



ISSN 2789-4843

لِجْمَلِيَّةِ لِبْيَا لِلدِّرَاسَاتِ الجِغْرَافِيَّةِ

مجلة علمية محكمة تصدر عن الجمعية الجغرافية الليبية فرع المنطقة الوسطى

المجلد الخامس، العدد الأول، يناير 2025



WWW.LFGS.LY



مجلة ليبيا للدراسات الجغرافية

مجلة علمية محكمة نصف سنوية
تصدر عن الجمعية الجغرافية الليبية - فرع المنطقة الوسطى

المجلد الخامس، العدد الأول، يناير 2025م

رئيس التحرير

أ. د. حسين مسعود أبو مدينة

أعضاء هيئة التحرير

- | | |
|------------------------------|--------------------------------------|
| أ. د. عبدالسلام أحمد الحاج | الاكاديمية الليبية/ بني وليد - ليبيا |
| د. عمر محمد علي عنيه | جامعة مصراتة - ليبيا |
| د. سليمان يحيى السبيعي | جامعة سرت - ليبيا |
| د. محمود أحمد زاقوب | جامعة الجفرة - ليبيا |
| د. بشير عبدالله بشير | المركز الوطني للأرصاد الجوية - ليبيا |
| د. علي مصطفى سليم | جامعة مصراتة - ليبيا |
| د. نوح محمد علي الصباجة | جامعة اليرموك - الاردن |
| د. محمد عبدالمعتمد عبدالرسول | جامعة الوادي الجديد - مصر |

المراجعة اللغوية

د. فوزية أحمد عبدالحفيظ الواسع

مجلة ليبيا للدراسات الجغرافية

مجلة علمية محكمة نصف سنوية

تصدر عن الجمعية الجغرافية الليبية - فرع المنطقة الوسطى.

المجلد الخامس، العدد الأول : يناير 2025م

الموقع الإلكتروني للمجلة:

<https://journal.su.edu.ly/index.php/jlgs>

www.lfgs.ly

البريد الإلكتروني:

Email: research@lfgs.ly

Email: jlgs@su.edu.ly

الدعم الفني والإلكتروني:

أ.د. جمال سالم النعاس

د. صلاح محمد اجبارة م. سفيان سالم الشعالي

الغلاف من تصميم: أ.د. جمال سالم النعاس / جامعة عمر المختار



دار الكتب الوطنية بنغازي - ليبيا

رقم الإيداع القانوني 557 / 2021م

ISSN 2789 - 4843

العنوان: الجمعية الجغرافية الليبية / فرع المنطقة الوسطى

مدينة سرت - ليبيا

حقوق الطبع والنشر محفوظة لمجلة ليبيا للدراسات الجغرافية

جميع البحوث والآراء التي تنشر في المجلة لا تعبر إلا عن وجهة نظر

أصحابها، ولا تعكس بالضرورة رأي هيئة تحرير المجلة.

أعضاء الهيئة الاستشارية للمجلة:

| | |
|---------------------------------------|--|
| أ. د. منصور محمد الكيخيا | رئيس الجمعية الجغرافية الليبية |
| أ. د. مفتاح علي دخيل | نائب رئيس الجمعية الجغرافية الليبية |
| أ. د. أبو القاسم محمد العزابي | جامعة طرابلس - ليبيا |
| أ. د. محمد سبتي | جامعة هواري بومدين للعلوم والتكنولوجيا - الجزائر |
| أ. د. أنور فتح الله عبدالقادر اسماعيل | الأكاديمية الليبية/ درنة - ليبيا |
| أ. د. جمال سالم النعاس | جامعة عمر المختار - ليبيا |
| أ. د. جمعة رجب طنطيش | جامعة طرابلس - ليبيا |
| أ. د. جميل الحجري | جامعة منوبة - تونس |
| أ. د. حمزة علي أحمد خوالدة | الجامعة الأردنية - الأردن |
| أ. د. خالد محمد بن عمور | جامعة عمر المختار - ليبيا |
| أ. د. رشيدة نافع | جامعة الحسن الثاني - المغرب |
| أ. د. سميرة محمد العياطي | جامعة طرابلس - ليبيا |
| أ. د. عبد الحميد صالح بن خيال | جامعة بنغازي - ليبيا |
| أ. د. عبداللطيف حمود النافع | جامعة الامام محمد بن سعود الإسلامية - السعودية |
| أ. د. لطفي كمال عبده عزاز | جامعة المنوفية - مصر |
| أ. د. مازن عبدالرحمن جمعة الهيثي | جامعة الأنبار - العراق |
| أ. د. مجيد ملوك السامرائي | جامعة تكريت - العراق |
| أ. د. محمد حميميد محمد | الجامعة الاسمرية الإسلامية - ليبيا |
| أ. د. محمد مجدي مصطفى تراب | جامعة دمنهور - مصر |
| أ. د. مصطفى أحمد الفرجاني | جامعة الزاوية - ليبيا |
| أ. د. مصطفى منصور جهان | الأكاديمية الليبية/ مصراتة - ليبيا |
| أ. د. مفيدة أبو عجيبة بلق | الأكاديمية الليبية/ طرابلس - ليبيا |
| أ. د. ناجي عبدالله الزناتي | جامعة طرابلس - ليبيا |
| أ. د. نسرين علي السلامة | جامعة دمشق - سوريا |
| أ. د. الهادي البشير المغيربي | جامعة الزاوية - ليبيا |
| أ. د. الهادي عبدالسلام عليوان | جامعة المرقب - ليبيا |

تغيرات خط الساحل للنطاق الممتد من مصراتة إلى طرابلس
دراسة تطبيقية باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد
<https://doi.org/10.37375/jlgs.v5i1.3111>

د. نعيمة موسى الشامخ

أستاذ مساعد بقسم الجغرافيا/ كلية التربية - الزهراء/ جامعة الجفارة

naemaalshamkh@gmail.com

الملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل التغيرات المكانية والزمانية لخط الساحل بين مدينتي مصراتة وطرابلس، باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بعد (RS)، اكتسبت هذه الدراسة أهميتها من الدور الحيوي للسواحل في دعم الأنشطة الاقتصادية والسياحية، وحماية البيئة الطبيعية، فضلاً عن كونها مناطق حساسة للتغيرات البيئية والبشرية.

تم توظيف صور الأقمار الصناعية متعددة الأطياف، والفترات الزمنية لتحديد خطوط الساحل عبر فترات زمنية متتالية، مع التركيز على السنوات من (1977 - 2024م)، واعتمدت الدراسة على تحليل الصور باستخدام برامج متخصصة، مثل: ArcGIS لتحديد المناطق التي تعرضت للنحت والتآكل إضافة إلى الترسيب، كما أُستُخدمت تقنيات تصحيح صور الأقمار الصناعية وتحليل بيانات الارتفاعات الرقمية؛ لتقييم تأثير العوامل الطبيعية والبشرية.

أظهرت النتائج أن خط الساحل شهد تغيرات ملحوظة، إذ تعرضت بعض المناطق لتآكل شديد نتيجة العوامل الطبيعية، مثل: ارتفاع الأمواج والتغيرات المناخية، بينما شهدت مناطق أخرى ترسيباً طبعياً أو تدخلات بشرية، مثل: بناء الموانئ والطرق الساحلية، كما أشارت الدراسة أيضاً إلى أن الأنشطة البشرية غير المستدامة، مثل: استخراج الرمال والزحف العمراني، كانت عوامل رئيسية في تسريع هذه التغيرات.

توصي الدراسة بوضع استراتيجيات لإدارة المناطق الساحلية التي تعتمد على تقنيات GIS وRS، مع التركيز على مراقبة التغيرات بشكل دوري والتخطيط لإجراءات حماية مستدامة تقلل من تأثير التغيرات الساحلية على البنية التحتية والبيئة.

الكلمات المفتاحية: خط الساحل، مصراتة، طرابلس، نظم المعلومات الجغرافية GIS، الاستشعار عن بعد (RS)، تغيرات خط الساحل، النحت، الترسيب.

Changes in the coastline of the area extending from Misrata to Tripoli, study using geographic information systems and remote sensing techniques.

Dr. Naima Musa Al-Shamekh

Assistant Professor, Department of Geography

Al-Zahraa College of Education /Al-Jafara University

naemaalshamkh@gmail.com

Abstract:

This study aims to analyze the spatial and temporal changes of the coastline between the cities of Misrata and Tripoli, using Geographic Information Systems (GIS) techniques and remote sensing (RS). This study gains its importance from the vital role of coasts in supporting economic and tourism activities and protecting the natural environment, as well as coasts which considered as sensitive areas to any environmental and human changes.

Multispectral and temporal satellite images were used to determine coastlines over a successive time periods, focusing on the years from 1977 to 2024. The study relied on image analyzed using ArcGIS programs in order to identify areas that were exposed to erosion and removal in addition to sedimentation. Satellite image correction techniques and digital elevation data analysis were also used to evaluate the impact of natural and human factors.

The results obtained showed that the coastline examined have witnessed noticeable changes, some areas were subjected to severe erosion as a result of natural factors such as high waves and possibly due to climate changes. Other areas have witnessed natural sedimentation or due to human interventions such as the construction of ports and coastal roads. The study have also indicated that unsustainable human activities, such as sand mining and urban sprawl were major factors in accelerating these changes.

The study recommends developing coastal zone management strategies with the implementation of a continues monitoring program using GIS and RS technologies, to trace any changes and also used as planning tool for sustainable protection measures that reduce the impact of coastal changes on infrastructure and the environment.

Keywords: coastline, Misrata, Tripoli, geographic information systems (GIS), remote sensing (RS), coastline changes, sculpting, sedimentation.

مقدمة:

تُعدُّ المناطق الساحلية من أكثر المناطق التي تحظى باهتمام متزايد في السنوات الأخيرة، إذ أصبحت هدفاً رئيساً لصنّاع القرار على المستويات المحلية والعالمية. ويرجع ذلك إلى تركّز معظم الأنشطة الاقتصادية والسياحية في هذه المناطق، بالإضافة إلى أن غالبية سكان العالم يعيشون بالقرب من السواحل. وفقاً لتقرير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (Intergovernmental Panel on Climate Change) (IPCC) يعيش ثلثا سكان العالم على بعد لا يتجاوز 200 كيلومتر من السواحل، وهم في نمو وتطور مستمر. (Hastuti,p3).

