التأثيرات المحتملة لارتفاع متوسط سطح البحر على النطاق الساحلي بالمنطقة الشمالية الغربية بليبيا

د. منصور رمضان سالم غريبي
كلية الآداب الزاوية– جامعة الزاوية

ملخص: تناول موضوع البحث التأثيرات المحتملة لارتفاع متوسط سطح البحر على النطاق الساحلي بالمنطقة الشمالية الغربية بليبيا، باعتماد أربع سناريوهات متوقعة لارتفاع متوسط سطح البحر، من خلال بناء نموذج محاكاة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لتحديد المساحات المتأثرة، عن طريق التحليل المكاني (Spatial Analysis)، اعتماداً على بيانات نموذج الارتفاع الرقمي(Shuttle Radar Topographic Mission(SRTM)، وطبقاً لمخرجات السناريوهات المعتمدة في الدراسة، تبين زيادة المخاطر مع ارتفاع مستوى سطح البحر، ففي حالة ارتفاع مستوى سطح البحر بمقدار (0.50) متر ستقد المنطقة (35.8%) من مساحتها، بينما تفقد (45.6%) إذا ما بلغ مستوى سطح البحر المتر، وأكثر من نصف مساحتها إذا ما وصل مستوى سطح البحر(2) متر ونحو (65%) إذا ما ارتفع مستوى سطح البحر بمقدار (3) أمتار، الأمر الذي قد يتسبب في الكثير من الأضرار البيئية والاجتماعية والاقتصادية، مما يتوجب على صانعي القرار الالتفات لهذه الظاهرة العالمية، والاستفادة من تجارب الدول الاخرى، وبالذات فيما يختص بخيارات التكيف مع الظاهرة للحد من أثارها المستقبلية.

Summary:

The topic of the research deals with the potential effects of the average sea level rise on the coastal scale in the northwestern region of Libya, by adopting four projected scenarios for the average sea level rise, through building a simulation model using geographic information systems (GIS) to determine the affected areas, by means of spatial analysis. Based on the data of the Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) digital elevation model, and according to the outcomes of the

scenarios adopted in the study, the risks increase with sea level rise, and in the event of a sea level rise of (0.50) meters, the area will lose (35.8%) of its area, While it loses (45.6%) if the sea level reaches a meter, and more than half of its area if the sea level reaches (2) meters and about (65%) if the sea level rises by (3) meters, which may cause A lot of environmental, social and economic damages, which makes decision-makers need to pay attention to this global phenomenon, and to benefit from the experiences of other countries, especially with regard to the options for adapting to the phenomenon to limit its future effects.

المقدمة:

يعد ارتفاع متوسط منسوب سطح البحر المرتبط بالتغير المناخي، من أبرز التحديات التي تواجه مستقبل المجتمعات البشرية، خاصة بالمناطق الساحلية التي يقل ارتفاعها عن عشرة أمتار فوق مستوى سطح البحر والتي يقطن بها حوالي(10%) من سكان العالم، وتتركز بها معظم الأنشطة الاقتصادية، بحيث يمكن ان يؤدي ارتفاع منسوب سطح البحر إلى غمر مساحات واسعة من تلك الأراضي بمياه البحر وما يترتب على ذلك من مشكلات عدة من شأنها أن تعطل مختلف النظم البيئة والاقتصادية والاجتماعية[1]، فقد أكدت الهيئة الدولية المعنية بتغير المناخ في تقريرها الخاص بالمحيطات والغلاف الجليدي عام (2019)، بان مستوي سطح البحر يرتفع بمعدل يتراوح ما بين (3 : 4) ملم سنوياً، بحيث أرتفع متوسط سطح البحر العالمي ما بين (16 : 21) ملم خلال المدة (1902 :2015)، كما أشار التقرير إلى ان مستوى سطح البحر سيتجاوز المتر عام (2100)[2]، وبغض النظر عن الأرقام المتوقعة لارتفاع متوسط سطح البحر، التي تتباين من دراسة الى أخرى، بسبب تباين نماذج القياس المستخدمة، إلا انها تتفق جميعاً على ان متوسط سطح البحر في تزايد مستمر وبذات خلال العقود القلية الماضية، نتيجة تزايد حجم المياه في المحيطات، بسبب التمدد الحراري لمياهها، وذوبان الأنهار والصفائح الجليدية، وكلاهما مرتبط بتفاقم ظاهرة الاحتباس الحراري الناتجة عن ارتفاع معدلات انبعاث الغازات الصناعية وبخاصة غاز ثاني أكسيد الكربون[3]، ولا تقتصر أسباب ارتفاع مستوى سطح البحر على تلك المتعلقة بالمناخ، لان منسوب سطح البحر قد تعرض مراراً وتكراراً لتقلبات كبيرة، فعلى مر

العصور الجيولوجية كانت السمات والمعالم التي تحدد سواحل القارات في تغير مستمر بسبب تناوب الفترات الجليدية، فمواقع البحار والمحيطات وأعماقها وأحجام المياه بها غير ثابتة طوال الحقب الجيولوجية.

وتعد ليبيا كغيرها من الدول التي من المتوقع أن تتأثر سواحلها بارتفاع مستوى سطح البحر خلال العقود المقبلة، فعبر التاريخ الجيولوجي للبلاد أمكن رصد ظاهرة انحسار البحر وتقدمه باتجاه اليابسة عدة مرات، بحيث كان أخر تراجع لمياه البحر مع نهاية عصر الميوسين، أي منذ ما يزيد عن (70) مليون سنة مضت[4]، وبحكم الواجهة البحرية الطويلة للبلاد فهي ليست بمنأى عن التأثرات المحتملة لارتفاع مستوى سطح البحر، وخاصة في المناطق الساحلية المنخفضة كما هو الحال بالنسبة لمنطقة الدراسة، ونظراً لتزايد القلق الدولي من التأثيرات المحتملة لارتفاع متوسط سطح البحر، تأتي هذه الدراسة كمحاولة لتقييم التأثيرات المتوقعة لارتفاع متوسط سطح البحر بمنطقة الدراسة، من خلال وضع عدة سناريوهات لمستويات سطح البحر، باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد(RS) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS)، التي تعد حالياً أهم الوسائل المستخدمة في تقييم المخاطر المحتملة لارتفاع مستوى سطح البحر.

مشكلة الدراسة: تعد الأراضي الساحلية المنخفضة من أكثر المناطق المعرضة لمخاطر ارتفاع متوسط سطح البحر، وما يترتب عليه من أضرار لمختلف النظم البيئية والاقتصادية، التي باتت ملحوظة في العديد من البيئات الساحلية المنخفضة بأرجاء مختلفة من العالم[5] من بينها منطقة الدراسة التي تعد من بين أكثر المناطق المعرضة لمخاطر ارتفاع مستوى سطح البحر بسواحل شمال أفريقيا، وفقاً لتقارير الهيئة الدولية المعنية بتغير المناخ وجل الدراسات التي تناولت موضوع التغيرات المناخية وما يرتبط بها من ارتفاع مستوى سطح البحر في منطقة حوض البحر المتوسط، فهي تعاني كغيرها من البيئات الساحلية المنخفضة من تأثيرات ارتفاع مستوى سطح البحر بشكل مباشر وغير مباشر، بحيث يتعرض خط الساحل إلى التأكل المستمر منذ أمد بعيد والذي يمكن ملاحظته من خلال كثرة التعرجات والكهوف والاخاديد المختلفة الاحجام المنتشرة على طول شاطئ المنطقة، وفي كثير من الأحيان تتعرض المنطقة الى تقدم مياه البحر وغمر مواضع متفرقة من سطحها تبعد مئات

الأمتار عن خط الساحل، خاصة خلال فصل الشتاء عندما يشتد اضطراب البحر، كما تعاني المنطقة من العديد من المشكلات المرتبطة بارتفاع مستوى سطح البحر، كزيادة حدة ظاهرة تداخل مياه البحر وتملح التربة والتصحر وغيرها.

