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 أُسْتُخْدِمت 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 طبيعياً 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 رئيسة 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:

تُعَدَّ المناطق الساحلية من أكثر المناطق التي تحظى باهتمام متزايد في السنوات الأخيرة، إذ أصبحت هدفًا رئيسًا 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. وفقًا لتقرير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ(IPCC) (Intergovernmental Panel on Climate Change) 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 بيئيًا غير مستقرة، بسبب تأثير عوامل التعرية المائية والريحية وتراجع السواحل، ارتفاع مستوى سطح البحر، وتزايد الضغوط على الموارد الطبيعية والاقتصادية.

تُعَدُّ 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 تُسهم هذه البرامج بشكل كبير في معالجة البيانات الفضائية التي تتألف من وحدات مساحية صغيرة تُعرف باسم بكسل .(Pixel)K 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).

تُعَدُّ 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 مستشعراتsensors 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 مثاليةً للكشف عن التغيرات الساحلية (القصراوي، 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 225كم، 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.

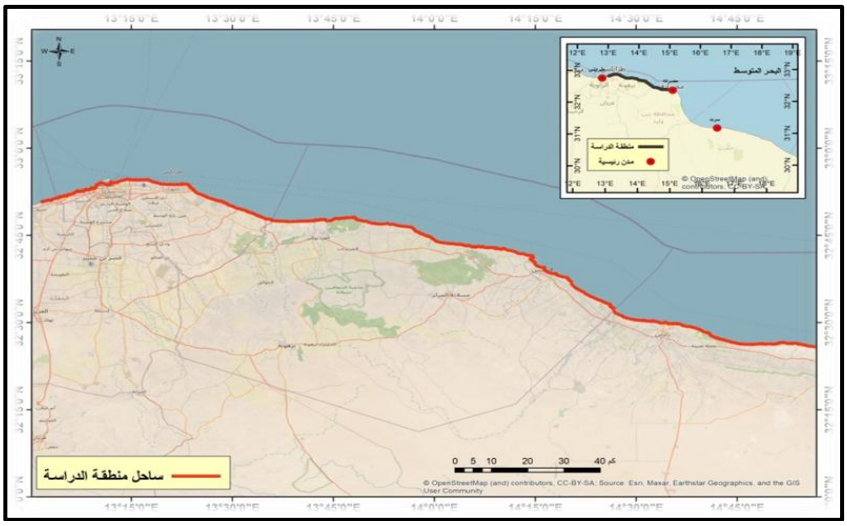
منطقة الدراسة:

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 شرقًا إلى مدينة طرابلس غربًا لمسافة 225كم، تشكل هذه المنطقة امتدادًا لسهلي الجفارة و مصراتة، اللذين يتميزان بخصائص جيومورفولوجية وجيولوجية وبيئية مميزة، من الناحية الفلكية، تمتد منطقة الدراسة من مصراته 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، لمسافة55.1كم من مصراتة باتجاه البحر، بينما بلغ أقصى امتداد لخط الساحل باتجاه اليابسة عند دائرة 46" 54 ' 32 ° شمالاً، 58" 15 ' 13 °شرقاً من طرابلس

باتجاه اليابسة لمسافة 59.2كم.

خريطة (1) موقع منطقة الدراسة.



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

ويمتد الساحل الفعلي من مصراتة إلى طرابلس بطول 198.2كم، في حين يبلغ طول الخط المستقيم بين المدينتين 174.2كم، 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 الخلجان المتراجعة نحو اليابس، والرؤوس الارضية (Headlands) هي نتوءات صخرية بارزة تمتد من اليابسة إلى البحر، وتشكّل غالباً نتيجة تعرض الصخور الصلبة للتعرية بشكل أبْطأ من الصخور الأقل صلبة حولها عادةً ما تركز الأمواج على الرؤوس الأرضية؛ مما يؤدي إلى زيادة تأكلها بمرور الوقت (تونى، 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 شرقًا، نتيجة لاقتراب أقدام الجبل الغربي تدريجيًا 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 هذ السهل مجموعة كبيرة من الأودية التي يغلب عليها شدة انحدارها وضيق مجاريها وكثرة جنادلها 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:

تُعَدُّ 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 تأثرًا 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 ونظم 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 مصراته وطرابلس، وتضمنت الأهداف التفصيلية ما يأتي:

1- تحليل وتتبع التغيرات التي شهدها خط الساحل، مع محاولة التنبؤ المستقبلي بالتحولات المحتملة.

