

# تغير خط الشاطئ بين رأس الحكمة ورأس أم الرخم بالساحل الشمالى الغربى لمصر باستخدام الاستشعار عن بعد (RS) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) دراسة جيومورفولوجية

دكتور/ عبدالرازق بسيونى الكومى

مدرس بقسم الجغرافيا

كلية الاداب - جامعة طنطا

## مقدمة:

يعد النطاق الساحلى أكثر مناطق سطح الأرض تعرضاً للتغير الجيومورفولوجى السريع، والذي يمكن ادراكه على مدي زمنى قريب، وذلك نظرا لما يميز هذه المناطق من ضيق أمتدادها مقارنة بغيرها من الاقاليم اليابسة من جانب، ونتيجة لتعدد عوامل التشكيل التى تتناولها بالتعديل والتشكيل بحرية كانت أم قارية أم ريحية.

كما تعد السواحل أكثر المناطق حساسية لتغير مستوي سطح البحر الناتج عن التغيرات المناخية على المستوي العالمى والإقليمي، مما يجعلها عرضة لعمليات الغمر المائى، وتسرب مياه البحر المالحة، فضلاً عن تعرضها للتعرية، وهو ما يعرض الموارد الطبيعية الموجودة فى تلك المناطق إلى التدهور وإعاقة تنميتها، الأمر الذي يتطلب رصد وتحديد خط الشواطئ فى أوقات مختلفة ومتابعة أى تغير يطرأ عليه تقدماً أو تراجعاً فى هذه المناطق.

ويعد الاستشعار عن وسيلة مهمة فى دراسة واكتشاف التغير change detection الذي يصيب سطح الأرض بكل مكوناته Land Cover، لاسيما خط الشاطئ، نتيجة لشدة التباين فى الإنعكاس الكهرومغناطيسى Electromagnetic Reflectance للأشعة تحت الحمراء فى بيئة التقاء اليابس بالماء، ولذلك تم الإعتماد على هذه التقنية فى هذه الدراسة لتقييم التغير الذي طرأ على خط الشاطئ بالساحل الشمالى الغربى لمصر بين رأس الحكمة ورأس أم الرخم.

## منطقة الدراسة

تشمل منطقة الدراسة جزءاً من نطاق السهل الساحلي للبحر المتوسط، تمتد فيما بين رأس الحكمة شرقاً، و رأس أم الرخم غرباً، قاطعة مسافة فعلية لخط الشاطئ على الساحل الشمالي لمصر تبلغ (١٥٥.٦ كم)، فيما لم يتجاوز الطول المستقيم بين طرفي خط الشاطئ في المنطقة (٩٨.٧ كم) فقط، وهو ما يؤشر إلى شدة تعرج خط الشاطئ في المنطقة، حيث بلغت قيمة مؤشر التعرج (١.٥٧)، وهو ما يعنى أن الطول الحقيقي لخط الشاطئ يتجاوز طولة المستقيم بما يقترب من ١.٦ مرة.

يعود هذا التعرج في خط الشاطئ إلى ما يميز الساحل الشمالي الغربي لمصر ولا سيما في منطقة الدراسة، من وجود عدد من النتوءات اليابسة في البحر على هيئة رؤوس بارزة يعقبها خلجان متراجعة في تتابع مستمر من الغرب إلى الشرق، يمثلها في المنطقة خمسة رؤس هي : (أم الرخم، وعلم الروم، والحوالة، زاوية هارون، و رأس الحكمة)، وجدير بالذكر أن هذه التباين الواضح في إتجاه الساحل من عوامل تباين قوة و تأثير التعرية على جانبي هذه الرؤس الأرضية، وما ينتج عن ذلك من معدلات تراجع أو تقدم لخط الشاطئ بها.

يمتد إلى الجنوب من خط الشاطئ نطاق السهل الساحلي للبحر المتوسط الذي يتباين في اتساعه بمنطقة الدراسة من مكان إلى آخر، محددًا بخط كنتور (٤٠م)، الذي تبدأ إلى الجنوب منه مقدمات الحافة الجيرية الميوسينية ( مارماريكا) في الظهور والإرتفاع التدريجي بداية من منسوب (٥٠م).

يأتي هذه التباين في اتساع السهل الساحلي نتيجة لتناوب اقتراب حافة الهضبة الميوسينية وابتعادها عن خط الشاطئ، حيث تقترب منه على إمتداد محاور الرؤوس الأرضية، وتبتعد عنه أمام خلجانها، ففي الطرف الشرقي لمنطقة الدراسة حيث خليج رأس الحكمة يبلغ السهل الساحلي اقصى اتساع له في المنطقة وهو (٨.١ كم)، ثم يبدأ في الضيق التدريجي بالإتجاه غرباً حيث يكاد يختفي أو يختنق عند قرية فوكة على الجانب الشرقي من رأس الحكمة بحيث لا يتجاوز اتساعه (٨٠٠ متر) فقط، ثم يتسع السهل الساحلي بداية من الجانب الغربي لرأس الحكمة ليصل في المتوسط إلى (٢ كم)، ويتسع بعدها أمام

خليج كفر عثمان ليبلغ (٣.١ كم) نتيجة لتراجع حافة الهضبة تدريجياً، حتى يصل إلى (٥.٧ كم) أمام خليج علم الروم إلى الغرب من رأس الحوالة، ويزداد بعدها اتساعاً بين حافة الهضبة ورأس علم الروم أكثر الرؤس بعداً عن الحافة ليبلغ اتساع السهل الساحلي بينهما أكثر من (٧.٨ كم)، ثم يأخذ السهل فى الضيق التدريجي حتى نهاية منطقة الدراسة غرباً بما لا يتجاوز (٢ كم) إلى الغرب مباشرة من رأس أم الرخم، وحيث تقترب حافة الهضبة من خط الشاطئ حتى تكاد تلامسه عند منطقة عجيبة غرب منطقة الدراسة مباشرة.

ولعل أهم الظاهرات الجيومورفولوجية التى تميز السهل الساحلى الشمالى الغربى لمصر عامة، ولا سيما منطقة الدراسة، هى سلاسل تلال الحجر الجيري البتروخي، التى تنتظم فى ثلاثة سلاسل من التلال ( الساحلية - الوسطى - الجنوبية) بارتفاعات لا تتجاوز (٤٠ متراً) فوق مستوي سطح البحر، تمتد موازية لخط الساحل يفصل بينها منخفضات تشغلها المستنقعات حيناً، كما هى الحال إلى الغرب من رأس علم الروم وإلى الشرق من مدينة مرسى مطروح، أو تشغلها التربة الصالحة لزراعة التين والشعير كما هى الحال فى رأس الحكمة شرقاً وغرباً، وشرق علم الروم، وجنوب الحوالة.

وتوجد ظاهرة أخرى غير متكررة الظهور بمنطقة الدراسة تتمثل فى بحيرة مطروح، التى تحتل المنطقة المنخفضة ما بين سلسلة التلال الجيرية الساحلية الشمالية، والسلسلة الوسطى وتتصل مياهها بمياه البحر عن طريق فتحة عبر السلسلة الشمالية من التلال، وإلى الجنوب من هذه البحيرة تقع مدينة مرسى مطروح ومينائها البحرى، وهى بحيرة مزدوجة تنقسم كتلتها المائية إلى كتلتين أو بحيرتين، وكلا البحيرتان مفتوحتان على البحر وعلى بعضهما، الأولى وهى الشرقية ويمتد على سواحلها مصيف مطروح، والغربية انشئ على ساحلها الجنوبي ميناء مطروح الجديدة.

يقع على إمتداد السهل الساحلى العديد من القرى والمحلات العمرانية المحلية التابعة لمحافظة مطروح أهمها قري ومدن: (سيدي موسى، وفوكة، الحكمة، وابوالحجاج، زاوية عاشور، ورأس الكنائس، وزاوية عيلة نواح، وزاوية هارون، والحوالة، والجراولة، بالإضافة إلى مرسى مطروح، وأم الرخم ) وهى محلات عمرانية يسكنها سكان المنطقة المحليين من القبائل التى استوطنت إقليم مريوط أمام مصبات الأودية والمسيلات

التي تقطع واجهة حافة الهضبة واستزرعوا مراوحها الفيضية.

إضافة إلى هذه المراكز العمرانية المحلية الدائمة، ترصع الهامش الشمالى للسهل الساحلى وعلى الشاطئ مباشرة، سلسلة شبه متصلة من القري والمنتجعات السياحية على إمتداد الساحل بمنطقة الدراسة، سواء فوق سلاسل الحجر الجيري البطروخي، أم على إمتداد الشواطئ الرملية وهى الغالبة بالمنطقة.

هذا ويمثل السهل الساحلى منطقة استقبال لتصريف الأودية والمسيلات إلى تقطع واجهة حافة الهضبة الميوسينية فى الجنوب، من المياه والإرسابات وهى أودية غورية عميقة قصيرة الطول تعكس الخصائص المائية والمطرية التى تميز المنطقة، وهى على فقر مياهها ساهمت فى نمو واستقرار بعض التجمعات السكانية التى استزرعت بطون مجاريها، وتمكنت من خزن الكثير من مياهها من خلال السدود التى أنشأتها، وعبر الآبار التى تذخر بها المنطقة، ومن أشهر هذه الأودية والمسيلات، وادي الخروبة جنوب غرب مطروح، ووادي أم الرخم، وام اشطان إلى الشرق من أم الرخم.

#### أهمية الدراسة

تكتسب عملية رصد التغيرات الجيومورفولوجية التى تحدث فى المناطق الساحلية أهمية كبيرة فى خطط التنمية المستدامة وحماية البيئة، حيث يمثل التغير فى مظاهر السطح وما يستتبعه من تغير فى صور استخدام الأرض، عنصراً رئيسياً فى إستراتيجيات التخطيط لإدارة الموارد الطبيعية فى هذه المناطق (66-61 Kumaravel S., 2007, pp.)، ومن بين هذه التغيرات ما يصيب خط الشاطئ من تغير من شأنه التأثير المباشر على التنمية الإقتصادية فى المناطق الساحلية، بسبب عملية تآكل الشواطئ وتراجعها على حساب الملكيات الخاصة والعامة، والطرق، فضلاً عن تدهور التربة فى النطاقات القريبة من السواحل نتيجة لعمليات التعرية التى تصيها أم بسبب تسرب مياه البحر المالحة خلال عناصرها ومكوناتها.

وتعد منطقة الدراسة من أكثف مناطق النشاط السياحي استخداماً وتركزاً فى نطاق الساحل الشمالى الغربى لمصر، كما تعتمد التجمعات البشرية المستقرة فى المنطقة، على

النشاط الزراعي القائم على المطرالشتوي، فى نطاق التربة المتوفر على إمتداد المنخفضات البينية المحصورة بين سلاسل تلال الحجر الجيري، لاسيما فى الأراضى الموجودة إلى الجنوب من السلسلة الساحلية الشمالية التى تعرضت فى كثير من أجزائها إلى التقطع وطغيان مياه البحر عليها سطحياً، أو تسرباً عبر مسام التربة، الأمر الذى يجعل من رصد ومتابعة تغير خط الشاطئ على فترات متباعدة، فى ما مضى، والمدى المتوقع فى المستقبل على المدى القريب والمتوسط، أمراً ضرورياً لوضع خطط الحماية والتكيف والبدائل لما قد ينتج عن هذه التغيرات من أضرار أو هدر للموارد الإقتصادية بالمنطقة.

### وسائل الدراسة و مصادر البيانات

استخدم فى تقييم التغير فى خط الشاطئ بمنطقة الدراسة مجموعة من وسائل البحث الحديثة المرتبطة بمعالجة البيانات المكانية للمريئات الفضائية لمنطقة الدراسة باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد من خلال تطبيقات برنامج ENVI 5.1، وتحليل نتائج معالجة المريئات الفضائية، ونماذج الإرتفاع الرقمي للمنطقة من خلال نظم المعلومات الجغرافية، باستخدام تطبيقات برنامج ArcGIS 10.2.

و فى بيئة العمل ببرنامج ENVI، تم تطبيق مجموعة من التقنيات الخاصة بمعالجة المريئات الفضائية، التى تهدف إلى تهيئة هذه المريئات لاعطاء نتائج أكثر دقة ومصداقية فى تحديد خط الشاطئ فى المنطقة، وتقييم مدى التغير الذى أصابه عبر الفترات التى التقطت فيها هذه المريئات، وقد شملت هذه التقنيات ما يلى : (Band math، Band، ratio، Layer stacking، Band combination، Stretching، Classification، Masking، Supervised & Unsupervised).

وقد تم تطبيق هذه التقنيات على ثلاثة من المريئات الفضائية من نوع Landsat، للمنطقة فى ثلاثة تواريخ مختلفة على خلال الفترة الممتدة ما بين عامي (١٩٨٤-٢٠١٥م)، ويوضح الجدول (١) أهم خصائص هذه المريئات التى اعتمدت عليها هذه الدراسة.

جدول (١) خصائص المرئيات الفضائية المستخدمة في الدراسة

م	تاريخ الحصول على المرئية Acquired Date	المنصة الفضائية / ونوع المستشعر Spacecraft Sensor/	المسار Path	الصف Row	الدقة المكانية Pixel Size	نظام الإحداثيات Coordinate	الشريحة zone
١	١٩٨٤/٩/٩	Landsat_5/TM	١٧٩	٣٨	٣٠	UTM/WGS 84	٣٥
٢	٢٠١٥ /٨/٣٠	Landsat_8/ETM	١٧٩	٣٨	٣٠	UTM/WGS 84	٣٥

المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على بيانات الصور

كما تم الاعتماد على نظم المعلومات الجغرافية من خلال تطبيقات برنامج ArcGIS، في بناء قاعدة بيانات خاصة بنتائج معالجة الصور الفضائية وتصنيفها، لحساب مقدار التغير في الشاطئ، ومساحات المناطق التي تعرضت للنحت أم الارساب على إمتداد الشاطئ، بالإضافة إلى إجراء التحليل الطبوغرافي لنموذج الإرتفاع الرقمي (DEM) للمنطقة من نوع ASTER بدقة ٣٠ متر، والتي شملت إنتاج خريطة الإندارات واتجاهاتها بالإضافة إلى إنتاج الخريطة الكنتورية، وإجراء عملية الترميز Symbology، للملفات الناتجة عن معالجة المرئيات الفضائية، تحليل كشف التغيرات باستخدام برنامج Envi.

#### أهداف الدراسة

يتمثل الهدف الرئيس لهذه الدراسة في كشف وتحديد مقدار تمثيل التغير الذي أصاب خط الشاطئ في المنطقة الساحلية بين رأس الحكمة ورأس أم الرخم بالساحل الشمالي الغربي لمصر، على خريطة رقمية، مع التنبؤ بتغير خط الشاطئ في نهاية القرن الحالي، ويتحقق هذا الهدف العام من خلال الأهداف الفرعية الآتية :

١. الضوابط الجيومورفولوجية لتغير خط الشاطئ في منطقة الدراسة.

٢. تقنيات رصد التغير فى خط الشاطئ بين رأس الحكمة ورأس أم الرخم.

٣. تقدير التغير فى خط الشاطئ بين عامى ١٩٨٤، و٢٠١٥ م.

وفىما يلى دراسة هذه الاهداف بالتفصيل :

### أولاً : الضوابط الجيومورفولوجية لتغير خط الشاطئ بمنطقة الدراسة

يتاثر تغير خط الشاطئ فى المنطقة الممتدة فيما بين رأس الحكمة ورأس أم الرخم، بمجموعة من المقومات التى تساعد وتحفز هذا التغير، يرتبط بعضها بطبيعة الساحل وخصائصه العامة، والبعض الآخر يرتبط بعمليات التعرية البحرية فى المنطقة، بالإضافة إلى التغير الحادث فى مستوي سطح البحر نتيجة للتغيرات المناخية، وفىما يلى دراسة لكل من هذه المقومات كل على حده :

### دور طبيعة الساحل وخصائصه فى تغير خط الشاطئ

وتشمل هذه المجموعة من المقومات كل من شكل خط الساحل (استقامة وتعرجاً)، ومدى تضرسة (ارتفاعاً وانخفاضاً)، ودرجة انحداره (شديدة أم هينة)، بالإضافة إلى الخصائص الجيولوجية تركيبياً وبنية.

### ١. شكل خط الساحل

يتميز خط الشاطئ فى منطقة الدراسة بالتعرج الشديد وبعده عن الاستقامة، على المستوي العام والتفصيلي، فعلى المستوي العام سبقت الإشارة إلى وجود خمسة رؤوس أرضية بارزة، داخل مياه البحر، بمتوسط مسافة بروز داخل مياة البحر بلغت (٤.٥٥ كم)، بينما يتراوح مدي بروزها على مستوي كل الرؤوس بالمنطقة، ما بين (٨.٥٦ كم) لرأس علم الروم، و(١.٧٤ كم) لرأس أم الرخم، وعلى المستوي التفصيلي على إمتداد خط الشاطئ على جوانب بعض الرؤوس الأرضية تتركز مجموعات من المسننات الساحلية الصغيرة تفصل فيما بينها مجموعة من الخلجات الصغيرة غير المتعمقة بدرجة كبيرة فى اليابس المجاور، وتتركز هذه المسننات الصخرية على الجانب الشمالى من رأس أم الرخم، وعلم الروم، والحوالة، وعلى جانبي رأس الحكمة الشرقى والغربى.

بالإضافة إلى وجود هذه الرؤوس والمسننات توجد بحيرة مطروح في المنطقة المحصورة ما بين رأس علم الروم، و رأس أم الرخم كتداخل مائي طولي محصور بين جيومورفولوجياً بين سلستي تلال الحجر الجيري البطروخي في المنطقة، وتتصل بالبحر من خلال فتحة ناتجة عن تاكل جزء من السلسلة الساحلية بفعل لتعرية البحرية.

