨٠	٢٤٥,٦	١٠,١	٠,٥	٠,٧
	٥٠-٢٠	٨,١	٥١,٠	٢٤٥	١٤,٦	١٤٠	٢٠٨	-	٢,٥	٤٣٨	١٦٩,٥	٧,٢	٠,٥	٠,١
٨- قرشات رملية	٢٠-٠	٧,٩	٠,٧	٢,٢	٠,٧	١,٧	٢,٧	-	١,٣	٥,٦	٠,٤	١٣,٨	١,٤	٠,٩
	٥٠-٢٠	٨,٢	٠,٧	٢,٧	٠,٨	٠,٩	٣,٠	-	١,٦	٢,١	٣,٧	٩,٤	١,٤	٠,٥

المصدر: العمل الميدانى فى المدة من ١٥ : ٢٥ يناير ٢٠٢٢، تم التحليل بمعامل كلية العلوم جامعة طنطا

## جدول- (١٧) نسبة الصوديوم المتبادل في رواسب التربة في بعض مناطق منخفض سيوة

نسبة الصوديوم المتبادل % ESP	السعة التبادلية للكاتيونات CEC مجم / لتر	الصوديوم القابل للإستبدال /مجم / لتر	الأعماق	رقم و موقع العينة
٨,٧	١١,٥	١,٠	٢٠ - ٠	١- شاطئ بركة سيوة
٩,١	٤,٤	٠,٤	٥٠ - ٢٠	
١٢,٠	٢,٥	٠,٣	١٠٠ - ٥٠	
٦,١	١٧,٩	١,١	٢٠ - ٠	٢- شاطئ بركة أغورمى
٦,٧	١٨,٠	١,٢	٥٠ - ٢٠	
٦,٩	١٨,٩	١,٣	١٠٠ - ٥٠	
٧,١	٤,٢	٠,٣	٢٠ - ٠	٣- شاطئ بركة الزيتون
٦,٥	٣,١	٠,٢	٥٠ - ٢٠	
٦,٧	٣,٠	٠,٢	١٠٠ - ٥٠	
٢٤,٩	٢٨,٢	١٢,١	٢٠ - ٠	٤- سبخة الزيتون
٤٠,٣	٢٥,٣	١٠,٢٧	٥٠ - ٢٠	
٢٨,٩	٢٤,٦	٧,١	١٠٠ - ٥٠	
٣٥,٦	٤,٥	١,٦	٢٠ - ٠	٥- سبخة المعاصر
٢٠,٠	٣,٠	٠,٦	٥٠ - ٢٠	
٢٩,٤	٥,١	١,٥	١٠٠ - ٥٠	
٦,٥	٩,٢	٠,٦	٢٠ - ٠	٦- هوامش السبخات
٦,٣	٨,٠	٠,٥	٥٠ - ٢٠	
١٦,٧	٣,٠	٠,٥	١٠٠ - ٥٠	
١٦,٧	١٠,٢	١,٧	٢٠ - ٠	٧- أرض مستصلحة
١٥,٩	١١,٣	١,٨	٥٠ - ٢٠	
١٦,٧	١٢	٢	١٠٠ - ٥٠	
١٣,٣	١,٥	٢	٢٠ - ٠	٨- فرشاة رملية
٢١,٤	١,٤	٠,٣	٥٠ - ٢٠	

المصدر: العمل الميداني في المدة من ١٥ : ٢٥ يناير ٢٠٢٢، تم التحليل بمعامل كلية العلوم جامعة طنطا

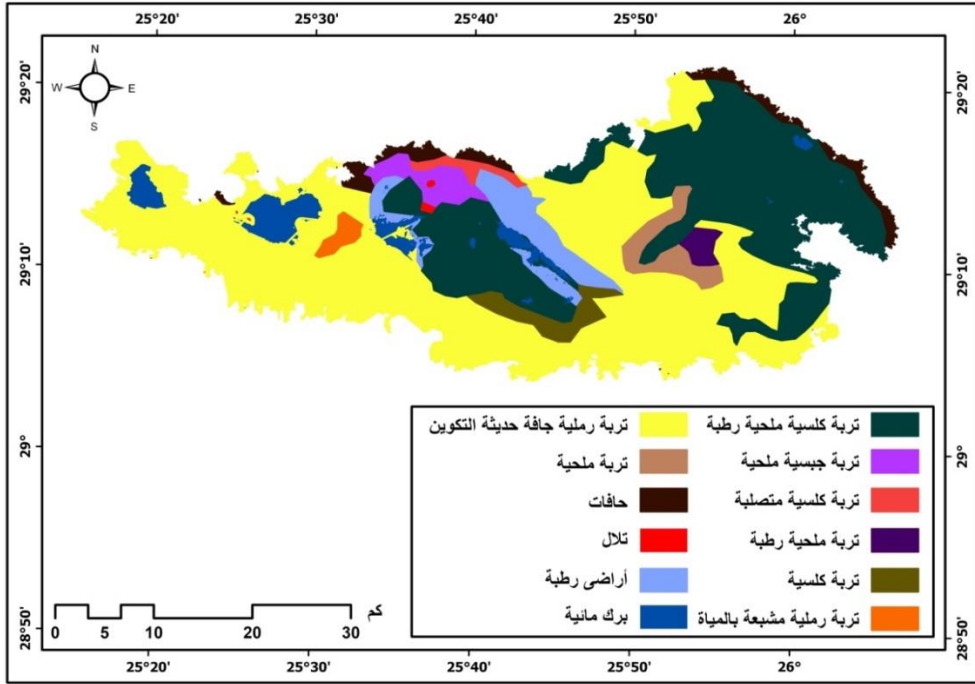
ومن التحليل الكيمائى (جدول - ١٦) يتضح أن جميع الأراضى التى تم دراستها تعاني من القلوية فى جميع طبقات قطاعها حيث تراوحت قيمة الأس الهيدروجينى pH بين ٧,٢ فى هوامش سبخة الزيتون وهى قلوية بسيطة إلى ٨,٢ فى سبخة المعاصر وهى قلوية عالية، ويمكن تقسيم العينات إلى عينات تميل للقلوية وهى التى تتراوح قيمة الأس الهيدروجينى pH بها بين ٧ - ٨ وبلغ عددها ٦ عينات بنسبة ٢٦,١٪ من العينات المدروسة منها هوامش سبخة الزيتون، والطبقة السطحية لهوامش بركة سيوة، ونطاقات الفرشات الرملية، بينما القيم القلوية التى بلغت بها قيمة الأس الهيدروجينى من ٨ فأكثر جاءت معظم العينات بين ٨ - ٨,٢ بعدد ١٧ عينة بنسبة ٧٣,٩٪ من إجمالى العينات وتعد أكثرها قلوية هى سبخة المعاصر ٨,٢ pH فى جميع قطاعها، ومن أهم أسباب قلوية التربة فى منطقة الدراسة هو زيادة نسبة الصوديوم المتبادل بنسبة أكثر من ١٥٪ (FAO,2006,P4) وهو ما اتضح فى (جدول - ١٧) حيث بلغت ١١ عينة بنسبة أكثر من ٤٧,٨٪ من جميع العينات أكثر من ١٥٪ للصوديوم المتبادل ومن هذه العينات ما وصل إلى ٤٠,٣٪ فى القطاع بين ٢٠ - ٥٠ لسبخة الزيتون، ٣٥٪ فى الطبقة السطحية لسبخة المعاصر، وزيادة نسبة الصوديوم القابل للتبادل تؤدي إلى سوء الصرف وتصبح الأرض غدقة ويصعب إمتصاص النبات للمغذيات بها.

