استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في رصد ومتابعة الأخطار والتوقعات المستقبلية لها:دراسة حالة بحيرات سيوه

أ.د./عزة عبدالله* – أ./ابراهيم صلاح الدين خضر**

*أستاذ الجيومورفولوجيا ووكيلة كلية الآداب جامعة بنها لشئون خدمة المجتمع وتنمية البيئة

**باحث دكتوراه بجامعة القاهرة

استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في رصد ومتابعة الأخطار والتوقعات المستقبلية لها:دراسة حالة بحيرات سيوه

أ.د./عزة عبدالله* – أ./ابراهيم صلاح الدين خضر**

*أستاذ الجيومورفولوجيا ووكيلة كلية الآداب جامعة بنها لشئون خدمة المجتمع وتنمية البيئة

**باحث دكتوراه بجامعة القاهرة

مقدمة:

تمثل بيانات الاستشعار عن بعد مصدر هام من مصادر البيانات لرصد ومتابعة الأخطار وتساهم نظم المعلومات الجغرافية في تحديد مواضع الأخطار وتحديد مدى تطور الأخطار ودرجات الخطورة ،كما يمكن باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية إعداد توقعات مستقبلية لتطور الأخطار.

أوضح تحليل الخرائط الطبوغرافية والمرئيات الفضائية حدوث تغير واضح فى مناسيب البحيرات فى منخفض سيوه مما أدى إلى تعرض الأراضى الزراعية والمناطق السكنية للعديد من الأخطار مثل ارتفاع منسوب المياه تحت السطحية وزيادة مساحة السبخات وتغدق التربة وانتشار ظاهرة الهبوط الأرضي بقاع المنخفض.

الدراسات السابقة:

حظي منخفض سيوة بالعديد من الدراسات الجغرافية والجيولوجية، نذكر منها دراسة نبيل سيد إمبابي (١٩٧٧) عن "الخريطة المورفولوجية لمنخفض سيوة"، وهى دراسة وصفية دقيقة عن مورفولوجية منخفض سيوة وأهم ظاهراته الجيومورفولوجية ، ودراسة حسين محمد القلاوي (١٩٨٠) عن "منخفض سيوه :دراسة في الجغرافيا الطبيعية" تناول فيها جيولوجية المنخفض ومناخه وأشكال السطح بالمنخفض، و دراسة إبراهيم رشاد إبراهيم (١٩٩٠)عن "واحة

سيوة، دراسة في الجغرافيا الزراعية" وتناولت جيولوجية المنخفض ومورفولوجيته وأهم المحاصيل الزراعية فيه، ودراسة حنان محمد حامد(١٩٩٤) عن "الخريطة الجيومورفولوجية لمنخفض سيوة"، وتناولت جيولوجية المنخفض ومناخه ثم أهم الظاهرات الجيومورفولوجية المرتبطة بقاع المنخفض وحافات المنخفض ، و دراسة محمد بكر عبد الغني(٢٠٠١) ٢٠٠١: "مشروع دراسة مشكلة الصرف الحقلي في أراضي مناطق الواحات". وهي دراسة تناولت حالة الصرف الزراعي بالمنخفض وأثره علي المياه الجوفية وزيادة ملوحتها ،ودراسة ابراهيم صلاح الدين خضر عن "استخدام نظم المعلومات الجغرافية في دراسة الجيومورفولوجيا التطبيقية لمنخفض سيوه"(٢٠٠٨) وتناولت الخصائص الطبيعية للمنخفض ،ومورفولوجية المنخفض وتحليل الخريطة الجيومورفولوجية والجيومورفولجية التطبيقية للمنخفض واعتمدت الدراسة على استخدام نظم المعلومات الجغرافية.ودراسة (Azza Abdallah ,2007) Assessment of The Western Desert of :"Salt weathering in Siwa Oasis Egypt)" وتناولت عوامل نشأة وتطور التجوية الملحية والعمليات الجيومورفولوجية المرتبطة بها والظاهرات والأخطار الناتجة عنها فى واحة سيوة .

أهداف الدراسة:

تم تحديد أهداف الدراسة علي النحو التالي:

1. رصد التغيرات فى بحيرات سيوه خلال الفترة من ١٩٨٥ إلى ٢٠١٠.
2. اعداد وتحليل خرائط الغطاء الأرضى واستخدام الأرضى لعامى ١٩٨٥ و٢٠١٠.
3. تحديد الأخطار الناتجة عن التغيير فى البحيرات.
4. إعداد خرائط للتوقعات المستقبلية المتوقعة لتطور بحيرات سيوه حتى عام ٢٠٢٥.

مصادر وأساليب الدراسة :

لتحقيق الأهداف المذكورة اعتمدت الدارسة الحالية علي المصادر والأساليب الآتية:

1- فحص وتحليل الخرائط الطبوغرافية ١: ٢٥٠٠٠ عن واحة سيوة، ١٩٣٣ عددها ٦، إصدار الهيئة المصرية العامة للمساحة المدنية. والخريطة الجيولوجية ١: ٢٥٠٠٠٠ لمنخفض سيوة، ١٩٨٨، إصدار شركة كونيكو.
2- فحص وتحليل المرئيات الفضائية وتشمل مرئيات TM land sat بدقة ٢٨,٥ م انتاج ١٩٨٥ومرئيات land sat ETM بدقة ١٤,٥م انتاج عام ٢٠٠٥ . ومرئيات Quick bird عام ٢٠١٠ بدقة 60 سم.
3- الدراسة الميدانية وشملت تسجيل الملاحظات الميدانية واجراء المقابلات الشخصية والتقاط الصور الفوتوغرافية.
4- استخدام برنامج ERDAS Imagine v. 8.7 وبرنامج Arc GIS v. 9.1 فى معالجة وتحليل البيانات والمرئيات الفضائية وإخراج النتائج.
5- استخدم فى هذه الدراسة عدد من أدوات التحليل نذكر منها

- **تحليل التطابق Overlay analysis**

تم استخدامه لدراسة التغيرات التي طرأت علي مساحات البحيرات داخل منخفض سيوة بين عامي ١٩٨٥ وعام ٢٠١٠ حيث تم رسم Digitized الطبقة الاولى للبحيرات لعام ١٩٨٥ والثانية لعام ٢٠١٠ وتم تطبيق تحليل التطابق باستخدام Erase Module من برنامج ArcGIS_ArcInfo_9.2 لتحديد المساحات المضافة للمسطح المائى للبحيرات .

- **تحليلات الجوار Proximity analysis**

تم استخدام تحليلات الجوار في إنتاج النطاقات المتعددة Multi Buffer Zone حول البحيرات لتحديد مناطق الخطورة والتي هي عبارة عن المناطق التي سوف تغمر بالمياه إذا ما ارتفع منسوب

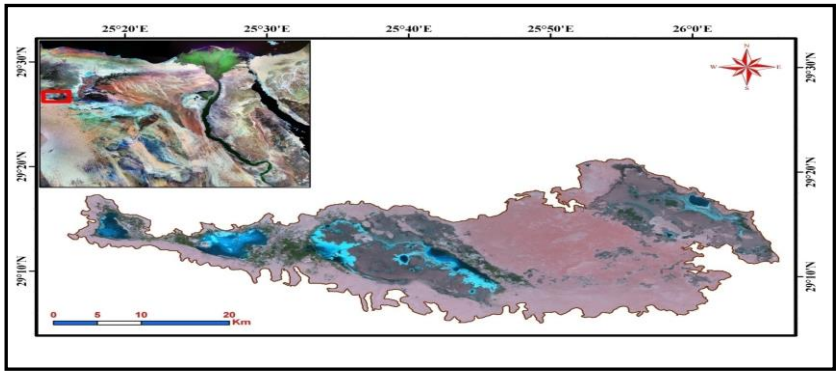
البحيرات إلي ١٦م مثلاً. وتصنيف مناطق الخطورة علي حسب قربها أو بعدها عن البحيرات الحالية .

- **التصنيف المراقب Supervised Classification**

تم استخدام التصنيف المراقب Supervised Classification على المرئيات الفضائية لاندسات (١٩٨٥/٢٠١٠) واعتمد في هذا التصنيف علي البصمة الطيفية لبعض العناصر (البحيرات،السبخات ،المسطحات الملحية ، الأراضى الزراعية)وتم استخراج جدول بمساحات كل عنصر من العناصر وذلك للمقارنة بين السنوات المحدده للدراسة لرصد التغير.