ومع ذلك، فإن هذا النمو والتطور في المناطق الساحلية قد يواجه تحديات كبيرة، من أبرزها التعرية، والفيضانات، وتغيرات في خط الساحل؛ نتيجة التغيرات في مستوى سطح البحر. تُعد هذه المناطق بيئياً غير مستقرة، بسبب تأثير عوامل التعرية المائية والريحية وتراجع السواحل، ارتفاع مستوى سطح البحر، وتزايد الضغوط على الموارد الطبيعية والاقتصادية. تُعدُّ تقنية الاستشعار عن بعد من أهم التقنيات المستخدمة في رصد التغيرات التي تحدث على سطح الأرض بشكل عام، تكمن أهميتها في قدرتها على جمع المعلومات حول الظواهر الطبيعية والبيئية دون الحاجة إلى الالتماس المباشر بها، وتعتمد هذه التقنية على سلسلة من العمليات التي تبدأ بجمع المعطيات من خلال مستشعرات مختلفة، ومن ثم تحليلها للحصول على المعلومات المطلوبة.

ومن أبرز البرامج المستخدمة في هذا المجال Erdas Imagine and ENVI، حيث تُسهّم هذه البرامج بشكل كبير في معالجة البيانات الفضائية التي تتألف من وحدات مساحية صغيرة تُعرف باسم بكسل. $K(\text{Pixel})$ وتتمثل أهمية هذه البرامج في تحليل المرئيات الفضائية باستخدام أساليب متعددة، سواء من خلال التفسير البصري أم التحليل الرقمي، مما يساعد في استخراج المعلومات الدقيقة اللازمة لدراسة التغيرات البيئية والمكانية (عاشور، 2009، ص19).

تُعدُّ تقنية الاستشعار عن بعد أداةً فعالةً في دراسة ورصد التغيرات (Change Detection) التي تطرأ على سطح الأرض بمختلف مكوناته، خاصةً فيما يتعلق بتغيرات الغطاء الأرضي (Land Cover)، أو صور استخدام الأرض في منطقة ما وبالأخص

خط الساحل . بواسطة مستشعرات sensors الأقمار الصناعية التي تختلف فيما بينها من حيث الدقة المكانية والدقة الطيفية والدقة الزمانية؛ يرجع ذلك إلى شدة التباين في الانعكاس الكهرومغناطيسي (Electromagnetic Reflectance) للأشعة تحت الحمراء في منطقة التقاء اليابسة بالماء، مما يجعل هذه التقنية مثالية للكشف عن التغيرات الساحلية (القصرأوي، 2018، ص3) . وخط الساحل يقصد به خط التقاء اليابس بالماء، أما الساحل فيشمل المنطقة المحاذية للبحر وعلى مسافات مختلفة.

لذلك، تم الاعتماد على تقنية الاستشعار عن بعد في هذه الدراسة لتقييم التغيرات التي طرأت على خط الساحل الممتد من مصراتة إلى طرابلس، وتمتاز منطقة الدراسة بساحل يمتد على البحر المتوسط لمسافة تبلغ 225 كم، وهي منطقة ذات أهمية بالغة حيث يتركز بها حوالي ثلث سكان ليبيا (مصلحة تعداد والاحصاء، تقديرات عدد السكان 2021م). كما تحتضن عددًا كبيرًا من المشاريع التنموية والاقتصادية الحيوية، مثل: الموانئ، المنشآت السياحية، والبنية التحتية العمرانية.

استخدام هذه التقنية يُسهم في توفير بيانات دقيقة وشاملة تساعد في التخطيط المستدام للمنطقة، خاصةً في ظل التحديات البيئية التي تواجه السواحل نتيجة ارتفاع مستوى سطح البحر والتغيرات المناخية المستمرة.

منطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة في شمال غرب ليبيا، وهي جزء من السهل الساحلي للبحر المتوسط، كما هو موضح في خريطة (1)، حيث تمتد من مدينة مصراتة شرقاً إلى مدينة طرابلس غرباً لمسافة 225 كم، تشكل هذه المنطقة امتداداً لسهلي الجفارة و مصراتة، اللذين يتميزان بخصائص جيومورفولوجية وجيولوجية وبيئية مميزة، من الناحية الفلكية، تمتد منطقة الدراسة من مصراتة شرقاً عند خط طول 08° 07' 15° إلى طرابلس غرباً عند خط طول 44° 11' 13° ، هذه الخصائص تجعل المنطقة ذات أهمية كبيرة في الدراسات الجغرافية والبيئية، خاصة في سياق تقييم تأثير التغيرات المناخية على السواحل والموارد الطبيعية.

وبلغ أقصى امتداد لخط الساحل باتجاه البحر عند 7° 24' 32° شمالاً 42° 6' 16° شرقاً، لمسافة 55.1 كم من مصراتة باتجاه البحر، بينما بلغ أقصى امتداد لخط الساحل باتجاه اليابسة عند دائرة 46° 54' 32° شمالاً، 58° 15' 13° شرقاً من طرابلس

تغيرات خط الساحل للنطاق الممتد من مصراتة إلى طرابلس
دراسة تطبيقية باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد

باتجاه اليابسة لمسافة 59.2 كم.

خريطة (1) موقع منطقة الدراسة.



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على صور القمر الصناعي Landsat9 عام 2024م وباستخدام برنامج ArcGIS10.8 .

ويمتد الساحل الفعلي من مصراتة إلى طرابلس بطول 198.2 كم، في حين يبلغ طول الخط المستقيم بين المدينتين 174.2 كم، يشير ذلك إلى تعرج واضح في خط الساحل، إذ بلغ قيمة مؤشر التعرج 1.13 (وهو ناتج قسمة الطول الفعلي على طول الخط المستقيم). هذا يعني أن الطول الفعلي للساحل يتجاوز طول الخط المستقيم بنسبة 1.13 مرة، ويُعزى هذا التعرج إلى وجود العديد من الرؤوس الأرضية البارزة في البحر و الخلدجان المتراجعة نحو اليابس، والرؤوس الأرضية (Headlands) هي نتوءات صخرية بارزة تمتد من اليابسة إلى البحر، وتشكّل غالباً نتيجة تعرض الصخور الصلبة للتعرية بشكل أبطأ من الصخور الأقل صلابة حولها عادةً ما تركز الأمواج على الرؤوس الأرضية؛ مما يؤدي إلى زيادة تأكلها بمرور الوقت (توني، 1977، 471)

إلى الجنوب من خط الساحل، يمتد نطاق السهل الساحلي للبحر المتوسط الذي يتميز باستقامة خط الساحل عند سهل الجفارة، باستثناء بعض الفجوات الصغيرة الناتجة عن مصبات الأودية الموسمية أو البروزات الصخرية عند ميناء طرابلس.

ويتميز الجزء الشرقي من هذا السهل بتكوينه الصخري وضيق عرضه كلما اتجهنا شرقاً، نتيجة لاقتراب أقدام الجبل الغربي تدريجياً من البحر، أما القسم الغربي من السهل فيتميز باتساعه وانخفاض تضاريسه، حيث تخترقه عدة أودية، من أبرزها وادي المجنين ووادي الهيرة (المهدوي، 1988، ص22) .

أما السهل الساحلي الخمس - مصراتة، فيتميز غربه بضيق مساحته ووعورة سطحه؛ يرجع ذلك إلى اقتراب مرتفعات الجبل الغربي اقتراباً تدريجياً من البحر وشدة انحدار القطاع الأرضي، ويقطع هذا السهل مجموعة كبيرة من الأودية التي يغلب عليها شدة انحدارها وضيق مجاريها وكثرة جنادها ويصل بعضها إلى البحر كوادي كعام، ووادي غنيمة ووادي لبدة حيث تكون مصباتها فجوات بسيطة على امتداد خط الشاطئ. (بولقمة و القزيري، 1997، ص97).

مشكلة الدراسة:

تُعدُّ السواحل من أكثر الظواهر الأرضية ديناميكية، حيث تتعرض للتغيير بشكل أسرع من غيرها، فإن مشكلة الدراسة تتمثل في الإجابة على التساؤلات الآتية:

1. هل شهد خط الساحل تغيرات جيومورفولوجية ملحوظة على مدى العقود الأخيرة؟ وما مدى تأثير هذه التغيرات على البيئة الساحلية؟
2. كيف يمكن وصف الحالة الراهنة لخط الساحل؟ وما المناطق الأكثر تأثراً بالتغيرات الساحلية الحالية؟
3. هل يمكن توظيف نظم المعلومات الجغرافية تقنيات الاستشعار عن بُعد لتطوير قاعدة بيانات دقيقة وفعالة لرصد وتتبع وتحليل التغيرات خط ساحل؟
4. كيف تؤثر الخصائص الجيولوجية والطبوغرافية للمنطقة على استقرار خط الساحل والتغيرات التي يشهدها؟

أهمية الدراسة:

تكمن أهمية الدراسة في إبراز دور الجغرافي في كشف وتقييم التغيرات التي تطرأ على خط الساحل من خلال تقنيات الاستشعار عن نظم المعلومات الجغرافية في بناء قاعدة جغرافية للخصائص خط الساحل (الانحدار والاتجاه والإرساب والنحت)، وإنتاج خرائط رقمية توضح الاختلافات المكانية في توزيعها الجغرافي، فهذه الدراسة الأولى من نوعها في

منطقة الدراسة، إذ تعتمد على التمثيل الخرائطي باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية لتحليل التغيرات التي تطرأ على خط الساحل، وتسهم هذه الدراسة في توفير معلومات دقيقة وشاملة تدعم اتخاذ القرارات البيئية والتخطيطية، وتسهم في وضع استراتيجيات فعالة لحماية الساحل وتحسين إدارته.

أهداف الدراسة:

يتمثل الهدف الرئيس من هذه الدراسة في الكشف عن مدى التغيرات التي طرأت على خط الساحل بين مصراتة وطرابلس، وتضمنت الأهداف التفصيلية ما يأتي:

1- تحليل وتتبع التغيرات التي شهدتها خط الساحل، مع محاولة التنبؤ المستقبلي بالتحويلات المحتملة.

2- دراسة الخصائص الطبوغرافية والجيولوجية لمنطقة الدراسة، نظراً لتأثيرها المباشر على ديناميكيات خط الساحل.

3- تقدير معدلات النحت والإرساب التي تعرض لها خط الساحل خلال الفترة من 1977 إلى 2024م.