وقد انعكس وجود هذه الرؤوس الأرضية، والمسننات الصخرية على إمتداد الشاطئ بالإضافة إلى وجود بحيرة مريوط الشرقية والغربية، على زيادة الطول الفعلي لخط الساحل شديد التعرج بمنطقة الدراسة، مقارنة بالمسافة المستقيمة بين طرفي الشاطئ بالمنطقة، حيث بلغ طول كل منهما (١٥٥.٦، ٩٨.٧ كم ) على الترتيب، ويمكن الحصول على معدل تعرج خط الشاطئ من خلال قسمة الطول الفعلي على الطول المستقيم، وقد بلغ هذه المعدل (١.٦)، مما يعنى أن طول الشاطئ الحقيقي يزيد عن الطول المستقيم بأكثر من مرة ونصف.

جدول (٢) المسافة البروز للرؤوس الأرضية بمنطقة الدراسة<sup>١</sup>

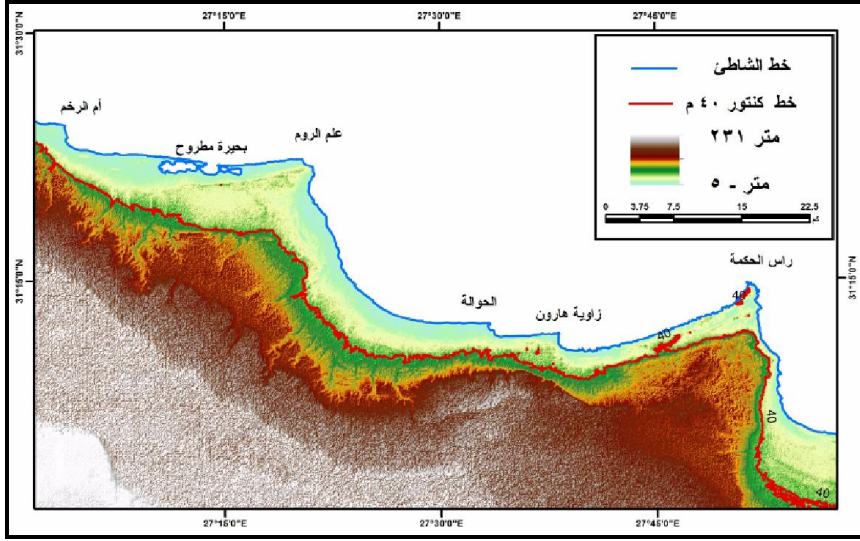
م	الرأس الأرضي	البروز / كم
١	أم الرخم	١.٧٤
٢	علم الروم	٨.٥٦
٣	الحوالة	٣.١٤
٤	زاوية هارون	٣.٧٩
٥	رأس الحكمة	٥.٥٥
٦	المتوسط	٤.٥٦

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على قياسات من المرئية Landsat 8 بواسطة برنامج

ArcGIS

<sup>1</sup> ( تم حساب مسافة البروز بقياس المسافة المستقيمة ما بين قمة الرأس وخط كنتور (٤٠متر) الحد الجنوبي للساحل في المنطقة





شكل (١) نموذج الإرتفاع الرقمي موضعاً عليه خط الشاطئ وكنطور ٤٠متر.

يتمثل الدور الجيومورفولوجي لتعرج الساحل وتسننه في عملية تحفيز تغير خط الشاطئ في التأثير المباشر على توجيه خط الساحل، وتحديد مدي تعامد عمليات التعرية البحرية عليه، وهو ما يؤثر في قدرة هذه العمليات على النحت وتراجع خط الساحل، لتعامدها بينها على خط الشاطئ، كما هي الحال في الأمواج الهدامة وتيارات المد والجزر، بينما تضعف قدرتها على النحت ويزداد دورها كعامل إرساب حيثما تلتقي مع خط الشاطئ بزواوية مائلة أو موازية له، كما هي الحال مع التيارات البحرية خاصة ما يعرف بتيار الدفع الطولى الموازي لخط الشاطئ.

وقد اتضح ذلك جلياً من خلال الدراسة الميدانية حيث مثلت المناطق الشمالية والغربية من الرؤوس الأرضية بالمنطقة مناطق نحت نتيجة تعامدها مع الأمواج البحرية، فتركزت على هذه الجوانب ظاهرات النحت البحري التي يصاحبها تراجع الواجهات الصخرية المطلة عليها، بالإضافة إلى وجود أرصفة قطع الموج أسفل الكثير من الجروف الساحلية النشطة لاسيما على شواطئ رأس الحكمة، و علم الروم وأم الرخم، وهو ما يهيئ لتراجع أسرع لهذه الأجزاء من خط الشاطئ، على عكس الشواطئ التي تمتد عبر الخلجان الواقعة إلى الشرق من كل رأس أرضي، حيث تلتقى الأمواج بها بزوايا قائمة تضعف قدرتها على النحت، ويتفوق دورها في الإرساب.

## ٢. الخصائص الجيولوجية

تؤدي الخصائص الجيولوجية للنطاق الساحلي، دوراً مهماً في استجابة خط الشاطئ لعمليات التعرية، وما ينتج عنها من تغير نتيجة لتباين قوة عمليتي النحت والإرساب على إمتداد خط الشاطئ، حيث يضعف تأثير عوامل التعرية البحرية كلما اشتدت صلابة الصخور المكونة للنطاق الساحلي وقلت نسبة ما تحتويها من عيوب بنيوية (الفواصل)، بينما يعظم فعل التعرية البحرية في الصخور اللينة والهشة (جودة حسنين جودة، ١٩٩٨، ص ٢٩١).

وتتمثل الخصائص الجيولوجية المؤثرة في تغير خط الشاطئ في كل من التكوين الصخري من ناحية، والخصائص التكتونية من ناحية أخرى، وفيما يلي عرض لكل منهما بمنطقة الدراسة :

## أ- التكوين الصخري :

يتكون نطاق السهل الساحلي والظهير التضاريسي له في منطقة الدراسة، من عدت وحدات صخرية، تنتمي جيولوجياً إلى الزمنين الثالث والرابع الجيولوجيين، بداية من عصر الميوسين وحتى الهولوسين وفيما يلي عرض لهذه الوحدات من الأقدم إلى الأحدث :

**تكوينات الزمن الثالث :** تنتمي هذه الصخور إلى عصري الميوسين (المبكر والأوسط) البلايوسين، وتنقسم في المنطقة إلى ثلاث وحدات رئيسية هي : تكوين مغرة، وتكوين مارماريكا، والحجيف، ويبلغ إجمالي مساحة تكوينات الزمن الثالث (١٦٤٥.٨ كم<sup>٢</sup>)، تمثل ما نسبته (٥٤.٩%) من إجمالي مساحة منطقة الدراسة.

(١) **تكوينات الميوسين :** وهي أقدم التكوينات الصخرية في منطقة الدراسة، وتكون تضاريسياً هضبة مارماريكا جنوبي المنطقة، التي تشرف على السهل الساحلي من إرتفاع يتراوح ما بين (٤٠ - ١٢٠ متر)، ويبلغ مساحة تكوينات عصر الميوسين في المنطقة (٢م<sup>٢</sup> ٩٩٧.٣) بما يوازي (٣٣.٣%) من جملة مساحة المنطقة، وتنقسم إلى وحدتين رئيسيتين :

## - تكوين مغرة Moghra formation :

يمثل أقدم الوحدات الصخرية وأقلها مساحة في منطقة الدراسة، و يمتد أسفل الوحدات الأحدث، وينتمي هذا التكوين إلى الميوسين الأسفل، ويقنصر توزيعه الجغرافي على

تغير خط الشاطئ بين رأس الحكمة ورأس أم الرخم بالساحل الشمالي الغربي لمصر د. عبدالرازق بسيوني الكومي

السطح لدى الجروف الساحلية على الجانب الغربي من رأس الحكمة، بالإضافة إلى بعض الأماكن على الجانب الشرقي لرأس علم الروم، ويمثل سمكه حوالي (٤٠%) من اجمالي سمك الطبقات الصخرية بالمنطقة (Ezz El Deen et al,1978,p35).

ويضم هذا التكوين ليثولوجيا عدد من تتابعات الحجر الرملي الناعم والخشن المختلط بالحفريات العضوية، مع تداخلات من الحجر الجيري وراقات من الطفل والغرين، بالإضافة إلى الدولوميت (، ويقدر السمك الراسي لهذا التكوين بنحو ٧٥٣ متراً Ezz El Deen et al,1978,p36)

### - تكوين مارماريكا **Marmarica Formation**:

ينتمي هذه التكوين إلى عصر الميوسين الأوسط، ويعلو مباشرة تكوين المغرة بسمك قدره الشاذلي بحوالي ٦٠٠ متراً (Elshazly,1968,p.61)، وينقسم هذا التكوين إلى وحدتين رئيسيتين : الأولى: وهي السفلى وتتكون من الصلصال والطفل الرملي والحجر الجيري الغني بمحتواه الحفري، والثانية وهي العليا وتتألف كلياً من الحجر الجيري.

ويعد هذه التكوين أكثر التكوينات مساحة بمنطقة الدراسة ويتركز توزيعه في الجزء الجنوبي والجنوبي الغربي من المنطقة، ويشكل غالبية سطح هضبة مارماريكا الميوسينية التي تمتد غرباً حتى الحدود مع ليبيا.

### (٢) تكوينات البلايوسين :

تمثل في منطقة الدراسة بتكوين واحد فقط هو تكوين الحجيف **El-Hagif Formation**، والذي يتباين سمك مكوناته من مكان لآخر ما بين (١ - ١٧) متراً إلى الجنوب الشرقي من رأس الحكمة (Hammad,1986,p.32)، في مساحة بلغت (٢٦٤٨.٥ كم<sup>٢</sup>) تمثل (٢١.٦%) من اجمالي مساحة المنطقة، وقد رصد الشاذلي ( El Shazely,1964,p.97) طبقتين تنتميان إلى عصر البلايوسين: الأولى وهي السفلى تتألف من الرمل والحير وكثير من الحفريات البحرية الأصل مما يدل على أنها أرسبت في بيئة بحرية ضحلة ويقدر سمكها بنحو ١٧ متر (ElShazely, 1964, p.97)، أما الطبقة الثانية وهي العليا فيبدو من خصائصها أنها أرسبت في بيئة بحرية أعمق، حيث تتألف من

كربونات الكالسيوم والرمل والأصداف ويقدر سمك هذه الطبقة بحوالي ٢٦ متر ( El (Senussi,1968,p.33).

### تكوينات الزمن الرابع :

هي أحدث الإرسابات السطحية الموجودة بمنطقة الدراسة، ويغلب عليها التكوينات الجيرية، والرملية المختلطة بالحفريات البحرية، ويمكن التمييز بين مكونات عصري الزمن الرابع البلايوسين والهولوسين، حيث تتميز إرسابات البلايوسين بالتماسك والقدم، بينما تتميز إرسابات الهولوسين بالتفكك، وتعدد عوامل إرسابها ما بين عوامل برية وبحرية، وتشغل تكوينات الزمن الرابع مساحة قدرت بحوالي (٢ كم<sup>٢</sup> ١٣٥٢.٥) تمثل (٤٥.١%) من جملة مساحة المنطقة.

### (١) تكوينات عصر البلايوسين :

هي مجموعة من إرسابات الحجر الجيري المتباين في تكوينه الكيميائي، وتكاد تمتد بلا انقطاع على إمتداد خط الشاطئ من الشرق إلى الغرب، وبمتوسط سمك بلغ (٣٦ متر) وقد إرتبط ظهور هذه التكوينات بالذبذبات الأيوستاتية التي أصاب البحار إبان العصر المطير (البلايوسين)، وظهورها مع انحسار مياه البحر (Hammad,1986,pp.29-42)، وتغطي هذه التكوينات (٢ كم<sup>٢</sup> ٦٧٣.٦) بما يوازي (٢٢.٥%) من مساحة المنطقة، وتنقسم هذه التكوينات إلى ثلاثة مجموعات فرعية لكل منها خصائصها المميزة :

- **تكوين الحجر الجيري الوردي** : يتميز بالون الأبيض الضارب إلى الوردي نتيجة لعملية الأكسدة التي تعرض لها، ويتميز بتوسط صلابته، ويغلب على هذه الصخور عناصر كربونات الصوديوم والكالسيوم والمغنسيوم بنسب متفاوتة حسب أماكن توزيعها بمنطقة رأس الحكمة ومطروح (Elasmar, 1992, p.34) ، ويحتوي الحجر الجيري الوردي على بعض أنواع الحفريات مثل (هيلكس، وفورامينيفيرا Helix & Foraminifera) مما يدل على إرسابها في بيئة شاطئية ضحلة، ويقدر سمك هذا التكوين بنحو (٢٦ متر) غرب مرسي مطروح بمنطقة أم الرخم، بينما يتراوح السمك بين (٤-٦) متر في وادي المدور وأم اشطان (Hammad,1966,p.8).

جدول (٣) نتائج التحليل الكيمايى لصخور الحجر الجيرى الوردى فى منطقتى رأس الحكمة ومطروح

م	الموقع	كربونات الكالسيوم % (CACO3)	كربونات المغنسيوم % (MGCO3)	أكسيد الروتيل % (RO2)	كربونات الصوديوم % (NACO3)
١	رأس الحكمة	٤٥.٥	١١.٠	١.٠	٤٢.٥
٢	مطروح	٤٨.٠	٥.٦	٤.٢	٤١.١

(Hammad, 1972, pp.33)

- **تكوين الحجر الجيرى الصدفى** : ويعرف أيضاً بالحجر الجيرى الكارديومى نظراً لاحتوائه على حفريات الكارديوم البحرية، ويتكون من حبيبات الجير المختلفة بالأصداف البحرية، يوجد هذا التكوين من الحجر الجيرى على ارتفاع يتراوح ما بين (٢٠-٣٠) متراً، عند حضيض الهضبة الميوسينية، قبالة منطقة أم الرخم بسمك يزيد قليلاً عن ٥ متر، (Hammad,1966,pp.73).

- **تكوين الحجر الجيرى البطروخى ( البويضى )**: وهو مادة تكوين سلاسل التلال الممتدة بموزة الشاطئى التى يختلف عددها احياناً بحسب اتساع السهل الساحلى فى المنطقة إلا أنها تنتظم بعامه فى ثلاث سلاسل رئيسية هى : السلسلة الساحلية وهى الأحدث ويتميز الحجر الجيرى بها بنصاعة لونة الابيض، ثم كل من السلسلة الوسطى والجنوبية، اللتان يميل لون الحجر الجيرى فيهما إلى اللون البنى والرمادى متأثراً بعمليات التجوية، ويتألف الحجر الجيرى البطروخى من حبيبات من كربونات الكالسيوم مختلطة ببقايا الأصداف والقواطع، وتتماسك تلك المكونات بمادة كلسية لاحمة، ويصل سمك هذا التكوين فى بعض الأماكن ( علم الروم ) إلى حوالى ٥٠ متر. (Hammad,1972,pp.49)

## (٢) تكوينات عصر الهولوسين

تشمل كل الإرسابات السطحية الحديثة التى تغطي كل الوحدات الصخرية الأقدم فى منطقة الدراسة، وهى رواسب متباينة الأصل والتكوين والنشأة، وقد ارتبطت فى إرسابها بضوابط محلية، فهى تشمل الإرسابات الفيضية Alluvial Deposits، التى أرسبتها الأودية والشعاب المنحدرة من الهضبة بإتجاه السهل الساحلى بالمنطقة، مع الرواسب الهوائية Aeolian Deposits المشكلة للكثبان الرملية والبنالك، والرواسب الساحلية Coastal Deposits، المشكلة للشواطئ، وأخيراً إرسابات السبخات فى

المنخفضات الممتدة بين تلال الحجر الجيري، والأراضي المنخفضة بالقرب من خط الشاطئ إلى الشرق والغرب من مدينة مرسي مطروح، وقد بلغت المساحة الاجمالية التي تغطيها هذه الإرسابات (٦٧٨.٩ كم<sup>٢</sup>) تمثل (٢٢.٦%) من إجمالي مساحة منطقة الدراسة ككل.