موقع منطقة الدراسة

يقع منخفض سيوة في الجزء الشمالي الغربي من الصحراء الغربية بين خطي طول ١٨ َ ٢٥ ْ و ٩ َ ٢٦ ْ شرقاً، وبين دائرتي عرض ٦ َ ٢٩ ْ و ٣٤ َ ٢٩ ْ شمالاً، وتمثل البحيرات أحد وأهم الظاهرات الجيومورفولوجية فيه. شكل (١)



شكل (١) موقع منخفض سيوة

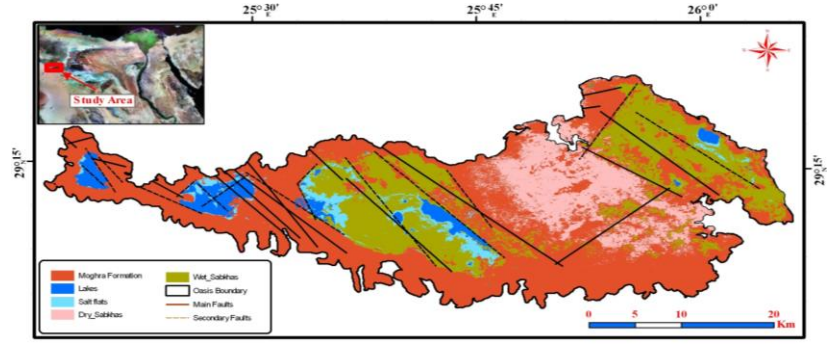
يبلغ اجمالى مساحة البحيرات ٤٨,٢ كم٢عام ٢٠١٠، وتشغل البحيرات ما يعادل ١٤,٨ % من مساحة واحة سيوه حيث تشغل أكثر

إجزاء المنخفض أنخفاضاً وتقع جميعها دون منسوب سطح البحر بنحو عشرة أمتار وعلي الرغم من وجود فواصل صخرية بينها إلا أن هناك أتصالاً هيدرولوجياً فيما بينها.

وبحيرات منخفض سيوة من النوع المستديم علي الرغم من ارتفاع معدل التبخر في المنخفض وذلك بسبب الأمداد المستمر لها من مياه الصرف الزائدة عن حاجة الري ومياه العيون والتي يتدفق بعضها طبيعياً أسفل البحيرات نتيجة التقاء خطوط الصدوع المتعامدة على بعضها.

وأشهر البحيرات وأكبرها مساحة فى المنخفض بحيرة سيوة وتقع إلى الغرب من مدينة سيوة وتبلغ مساحتها ٢٠,٩كم٢ تم تليها فى المساحة بحيرة الزيتون ثم المراقي ثم أغورمي ثم المعاصره وتميره.

تتخذ البحيرات فى منخفض سيوه الشكل الطولى باتجاه شمالى غربى – جنوبى شرقى مما يدل على تأثير البنية الجيولوجية فى نشأة البحيرات حيث تتبع خطوط الصدوع والفواصل محور شمال الشمال الشرقى – جنوب الجنوب الغربى. شكل (٢)



شكل (٢) تأثير اتجاه خطوط الصدوع فى نشأة البحيرات فى منخفض سيوه

الخصائص المناخية :

يبلغ متوسط الحرارة العظمى فى شهر يوليو ٣٧,٨° ،ويبلغ متوسط الحرارة الصغرى فى شهر يناير ٥٥,٨° ،ويبلغ قيمة المدى الحرارى السنوى ٣٢ ° ،وأعلى درجة حرارة للتربة على عمق ٥ سم ٣٢,٨ ° .

المطر نادر وقليل ، متوسط المطر السنوى ٠,٨٧ مم/السنة، ويتراوح متوسط المطر الشهرى بين ٠,٣ مم/السنة إلى ٢,٤ مم /السنة، ويسقط المطر شتاء. ويوجد ثلاث اتجاهات رئيسية للرياح وهى الشمال الغربى والغرب وتمثل ٢٣,٤% وتتركز فى فصل الشتاء، وشمال الشمال الشرقى بنسبة ١٠,٣%، وشرق الشمال الشرقى بنسبة ٩,٣%، وتبلغ نسبة هبوب الرياح من الجهات الأخرى ٣٠,١٢%،وتتراوح سرعة الرياح فى منخفض سيوه بين النسيم (١- ٣ع/س) إلى الرياح العاصفة (٢٨- ٣٣ع/س)

يبلغ المتوسط السنوى للرطوبة النسبية ٤٥% والمتوسط الشهرى للتبخر ٣٢٣٩مم/شهر. وتبلغ معدلات الرطوبة النسبية أعلى قيمة لها فى شهور الشتاء إذ تتراوح بين ٥٠% و ٥٥% وتبلغ أدنى قيمة لها خلال شهور الصيف إذ تتراوح الرطوبة النسبية بين ٣٥% و٤٠ % . يقل التبخر فى فصل الشتاء حيث تتراوح قيم التبخر بين ٤,٨ و ٥,٥ مم/يوم ، ويزداد التبخر فى فصل الصيف حيث يتراوح بين ١٠ و ١٣ مم/يوم وذلك لارتفاع درجة الحرارة وزيادة مساحة المسطحات المائية بالمنخفض .

رصد التغيرات فى بحيرات سيوه خلال الفترة من ١٩٨٥ إلى ٢٠١٠

تم رصد البحيرات من المرئيات الفضائية لاندسات لعامى ١٩٨٥ و٢٠١٠، وذلك بعد إجراء التحسينات Enhancements علي المرئيات (تطبيق فلتر Sharpen بالإضافة إلي ضبط التضارب اللوني Contrast) باستخدام برنامج ERDAS Imagine وتم الاستعانة بالحيوز الطيفية ٥ ، ٧ ، ٣ في فصل المياه من خلال عملية

التصنيف المراقب Supervised Classification حيث أن المياه تعكس نسبة قليلة من الأشعة الكهرومغناطيسية التي تصل إليها من الشمس، لاسيما في الجزء المرئي من الطيف، في حين أن المياه تمتص معظم الأشعة تحت الحمراء وبالتالي تظهر علي المرئية الفضائية باللون الأسود الداكن عند عرض أي حيز طيفي خاص بالأشعة تحت الحمراء من المرئية الفضائية مثل الباند رقم (٥) أو رقم (٤)، بعد ذلك تم تحويلها عن طريق الكود الخاص بها من شكل الراستر Raster إلى شكل الفيكتور Vector من خلال برنامج Arc GIS_9.2 في شكل طبقة شفافة Feature Class داخل Geodatabase وذلك لحساب التغير فى مساحات البحيرات، وقد تبين ما يلى:

تغير مساحة بحيرتى المعاصر وتميره:

تقع بحيرتى المعاصر وتميره فى حوض المعاصر شرق المنخفض ويعتبر أكثر الأحواض ارتفاعا بالمنخفض حيث يقع علي منسوب - ٩ متر ويمتد من الفاصل الصخري في الغرب (- ٥ متر) إلي أقدام الحافة الشرقية للمنخفض ومن الحافة الشمالية للمنخفض شمالاً حتي مقدمات الكثبان الرملية جنوباً، وتوجد بحيرة المعاصر في الجزء الشمال الشرقي منه، بينما توجد بحيرة تميرة في الجزء الجنوبي الغربي منه

أ - بحيرة المعاصر: تمتد بين دائرتي عرض ٣٨ً١٦َ٢٩ْو ٤٥ً١٧َ٢٩ْ شمالاً وخطي طول ٥٤ً ٥٩َ ٢٥ْ و ٢١ً ١َ ٢٦ْ شرقاً. وتأخذ اتجاه يمتد من الغرب إلي الجنوب الشرقي في شكل أقرب إلي الاستطالة بطول يصل إلي ٢,٧كم ومتوسط عرض ١,٣ كم .

ب - بحيرة تميرة: تعد اصغر بحيرات المنخفض مساحة ، وتقع في الركن الجنوبي الغربي من الحوض وتمتد بين دائرتي عرض ٤٨ً ١٣َ ٢٩ْ و١٣ً ١٤َ ٢٩ْ شمالاً وخطي طول ١٧ً ٥٨َ ٢٥ْ و٤٧ً ٥٨ْ ٢٥ْ شرقاً ويبلغ أقصي طول لها ١,٠٢ كم بمتوسط عرض ٠,٣ كم .