4- إنتاج خرائط رقمية دقيقة Digital Maps تعكس خصائص خط الساحل، باستخدام نظم المعلومات الجغرافية؛ لدعم عمليات التحليل والتخطيط المستقبلي.

فرضيات الدراسة:

لتحقيق أهداف الدراسة لا بد من إثبات الفرضيات الآتية:

1. هناك تباين في معدلات النحت والإرساب التي تعرض لها خط الساحل خلال الفترة من 1977 إلى 2024م.

2. يمكن توصيف تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية لتطوير قاعدة بيانات دقيقة وفعالة؛ لرصد وتتبع وتحليل تغيرات خط ساحل.

3. يمكن إنتاج خرائط رقمية دقيقة Digital Maps تظهر الاختلافات المكانية؛ لتوزيع مواقع النحت والإرساب بمنطقة الدراسة باستخدام GIS.

4. هناك علاقة بين الخصائص الطبوغرافية والجيولوجية والتغيرات التي طرأت على خط الساحل.

منهج الدراسة:

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي؛ وذلك بوصف وتحليل مقدار التغيير الذي طرأ على خط الساحل خلال الفترة الممتدة من (1977-2024)، وتقدير نسب التكوينات الجيولوجية واتجاه وانحدار خط الساحل باستخدام نظام المعلومات الجغرافية (Arc map 10.8) اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمية (DEM) الخاصة بخط الساحل.

البيانات المستخدمة في الدراسة:

تشمل البيانات المستخدمة في هذه الدراسة ما يأتي:

- 1- المصادر والمراجع المكتبية والدوريات العلمية والتقارير المنشورة وغير المنشورة، ذات العلاقة بموضوع الدراسة.
- 2- البيانات الجيولوجية الخريطة الجيولوجية لليبيا مقياس رسم 1:1,000,000 مركز البحوث الصناعية، 1985م.
- 3- نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) من ASTER لسنة 2010 الدقة المكانية 30x30م ونتج عنها استخراج خريطة الانحدارات والاتجاهات، وإجراء عملية الترميز Symbology للملفات الناتجة عن معالجة المرئيات الفضائية .
- 4- برنامج Arc map GIS 10.8.1، وتم الاعتماد عليه في بناء قاعدة بيانات بنتائج لمعالجة المرئيات الفضائية وتصنيفها لحساب مقدار التغيير في الشاطئ ومساحة المناطق التي تعرضت للنحت أو الإرساب على امتداد خط الساحل بمنطقة الدراسة.
- 5- المرئيات الفضائية Landsat لهيئة المساحة الجيولوجية (USGS) للأقمار الصناعية من سنة 1977-2024م بدقة 30م، كما هو موضح بجدول (1)
- 6- استخدام (RS) في رسم خط الساحل من صور الأقمار الصناعية وتحديد مواقع التغيير سواء إيجابي أو سلبي لحساب مناطق النحت والإرساب، حيث تم عمل معالجة للتصحيح الإشعاعي لصور الأقمار الصناعية Band 5 بدقة وضوح 30م، ورسم خط الساحل يدوياً من الخط الأساسي لسنة 1977م.

تغيرات خط الساحل للنطاق الممتد من مصراة إلى طرابلس
دراسة تطبيقية باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد

جدول (1) البيانات التفصيلية لصور الأقمار الصناعية.

| اسم القمر | نوعية البيانات | رقم المسار الطولي | رقم المربع العرضي | يوم الالتقاط | شهر الالتقاط | سنة الالتقاط |
|-----------|----------------|-------------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|
| Landsat 2 | L1TP | 202 | 37 | 27 | 2 | 1977 |
| | L1TP | 202 | 37 | 23 | 6 | 1979 |
| | L1TP | 188 | 37 | 16 | 1 | 1980 |
| Landsat 2 | L1TP | 202 | 3 | 1 | 4 | 1981 |
| Landsat 5 | L25P | 188 | 37 | 10 | 8 | 1985 |
| | L1TP | 188 | 37 | 1 | 3 | 1990 |
| | L1TP | 188 | 37 | 26 | 1 | 1995 |
| | L1TP | 188 | 37 | 18 | 7 | 2000 |
| | L1TP | 188 | 37 | 26 | 3 | 2005 |
| | L1TP | 188 | 37 | 12 | 4 | 2011 |
| | L25P | 188 | 37 | 25 | 7 | 2014 |
| Landsat 8 | L25P | 188 | 37 | 30 | 7 | 2016 |
| | L25P | 188 | 37 | 18 | 8 | 2017 |
| | L25P | 188 | 37 | 18 | 2 | 2021 |
| | L25P | 188 | 37 | 1 | 12 | 2023 |
| | L25P | 188 | 37 | 14 | 3 | 2024 |

المصدر: موقع وكالة ناسا / Earth EXPLORER

الدراسات السابقة:

أولاً: - الدراسات المحلية:

- دراسة (الضراط 2021)، العوامل الخارجية المشكلة لسطح هضبة البظنان - دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية، توصلت نتائج الدراسة إلى أن عمليات التعرية المائية والإرسابية لها الأثر الكبير على جيومورفولوجية شمال الهضبة، والتي أدت إلى تكوين أشكال أرضية متعددة ومتباينة والبعض منها كانت تكوينات العطر المطير، فقد بلغ حجم التعرية المائية في شمال شرق منطقة الدراسة 175 م³/كم²/سنة، وفي شمالها الغربي بلغ 80 م³/كم²/سنة وفي وسط الهضبة وجنوبها بلغت 376 م³/كم²/سنة وفقاً لمستويات التعرية التي حدد Zachar حجم التعرية المائية ضمن فئة تعرية ضعيفة، وبلغت التعرية الأخدودية 8127 م³/كم² وفقاً لتصنيف Bergsma تعرية أخدودية شديدة جداً تسود على الهضبة وهي ليست من النتائج الحالي بل من موروثات عصر البليستوسين خلال الفترات المطيرة، ومن نتائج دراسة التعرية الربحية على منطقة الدراسة فقد بلغت 1417°، وفي شمالها الغربي 438°، وفي الهضبة

وجنوبها 10455° وهي الأقوى والأشد تأثيراً، وفقاً لتصنيف Chepil تندرج تحت فئة عالية جداً، وهي مؤشرات تنذر بالخطر إذا لم تتخذ التدابير الوقائية المناسبة.

- دراسة: (الضراط، 2021م). تأثير حركة المياه البحرية على ساحل منطقة طبرق شمال شرق ليبيا دراسة الجيومورفولوجيا. هدفت الدراسة لمعرفة خصائص خط الساحل ومدى تأثير حركة مياه البحر على شكل منطقة ساحل من أمواج والتيارات البحرية وحركتي المد والجزر، واعتمدت الدراسة على المنهج التحليلي لوصف الظاهرة وموضوع الدراسة معتمدة على العديد من التقنيات نموذج الارتفاع الرقمي DEM لسنة 2020 لدراسة طبوغرافية المنطقة وبرنامج Gis والعمل الميداني، وتوصلت الدراسة إلى أن نسب التعرج بخط الساحل تراوحت ما بين 5.6/كم عند طبرق إلى 1.3/كم في الساحل الممتد من رأس الزقم حتى مصب وادي العودة بمتوسط عام 2.55/كم. في حين تراوحت معدلات التقوس في الساحل 0.48 عند خليج طبرق إلى 2.6 عند شاطئ الليدو بمتوسط عام بلغ 2.06، ويدل ذلك على استقامة الساحل؛ وذلك بسبب العوامل البنائية المختلفة سواء كانت تكتونية أم بفعل عوامل التعرية البحرية، تحكمت طبيعة الساحل واتجاهاته في التداخلات البحرية في اليابس، كما تبين من خلال دراسة أن للأمواج السائدة دوراً في تشكيل ساحل منطقة الدراسة إذ تراوحت قوة طاقتها ما بين 5062 كجم/م² صيفاً إلى 125577 كجم/م² في فصل الشتاء، والتي كان لها الأثر الواضح في نقل كمية الرواسب وفي تحديد حجم ونمط الأشكال الناتجة عن النحت والإرساب البحري، وأوصت الدراسة بضرورة تفعيل التشريعات والقوانين الليبية بشأن البيئة الساحلية وحمايتها من التداخلات البشرية السلبية للحفاظ على مكوناتها الطبيعية، واستغلال ساحل مدينة طبرق لإقامة العديد من الأنشطة البشرية المختلفة من تربية الأسماك والسياحة البحرية لما تتمتع به السواحل من مقومات طبيعية والخلجان المتباينة المساحة، أهمها خليج طبرق، والجروف البحرية، والشواطئ الرملية وغيرها.

- دراسة (القصراري، 2018): تغيرات خط الساحل في المنطقة من رأس الهلال إلى رأس الحمامة الساحل الليبي دراسة جيومورفولوجية باستخدام تطبيقات الاستشعار من بعد، هدفت الدراسة إلى تحديد مقدار التغيرات الجيومورفولوجية في خط الساحل من عام 1987-2018م، توصلت الدراسة إلى أن معدلات الإرساب تزداد في المناطق التي يتغير فيها الاتجاه العام لخط الساحل تغيراً مفاجئاً خاصة إذا تغير في اتجاه يوازي اتجاه الأمواج ولا

يتعمد عليها، كما أن معدلات النحت تزداد على الجوانب الغربية والشمالية الغربية للرؤوس الأرضية الكبيرة رأس الهلال ورأس عامر ورأس الحمامة بصورة أكبر من جوانبها الشرقية بسبب مواجهة الجوانب الغربية والشمالية للاتجاه العام للأمواج، وأوصت الدراسة بضرورة تفعيل أساليب الإنذار المبكر لتجنب المناطق الخطرة، مثل: الموانئ النشطة، وإيقاف عمليات الصيد والعمل بالموانئ.