#### جدول (٤) التوزيع المساحي والنسبي للوحدات الجيولوجية في منطقة الدراسة

الزمن	العصر	التكوين	المساحة كم <sup>٢</sup> /	% من المساحة	
الرابع	الهولوسين	رواسب فيضية + رواسب هوائية + رواسب ساحلية + إرسابات السبخات	٦٧٨.٩	٢٢.٦	
		البلايوسين	حجر جيري بطروخي	٦٧٣.٦	٢٢.٥
			حجر جيري صدفى		
حجر جيري وردي					
الثالث	البلايوسين	الحجيف	٦٤٨.٥	٢١.٦	
		الميوسين	مارماريكا	٩٩٧.٣	٣٣.٣
			المغرة	-	-
الإجمالي	-	-	٢٩٩٨.٣	١٠٠	

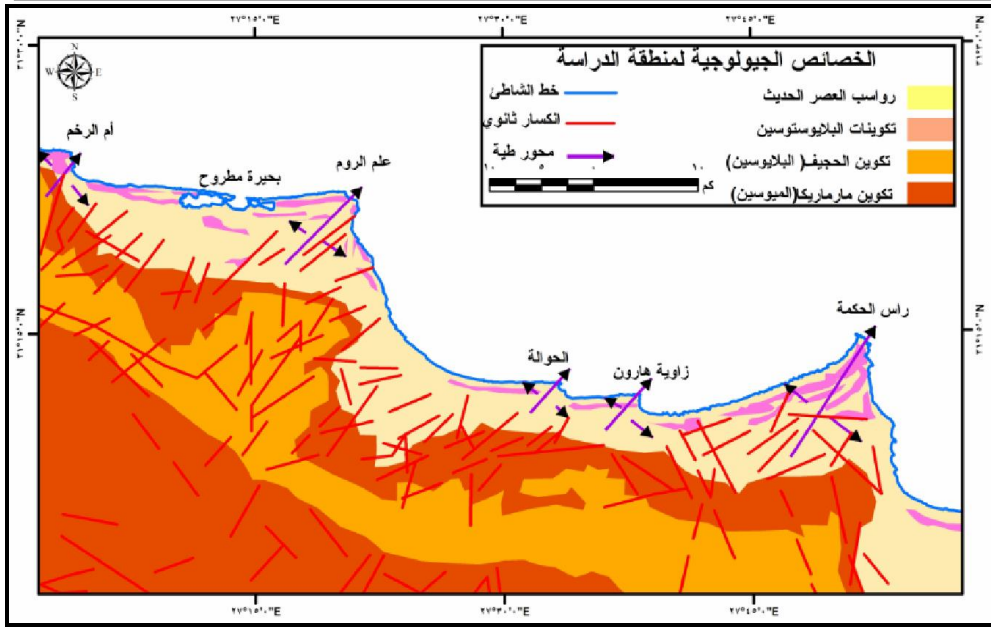
المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على قياسات من الخريطة الجيولوجية

مقياس ١ : ٥٠٠٠٠٠٠، لوحة الاسكندرية، باستخدام برنامج ArcGIS 10.2

#### ب- البنية الجيولوجية

يتميز إقليم الساحل الشمالى الغربى فى مصر ولا سيما منطقة الدراسة بالتوازن والإستقرار التكتونى، مقارنة بغيره من الأقاليم المصرية كالدلتا على سبيل المثال، وهوما انعكس بشكل كبير على الخصائص البنيوية للتكوينات الصخرية فى المنطقة، حيث تميل كل طبقاتها الصخرية إلى الشمال بمقدار يتراوح ما بين (٢-٧)° فى المتوسط (Said,1990,p.31)، وقد تعرضت هذه الطبقات الصخرية إلى حركات الطي والإنكسار نتيجة لحركات الرفع التى حدثت أواخر عصر الميوسين الأعلى، أى بعد ما أرسبت طبقات الحجر الجيري والصلصال المكونة للهضبة الميوسينية ( مارماريكا) خلال الميوسين الأوسط، وفيما يلى عرض لأهم الظواهر البنيوية الموجودة فى المنطقة :

تغير خط الشاطئ بين رأس الحكمة ورأس أم الرخم بالساحل الشمالي الغربي لمصر د. عبدالرازق بسيوني الكومي



شكل (٢) التكوينات الجيولوجية والظواهر البنيوية في المنطقة ما بين رأس الحكمة وأم الرخم

المصدر: من عمل الباحث، اعتماداً على الخريطة الجيولوجية مقياس ١: ٥٠٠٠٠٠٠، لوحة الإسكندرية، الهيئة المصرية العامة للبتروال ١٩٨٦، باستخدام برنامج ArcGIS10.2.

#### (١) الطيات :

تحتوي منطقة الدراسة على عدد من الطيات التي تنتمي إلى فئة التراكيب المحلية local Structures، من النوع أحادي الميل Monoclines، تتفق محاورها مع محاور إمتداد الروؤس الأرضية الرئيسية في المنطقة (رأس الحكمة، ورأس على الروم، ورأس أم الرخم) يتوازي معها عدد من الطيات المقعرة، تقع على إمتداد محاورها خلعان هذه الروؤس على الترتيب.

بالإضافة إلى بعض الطيات الثانوية التي تقع متفقة مع محاور الروؤس الأرضية الصغيرة كراس أبوحشيفة ورأس الحوالة فيما بين رأس الحكمة وعلم الروم، وتتخذ محاور جميع هذه الطيات الإتجاه الشمالي الشرقي، وتتمثل الطيات المقعرة في المنطقة في كل من خليج رأس الحكمة، وخليج علم الروم، وبالإضافة إلى محاور أودية الخروية الرمل جنوب غرب مرسي مطروح (Elshazly, 1964, pp.29–35).

#### (٢) الصدوع والفواصل

تنقسم الصدوع في منطقة الدراسة وما حولها إلى نوعين رئيسيين : الأول يتمثل في الصدوع الرئيسية أو العميقة التي أصابت صخور الهضبة الميوسينية الأقدم والأكثر صلابة،

وهي ذات إتجاه عام شرق الشمال الشرقي، وهي من النوع المتوازي الذي يظهر الهضبة بهيئة اقرب إلى الشكل المصطبي، لاسيما في النطاق الممتد ما بين أم الرخم وسيدي براني ( خارج منطقة الدراسة)، ولذلك فإن تأثيرها الجيومورفولوجي في المنطقة غير محسوس، أما النوع الثاني من الصدوع وهو الصدوع الثانوية (السطحية) فهو الأكثر إنتشاراً داخل منطقة الدراسة وتنبين في اتجاهاتها، وتعد الأكثر تأثيراً على الوحدات الجيومورفولوجية بالمنطقة

أما الفواصل فيشيع وجودها في كل الوحدات الصخرية الجيرية بمختلف أنواعها، لاسيما الحجر الجيري البطروخي في سلاسل التلال البلايوستوسينية، وتدين هذه الفواصل في نشأتها إلى تأثيرها بمحاور وامتدادات الإنكسارات الثانوية، وكذلك محاور الطيات، بالإضافة إلى تأثير عمليات التجوية الميكانيكية على واجهات الكتل الصخرية، وتؤدي هذه الفواصل دوراً مهماً في معدلات النحت البحري للصخور المتاخمة لخط الشاطئ، باعتبارها مسرحاً مناسباً للفعل الهيدروليكي والنحت الكيميائي لواجهات الصخور من خلال توغل كتل مياه البحر خلال تلك شقوق والفواصل.

### ٣. تضاريس الساحل

يلعب الظهير التضاريسي لخط الشاطئ والجروف التي تكتنفه دوراً مؤثراً في معدل تغيره، حيث تتميز الجروف الساحلية الأكثر ارتفاعاً، بمعدلات تآكل وتراجع نحو اليابس ابطاً من نظيراتها الاقل في الإرتفاع، في حالة ما تساوت وتماتلت معدلات التعرية وتجانس التركيب الصخري للسواحل (جودة حسنين جودة ١٩٩٨، ص ٢٩٥)، حيث إن مقدار ما ينهار من مفتتات صخرية نتيجة التعرية البحرية في حالة الجروف الساحلية المرتفعة يكون أضخم من مثيله في حالة الجروف المنخفضة، الأمر الذي يجعل حضيض الجروف المرتفعة محمياً من فعل النحت الهيدروليكي والكيميائي لمياه البحر لأكثر وقت ممكن، قبل أن يتم تحويله إلى فتات أدق، يسهل نقله بعد ذلك، بعكس الفتات الذي ينتج عن تآكل حضيض الجروف المنخفضة، حيث قلة الحجم وسرعة النقل، مما يسمح بزيادة معدل تراجعها بعكس الجروف المرتفعة.

وقد تم التعرف على خصائص الظهير التضاريسي لخط الشاطئ في المنطقة بين رأس الحكمة وأم الرخم من خلال، إنشاء عدد من القطاعات التضاريسية تمتد محاورها بين خط كنتور (٤٠ متر) فوق سطح البحر باعتباره الحد الجنوبي للسهل الساحلي للبحر المتوسط بمنطقة الدراسة، وبين خط الشاطئ الحالي، وقد انشئت هذه القطاعات من خلال نموذج الإرتفاع الرقمي للسهل الساحلي بالمنطقة، الموضح بالشكل (٣) والذي يشمل مواقع ومحاور هذه القطاعات، ويوضح الجدول (٥) أهم الخصائص الهندسية لهذه القطاعات وتوزيعها الجغرافي على السهل الساحلي.



ومن خلال الجدول والشكل يمكن استنتاج الآتي :

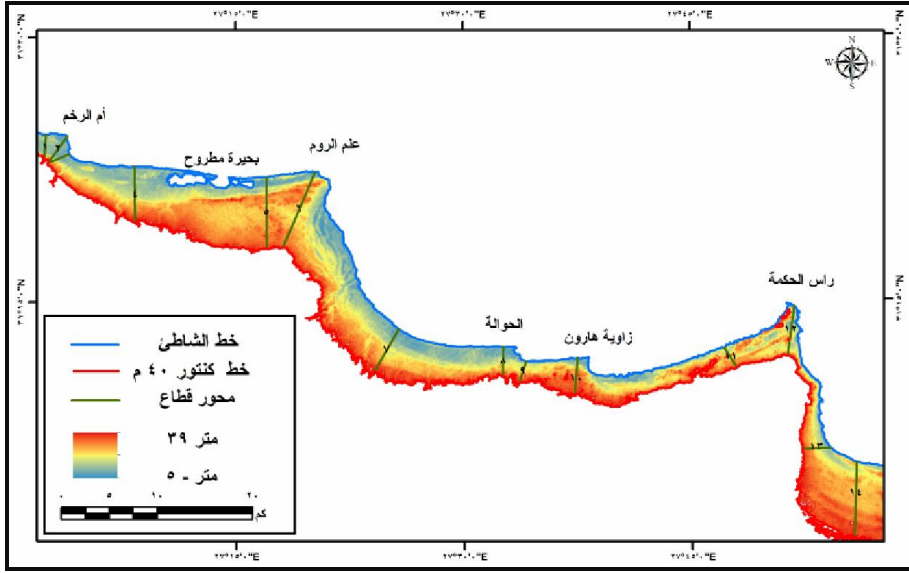
- بلغ المتوسط العام لأطوال محاور هذه القطاعات، والذي يمثل اتساع السهل الساحلي في المنطقة (٤.٩ كم)، بينما تتراوح بين (٢.٤ كم) بين حضيض الحافة الجيرية وخط الشاطئ على خليج أم الرخم، و (٨.١ كم) مع خط الشاطئ على خليج رأس الحكمة، وهذا يتفق مع السمة العامة للسهل الساحلي للبحر المتوسط التي تميل إلى الضيق بين الهضبة والبحر بالإتجاه إلى الغرب.
- بلغ المتوسط العام لتضرس القطاعات بين أعلى منسوب ( عند حضيض الهضبة) وأقل منسوب ( نقطة التقاء القطاع مع مياه البحر) ٣٧.٧ متراً، وتراوح على مستوي القطاعات ما بين ( ٣٠ متراً فقط ) للقطاع إلى شرق مرسى مطروح، و (٤٣ متراً) للقطاع إلى شرق رأس الحكمة.

جدول (٥) الخصائص الهندسية للقطاعات التضاريسية بالمنطقة

رقم القطاع	مكانه	طول القطاع	أعلى منسوب	أدنى منسوب	التضرس المحلي	ملاحظات
١	غرب أم الرخم	٢.٩	٤٠.٠	٠.٠	٤٠.٠	شاطئ رملي
٢	رأس أم الرخم	٣.٥	٣٥.٠	٠.٠	٣٥.٠	شاطئ رملي
٣	خليج أم الرخم	٢.٤	٣٣.٠	٠.٠	٣٣.٠	شاطئ رملي
٤	غرب مطروح	٥.٩	٤٠.٠	٠.٠	٤٠.٠	شاطئ صخري
٥	شرق مطروح	٧.٥	٣٥.٠	٥.٠	٣٠.٠	جرف صخري
٦	رأس علم الروم	٨.٧	٤٥.٠	٥.٠	٤٠.٠	جرف صخري
٧	خليج علم الروم	٥.٢	٤٠.٠	٢.٠	٣٨.٠	جرف صخري
٨	غرب الحوالة	٣.٢	٤٠.٠	٠.٠	٤٠.٠	شاطئ رملي
٩	خليج الحوالة	٣.٤	٣٥.٠	٠.٠	٣٥.٠	شاطئ صخري
١٠	راس هارون (حشافة)	٤.٠	٤٢.٠	٣.٠	٣٨.٠	جرف صخري
١١	غرب رأس الحكمة	٢.٥	٣٥.٠	٠.٠	٣٥.٠	جرف صخري
١٢	راس الحكمة	٥.٢	٤٠.٠	٣.٠	٣٧.٠	جرف صخري
١٣	شرق رأس الحكمة	٣.١	٤٨.٠	٥.٠	٤٣.٠	جرف صخري
١٤	خليج الحكمة	٨.١	٤٠.٠	٤.٠	٣٦.٠	جرف صخري
-	المتوسط	٤.٩	٣٩.٠	٢.٠	٣٧.٧	-

المصدر: الجدول من عمل الباحث اعتماداً على قياسات من (DEM) باستخدام برنامج ArcGIS10.2

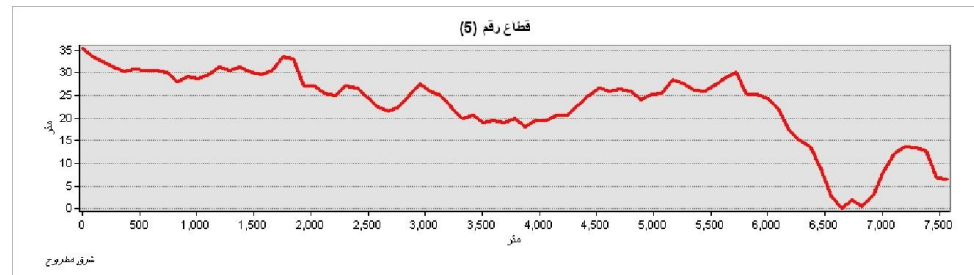
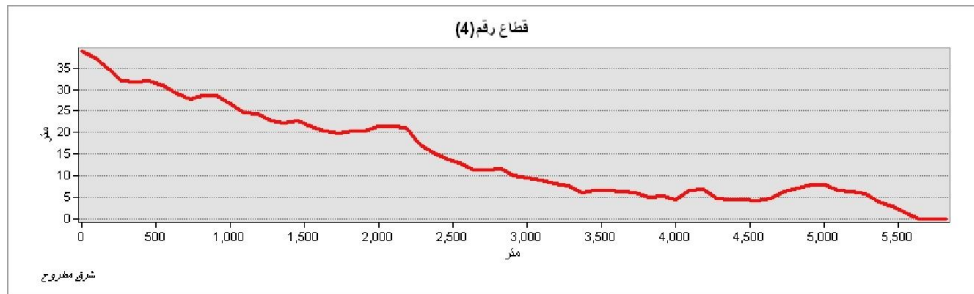
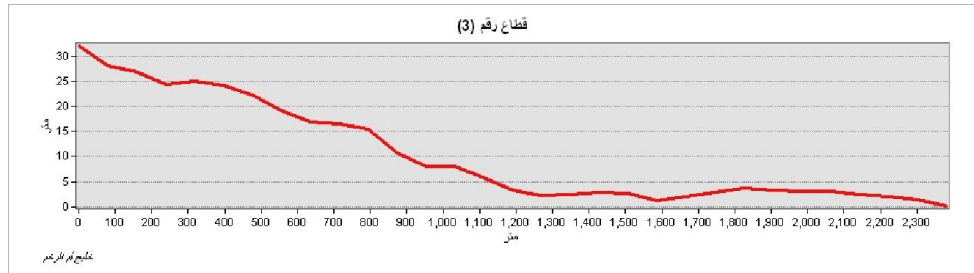
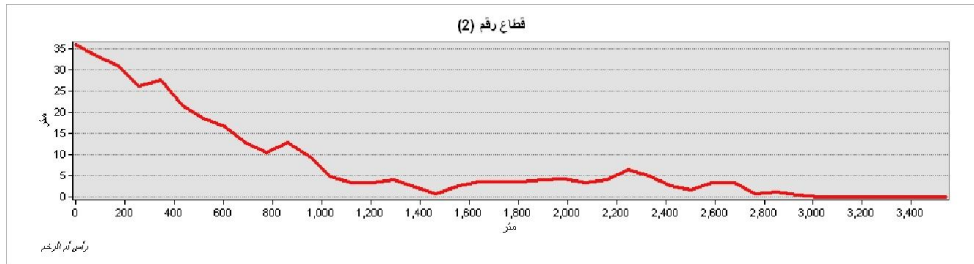
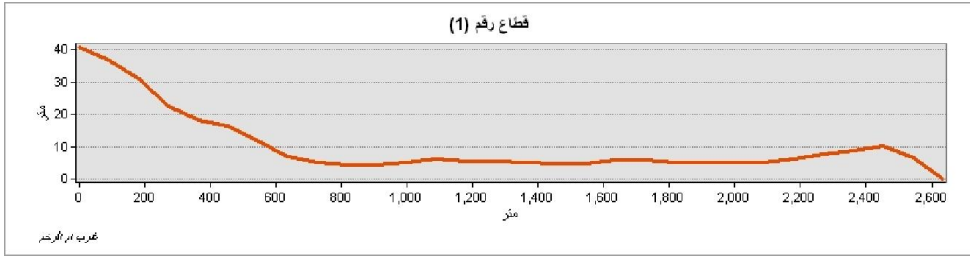
- تظهر خطوط القطاعات الممثلة لسطح الساحل وجود تموجات سطحية واضحة تمثل امتدادات سلاسل متتابعة لتلال الحجر الجيري الحبيبي (البطروخي)، تمتد بموازاة خط الشاطئ، وتزداد وضوحاً بما تحصره بينها من منخفضات طولية، على القطاعات التي تمتد محاورها بين حضيض الهضبة وخط الشاطئ في مناطق الرؤوس الأرضية لخمس في المنطقة، إلا أنها تزداد تركزاً على رؤوس أم الرخم، وعلم الروم في المنطقة بين بحيرة مطروح وقمة الرأس، وعلى رأس أبو حشيفة (زاوية هارون)، و رأس الحكمة من اتجاهاتها الثلاث الشمالية والشرقية والغربية.
- تشير هذه القطاعات التضاريسية إلى وجود ثلاث سلاسل رئيسية من هذه التلال، تشرف السلسلة الأولى منها (وهي الشمالية) مباشرة على خط الشاطئ في كثير من المناطق، وبعض هذه السلاسل لا سيما السلسلة الوسطى والجنوبية، تنقسم جزئياً إلى أكثر من سلسلة، بين كل منها منخفضات ضحلة نسبياً، أقل عمقا من المنخفضات التي تفصل بين السلاسل الرئيسية.
- وتكتسب السلسلة الساحلية من تلال الحجر الجيري أهمية كبرى في تحديد معدل التغير والتراجع لخط الساحل في المناطق التي تشرف فيها على مياه البحر مباشرة، من مناسيب تتراوح ما بين (٥، ١٠، ١٥، ٢٠، ٣٠ متر) كما هي الحال في رأس علم الروم، غرب مطروح، وشرق مطروح، و رأس الحكمة، وأبو حشيفة على الترتيب مشكلة لأكثر مناطق النقاء الساحل بالبحر انحداراً وارتفاعاً.