يمتد ساحل منطقة الدارسة لمسافة تبلغ (132) كيلومتر ويضم عدة مشاريع استراتيجية يأتي في مقدمتها مجمع مليته للغاز ومجمع أبو كماش للصناعات الكيماوية وبعض المراكز العمرانية، كما تمتاز المنطقة بطابعها التجاري بحكم وقوعها بالقرب من الحدود التونسية، ووجود منفذ رأس اجدير الذي تمر عبره حركة التبادل التجاري بين ليبيا وتونس، وتحوي مساحات شاسعة من الأراضي الزراعية المروية والبعلية والرعوية، إضافة إلى الأنشطة المتعلقة باستغلال موارد الثرة البحرية، لذلك تحاول هذه الدراسة الإجابة على التساؤل التالي: ما هي التأثيرات المحتملة لارتفاع متوسط سطح البحر على النظم البيئة والاقتصادية والاجتماعية على النطاق الساحلي بالمنطقة الشمالية الغربية بليبيا.

أهداف الدارسة: تهدف الدراسة الى تحقيق الأهداف التالية:

1) وضع سناريوهات للتأثيرات المحتملة لارتفاع متوسط سطح البحر على منطقة الدراسة.
2) عمل قاعدة بيانات مكانية للمواقع المتوقع تأثرها بارتفاع مستوى سطح البحر.
3) اقتراح حلول قد تساعد في التخفيف من المخاطر المحتملة للظاهرة.

مصادر البيانات: تم الاعتماد على البيانات الرقمية من موقع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (https://www.usgs.gov)، والمتمثلة فيما يلي:

- نموذج الارتفاع الرقمي (Shuttle Radar Topographic Mission(Srtm30m)، بعدد ثلاث مرئيات هي: (N32_E12) (N32_E11) (N33_E12) بدقة 30 متر، وتم عمل موزايك لهم، ومن ثم استقطاع منطقة الدراسة.
- مرئية فضائية نوع (LANDSAT_8)، بعدد مرئيتان هي:

LCO_8, ROW 37, PATH 1989, 2020،LCO_8, ROW 37, PATH 1990, 2020

وقد تم عمل موازيك لكلا المرئيتان، ومن ثم اقتطاع منطقة الدراسة منهما.

منهجية الدراسة: ارتكزت منهجية الدراسة على عمل سناريوهات تأثير ارتفاع متوسط سطح البحر من خلال بناء نماذج محاكاة للتأثيرات المحتملة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

(GIS) لتحديد المساحات المتأثرة عن طريق التحليل المكاني (Spatial Analysis)، بالاعتماد على المدخلات الرقمية لنموذج الارتفاع الرقمي

Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) ، الخاص بمنطقة الدراسة، باتباع الخطوات التالية:

1. تجميع المرئيات الفضائية (Dem Srtm 30m)، (Land Sat 8 30m) وعمل موزايك لتلك المرئيات وتجميعها في طبقة واحدة، ونفس الخطوات أتبعت في تجميع المرئيات من نوع (Landsat 8)، باستخدام برنامج (Envi).

2. عمل التحسينات الطيفية على الموزايك واقتطاع منطقة الدراسة، التي شملت النطاق المجاورة لخط الساحل بامتداد تراوح ما بين (5 .:22 كم) باتجاه الداخل.

3. تغير الاسقاط الخاص بالمرئيات الى (UTM,WGS1984,Zone 33 N).

أما فيما يختص بعمل السناريوهات المحتملة لارتفاع منسوب سطح البحر، فتم انجازها باستخدام برنامج (Arc Gis) من خلال مجموعة أدوات التحليل المكاني (Spatial Analysis)، بأتباع الخطوات التالية:

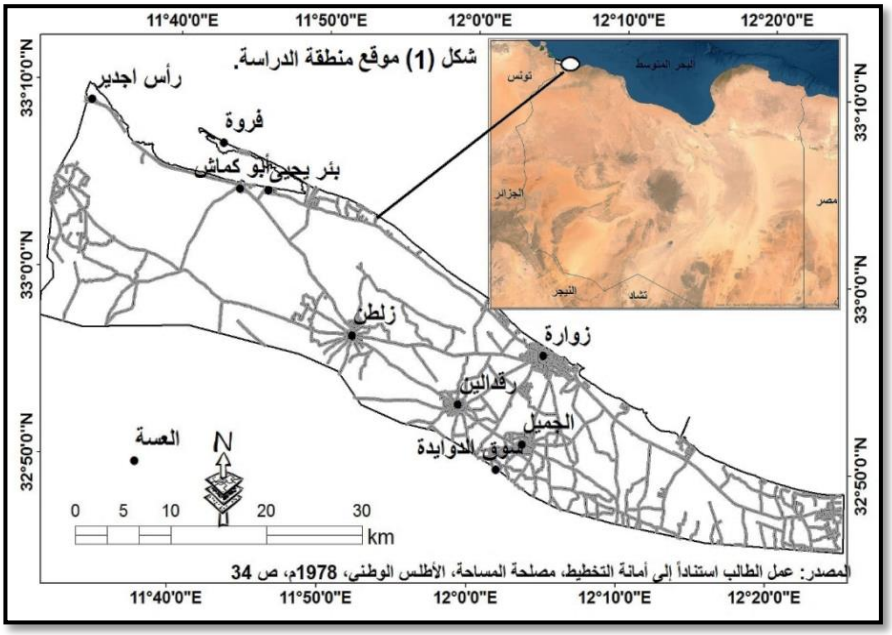
1. معالجة نموذج الارتفاع الرقمي (Dem Srtm) باستخدام أداة (Fill) وذلك لإزالة الانخفاضات والارتفاعات الشاذة الغير متوقعة في النموذج وإنتاج طبقة جديدة خالية من القيم الشاذة في بيانات نموذج ارتفاع الرقمي.

2. تم عمل السناريوهات المحتملة اعتمادا على الطبقة المعالجة في الخطوة السابقة كما يلي:

- انتاج طبقة لكل سناريو محتمل (0.50 م) (1 م) (2 م) (3 م)، باستخدام أداة (Map Algebra).
- الغاء المناطق الغير معرضة للغرق حسب كل سناريو، من خلال إعادة تصنيف الطبقة المنتجة في الخطوة السابقة، باستخدام أداة (Reclassify)، ثم تحويل الطبقة المنتجة إلى(Polygon).

●تحديد المناطق الملامسة لخط الساحل باستخدام أداة (Selection)، أي المواقع التي يمكن ان تطغى من خلالها مياه البحر علي اليابس حسب كل سناريو متوقع، وحساب المساحات المتأثرة وفقاً لكل سناريو معتمد في الدراسة.