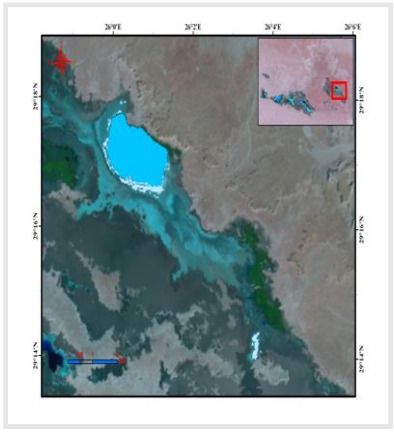
يوضح شكل (٣) تناقص مساحة المسطح المائى لبحيرة المعاصرة من ٣,٣ كم٢ عام ١٩٨٥ إلى ٣,١ كم٢ عام ٢٠١٠ ، كما تناقصت ايضا مساحة بحيرة تميره من ٠,٣ كم٢ عام ١٩٨٥ إلى ٠,٢٧ كم٢ عام ٢٠١٠ ويرجع ذلك إلى:

- وقوع البحيرتين فى حوض المعاصر وهو يعد أكثر أحواض المنخفض ارتفاعاً حيث يقع علي منسوب - ٩ متر ويمتد من الفاصل الصخري في الغرب (- ٥ متر) إلي أقدام الحافة الشرقية للمنخفض ومن الحافة الشمالية للمنخفض شمالاً حتي مقدمات الكثبان الرملية جنوباً، وتوجد بحيرة المعاصر في الجزء الشمال الشرقي منه، بينما توجد بحيرة تميرة في الجزء الجنوبي الغربي منه .

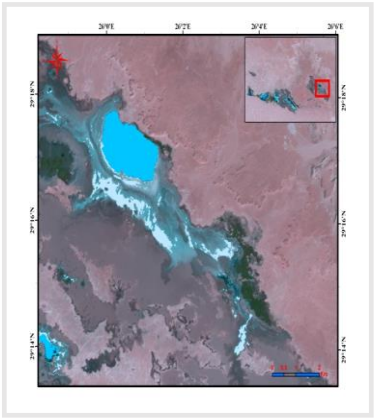
- ارتفاع درجات الحرارة معظم شهور العام وقيم التبخر التى تصل إلى ١٠ و ١٣ مم/يوم فى فصل الصيف

تغير مساحة بحيرات الزيتون وقريشت وأغورمى :

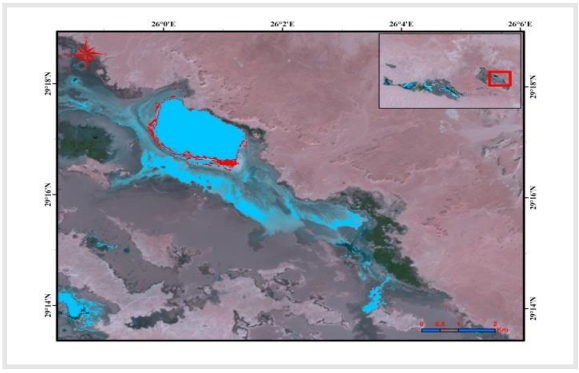
تقع بحيرات الزيتون وقريشت وأغورمى فى حوض الزيتون ويعد أكبر أحواض المنخفض من حيث المساحة، ويحده من الشمال الحافة الجنوبية لهضبة الدفة ومن الجنوب مقدمات الكثبان الرملية ومن الغرب تل الموتي ومن الشرق فاصل صخري مرتفع نسبياً يتراوح منسوبه بين - ٥ م ومنسوب سطح البحر. ويتميز هذا الفاصل باتساعه وشدة تضرسه ويحتل أكثر أجزاء هذا الحوض انخفاضاً بحيرات أغورمي في الغرب وقريشت في الوسط والزيتون في الشرق، وتتميز بحيرات هذا الحوض بشدة تأثرها بالبنية الجيولوجية حيث تسير حوافها مع خطوط الصدوع بالمنخفض من الشمال الغربي إلي الجنوب الشرقي. شكل (٢)



١٩٨٥

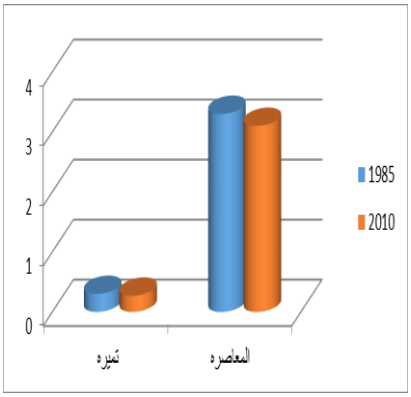


٢٠١٠



١٩٨٥

٢٠١٠



شكل (٣) التغير فى مساحة بحيرتى المعاصر وتميره خلال الفترة من ١٩٨٥ إلى ٢٠١٠

بحيرة الزيتون:

تمتد بحيرة الزيتون بين دائرتي عرض ١٠ً ٩َ ٢٩ْ و ٤٠ً ١٢َ ٢٩ْ شمالاً وبين خطي طول ٣٤ً ٤١َ ٢٥ْ و ١٢ً ٤٦َ٢٥ْ شرقاً، ويصل أقصي طول لها ٩,٢ كم تقريباً، ومتوسط العرض ٠,٧٥ كم ويوجد بها جزيرتين غير مستغلتين اقتصادياً. ويوضح شكل (٤) تناقص مساحة بحيرة الزيتون من ١٠,٥ كم٢ عام ١٩٨٥إلى ٩,٢ كم٢ عام ٢٠١٠.

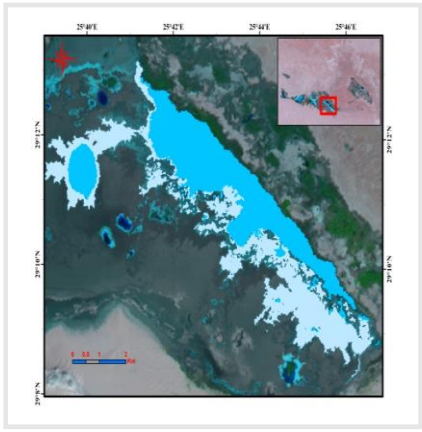
بحيرة قريشت :

وهي تتوسط حوض الزيتون بين بحيرتي أغورمي في الغربي والزيتون في الشرق، وتقع بين دائرتي عرض ٣ً ١١َ ٢٩ْ و ٥٠ً١١َ ٢٩ْ شمالاً، وبين خطي طول ٣٩ً ٣٩َ ٢٥ْ و ١٣ً ٤٠َ ٢٥ْ شرقاً وهي بحيرة بيضاوية الشكل يصل أقصي طول لها ١,٥ كم ومتوسط عرضها ٠,٨ كم.ويوضح شكل (٤) تناقص مساحة بحيرة قريشت من عام ١٩٨٥ إلى ٢٠١٠ من ١,٢٥ كم٢ إلى ٠,٩١ كم٢.

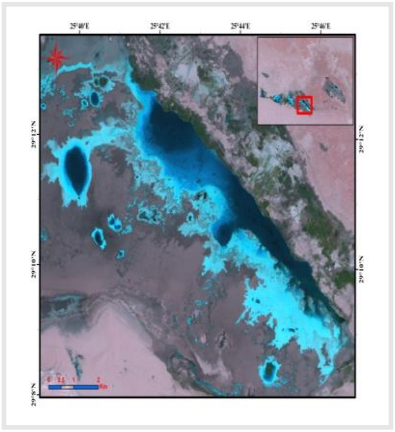
ويرجع تناقص مساحة بحيرتى الزيتون وقريشت إلى ارتفاع نسبة ملوحة مياه الآبار حول البحيرتين وانخفاض الكثافة السكانية فى هذا النطاق من الواحة إلى جانب توقف صرف المياه من محطة صرف أبو شروف إلى بحيرة الزيتون.

بحيرة أغورمى:

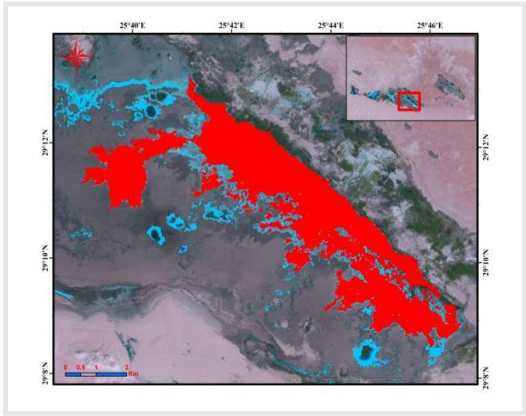
تمتد بين دائرتي عرض ٥٤ً١٠َ٢٩ْو ٥١ً١٢َ٢٩ْ شمالاً وبين خطي طول ٥٤ً ٣٢َ ٢٥ْ و٤٣ً ٣٥َ ٢٥ْ شرقاً ويبلغ أقصي طول لها ٥,٣ كم من الشمال الغربي إلي الجنوب الشرقي ومتوسط العرض ١ كم وتقع علي منسوب -١٨ متر، وتظهر بسطح هذه البحيرة ثمانية جزر يستغل منها جزيرتين بنشاط السياحة والباقي غير مأهول.