شكل (٣) تضاريس السهل الساحليين رأس الحكمة وأم الرخم

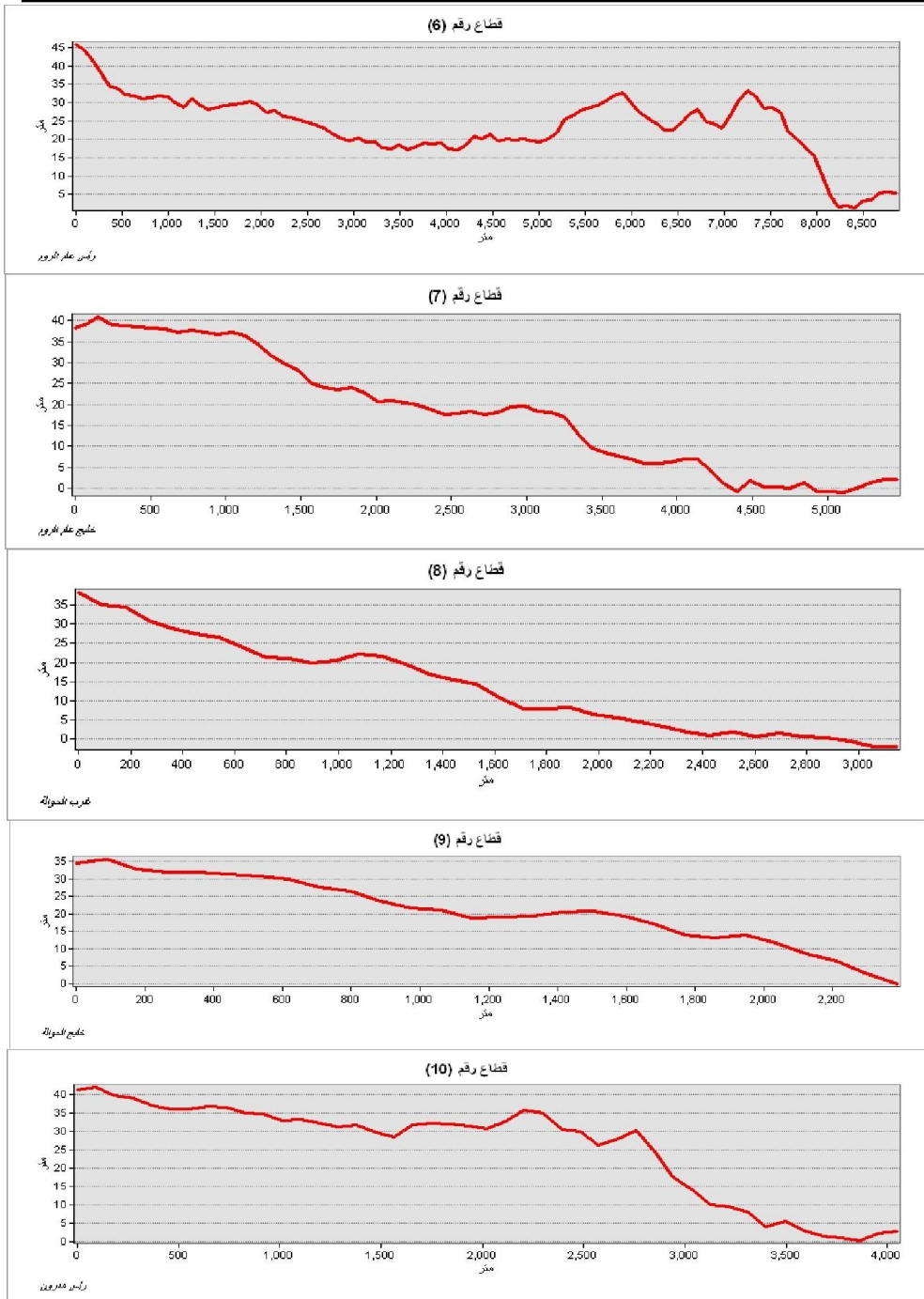
المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على (DEM) باستخدام برنامج ArcGIS 10.2

- يشرف السهل الساحلي بواجهات جرفية على البحر في ثمانية مواضع تنتهي إليها محاور القطاعات التضاريسية البالغ عددها (١٤) قطاعاً تضاريسياً، هي المواضع التي تشرف عليها سلسلة الحجر الجيري الساحلية بشكل مباشر على البحر، في كل من مناطق شرق مطروح، ورأس علم الروم، وخليجها، ورأس ابو حشيفة، ومنطقة رأس الحكمة، وهي المناطق المتوقع معدل تغير بطيئ في خط الشاطئ لديها.
- بينما يشرف الساحل بشواطئ رملية وصخرية في ثمانية مناطق تمثل المناطق المرشحة لمعدلات تراجع (تغير) سريعة، هي مناطق الخلجان بصفة عامة بالإضافة إلى الرؤوس التي لا تشرف على البحر بواجهات جرفية.

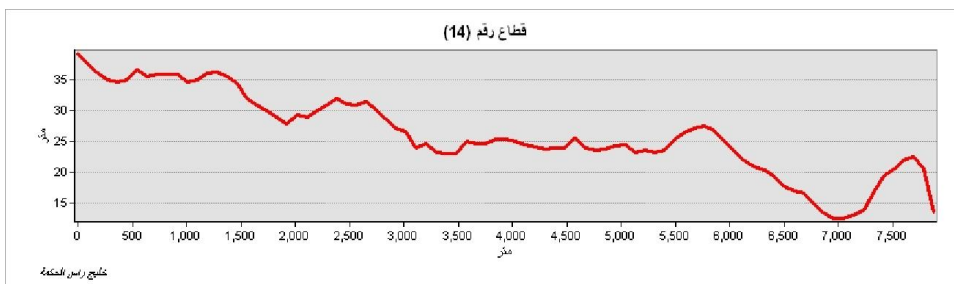
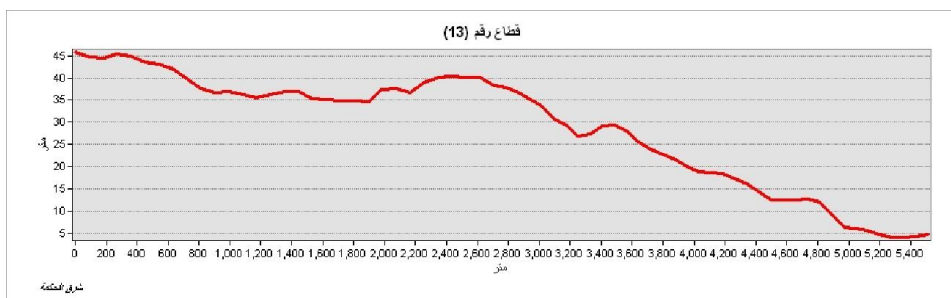
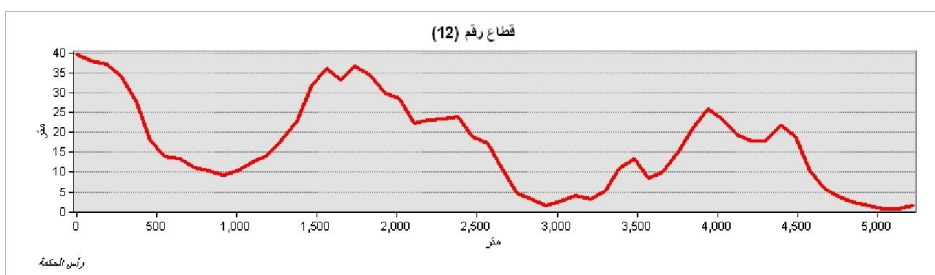
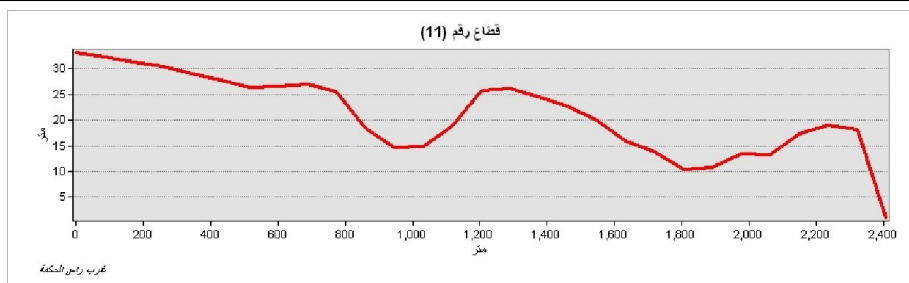


شكل (٤ - أ) القطاعات التضاريسية للسهل الساحليين رأس الحكمة وأم الرخم

تغير خط الشاطئ بين رأس الحكمة ورأس أم الرخم بالساحل الشمالى الغربى لمصر د. عبدالرازق بسيونى الكومى



شكل (٤ - ب) القطاعات التضاريسية للساحل بين رأس الحكمة وأم الرخم



شكل (٤ - ج) القطاعات التضاريسية للسهل الساحليين رأس الحكمة وأم الرخم

المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على (DEM) باستخدام برنامج ArcGIS 10.2

٤. درجة الإنحدار

تؤثر درجة إنحدار السطح على معدل تغير خط الشاطئ في المناطق الساحلية

لاسيما في منطقة الدراسة، حيث تتيح درجة الإنحدار الهينة عملية التوغل لمياة البحر على اليابس المجاور لخط الشاطئ بسهولة ويسر، كما هي الحال في مناطق الشواطئ الرملية الأمامية والخلفية، بينما تقف الواجهات شديدة الإنحدار عقبة أمام طغيان مياة البحر على الأجزاء التالية لها من اليابس المجاور، كما تعمل على استهلاك طاقة عمليات التعرية البحرية في نحت وتقويض حضيض الواجهات شديدة الانحدار ( Robin Davidson, 2010, ) (p13)، والتي غالباً ما تمثل جروفاً نشطة في منطقة الدراسة بمناطق الرووس الأرضية.

يوضح الشكل (٥) درجات الإنحدار لسطح السهل الساحلى للبحر المتوسط بين رأس الحكمة و رأس أم الرخم، المستخرجة من نموذج الإرتفاع الرقمي للمنطقة، ومن خلال الشكل يتضح ان درجات انحدار السطح فوق السهل تراوحت ما بين ( ٠ - ٨٠ ) ويمكن تقسيمها إلى ثلاثة فئات حسب قيم درجات الانحدار على النحو التالى:

**الفئة الأولى :** تشمل المناطق هينة الإنحدار نسبياً، وتتراوح قيم درجات إنحدار السطح بها ما بين (٠ - ٢٩)، وهى على غير المتوقع أقل الفئات مساحة فوق السهل الساحلى بالمنطقة، حيث لا تتجاوز مساحتها (٢٦٤ كم<sup>٢</sup>) فقط، تمثل ما يوازي (١٢.٥ %) من جملة مساحة السهل الساحلى، ويتركز توزيع هذه الفئة في مساحات محدودة فوق هامات التلال الجيرية، واسطح الأراضي الزراعية الممتدة بين سلاسل تلال الحجر الجيري، و أسطح الشواطئ الرملية أمام الخلجان التي تلى الرووس الأرضية إلى الشرق.

**الفئة الثانية :** وتشمل المناطق متوسطة الإنحدار، والتي تتراوح قيم درجاتها ما بين (٣٠ - ٥٩) ويبلغ اجمالى مساحتها (٢٢٠٧ كم<sup>٢</sup>)، تمثل (٤٠.٥%) من اجمالى المساحة الكلية للسهل الساحلي بالمنطقة، ويرتبط توزيعها بالأراضي الوسطى من السهل التي تتلقي إرسابات الأودية والشعاب التي تنحدر من حافة الهضبة الميوسينية في الجنوب، وتعتمد عليها الحياة الزراعية في المنطقة، وهى أكثر تأثراً في تشكيلها الجيومورفولوجي، وموارد المائية وترتها بالهضبة أكثر منها بالبحر.

**الفئة الثالثة :** تشمل أشد أراضي السهل الساحلى إنحداراً، حيث تتراوح قيم درجات إنحدار السطح فيها ما بين (٦٠ - ٨٦)، ويبلغ إجمالى هذه المناطق (٢٤٠ كم<sup>٢</sup>) تمثل (٤٧.٠%) من اجمالى مساحة السهل الساحلي وتمتد هذه المناطق من الأراضي شديدة الإنحدار، على هيئة مسارات طولية موازية لكل من خط الشاطئ في الشمال، حيث تتبع جوانب سلاسل تلال الحجر الجيري الحبيبي، وفي الجنوب متوازية مع حدود الحافة الشمالية لهضبة

مارماريكا، ولذلك تمتد هذه المناطق بلا انقطاع بداية من جنوب خليج رأس الحكمة لتشمل كل جوانب الرأس حيث أكثر أماكن اقتراب حافة الهضبة من خط الساحل في منطقة الدراسة، ويستمر إمتداد هذه المناطق إلى الغرب من رأس الحكمة حتى رأس أبو حشيفة، وتمتد بعد ذلك في تموج يتبع تعرجات خط الشاطي مع التباعد عنه في المنطقة الممتدة بين رأس الحوالة شرقاً ورأس علم الروم غرباً، حيث يزداد تركزها وانتشارها بمنطقة علم الروم شرق مطروح لتتجه إلى الغرب مباشرة حتى تلتقى بحافة الهضبة إلى الجنوب الشرقي من أم الرخم، وتمتد موازية لحافة الهضبة حتى نهاية المنطقة غرباً.

جدول (٤) فئات الإنحدار لسطح السهل الساحلي بين رأس الحكمة وأم الرخم

م	درجة الانحدار	المساحة / كم <sup>٢</sup>	% من مساحة السهل الساحلي	الوصف الجيومورفولوجي
١	٠ - ٢٩	٦٤	١٢.٥	هينة نسبياً
٢	٣٠ - ٥٩	٢٠٧	٤٠.٥	متوسطة الانحدار
٣	٦٠ - ٨٦	٢٤٠	٤٧.٠	شديدة الانحدار
٤	المجموع	٥١١	١٠٠%	

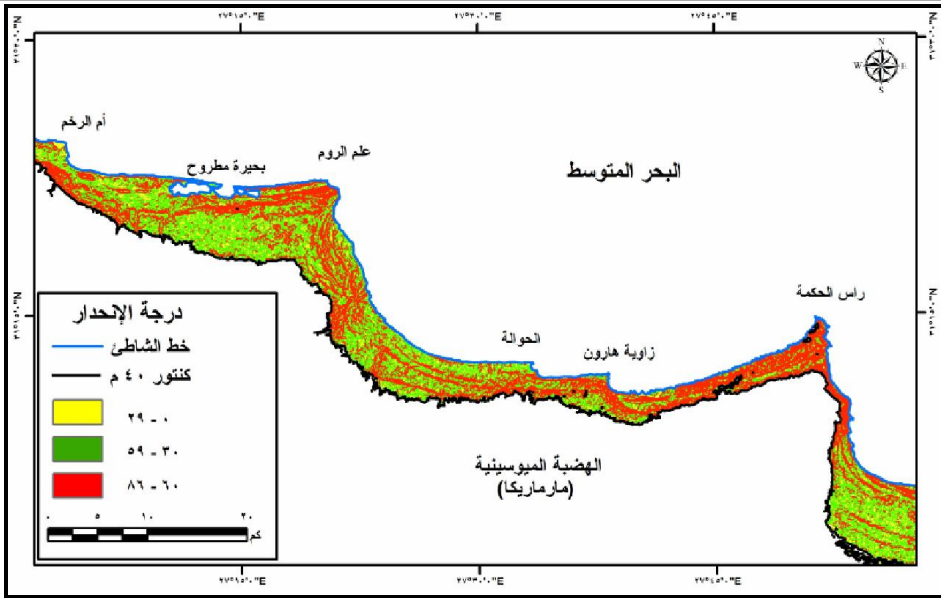
المصدر: الجدول من عمل الباحث اعتماداً على قياسات من (DEM) باستخدام برنامج