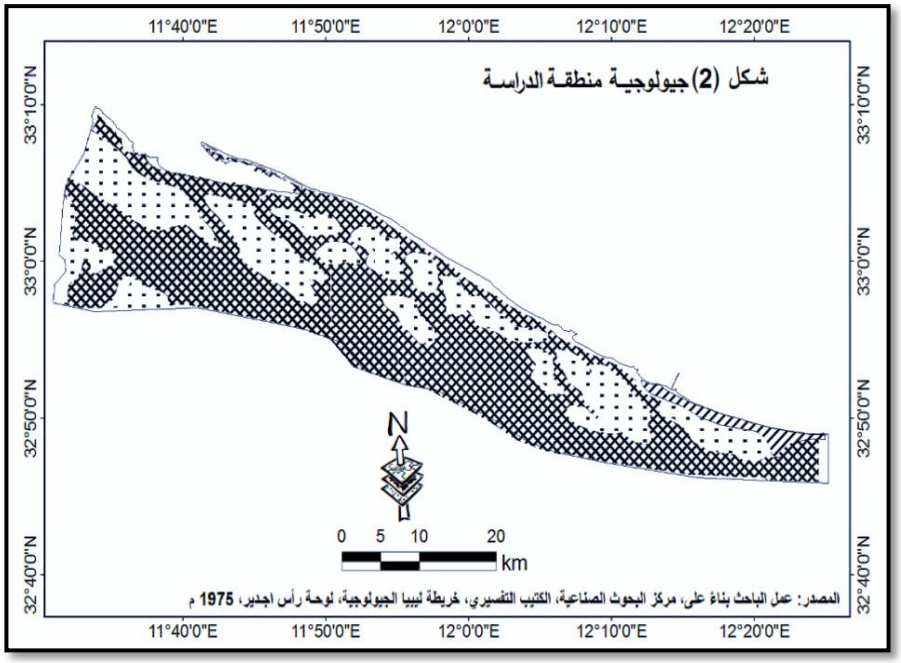
منطقة الدراسة: تقع منطقة الدراسة في أقصى الساحل الغربي لإقليم سهل الجفارة شكل (1) بين خطي طول (11,33,00:12,25,00) شرقاً ودائرتي عرض(33,10,00: 32,46,00) شمالاً، وتمتد منطقة الدراسة على ساحل البحر المتوسط الذي يحدها مـــــن



ناحية الشمال بطول (132) كيلومتر ومن مدينة صبراتة شرقاً، الى الحدود الليبية التونسية من ناحية الغرب، وتمتد جنوباً بمسافة تتراوح ما بين (5: 22) كيلومتر. بحيث اشتملت الدراسة على الأرضي المنخفضة التي يقل ارتفاعها عن (26) متر عن مستوى سطح البحر، من النطاق الساحلي بأقصى المنطقة الشمالية الغربية من اقليم سهل الجفارة .

الخصائص الجيولوجية والطبوغرافية لمنطقة الدراسة:

● **التكوين الجيولوجي:** من خلال البيانات الواردة في خريطة ليبيا الجيولوجية (لوحة رأس جدير)، شكل(2) يتضح أنها كانت جزءاً من بحر تيتس الذي كان يغطي على شمال ليبيا،



حيث كان يتقدم فترات ويتراجع أخرى تاركاً ورائه ترسبات مختلفة خلال الأزمنة الجيولوجية التي تعاقبت على المنطقة، مما أدي الى انتشار أنواع مختلفة من التكوينات البحرية، التي تداخلت مع التكوينات القارية المنقولة من الحافات الجبلية المجاورة[6]، وترجع أغلب التكوينات التي تغطي سطح المنطقة إلى الزمن الجيولوجي الرابع خلال عصر الهولوسين وعصر البلايستوسين، فتعرُّض المنطقة لطغيان البحر في بعض الفترات وتراجعه في فترات أخرى، أدى إلى تكون رواسب سطحية شملت الكثبان الرملية ورواسب الأودية ورمال الشاطئ، إضافة إلى تكوينات صخرية من الحجر الرملي وتكوينات قرقارش، ويمكن تقسيم تلك التكوينات إلى:

– تكوينات عصر الهولوسين: وتتمثل في ترسبات السبخات التي تتألف من رواسب من (رمل وصلصال وملح وجبس)، إضافة إلى الرواسب الرياحية الهوائية والمائية التي جاءت بها مجاري المياه الموسمية، بحيث يغطى سطح المنطقة بقشور من الملح والجبس من جراء التبخر خلال فترة الجفاف.

–تكوينات عصر البلايستوسين: وتشتمل على تكوين قرقارش وهو عبارة عن (كالكارنيت مع عدسات من السلت أحيانا) ويتألف من رمال شاطئية متماسكة بمواد صلصالية تحتوي على طبقات من القواقع البحرية ومن الأحجار الرملية الخالية من القواقع، التي تمتد على طول الساحل بعرض لا يزيد تقريباً عن(2) كيلومتر، ابتدأً من منطقة صبراتة شرقاً حتى منطقة مليتة غرباً، وعلى هيئة شريط متقطع بالقرب من منطقة أبو كماش[7].

أما النوع الثاني من تكوينات عصر البلايستوسين فيتمثل في تكوين الجفارة الذي يتألف من الأحجار الرملية والصدفية وطبقات من الحصى، وبعض التكوينات الجيرية، ويظهر هذا التكوين على شكل قشور من الجبس في المواضع التي يوجد بها الماء بصورة موسمية.

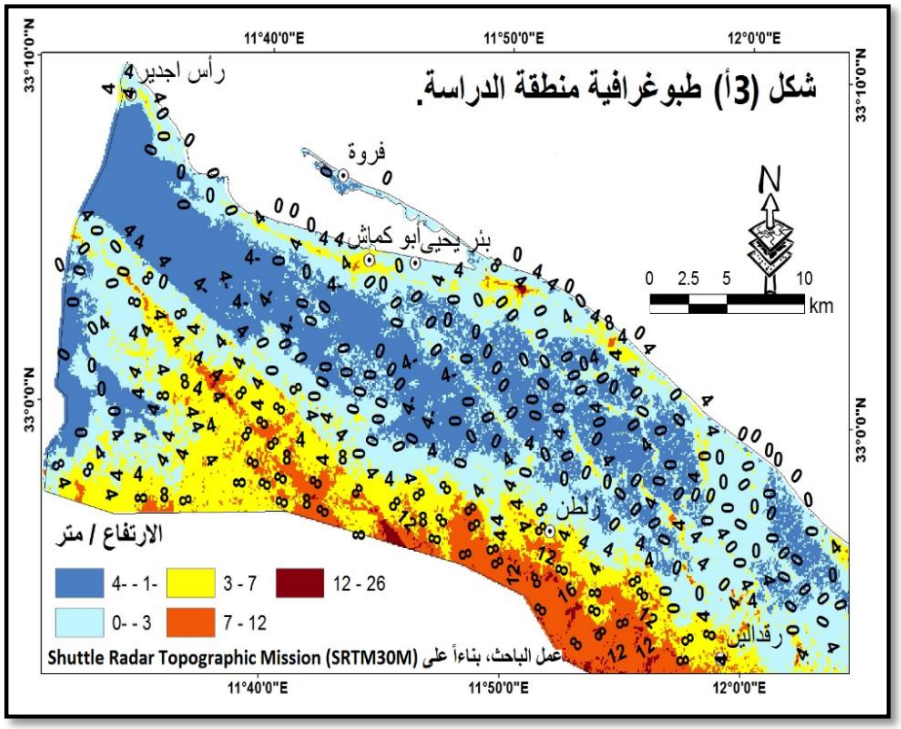
ومن خلال العرض السابق للتكوينات الجيولوجية التي تغطي سطح المنطقة، تبين بانها تكوينات ارسابية تكونت نتيجة تقدم البحر وتراجعه من حقبة زمنية الي أخرى، وهى من أكثر أنواع التكوينات استجابة وقابلية للتحلل والذوبان بفعل التجوية الكيميائية، بالإضافة إلى قابليتها للذوبان بفعل ما تحدثه أيونات الاملاح المختلفة في مياه البحار بخلاف الصخور النارية أو المتحولة، مما يسهل عملية تقدم مياه البحر مع زيادة ارتفاع منسوب سطحه.