١٩٨٥

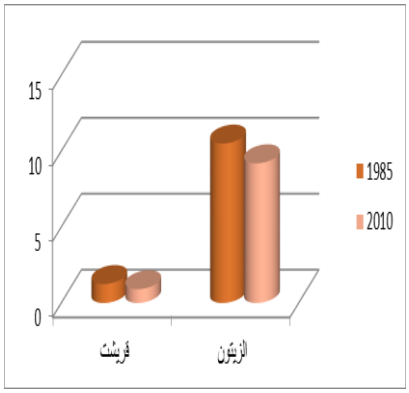


٢٠١٠



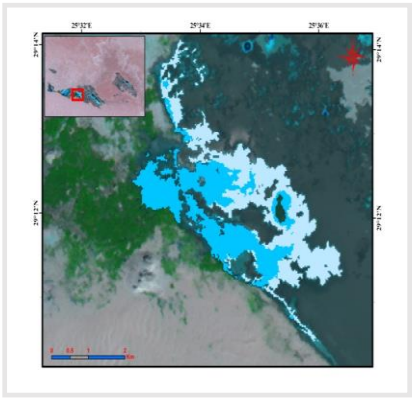
١٩٨٥

٢٠١٠

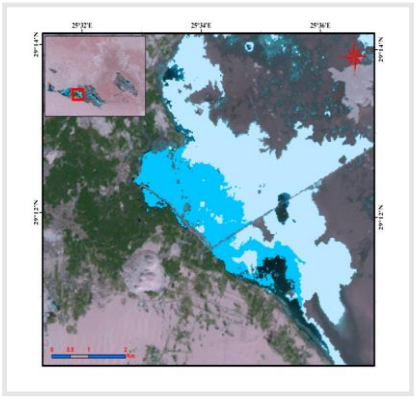


شكل (٤) التغير فى مساحة بحيرتى الزيتون وقريشت خلال الفترة من ١٩٨٥ إلى ٢٠١٠

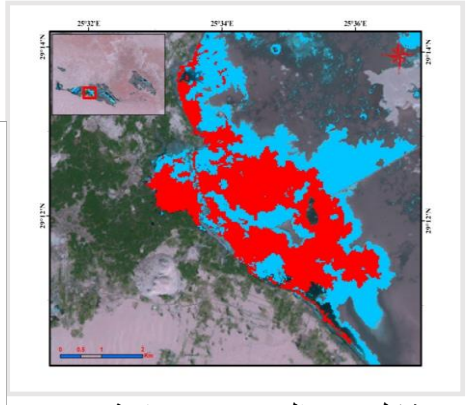
يوضح شكل (٥) حدوث زيادة فى مساحة أغورمى خلال فترة الدراسة حيث زادت المساحة من ٤,١٦ كم٢ عام ١٩٨٥ إلى ٤,٥٥ كم٢ عام ٢٠١٠ ويرجع ذلك إلى صرف المياه إلى البحيرة من مصرف أغورمى ووصلة خنيس إلى جانب التوسع فى حفر الآبار العشوائية لارتفاع نسبة ملوحة مياه الآبار واستخدام طرق الرى التقليدية .

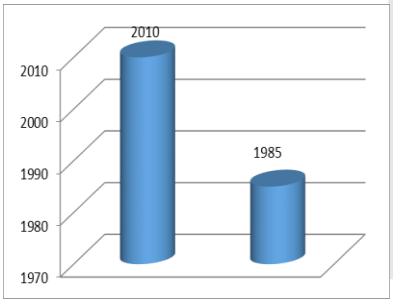


١٩٨٥



٢٠١٠





شكل (٥) التغير فى مساحة بحيرة
أغورمى خلال الفترة من ١٩٨٥ إلى ٢٠١٠

تغير مساحة بحيرة سيوه:

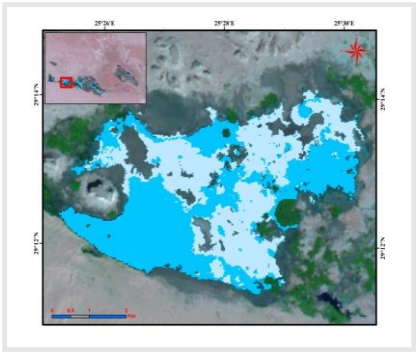
تقع بحيرة سيوه داخل حوض سيوه ويقع غرب مدينة سيوة، ويحده من الشمال الحافة الجنوبية لهضبة الدفة الجيرية والتلال شبه المنعزلة المتقطعة منها، ومن الغرب تل الجاري والخميسة واللسان الصخري المرتفع غربهما، ومن الجنوب مقدمات الكثبان الرملية، ومن الشرق خط متقطع يصل بين قمم تل الموتي وتل التكرور جنوباً، وتشغل بحيرة سيوة قاعة والتي تمتد من الشرق إلي الغرب بين دائرتي عرض ١٤ً١١َ٢٩ْ و ٢٥ً١٤َ٢٩ْ شمالا وبين خطي طول ١٧ً ٢٥َ ٢٥ْو ١٩ً ٣٠َ ٢٥ْ شرقا ويبلغ أقصي طول لها ٧,٨ كم ومتوسط عرضها ٣,٢ كم

تعد بحيرة سيوه أكبر البحيرات من حيث المساحة وتتميز بوجود بعض الجزر التي يصل عددها إلي ١٨ جزيرة والتي يستغل بعضها في مجال السياحة العلاجية والاستشفاء والاستجمام مثل جزيرة الخميسة وجزيرة فطناس .

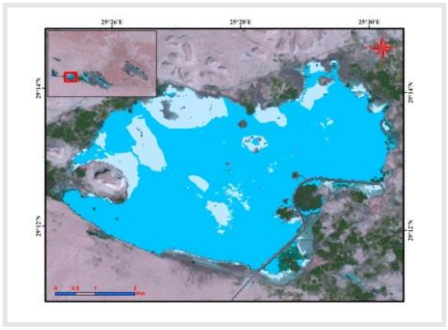
يوضح شكل (٦) الزيادة الواضحة فى مساحة بحيرة سيوه من ٩٠,١٠ كم٢ عام ١٩٨٥ إلى ٢٠,٩٠ كم٢ عام ٢٠١٠ ويرجع ذلك إلى وجود ثلاث محطات للصرف حول البحيرة وهى محطة دهبية شمال غرب البحيرة ومحطة فطناس المتصلة بمصرف سيوه الغربى ومصرف تاج زديتى ومصرف المجمع الشرقى شرق البحيرة وايضا محطة الطبو وتقع شمال البحيرة وتتغذى من مصارف فرعية ، هذا بالاضافة إلى التركز السكانى الواضح حول البحيرة حيث تمثل هذه المنطقة القلب الزراعى لواحة سيوه .

بحيرة المراقى:

تقع فى حوض المراقى ويحده من الشمال والغرب مجموعة التلال المنعزلة والتي تمثل نهاية الحافة الجنوبية لهضبة الدفة الجيرية، ومن الشرق نتوء صخري مرتفع غرب جبل الجاري ومن الجنوب مقدمات الكثبان الرملية.



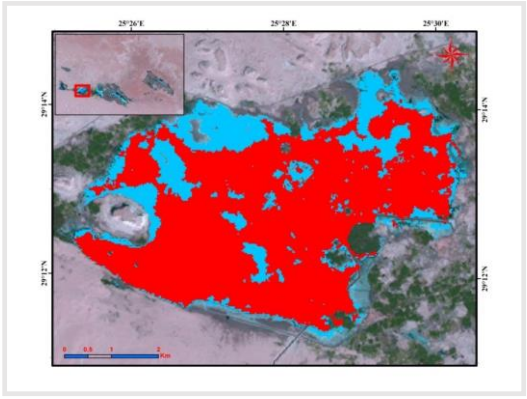
١٩٨٥

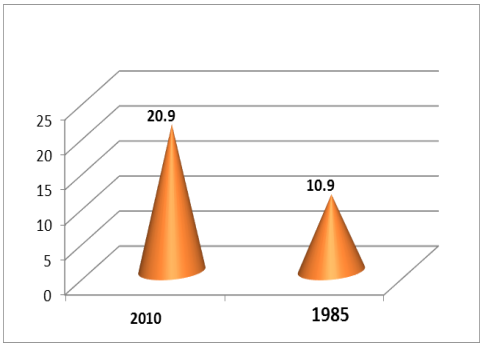


٢٠١٠

١٩٨٥

٢٠١٠





شكل (٦) التغير فى مساحة بحيرة سيوه خلال الفترة من ١٩٨٥ إلى ٢٠١٠

تمتد بحيرة المراقى بين دائرتين عرض ١٨ً ١٣َ ٢٩ْ و٤٢ً ١٥َ ٢٩ْ شمالاً وخطي طول ١٢ً ١٨َ ٢٥ْ و ٣١ً ٢٠َ ٢٥ْ شرقاً وهي ذات امتداد شمالي جنوبي ،ويبلغ أقصي طول لها ٤,٧ كم ومتوسط العرض ١,٨ كم ويصل منسوبها إلي - ١٨ متر، ويرصع سطح هذه البحيرة سبعة جزر صغيرة المساحة يرتفع منسوبها إلي - ٩ متر تقريباً وتستخدم ثلاث جزر منها في مجال السياحة، حيث بُني عليها بعض الفنادق السياحية البدائية.