ثانياً: الدراسات الإقليمية:

- دراسة (بسيوني، 2016م): تغير خط الشاطئ بين رأس الحكمة ورأس أم الرخم بالساحل الشمالي الغربي لمصر، باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، وأوضح أن النطاق الساحلي من أكثر مناطق الأرض تعرضاً للتغير الجيومورفولوجي السريع الذي يمكن إدراكه على مدى الزمن القريب، وذلك نظراً لتنوع عوامل التشكيل المؤثرة فيها سواء كانت قارية أو بحرية، اعتمد الباحث في دراسته لتغيرات خط الساحل على تطبيق النموذج الرياضي مؤشر تغير كتل المياه العادي (NDWI) على مرئيات القمر الصناعي لاندسات وتوصل إلى معدلات النحت تفوق معدلات الإرساب بالمنطقة وأرجع ذلك إلى العامل الجيولوجي متمثلاً في التكوين الصخري، والعامل المورفولوجي المتمثل في انحدار واتجاه سطح الظهير اليابس لخط الساحل، بالإضافة إلى الخصائص الطبيعية لخط الشاطئ التي تعد من أهم العوامل المحلية المؤثرة في تباين معدلات النحت والإرساب في النطاقات الساحلية بالمنطقة.

- دراسة (Gehan El-Bayomi, 2009): التغيرات البيئية بالساحل الشمالي الغربي بالنطاق الممتد من غربي الإسكندرية حتى العلمين (الزراعة - السياحة - الصيد - التنمية العمراني) في النظام البيئي الساحلي، اعتمدت الدراسة على تحليل صور المرئيات الفضائية لاندسات والدراسة الميدانية لرصد التغيرات البيئية التي طرأت على منطقة الدراسة، وتوصلت الدراسة إلى حدوث تغير في الغطاء الأرضي نتج عن التنمية (السياحية والزراعية)، مما أدى إلى تغير في خصائص النظام البيئي بالمنطقة.

- دراسة (أحمد، 2023م): التغيرات الجيومورفولوجية في النطاق الساحلي بمحافظة الإسكندرية، هدفت الدراسة لتتبع التغيرات الجيومورفولوجية التي تعرضت لها منطقة الدراسة ومحاوله التنبؤ المستقبلي بما سوف يحدث، إضافةً لتحليل الأشكال الأرضية وتتبع تطورها

التاريخي، واعتمدت في ذلك على تحليل صور المثيرات الفضائية لاندسات لسنوات (2009، 2013، 2017، 2020م) ونظم المعلومات الجغرافية والدراسة الميدانية لرصد التغيرات الجيومورفولوجية، توصلت الدراسة إلى تعرض ساحل منطقة الدراسة للنحت والتراجع؛ بسبب تأثير الأمواج والتيارات البحرية، وتنوع الأشكال الأرضية، وأوصت الدراسة إلى ضرورة المراقبة المستمرة والصيانة لأعمال حماية المناطق الساحلية الحالية لضمان فاعليتها على المدى البعيد.

الخصائص الجيولوجية لمنطقة الدراسة:

تُعَدُّ دراسة الخصائص الجيولوجية لخط الساحل من العناصر الأساسية لفهم العوامل التي أثرت على تطور وتراجع هذا الخط، مما يوفر رؤية أعمق لتفاعلات العمليات الطبيعية التي شكلت الساحل الحالي، الخصائص الجيولوجية البنائية لصخور منطقة الدراسة تنعكس بشكل واضح على التضاريس والمنحدرات، إذ تبرز الأشكال الجيومورفولوجية المتنوعة، مثل: الجروف الساحلية، الأرصفة، الكهوف البحرية، الرؤوس والخلجان، وأشكال الإرساب كالكتبان الرملية والسبخات (الضراط، 2023، ص41).

ومرت منطقة الدراسة، الواقعة في شمال غرب ليبيا، بعدة مراحل جيولوجية أسهمت في التفاعل بين العمليات الداخلية (الزلازل والبراكين) والخارجية (النحت والإرساب) التي أسهمت في تشكيل السواحل الحالية، وتعود أقدم التكوينات في المنطقة إلى العصر الطباشيري المتأخر والميوسين، بينما تتضمن أحدث التكوينات إرسابات العصر الرابع.

صخور ورواسب الزمن الرابع:

رواسب الزمن الرابع غير المقسمة، تشمل: رواسب نهرية، ركامية، ومائية ريحية.

تكوين قرقارش (البليستوسين): يتألف من الكارينيت (حجر جبلي مع قواقع كوارتزية وعدسات غرين)، يغطي 278.18 كم² أي ما يعادل 41.3% من مساحة الدراسة. إرسابات الهولوسين: تشمل أحزمة الكتبان الرملية الشاطئية التي تمتد على طول الساحل، وتغطي 86.63 كم² أي ما يعادل 13% من المساحة الكلية.

رواسب الوديان الحديثة: تتكون من حصى وجماميد بأحجام مختلفة، منتشرة على إمتداد خط الساحل، وتغطي 47.04 كم² أي 7% من المساحة الكلية.

تغيرات خط الساحل للنطاق الممتد من مصراة إلى طرابلس
دراسة تطبيقية باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد

ترسيبات السبخة: تشمل طين رملي ورمل طيني، مع نطاقات مشبعة بكلوريد الصوديوم وبلورات الجبس، وتغطي 25.08 كم² أي 3.7% من المساحة.

تكوين الحفارة: يحتوي على رواسب بلايا مائية شبه طفالية، بمساحة 41.04 كم² ما يعادل 6.1% من إجمالي المنطقة.

1. رواسب عصر النيوجين:

- مخاريط الانسياب البركانية: تشمل مخاريط بازلتية وبراكين طباقية، تغطي مساحة 72.02 كم² أي 10.7% من المساحة الكلية.

2. صخور العصر الثالث:

- تكوين الخمس (الميوسين الأوسط)، يتألف من حجر جيرى، كالكارنيت، وطبقات كنجلوميرات، ينتشر في شريط ساحلي بطول 8 كيلومترات من وادي غنيمة ويغطي 45.19 كم² أي 6.7% من المساحة.

جدول (2) التكوينات الجيولوجية ونسبتها بخط الساحل في منطقة الدراسة.

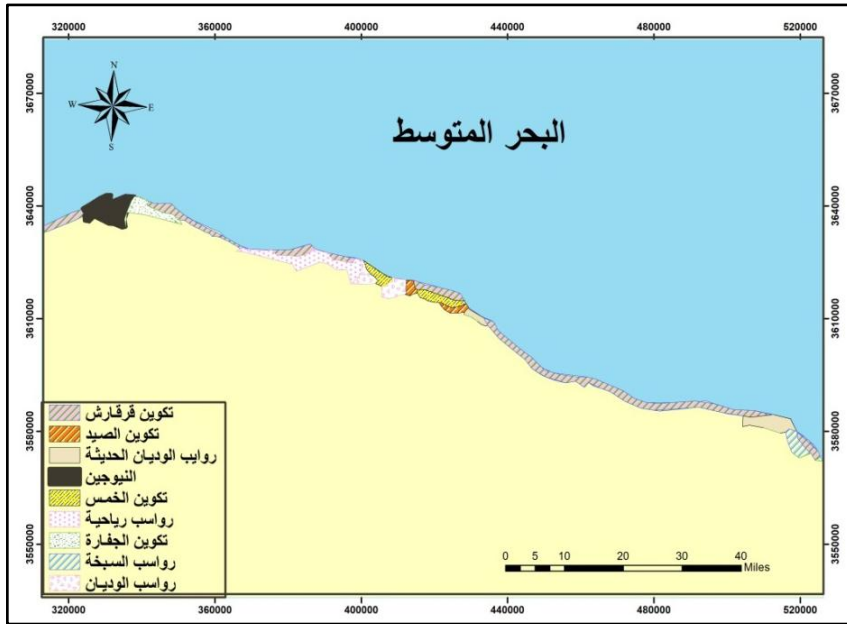
| المساحة ونسبتها | | التكوين | العصر |
|-----------------|-----------------|---|-------------------|
| % | كم ² | | |
| 4.8 | 56.620 | رواسب غير مقسمة رواسب نخرية، ركامية، رواسب مائية رياحية رواسب الوديان الحديثة | الهوروسين |
| 13 | 86.628 | الرواسب الرياحية/ رمال شاطئية حجرية متوسطة وناعمة الحبيبات | |
| 7.0 | 47.042 | رواسب المائبة الريحية / رمال وطفال فيضي مع تداخلات من الحصى الكبيرة والصغيرة في الحجم | |
| 3.7 | 25.081 | ترسيبات السبخة: طفال رملي طيني مع كلوريد الصوديوم وبلورات الجبس والملح | البيستوسين |
| 41.3 | 278.185 | تكوين قفارش: واسب الشاطئ والكثبان الرملية المتماسكة (كالكارنيت). | |
| 6.1 | 41.038 | تكوين الحفارة: رواسب البلايا المائبة شبه الطفالية | النيوجين |
| 10.7 | 72.024 | مخروط بازلتي، قاطع وبركان طبائي | |
| 6.7 | 45.186 | تكوين الخمس: حجر جيرى، وحجر جيرى طحلي وكالكارنيت رملي. | الميوسين |
| 3.1 | 21.134 | تكوين سيدي الصيد الحجر الجيري الدولومتي | الطباشيري المتأخر |

المصدر: من عمل الباحثة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية ArcMap10.8 استناداً إلى: الكتيب التفسيري لوحة طرابلس، والخمس، مصراة، 1975.

- تكوين سيدي الصيد (السينوماني)، أقدم وحدة صخرية من العصر الطباشيري العلوي، تتألف من حجر جيري دولوميني ومارل في الجزء العلوي، وتغطي 21.13 كم² أي 3.1% من المساحة. خريطة (2).

وعليه تقوم الخصائص الجيولوجية لمنطقة الدراسة بدورٍ جوهري في تحديد استجابتها لعمليات التعرية والتجوية، خصوصاً مع وجود صخور الكالكارينيت والحجر الجيري التي تُظهر قابلية عالية للتحلل والتآكل بفعل التجوية الكيميائية. كما أن تأثير الأملاح في مياه البحر يؤدي إلى تسريع عمليات الذوبان والنحت، مما يسهم في تشكيل الساحل بصورة ديناميكية.

خريطة (2) جيولوجية منطقة الدراسة.



المصدر: من عمل الباحثة استناداً لوحة ليبيا 1000.000 لسنة 1985، مركز البحوث الصناعية.

جيومورفولوجية خط الساحل بمنطقة الدراسة:

يعرف خط الساحل Coastalion بأنه الخط الذي تلتقى عنده مياه البحر باليابسة (البارودي، 2018م، ص282)، ويتأثر في تحديده بعدة عوامل، تتمثل في: عوامل الطبيعة كالأمواف والمد والجزر والتيارات البحرية ودورها في النحت والإرساب، وعوامل بشرية، مثل:

أعمال الحماية الساحلية وتنمية الموانئ، وكل هذه العوامل تعمل مع بعضها البعض في تحديد خط الساحل وتغييره باستمرار على المدى الزمني الطويل أو القصير؛ لذلك فإن خط الساحل خط غير ثابت.