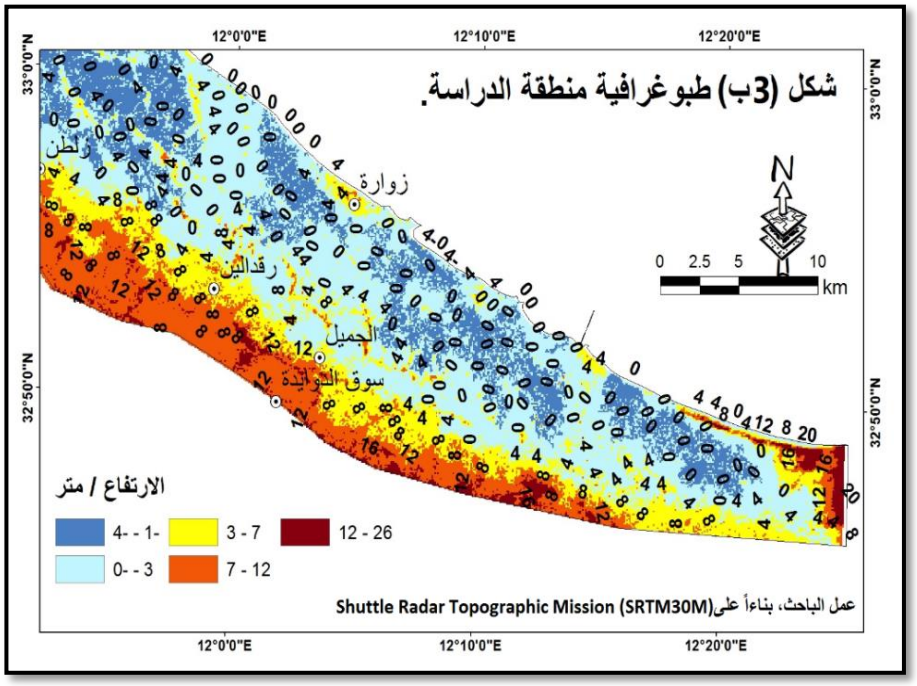
- **مورفولوجية منطقة الدراسة:** يعد سطح منطقة الدراسة جزء من النطاق الساحلي لسهل الجفارة الذي يعتبر من أكبر السهول الساحلية في شمال ليبيا، ومن خلال تحليل بيانات نموذج الارتفاع الرقمي (Srtm) الخاص بمنطقة الدراسة، جدول(1) والشكل(3أ) (3ب)، يتضح بأنها ذات سطح متموج يتأرجح ما بين ارتفاع وانخفاض عن مستوى سطح البحر فرضته طبيعة التكوينات الجيولوجية المكونة لبنية منطقة الدراسة، إضافة دور عوامل

جدول (1) مورفولوجية منطقة الدراسة.

مستوى السطح	المساحة / هكتار	النسبة %
أقل من مستوى سطح البحر	31887	26.5
مستوى سطح البحر (0)	16180	13.5
فوق مستوى سطح البحر	72097	60
الاجمالي	120.164	100

المصدر:عمل الباحث، بناءاً على Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM30M)





التجوية والتعرية الهوائية والمائية، التي أسهمت وبشكل كبير في تشكيل طبوغرافية سطح منطقة الدراسة واعطائه الشكل المورفولوجي الذي هو عليه الأن، بحيث يصل أقل انخفاض لسطح المنطقة إلى (– 4) متر تحت مستوى سطح البحر، بينما يبلغ أقصى ارتفاع بها إلى (26) متر فوق مستوى سطح البحر، ويمكن تقسيم سطح منطقة الدراسة من حيث الارتفاع والانخفاض عن مستوى سطح البحر كما يلي:

❖ أراضي ينخفض منسوبها عن مستوى سطح البحر: وتتمثل في المساحات التي تغطيها السبخات التي يرجع تكوينها الى الزمن الجيولوجي الرابع، بسبب تغير مستوى القاعدة (مستوى سطح البحر) فعند تراجع مياه البحر ظلت كميات منها تشغل الأراضي المنخفضة مكونة مستنقعات وبحيرات مؤقتة منعزلة [8] عن مياه البحر تحولت الى سبخات بعد تبخر مياهها، باستثناء السبخات القريبة من خط الساحل، التي تصلها مياه البحر أثناء حدوث الأمواج العالية وخلال فترات المد العالي وتشكل هذه الأراضي (26%) من مساحة سطح المنطقة.

❖ أراضي يساوي منسوبها مستوى سطح البحر: وتشغل هذه لأراضي (13.5%) من مساحة المنطقة وتتمثل في المساحات المحيطة بالأراضي التي يقل منسوبها عن مستوى سطح البحر، التي يغطي معظمها السبخات.

❖ أراضي يرفع منسوبها عن مستوى سطح البحر: وتتمثل في الأراضي التي يتراوح ارتفاعها ما بين (1: 26) متر وتشكل (60%) من سطح المنطقة، وتمتد هذه المساحات في شكل شريط طولي يمتد من الشرق الى الغرب جنوب المنطقة يتدرج في الارتفاع مع الاتجاه جنوباً، إضافة الى بعض الجروف التي تشرف مباشرة على مياه البحر التي تتخللها الكثبان الرملية الساحلية، التي تمتد في شكل شريط ضيق يفصل مياه البحر عن السبخات، وتحوي تلك الكثبان على بعض الفتحات الصغيرة والتي تسمى محليا(بالبوا غيز)، التي تنساب منها مياه البحر لتغذي السبخات القريبة من خط الساحل.

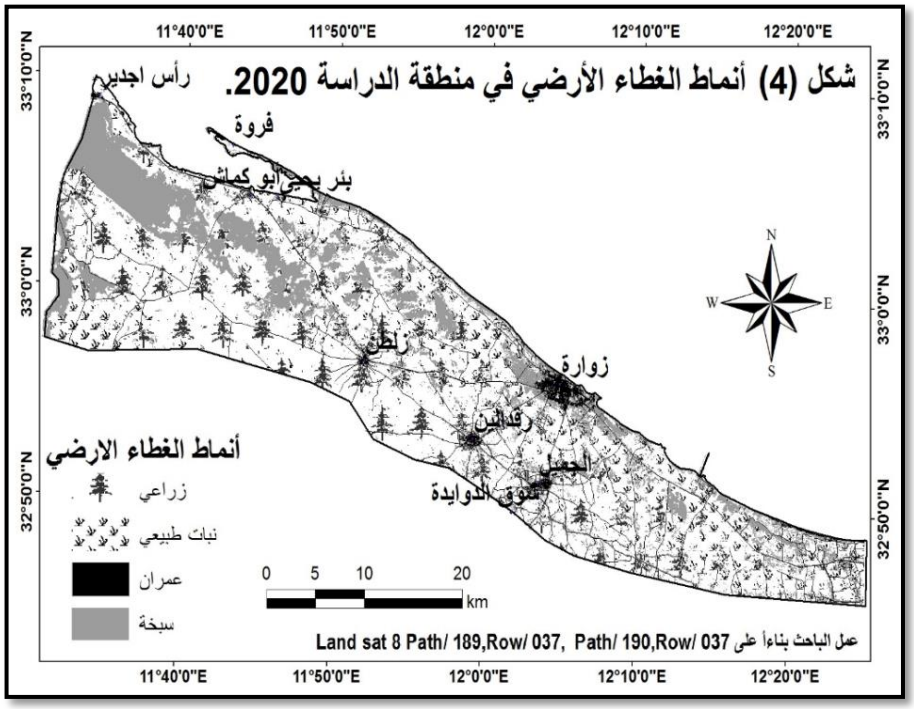
أنماط الغطاء الأرضي: يبين الجدول (2) والشكل (4) الأنماط الرئيسية للغطاء الأرضي بمنطقة الدراسة، التي أمكن تمييزها من اعتماداً على مرئية فضائية نوع (Land sat 8)، باستخدام الاطوال الموجية (Band 4,3,2)، باستخدام التصنيف الموجه وبطريقة (Maximum Likelihood)، كما تم تقدير دقة الطبقة المصنفة، باستخدام مصفوفة الخطأ (Error Matrix) وكانت نتائج دقة التصنيف الكلية (Accuracy: 0.85.)، في حيــن

جدول (2) أنماط الغطاء الأرضي لمنطقة الدراسة عام (2020).