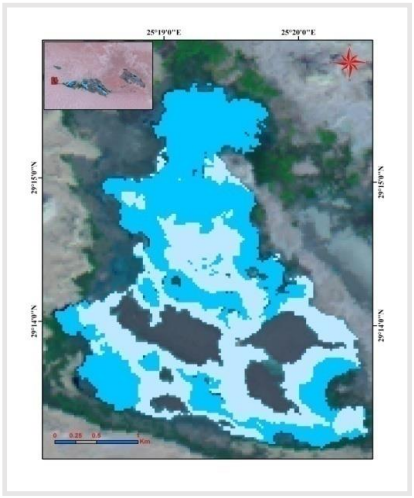
يوضح شكل (٧) زيادة مساحة بحيرة المراقى من ٤,٢ كم٢ عام ١٩٨٥ إلى ٩,٣ كم٢ عام ٢٠١٠ ويرجع ذلك لوجود محطة صرف بهى الدين وينتهى إليها عدد من المصارف الفرعية ومصرف رئيسى.

تحليل خرائط الغطاء الأرضى واستخدام الأرض

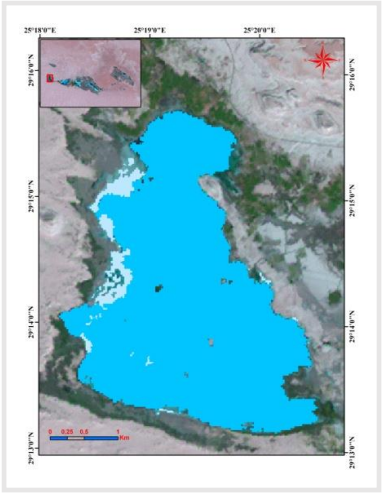
Land use/land cover maps

تهدف دراسة خرائط الغطاء الأرضى واستخدام الأرض إلى التعرف على شكل السطح وأنماط استخدام الأرض ويمكن من خلال اعداد هذه الخرائط التعرف على التغيرات التى حدثت فى منطقة ما .

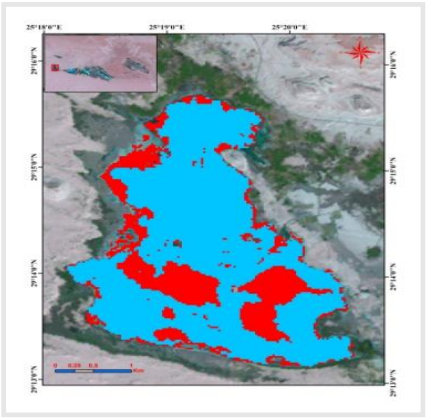
تم اعداد خرائط الغطاء الألارضى واستخدام الأرض لعامى ١٩٨٥ و ٢٠١٠ من المرئيات الفضائية باستخدام برنامج ERDAS IMAGINEوباستخدام اداة التصنيف المراقب Supervised classification وباستخدام البصمة الطيفية.Signature ، ومنها تم رصد أثر التغير فى مساحة البحيرات على مساحة الأرض الزراعية والسبخات والمسطحات الملحية والكثبان الرملية. شكلى (٨) و (٩).



١٩٨٥

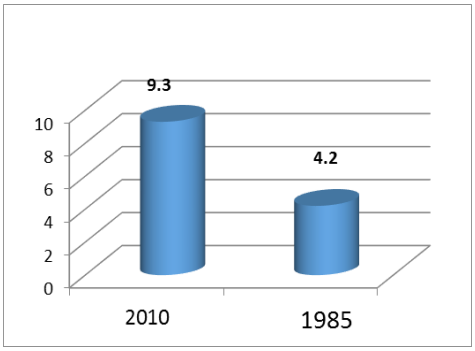


٢٠١٠

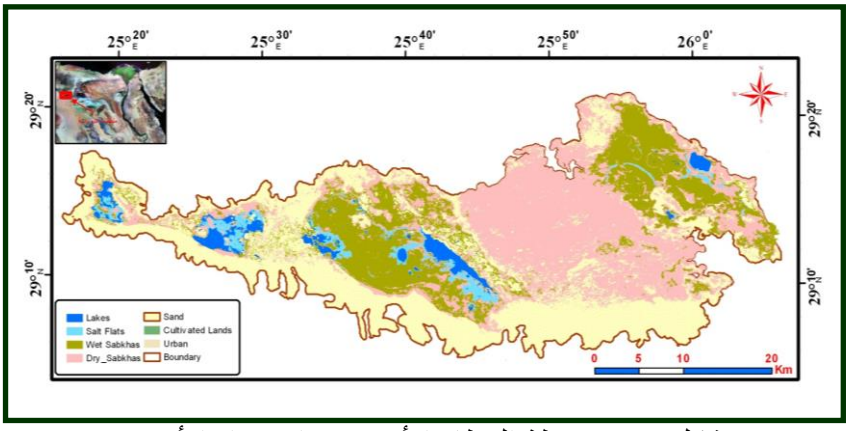


١٩٨٥

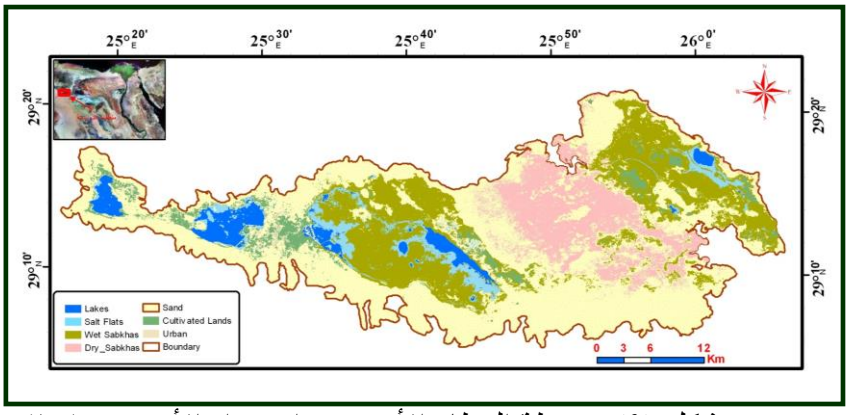
٢٠١٠



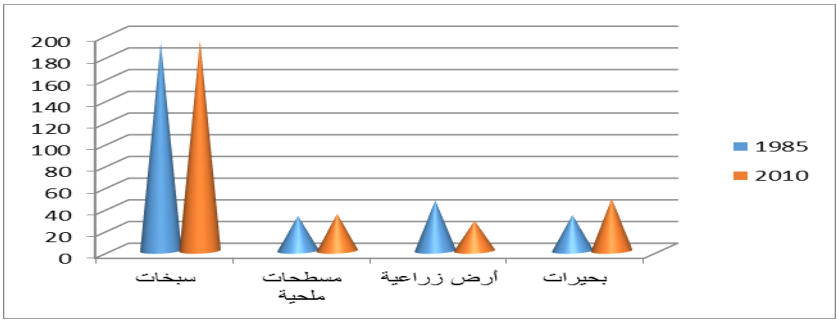
شكل (٧) التغير فى مساحة بحيرة المراقى خلال الفترة من ١٩٨٥ إلى ٢٠١٠



شكل (٨) خريطة الغطاء الأرضى واستخدام الأرض ١٩٨٥



شكل (٩) خريطة الغطاء الأرضى واستخدام الأرض ٢٠١٠



شكل (١٠) التغيير خلال الفترة من ١٩٨٥ و ٢٠١٠

تبين من دراسة الأشكال (٨ و٩ و١٠) ما يلى:

1. زادت مساحة البحيرات من ٣٣كم٢ عام ١٩٨٥ إلى ٤٨,٢ كم٢ عام ٢٠١٠ بنسبة تغير ٦٠,٨%، وهى نسبة عالية ترتب عليها غرق مساحات من الأراضى الزراعية التى كانت على ضفاف البحيرات ويؤكد ذلك أن مساحة الأرض الزراعية نقصت خلال فترة الدراسة من ٤٤,٦ كم٢ عام ١٩٨٥ إلى ٢٧,٨ كم٢ عام ٢٠١٠ بنسبة تغير – ٦٧,٨ % وهى نسبة عالية جداً وتشير إلى خطورة زيادة مساحة البحيرات التى ستؤدى إلى غرق الأراضى الزراعية وارتفاع منسوب المياه الأرضية مما يؤدى إلى تغدق التربة كما تمثل خطراً على المبانى والطرق فى الواحة.