وبناء على قياس التوصيل الكهربى لعينات التربة كمؤشر لوضع الأملاح الذائبة، وطبقاً لنظام (FAO,2006,P5) جاءت النتائج متباينة بين أراضى غير مالحة أقل من ٢ ديسمنز/م فى عينتين الفرشات الرملية، أراضى خفيفة الملوحة بين ٢ - ٤ ديسمنز/م فى ٨ عينات بنسبة ٣٨,٨٪ حيث جاءت فى عينات هوامش بركة سيوة وهوامش سبخة الزيتون، وملوحة متوسطة من ٤ - ٨ ديسمنز/م فى الطبقة السطحية فقط لهوامش بركة أغورمى، وملوحة عالية من ٨ - ١٦ ديسمنز/م فى ٣ عينات بنسبة ١٣,٠٤٪ فى القطاعات السفلية لشواطئ بركة سيوة، وفى القطاع الأسفل لسبخة المعاصر، بينما

الملوحة الشديدة أكثر من ١٦ ديسمنز/م جاءت في ٨ عينات بنسبة ٣٤,١٪ ونجدها في هوامش سبخة المعاصر، وسبخة الزيتون، وترجع زيادة الملوحة في منطقة الدراسة إلى تفاعل المياه مع مواد الاصل الملحية وأهمها الحجر الجيري الدولوميت  $CaMg(CO_3)$  (مركز بحوث الصحراء، دراسات الأراضي بسيوة، ٢٠١٧، ص٤).

وعن الكاتيونات والأنيونات الذائبة، اتضح سيادة كاتيونات الصوديوم تليها كاتيونات الكالسيوم تليها كاتيونات الماغنسيوم وكاتيونات البوتاسيوم  $Na^+ > Ca^{++} > Mg^{++}$  في معظم طبقات القطاعات المدروسة للتربة حيث بلغ تركيز كاتيونات الصوديوم ٤٢٠ مجم/لتر في العينة السطحية لسبخة المعاصر، و ٤٠٥ مجم/لتر في العينة السفلية لقطاع التربة في هوامش سبخة المعاصر، في حين جاء ترتيب الأنيونات الذائبة للأملاح بسياده واضحة للكوريدات تليها بيكربونات الكالسيوم ثم الكبريتات  $Cl^-$   $SO_4^{--} > HCO_3^- >$  ، حيث وصل تركيز الكلوريدات في العينة السطحية لسبخة المعاصر إلى ٦٨٠ مجم/لتر، وتعبر قدرة التبادل الكاتيوني Cation Exchange Capacity CEC عن التبادل الناتج عن الإنجذاب بين الكاتيونات ذات الشحنات الموجبه مع الأنيونات ذات الشحنات السالبة (Weil,Ray, 2008,p10) وعلية فإن المواد المتوقعة أن تسود في التربة نتيجة هذا التبادل هي كلوريد الصوديوم وبيكربونات الصوديوم وبيكربونات الكالسيوم وتعد أملاح كبريتات الكالسيوم أقلها سياده.

وتعانى معظم أراضي منخفض سيوه من مشكلة الملوحة نتيجة زيادة تركيز الأملاح وتراكمها على سطح التربة خاصة في منطقتي الزيتون وأغورمي وصولاً إلى الأجزاء الشمالية للمنخفض (شكل - ٣٤)، وينتج عن تملح التربة أضرار جسيمة تضر النبات كموت الأنسجة وسقوط الأوراق وإحترق الحواف (إيمان طه، ١٩٩٩، ص٥٠)، وكذلك خطر التجوية الملحية التي تضر المباني والطرق والمنشآت.



المصدر: (A.S. El-Hassanin, 2020, p 3092)

(شكل - ٣٤) خريطة تصنيف التربة بمنخفض سيوة

### ب - التجوية الملحية:

تؤدى زيادة مساحة البرك المائية والمسطحات الملحية، وزيادة مناسيب الماء الارضى الناتجة عن الإستخدام المفرط فى مياه الري، مع طرق الصرف التقليدية إلى زيادة نشاط عمليات التجوية الملحية، وتبدأ عملية التجوية الملحية بالنمو البلورى للأملاح فى مسام التربة والصخور وجدران الأبنية والمنشآت، وتحدث بعد تبخر المياه المحتوية على الأملاح فتتبلور الأملاح فى المسام والفواصل والشقوق، وتعد صخور الحجر الرملى والحجر الجيرى بيئة مثالية للنمو البلورى للأملاح بداخلها لزيادة مساميتها وانتشار الشقوق والفواصل بها بالإضافة إلى نظامها الطبقي ذو أسطح التطبيق العديدة التى تنمو بها البلورات الملحية (Cooke, et al, 1982,p140).

ومع زيادة المدى الحرارى فى منطقة الدراسة يحدث التمدد الحرارى للبلورات الملحية وزيادة حجمها مما يحدث ضغطاً على جوانب الفواصل والشقوق للصخور وتساقط الطلاءات لواجهات المباني وتصدعها نتيجة زيادة معدلات تمدد الأملاح أكثر من مواد البناء حيث تتمدد أملاح كلوريد الصوديوم NaCl بنسبة ١٪ أكثر من مواد البناء خلال الدورة الواحدة للمدى الحرارى (Cooke, & Warren, 1993, p250) ومع زيادة معدلات الرطوبة تنتشع بها الأملاح وتتمياً Salt hydration مما يؤدي إلى زيادة تمددها داخل الشقوق، وتقوم الرطوبة مع الحرارة فى زيادة معدلات التجوية الملحية حيث تتوغل المياه داخل الصخور التى تسمح مساميتها بذلك فتعمل على إذابة الأملاح القابلة للذوبان ثم مع إرتفاع درجات الحرارة أثناء النهار يعود الماء مره أخرى إلى السطح محملاً بالأملاح التى تتبلور على الأسطح الخارجية حيث تنمو وتندهر (ماجد شعلة، وآخرون، ٢٠١٥، ص٢٥) وتكرر هذه العملية يؤدي العملية يؤدي إلى ضغطاً على أسطح الجدران مما يؤدي لتفتتها.

ويؤدي وجود الأملاح بين مسام التربة أو الجدران على زيادة المحتوى المائى بها وخاصة الأملاح ذات الخاصية الهيجروسكوبية ومنها ملح كلوريد الصوديوم السائد فى منطقة الدراسة كما أن زيادة تركيز الأملاح يعمل على زيادة نفاذ المياه بواسطة الخاصية الشعرية حيث ينتقل الماء إلى الوسط الأعلى تركيزاً للأملاح بحسب الخاصية الأسموزية، وعندما تنخفض معدلات الرطوبة تتزهر الأملاح لتشكل ضغطاً هائلة تعمل على تفتت واجهات الجدران.

وتوجد العديد من الظواهر المرتبطة بالتجوية الملحية بمنطقة الدراسة مثل البقع الملحية التى تؤدي إلى حدوث التفكك الحبيبي وخاصة بالحجر الرملى، كما تنتشر قشور الجبس الرمادية والسوداء على الجدران، وتشقق التربة وثقوب التافونى.