ArcGIS10.2

ويدعم دور قيمة إنحدار السطح في التأثير على تغير خط الشاطي، إتجاه هذه الإنحدار على المستوي التفصيلي للمنطقة، سواء كان في إتجاه البحر أم في إتجاه مغاير، وإذا كان الإتجاه العام لسطح السهل الساحلي يميل نحو الشمال في إتجاه البحر، إلا أنه توجد بعض الأختلافات المحلية من شأنها أن تؤثر إيجاباً أو سلباً في معدل واتجاه التغير الجيومورفولوجي لخط الشاطي في المنطقة، ويوضح الجدول (٥) والشكل (٦) التوزيع المساحي والنسبي لإتجاهات الإنحدار، وتوزيعها في المنطقة الممتدة بين رأس الحكمة و رأس أم الرخم ومنهما يتضح مايلي:



تغير خط الشاطئ بين رأس الحكمة ورأس أم الرخم بالساحل الشمالي الغربي لمصر د. عبدالرازق بسيوني الكومي



شكل (٥) فئات انحدار سطح السهل الساحلى بين رأس الحكمة وأم الرخم

المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على (DEM) باستخدام برنامج ArcGIS 10.2

جدول (٥) التوزيع المساحي والنسبي لاتجاهات الانحدار فوق السهل الساحلي

م	الإتجاه	المساحة / كم <sup>٢</sup>	% من مساحة السهل الساحلي
١	شمال	٢٢٣.٨	٤٣.٨
٢	شمال - شرق	١٥٦.٤	٣٠.٦
٣	شرق	٤٣.٤	٨.٥
٤	جنوب - شرق	١٨.٤	٣.٦
٥	جنوب	١٦.٤	٣.٢
٦	جنوب - غرب	٩.٢	١.٨
٧	غرب	١٠.٢	٢.٠
٨	شمال - غرب	٣٣.٢	٦.٥
٩	المجموع	٥١١.٠	١٠٠.٠%

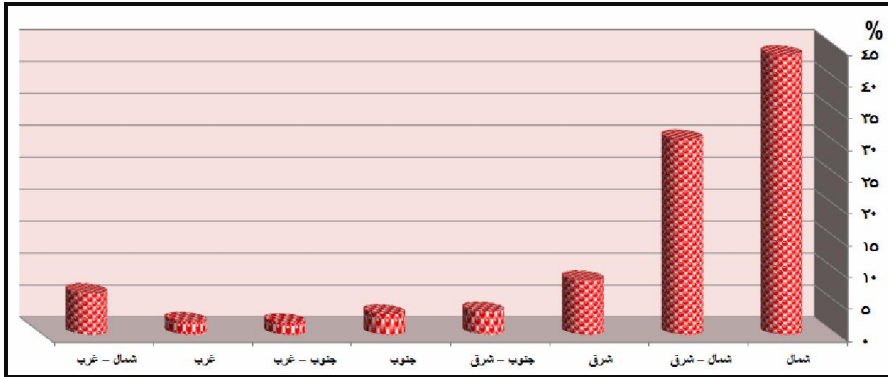
المصدر: الجدول من عمل الباحث اعتماداً على قياسات من (DEM) باستخدام برنامج

- يعد إتجاه الشمال هو الإتجاه الغالب الذي ينحدر اليه السطح بالسهل الساحلي للبحر

المتوسط داخل منطقة الدراسة، حيث بلغت مساحة المناطق التي تتحدر إلى الشمال (٢٢٣.٨ كم<sup>٢</sup>) تمثل ما نسبته (٤٣.٨%) من جملة مساحة السهل الساحلي، ويتركز توزيع هذه المناطق فوق السهل الساحلي بالأجزاء التي يمتد فيها السهل من الشرق إلى الغرب موازياً لخط الشاطئ شبه المستقيم، ويمثلها في المنطقة النطاق الممتد بين أم الرخم غرب مرسي مطروح، وحتى قمة رأس علم الروم، بالإضافة إلى النطاق الممتد بين غرب رأس الحوالة (شرق خليج علم الروم) وبين غرب رأس الحكمة.

- يلي اتجاه الشمال في نسبة ما ينحدر إليه من أراضي، تلك المناطق التي تتحدر إلى الشمال الشرقي حيث تشغل مساحة تقدر بنحو (١٥٦ كم<sup>٢</sup>)، تمثل ما نسبته (٣٠.٦%) من جملة مساحة السهل الساحلي بالمنطقة، وتشمل الأجزاء التي تشرف على خط الساحل في مناطق الخلجان الواقعة إلى شرق الروؤس الأرضية ( أم الرخم، علم الروم، وأبو حشيفة ورأس الحكمة).

- تأتي المناطق التي تتحدر نحو الشرق في المرتبة الثالثة على مستوى السهل الساحلي، حيث تبلغ مساحتها (٤٣.٤ كم<sup>٢</sup>) بما يوازي (٨.٥%) من جملة المساحة، ويتركز وجود هذه المناطق على الجانب الشرقي من رأس الحكمة الذي يمثل أحد جوانب طية أحادية الميل أصابت صخور الهضبة الميوسينية، بالإضافة إلى الجوانب الغربية لمجاري الأودية والشعاب المنحدرة من الهضبة نحو البحر لتصب في خليج علم الروم و رأس الحكمة.

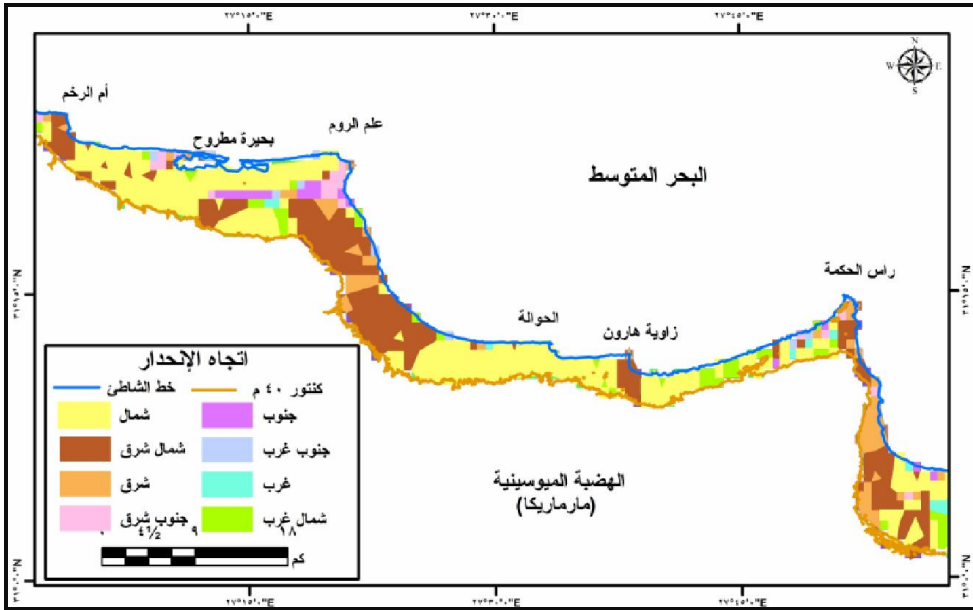


شكل (٥) التوزيع النسبي لاتجاهات الانحدار فوق السهل الساحلي بالمنطقة

المصدر: الجدول من عمل الباحث باستخدام برنامج Excel2010 اعتماداً على بيانات الجدول (٥)

تغير خط الشاطئ بين رأس الحكمة ورأس أم الرخم بالساحل الشمالي الغربي لمصر د. عبدالرازق بسيوني الكومي

- تراوحت نسب المناطق التي تتحدر في الإتجاهات الجنوبية والغربية من السهل الساحلي في منطقة الدراسة ما بين (١.٨%) للإتجاه نحو الجنوب الغربي، و(٦.٥%) المناطق المنحدرة في إتجاه الشمال الغربي، هي تتركز حول مناطق السبخات، والمنخفضات بين سلاسل تلال الحجر الجيري الساحلية، وعلى بعض المناطق من هوامش بحيرة مطروح، والجوانب الشرقية لبعض الأودية والشعاب.



شكل (٦) إتجاهات الإنحدار على السهل الساحلي بين رأس الحكمة وأم الرخم

المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على (DEM) باستخدام برنامج ArcGIS 10.2

- يشير التوزيع الجغرافي لإتجاهات إنحدار السطح فوق السهل الساحلي بالمنطقة، إلى الإرتباط الوثيق بين إتجاه إنحدار السطح، وإتجاه خط الساحل وتدرجاته، حيث ينحدر سطح الأرض إلى الشمال في النطاقات التي يتخذ فيها الشاطئ الإتجاه الشرقي الغربي، بينما يميل إلى الشمال الشرقي والشرق في النطاقات الشاطئية التي تمتد موازية للإتجاه الشمال الغربي / الجنوبي الشرقي، ولذلك أهميته مع معدلات التعرية البحرية سواء بواسطة الأمواج أم التيارات البحرية اذ تمثل المناطق التي تميل في إتجاه البحر ومتعامدة عليه، مناطق هدم وإزالة، وهي الأجزاء الشمالية والغربية من الروؤس الأرضية

بالمنطقة، على عكس مناطق الخلجان التي يلتقي معها اليابس مع عوامل التعرية بزوايا حادة نسبياً تقلل من معدلات النحت والهدم، مع زيادة احتمالية الإرساب كمناطق الخلجان التي تلى الروؤس مباشرة وعلى جوانبها الشرقية.

### دور التعرية البحرية في تغير خط الشاطئ بالمنطقة

تؤدي التعرية البحرية دوراً مهماً في تغير خط الشاطئ، من خلال عمليات النحت والإرساب التي تمارسها بواسطة الأمواج البحرية، وتيارات المد والجزر، والتيارات البحرية، وفيما يلي دراسة للدور الذي تؤديه عوامل التعرية البحرية كل على حدة :

#### أ- الأمواج

تمثل الأمواج العامل الأكثر تأثيراً في تشكيل خط الشاطئ، ومن ثم تعديله بالتراجع، من خلال قيامها بالفعل التحاتي المتمثل في أربعة انماط هي : الفعل الهيدروليكي Hydraulic Action، والنحت Corrasion، والاحتكاك Attrition، والإذابة Solution (جودة حسنين، ١٩٩٨، ص ٢٨٨).

جدير بالذكر أن طاقة الأمواج وقدرتها التحاتية تزداد بزيادة إرتفاع الأمواج وسرعتها وإتجاه تحركها نحو الساحل، وتعد هذه المتغيرات جميعاً إنعكاساً لإتجاه وسرعة هبوب الرياح التي تشكلها، ولذلك يمكن التعرف على خصائص الأمواج والتنبؤ بقيمها في المنطقة الممتدة مابين رأس الحكمة، ورأس أم الرخم حسابياً، من خلال خصائص الرياح الهابة على هذه المنطقة، وفقاً للعلاقة التي ذكرها بيوفورت بين سرعة الرياح وارتفاع الموج، أو يدويماً من خلال نماذج المنحنيات المناخية للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية World Meteorological Organization (WMO) عام ١٩٩٨م. (شكل ٧)

يوضح الجدول (٦) ارتفاع الأمواج المتوقعة تبعاً لمقياس بيوفورت لسرعة الرياح، وقد تم الإعتماد عليه في التنبؤ بإرتفاع الأمواج بمنطقة الدراسة، من خلال البيانات المناخية لمحطة الأرصاد الخاصة بمطار مرسى مطروح في الفترة ما بين عامي (١٩٩٦ - ٢٠١٤)، كما يحتوي الجدول (٧) قيم ارتفاع الموج المتنبأ بها في المنطقة اعتماداً على المتوسط الشهري لسرعة الرياح بمحطة مطار مرسى مطروح.

تغير خط الشاطئ بين رأس الحكمة ورأس أم الرخم بالساحل الشمالى الغربى لمصر د. عبدالرازق بسيوني الكومى

جدول (٦) سرعة الرياح كم / ساعة، وفقاً لمقياس بيوفورت وما يقابلها من ارتفاع الموج / متر

مقياس بيوفورت	سرعة الرياح بالعقدة	اسم الرياح	متوسط ارتفاع الأمواج / متر	وصف البحر
صفر	اقل من ١	هواء ساكن	صفر	زجاجى
١	١ - ٣	هواء خفيف	صفر	مرتعش
٢	٤ - ٦	نسيم خفيف	٠.١ - ٠.٥	هادئ
٣	٧ - ١٠	نسيم لطيف	٠.٥ - ١.٢٥	خفيف
٤	١١ - ١٦	رياح معتدلة	١.٢٥ - ١.٧٥	معتدل
		رياح نشطة	١.٧٥ - ٢.٥	
٦	٢٢ - ٢٧	رياح قوية	٢.٥ - ٤.٠	مضطرب
٧	٢٨ - ٣٣	عاصفة غير مكتملة	٤ - ٦	مضطرب جداً
٨	٣٤ - ٤٠	عاصفة	٦ - ٩	عالى
٩	٤١ - ٤٧	عاصفة شديدة	٩ - ١١	عالى جداً
		زوبعة	١١ - ١٤	
١١	٥٦ - ٦٢	زوبعة مدمرة	اكبر كم ١٤	هانج
		إعصار		

المصدر: احمد عبدالعال محمد، ٢٠١٢، ص. ١١.

جدول (٧) المتوسط الشهري لسرعة الرياح واتجاه هبوبها بمرسى مطروح

وارتفاع الأمواج المتولدة عنها (١٩٩٦ - ٢٠١٤)

الشهر	سرعة الرياح كم / ساعة	سرعة الرياح عقدة <sup>٢</sup>	ارتفاع الموج المتوقع / متر
يناير	١٨.٧	١٠.١	١.٥
فبراير	١٩.٨	١٠.٧	١.٥
مارس	١٩.٤	١٠.٥	١.٥
أبريل	١٩.٣	١٠.٤	١.٥
مايو	١٧.٦	٩.٥	٠.٩
يونيه	١٧.٩	٩.٧	٠.٩
يوليه	١٨.٣	٩.٩	٠.٩
أغسطس	١٦.٤	٨.٩	٠.٩
سبتمبر	١٥.٣	٨.٣	٠.٩
أكتوبر	١٥.٢	٨.٢	٠.٩
نوفمبر	١٥.٠	٨.١	٠.٩
ديسمبر	١٨.٣	٩.٩	٠.٩
المتوسط	١٧.٦	٩.٥	١.١

الجدول من عمل الباحث اعتماداً على البيانات المناخية

لمحطة مطار مرسى مطروح (١٩٩٦ - ٢٠١٤)

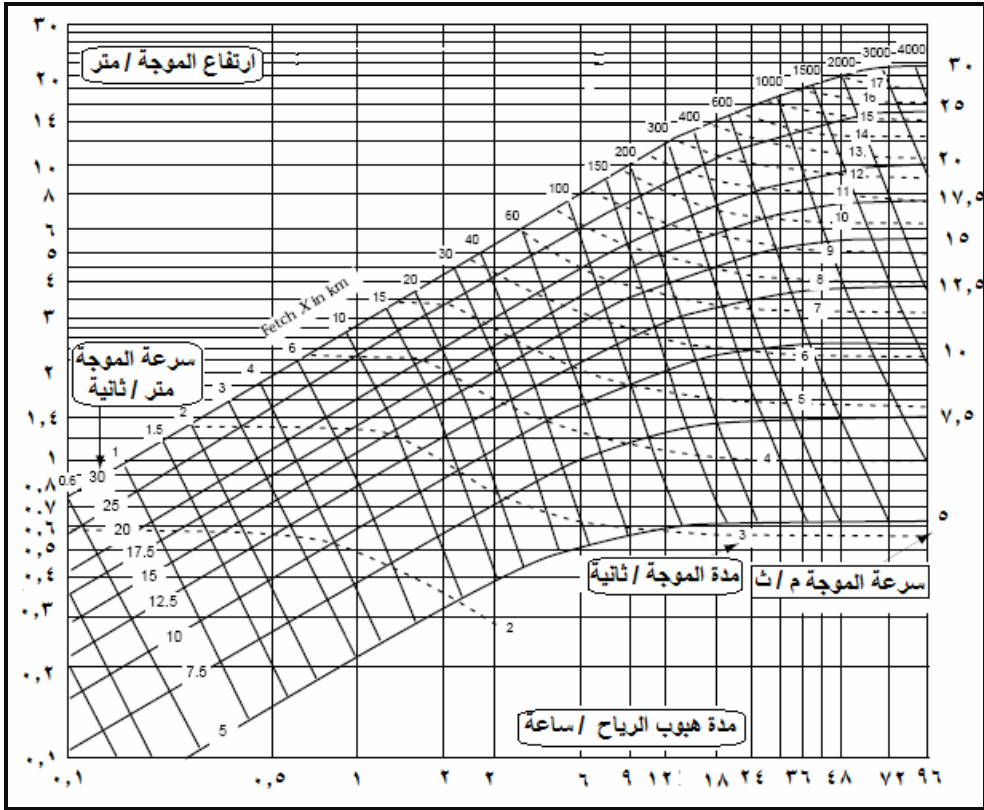
ومن خلال الجدول (٧) يتضح الآتي :

<sup>2</sup> وحدة قياس للسرعة تساوي ١.٨٥٢ كم / ساعة

تغير خط الشاطئ بين رأس الحكمة ورأس أم الرخم بالساحل الشمالي الغربي لمصر د. عبدالرازق بسيوني الكومي

- بلغ متوسط سرعة الرياح التي تهب على محطة مرسى مطروح (١٧.٦ كم / ساعة )، تقابل (٩.٥) عقدة، وهي تستطيع أن تولد أمواج يبلغ متوسط ارتفاعها على سواحل المنطقة وفقاً لمقياس بيفورت (١.١) متر.