2. حدث تغير طفيف فى مساحة المسطحات الملحية من ٣٢,٤ كم٢ عام ١٩٨٥ إلى ٣٤,١ كم٢ عام ٢٠١٠ بنسبة تغير ٦,٨% خلال فترة الدراسة. ويأتي في مقدمة أسباب زيادة المسطحات الملحية بالمنخفض ارتفاع منسوب المياه تحت السطحية وتكوين القشور الملحية نتيجة ارتفاع درجة الحرارة صيفاً وزيادة معدلات التبخر ،ويتباين سمك هذه المسطحات الملحية من منطقة إلي أخري حيث لوحظ أثناء الدراسة الميدانية أنها في حوض أغورمى يتراوح بين ٦٦ و٨٥ سم بينما تبلغ حوالي ٣٠ سم في منطقة سيوة.

3. حدثت زيادة طفيفة فى مساحة السبخات حيث زادت من ١٩٢,٢ كم٢ عام ١٩٨٥ إلى ١٩٤,١ كم٢ عام ٢٠١٠ بنسبة تغير ٧,٦% خلال فترة الدراسة، ويرجع ذلك إلى ارتفاع درجات الحرارة ومعدلات التبخر واستواء السطح وارتفاع منسوب المياه الأرضية.

4. يؤدى زيادة مساحة السبخات والمسطحات الملحية إلى زيادة خطورة ونشاط عمليات التجوية الملحية فى المنخفض على الطرق والمبانى القديمة والحديثة والأراضى الزراعية والآثار.

التوقعات المستقبلية لتغير مساحة البحيرات

تم اتباع خطوات العمل التالية لحساب التوقعات المستقبلية لتغير مساحة بحيرتى سيوه وأغورمى.

مرحلة تجهيز البيانات:

١- انتاج خريطة اساس Base Map لمنخفض سيوة من الخرائط الطبوغرافية مقياس ١:٢٥٠٠٠ موضح عليها حدود الواحة والبحيرات والمعالم الرئيسية والطرق والتلال المنعزلة وموقع مدينة سيوة.

٢- انتاج نموذج ارتفاع رقمى للواحة DEM (بدقة مكانية ٣ متراً) من خطوط الكنتور بفاصل ١ متر، ونقاط الارتفاع المدونة على الخرائط الطبوغرافية مقياس ١:٥٠٠٠٠ .

٣- رسم حدود البحيرات Shapefile من المرئيات الفضائية لاندسات بتاريخ ١٧-٧- ١٩٨٥.

٤- رسم حدود البحيرات Shapefile من المرئيات الفضائيى ايكونس بتاريخ ٢١-٨-٢٠١٠.

٥- رصد منسوب البحيرة ميدانياً فى يوليو ٢٠١٠ باستخدام جهاز GPS بدقة تصل الى ١٠ سم.

مرحلة تحليل البيانات:

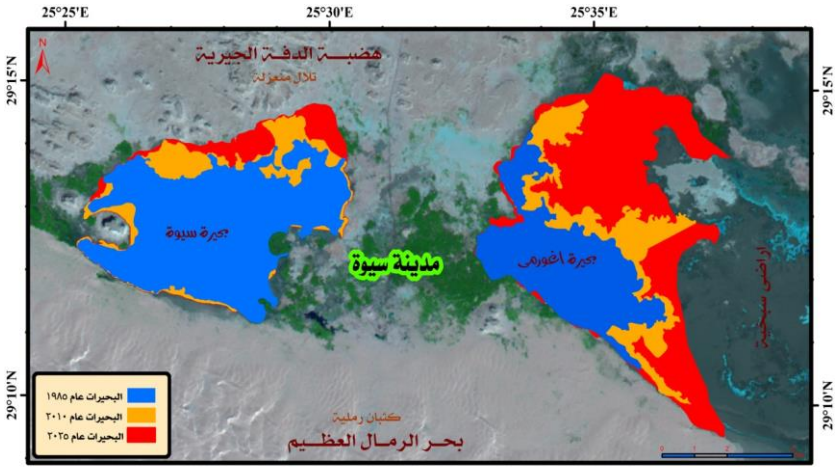
1- انتاج جدول بمساحات البحيرات عامى ١٩٨٥ و٢٠١٠ لكل بحيرة على حدة.جدول (١)

2- استخدام تحليلات التطابق Overlay Analysis لمطابقة طبقة البحيرات عام ١٩٨٥ مع نموذج الارتفاع الرقمى DEM لاستخلاص منسوب البحيرات فى هذا التاريخ.

جدول (١) مساحات البحيرات (كم٢)

م	البحيرة	١٩٨٥	٢٠١٠	٢٠٢٥
١	سيوة	٢١,٣	٢٦,٩	٣٠,٢٦
٢	اغورمى	١٣,٥	١٩,٦	٢٨,٢٤

٣- استخدام تحليلات التطابق Overlay Analysis لمطابقة طبقة البحيرات عام ٢٠١٠ مع نموذج الارتفاع الرقمى DEM لاستخلاص منسوب البحيرات فى هذا التاريخ.جدول (٢) شكل (١١)



شكل (١١) التوقعات المستقبلية للتغير فى بحيرتى سيوم وأغورمى

جدول (٢) منسوب البحيرات (م)

م	البحيرة	١٩٨٥	٢٠١٠	٢٠٢٥
١	سيوة	١٧,٥-	١٧,٠٢-	١٦,٧٣-
٢	اغورمى	١٨,١٢-	١٨,٠٢-	١٧,٩٦-

٤- رصد التغيرات بين طبقات البحيرات فى الاعوام قيد الدراسة (١٩٨٥ و ٢٠١٠) لمعرفة اتجاهات التغير Changes Trends فى المساحة وربط هذه الاتجاهات بطبوغرافية السطح من خلال نموذج الارتفاع الرقمى DEM .

٥- حساب حجم الزيادة فى مياه البحيرات خلال الخمس وعشرون عاماً الاخيرة (١٩٨٥ – ٢٠١٠) بثلاثة طرق والحصول على المعدل السنوى لزيادة حجم البحيرات كالتالى:

أ) **حسابياً:** اعتُبرت حدود البحيرة عام ١٩٨٥ هى القاعدة الصغرى وحدود البحيرات عام ٢٠١٠ هى القاعدة الكبرى لشبه منحرف واعتُبر فارق المنسوب هو ارتفاع شبه المنحرف، وبناء علية امكن الحصول على حجم المياه المنتهية الى البحيرة خلال الفترة قيد الدراسة (٢٥ سنة). كالتالى

حجم شبه المنحرف = (مساحة القاعدة الكبرى + مساحة القاعدة الصغرى) × الارتفاع

الحجم لبحيرة سيوة = ((٢١٣٠٠٠٠٠ + ٢٦٩٠٠٠٠٠) /٢) * ٠,٤٨
= ١١٥٦٨٠٠٠ م٣

الحجم لبحيرة اغورمى = ((١٣٥٠٠٠٠٠ + ١٩٦٠٠٠٠٠)/٢) * ٠,١
= ١٦٥٥٠٠٠ م٣

بقسمة النواتج على الفترة الزمنية امكن الحصول على المعدل السنوى لحجم المياة المنصرفة الى البحيرة.جدول (٣)

جدول (٣) حجم المياه المنصرفة الى البحيرات حسابياً (مليون م٣)

م	البحيرة	١٩٨٥ - ٢٠١٠	٢٠١٠ - ٢٠٢٥
١	سيوة	١١,٥٦	٨,٤٥
٢	اغورمى	١,٦٥	١,٤٣

ب) **باستخدام طريقة حساب كميات الحفر والردم Cut and fill :-**

استخدمت حدود البحيرات عام ١٩٨٥ فى قطع Subset نموذج الارتفاع الرقمى DEM ليكون اعلى منسوب فى DEM هو منسوب البحيرة (-١٧,٥) عام ١٩٨٥

تم اجراء نفس الخطوة على بحيرة اغورمى لنفس التاريخ (١٩٨٥)

استخدمت حدود البحيرات عام ٢٠١٠ بنفس الطريقة السابقة فى قطع نسخة ثانية من نموذج الارتفاع الرقمى DEM عند منسوب البحيرة (-١٧,٠٢) عام ٢٠١٠ لبحيرتى سيوة واغورمى

بذلك اصبح لدينا نموذجين للارتفاعات الرقمية مختلفين فى مناسيبهم العليا.

باستخدام اداة Cut & Fill من ادوات برنامج ArcGIS باعتبارها كمية حفر Cut وبطرح نموذج الارتفاع الرقمى لعام ١٩٨٥ من نموذج الارتفاع الرقمى لعام ٢٠١٠ ينتج لدينا طبقة جديدة DEM بها الكمية (الحجم) الزائدة والتى تعبر عن حجم المياه الزائدة فى البحيرتين خلال

الفترة (٢٥ عاماً). وبقسمة الكمية المنتجة على الفترة الزمنية امكن الحصول على المعدل السنوى لحجم المياه المنصرفة فى البحيرة.