ومن الجدير بالذكر أن إستخدام مادة الكورشيف فى البناء يؤدى إلى سرعة إنهيار الأبنية المقامة بها نتيجة زيادة محتواها الملحي وتأثرها الشديد بالرطوبة وصعود المياه بالخاصية الشعرية فى جدرانها (صورة-٧)، ومع حدوث أى عاصفة مطيرة يتأثر الكورشيف بشده وتذوب الأملاح بالمطر حيث تم تدمير العديد من المنازل خلال تاريخ سيوه الطويل (Azza Abdallah, 2007, p72) كما تعانى الأبنية الحديثة من نشاط التجوية الملحية التى تؤدى إلى تآكل الأعمده الخرسانية ورشح المياه على جدران المباني، وتعانى الطرق من خطر التجوية الملحية بفعل المياه الأرضية حيث تظهر العديد من ملامح التكسير والإنهيار نتيجة قرب المياه الأرضية المالحة من الطرق خاصة التى تعبر البحيرات مثل الطريق الاوسطى الذى يعبر بحيرة أغورمى والزيتون (صورة-٨)، كما تعانى المواقع الأثرية من التجوية الملحية مثل معبد آمون ومدينة شالى القديمة حيث تظهر بوضوح مظاهر التجوية الملحية كتزهر الأملاح وثقوب التافونى والتقشر والتفكك الحبيبي (Azza Abdallah, 2007, p73)



المصدر: العمل الميدانى فى المدة من ١ : ٥ مايو ٢٠٢٢  
(صورة-٨)التجوية الملحية والهبوط الأرضى نتيجة  
تأثير المياه الأرضية ومياة البرك المالحة على  
الطريق الاوسطى الذى يعبر بحيرة أغورمى والزيتون

المصدر: العمل الميدانى فى المدة من ١ : ٥ مايو ٢٠٢٢  
(صورة-٧) إنهيار المباني المبنية بالكورشيف  
نتيجة التجوية الملحية

## ج - الهبوط الأرضى :

يحدث الهبوط الأرضى نتيجة الإذابة تحت السطحية وتكوين الكهوف والفجوات أسفل السطح أو نتيجة السحب الزائد للمياه من الآبار واستخدام طرق الري بالغمر، ويعمل السحب المتزايد للمياه من الآبار على حدوث خلل وعدم وتوازن فى الطبقات التحتية نتيجة تناقص المسام بين الحبيبات، وبالتالي حدوث الحركات الأرضية والهبوط، مثل الهبوط الأرضى فى منطقة أغورمى نتيجة السحب المتزايد للمياه، كما تؤدى طرق الري التقليدية إلى حدوث تمدد للتربة عند الري يعقبه إنكماش عند الجفاف مما يؤدى إلى حدوث الهبوط الأرضى مثلما حدث فى منطقة أبو شروف الواقعة بمنطقة الزيتون. كما أن التسرب الجانبى لمياه البرك المائية خاصة مع زيادة مائيتها وتمدها الأفقى يؤدى إلى زيادة النشاط الكارستى وإذابة صخور الحجر الجيري التى قد تحدث إنهاراً وهبوطاً أرضياً، بالإضافة إلى إنتفاخ وتمدد مادة الطفلة بالمياه وإنكماشها عند جفافها مره أخرى يؤدى إلى حدوث الهبوط الأرضى مثلما حدث أيضاً فى منطقة أبوشروف حيث سجلت مناطق هبوط تصل إلى ١ متر (صورة-٩)، هذا بالإضافة إلى نشاط التجوية الملحية وتبلور الأملاح داخل الشقوق أسفل الطرق نتيجة صعود المياه الأرضية بالخاصية الشعرية مما يحدث ضغطاً يؤدى إلى هبوط فى بعض المواقع بالطرق.



المصدر: العمل الميدانى فى المدة من ١ : ٥ مايو ٢٠٢٢

(صورة-٥) هبوط أرضى فى منطقة أبو شروف نتيجة النشاط الكارستى تحت السطح



وقام الباحث بعمل نموذج محاكاة لتصنيف درجات الخطورة الناتجة عن صرف المياه بمنخفض سيوة، من خلال عدة متغيرات وهى الآبار، المساحات الزراعية، والمصارف، والبرك المائية، وطبوغرافية السطح، وقطاعات التربة، وقام الباحث بوضع الأوزان بناء على المسافات من هذه المتغيرات وعمل الحرم المكانى Zone Buffer لكل وزن (جدول-١٨) واعتمد الباحث فى وضع الأوزان على العمل الميدانى ورؤيته الشخصية وإستشارة المختصين من معهد بحوث الصحراء بمنخفض سيوة والمزارعين من سكان سيوة المتأثرين بالمشكلة، وكان الناتج بعد بناء النموذج ومعالجته فى برنامج Arc GIS Pro تصنيف درجات الخطورة بمنطقة الدراسة إلى خمس فئات هى الفئة قليلة الخطورة، والمتوسطة، الخطرة، الشديدة، والشديدة جدا (جدول-١٨)، (شكل-٣٥).

**(جدول- ١٨) بناء الأوزان فى نموذج المحاكاة لتصنيف أخطار سوء صرف المياه بمنخفض سيوة**

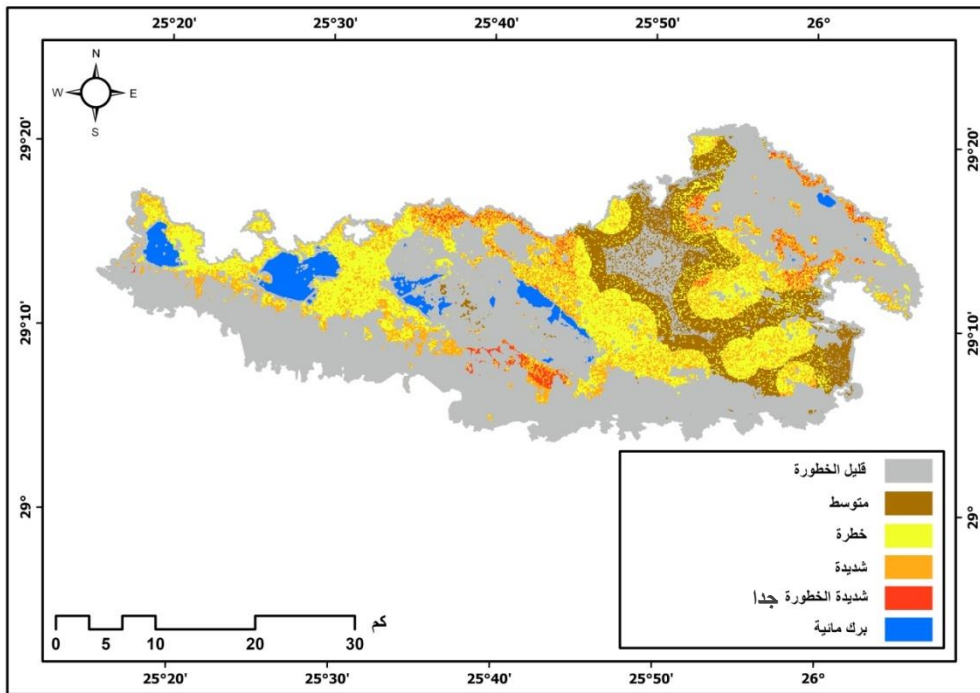
التأثير	الوزن النسبي	الوزن	المتغير
+	٥,٨٨	٥	١'عدد الآبار العشوائية أكثر من ١٠
+	٤,٧١	٤	٢'عدد الآبار العشوائية من ٥ - أقل من ١٠
+	٢,٩٤	٢,٥	٣'عدد الآبار العشوائية أقل من ٥
+	٥,٨٨	٥	المساحات الزراعية ( أكثر من ٥٠ فدان مع رى بالغمر)
+	٤,١٢	٣,٥	المساحات الزراعية من ٢٥ فدان إلى أقل من ٥٠ مع رى بالغمر)
+	٢,٩٤	٢,٥	المساحات الزراعية ( أقل من ٢٥ مع رى بالغمر)
+	٢,٣٥	٢	حالة المصارف ( نطاقات مرور المصارف غير المبطنه)
+	٥,٨٨	٥	منسوب الماء الأرضى أقل من ٠,٥ متر
+	٤,٧١	٤	منسوب الماء الأرضى أقل من ٠,٥ - ١ متر
+	٣,٥٣	٣	منسوب الماء الأرضى أقل من ١ - ١,٥ متر
+	١,٧٦	١,٥	منسوب الماء الأرضى أقل من ١,٥ - ٢ متر
+	٥,٨٨	٥	هوامش البرك مسافة أقل من ٥٠٠ متر مع انحدارات سطح أقل من ٢ درجة
+	٤,١٢	٣,٥	هوامش البرك مسافة أقل من ٥٠٠ متر - ١٠٠٠ مع انحدارات سطح أقل من ٢ درجة
+	٥,٨٨	٥	الطبوغرافيا من منسوب أقل من ٥- متر
+	٥,٨٨	٥	الطبوغرافيا من منسوب ٥ إلى ٥- متر مع انحدارات أقل من ٢
+	٤,٧١	٤	الطبوغرافيا من منسوب ١٠ إلى ٥ متر مع انحدارات أقل من ٢
+	١,١٨	١	الطبوغرافيا من منسوب أقل من ٢٠ إلى ١٠ متر مع انحدارات أقل من ٢
+	٢,٩٤	٢,٥	الإنحدارات من ٢ - ٥
+	١,١٨	١	الأنحدارات من ٥ - ٨
+	٥,٨٨	٥	قطاعات التربة، مناسب سطح أقل من ٥ متر بعد الطبقة الصلصالية أقل من ٠,٥ متر
+	٤,٧١	٤	قطاعات التربة، مناسب سطح أكثر من ٥ متر بعد الطبقة الصلصالية أقل من ٠,٥ متر
+	٤,٧١	٤	قطاعات التربة، مناسب سطح أقل من ٥ متر بعد الطبقة الصلصالية أقل من ٠,٥ - ١ متر
+	٢,٣٥	٢	قطاعات التربة، مناسب سطح أكثر من ٥ متر بعد الطبقة الصلصالية أقل من ٠,٥ - ١ متر
+	٣,٥٣	٣	قطاعات التربة، مناسب سطح أقل من ٥ متر بعد الطبقة الصلصالية أقل من ١ - ١,٥ متر
+	١,١٨	١	قطاعات التربة، مناسب سطح أكثر من ٥ متر بعد الطبقة الصلصالية أقل من ١ - ١,٥ متر
+	١,١٨	١	قطاعات التربة، مناسب سطح أقل من ٥ متر بعد الطبقة الصلصالية أقل من ١,٥ - ٢ متر
		٨٥	مجموع الأوزان