- يزداد إرتفاع الموج على سواحل المنطقة خلال شهور الشتاء والربيع حيث يبلغ متوسط ارتفاعه نحو (١.٥) متر، بينما يقل متوسط إرتفاع الأمواج خلال فصلي الصيف والخريف إلى ما لا يزيد عن (٠.٩) متر فقط، ويرجع ذلك إلى ما يميز فصلي الشتاء والربيع من مرور المنخفضات الجوية على شمال الجمهورية، مسببة للأمطار الإعصارية خلال الشتاء على وجه الخصوص.



شكل (٧) المنحنيات المناخية المستخدمة في تقييم إرتفاع الأمواج

Modified after: WMO, 1998, p.4

يشير الجدول (٨) إلى أن الإتجاه الغالب للرياح بمنطقة مرسى مطروح هو الإتجاه

الشمالي الشرقي حيث تمثل الرياح الشمالية الغربية (٢٦%) من جملة الرياح التي تهب على المنطقة، يليها الرياح الشمالية بنسبة (٢٣%)، ثم الرياح الغربية بنسبة (١٩%)، حيث تمثل الرياح التي تهب من هذه الإتجاهات الثلاث ما جملته (٦٨%) من إجمالي الرياح التي تهب على منطقة مرسى مطروح، وتتوزع النسبة المتبقية على باقى الإتجاهات الأخرى بنسب لم تتجاوز (٧%) فقط لأكثرها هبوباً وهو الإتجاه الجنوبي الغربي.

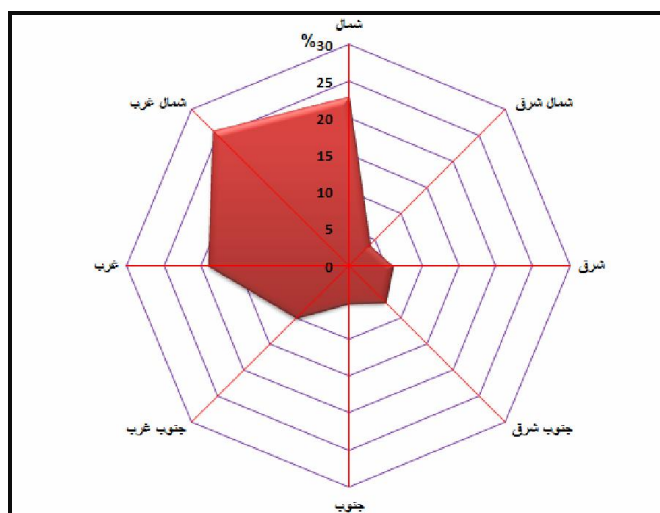
ويتوقف على الإتجاه السائد للرياح إتجاه الأمواج على الساحل ومدى تعامدها على خط الشاطئ، وطاقة فعلها التحاتي فى صخور الشاطئ على النحو الذي سبقت الإشارة اليه.

جدول (٨) نسب هبوب الرياح من الإتجاهات المختلفة على منطقة مرسى مطروح بين عامي

(١٩٩٦-٢٠١٤)

الاتجاه	شمال	شمال شرق	شرق	جنوب شرق	جنوب	جنوب غرب	غرب	شمال غرب
النسبة %	٢٣	٤	٦	٧	٥	١٠	١٩	٢٦

المصدر : لبيانات المناخية لمحطة مطار مرسى مطروح بين عامي (١٩٩٦-٢٠١٤).



شكل (٨) نسب هبوب الرياح من الإتجاهات المختلفة بمرسى مطروح

المصدر من عمل الباحث باستخدام برنامج Excel2010 ، اعتماداً على بيانات الجدول (٨)



جدير بالذكر أن المنطقة الساحلية الغربية من مصر تتعرض محلياً لعدد من الأنواء التى تستمر كل منها عدت ايام متتابة فى مواعيد شبه ثابتة، تزداد فيها سرعة الرياح لتتعدى حد (١٨) عقدة، وتصل أقصاها فى بعض هذه الأنواء إلى (٣٣) عقدة أى ما يوازي (٦١ كم / ساعة )، وهى سرعة تستطيع أن تنشئ أمواجاً يتراوح إرتفاعها ما بين (٤ - ٦ متر )، وهذه الأمواج التى تنشأ محلياً تعد هى الأكثر فعالية فى تشكيل وتراجع خط الشاطئ فى منطقة الدراسة، ويوضح الجدول (٩) مواعيد هذه الانواء وفترات بقائها، وإتجاه الرياح وسرعتها خلالها وكذلك ارتفاع الأمواج الناتجة عنها، ويتضح من الجدول ما يلي :

- أن عدد هذه الأنواء (١٨) نوء، تستمر لنحو (٧٠) يوماً من كل عام، بمتوسط (٤) أيام لكل منها.

- يزيد ارتفاع الأمواج عن (٤) متر، فى ثلاثة عشر نوء (نوة) تمثل أكثر من (٧٢%) من اجمالى عدد النوات البحرية التى تصيب المنطقة سنوياً.

- يزداد تكرار حدوث هذه النواة وتطول مدتها فى شهور الشتاء والربيع، وتحديداً ما بين شهري ديسمبر ومارس حيث يبلغ عددها (١٢) نوة تمثل (٦٧%) من عددها، ويبلغ عدد أيامها (٥٢) يوماً أى أكثر من نصف أيام النوات على مدار العام وتحديد (٧٤%) من عدد ايام النوات خلال العام، ويمتوسط (٥) يوم لكل نوة خلال هذه الفترة من العام، متأثرة بموسم مرور المنخفضات الجوية الشتوية فوق الساحل الشمالى الغربى من مصر.

- يختفي حدوث النوات تماماً خلال ثلاثة شهور من (مايو، ويوليه، وأغسطس ) من كل عام، بينما يقل تكرار حدوثها ومدتها الزمني خلال شهور الخريف (سبتمبر، وأكتوبر، ونوفمبر ) إذ يبلغ عددها أربعة فقط، بجموع أيام بلغ أربعة عشر يوماً فقط، بنسبة لا تتجاوز (٢٠%) من عدد ايام النوات فى المنطقة.

## جدول (٩) الأنواع التي تهب على الساحل الشمالى الغربى وتقدير إرتفاع الأمواج أثناءها

التاريخ	اسم النوة	المدة باليوم	الإتجاه	سرعة الرياح / عقدة	ارتفاع الموج / متر
١/٢ يناير	أنواع رأس السنة	٤	غربية	٣٣-٢٨	٦ - ٤
١/١٢ يناير	أنواع الفيضة الكبيرة	٦	جنوبية غربية	٣٣-٢٨	٦ - ٤
١/١٩ يناير	أنواع الغطاس	٣	غربية	٣٣-٢٨	٦ - ٤
١/٢٨ يناير	أنواع الكرم	٧	غربية	٣٠-٢٥	٤-٢.٥
٢/١٨ فبراير	أنواع الشمس الصغيرة	٣	غربية	٣٣-٢٨	٦ - ٤
٣/٢ مارس	أنواع السلوم	٢	جنوبية غربية	٣٣-٢٨	٦ - ٤
٣/٩ مارس	أنواع الحسوم	٧	جنوبية غربية	٣٣-٢٨	٦ - ٤
٣/١٨ مارس	أنواع الشمس الكبيرة	٢	شرقية	٣٣-٢٨	٦ - ٤
٣/٢٤ مارس	أنواع عوة ويرد العجوزة	٦	شرقية	٣٣-٢٨	٦ - ٤
٤/٢٣ إبريل	رياح الخماسين إشم النسيم	٢	شرقية	٣٣-٢٨	٦ - ٤
٦/١٨ يونيو	رياح النقطة	٢	شرقية	٣٣-٢٨	٦ - ٤
٩/٣٠ سبتمبر	رياح الصليب	٣	غربية	٣٣-٢٨	٦ - ٤
١٠/٢٠ أكتوبر	رياح الصليبية	٣	غربية	٣٠-٢٨	٦ - ٤
١١/١٦ نوفمبر	أنواع المكنسة	٤	شمالية غربية	٣٠-٢٨	٦ - ٤
١١/٢٢ نوفمبر	أنواع باقى المكنسة	٤	جنوبية غربية	٢٥-١٨	٢.٥-١.٧٥
١٢/٤ ديسمبر	أنواع قاسم	٥	جنوبية غربية	٣٠-١٨	٤ - ١.٧٥
١٢/١٩ ديسمبر	أنواع الفيضة الصغيرة	٥	شمالية غربية	٣٠-٢٥	٤ - ٢.٥
١٢/٢٨ ديسمبر	أنواع عيد الميلاد	٢	غربية	٣٠-٢٥	٤ - ٢.٥
المجموع	-	٧٠			

المصدر: الموقع الرسمي لهيئة ميناء الاسكندرية البحري <http://www.apa.gov.eg>

تكتسب الأمواج التى تتكون خلال أيام الأنواء أهمية خاصة نتيجة لإرتفاعها الواضح وسرعتها التى تعكس سرعة وقوة الرياح التى شكلتها، إذ تستطيع هذه الأمواج العاتية القيام بفعل تحاتى فى يوم واحد ما يفوق الفعل التحاتى للأمواج العادية التى تسببها الرياح العادية فى عدة أسابيع أو يزيد.

## ب- المد والجزر

تتميز مستويات مياة المد على السواحل الشمالية المصرية بقلة المدي المدي (Tidal Range) لمياة البحر المتوسط الذى تتعرض له هذه السواحل، حيث يشير الجدول (١٠) الذى يوضح المتوسط السنوي لمستويات المد والجزر على الساحل الشمالى لمصرالى ما يلي :

- يبلغ المتوسط العام لأعلى مد على السواحل الشمالية لمصر فيما بين بورسعيد ومطروح (٠.٣٥ متراً) فقط، حيث يبلغ أقصاه على ساحل بورسعيد (٠.٧ متراً) بينما لايتجاوز (٠.٢ متراً) فقط على ساحل مطروح.
- يبلغ مستوي أقل جزر تصله مياه البحر على إمتداد الساحل (٠.٠٦ متراً) فقط، بينما تتراوح قيمة أقل جزر ما بين ( ٠.٣٤ متراً) عند بورسعيد، و(٠.٠٠) عند الإسكندرية.
- بلغ المتوسط العام للمدي المدي على طول السواحل المصرية الشمالية (٠.٢٩ متراً)، ويبلغ اقصاه فى بورسعيد حوالى(٠.٣٦ متراً)، وأدناه عند مطروح حيث لم يتجاوز (٠.١٩).

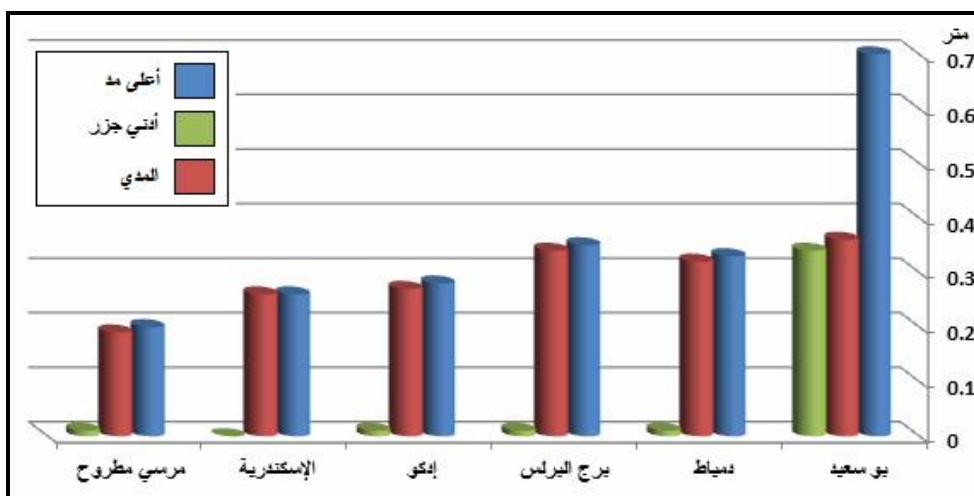
كما يلاحظ من خلال الجدول أن قيم المدي المدي على السواحل الشمالية تقل بالإتجاه من الشرق إلى الغرب باستثناء موقع مدينة دمياط التى يقل فيها هذه المدي عن نظيره لذي قرية برج البرلس الواقعة إلى الغرب منها.

جدول (١٠) المتوسط السنوي لمستويات المد والجزر على الساحل الشمالي لمصر

المحطة	مستوي المد / متر		مستوي الجزر / متر		المدى / متر
	أعلى مد	أدنى مد	أعلى جزر	أدنى جزر	
بو سعيد	٠.٧٠	٠.٦٠	٠.٤٥	٠.٣٤	٠.٣٦
دمياط	٠.٣٣	٠.٢٧	٠.١٢	٠.٠١	٠.٣٢
برج البرلس	٠.٣٥	٠.٢٧	٠.١٠	٠.٠١	٠.٣٤
ادكو	٠.٢٨	٠.٢١	٠.٠٧	٠.٠١	٠.٢٧
الإسكندرية	٠.٢٦	٠.٢٠	٠.٠٧	٠.٠٠	٠.٢٦
مرسي مطروح	٠.٢٠	٠.١٥	٠.٠٥	٠.٠١	٠.١٩
المتوسط	٠.٣٥	٠.٢٨	٠.١٥	٠.٠٦	٠.٢٩

الجدول من اعداد الباحث اعتماداً على بيانات المكتبة المركزية للهيئة الوطنية لعلوم البحار والغلاف الغازي. (NOAA)

[http://docs.lib.noaa.gov/rescue/data\\_rescue\\_egypt.html](http://docs.lib.noaa.gov/rescue/data_rescue_egypt.html)



شكل (٩) المتوسط السنوي لمستويات المد والجزر والمدى على الساحل الشمالي لمصر

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على بيانات الجدول (١٠)

نتيجة لإنخفاض قيمة المدي المدي على شواطئ المنطقة فيما بين رأس الحكمة و رأس أم الرخم حيث لم يتعد ( ١٩ سم) فقط، فإن التأثير الجيومورفولوجي لتيارات المد على الشواطئ أقل بكثير من تأثير فعل الأمواج عليها، ويكاد يقتصر هذا التأثير على تدعيم دور عمليات التجوية الميكانيكية والكيميائية لصخور الحجر الجيري، الممتدة بمحاذاة خط الشاطئ لاسيما فى مناطق الرؤس الأرضية، وعلى حضيض الجروف الساحلية مشكلة لمسطحات المد، من خلال ما تقوم به من توفير المحتوى المائي فوق مسطحات المد الصخرية فتساعد على تجويتها كيميائية بإذابة بعض مكوناتها مخلفاً حفر إذابة، تنتشر فوق هذه الصخور التى تتأوب عليها مياه البحر طغياناً وانحساراً فى وقتي المد والجزر، كما يساعد تتأوب مياه المد فوق الشواطئ الصخرية على تفعيل دور التجوية الميكانيكية نتيجة لتفاوت عمليات البلل والتجفيف التى تتأوب اسطح هذه الصخور، فتؤدي إلى تفكيكها، ويتم نقل حطامها بواسطة موجات الجزر إلى قاع البحر المجاور.

#### ت - تيار الدفع الساحلى Long-shore Drift Current

يمثل جزءاً من التيار الرئيسي بالبحر المتوسط التى يجري بمحاذاة اليابس الأفريقي، بعد عبوره من مضيق جبل طارق آتياً من المحيط الأطلنطي، ويتبع اتجاهها عاماً من الغرب إلى الشرق، وصولاً إلى السواحل المصرية ومروراً بسواحل مطروح، ويتميز التيار الساحلى ببطئ سرعته، حيث تتراوح سرعته ما بين ( ٠.٧٥ - ١.٥ كم / ساعة )، الأمر الذى يضعف من دوره كعامل نحت على امتداد الشاطئ، باستثناء مناطق الرؤس (وهبة حامد، ص ١٩٣)، كما تتأثر خصائص هذا التيار إتجاهاً وسرعة بالرياح السائدة على المنطقة وهى الشمالية الغربية، فتنسبب فى دفع المياه بإتجاه عام نحو الشرق موازية لخط الشاطئ، كما تؤدي الرياح إلى زيادة سرعته نسبياً فى فصل الشتاء نتيجة لزيادة سرعة هبوبها خلال هذا الفصل، بينما تضعف سرعته فى فصل الصيف متأثرةً بسرعة الرياح خلاله.

وتتأثر سرعة التيار كذلك بعمق المياه حيث قدرت سرعته على عمق ٥٠ متراً بنحو ( ١١.٥ سم / ثانية ) مقابل سواحل مطروح، بينما بلغت سرعته ( ٨ سم / ثانية ) فى المياة الشاطئية فى نطاق تكسر الموج (وهبة حامد، ص. ١٩٤).

ويتمثل الدور الجيومورفولوجي لتيار الدفع الساحلى بمنطقة الدراسة فى تغير خط

الشاطئ، فيما يقوم به من نقل المواد المفككة بموازاة خط الشاطئ، وتهيئة الفرصة لعوامل التعرية البحرية الأخرى متمثلة في الأمواج وتيارات المد والجزر، للقيام بعملية النحت والإرساب على امتداد الشاطئ، كما يقوم هذه التيار بدور إرسابي لا يمكن إغفاله في المناطق التي تتميز بالتغير في الإتجاه العام المفاجئ لخط الشاطئ، فيترك حمولته من المواد المفككة على هيئة السنة إرسابية Spit، وخطاطيف Hooks.