يتميز خط الساحل في منطقة الدراسة بوجود العديد من الأشكال والسمات الجيومورفولوجية الساحلية.

النطاق الممتد من مصراته شرقاً إلى الخمس غرباً:

تنتشر في الجزء الشرقي الممتد من مصراتة إلى الخمس بعض التكوينات الصخرية، مثل: سيدي الصيد على خط الساحل مباشرة، مكونة جروفًا بحرية متوسطة الارتفاع ورؤوسًا بحرية صغيرة، ومن أبرز هذه الرؤوس: رأس الهنشير ورأس أبو فاطمة، ورأس مصراتة، رأس الزروق، رأس الرومية، ورأس كارة، إذ يتراوح ارتفاعها بين 2 و 15 مترًا (عنيفة، 2007، ص 126). يمتد خط الساحل في هذا الجزء بشكل قوس محذب باتجاه الجنوب الشرقي، وتنتشر الجروف البحرية ذات الارتفاعات القليلة على الساحل في بعض المواضع، مثل: منطقة الخمس. وفي معظم الأحيان، تتلاشى هذه الجروف، مما يؤدي إلى اتساع منطقتي الساحل والبلاج، وبالتالي تمددهما على مساحات واسعة، ما يجعل المنطقة البحرية الساحلية أكثر انبساطًا، ويسهم هذا العامل في توفير مقومات سياحية متميزة في تلك السواحل. بينما يختلف الحال في الجروف البحرية الممتدة من كعام و زليتن، حيث تكون الجروف أكثر ارتفاعًا وأقرب إلى خط الساحل مقارنة بمنطقة الخمس، وفي هذا السياق يكون امتداد مناطق الساحل والبلاج محدودًا وضيقًا؛ مما يجعل السواحل البحرية في هذه المنطقة تفتقر إلى مقومات سياحية عالية الجودة (الشوشان، 2022، ص 10)، ويمكن تفسير ذلك بأن الجروف البحرية ذات الارتفاعات القليلة تتعرض للتآكل بشكل أسرع من الجروف العالية، نتيجة لعمليات النحت التي تقوم بها التيارات البحرية والأمواج في المنطقة، وذلك في حال كانت التعرية متساوية، مع تماثل طبيعة الصخور.

النطاق الممتد من الخمس شرقاً إلى طرابلس غرباً:

يتمد خط الساحل من الخمس شرقاً إلى طرابلس غرباً بشكل محذب نحو الشمال، حيث تقترب حافة الجبل الغربي من خط الساحل وتشرف عليه مباشرة، يقع هذا الامتداد في القطاع الممتد من القربولي إلى الغرب من مدينة الخمس، ويمتاز باستقامته وارتفاعه التدريجي

باتجاه الشرق نحو مدينة طرابلس، حيث يشرف على البحر بجروف وحواف مرتفعة يصل ارتفاعها إلى 50 متراً، خاصة في القطاع القريب من الخمس (بو لقمة، 1997، ص126).

إضافة إلى ذلك، توجد بعض الخلجان الصغيرة، خاصة بالقرب من مصبات الأودية الموسمية، كما تظهر بعض المصاطب البحرية الحديثة التي تنحدر من مستوى علامة المد والعالي باتجاه البحر، ويرتبط تطور هذه الظواهر المورفولوجية بضيق الشريط الساحلي والعوامل التي تؤثر على عملية الاحتجار (الحت البحري)، مثل: ارتفاع الأمواج، وتوفر المفتتات الصخرية اللازمة لهذه العمليات، وينتشر أيضاً تكوين قرقاش الكالكاريتي في الجزء الغربي من خط الساحل في منطقة الدراسة، مكوناً جروفًا مجرية منخفضة الارتفاع وشواطئ رملية متباينة الاتساع نتيجة للتراجع الخلفي للحافات الكالكاريتية (بو لقمة، 1997، ص109).

ويتميز خط الساحل عموماً باستقامته، إذ تختفي التعاريج الساحلية في معظم أجزائه، باستثناء بعض التحاويف البسيطة عند مصبات الأودية المحدودة التي تصل إلى البحر، أو البروز ورؤوس الصخور عند ميناء طرابلس والخمس.

درجات انحدار السطح في المنطقة الساحلية واتجاهاتها:

تكمن أهمية دراسة درجة انحدار سطح الأرض في المناطق الساحلية بشكل عام، وفي منطقة الدراسة بشكل خاص، في التعرف على مدى تأثير السواحل البحرية بحركة الأمواج ومعدلات تغير خط الساحل، حيث تتيح درجات الانحدار المنخفضة توغل مياه البحر نحو اليابسة، في حين أن درجات الانحدار الشديدة (الجروف) التي تزيد على 45 درجة تشكل عائقاً أمام تمدد البحر وتمنع توغله. كما تساهم هذه الانحدارات في تقليل طاقة عمليات التعرية البحرية في نحت وتقويض حضيض الواجهات شديدة الانحدار (الكومي، 2016، ص 155). ومع ذلك، فإن تأثير درجة الانحدار يعتمد على مجموعة من العوامل، مثل: نوع الصخر، البنية الجيولوجية، اتجاه الأمواج، قوتها، وغيرها من العوامل، تم حساب درجات الانحدار بشكل آلي باستخدام برنامج ArcMap 10.8 من خلال نموذج الارتفاع الرقمي DEM وتحليل مرئية الانحدار (slope) م تم تقسيم فئات الانحدار إلى خمس فئات جدول(3).

تغيرات خط الساحل للمنطاق الممتد من مصراة إلى طرابلس
دراسة تطبيقية باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد

جدول (3) فئات درجات الانحدار ونسبتها المئوية من السهل الساحلي بمنطقة الدراسة.

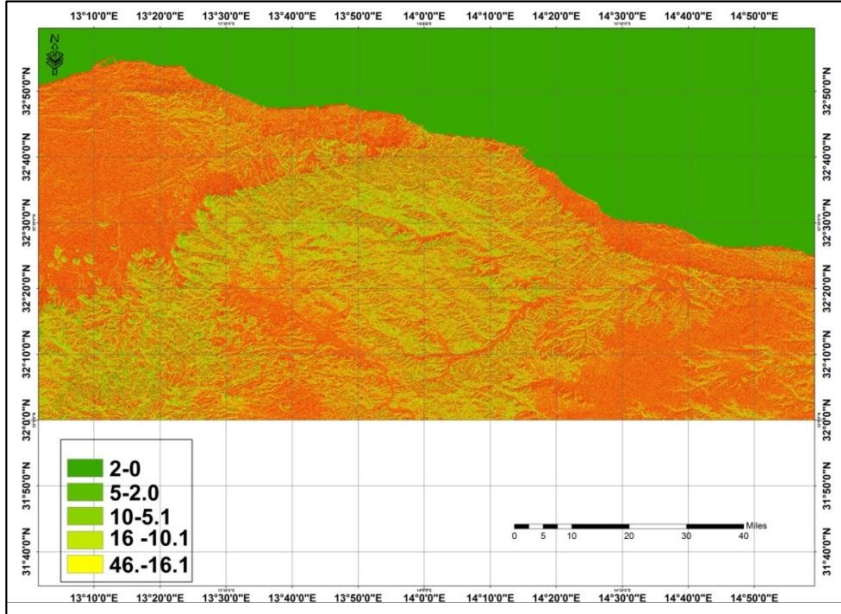
| 46-16.1 | 16-10.1 | 10-5.1 | 5-2.0 | 2-0 | درجة الانحدار (زاوية الانحدار) |
|---------|---------|--------|-------|------|---|
| 69.6 | 11.5 | 3.0 | 0.9 | 14.9 | النسبة المئوية (%) من مساحة السهل الساحلي |

المصدر: نماذج الارتفاعات الرقمية (DEM) Aster لسنة 2010 الدقة المكانية 30 متر وبرنامج ArcGIS10.8.

الفئة الأولى: 16.1 - 46 درجة (69.6%) تمثل هذه الفئة النسبة الأكبر من مساحة السهل الساحلي، مما يشير إلى أن الجزء الأكبر من السطح الساحلي يتمتع بانحدار شديد، هذه المناطق تكون أكثر عرضة للتعرية والتأثر بالحركة البحرية.

الفئة الثانية: 10.1 - 16 درجة (11.5%)، تمثل هذه الفئة مساحة أقل من السطح الساحلي مقارنة بالفئة السابقة، وتشير إلى مناطق ذات انحدار معتدل، خريطة (3).

خريطة (3) درجات الانحدار في منطقة الدراسة.



المصدر: من عمل الباحثة بناءً على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) Aster لسنة 2010 الدقة المكانية 30متر. وبرنامج ArcMap GIS10.8 .

الفئة الثالثة: 5.1 - 10 درجة (3.0%)، هذه الفئة تمثل جزءاً صغيراً من المساحة الساحلية.

الفئة الرابعة: 5 - 2.0 درجة (0.9%)، تمثل هذه الفئة نسبة ضئيلة من السطح الساحلي، مما يشير إلى أن هذه المناطق شبه مسطحة.

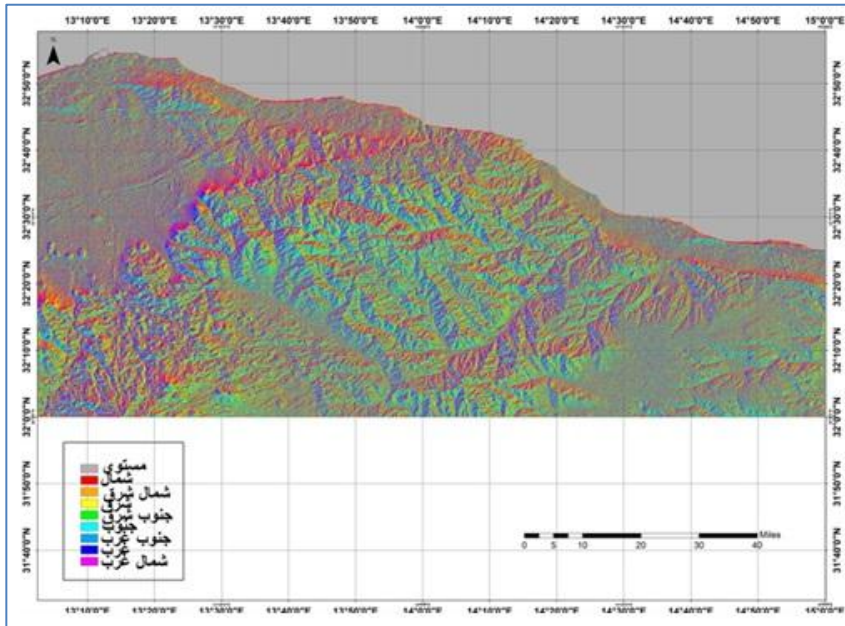
الفئة الخامسة: 2 - 0 درجة (14.9%)، رغم كونها منطقة مسطحة إلى حد كبير، إلا أن نسبة المساحة المختلة من هذه الفئة تشير إلى تنوع في خصائص السطح الساحلي.