المصدر: من عمل الباحث، برنامج Arc GIS Pro

(جدول - ١٨) تصنيف درجات الخطورة الناتجة عن سوء حالة صرف المياه بمنخفض سيوة

النسبة المئوية من مساحة المنخفض %	المساحة كم <sup>٢</sup>	التصنيف
٤٣,٦٢	٦١٠,٩٤	قليل الخطورة
١١,٧٩	١٦٥,١٤	متوسط
٢٣,١٥	٣٢٤,٢٥	خطرة
١٣,٩٣	١٩٥,١١	شديدة
٢,٢١	٣١,٠٠	شديدة الخطورة جدا
٥,٢٩	٧٤,٠٧	برك مائية

المصدر : من عمل الباحث إعتتماداً على وزن درجات الخطورة لمتغيرات نموذج المحاكاة، برنامج ARC GIS Pro



المصدر: من عمل الباحث إعتتماداً على وزن درجات الخطورة لمتغيرات نموذج المحاكاة، برنامج

ARC GIS Pro

(شكل - ٣٥) تصنيف درجات الخطورة الناتجة عن سوء حالة صرف المياه بمنخفض سيوة

ومن تحليل (جدول - ١٨) ، (شكل - ٣٥) يتضح التالي:

بلغت مساحة المناطق القليلة الخطورة ٢٦١٠,٩٤ كم<sup>٢</sup> بنسبة ٤٣,٦٢٪ من مساحة المنخفض وتتوزع في المناطق القريبة من الحافة الجنوبية أو في داخل المنخفض والأجزاء الشرقية والغربية مرتبطة بالمناطق مرتفعة المناسيب، وبلغت مساحة المناطق متوسطة الخطورة ٢١٦٥,١٤ كم<sup>٢</sup> بنسبة ١١,٧٩٪ من مساحة منطقة الدراسة وارتبطت أكثر بنطاق المناسيب المرتفعة نسبياً في النطاق الشرقي للمنخفض، وبلغت مساحة الفئة الخطرة ٣٢٤,٢٥ كم<sup>٢</sup> بنسبة ٢٣,١٥٪ من مساحة المنخفض وارتبطت بمناطق تواجد السبخات الرطبة والمناطق المتاخمة للبرك المائية، وبلغت مساحة المناطق شديدة الخطورة ١٩٥,١١ كم<sup>٢</sup> بنسبة ١٣,٩٣٪ من مساحة المنخفض وهي جميعها مرتبطة بالمناطق تواجد الفئة الخطرة في السابقة لها ولكنها ترتبط أكثر بالمناطق الأخفض في المنسوب، أما الفئة شديدة الخطورة جداً تشغل مساحة ٣١ كم<sup>٢</sup> بنسبة ٢,٢١٪ من مساحة المنخفض وهي أيضاً متداخلة جداً مع الفئتين السابقتين لكنها ترتبط أكثر بالمناسيب المنخفضة أكثر والمناطق التي تتأثر بغدق المياه خاصة في المناطق الوسطى جنوب بحيرتي أغورمي والزيتون في النطاقات المرتبطة بظهور وإختفاء البحيرات المؤقتة التي تم دراستها في معامل NDWI في أجزاء سابقة بالبحث، كذلك نطاقات الغدق الشديد للمياه داخل السبخات.

### سادساً: طرق مواجهة مشكلة سوء صرف المياه بمنخفض سيوة:

تعددت الآراء التي تناولتها الدراسات السابقة لحل مشكلة مياه الصرف في منخفض سيوة، ويرى الباحث أنه توجد ثلاثة محاور يجب السير فيها لحل هذه المشكلة، الأول يتعلق بتعديل سلوكيات السكان والمستثمرين داخل المنخفض، والثاني يتعلق بعملية الصرف البيولوجي، أما الثالث يتجه إلى تحسين حالة المصارف، وإقتراح مسارات

لمصارف رئيسة لصرف المياه خارج المنخفض فى المنخفضات المجاورة، وقام الباحث بدراستها كالتالى:

#### أ- تعديل سلوكيات السكان والمستثمرين:

يتعلق الأمر هنا بتعديل السلوكيات والأنشطة غير الواعية التى تسببت فى مشكلة المياه بالمنخفض وذلك عن طريق عمل حصر كامل للآبار الإرتوازية والعيون الطبيعية على مستوى المنخفض ووضع خطة عاجلة للتخلص من الآبار العشوائية وغلقها غلقاً محكماً وبالفعل تم حالياً غلق ما يقرب من ٦٢٥ بئراً عشوائياً (مركز معلومات مجلس مدينة سيوة، ٢٠٢١)، وحفر آبار حكومية أو ما يطلق عليها فى المنطقة آبار وزارية، والعمل على التطوير والصيانة الدورية للآبار الوزارية والعيون الطبيعية والتحكم الكامل فى مخرجات مياهها وإحكام غلقها وقت عدم الحاجة إليها.

العمل على تطوير مساقى الري وتحويلها من مراوى ترابية غير محكمة إلى وحدات تبطين وخطوط مواسير محكمة، وإلزام المستثمرين والمزارعين بالبعد الفورى عن نظام الري بالغمر الذى يعد سبباً رئيساً فى المشكلة والبدء فى إستخدام نظم الري الحديثة كالري بالرش والتنقيط ، والعمل على تحسين حالة المصارف وتبطينها وإنشاء الجسور الواقية على المصارف وعلى البرك لحماية الأراضى المتشاطئة معها.