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

3- تقدير معدلات النحت والإرساب التي تعرض لها خط الساحل خلال الفترة من 1977إلى 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 لابد من إثبات الفرضيات الآتية:

1.هناك تباين في معدلات النحت والإرساب التي تعرض لها خط الساحل خلال الفترة من 1977إلى 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 دقيقةDigital Maps تظهر الاختلافات المكانية؛ لتوزيع مواقع النحت والارساب بمنطقة الدراسة باستخدامGis.

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 التغير الذي طرأ على خط الساحل خلال الفترة الممتدة من(1977-2024)، وتقدير نسب التكوينات الجيولوجية واتجاه وانحدار خط الساحل باستخدام نظام المعلومات الجغرافية (Ar map10.8) اعتمادًا 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 1,000,000:1 مركز البحوث الصناعية، 1985م.

3- نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) من ASTER لسنة 2010 الدقة المكانية 30م30xم ونتج عنها استخراج خريطة الانحدارات والاتجاهات، وإجراء عملية الترميز Symbology للملفات الناتجة عن معالجة المرئيات الفضائية .

4- برنامج Arc map GIS10.8.1، وتم الاعتماد عليه في بناء قاعدة بيانات بنتائج لمعالجة المرئيات الفضائية وتصنيفها لحساب مقدار التغير في الشاطئ ومساحة المناطق التي تعرضت للنحت أو الإرساب على امتداد خط الساحل بمنطقة الدراسة.

5- المرئيات الفضائيةLandsat 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 التغير سواء إيجابي أو سلبي لحساب مناطق النحت والارساب، حيث تم عمل معالجة للتصحيح الاشعاعي لصور الأقمار الصناعية Band5 بدقة وضوح 30م، ورسم خط الساحل يدوياً من الخط الأساسي لسنة 1977م.

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
Landsat3	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
Landsat 8	L25P	188	37	25	7	2014
	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 الجيومورلوجيا 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 175م^3/ كم^2/سنة، وفي شمالها الغربي بلغ 80م^3/ كم^2/سنة وفي وسط الهضبة وجنوبها بلغت 376م^3/ كم^2/ سنة وفقاً لمستويات التعرية التي حدد Zachar حجم التعرية المائية ضمن فئة تعرية ضعيفة، وبلغت التعرية الأخدودية 8127م^3 /كم^2 وفقاً لتصنيف Bergsma تعرية أخدودية شديدة جداً تسود على الهضبة وهي ليست من النتاج الحالي بل من موروثات عصر البليستوسين خلال الفترات المطيرة، ومن نتائج دراسة التعرية الريحية 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 إلي 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 0.48عند خليج طبرق إلى 2.6عند 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 دورا في تشكيل ساحل منطقة الدراسة إذ تراوحت قوة طاقتها ما بين 5062كجم/م^2 صيفاً إلى 125577كجم/م^2 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 الطبيعة، 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 (القصراوي، 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

يتعامد 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 الزمني 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 ى– 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 ومحاولة التنبؤ المستقبلي بما سوف يحدث، إضافةً لتحليل الأشكال الأرضية وتتبع تطورها

التاريخي، واعتمدت في ذلك على تحليل صور المرئيات 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 الاشكال 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 كالكثبان 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 رياحية.

تكوين قرقارش (البليستوسين): يتألف من كالكارينيت (حجر جيري مع قواقع كوارتزية وعدسات غرين)، يغطي 278.18كم^2 أي ما يعادل 41.3% من مساحة الدراسة.

إرسابات الهولوسين: تشمل أحزمة الكثبان الرملية الشاطئية التي تمتد على طول الساحل، وتغطي 86.63كم^2 أي ما يعادل 13% من المساحة الكلية.

رواسب الوديان الحديثة: تتكون من حصى وجلاميد بأحجام مختلفة، منتشرة على إمتداد خط الساحل، وتغطي 47.04كم^2 أي 7% من المساحة الكلية.

ترسيبات السبخة: تشمل طين رملي ورملي طيني، مع نطاقات مشبعة بكلوريد الصوديوم وبلورات الجبس، وتغطي 25.08كم^2 أي3.7%من المساحة.

تكوين الجفارة: يحتوي على رواسب بلايا مائية شبه طفالية، بمساحة 41.04كم^2 ما يعادل 6.1% من إجمالي المنطقة.