### ثانياً : تقنيات رصد التغير في خط الشاطئ بين رأس الحكمة ورأس أم الرخم

تؤدي تقنيات الاستشعار عن بعد دوراً مهماً في رصد وتقدير التغيرات التي تصيب المناطق الساحلية، لاسيما ما يتعلق بتغير خط الشاطئ، وذلك باستخدام تقنيات كشف التغير Change Detection techniques، التي تعتمد على معالجة processing، وتحليل Analysis المرئيات الفضائية التي تلتقط لمناطق السواحل، في المجالات الطيفية المرئية Visible Bands، والمجالات الطيفية تحت الحمراء Infrared Bands، حيث تتباين كل من كتل المسطحات المائية، وكتل اليابس المجاور لها في مقدار ما تعكسه من الأشعة الكهرومغناطيسية، والتي تقوم مستشعرات الأقمار الصناعية بالتقاطها، ويصل هذا المقدار إلى ما يقارب الصفر في حالة المسطحات المائية، بينما يزيد زيادة عظيمة في حالة الكتل اليابسة المجاورة لها (Alesheikh, et al., 2003, p.1)

تعد مرئيات الأقمار الصناعية لاندسات Landsat بمستشعراتها الآخذة في التطور بداية من عام (١٩٧٢) وحتى الآن، مما اتاح قدرًا هائلاً من البيانات، عن خصائص سطح الأرض، ومعدلات تغيره، وكذلك حصر موارده الطبيعية، من أكثر مصادر البيانات المتاحة التي يمكن الحصول عليها بسهولة، والتي يعتمد عليها في رصد التغيرات المكانية، من خلال الصور والبيانات المخزنة لما يقارب الأربعة قرون، هذا فضلاً عن الإستعانة بها في إنشاء وتحديث الخرائط التي تغطي المناطق الساحلية (Winarsoet, et al., 2001, p.4).

يتمثل المبدأ الأساسي في استخدام البيانات الرقمية Digital Data التي تحتويها المرئيات الفضائية، في إمكانية رصد أي تغير يصيب الغطاء الأرضي ككل Land cover، أو صور استخدام الأرض Land use في منطقة ما، بواسطة مستشعرات sensors الأقمار الصناعية التي تختلف فيما بينها من حيث الدقة المكانية والدقة الطيفية

والدقة الزمانية. (Mass JF. 1999, pp. 139- 152).

يستخدم فى تقدير التغيرات التى تصيب خط الشاطئ فى المناطق الساحلية، من خلال المرئيات الفضائية على طريقتين رئيسيتين هما :

١- طريقة التقييم من الشاشة on-screen digitizing method : حيث يتم رسم خط الشاطئ عن طريق تتبعه من الصور والمرئيات المتاحة، بصرياً على شاشة الحاسب الآلى، وفقاً لأدوات برامج خاصة بمعالجة الصور والخرائط، وتعتمد هذه الطريقة بشكل أساسى على الخبرة والمهارة الشخصية لمستخدم هذه البرامج، وتعطي هذه الطريقة نتائج جيدة فى تحديد خط الشاطئ من المرئيات الفضائية، إلا أنها أقل دقة من الطرق الأخرى، فضلاً عن تطلبها لجهد ووقت أكبر.

٢- الطريقة الآلية Automatic method : وفيها يكون الإعتماد بشكل أكبر على الحاسب الآلى مقارنة بالطريقة السابقة، وتعتمد دقة هذه الطريقة على صيغ رياضية Algorithm، تقوم بمعالجة الموجات الكهرومغناطيسية، المنعكسة من اليابس والماء، وتجمع هذه الطريقة بين قلة التكلفة، وسرعة التنفيذ والدقة العالية فى تحديد خط الشاطئ فى المناطق الساحلية، وتعتمد هذه الطريقة فى تحليل المرئيات الفضائية بهدف كشف التغيرات التى تطرأ على الظاهرات الأرضية، على مجموعة من التقنيات التى أصبحت شائعة فى هذا المجال ومنها :

- تقنية النسبة للمجال الطيفي Band Ratio.
  - تقنية المعالجة الرياضية Band Math
  - تقنية إختلاف المجال الطيفي Band Differencing.
  - تقنية تحليل العنصر الأساسى Component Analysis Principal.
  - تقنية مؤشر الإختلاف النباتي Vegetation Index Differencing.
  - تقنية كشف تغير التصنيف الوظيفي Post-Classification Change Detection .
- (Lu et al. 2004, p25)

فى هذه الدراسة أستخدمت الطريقة الآلية فى تحديد خط الشاطئ فى المنطقة الممتدة بين رأس الحكمة، وأس أم الرخم، من خلال صور القمر الصناعي Landsat 5 ( TM ) للمنطقة عام ١٩٨٤ فى ستة مجالات طيفية Banbs، وصور القمر الصناعي Landsat 8 المحسنة ( ETM ) عام ٢٠١٥، فى أحد عشر مجالاً طيفياً.

حيث طبقت تقنية Band Ratio، و Band Math للحصول على كل من مؤشري الإختلاف لكتل المياة مؤشر الإختلاف القياسي لكتل المياة العادي ( Normalized Difference water Index (NDWI) و مؤشر الاختلاف القياسي المعدل لكتل المياة (MNDWI).

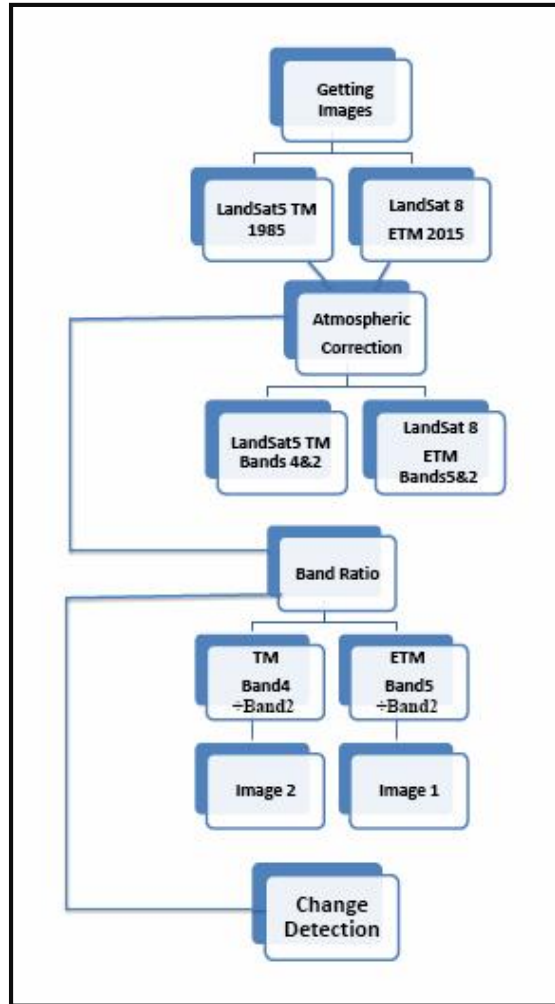
وتمثل هذه التقنيات نماذج رياضية Mathematical Models، تساعد على تميز خط التماس بين كتل الماء واليابس المجاور لها، وهوما يساعد على تحديد خط الشاطئ بدقة فى كل من المرئيتين المختلفتين زمنياً، ويمثل ذلك مرحلة سابقة لمقارنة امتداد خط الشاطئ فى كلا المرئيتين، ويتم حساب هذه النماذج الرياضية فى الغالب اعتماداً على إثنين من المجالات الطيفية (Bands) فى المرئيات الفضائية المستخدمة.

وقد تم تحديد خط الشاطئ فى المنطقة ما بين رأس الحكمة، ورأس أم الرخم، تبعاً لمجموعة من الخطوات تمثل إجراءات تحديد خط التماس بين اليابس والماء من خلال المرئيات الفضائية، وهذه الإجراءات يوضحها نموذج سير العمل Wokflow فى الشكل (١٠). و جدير بالذكر أنه يمكن الإعتماد فى تحديد خط الشاطئ على مجال طيفي واحد، من خلال التباين فى مقدار الإنعكاس الطيفي له بين ماء البحر واليابس فى منطقة الدراسة، لآ سيما المجالات الطيفية الحرارية، والحمراء وتحت الحمراء، والقريبة منها، وتشمل هذه المجالات الطيفية رقمي (٢، ٤) فى المرئيات LandSat 5، والمجالات رقمي (٢، ٥) فى المرئيات LandSat 8 فى الفترة ما بين (١٩٨٥-٢٠١٥) حيث يشير منحني الهستوجرام الخاص بقيم الإنعكاس الطيفي إلى تباين شديد بين القيم، فوق كل من المسطحات المائية واليابس المجاور لها (Niya et al, 2013,p.2).

غير أن استخدام صور ذات طيف واحد فى تحديد خط الشاطئ تعطي نتائج أقل دقة، حيث يسير منحني الهستوجرام إلى انتقال تدريجي غير حاسم فى المنطقة الإنتقالية بين الماء واليابس، حيث أن بعض هذه الاطياف يخترق المسطحات المائية التى يقل عنقها عن (١ متر)



مما يظهرها كانعكاس طيفي يابس كما هو الحال في Band 4 في مرئيات TM، كما يؤدي الإعتقاد على أي من Band 5، أو Band 7 في مرئيات ETM، إلى تحديد غير دقيق للأراضي الرطبة ذات التواجد النباتي على اليابس، حيث يظهرها كمسطحات مائية Niya et al (, Op Cit ,2013,p.4).



شكل (١٠) مراحل تحديد خط الشاطئ من المرئيات الفضائية ما بين رأس الحكمة ورأس أم الرخم

المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على المرئيات الفضائية، باستخدام برنامج Envi 5.1، و ArcGIS 10.2

وتساعد تقنية Band Ratio على معالجة مشكلة الأخطاء المحتملة في حالة استخدام الأطياف سابقة الذكر منفردة، في تحديد خط الشاطئ، حيث تعتمد على المعالجة الرياضية لبعض هذه الأطياف حيث تعطي هذه التقنية أعلى تمايز مكاني لخط الشاطئ باعتباره خط التماس بين الماء واليابس المجاور.

ويفترض علماء الاستشعار عن بعد أن أعلى تمايز بين اليابس والماء في المرئيات TM الخاصة بالقمر الصناعي LandSat 5، يحصل بقسمة قيمة الانعكاس في الخلايا الشبكية في Band 4، (Near Infrared) على قيم نظائرها في Band 2 (Green) <sup>3</sup>، ويكون ذلك مناسباً جداً في مناطق السواحل التي تتميز بوجود تركيز نباتي على امتدادها، بينما يتحقق هذا التمايز بقسمة قيم الانعكاس الطيفي في band 5، على نظائرها في Band 2، بالنسبة لمرئيات ETM، الخاصة بالقمر الصناعي Landsat 8 <sup>4</sup>، ويكون ذلك مناسباً جداً للمناطق ذات الواجهات الصخرية شديدة الإنحدار، كما هي الحال في المناطق التي تشرف فيها سلاسل الحجر الجيري في منطقة الدراسة لاسيما على رأس الحكمة، ورأس علم الروم على البحر مباشرة، بالإضافة إلى المناطق الخالية من التواجد النباتي ( Rasuly (A. A., et al., 2010, p.6).

كما يؤكد منحني الهستوجرام الخاص بتوزيع قيم الانعكاس الطيفي فوق كل من اليابس والماء بعد إجراء تقنية Band Ratio، التي تم تنفيذها على مرئيات (ETM - TM)، تحديد خط الشاطئ بشكل حاسم، على امتداد النطاق الساحلي بالمنطقة، بعكس ما يظهر في كل طول موجي منفرد، حيث يميل منحني الهستوجرام إلى الانتقال التدريجي بين كتلة المياه واليابس المجاور لها، وهو ما يوضحه كل من الشكل (11)، والشكل (12) اللذان يوضحان هستوجرام الانعكاس الطيفي للمرئيات المستخدمة في كل من Band 2، Band 4، لمرئية 5 landsat كل على حده، ثم لهما معاً بعد عمل Band Ratio، وهو ما تم أيضاً لكل من band 2، و band 5 في مرئية LandSat 8.

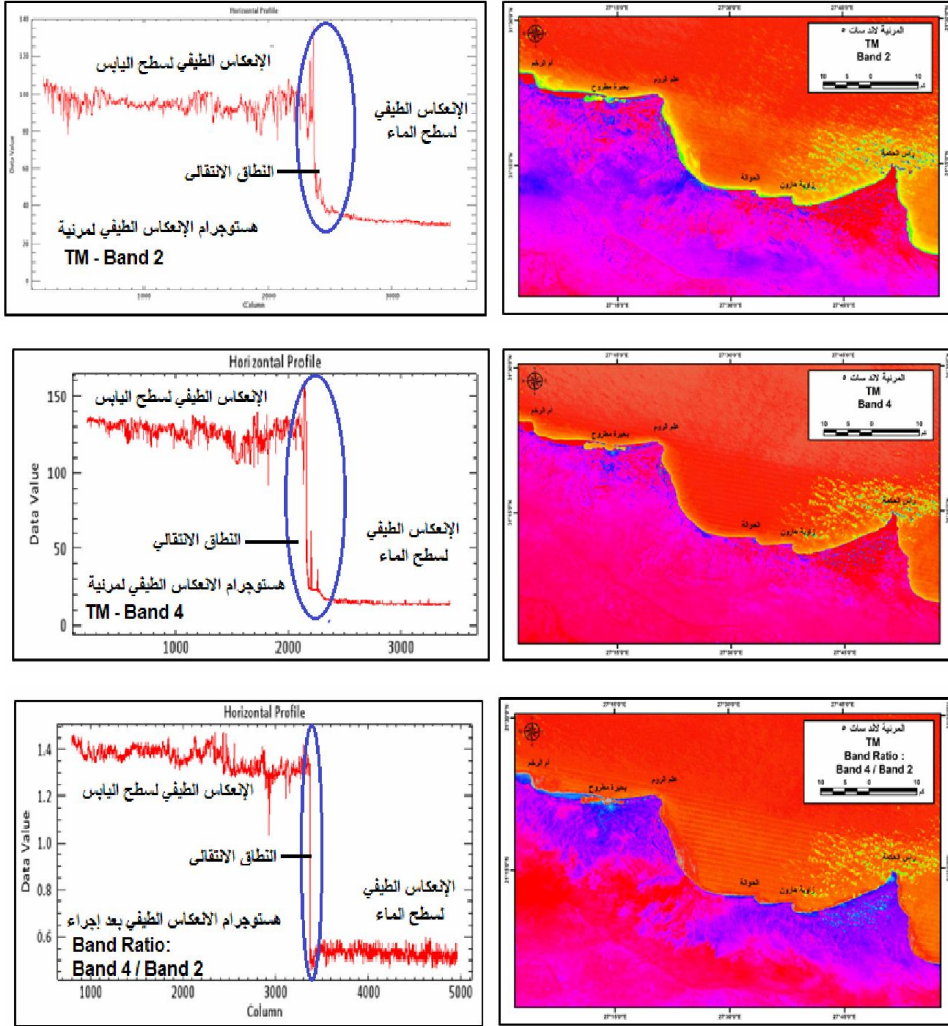
وبلاحظ من الشكلين، أن منحني الهستوجرام الخاص بقيم الانعكاس الطيفي في حالة الأطياف المنفردة يتغير تدريجياً على امتداد النطاق الإنتقالي بين اليابس والماء، دون وجود قيمة حاسمة تمثل خط التماس الواقع فيما بينهما (خط الشاطئ)، بينما يتميز التغير

<sup>3</sup> ( يتراوح الطول الموجي لطيف في مرئيات LandSat 5 Band2 ما بين 0.52 - 0.60 ميكرون ) بينما يتراوح الطول الموجي في Band 4 ما بين ( 0.77 - 0.90 ميكرون ) .

<sup>4</sup> ( يتراوح الطول الموجي لطيف في مرئيات LandSat 8 Band2 ما بين 0.45 - 0.51 ميكرون ) بينما يتراوح الطول الموجي في Band 5 ما بين ( 0.85 - 0.88 ميكرون ) .

تغير خط الشاطئ بين رأس الحكمة ورأس أم الرخم بالساحل الشمالي الغربي لمصر د. عبدالرازق بسيوني الكومي

في منحنى الإنعكاس الطيفي بالوضوح والحسم في حالة الصور الناتجة عن إجراء عملية Band Ratio في المرئيات (TM & ETM)، وهو ما تم الإعتماد عليه في تحديد خط الشاطئ من خلال المرئيات الفضائية لمنطقة الدراسة فيما بين عامي (١٩٨٥ - ٢٠١٥).