#### ب - الصرف البيولوجى:

المقصد من الصرف البيولوجى هو إستخدام النباتات فى التخلص من المياه الزائدة عن طريق النتح، ويعمل الصرف البيولوجى على التخلص من المياه الزائدة فى مكانها أو بمعنى أدق على خطوط الكنتور المنخفضة التى تتراكم فيها المياه لتمتصها جذور الأشجار وتفقدتها أوراقها عن طريق النتح، ويجب أن يقوم معهد بحوث الأراضى والمياه بتقدير كمية المياه الزائدة وإتجاه حركتها وذلك لزراعة الأشجار بالكثافة والنوع الملائم لنوعية المياه التى يتم إمتصاصها ونتحها، على غرار ما حدث فى هولندا بزراعة أشجار

الحر فى المناطق المنخفضة لإمتصاص الماء المتجمع بها قبل أن تتحول إلى برك مائية، وكذلك فى أستراليا يتم حماية المراعى بزراعة الكافور فى أدنى نقطة على المرتفعات لإمتصاص الماء قبل وصوله لإغراق المراعى فى الوديان والسهول، ولنجاح الصرف البيولوجى فى منخفض سيوة لابد من تشجير جوانب الطرق والمراوى المائية والمصارف، بالتصميم الذى يتناسب مع المجتمعات السكنية والزراعية بالمنخفض، مع تقنين المياه المنبثقة من الآبار والعيون لتلائم الإحتياجات المائية فقط سواء للرى أو الإستهلاك البشرى، ومن الجدير بالذكر أن إستخدام الصرف البيولوجى بالتشجير يقوم بدوراً هاماً كمصدات للرياح وبالتالي الوقاية من زحف الرمال والعواصف الترابية .

### ج- تحسين حالة المصارف وإقتراح مسارات جديدة للصرف خارج المنخفض:

يعد سوء حالة المصارف فى منخفض سيوة من أهم أسباب مشكلة سوء صرف المياه، حيث تعانى من المصارف من ركود المياه بها، وعدم تبطين جوانبها مما يسمح بتسرب المياه منها، ولذلك لابد من تطوير منظومة الصرف من خلال تحسين حالة المصارف بالتبطين الاسمنتى وتقوية جسورها وتزويدها بمحطات رفع، بالإضافة إلى تعديل مساراتها، وهو ما بدأت فيه الدولة بالفعل من خلال تعديل مسار مصرف "الحاج على" من مصرف "بهى الدين" بقناه خرسانية بقطر ١٠٠ سم وطول ٢٢٠٠م، وإضافة محطتى رفع الأولى تصرف ٢٠ ألف م<sup>٣</sup>/يوم والثانية تصرف ٦٠ ألف م<sup>٣</sup>/يوم على أن تقوم الدولة بالتوسع فى ألواح الطاقة الشمسية بقدرة لا تقل عن ١٢٠ك/وات (مركز معلومات مجلس مدينة سيوة، ٢٠٢١) .

وهناك إتجاه لتقوية وتعليه الجسر المشترك بين مصرف المجمع الشرقة وبركة سيوة بطول ٣,٥ كم وتقوية وتعليه ٣ جسور هى ( ذهبية - الطبو - انصرانى) بإجمالى طول ٨,٢ كم، بالإضافة إلى تدعيم جسور البرك المائية مثل تدعيم جسر بركة سيوة بأطوال

١٢,٦٥ كم بداية بجسر فطناس بطول ٣,٥ كم، وجسر ذهبية ٣,٨ كم، وجسر الطبو ٤,٦ كم، وجسر انصرانى ٧٥٠ متر (مركز معلومات مجلس مدينة سيوة، ٢٠٢١).

وأيضاً من مقترحات حل مشكلة الصرف بمنخفض سيوة هو الصرف خارج المنخفض أى إلى المنخفضات المجاورة، ومن المنخفضات المقترحة منخفض عين الجنى وتم بالفعل البدء فى تنفيذ قناه مفتوحة لنقل مياه الصرف الزراعى المنصرفة إلى بركة سيوة إلى منخفض عين الجنى بقناة طولها ٣٣,٧ كم (مركز معلومات مجلس مدينة سيوة، ٢٠٢١)، ومن المنخفضات المقترحة أيضاً لصرف مياه منخفض سيوة إليها هو منخفض الأعرج فى جنوب شرق منخفض سيوة وهو ما قامت (Mona Sayed, 2021) بإقتراحه وعمل نموذج محاكاة للمسار الأمثل لمصرف رئيس تتجمع فيه مياه مصارف المنخفض من الغرب للجنوب الشرقى والإتجاه نحو منخفض الأعرج ، كما أنه هناك إقتراحات للصرف فى منخفض القطاره بعمل قناه بطول ٨٠ كم تصل إلى حافة منخفض القطاره الغربية وزراعة حواف القناه بأشجار الكافور.

ويرى الباحث أن فكرة الصرف خارج المنخفض ليست بالأمر السهل فهى تتطلب دراسات وافية لمسارات المصارف الجديدة وقنوات الصرف خارج المنخفض، بالإضافة إلى دراسات دقيقة للمنخفضات التى سيتم الصرف إليها سواء دراسات جيولوجية وجيومورفولوجية وبيئية وغيرها، حيث من الممكن أن تتحول هذه المنخفضات إلى بحيرات ملوثة تهدد البيئة المجاوره وتهدد الخزان الجوفى أيضاً، هذا بالإضافة إلى التكلفة العالية لمثل هذه المشاريع، لذلك فالأمر يتطلب مزيداً من الدراسات الدقيقة قبل تنفيذ أى من الأفكار المطروحة.

## النتائج:

- التوسع فى الإستثمار الزراعى وما تبعه من عشوائية واضحة فى حفر الآبار مع الإدارة الغير جيدة لنظم الصرف وقلة كفاءتها، يعد سبباً رئيساً فى مشكلة صرف المياه بمنخفض سيوة وحدثت تغيرات جيومورفولوجية إرتبطت به.

- أثرت طبوغرافية السطح بمنخفض سيوة فى إتباع مياه الصرف نمط تصريف مركزى نحو الأراضى المنخفضة المنسوب التى إرتبطت بها البرك المائية والسبخات والمسطحات الملحية.

- مع الزيادة السكانية فى منخفض سيوة فى ظل التوافد إليها بغرض الإستثمار خاصة الزراعى، مع عدم وجود شبكة للصرف الصحى وطرق الري بالغمر زادت معدلات غدق المياه الأرضية مع زيادة نسبة تلوثها.

- ساعدت شرائح الصلصال، وصخور الدولوميت فى التتابع الطبقي القريب من سطح التربة على إحتجاز المياه عند مستويات تصل إلى ٢ متر وإرتفاعها رأسياً، وزيادة معدلات غدق المياه، وإتجاهها مع ميل الطبقات نحو البرك المائية والسبخات.

- تغيرت المسطحات المائية إلى الزيادة فى مدة الدراسة من عام ٢٠٠٠ إلى ٢٠٢١ بزيادة قدرها ١٨,٨٧ كم<sup>٢</sup> بنسبة تغير ٣٤,١٨٪، ومن المتوقع إنتقال هذه المساحات إلى الزيادة حتى عام ٢٠٣٠ بزيادة قدرها ١١,٨٥ كم<sup>٢</sup> بنسبة تغير ١٦٪ عن عام ٢٠٢١، ويستمر التنبؤ بالزيادة حتى عام ٢٠٤٠ بزيادة قدرها ٦,٨٤ كم<sup>٢</sup> بنسبة تغير ٧,٩٦٪ عن عام ٢٠٣٠، وبالتالي يصل إجمالى التغير بالزيادة من عام ٢٠٢١ حتى عام ٢٠٤٠ إلى ١٨,٦٩ كم<sup>٢</sup> بنسبة تغير ٢٥,٢٣٪ وهو أمر متوقع مع زيادة الإستثمار الزراعى وعدم تطوير طرق الصرف.