الاستخدام	المساحة / هكتار	النسبة %
زراعي	**50.902**	**42**
غابات ونبات طبيعي	**36.409**	**30**
عمران	**4.970**	**4**
سبخة	**27.883**	**24**
الاجمالي	**120.164**	**100**

المصدر: عمل الباحث، بناءً على مرئية (LANDSAT_8) بتاريخ 2020 /9/5.

بلغ مؤشر(Kappa : 0.75)، بحيث أمكن تميز أربعة أنماط للغطاء الأرضي في منطقة الدراسة، تمثلت فيما يلي:



• **الاستخدام الزراعي:** استحوذ الاستخدام الزراعي على 42% من إجمالي استخدام الأرض في منطقة الدراسة بحيث يسود نمط الزراعة البعلية بسبب ملوحة المياه والتربة، اذ يكاد يقتصر الاستخدام الزراعي على زارعة الأشجار المثمرة التي تعتمد على مياه الامطار مثل الزيتون والتين والنخيل واللوز، التي تتطلب زراعتها ترك مساحات واسعة من الأراضي الفضاء، أما نمط الزراعة المروية، فيقتصر على بعض المحاصيل التي بإمكانها تحمل الملوحة مثل البرسيم..

• **الأراضي المغطاة بالنبات الطبيعي:** شكلت المساحات المغطاة بالنبات الطبيعي 30% من إجمالي مساحة الغطاء الأرضي للمنطقة، يتألف معظمها من نباتات السبخات وهي عبارة عن حشائش قصيرة تعتمد كثافتها على كمية المطر من عام لأخر، أما الغابات فيقتصر وجودها على مساحة صغير بالقرب من خط الساحل في شرق المنطقة، ويرجع ارتفاع نسبة

الغطاء النباتي الطبيعي إلى صعوبة استثمار المنطقة زراعياً بسبب الانتشار الواسع للسبخات وارتفاع ملوحة المياه الجوفية والتربة.

● **السبخات:** شكلت المساحات التي تغطيها السبخات 24% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وهي متباينة من حيث المساحة والقرب من خط الساحل، وتعد سبخة البريقة أكبر سبخات المنطقة التي يتجاوز طولها(30 كيلومتر) وعرضها(4 كيلومتر) ولا يتجاوز بعدها عن خط الساحل عن(300متر)، وتمتد داخل الأراضي التونسية، في حين تعد سبخة شرق زواره أصغر سبخات المنطقة، التي لا يتجاوز بعدها عن خط الساحل عن(100متر)، إضافة مجموعة أخرى من السبخات المتباينة من حيث الحجم والقرب من خط الساحل، أهمها سبخة غرب زوارة وتليل، وسبخة أبو نومة، التي أقيم عليها مجمع أبو كماش لصناعة بعض الصناعات الكيماوية.

● **العمران:** تشغل الكتل العمرانية نسبة قليلة من مساحة المنطقة، لانتشارها في مناطق محددة تتمثل في المراكز العمرانية، التي يأتي في مقدمتها من حيث الحجم طبقاً لأخر إحصاء سكاني أجري في البلاد عام (2006) مدينة الجميل بعدد(38850) نسمة، تليها زوارة (34418) نسمة، ثم رقالين بعدد(25876) نسمة، وزلطن (15809) نسمة وفرة (3800) نسمة ورأس اجدير (334) نسمة [(9)]، إضافة الى بعض التجمعات القروية المنتشرة في المنطقة.

تغير مستوى سطح البحر: يختلف مستوى البحر باختلاف الزمان والمكان بسبب العمليات الفيزيائية، مثل المد والجزر، ويُعرَّف متوسط مستوى سطح البحر في موقع معين على أنه متوسط ارتفاع سطح البحر خلال فترة زمنية، مثل شهر أو سنة، وهي مدة كافية بحيث تتم إزالة التقلبات الناجمة عن المد والجزر إلى حد كبير [(10)].

ويختلف توزيع متوسط مستوى سطح البحر مكانياً من مكان الى أخر، ولا تقتصر أسباب التغيرات في مستوى سطح البحر على تلك المتعلقة بتغير المناخ، فمن المعروف أن متوسط مستوى سطح البحر قد تعرض مرارًا وتكرارًا لتقلبات كبيرة، بسبب تناوب الفترات الجليدية على مدار مئات الآلاف من السنين الماضية، ففي عصر الهولوسين بلغ مقدار التغير في متوسط مستوى سطح البحر حوالي 120 متر، كما ان هناك تقلبات قصيرة المدى

في مستوى سطح البحر، تحدث بسبب المد والجزر والأمواج والتسونامي، ومن خلال تلك المجموعة الواسعة من التقلبات، فإن تغير مستوى سطح البحر المرتبط بتغير المناخ له خصائصه الفريدة، نظرًا لتأثيراته الكبيرة المحتملة التي تطال كافة النظم البيئة والاجتماعية.

وبعد نشر تقرير التقييم الرابع للفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ، تم إحراز تقدم في مختلف المجالات المتعلقة بمسألة ارتفاع مستوى سطح البحر بالنسبة لتقديرات السابقة، من خلال تحسين تقنيات التحليل المطبقة على بيانات مقياس الارتفاع الساتلي وبيانات مقياس المد والجزر، بحيث أصبحت بيانات تغيير مستوى سطح البحر أكثر تفصيلاً وموثوقية، خاصة بعد ان بدأت عمليات المراقبة عن طريق الأقمار الصناعية، ابتدأً بالقمر الصناعي (Topex / Poseidon) وهو مقياس ارتفاع ساتلي تم إطلاقه في عام (1992)، وتستمر عمليات المراقبة باستخدام أقمار صناعية لاحقة مثل Jason1) و Jason2) منذ أوائل التسعينيات من القرن الماضي، بحيث أصبح قياس الارتفاع بالأقمار الصناعية الأداة الرئيسية لقياس مستوى سطح البحر بدقة وبشكل مستمر، ويرجع ذلك إلى مزاياها على مقاييس المد والجزر، مثل عدم التأثر بحركة الأرض، والتغطية العالمية المنتظمة [(11)].

توقعات ارتفاع مستوى سطح البحر بحوض البحر المتوسط: تم إجراء العديد من الدراسات النموذجية للتنبؤ بمستويات سطح البحر في المستقبل وقد أظهرت التنبؤات المختلفة لمستويات سطح البحر في المستقبل تباين كبيراً، بسبب عدم اليقين فيما يتعلق بالانبعاثات المستقبلية للغازات الدفيئة، وأوجه القصور في الفهم الحالي لديناميكيات المناخ، الا ان جميع تلك النماذج تتنبأ بزيادة معدل ارتفاع مستوى سطح البحر العالمي المرتبط بظاهرة الاحتباس الحراري، حتى مع توقف انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، فان مستويات سطح البحر العالمي ستستمر في الارتفاع لمدة قرن على الأقل، فمن المرجح ان تتراوح مستويات سطح البحر ما بين (0.7 : 1.2) متر في عام (2100)[(12)]. وعلى نحو مشابه للاتجاهات الدولية الناجمة عن الاحترار وذوبان الجليد، فقد سجّل مستوى سطح البحر في منطقة حوض المتوسّط ارتفاعاً سنويّاً قدره (0.7) ملم بين عامي (1945: 2000)، ثم إلى (1.1) ملم، ما بين عامي (1970: 2006)، وقد تم رصد زيادة سنوية خلال العقدين السابقين

بلغت قيمتها حوالي (3) ملم سنوياً، وكما تبرز العديد من أوجه عدم اليقين والشكوك فيما يتعلّق بارتفاع المتوسط العالمي لمستوى سطح البحر في المستقبل، فالأمر ذاته ينطبق على حوض البحر المتوسط، بحيث تتراوح التوقعات المستقبلية حول ارتفاع متوسّط مستوى سطح البحر المتوسط ما بين(52: 190) سنتمر بحلول عام 2100 [(13)] عن مستواه الحالي، بسبب اختلاف النماذج المستخدمة في تقدير كميات المياه المضافة لحوض البحر المتوسط، بحيث يمثّل تسارع ذوبان الغطاء الجليدي في جزيرة غرينلاند والقارة القطبية الجنوبية خطراً كبيراً على ارتفاع مستوى سطح البحر بشكل إضافي مع احتمال ارتفاعه عدة أمتار، حتى مع فرضية عدم تجاوز الاحترار العالمي حدّ الزيادة المقدّر ب (1,5) درجة مئوية، إضافة إلى أن التنبؤات المناخية الإقليمية المتعلّقة بالتغيّر النسبي لمستوى سطح البحر المتوسط أقلّ دقّة من التنبؤات العالمية.