1. رواسب عصر النيوجين:

– مخاريط الانسياب البركانية: تشمل مخاريط بازلتية وبراكين طباقية، تغطي مساحة 72.02 كم^2 أي 10.7%من المساحة الكلية.

2. صخور العصر الثالث:

– تكوين الخمس (الميوسين الأوسط)، يتألف من حجر جيري، كالكارينيت، وطبقات كنجلوميرات، ينتشر في شريط ساحلي بطول 8كيلومترات من وادي غنيمة ويغطي 45.19كم^2 أي 6.7%من المساحة.

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

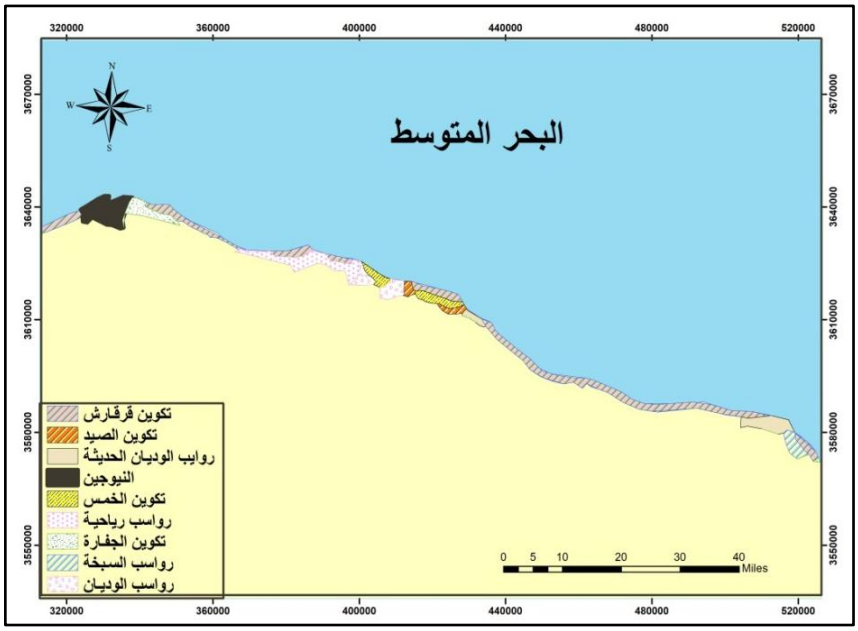
العصر		التكوين	المساحة ونسبتها	
			كم^2	%
الرابع	الهولوسين	رواسب غير مقسمة رواسب نهرية، ركامية، رواسب مائية رياحية رواسب الوديان الحديثة	56.620	4.8
		الرواسب الرياحية/ رمال شاطئية جيرية متوسطة وناعمة الحبيبات	86.628	13
		رواسب المائية الريحية / رمال وطفال فيضي مع تداخلات من الحصى الكبيرة والصغيرة في الحجم	47.042	7.0
		ترسيبات السبخة: طفال رملي طيني مع كلوريد الصوديوم وبلورات الجبس والملح	25.081	3.7
	البليستوسين	تكوين قرقارش: وراسب الشاطئ والكثبان الرملية المتماسكة (كالكارينيت).	278.185	41.3
		تكوين الجفارة: رواسب البلايا المائية شبه الطفالية	41.038	6.1
	النيوجين	مخروط بازلتي، قاطع وبركان طباقي	72.024	10.7
الثالث	الميوسين	تكوين الخمس: حجر جيري، وحجر جيري طحلبي وكالكارنيت رملي.	45.186	6.7
	الطباشيري المتأخر	تكوين سيدي الصيد الحجر الجيري الدولوميتي	21.134	3.1

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

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

وعليه تقوم الخصائص الجيولوجية لمنطقة الدراسة بدورٍ جوهري في تحديد استجابتها لعمليات التعرية والتجوية، خصوصًا 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 1000.000.1لسنة 1985، مركز البحوث الصناعية.

جيومورفولوجية خط الساحل بمنطقة الدارسة:

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

أعمال الحماية الساحلية وتنمية الموانئ، وكل هذه العوامل تعمل مع بعضها البعض في تحديد خط الساحل وتغيره 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 شرقا 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، أذ يتراوح ارتفاعها بين 2 و 15 مترًا (عنيبة، 2007، ص126). يمتد خط الساحل في هذا الجزء بشكل قوس محدب 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:

يمتد خط الساحل من الخمس شرقًا إلى طرابلس غربًا بشكل محدب 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 مترًا، 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 أيضًا تكوين قرقارش الكالكارنيتي في الجزء الغربي من خط الساحل في منطقة الدراسة، مكونًا جروفًا بحرية منخفضة الارتفاع وشواطئ رملية متباينة الاتساع نتيجة للتراجع الخلفي للحافات الكالكارنيتية (بو لقمة، 1997، ص109).