جدول (٤) حجم المياه المنصرفة الى البحيرات بطريقة الحفر والردم (مليون م٣)

م	البحيرة	١٩٨٥ - ٢٠١٠	٢٠١٠ - ٢٠٢٥
١	سيوة	١١,٤٩٣	٨,٤٤٤
٢	اغورمى	١,٦١	١,٥١

ج) **بالطريقة المباشرة من خلال 3D Analyst Toolbar** من برنامج ArcGIS نقوم باستنتاج المساحات والاحجام عند مناسيب مختارة تحدد كتابياً بمعلومية نموذج الارتفاع الرقمى باستخدام اداة Area and Volume .

مرحلة تحليل النتائج:

١- بمقارنة النتائج بين الثلاثة طرق السابقة وجد انها متقاربة جداً بين الطريقة الاولى والثانية، ومتطابقة بين الطريقة الثانية والثالثة، ونتج هذا الفارق من نواتج عملية القطع Subset التى تتوقف على الدقة المكانية لنموذج الارتفاع الرقمى، حيث تكون الهوامش بها بعض الخلايا المتجاورة مما يؤدى الى مثل هذا الفارق.

٢- التركيز على الاماكن المهددة بالغرق خلال الفترة القادمة لالقاء الضوء عليها بعد تحديد اتجاهات الزيادة والذى تبين منه الاتى:

أ) بحيرة سيوة :

يوضح شكل (١١) التوقع فى زيادة مساحة بحيرة سيوه من ٢٦,٩ كم٢عام ١٩٨٥ إلى ٣٠,٢٦ كم٢ عام ٢٠٢٥ ، ويتوقع ارتفاع منسوب البحيرة من - ١٧,٠٢ م عام ٢٠١٠ إلى - ١٦,٧٣ م عام ٢٠٢٥.ومع الأخذ فى الاعتبار تأثير النشاط البشرى وزحف الكثبان الرملية حول البحيرة المتمثل فى :

١.تعانى البحيرة من الاطماء وارتفاع المنسوب فى هوامشها الجنوبية والجنوبية الغربية نتيجة للحركة المستمرة للكثبان الطولية التى تمثل الهامش الشمالى لبحر الرمال العظيم.

٢.تعانى الاجزاء الشرقية من الردم والتعلية وانشاء الطرق على الحدود الشرقية لحماية الاراضى بهذه الجهه من ارتفاع منسوب المياه مما يتسبب فى الغرق الكلى لها او تغدفها.

٣.تعانى الجهه الغربية من تعديل حدود البحيرة اثر انتشار النشاط السياحى بهذا المكان (حول جبل الجارى والخميسة) مع العلم ان الجهه الغربية ليست متسعة لان البحيرة تاخذ الشكل المثلثى .

وبناء على ما سبق فان الانسان تدخل فى تعديل حدود البحيرة من جهة الشرق والغرب وجعلها حدوداً منتظمة، وادت الكثبان الرملية بحركتها المستمرة الى تحديد البحيرة من الجهه الجنوبية بحدود شبة منتظمة ايضاً.

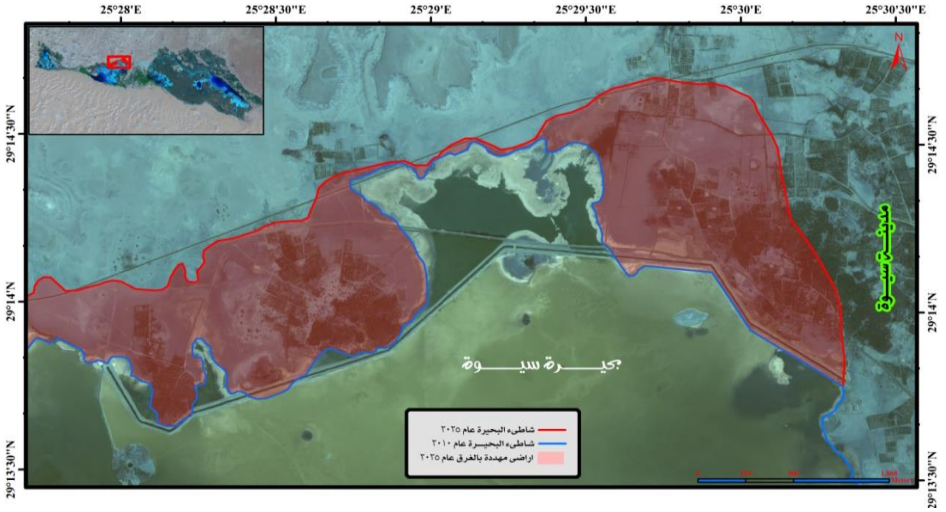
أدى انتظام وردم وتعلية الهوامش الشرقية والجنوبية والغربية لبحيرة سيوة الى زيادة مساحتها على حساب الهوامش الشمالية لها التى تعتبر ارض بكر وتستطيع البحيرة بمياهها المالحة (شديدة الملوحة) النحت بمعدلات سريعة فى الجهه الشمالية التى تتكون من حجر جيرى ميوسينى مما سيكون لة دور كبير فى التاثير على الاشكال الارضية بهذا المكان، ومن المتوقع ما يلى :

1. سيكون هناك خطورة كبيرة على الطريق الرئيسى (سيوة – المراقى) نتيجة لتاكلة بمعدلات سريعة اثر توجة واقتراب البحيرة اليه (شكل ١٢)

2. هناك حوالى ٢٠٠ فدان (من الاراضى المزروعة المنتجة) شمال البحيرة مهدد بالغرق خلال ١٥ عاماً القادمة .

3. هناك حوالى ٣٢٠ فدان صالحة للاستزراع سوف تفقد بالغرق خلال ١٥ سنة القدمة

كل ما سبق على افتراض ثبوت معدل الزيادة كما هو، فكيف يكون الوضع وما هى حجم الخسائر اذا ما زاد معدل الزيادة عما هو عليه وهذا امر طبيعى نتيجة للزيادة السكانية وعدم الرقابة على حفر الابار من قبل الاهالى.

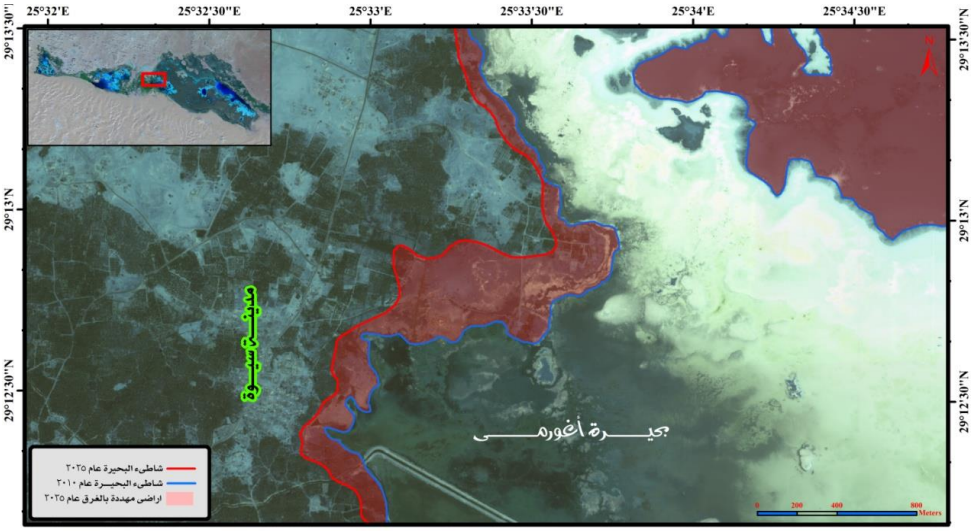


شكل (١٢) المناطق المعرضة للغرق شمال بحيرة سيوه عام ٢٠٢٥

ب) بحيرة اغورمى

يوضح شكل (١١) التوقع فى زيادة مساحة بحيرة أغورمى من ٦. ١٩عام ١٩٨٥ إلى ٢٨,٢٤ كم٢ عام ٢٠٢٥ ، ويتوقع ارتفاع منسوب البحيرة من – ١٨,٠٢ م عام ٢٠١٠ إلى – ١٧,٩٦ م عام ٢٠٢٥.ومع الأخذ فى الاعتبار تأثير النشاط البشرى حول البحيرة المتمثل فى :

1. تعانى البحيرة من عمليات الردم المستمر والتعلية بالاجزاء الغربية والجنوبية الغربية نتيجة تدخل العامل البشرى.
2. تتجه الزيادة التى تحدث سنوياً، الى الجهة الشرقية، والتى تتميز بالاستواء النسبى ، فهى اراضى سبخية ممتدة بين بحيرتى اغورمى غرباً والزيتون شرقاً، وهى تعد بمثابة قاع لحوض تضاريسى يمتد من سيوة غرباً الى الزيتون شرقاً.شكل (١٣)
3. زيادة حجم المياة المنصرفة (شديدة الملوحة) الى البحيرة سنوياً يؤدى الى تركز الاملاح على اسطح السبخات مع زيادة مساحة المسطحات الملحية مما يزيد من نشاط عمليات التجوية الملحية على المبانى والطرق وخاصة الطريق الاوسط والطرق القريبة من البحيرة.
4. هناك ٧٨ فدان معرضة للغرق او التغدق عام ٢٠٢٥ بالاجزاء الشمالية الغربية للبحيرة.
5. هناك خمس مواقع معرضة لحدوث هبوط ارضى على الطريق الاوسط.