ويرجع ذلك لقصور نماذج المحاكاة العالمية والتفاعلات بين المحيط الأطلسي والبحر المتوسط، وضعف التقديرات المتعلقة بالجريان السطحي للأنهار التي تصب في حوض البحر المتوسط، والإضافة الى تأثير ارتفاع مستوى سطح البحر على المستوى العالمي، لذلك فان التوقعات الخاصة بحوض البحر المتوسط قد تتغير، مؤدية الى تغير التقديرات المتعلقة بمستويات ارتفاع سطح البحر المتوسط وبشكل متباين من مكان لآخر، فمن المتوقع حدوث تغيرات كبيرة في الخط الساحلي في مناطق عدة بحوض البحر المتوسط بحلول عام (2100)، بسبب غمر مياه البحر لتلك المناطق.

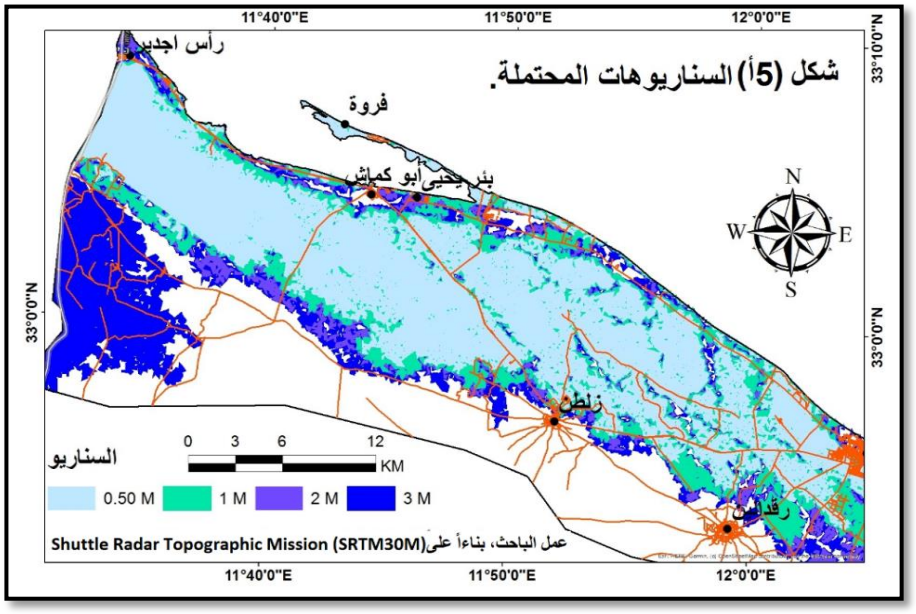
تقييم الاثار المحتملة لارتفاع متوسط سطح البحر بمنطقة الدراسة: من خلال منهجية البحث التي تم من خلالها عمل سيناريوهات تأثير ارتفاع منسوب سطح البحر باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لتحديد المساحات المتأثرة عن طريق التحليل المكاني (Spatial analysis)، وقد تم الاعتماد في بناء نماذج المحاكاة على نموذج الارتفاع الرقمي(Srtm)، الخاص بمنطقة الدراسة، بحيث تم اعتماد أربع سناريوهات متوقعة لارتفاع منسوب سطح البحر كالتالي: **(0.50 ، 1 ، 2 ، 3)** متر، أمكن من خلالها أنشاء قاعدة بيانات رقمية للمساحات المتوقع تأثرها بمنطقة الدراسة، كما هو مبين بالجدول(3) والاشكال

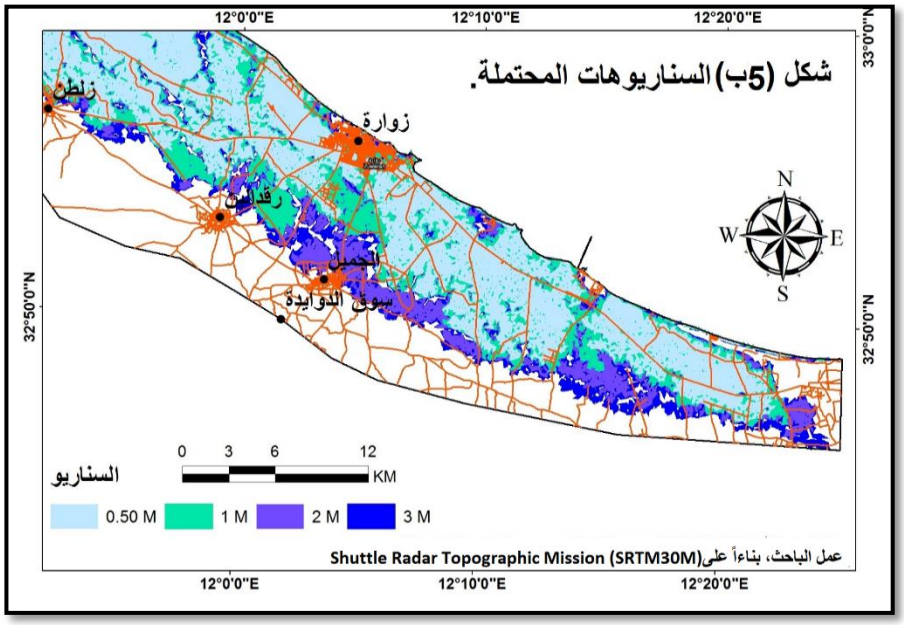
(5 أ) (5 ب) والهدف من وضع هذه السناريوهات هو تحديد المساحات المعرضة لمخاطر ارتفاع مستوى سطح البحر وتقييم الآثار المتوقع حدوثها من خلال المقارنة بينها كما يلي:

جدول (3) المساحات المتأثرة طبقا لكل سناريو.

السناريو	الارتفاع	المساحة المتأثرة	% من اجمالي مساحة المنطقة
1	0.50	43025	35.8
2	1	54893	45.6
3	2	65009	54.1
4	3	78635	65.4

المصدر: عمل الباحث، بناءً على(Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM30M





• **السناريو الأول:** يفترض ارتفاع مستوى سطح البحر بواقع (0.50) متر، وطبقاً لهذا السناريو تبلغ المساحة المعرضة للغمر بمياه البحر (43025) هكتار، وبما يعادل (35.8%) من مساحة منطـقة الدراسة، وتشمل الأراضي الأكثر انخفاضاً التي يقل ارتفاعها عن مستوى سطح البحر، التي تشغلـها السبخات، وتعد مدينة زوارة والمراكز العمرانية الواقعة في أقصى غرب المنطقة الأكثر عرضـــة لمخاطر الغمر بمياه البحر، وتضرر المراكز الصناعية (مجمع مليئة وأبوكماش)، واجزاء من شبكة الطرق المحلية بالمنطقة.