ويتميز خط الساحل عمومًا باستقامته، إذ تختفي التعاريج الساحلية في معظم أجزائه، باستثناء بعض التجاويف 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 تأثر 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 عائقًا 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).

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

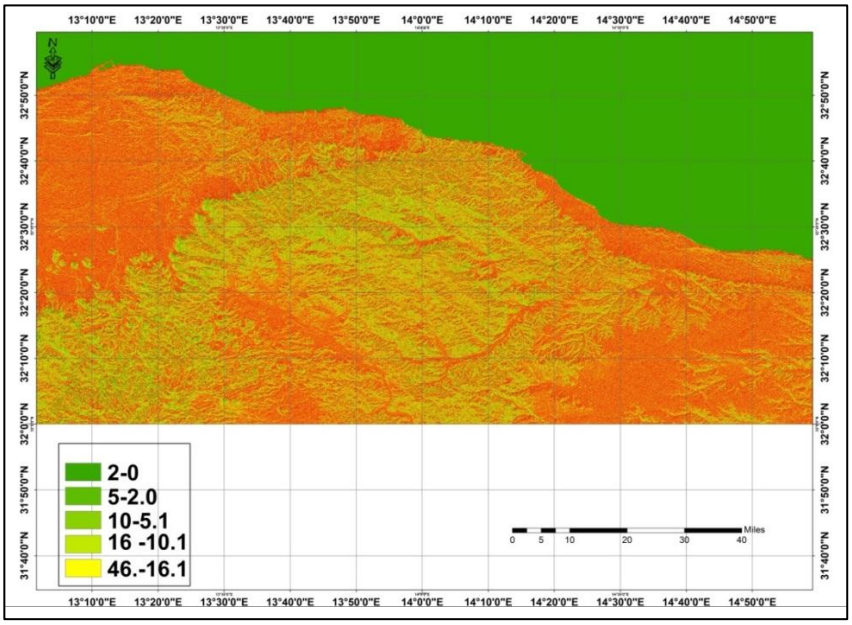
درجة الانحدار (زاوية الانحدار)	2–0	5–2.0	10–5.1	16–10.1	46–16.1
النسبة المئوية (%) من مساحة السهل الساحلي	14.9	0.9	3.0	11.5	69.6

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

الفئة الأولى: 46 – 16.1درجة (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: 16 – 10.1 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: 10 – 5.1 درجة (3.0%)، هذه الفئة تمثل جزءًا صغيرًا 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.

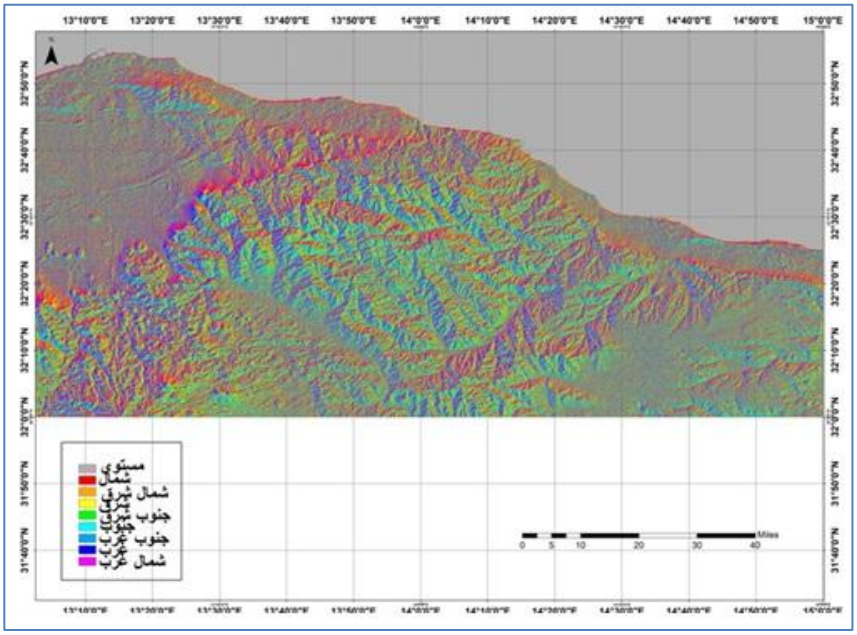
الفئة الخامسة: 2 – 0 درجة (14.9%)، رغم كونها منطقة مسطحة إلى حد كبير، إلا أن نسبة المساحة المحتلة من هذه الفئة تشير إلى تنوع في خصائص السطح الساحلي.