وعن الاتجاه العام **Aspect** لسطح السهل الساحلي نجد أنه يميل بصورة كبيرة للاستواء، حيث شغلت نسبة الأراضي المستوية نحو 33.8% مع وجود اختلافات محلية التي تؤثر على ذلك إيجاباً، أو سلباً في معدل واتجاه خط الساحل بمنطقة الدراسة جدول (4).

- تليها الجنوب الشرقي 10.6%، تليها الشمال الشرقي والشمال الغربي 9.9% و8.1%.

- وجاءت الأراضي التي تنحدر إلى الشمال والجنوب في المرتبة الأخيرة بنسبة 7.4%، 7.2% على الترتيب، وتوجد هذه الانحدارات في موضع قليلة بتوزيع جغرافي عشوائي بمنطقة الدراسة، خريطة (4).

خريطة (4) الاتجاه العام لخط الساحل.



المصدر: عمل الباحثة بناءً على نماذج الارتفاعات الرقمية (DEM) Aster لسنة 2010 الدقة المكانية 30متر وبرنامج Arc GIS10.8 .

تغيرات خط الساحل للنطاق الممتد من مصراثة إلى طرابلس
دراسة تطبيقية باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد

جدول (4) النسبة المئوية لاتجاهات الانحدار في منطقة الدراسة.

| الاتجاه | المستوى | الشمال | الشمال الشرقي | الشمال الغربي | الشرق | الغرب | الجنوب الغربي | الجنوب | الجنوب الشرقي |
|----------------|---------|--------|---------------|---------------|-------|-------|---------------|--------|---------------|
| النسبة المئوية | 33.8 | 7.4 | 9.9 | 8.1 | 8.6 | 9.1 | 8.0 | 7.2 | 10.6 |

المصدر: عمل الباحثة استناداً لنموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) Aster لسنه 2010 الدقة المكانية 30متر. وبرنامج Arc GIS10.8.

يتضح من خلال التوزيع الجغرافي لاتجاهات انحدار السطح فوق السهل الساحلي الارتباط بين اتجاه انحدار السطح واتجاه خط الساحل، إذ يسود اتجاه الانحدار ناحية الشمال في النطاق التي يتخذ فيها الساحل الاتجاه الشرقي والغربي، ويتخذ انحدار السطح إلى الشمال الشرقي والشرق في النطاقات الساحلية التي تتخذ اتجاه الشمالي الجنوبي، والشمالي الغربي والجنوبي الشرقي، ويؤثر ذلك بشكل كبير في عمليات النحت البحري سواء بواسطة الامواج أم التيارات البحرية، حيث تمثل المناطق التي تميل في اتجاه البحر ومتعامدة عليه مناطق هدم وإزالة، وتتمثل في الأجزاء الشمالية والغربية في المناطق ذات الانحدارات الهينة (المستوية) بمنطقة الدراسة، على عكس الخلدجان التي يلتقي معها اليابس مع عوامل التعرية بزوايا حادة نسبياً تقلل من معدلات النحت والهدم، مع زيادة احتمالية الإرساب خاصة بالقرب مصبات الأودية الموسمية والمصاطب البحرية الحديثة التي تنحدر من مستوى علامة المد العالي اتجاه البحر.

دور تقنيات الاستشعار عن بُعد في رصد تغيرات خط الساحل بمنطقة الدراسة:

تساهم تقنيات الاستشعار عن بعد دوراً مهماً في رصد وتحليل التغيرات التي تطرأ على المناطق الساحلية، خاصة فيما يتعلق بتغيرات خط الساحل، ويتم ذلك باستخدام تقنيات كشف التغير (Change Detection techniques) التي تعتمد على معالجة (Processing) وتحليل (Analysis) المرئيات الفضائية التي ترصد المناطق الساحل، في النطاقات الطيفية المرئية (Visible Bands) والنطاقات الطيفية تحت الحمراء (Infrared Bands)، وتحت الحمراء (Infrared Bands) وتتميز هذه التقنية بقدرتها على التفريق بين المسطحات المائية، وكتل اليابس المجاور لها بناءً على اختلاف مستويات انعكاس الأشعة الكهرومغناطيسية، حيث يصل الانعكاس في حالة المسطحات

المائية إلى ما يقارب الصفر، بينما يرتفع بشكل ملحوظ في حالة اليابسة، وهو ما تلتقطه مستشعرات الأقمار الصناعية (Alesheikh, et., 2007. p1).

وقد اعتمدت الدراسة في استخراج خط ساحل بمنطقة الدراسة على الطريقة اليدوية من خلال مرئيات القمر الصناعي Landsat لمنطقة الدراسة، واستُخدم برنامج ArcMap10.8 لإنشاء قاعدة بيانات مكانية (Geodatabase) عبر أداة Arc Catalog لتجمع طبقات (Layers) خطوط الساحل المستخرجة، تم فتح الطبقات على البرنامج لإجراء التحليل ومقارنة النتائج، ومن تم قياس معدلات تطور خط الساحل عبر الزمن، كما تم حساب مساحات التغير لكل فترة زمنية من خلال تحويل طبقات خطوط الساحل إلى طبقات مساحية (Polygon Feature Class) باستخدام أداة (Symmetrical difference) من صندوق الأدوات (ArcToolbox)، تم استخراج مساحة التغير كل خطي ساحل متتاليين تم طرح خط الساحل الأقدم من الأحداث لاستخراج النتائج المتعلقة بالنحت والإرساب .

• التغير في خط الساحل بمنطقة الدراسة ما بين 1977-2024م.

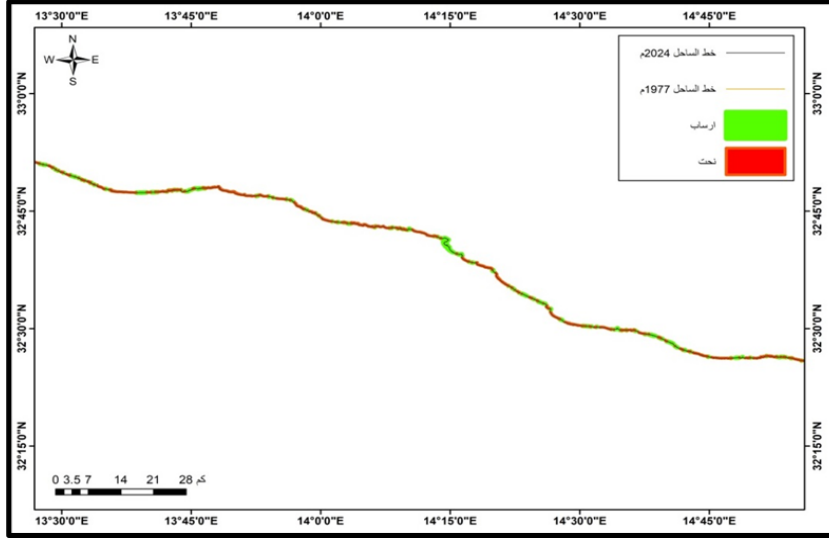
يتم تحديد التغير الذي يطرأ على مواقع خط الساحل، من خلال مقدار تقدمه باتجاه البحر نتيجة لعمليات الإرساب، أو من خلال تراجعها أمام عمليات النحت بصوره المختلفة، ويساعد تقييم التغير في موقع خط الساحل على التنبؤ فيما إذا كانت النطاقات الساحلية المدروسة تتغير وفق وتيرة ثابتة، أم أن هناك تباين من منطقة لأخرى وفقاً للاختلافات المحلية بكل نطاق. (Sheik & Chandrasekar.N., 2011, .p4)

تتباين المساحات التي تعرضت للنحت والإرساب في النطاقات الساحلية بمنطقة الدراسة (من مصراته إلى الخمس)، وذلك تبعاً للعوامل المؤثرة في ذلك كاتجاه خط الساحل والعامل الجيولوجي.

- شهد خط الساحل بمنطقة الدراسة تغيراً ملحوظاً خلال الفترة الزمنية الممتد من عام 1977م إلى عام 2024م، حيث تناقص طوله (183.120 كم) 1977م إلى (182.942 كم) عام 2024م وذلك بفارق قدره (-0.178 كم)، أي حوالي (178م)، يشير هذا التغير إلى معدل تغير سنوي يبلغ حوالي (3.8-م/سنة)، (ناتج فارق أطوال خط الساحل/على عدد السنوات)، وهو نتيجة لعمليات النحت والإرساب