• **السناريو الثاني:** يفترض ارتفاع مستوى سطح البحر بمقدار (1) متر، ووفقاً لهذا السناريو تبلغ المساحة المعرضة للخطر (54893) هكتار، أي ما يعادل (45.6%) من إجمالي مساحة المنطقة، وتشمل التأثيرات المساحات المتضررة طبقاً للسناريو الأول، اضافة إلى المواضع المجاورة للسبخات.

• **السناريو الثالث:** يفترض ارتفاع مستوى سطح البحر بمقدار (2) متر، ووفقاً لهذا السناريو تبلغ المساحة المعرضة للخطر (65009) هكتار، بما يعادل (54.4%) من إجمالي مساحة

المنطقة، بحيث يمكن ان يؤدي ارتفاع مستوى سطح البحر، طبقاً لهذا السناريو الى غمر أكثر من نصف مساحة المنطقة بمياه البحر.

- **السناريو الرابع:** يفترض ارتفاع مستوى سطح البحر بمقدار(3) متر، بحيث تبلغ المساحة المعرضة للخطر (78635) هكتار، بما يعادل (65.4%) من إجمالي مساحة المنطقة، ويشمل التأثير كافة المساحات المعرضة للخطر طبقاً لجميع السناريوهات السابقة، مع اتساع المساحات المتضررة لتشمل مساحات واسعة من الأراضي الزراعية والمعطاءة بالنبات الطبيعي، كما يمكن ان يطال التأثير الأطراف الشمالية من بقية المراكز العمرانية بمنطقة الدراسة كالجميل وزلطن. ومما سبق يتضح أن هناك علاقة طردية ما بين ارتفاع مستوى سطح البحر والمساحات المعرضة للخطر، فكلما زاد مقدار الارتفاع ازدادت معه المساحات المعرضة لمخاطر طغيان مياه البحر، مع وجود تباين ملحوظ في حجم تلك المخاطر تفرضه طبوغرافية السطح والتكوينات الجيولوجية من موضع لآخر، وعلى الرغم من ارجحية حدوث كافة السناريوهات، فان السناريو الثاني يعد الاكثر احتمالية بحلول عام (2100). وبالإضافة إلى التأثير المباشر لظاهرة ارتفاع مستوى سطح البحر والمتمثل في غمر مساحات واسعة من مطقة الدراسة، فان لظاهرة ارتفاع مستوى سطح البحر تأثيرات غير مباشرة، لا تقل خطورتها عن طغيان مياه البحر والتي يمكن ايجازها فيما يلي:

- **التأثيرات على التضاريس والنظم الايكولوجية:** أكدت العديد من الدراسات على ان ارتفاع منسوب سطح البحر، يتسبب في تأكل الشواطئ وتراجعها وبشكل خاص الشواطئ الرملية، نظرا ًلانقطاع عملية نقل الرواسب، بسبب انتشار العوائق الناتجة من الانشطة البشرية كالهياكل العمرانية والارصفة البحرية التي تمنع وصول الرواسب لخط الساحل [14]، فالشواطئ الرملية ليست مجرد أماكن للترفيه فحسب، بل هي حواجز طبيعية للأمواج، مما يؤدي الي تسارع تأكل الشواطئ وبالذات الشواطئ ذات التكوينات الهشة كما هو الحال بالنسبة لتكوينات الشاطئية لمكونة لخط الساحل بمنطقة الدراسة، التي تتألف من تكوينات ارسابية ذات قابلية عالية للتحلل والذوبان بفعل التجوية الكيميائية والتعرية البحرية، مما يؤدي إلى تسارع عملية طغيان مياه البحر مع زيادة ارتفاع منسوب سطح البحر، أما فيما يختص بالنظم الايكولوجية فمن المتوقع ان يؤثر ارتفاع مستوى سطح البحر سلباً على الكتلة

الاحيائية، فعندما تصل مياه البحر إلى الداخل، يمكن أن تفقد الأسماك والطيور والنباتات الساحلية أجزاء من مواطنها، بسبب زيادة ارتفاع الامواج والعواصف البحرية.

التأثيرات على موارد المياه العذبة والتربة: تعد مشكلة زيادة نسبة الأملاح المذابة في المياه الجوفـــية والتربة، من أهم المشكلات التي تعاني منها منطقة الدراسة منذ عقود عدة، التي أدت إلى تدهور نوعية المياه الجوفية وانخفاض جودتها لكافة الاستخدامات، إضافة إلى انخفاض خصوبة التربة وبالتالي انخفاض إنتاجية المحاصيل الزراعية والأشجار المثمرة، وتحدث زيادة تركيز الاملاح نتيجة تسرب مياه البحر الي خزنات المياه الجوفية، بحيث تعد هذه الظاهرة من أهم الآثار المترتبة على ارتفاع منسوب سطح البحر.

- **التأثيرات على التجمعات العمرانية والبنى التحتية:** تحوي منطقة الدراسة على العديد من التجمعات العمرانية والمنشآت الصناعية وغيرها من المرافق الخدمية، وقد صممت تلك المرافق بناء على متوسط سطح البحر المحلى وارتفاع الأمواج الحالي، لذلك فان التغيرات في متوسط سطح البحر، سيؤدي حتما الى حدوث اضرار بالغة بتلك المرافق، نتيجة زيادة ارتفاع الأمواج بسبب زيادة عمق المياه أمام الهياكل المبنية، إضافة إلى الاضرار التي ستلحق بشبكة الطرق المحلية، وهكذا فأن ارتفاع مستوى سطح البحر سيسبب أضراراً بيئية وبشرية واقتصادية جسيمة، نتيجة غمر المناطق العمرانية والصناعية والأراضي الزراعية، وارتفاع ملوحة التربة والمياه الجوفية وتدهور موارد الثروة السمكية، وأمام كل تلك التحديات والآثار المستقبلية، التي يمكن ان تفرضها ظاهرة ارتفاع مستوى سطح البحر علي منطقة الدراسة، كغيرها من المناطق الساحلية المنخفضة، باتت الحاجة ملحة إلى ضرورة اتباع استراتيجية واضحة لمواجهة التأثيرات المحتملة لهذه الظاهرة، إسوةً ببقية دول العالم المعرضة أراضيها لمخاطر ارتفاع مستوى سطح البحر، والتي وضعت العديد من السياسات التي من شأنها حماية سواحلها من مخاطر التغيرات المناخية وارتفاع مستوى سطح البحر، من خلال وضع تدابير للاستجابة للأثار الظاهرة، والتي يمكن تقسيمها الي قسمين هما:

التخفيف من الاثار والتكيف: بحيث يهدف التخفيف الى تثبيت النظام المناخي من خلال خفض الانبعاثات الضارة للغلاف الجوي، لخفض درجات الحرارة للتعامل مع تهديدات التغيرات المناخية، ونظرًا لأن التخفيف يهدف إلى الحفاظ على تغير المناخ ضمن المستوى

الذي يمكن أن يتكيف معه المجتمع البشري والنظام البيئي، إلا انه حلاً بعيد الأمد وخاصة مع عدم اتفاق الدول الصناعية على خفض الانبعاثات، وحتى إذا نجح التخفيف في تحقيق هدف الاستقرار، فإن تغير المناخ سيستمر إلى حد معين لذلك فان الحل السريع للتعامل مع تهديدات التغيرات المناخية هو **التكيف** الذي يهدف الى الحد من الخسائر الناتجة من تغير المناخ باستخدام مجموعة من السياسات أو التدابير، يمكن من خلالها الحد من آثار الظاهرة، بحيث أصبح التخطيط والتنفيذ للتكيف أمرًا ملحًا خاصة بالنسبة للبلدان النامية، لأنها ستواجه تأثيرات أكبر بسبب بنيتها التحتية غير الملائمة وقدرتها المنخفضة على التكيف، بسبب التحديات الاقتصادية ولاجتماعية والسياسية التي تواجه أغلب تلك الدول.وعموماً فان الفلسفة الرائجة بشأن خيارات التكيف تكمن في حماية السواحل من خلال البناء بالتقنيات المتوافقة مع الطبيعة، متمثلة في الطريقة التي تستخدمها هولندا، التي يقع معظم أراضيه تحت مستوى سطح البحر، وتعتمد هذه التقنية على تغذية النظام البيئي البحري بالرواسب كوسيلة عضوية تمكن الساحل من بناء نفسه بشكل طبيعي مع زيادة مستويات سطح البحر، هذا إلى جانب الحلول الهندسية الأخرى الصديقة للبيئة، مثل الحواجز الصخرية وكاسرات الأمواج بالإضافة حلول ما يسمى **(بالتقهقر أو التراجع)** والمتمثل في إعادة تنظيم استخدام الأراضي في المناطق المعرضة للخطر، من خلال نقل التجمعات السكنية والأنشطة الاقتصادية من المناطق المعرضة للخطر إلى مناطق أكثر أمانًا.