وعن الاتجاه العام Aspect لسطح السهل الساحلي نجده يميل بصورة كبيرة للاستواء، حيث شغلت نسبة الأراضي المستوية نحو 33.8% مع وجود اختلافات محلية التي تؤثر على ذلك ايجاباً، 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 بنسبة7.4%، 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 .

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 Aster (DEM) لسنة 2010الدقة المكانية30متر. وبرنامج Arc GIS10.8.

يتَّضح من خلال التوزيع الجغرافي لاتجاهات انحدار السطح فوق السهل الساحلي الارتباط بين اتجاه انحدار السطح واتجاه خط الساحل، إذ يسود أتجاه 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 الخلجان 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 التغييرات التي تطرأ على المناطق الساحلية، خاصة فيما يتعلق بتغيرات خط الساحل، ويتم ذلك باستخدام تقنيات كشف التغير (Change Detection techniniques) 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، واستُخْدِمَ 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 أدارة (Symmetrical difference) من صندوق الأدوات (ArcToolbox)، تم استخراج مساحة التغير كل خطي ساحل متتاليين تم طرح خط الساحل الأقدام 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 تراجعه 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)

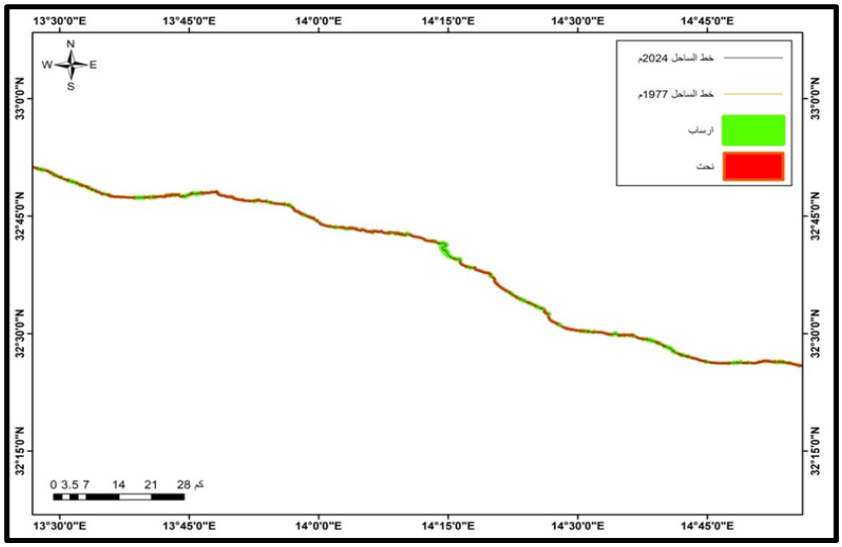
تتباين المساحات التي تعرضت للنحت والإرساب في النطاقات الساحلية بمنطقة الدراسة (من مصراته إلى الخمس)، وذلك تبعاً للعوامل المؤثرة في ذلك كاتجاه خط الساحل والعامل الجيولوجي.

- شهد خط الساحل بمنطقة الدراسة تغيراً ملحوظاً خلال الفترة الزمنية الممتد من عام 1977م إلى عام 2024م، حيث تناقص طوله (183.120كم)1977م إلى (182.942كم) 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 تحتوى على العديد من الشوق 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 جزءًا من التفاعل الطبيعي بين العناصر الجيولوجية والبحرية، وتتأثر أيضًا 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 174موقعًا، و 168 موقعًا للإرساب، وبلغ إجمالي معدل النحت والإرساب بمنطقة الدراسة(8.393كم)، توزعت بمعدل (1.497كم) للإرساب (6.896كم) للنحت وهو معدل عالٍ ويشير إلى شدة التأثيرات البيئية الطبيعية، مثل: الرياح والتيارات البحرية، بالإضافة إلى تأثير الشقوق والفواصل في الصخور الساحلية والتي تُسهِّل عمليات التأكل، كما يشير معدل الإرساب إلى وجود مناطق هادئة نسبيًا أو محمية، حيث روسبتْ المواد المحمولة بفعل المياه والرياح. خريطة(5)، توضح توزيع هذه المواقع على طول خط الساحل كما تساعد في تحديد المناطق الأكثر عرضة للتأكل 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 والتأكل خط الساحل.