- تغيرت المسطحات الملحية إلى التناقص في مدة الدراسة من عام ٢٠٠٠ إلى عام ٢٠١٠ حيث فقدت - ٢كم٤٠,٩٥ مساحتها بنسبة تغير - ٦٩,٢٣٪، ومن المتوقع أن يحدث ثبات نسبي حتى عام ٢٠٣٠ بزيادة قدرها ٢كم٠,٠٧ فقط بنسبة تغير ٠,٣٩ ٪، وربما يعود ذلك إلى إستنزاف المسطحات الملحية في مدة الدراسة السابقة من عام ٢٠٠٠ إلى عام ٢٠١٠ فربما تهدأ عمليات إستخراج الملح، على أن تعود مره أخرى للتناقص في المدة من عام ٢٠٣٠ حتى عام ٢٠٤٠ حيث بلغ التغير بالتناقص - ٢كم٣,٩٢ بنسبة تغير - ٢١,٤٤٪، في إشارة إلى العودة التدريجية لنشاط إستخراج الملح مرة أخرى، وعلية فإن إجمالي التغير المتوقع من عام ٢٠٢١ حتى عام ٢٠٤٠ يصل إلى - ٢كم٣,٨٥ بنسبة تغير - ٢١,١٣٪.

- تغيرت مساحة السبخات إلى التناقص في المدة من عام ٢٠٠٠ إلى عام ٢٠٢١ حيث فقدت - ٦٣,٢٧ من مساحتها بنسبة تغير - ٢٤,٢٢٪ ومن المتوقع أن يستمر التناقص حتى عام ٢٠٣٠ حيث من المتوقع أن تفقد - ٢كم٤٧,٦٢ من مساحتها عن عام ٢٠٢١ بنسبة تغير - ٢٤,٠٥٪، ويتوقع أن يستمر التناقص حتى عام ٢٠٤٠ حيث من المتوقع أن تفقد السبخات - ٢كم١٤,٦١ من مساحتها في المدة من عام ٢٠٣٠ حتى عام ٢٠٤٠ بنسبة تغير - ٣١,٦٧٪، وبالتالي فإن إجمالي التغير من عام ٢٠٢١ حتى عام ٢٠٤٠ يبلغ - ٢كم٦٢,٢٤ بنسبة تغير - ٣١,٤٣٪.

- نتج عن سوء صرف المياه بمنخفض سيوة عدة أخطار جيومورفولوجية تتعلق بتغدق وتملح التربة، والتجوية الملحية، والهبوط الأرضي.

- جاءت نتائج نموذج المحاكاة لتصنيف الأخطار الجيومورفولوجية الناتجة عن سوء صرف المياه بمنخفض سيوة بوجود مناطق قليلة الخطورة بنسبة ٤٣,٦٢٪ من مساحة المنخفض، ومناطق متوسطة الخطورة بنسبة ١١,٧٩٪، ومناطق خطرة بنسبة



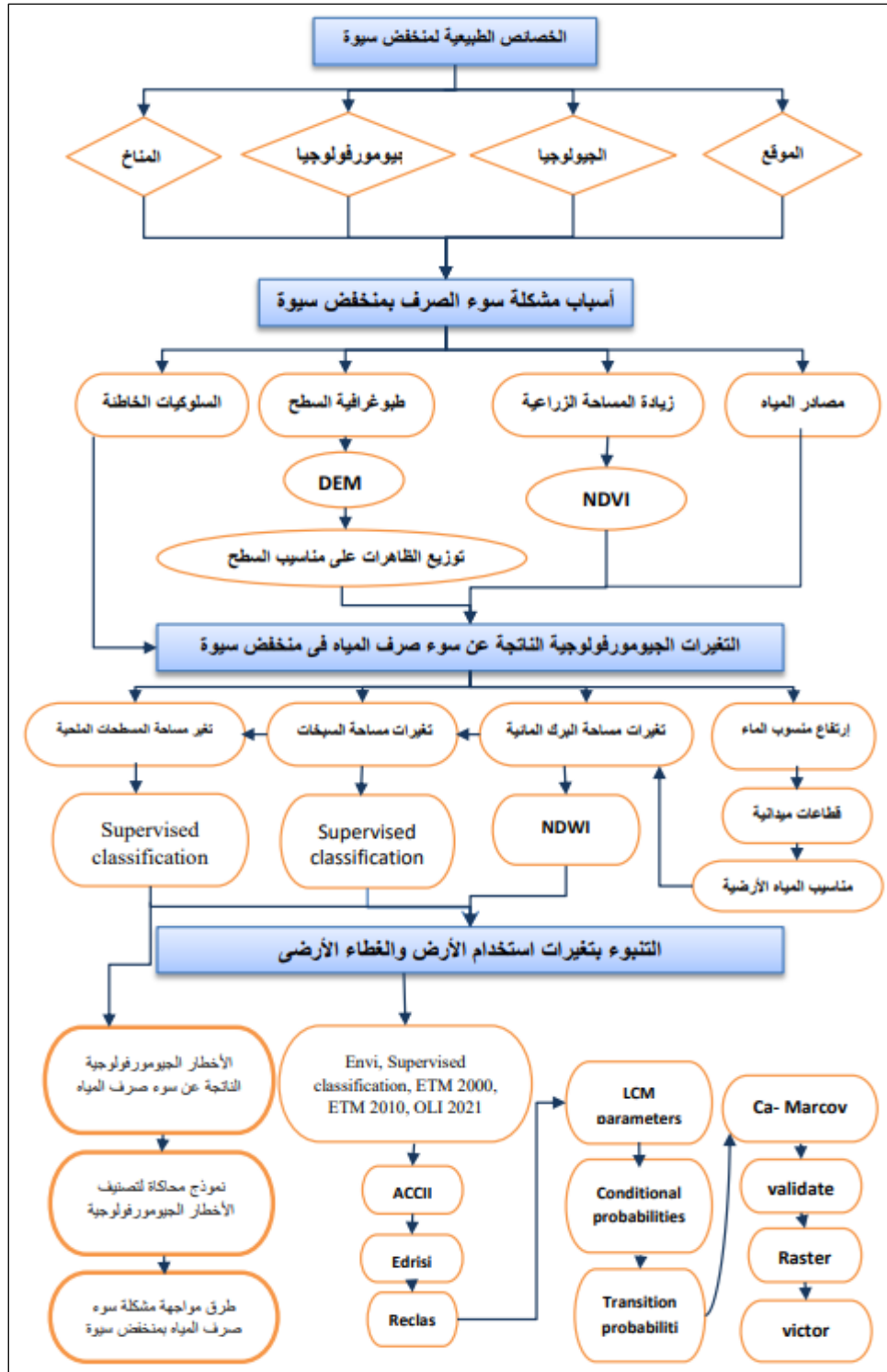
٢٣,١٥٪، ومناطق شديدة الخطورة بنسبة ١٣,٩٣٪، ومناطق شديدة الخطورة جداً بنسبة ٢,٢١٪.