- التي تؤثر على الساحل، هذا التغير يعكس ديناميكية خط الساحل المستمرة التي تؤدي إلى زيادة أو نقصان في الرواسب الساحلية ونقلها خارج منطقة الدراسة.
- يتعرض خط الساحل بمنطقة الدراسة إلى عملية تسوية الرؤوس الأرضية؛ نتيجة لتأثر كتل الحجر الجيري المكونة للشريط الساحلي، هذه الكتل التي تطل مباشرة على البحر تحتوي على العديد من الشقوق والفواصل التي تهيئ عملية النحت وتراجع خط الساحل؛ مما يؤدي بمرور الوقت تحوله من الشكل المتعرج نسبياً إلى الشكل الأكثر ميلاً للاستقامة.
- بالإضافة إلى ذلك فإن العوامل المسببة لهذا التغيير وتشمل تأثير الأمواج البحرية وحركة التيارات البحرية، التي تشكل دوراً رئيساً في نحت الصخور الساحلية وترسيب الرواسب في مناطق أخرى، حيث يُظهر التغير الطفيف في طول الشاطئ أن المنطقة تخضع لعمليات توازن ديناميكي بين النحت والإرساب، هذه العمليات تعد جزءاً من التفاعل الطبيعي بين العناصر الجيولوجية والبحرية، وتتأثر أيضاً بعوامل بشرية، مثل: تدخلات الساحلية، والتغير المناخي الذي يرفع من منسوب البحر ويزيد من حدة التأثيرات الساحلية، بالتالي فإن هذه التغيرات تبرز أهمية دراسة ديناميكية السواحل لتقييم المخاطر البيئية وإدارة الموارد الساحلية بشكل مستدام.
- بلغ عدد المواقع التي تعرضت للنحت 174 موقعاً، و 168 موقعاً للإرساب، وبلغ إجمالي معدل النحت والإرساب بمنطقة الدراسة (8.393 كم)، توزعت بمعدل (1.497 كم) للإرساب (6.896 كم) للنحت وهو معدل عالٍ ويشير إلى شدة التأثيرات البيئية الطبيعية، مثل: الرياح والتيارات البحرية، بالإضافة إلى تأثير الشقوق والفواصل في الصخور الساحلية والتي تُسهّل عمليات التآكل، كما يشير معدل الإرساب إلى وجود مناطق هادئة نسبياً أو محمية، حيث رُسبت المواد المحمولة بفعل المياه والرياح. خريطة (5)، توضح توزيع هذه المواقع على طول خط الساحل كما تساعد في تحديد المناطق الأكثر عرضة للتآكل وتلك التي تشهد تراكمًا للرواسب، وهو أمر ضروري لتخطيط استراتيجيات الإدارة الساحلية وحماية المناطق المتضررة، ويؤكد هذا التحليل أهمية دراسة العوامل الطبيعية والبشرية المؤثرة على السواحل لفهم التغيرات الجيومورفولوجية واتخاذ التدابير المناسبة؛ للحد من تأثيراتها خاصة في ظل التغيرات المناخية التي تزيد من احتمالية ارتفاع معدلات النحت والتآكل خط الساحل.

خريطة (5) تغيرات خط الساحل بمنطقة الدراسة.



المصدر: المرئية الفضائية Landsat2 لسنة 1977، 1979، 1981م، المرئية الفضائية Landsat3 لسنة 1980، Landsat5 Tm لسنة 1985، 1990، 1995، 2000، المرئية الفضائية Landsat8 ETM لسنة 2014، 2016، 2017، 2021، 2023، 2024م.

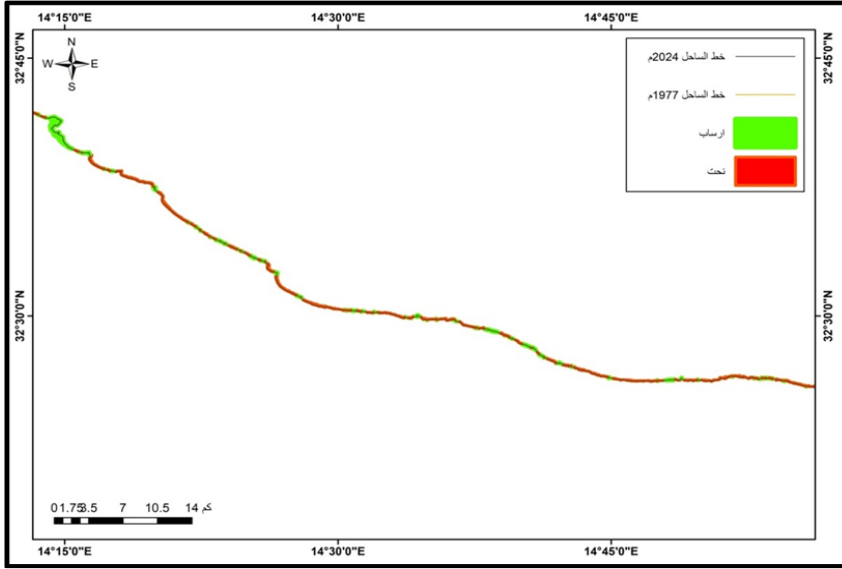
- تغير خط الساحل في النطاق الممتد من مصراته إلى الخمس.

بلغ طول خط الساحل للنطاق الممتد من مصراته إلى الخمس في عام 1977م (86.924 كم)، بينما بلغ في عام 2024م حوالي (87.729 كم) بفارق في الطول (81م/سنة)، وبلغت المساحة الاجمالية للنحت حوالي (3.132 كم)، في حين بلغت المساحة الاجمالية للإرساب (1.265 كم)، من خلال البيانات السابقة يتضح زيادة معدلات النحت عن الإرساب؛ مما يعكس تعرض الشريط لعوامل التآكل مستمرة أكثر من عمليات البناء والتراكم، هذا التفاوت في العمليات يعكس ديناميكية ساحلية نشطة تؤثر بشكل مباشر على تطور الخط الساحلي، كما تظهر البيانات أن زيادة معدلات النحت في النطاق الممتد من مصراته إلى الخمس قد تكون ناتجة عن تأثير العوامل الطبيعية، مثل: الأمواج والتيارات البحرية والرياح السائدة، بالإضافة إلى الخصائص الجيولوجية للصخور الساحلية التي تتكون من مواد قابلة للتآكل (النحت)، كما تسهم الأنشطة البشرية، مثل: تطوير البنية التحتية الساحلية دوراً في تسريع عمليات النحت، من خلال زيادة تعرض السواحل للعوامل البيئية خريطة (6) توضح توزيع مناطق النحت والإرساب، مما يساعد في

تغيرات خط الساحل للنطاق الممتد من مصراثة إلى طرابلس دراسة تطبيقية باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد

تحديد الأماكن التي تحتاج إلى تدخلات لحماية خط الساحل من التدهور المستمر، هذه النتائج تؤكد أهمية تبني الخطط لإدارة السواحل بشكل مستدام، بما في ذلك حماية المناطق المعرضة للنحت وتقليل تأثير العوامل البشرية التي اسهم من زيادة التدهور الساحلي.

خريطة (6) تغيرات خط الساحل من مصراثة إلى الخمس.



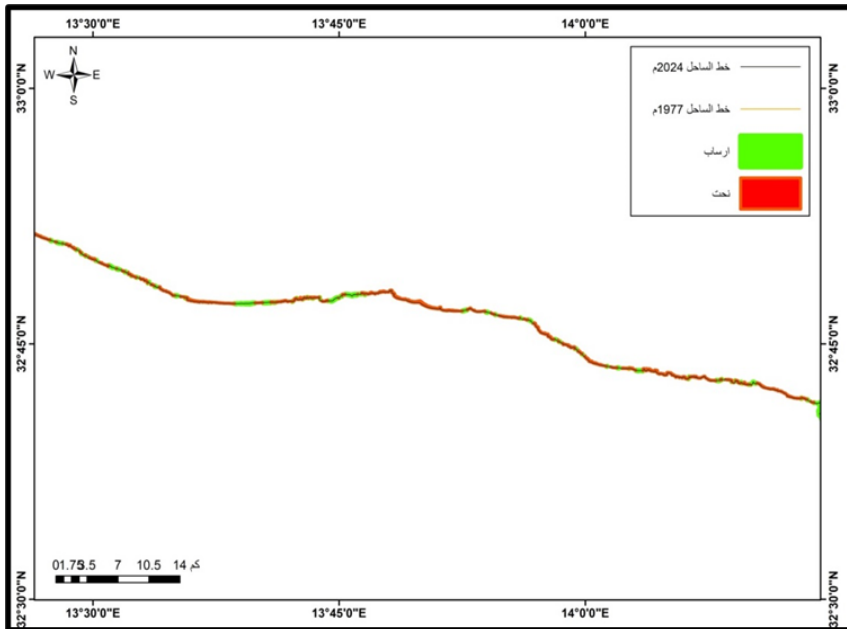
المصدر: المرئية الفضائية Landsat2 لسنة 1977، 1979، 1981م، المرئية الفضائية Landsat3 لسنة 1980، Landsat5 Tm لسنة 1985، 1990، 1995، 2000، المرئية الفضائية Landsat8 ETM لسنة 2014، 2016، 2017، 2021، 2023، 2024م.

تغيرات الخط الساحل من الخمس إلى طرابلس من 1977-2024م:

شهد النطاق الساحلي الممتد من الخمس إلى طرابلس تغيراً ملحوظاً في خط الساحل خلال الفترة الزمنية من 1977م إلى 2024م، تناقص الطول الإجمالي للساحل من (96.197 كم)، إلى 95.213 كم بفارق بلغ (0.983- كم) أي بمعدل تغير يُقدَّر بحوالي (983م/سنة)، مما يعكس تأثيراً كبيراً لعمليات التآكل الساحلي على امتداد هذا النطاق. كما تشير البيانات إلى أن المساحة الإجمالي للنحت بلغت حوالي (3.764 كم²)، في حين بلغت المساحة التي تعرضت للإرساب (0.232 كم²)، هذا التفاوت الكبير بين مساحات النحت والإرساب يدل على أن هذا النطاق يعاني من تفوق واضح لعمليات

التآكل البحري على عمليات تراكم الرواسب. أما العوامل المسببة لهذه التغيرات فتشمل الأمواج والتيارات البحرية النشطة التي تسهم في إزالة كميات كبيرة من المواد الساحلية، والخصائص الجيولوجية للصخور الساحلية التي قد ضعيفة أو مفككة، مما يجعلها أكثر عرضة للتآكل، كما أن الأنشطة البشرية، مثل: استخراج الرمال أو بناء المنشآت الساحلية والقري السياحية، تزيد من هشاشة النظام البيئي الساحلي؛ مما يؤدي إلى تفاقم معدلات النحت، هذا التراجع الكبير في خط الساحل يمثل تهديداً مباشراً على البنية التحتية الساحلية والبيئة المحلي، لذلك من الضروري وضع استراتيجيات شاملة لإدارة المناطق الساحلية، تشمل تعزيز الحماية الطبيعية للسواحل، مثل: زراعة نباتات مانعة للتآكل، مثال: نبات مانجروف، واستخدام تقنيات حديثة لتقليل من تأثير الأمواج (كسارات الأمواج)، كما يجب تقليل الأنشطة البشرية الضارة في المناطق الحساسة. خريطة (7) توضح تغيرات خط الشاطئ من الخمس إلى طرابلس.