خريطة (5) تغيرات خط الساحل بمنطقة الدراسة.



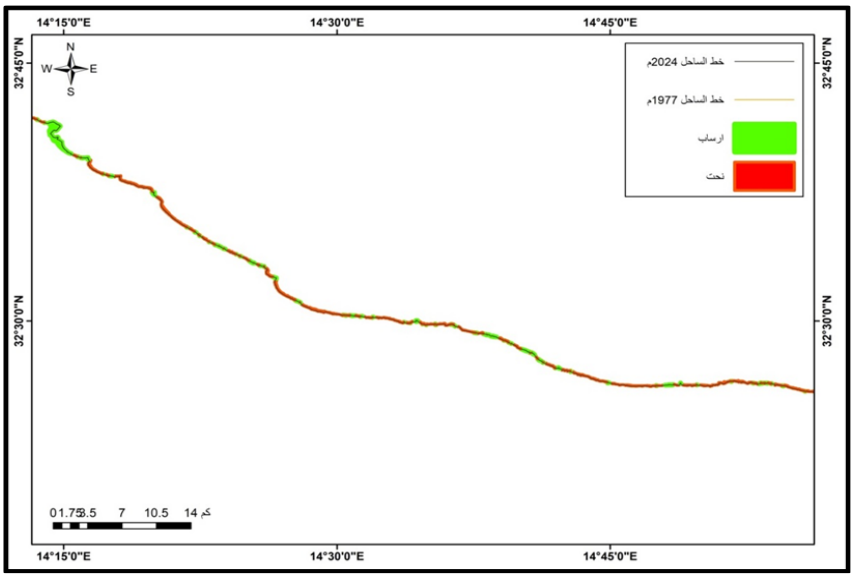
المصدر: المرئية الفضائية Landsat2 لسنة 1977، 1979، 1981م، المرئية الفضائية Landsat3 لسنة 1980، Landsat5 Tm لسنة 1985،1990،1995،2000، المرئية الفضائية Landsat8 ETM لسنة 2014، 2016، 2017، 2021، 2023، 2024م.

- **تغير خط الساحل في النطاق الممتد من مصراتة إلى الخمس.**

بلغ طول خط الساحل للنطاق الممتد من مصراته إلى الخمس في عام 1977م (86.924كم)، بينما بلغ في عام 2024م حوالي (87.729كم) بفارق في الطول (81م/سنة)، وبلغت المساحة الاجمالية للنحت حوالي(3.132كم)، في حين بلغت المساحة الاجمالية للإرساب (1.265كم)، من خلال البيانات السابقة يتضح زيادة معدلات النحت عن الإرساب ؛مما يعكس تعرض الشريط لعوامل التأكل 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 للتأكل(النحت)، كما تسهم الأنشطة البشرية، مثل: تطوير البنية التحتية الساحلية دورًا في تسريع عمليات النحت، من خلال زيادة تعرض السواحل للعوامل البيئية خريطة (6) توضح توزيع مناطق النحت والإرساب، مما يساعد في

تحديد الأماكن التي تحتاج إلى تدخلات لحماية خط الساحل من التدهور المستمر، هذه النتائج تؤكد أهمية تبني الخِطط 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 مصراته 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.