### التوصيات:

- يجب الإستفادة من منخفض سيوة وإستغلال موارده على الوجه الأكمل بالطرق العلمية الدقيقة التى تضمن التنمية المستدامة والحفاظ على توازنه البيئى.
- ضرورة التعاون بين سكان المنخفض والمستثمرين والجهات المختصة بالدولة فى مواجهة مشكلة حفر الآبار العشوائية وغلقتها، ولابد أن يعلم المزارعين أن الآبار العشوائية لاتجنى إلا الضرر لهم على المدى البعيد.
- ضرورة عمل الدراسات اللازمة وتنفيذها على توزيع الآبار الحكومية (الوزارية) توزيعاً علمياً دقيقاً على المساحات الزراعية، وإحكام غلقها وفتحها بما يضمن تحقيق التوازن المائى بالمنخفض.
- ضرورة تحسين حالة المصارف بالمنخفض والعمل على تبطينها، وإنشاء الجسور الواقية بها، وتنظيم درجات إنحدارها للحد من التسرب لأقصى درجة ممكنة.
- توفير الجسور حول البرك خاصة المتاخمة للمزارع لحماية المزارع المتشاطئة معها من إمتداد المياه إليها.
- ضرورة توفير الدراسات الدقيقة حول إمكانية تنفيذ طرق الصرف البيولوجية بالمنخفض من خلال إختيار الأشجار المناسبة، والمواقع والمناسيب المناسبة لزراعتها لتكون جزءاً فعالاً فى حل المشكلة، ومن الممكن أن تكون مصدراً لثروة خشبية.
- ضرورة مراجعة الدراسات والإقتراحات حول إمكانية صرف المياه خارج المنخفض إلى المنخفضات المجاورة كمنخفض القطارة ومنخفض الأعرج، من خلال الدراسات حول مسارات المصارف الصحيحة، ومعالجة المياه، والدراسات حول المنخفضات المقترح

صرف المياه إليها حتى لا تحدث مشكلات بيئية في مناطق الصرف، وعمل الدراسات الدقيقة حول إمكانية تنفيذها من عدمه.

- توفير شبكات صرف صحي متطور بالمنخفض للحد من تلويث المياه الأرضية.
- ضرورة مراعاة الأماكن المعرضة للأخطار الجيومورفولوجية ومراعاة طرق الوقاية اللازمة في التوسعات العمرانية ومد الطرق لتفادي وقوع الأضرار.
- منخفض سيوة غنى بالدراسات العديدة التي تناولته في المجالات المختلفة الزراعية والجيولوجية والبيئية، سواء لإبراز إمكاناته أو لحل مشاكله، فيجب على الجهات المختصة في الدولة الإطلاع عليها وتقييم ما جاء بها وتنفيذ ما يمكن تنفيذه.
- تناولت الدراسة التغيرات الجيومورفولوجية المرتبطة بسوء صرف المياه في المنخفض في المدة من عام ٢٠٠٠ حتى ٢٠٢٢، وتنبأت الدراسة بالتغيرات المتوقعة حدوثها في عام ٢٠٤٠، مع إشارته للتغيرات الجيومورفولوجية المرتبطة بصرف المياه وأخطارها، وما زالت تحتاج مشكلة الصرف في منخفض سيوة إلى توفير فريق بحثي متكامل في التخصصات المختلفة، وتوفير الدعم الحكومي له لإقتراح السبل المثلى لحل المشكلة.



شكل تخطيطي تدفقي flow chart يوضح مراحل الدراسة

## المراجع

- ١- إبراهيم صلاح الدين خضر، ٢٠٠٨، إستخدام نظم المعلومات الجغرافية فى دراسة الجيومورفولوجيا التطبيقية لمنخفض سيوة، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة بنها.
- ٢- إحسان أحمد سعيد، ٢٠٠٥، الأشكال الهوائية بمنخفض سيوة، دراسة جيومورفولوجية، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة القاهرة.
- ٣- أحمد نكى سيد، مسعد السعيد رجب، سامى السعيد على، ٢٠١٩، الأثر الإقتصادي والبيئى لزراعة الجاتروفا باستخدام مياه الصرف الزراعى بمنخفض سيوة، مجلة العلوم البيئية، معهد البحوث والدراسات البيئية، جامعة عين شمس، المجلد الخامس والأربعون، الجزء الثالث.
- ٤- أحمد سامى النجار، ٢٠٠٨، التغيرات البيئية فى منخفض سيوة دراسة تطبيقية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة الزقازيق.
- ٥- إيمان طه إسماعيل، ١٩٩٩، مركز الصف وأطفيح - دراسة فى الجغرافيا الزراعية، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة عين شمس.
- ٦- حسن محمد القلاوى، ١٩٨٠، منخفض سيوة دراسة فى الجغرافيا الطبيعية، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية البنات، جامعة عين شمس.
- ٧- حنان محمد حامد، ١٩٩٥، الخريطة الجيومورفولوجية لمنخفض سيوة، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة المنوفية.

- ٨- سالى عبد الحميد بوادى، رباب أحمد الخطيب، ٢٠٠٧، الأثر الإقتصادي والإنتاجى لإرتفاع منسوب الماء الأرضى بمنخفض سيوة، المجلة المصرية للإقتصاد الزراعى، المجلد السابع والعشرون، العدد الثالث.
- ٩- عاطف عبد العظيم جودة، ١٩٨٥، دراسة لبعض التغيرات الإقتصادية بالوحدات البحرية بجمهورية مصر العربية، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة عين شمس.
- ١٠- ماجد شعلة، جمال قمح، كوثر صبحى، ٢٠١٥، التجوية وآثارها الجيومورفولوجية فى تشكيل مقابر الأنفوشى الأثرية بمدينة الإسكندرية - مصر: دراسة حالة فى الجيومورفولوجيا التطبيقية، جامعة الكويت، كلية العلوم الإجتماعية، قسم الجغرافيا، العدد ٤٢٢.
- ١١- مركز مدينة سيوة، ٢٠٢١، مركز المعلومات ودعم إتخاذ القرار، بيانات غير منشورة.
- ١٢- مركز بحوث الصحراء، ٢٠١٧، دراسة جيوكهربية لمعرفة ظروف تواجد المياه الجوفية لقطعة أرض بمنطقة أبو شروف- واحة سيوة- الصحراء الغربية مصر، تقرير جيوفيزيائى مقدم من قسم الإستكشاف الجيوفيزيائى.
- ١٣- مركز بحوث الصحراء، ٢٠١٧، دراسة الأراضى التفصيلية لمساحة ٢٢٠ فدان لصالح السيد الأستاذ الدكتور كورنيلس هولسمان، منطقة أبو شروف- سيوة - مطروح، شعبة مصادر المياه والأراضى الصحراوية، قسم البيدولوجى.
- ١٤- مزكين محمد حسن، سمير صباح رجب، ٢٠٢٠، النمذجة المكانية للزحف الحضري فى مدينة دهوك بإستخدام خوارزمية ماركوف (Markov - CA)، مجلة جامعة دهوك، المجلد: ٢٣، العدد: ٢ (العلوم الانسانية والاجتماعية)، ص ٥١٥-٥٢٩.

- ١٥- محمد عمر إدريس، ١٩٩٠، الأراضي المتأثرة بالأملاح ومصادر المياه في جمهورية مصر العربية، مشروع التنمية الزراعية بالساحل الشمالى الغربى وسيوة، جهاز تنمية وتعمير الساحل الشمالى الغربى وسيوة ومطروح.
- ١٦- محمود حسين عشاوى، ٢٠٠٣، المياه الجوفية والصرف الزراعى، ندوة مشكلة الصرف الزراعى فى سيوة، محافظة مطروح.
- ١٧- محمود محمد عاشور، ١٩٩١، السبخات فى شبة جزيرة قطر، " دراسة جيومورفولوجية - جيولوجية - حيوية"، جامعة قطر، الدوحة.
- ١٨- ممدوح تهاى عقل، ٢٠٠٣، تصحر التربة فى منخفض سيوة من منظور جيومورفولوجى، مجلة كلية الآداب، جامعة المنوفية، العدد الخمسون.
- ١٩- نبيل السيد إمبابى، ١٩٧٧، الخريطة الجيومورفولوجية لمنخفض سيوة، ندوة بحوث واحة سيوة، بحث رقم ٤- د، جامعة عين شمس.