خريطة (7) تغيرات الخط الساحل من الخمس إلى طرابلس من 1977-2024م.



المصدر: المرئية الفضائية Landsat2 لسنة 1977، 1979، 1981م، المرئية الفضائية Landsat3 لسنة 1980، Landsat5 Tm لسنة 1985، 1990، 1995، 2000، المرئية الفضائية Landsat8 ETM لسنة 2014، 2016، 2017، 2021، 2023، 2024م.

النتائج:

بناءً على هذه الدراسة تم التوصل إلى النتائج الآتية:

- 1- إن العامل الجيولوجي والطبوغرافي كان من أبرز العوامل المحلية التي أسهمت في تفاوت معدلات النحت والترسيب في منطقة الدراسة.
- 2- أثرت درجات انحدار السطح في المناطق الساحلية بشكل ملحوظ على معدلات تغير خط الساحل، حيث تُعزز الانحدارات الطفيفة من توغل مياه البحر نحو اليابسة.
- 3- تتراوح أعمار التكوينات الجيولوجية السائدة في منطقة الدراسة بين العصر الطباشيري العلوي (فترة السينوماني) الذي يمثل نسبة 3.17% من إجمالي التكوينات، والميوسين الأوسط (تكوين الخمس) بنسبة 0.7%، بالإضافة إلى العصر الرباعي الذي تسود فيه تكوينات قرقارش بنسبة كبيرة بلغت 41%.
- 4- بلغ الطول الفعلي لخط الساحل الممتد بين مصراتة وطرابلس حوالي 198.2 كم، ويبلغ طول الخط المستقيم بينهما 174.2 كم، مما يعكس تعرجاً واضحاً لخط الساحل، وقد بلغ مؤشر التعرج 1.13 (الناتج عن قسمة الطول الفعلي على الخط المستقيم)، هذا يعني أن الطول الفعلي للساحل يتجاوز طول الخط المستقيم بنسبة 1.13 مرة، ويُعزى هذا التعرج إلى وجود العديد من الرؤوس الأرضية البارزة في البحر على امتداد الساحل والخلجان المتراجعة نحو اليابس.
- 5- بلغ إجمالي المساحة التي تعرضت لعمليات النحت حوالي 3.13 كم²، بينما بلغت المساحة الإجمالية للترسيب نحو 1.27 كم²، ما يعكس تأثير العوامل البيئية والجيولوجية في تشكيل ديناميكية خط الساحل.

التوصيات:

- من خلال النتائج التي تم التوصل إليها يمكن استخلاص التوصيات والمقترحات الآتية:
- 1- وضع خطط إدارة شاملة للمناطق الساحلية بين مصراتة وطرابلس، تأخذ في الاعتبار التفاوت الجيولوجي والطبوغرافي، بهدف تقليل تأثير التآكل الساحلي وحماية المناطق المعرضة للتغيرات البيئية.
 - 2- تطبيق تقنيات هندسية مثل إنشاء حواجز أمواج واستصلاح الأراضي للحد من تأثير

- الانحدارات الطفيفة التي تعزز توغل مياه البحر نحو اليابسة، خاصة في المناطق ذات الانحدارات المنخفضة.
- 3- إجراء دراسات دورية للتكوينات الجيولوجية السائدة، مثل: تكوينات قرقارش والخمس؛ لضمان استدامة استخدام الأراضي وتجنب أي أنشطة قد تؤدي إلى تدهورها، خاصة في المناطق ذات الأهمية الجيولوجية العالية.
- 4- تعزيز استخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بُعد؛ لمراقبة تغيرات خط الساحل بشكل دوري وتحليل عوامل التعرج، بهدف تحسين استراتيجيات إدارة المناطق الساحلية.
- 5- تصميم مشاريع حماية بيئية تقلل من معدلات النحت، مثل: استخدام تقنيات التثبيت النباتي في المناطق التي تتعرض للنحت المستمر، مع تعزيز المناطق المعرضة للترسيب لزيادة استقرار السواحل.
- 6- تطبيق استراتيجيات التخطيط العمراني التي تتجنب الزحف العمراني غير المنظم على المناطق الساحلية، مع وضع قيود صارمة على الأنشطة البشرية التي تؤثر على ديناميكية النحت والترسيب.
- 7- تشجيع الأبحاث المستقبلية على دراسة العوامل الأخرى المؤثرة على خط الساحل، مثل: تغير المناخ، وارتفاع مستوى سطح البحر؛ لضمان اتخاذ تدابير وقائية مستدامة.
- 8- تعزيز الوعي المجتمعي حول أهمية السواحل وضرورة الحفاظ عليها، من خلال حملات توعية وبرامج تعليمية تركز على دور الأفراد في تقليل الأنشطة التي تؤثر سلباً على البيئة الساحلية.
- 9- صياغة سياسات وطنية لحماية السواحل تعتمد على البيانات العلمية المستمدة من تقنيات GIS والاستشعار عن بُعد، وتعمل على توازن التنمية الاقتصادية والحفاظ على البيئة.

المصادر والمراجع:

- أحمد، مرة علي محمد، (2023)، التغيرات الجيومورفولوجية في النطاق الساحلي بمحافظة الاسكندرية باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، رسالة ماجستير (غير منشورة)، جامعة القاهرة، مصر.
- البارودي، محمد سعيد، (2018م)، أسس الجيومورفولوجيا العملية والشكل، القاهرة، دار الفكر العربي.
- بولقمة، الهادي والقزيري، سعد، (1997)، الساحل الليبي، منشورات مركز البحوث والاستشارات، جامعة قارونس، بنغازي.
- المهدي، محمد المبروك (1998)، جغرافية ليبيا البشرية، منشورات جامعة قارونس، بنغازي.
- القصرأوى، محمد عبدالله اللطيف، (2018)، تغيرات خط الساحل في منطقة رأس الهلال إلى رأس الحمامة الساحل الليبي" دراسة جيومورفولوجية باستخدام تطبيقات الاستشعار عن بعد، مجلة الدراسات الإنسانية والأدبية، مجلة علمية محكمة، كلية الآداب، جامعة كفر الشيخ، مصر، المجلد (18)، العدد (1)، يوليو.
- الكومي، عبدالرزاق بسيوني (2016)، تغير خط الشاطئ بين رأس الحكمة ورأس أم الرخم بالساحل الشمالي الغربي لمصر باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية (دراسة جيومورفولوجية)، مجلة بحوث الشرق الأوسط، المجلد 4، العدد 39، الجزء 2.
- الشوشان، إسماعيل الفرجاني، القرمادى، صلاح الدين موسى (2022)، دراسة لأهم المظاهر الجيومورفولوجية للسواحل البحرية بمناطق (الخمسة، كعام، زيتن، ليبيا)، مجلة علوم البحار والتقنيات البيئية، جامعة المرقب، الخمس، ليبيا، المجلد (8)، العدد (2).
- الضراط، علاء جابر فتح الله (2021)، العوامل الخارجية المشكلة لسطح هضبة البطنان- دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية، المجلة العلمية كلية التربية، جامعة مصراته، ليبيا، المجلد (7)، العدد (18).
- الضراط، علاء جابر فتح الله (2023م)، تأثير حركة المياه البحرية على ساحل منطقة طبرق شمال شرق ليبيا "دراسة في الجيومورفولوجيا"، مجلة ليبيا للدراسات الجغرافية، الجمعية الجغرافية الليبية- فرع المنطقة الوسطى، العدد الرابع، يناير.
- عاشور، محمود محمد، (2009)، جيومورفولوجية حوض صعده في اليمن باستخدام

الاستشعار من بعد ونظم المعلومات الجغرافية، رسالة دكتوراه (غير منشورة)، كلية الآداب، جامعة عين شمس.

- عنينة، عمر احمد علي، (2007)، جيومورفولوجية ساحل مصراته فيما بين رأس الهنشير ورأس كارة، رسالة ماجستير (غير منشورة)، جامعة 7 أكتوبر، مصراته.

- القرش، أسماء محسن بدير، (2024)، التقييم المورفولوجي لتغير خط الشاطئ بقطاع العلمين سيدي عبد الرحمن بالساحل الشمالي الغربي بمصر، مجلة كلية الآداب، مجلة بني سويف، مصر، العدد(71).

- توني، يوسف، (1977)، المصطلحات الجغرافية، دار الفكر العربي، القاهرة، مصر.

- شريف، يوسف شوقي و البلوشي، على بن سعيد، (2014م)، مؤثرات التغير المناخي على مورفولوجية الساحل العماني، المجلة الجغرافية العربية، تصدر عن الجمعية الجغرافية المصرية، العدد (46) السنة السادسة الجزء(2).

- مصلحة الإحصاء والتعداد، التقديرات السكان 2021م النقاط الخمس، مصراته، طرابلس.

- الخريطة الجيولوجية لليبيا مقياس رسم 1:1,000,000 مركز البحوث الصناعية، 1985.

- هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (USGS)، المرئية الفضائية Landsat2 - لسنة

1977، 1979، 1981م، المرئية الفضائية Landsat3 لسنة 1980، Landsat5

للسنة 1985، 1990، 1995، 2000، المرئية الفضائية Landsat8 ETM لسنة

2014، 2016، 2017، 2021، 2023، 2024، نماذج الارتفاعات الرقمية

(DEM) Aster لسنة 2011م الدقة المكانية 30 متر.

- Alesheikh, A.A, et al. (2004), Generation the coastline change map for Urmia Lake by TM and ETM+ imagery, Geospatial world.

-Sheik, Mujabar& Chandrasekar N., (2011): Shoreline change analysis along the coast between Kanyakumari and Tuticorin of India using remote sensing and GIS, Arabian Journal Geosciences, vol.14 Lssue(4).

-Gehan M.EI-Bayomi., 2009,OASTAL ENVIRONMENTAL CHANGES ALONG THE NORTH- WESTERN COAST OF EGYPT (CASE STUDY FROM ALEXANDIA TO EL ALAMEIN COAST) FORUM GEOGRAFIC Studii si cercetari do geografie si protectiamediuului Year8,No.

- Hastuti ,Amandangi Wahyuning & Suniada, Komang Iwan(2022) , The document is titled "Coastal Vulnerability Assessment of Bali Province, Indonesia Using Remote Sensing and GIS Approaches" and was published in the journal Remote Sensing Volume (14) Issue (17).