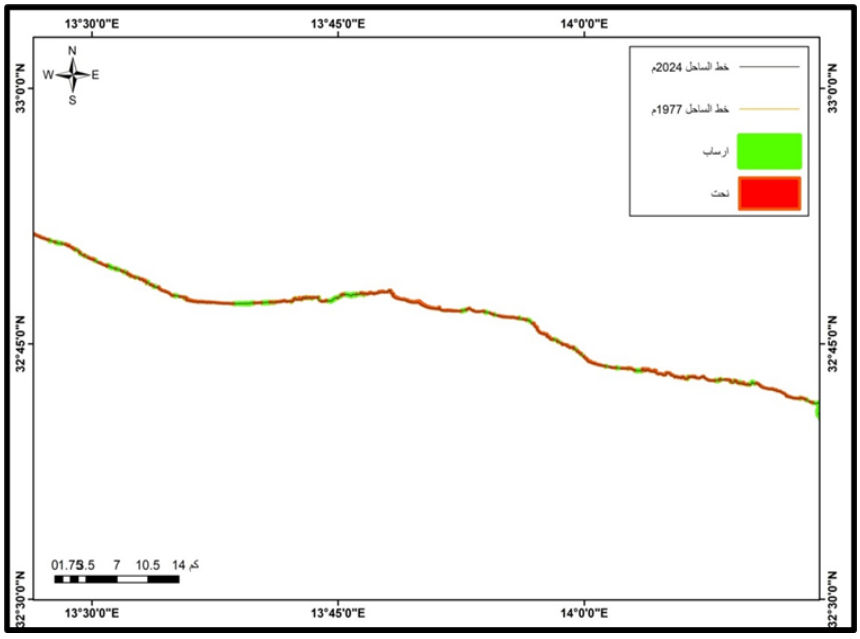
تغيرات الخط الساحل من الخمس إلى طرابلس من 1977–2024م:

شهد النطاق الساحلي الممتد من الخمس إلى طرابلس تغيراً ملحوظًا في خط الساحل خلال الفترة الزمنية من 1977م إلى 2024م، تناقص الطول الإجمالي للساحل من (96.197كم)، 95.213كم بفارق بلغ (0.983-كم) أي بمعدل تغير بُقدّر بحوالي (983م/سنة)، مما يعكس تأثيرًا كبيرًا لعمليات التأكل الساحلي على امتداد هذا النطاق.

كما تشير البيانات إلى أن المساحة الإجمالي للنحت بلغت حوالي(3.764كم)، في حين بلغت المساحة التي تعرضت للإرساب (0.232كم)، هذا التفاوت الكبير بين مساحات النحت والإرساب يدل على أن هذا النطاق يعاني من تفوق واضح لعمليات

التأكل 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 للتأكل، 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 للتأكل، 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- إنَّ 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 كم^2، بينما بلغت المساحة الإجمالية للترسيب نحو 1.27 كم^2، 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 من 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 قاريونس، بنغازي.

- المهدوي، محمد المبروك(1998)، **جغرافية ليبيا البشرية**، منشورات جامعة قاريونس، بنغازي.

- القصراوى، محمد عبدالله اللطيف، (2018)، **تغيرات خط الساحل في منطقة رأس الهلال إلى رأس الحمامة الساحل الليبي" دراسة جيومورفولوجية باستخدام تطبيقات الاستشعار من 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، المجلد4، العدد39، الجزء2.

- الشوشان، إسماعيل الفرجاني، القرمادى، صلاح الدين موسى(2022)، **دراسة لأهم المظاهر الجيومورفولوجية للسواحل البحرية بمناطق (الخمس، كعام، زليتن، 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 البظنان– دراسة في الجيومورلوجيا 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 شـرق ليبيا "دراسة في الجيومورفولوجيا"**، مجلة ليبيا للدراسـات الجغرافيـة، الجمعية الجغرافية الليبية– فرع المنطقة الوسطى، العدد الرابع، يناير.

- عاشـور، محمود محمد، (2009)، **جيـومورفولوجية حـوض صعده في اليمن باستخدام**

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

– عنيبة، عمر امحمد علي، (2007)، **جيومورفولوجية ساحل مصراته فيما بين رأس الهنشير ورأس كارة**، رسالة ماجستير (غير منشورة)، جامعة 7أكتوبر، مصراتة.

– 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).

– تونى، يوسف، (1977)، **المصطلحات الجغرافية**، دار الفكر العربي، القاهرة، مصر.

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

– مصلحة الإحصاء والتعداد، **التقديرات السكان2021م النقاط الخمس**، مصراته، طرابلس.

– الخريطة الجيولوجية لليبيا مقياس رسم1:1,000,000 مركز البحوث الصناعية،1985.

– هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (USGS)، المرئية الفضائية Landsat2 – لسنة 1977، 1979، 1981م، المرئية الفضائية Landsat3 لسنة 1980، Landsat5 Tm لسنة 1985،1990،1995،2000، المريئة الفضائية Landsat8 ETM لسنة 2014، 2016، 2017، 2021، 2023، 2024، نماذج الارتفاعات الرقمية Aster(DEM)لسنة 2011م الدقة المكانية 30 متر.

- Alesheikh, A.A, el 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 pro-tectiamediului 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).