### References:

- 1- Abdulaziz M. Abdulaziz, Abdalla M. Faid, 2016, Evaluation of the groundwater resources potential of Siwa Oasis using three-dimensional multilayer groundwater flow model, Mersa Matruh Governorate, Egypt.
- 2- Abo-Ragab Samy, 2010, Adesertification Impact on Siwa Oasis: Present and Future Challenges, Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 6(6): 791-805.
- 3- Abubakr A. A. Al-sharif & Biswajeet Pradhan, 2013 Monitoring and predicting land use change in Tripoli Metropolitan City using an integrated Markov chain and cellular automata models in GIS, Saudi Society for Geosciences, published on line, September 2013.
- 4- A.S. El-Hassanin, A.A. Abd El Hady, et al, 2020, LAND RESOURCES ASSESSMENT OF SIWA OASIS, WESTERN

DESERT, EGYPT, Plant Archives Vol. 20, Supplement 1, pp. 3084-3093.

- 5- Ashraf M. Mostafa., Osama R. Abd El-Kawy., Nor Al-Deen N. Khaled., 2020, Desertification Sensitivity Analysis East of Siwa Using GIS and Remote Sensing, Alexandria Science Exchange Journal, Vol.41, No.1 January-March.
- 6- Azza,A., 2007, Assessment of Salt weathering in Siwa Oasis (The Western Desert of Egypt), Bull, Egypt, Geo, Soc, Vol.80.
- 7- Cooke,R., et al., 1982, Urban Geomorphology in Dry Land, Oxford, London.
- 8- Cooke, R., Warren,A., 1993, Geomorphology, Oxford, London.
- 9- El-Ramly,I., 1990, Environmental Management of Siwa Oasis, Aquifer System, Western Desert, The Sememar Held by thy Engineer's Syndicate at Cairo.
- 10- Elnaggar, A. A. , A. Mosa ., M. E. El-Seedy and F. G. Biki.,2016, Evaluation of Soil Agricultural Productive Capability by Using Remote Sensing and GIS Techniques in Siwa Oasis, Egypt., J.Soil Sci. and Agric. Eng., Mansoura Univ., Vol. 7(8): 547 – 555.
- 11- Elnaggar, A. A. , K. H. El-Hamidi , M. A. Mousa and M. F. Albakry., 2017, Mapping Soil Salinity and Evaluation of Water Quality in Siwa Oasis Using GIS., J.Soil Sci. and Agric. Eng., Mansoura Univ., Vol. 8(1):9-19.
- 12- Embabi,N.S., 2004, The Geomorphology of Egypt, Egyptian. Geo.soci, Vol.1.
- 13- FAO., 1979,Aprovisional Methodology for Soil Degradation Assessment Report on the FAO-UNEP Export Consulation. FAO, Rome.
- 14- FAO., 2006,Guidelines for Soil Description. 4th edition. FAO, Rome, Italy.

- 15- FAO.,2012, Coping with Water Scarcity: An Action Framework for Agriculture and Food Security, FAO Water Rep. No. 38. Rome,Italy.
- 16- Gad, M.I.M, 2000, Water budget analysis for the top most aquifer for some cultivated area in the central part of Siwa oasis, Western desert Egypt, Ph.D, Al-Azhar Univeresity.
- 17- Ghosh, P., Mukhopadhyay, A., Chanda, A., Mondal, P., Akhand, A., Mukherjee, S., Nayak, S.K., Ghosh, S.,Mitra, D., Ghosh, T., et al., 2017, Application of Cellular automata and Markov-chain model in geospatial environmental modeling—A review. Remote Sens. Appl. Soc. Environ., 5, 64–77.
- 18- Heba S. A. Rashed, 2016, Change Detection in Land Degradation and Environmental Hazards Sensitivity in Some Soils of Siwa Oasis, Egypt. J. Soil Sci. Vol. 56, No. 3, pp.433-451.
- 19- Inji Kenawy, 2017, Desertification and city resilience Siwa, Egypt, conference paper PLEA, Edinburge.
- 20- Mona Sayed Hussen., 2021, An " Out-of-the-depression" drainage solution to the land degradation in Siwa oasis, Egypt, Arabian Journal of Geosciences, published online.
- 21- M.S. Abdul Ghafar., 2014, Desertification and its impact on agriculture production in Siwa Oasis, Middle East Journal of Agriculture Research, 3(2): 155-166, 2014, ISSN 2077-4605.
- 22- Noha H. Moghazy., Jagath J. Kaluarachchi., 2020, Assessment of groundwater resources in Siwa Oasis, Western Desert, Egypt., Alexandria Engineering Journal, 59, 149-163.
- 23- RIGW,1996, Well inventory in Siwa Oasis, Res. Inst. Groundwater., Natl. Water Res. Center, Minist. Water Resour. Irrig.Cairo, Egypt.
- 24- RIGW, 2012, Project on development of Siwa Oasis, well inventory, Research Institute for Groundwater (RIGW).



- 25- R. M. Rafie, 2017, Effect of Water Table Level on Soil and Wheat Productivity in Siwa Oasis, Egypt. J. Soil Sci., Vol. 57, No.1, pp. 89 – 100.
- 26- Said, R., 1962, The Geology of Egypt Netherlands, New York.
- 27- Salman A. Salman., Elsayed M. Abu El Ella., Elmontser M. Seleem and Ahmed A. Elnazer ., 2018, Groundwater Quality and Environmental Investigations in Siwa Oasis, Egypt., International Journal of Recent Advances in Multidisciplinary Research Vol. 05, Issue 07, pp.3951-3958, July.
- 28- Weil, Ray, R., 2008, Nature and properties of soils upper Saddle River USA, Pearson Barady, Nylec 14<sup>th</sup> .
- 29- Young, A., 1974, Slope Development, Clyton, K., & Elkins, T.H., Makmillan, (Ed.), London.

Internet website sources:

- <https://www.Syress.com/articles>
- <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-normalized-difference-vegetation-index>
- <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-normalized-difference-water-index>
- <https://www.worldclim.org/data/index.htm>

## **Geomorphological changes Produced by drainage of water in Siwa Depression and its hazards (From 2000 to 2021)Using GIS and Remote Sensing**

**Dr. Mohamed Abd Ellatif Abd Emotaleb Elkasrawy**

Lecturer of physical geography, Higher Institute of Literary Studies, King Mariout, Alexandria

### **Abstract:**

Siwa Depression suffers from water drainage problems drainage problems that led to clear geomorphological changes that were followed by threats to sustainable development , the study dealt with geomorphological changes produced by drainage of water in the period from 2000 to 2021, with predictive models for 2040, by studying physical characteristics of the depression, then studying causes of water drainage problem, then studying geomorphological changes produced by drainage of water, through analysis of satellite images for years 2000-2010 - 2021 by doing supervised classification and NDVI indicator to study development of vegetation cover and its relation with water drainage, and NDWI indicator for monitoring changes in water bodies, then make predictive simulation models for 2040 using simulation algorithm of (CA–Markov), then study the geomorphological hazards through a simulation model to classify the hazard, and clarify ways to confront them, the most important results of the study is monitoring changes in area of water bodies during the study period, with an increase of 34.18%, as well as monitoring changes in decreasing area of salt flats during the study period, to -69.23%, and the changes in the area of the sabkhas decreased -24.22%, the study added ways to confront the problem of water drainage.

**Keywords:** Siwa depression- geomorphological changes- CA Markov- water drain – sabkha – geomorphological hazards