الخاتمة:

تناول موضوع البحث التأثيرات المحتملة لارتفاع مستوى سطح البحر على النطاق الساحلي بالمنطقة الشمالية الغربية من ليبيا، من خلال وضع عدد من السناريوهات المحتملة لارتفاع مستوى سطح البحر، وآثاره المستقبلية على المنطقة، التي تعد من أكثر المناطق الساحلية المعرضة لمخاطر الظاهرة على المستوى المحلي والعالمي، ومن خلال الدراسة تم الوصول الى جملة من النتائج والتوصيات يمكن ايجازها فيما يلي:

النتائج:

توصلت الدراسة الى جملة من النتائج يمكن إيجازها فيما يلي:

1) للتكوينات الجيولوجية بمنطقة الدراسة دوراً رئيسياً في درجة تأثرها بالتغيرات المناخية وما يرتبط بها من ارتفاع لمستوى سطح البحر، حيث يتكون أغلبها من تكوينات ارسابية تكونت نتيجة تقدم البحر وتراجعه من حقبة زمنية الي أخرى، وهى تكوينات ارسابية هشه سريعة الاستجابة لظاهرة ارتفاع مستوى سطح البحر.

2) تشكل الأراضي التي يقل ارتفاعها عن مستوى سطح البحر (13%) من مساحة سطح المنطقة، بينما تشكل المساحات التي يساوي ارتفاعها مستوي سطح البحر (26%) من أجمالي سطح المنطقة، وبالتالي فان أي تغير في ارتفاع مستوى سطح البحر، سيؤدي إلى حدوث أضرار جسيمة بتلك الأراضي.

3) تغطى السبخات ما يقارب من ربع مساحة منطقة الدراسة، وهي متباينة من حيث المساحة والقرب من خط الساحل، ويفصل بينها وبين خط الساحل شريط متقطع من الكثبان الرملية التي تتخللها مجموعة من الفتحات (ما يسمى محليا بالبواغيز) التي تسهل انتقال مياه البحر اليها حتى في حالة حدوث المد العالي أو الأمواج العالية.

4) هناك علاقة طردية ما بين ارتفاع مستوى سطح البحر والمساحات المعرضة للخطر، فكلما زاد مقدار الارتفاع ازدادت معه المساحات المعرضة لمخاطر طغيان مياه البحر، ففي حالة ارتفاع مستوى سطح البحر بمقدار (0.50) متر ستقد المنطقة (35.8%) من مساحتها، بينما تفقد (45.6%) إذا ما بلغ مستوى سطح البحر المتر، وأكثر من نصف مساحتها إذا ما وصل مستوى سطح البحر(2) متر ونحو (65%) إذا ما ارتفع مستوى سطح البحر بمقدار (3) أمتار.

-التوصيات: توصي الدراسة بما يلي:

1-تكثيف الجهود في مجال حماية سواحل المنطقة، من خلال وضع تدابير وحلول هندسية يمكن من خلالها الحد من الآثار السلبية للظاهرة.

2-اتباع سياسية تنموية خاصة بمنطقة الدراسة، تتماشى مع خصائصها الجغرافية الطبيعية والبشرية.

3-رفع مستوى الوعي المجتمعي بظاهرة التغيرات المناخية، وما يرتبط بها من اضرار مستقبلة تطال كافة النظم البيئية والاجتماعية.

4-توصي الدراسة بتكثيف الجهود لتتبع ورصد التغير في مستوى سطح البحر بساحل المنطقة، من خلال انشاء مراصد لقياس المد والجزر، والاستفادة من تقنيات الاستشعار عن بعد في مراقبة التغير في خط الساحل.

5-يجب على الباحثين في مجال العلوم الجغرافية والبحرية والدراسات البيئية والهندسية التنسيق، فيما بينهم كل في مجاله للحد من المخاطر المتوقع حدوثها نتيجة التغيرات المناخية المقبلة.

المراجع:

[1]. K. F.Aleem and Y.A. Aina,USING SRTM AND GDEM2 DATA FOR ASSESSING VULNERABILITY TO COASTAL FLOODING DUE TO SEA LEVEL RISE IN LAGOS:A COMPARATIVE STUDYFUTY, Journal of the Environment Vol.8 No. 1, June 2014,p53.

2. الهيئة الدولية المعنية بتغير المناخ، البحار والمحيطات، ملخص لمقرري السياسات، سويسرا، يونيو 2020، ص18.

3. وحيد محمد فضل، تغيرات مستوى سطح البحر وتأثيراتها في الخليج العربي، مجلة التقدم العلمي، العدد 101، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، أبريل2018، ص 29.

4. جودة حسنين جودة، أبحاث في جيومرفولوجية الأراضي الليبية، منشورات الجامعة الليبية، بنغازي، 1975، ص62.

5. الهيئة الدولية المعنية بتغير المناخ، تغير المناخ 2014، تقرير التقييم الخامس، ملخص لصناعي السياسات، سويسرا مايو 2014، ص15.

6. حسن محمد الجديدي، الزراعة المروية وأثرها على استنزاف المياه الجوفية في شمال غرب سهل الجفارة ، دار ليبيا للنشر والتوزيع والإعلان، مصراتة، ليبيا، 1986 م، ص32.

7. الهيئة العامة للمياه، الدراسة الفنية حول حصر وتصنيف الأراضي للمناطق الشمالية الغربية الساحلية بليبيا، التقرير النهائي، المكتب الوطني الاستشاري، أبريل، 2004، ص25.

8. أحمد قريرة أحمد ومحمود على زايد، نشأة وتكون السبخات شمال غرب ليبيا، مجلة البحوث الاكاديمية، الاكاديمية الليبية، مصراته، العدد التاسع، يونيو،2017، ص 250.

9. الهيئة العامة للمعلومات، النتائج الأولية للتعداد العام للسكان، 2006م، ص 66-67.

10. الهيئة الدولية المعينة بتغير المناخ، تقرير التقييم الرابع، مساهمة الفريق الأول، الأساس الفيزيائي، الملحق الأول، 2007، كمبرج، ص 941.

11. Sea-level rise caused by climate change and - Nobuo MIMURA its implications for societyNational Center for Biotechnology Information, U.S. National Library of Medicine,p2.

12. Mengel, M., Nauels, A., Rogelj, J. and Schleussner, C.-F. 2018. Committed sea-level rise under the Paris Agreement and the legacy of delayed mitigation action. Nature Communications 9, Article number 601.

13. شبكة الخبراء المعنيّة بالتغيّرات المناخيّة والبيئيّة في منطقة البحر المتوسّط (MedECC) ، التقرير الأول، المخاطر المرتبطة بالمناخ والتغيّرات البيئية في منطقة البحر الأبيض المتوسّط،2019،ص 8.

14 .Sugawa T, Udo K. ،Mimura N.,Mano A.Projection of shoreline retreat due to sea-level rise along Japanese coasts. Journal of JSCE, Ser. B2(2011),p67.