شكل (١٣) المناطق المعرضة للغرق حول بحيرة أغورمى عام ٢٠٢٥

الخاتمة:

أوضحت الدراسة ما يلى:

- حدوث زيادة فى مساحة البحيرات خلال العقود الثلاثة الأخيرة.
- وفقاً لدراسة الميزانية المائية لمنخفض سيوة ودراسة التوقعات المستقبلية سوف تزيد مساحة البحيرات سيوه ، أغورمى،والزيتون،وتنقص مساحة بحيرات المعاصره وتميره.
- أوضحت دراسة التوقعات المستقبلية فى حال زيادة مساحة بحيرة سيوة وأغورمى على التوالى سوف تنقص مساحة الاراضى الزراعية .
- ينتج عن زيادة مساحة البحيرات العديد من المشكلات البيئية مثل مشكلات تغدق وتملح التربة وزيادة نشاط عمليات التجوية

الملحية وزيادة مساحة المسطحات الملحية وتناقص مساحة الأراضى الزراعية.

- من المتوقع تناقص مساحة الأراضى الزراعية الحالية فى عام ٢٠٢٥ بنحو ٢٧٨ فدان،حول بحيرتى سيوه وأغورمى وتعرض ٣٢٠ فدان صالحة للاستزراع حول بحيرة سيوه سوف تفقد بالغرق خلال ال ١٥ سنة القادمة.

التوصيات:

توصى الدراسة بما يلى:

- توصى الدراسة بوقف مياه الصرف إلى البحيرات وشق مصارف جديدة لنقل مياه الصرف إلى المنخفض الواقع إلى الجنوب من منخفض سيوة.
- استخدام نظم جديدة للرى.
- وضع خطط جديدة لادارة موارد المياه بالمنخفض.
- المتابعة المستمرة للوضع البيئى بمنخفض سيوة من خلال المتابعة الدورية للمرئيات الفضائية والدراسة الميدانية.

المراجع:

أولاً: المراجع العربية:

1. **ابراهيم صلاح الدين خضر (٢٠٠٨)**: استخدام نظم المعلومات الجغرافية في دراسة الجيومورفولوجيا التطبيقية لمنخفض سيوه، رسالة ماجستير غير منشورة ،كلية الآداب جامعة بنها.

2. **إبراهيم رشاد إبراهيم هيبة (١٩٩٠):** "واحة سيوة، دراسة في الجغرافيا الزراعية"، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة عين شمس.

3. **إحسان أحمد سعيد (٢٠٠٥):** "الأشكال الهوائية بمنخفض سيوه"، دراسة جيومورفولوجية، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة القاهرة.

4. **حسين محمد القلاوي (١٩٨٠):** "منخفض سيوه –دراسة في الجغرافيا الطبيعية" – رسالة ماجستير غير منشورة، كلية البنات، جامعة عين شمس.

5. **حمدي إبراهيم الجميلي (١٩٩٩):** الاستشعار من بعد واستخدام نظم المعلومات الجغرافية في التنمية البيئية المستدامة، نوادي علوم القرن ٢١، نوادي علوم الأهرام، القاهرة ص٥١، ٥٩.

6. **حنان محمد حامد (١٩٩٤):** "الخريطة الجيومورفولوجية لمنخفض سيوة"، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، قسم الجغرافيا، جامعة المنوفية.

7. **دراسة الجدوى الفنية والاقتصادية لمشروع واحة سيوة (١٩٧٧):** المرحلة الأولى، جامعة الدول العربية، المنظمة العربية للتنمية الزراعية، الخرطوم.

8. **عبد العظيم محمد الحمادي، (٢٠٠٣):** "الآثار البيئية لمياه الصرف الزراعي بواحة سيوة"، ندوة مشاكل الصرف الزراعي في سيوة، الأسباب والحلول، محافظة مطروح.

9. **فاطمة علي النقيب وآخرون (٢٠٠٣):**" تطوير ومعالجة مشاكل الصرف الصحي بسيوة من خلال معالجة الصرف الزراعي"، ندوة مشكلة الصرف الزراعي في سيوه (الأسباب والحلول)، محافظة مطروح.

10.**ليلى حسن الأفندي (١٩٩٨):** "التدهور البيئي في واحة سيوه، الأسباب وإمكانية التنمية"، المجلة الجغرافية العربية، العدد ٣٢، الجزء الثاني، القاهرة.

11. **محمد أحمد عبد الوهاب ١٩٩٤:** "الإتزان البيئي كمنظور شامل للتنمية المتواصلة للمنخفضات الصحراوية مع التطبيق علي واحة سيوة، رسالة ماجستير، كلية التخطيط الإقليمي والعمراني، جامعة القاهرة.

12. **محمود حسين عشماوي (٢٠٠٣):** "المياه الجوفية والصرف الزراعي"، ندوة مشكلة الصرف الزراعي في سيوة، محافظة مطروح.

13. **نبيل سيد إمبابي (١٩٧٧):** "الخريطة المورفولوجية لمنخفض سيوة"، ندوة بحوث واحة سيوة، بحث ٤.د، جامعة عين شمس.

14. **يحيي محمود حلبي (٢٠٠٣):** "الصرف الزراعي ومستقبل التنمية في واحة سيوة "، ندرة مشكلة الصرف الزراعي في سيوه (الأسباب والحلول)، محافظة

ثانيا: المراجع الأجنبية

1. **Abdel Mogeeth, S.M. (1996):** "Ground water Hazards in Siwa Oasis" Ground water protection.
2. **Andy, M.**, **(2003):** Geographic patterns & Relationships, the Esri Guide to GIs analysis, Esri press. V.1.
3. **Awad, M., Abdel Baki, A., & Hamza, M., (2001):** "Environmental isotope Hydrology and Geochemistry of water Resources in Siwa oasis, Egypt. "Bull. Egypt. Geo. Soc, vol. 74.

4. **Azza, A., (2007):** "Assessment of salt weathering in Siwa Oasis", the western Desert of Egypt. Bull. Egypt. Geo. Soc. Vol 80.
5. **Burrouh; P.A. (1998):** "Principles of Geographic information system for Land Resources Assessment", Clarendon Press, oxford Unvi, P .5.
6. **Gad, M.I.M., (1999):** "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 Univ.
7. **Gindy, A.R., And El-Askary, M.A., (1969):** Stratigraphy, structure, and origin of Siwa depression, western desert of Egypt, Bull Amer-Association of petroleum Geol- V.53.
8. **Goudie, A (2003):** "Geomorphological Hazards in Arid Land: Present and future" Bull soc. Geo. Egypt.
9. **Idrisi, K., (2003):** "Guide to GIS and image processing" Clark university, P.9.
10. **Michael, N.D., (2001):** Fundamentals of Geographic information systems, Clarendon press, oxford univ., P.7.

11. **Micheal, Z., (2005):** Modelling our world, the Esri Guide to Geodata-base Design, Esri pres.
12. **Parker, H.D., (1988):** "The unique Qualities of a Geographic information system: Commentary". Photogrammetric Engineering and Remote sensing, P. 54.
13. **Rhind, D.W., (1988):** "AGIS Research Agenda", international Journal of Geographical information systems, P. 23.
14. **Smith, B.J., et al., (2005):** "Salt weathering simulation under Hot Desert conditions: Agents of Enlightenment or perpetuators of preconceptions" Geomorphology journal, V. 67.
15. **Wali, A & Abdallah, A, Khder, I.S., (2005):** "Saline pooling dominations – Dune Migration Effects on Anticipation developing sites, Siwa, Western desert, Egypt, Switma, Cairo.
16. **Zakaria, M.H., (1972):** Geological and Hydrogeological studies of Siwa Oasis, M.S.C. Thesis, Fac. Sci., Alex. Univ.