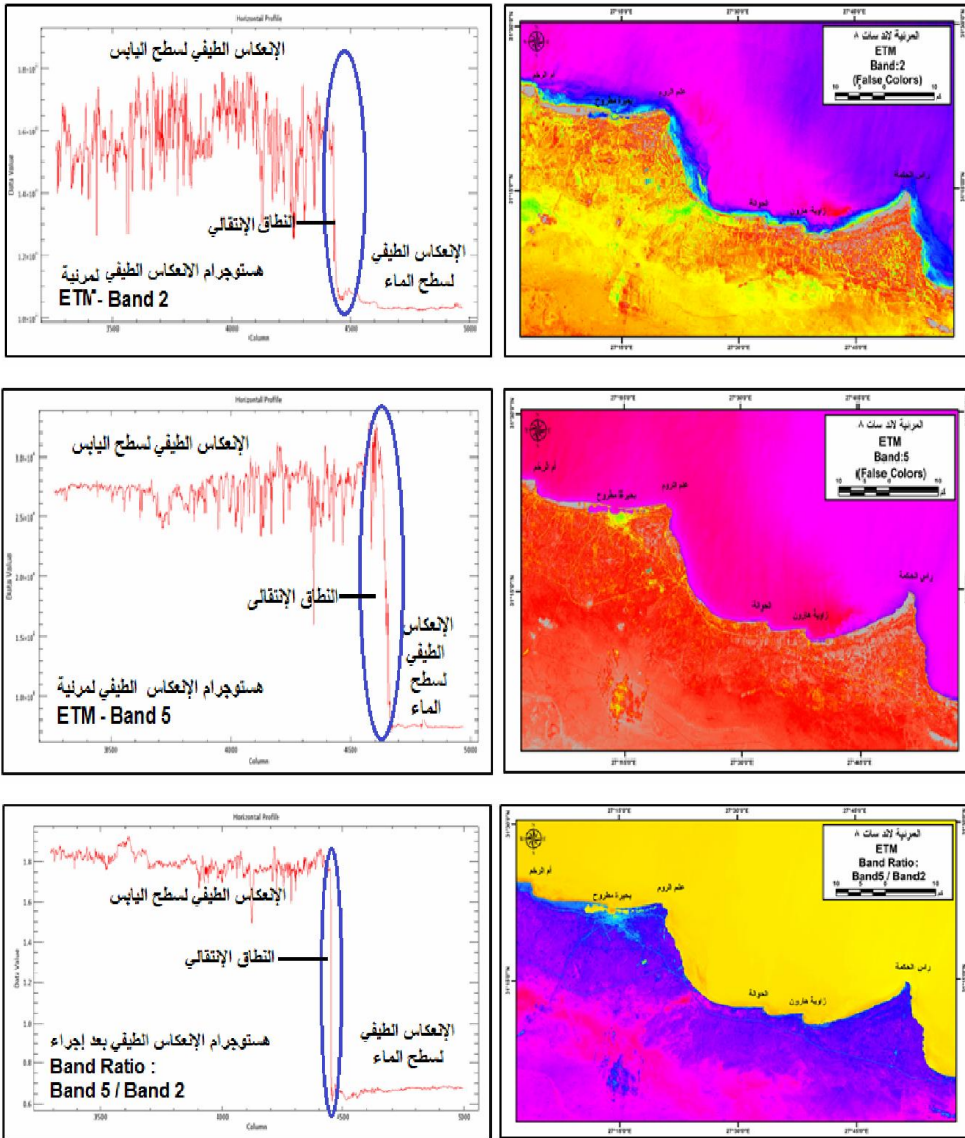


شكل (١١) التباين في الإنعكاس الطيفي Band 2، Band4، و Band Ratio فوق

اليابس والماء بالمنطقة الممتدة بين رأس الحكمة ورأس أم الرخم

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على المرئية الفضائية TM، Bands 2&4، باستخدام برنامج

.Envi 5.1



شكل (١٢) التباين في الإنعكاس الطيفي Band 2، Band 5، و Band Ratio للمرئية الفضائية ETM فوق اليابس والماء بالمنطقة الممتدة بين راس الحكمة وراس أم الرخم

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على المرئية الفضائية ETM، Bands 2&5، باستخدام برنامج Envi 5.1.

كما تم حساب مؤشر التغير القياسي فى كتل المياه normalized difference water index (NDWI)، ويستخدم هذا المؤشر كوسيلة مساعدة كذلك فى تحديد النطاق الفاصل بين اليابس والماء (خط الشاطئ) بدقة، ويتم تقدير التغير فى كتلة المياه باستخدام تقنية Band Math من خلال النموذج الرياضي على النحو التالى : [ نطاق الأشعة الخضراء Green Band - النطاق القريب من الأشعة تحت الحمراء NIR Band ] ÷ [ مجال الأشعة الخضراء Green Band + المجال القريب من الأشعة تحت الحمراء NIR Band ] (McFeeters , 1996, pp1425-1432).

وتم إجراء تعديل النموذج الرياضي لمؤشر التغير فى كتلة المياه بداية من ظهور المرئيات الفضائية LandSat TM ليحل المجال الطيفي الخاص بالأشعة تحت الحمراء المتوسط (MIR) Middle Infrared Band بدلاً من المجال القريب من الأشعة تحت الحمراء (NIR Band)، ويطلق على هذه النموذج الرياضي المؤشر الرقمي المعدل لتغير كتل المياه Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI)، وقد ساعد ذلك على إعطاء نتائج أكثر حسماً فى تحديد خط الشاطئ من المرئيات الفضائية LandSat 5&8 (El-Asmar H.M., 2010, p.3).

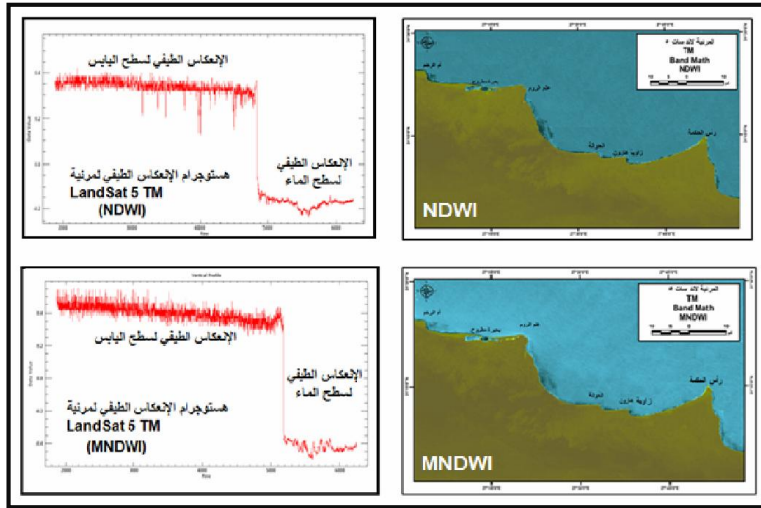
والمقارنة نتائج مؤشر التغير فى كتلة المياه فى كل من مرئية (TM) LandSat 5، و (ETM) LandSat 8، يمكن تقدير التغير الذي يطرأ على خط الشاطئ فى كل منهما، وذلك من خلال مطابقة خط الشاطئ فى مرئية عام ١٩٨٤، بنظيرتها فى عام ٢٠١٥.

ويوضح الشكلان (١٣، ١٤) نتائج تطبيق المؤشر الرقمي لتغير كتلة المياه، فى النموذج الأصيل والمعدل، بالإضافة الى هستوجرام الانعكاس الطيفي الخاص به لكل مرئية، ومنهما يتضح التباين الشديد فى العتبة الفاصلة Thresholding بين الانعكاس الطيفي لمياه البحر المتوسط ويابس المنطقة بين رأس الحكمة ورأس أم الرخم.

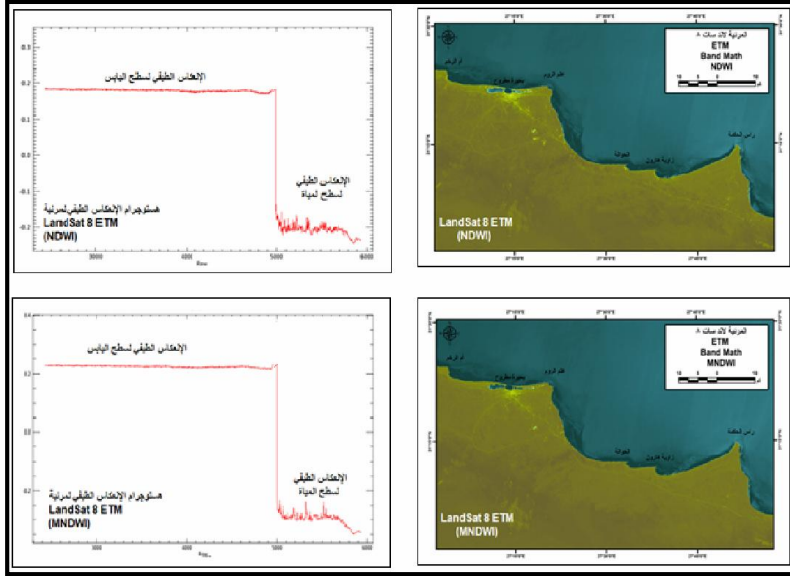
ويلاحظ من خلال منحنى الانعكاس الطيفي فى كل مرئية، إلى أن مؤشر التغير القياسي المعدل لكتلة المياه (MNDWI)، يتميز بالانتظام عن نظيره الاساسي (NDWI) نظراً لفاعلية التحسس الخاصة بالأشعة تحت الحمراء المتوسطة (MIR) لكتل المياه وتمثيل تغير مساحاتها، مما يجعل مؤشر التغير القياسي لكتل المياه المعدل، من أفضل النماذج الرياضية

التي يمكن الإعتماد عليها في تحديد خط الشاطئ، تمهيداً لإجراء عملية المطابقة Overlay، للمرتبات المتباينة زمنياً، من أجل الحصول على مقدار ومعدل التغير الذي يصيب خط الشاطئ، والتوقع المستقبلي لهذا التغير.

وتجدر الإشارة إلى أن تطبيق هذه الصيغة الرياضية التي تجمع هذه المجالات الطيفية، تنتج صورة ذات بيانات مكانية من النمط الشبكي، تحمل خلايا قيم تتراوح ما بين (+1) لتمثيل الكتل المائية في المنطقة، و (-1) لتمثيل الكتل غير المائية من سطح الأرض، بينما تمثل الخلايا التي تحمل قيم ما بين (+0.2، -0.2) خط الشاطئ وفقاً لتطبيق هذا المؤشر على منطقة الدراسة بين رأس الحكمة ورأس أم الرخم، اعتماداً على المرئية الفضائية LandSat 5 TM، بينما يكون مدي هذه القيم أقل وأكثر تحديداً وحسماً في المرئية LandSat 8 ETM حيث تتراوح هذه القيم ما بين (+0.15، -0.15) كما يوضحه منحنى هستوجرام الإنعكاس الطيفي في الأشكال التالية..



شكل (١٣) مؤشر التغير القياسي الاساسي والمعدل (MNDWI & NDWI) لكتلة المياه من المرئية LandSat 5 TM، ومنحنى الإنعكاس الطيفي لكل



شكل (١٤) مؤشر التغير القياسي الاساسي والمعدل (MNDWI & NDWI) لكتلة المياه من المرئية LanSat 8 ETM، ومنحني الإنعكاس الطيفي لكل منهما المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على المرئية الفضائية LandSat 8 ETM، باستخدام تقنية Band Math فى برنامج Envi 5.1

ثالثاً : تقدير التغير فى خط الشاطئ بين عامي ١٩٨٤، و ٢٠١٥ م.

لتقدير قيم التغير الإجمالى الذي أصاب خط الشاطئ بين رأس الحكمة ورأس أم الرخم، وكذلك نمط هذا التغير، فى الفترة الممتدة ما بين ( ١٩٨٤ - ٢٠١٥ )، سواء تمثل فى التقدم على حساب البحر، أم التراجع على حساب اليابس، فضلاً عن التوزيع الجغرافي لأنماط التغير على امتداد الساحل فى منطقة الدراسة، تم الإعتماد على نتائج مؤشر التغير القياسي المعدل (MNDWI)، الذي نفذ على مرئيات Landsat 5 TM، و LandSat 8 ETM، حيث تم عمل تطابق overlay لنتائج المؤشر فى كل من المرئيتين، بهدف تحديد خط الشاطئ فى كل منهما، باستخدام ArcGIS.

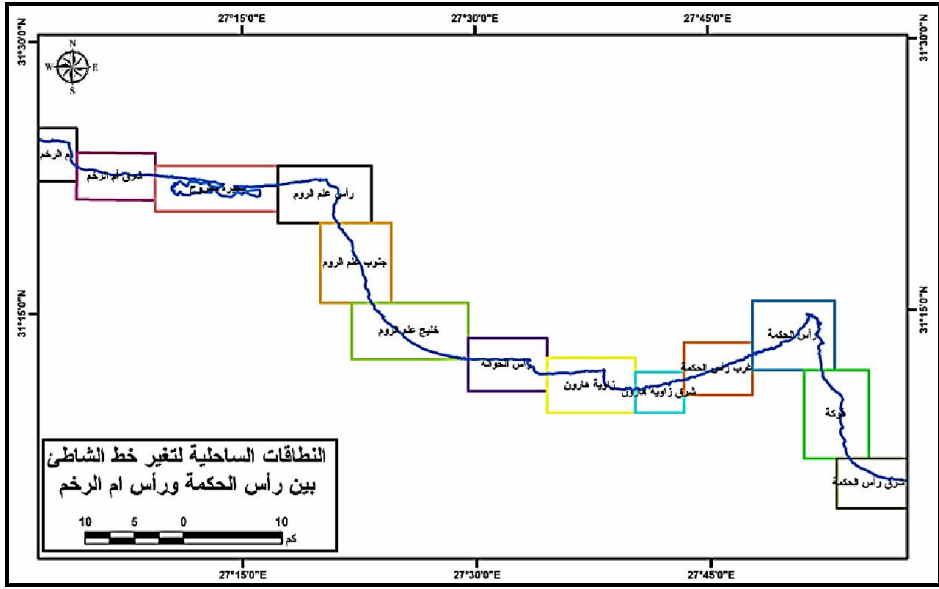
وحتى تتم الدراسة التفصيلية لقيم ومعدلات التغير التى أصابت خط الشاطئ، تم تقسيم المنطقة إلى مجموعة من النطاقات الساحلية coastal zones، يمكن رصد قيمة التغير ونمطه خلالها، ويوضح الجدول (١١) أهم هذه النطاقات موضعاً بعض الخصائص التى ربما تساعد فى تحليل تغير خط الشاطئ بها.

## جدول (١١) النطاقات الرئيسية للساحل ما بين رأس الحكمة ورأس أم الرخم

م	النطاق الساحلي	التكوين الجيولوجي	الخصائص الجيومورفولوجية	اتجاه الساحل	درجة انحدار الشاطئ	اتساع الشاطئ / متر	الإستخدام البشري
١	رأس أم الرخم	رمال + حجر جيري	شواطئ رملية وسلاسل تلال	شرق/غرب + شمال / جنوب	٩-٤	١٨٠ - ٢٤٠	قري سياحية
٢	شرق أم الرخم	رمال	شواطئ رملية	شرق / غرب	٥-٣	٤٢٠	قري سياحية
٣	بحيرة مطروح	حجر جيري	شواطئ صخرية	شرق / غرب	٣-١	٥٤ - ١٣٠	سكني - سياحة
٤	رأس علم الروم	حجر جيري	شواطئ صخرية رصيف نحت الموج	شرق / غرب	٢-١	٤٠-١٠	ملاحة - سياحة
٥	جنوب علم الروم	حجر جيري + رمال	شواطئ رملية	شمال - جنوب	٤-٢	١٢٠ - ٢٠٠	سياحة
٦	خليج علم الروم	حجر جيري + رمال	شواطئ رملية	شمال غرب / جنوب شرق	٤-٢	١٢٠ - ٢٠٠	سياحة
٧	رأس الحوالة	حجر جيري + رمال	شواطئ رملية	شرق/غرب + شمال / جنوب	٧-٤	١٨٠ - ٤٣٠	سياحة + ملاحة
٨	زاوية هارون	حجر جيري	شواطئ صخرية ورملية رصيف نحت الموج	شرق/غرب + شمال / جنوب	٧-٣	٦٠ - ١٠	سياحة
٩	شرق زاوية هارون	حجر جيري	شواطئ صخرية رصيف نحت الموج	شرق/غرب	٥-٢	٢٣-٨	-
١٠	غرب رأس الحكمة	حجر جيري	شواطئ صخرية رصيف نحت الموج	جنوب غرب /شمال شرق	٥-٢	٢٠-٥	-
١١	رأس الحكمة	حجر جيري	شواطئ صخرية جروف، رصيف نحت الموج	جنوب غرب /شمال شرق + شمال/ جنوب	٥-٢	٣-٣	حكومي
١٢	فوكة	حجر جيري	شواطئ صخرية جروف، رصيف نحت الموج	شمال غرب/ جنوب شرق	٥-٢	١٥-٤	-
١٣	شرق رأس الحكمة	حجر جيري + رمال	شواطئ رملية	شمال غرب / جنوب شرق	٤-٢	٧٥ - ١٥٠	سياحة

المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على الخريطة الجيولوجية والدراسة الميدانية.





شكل (١٥) النطاقات الساحلية الرئيسية على خط الشاطئ فيما بين رأس الحكمة وأم الرخم

المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على المرئية Land Sat 8 ETM، باستخدام برنامج

ArcGIS 10.2.

من خلال مطابقة خط الشاطئ الناتج عن عملية Band Math للمرئيات الفضائية عامي (١٩٨٤، ٢٠١٥)، أمكن رصد التغير الذي أصاب خط الشاطئ في المنطقة داخل النطاقات الساحلية الثلاثة عشر المذكوره، ويوضح الشكل (١٦) مقدار التغير الذي أصاب خط الشاطئ داخل كل نطاق من هذه النطاقات الساحلية، وقد تمثلت صور التغير الذي أصاب الشاطئ في تغير طوله، وتباين ما بين التقدم داخل البحر، أم التراجع نحو اليابس لمسافات، ومساحات كل من مناطق النحت والإرساب في المنطقة، وفيما يلي تحليل لكل من عناصر التغير التي أصابت خط الشاطئ فيما بين عامي (١٩٨٤ - ٢٠١٥) كما يلي :

#### أ- التغير في طول خط الشاطئ :

يوضح الجدول (١٢) أطوال خط الشاطئ بالنطاقات الساحلية على امتداد المنطقة، في عامي (١٩٨٤ - ٢٠١٥) ومن خلال الجدول والشكل يمكن استنتاج الاتي :

- شهدت اطوال خط الشاطئ داخل النطاقات الساحلية جميعاً تغيراً ملحوظاً، حيث بلغ اجمالي طول خط الشاطئ بالمنطقة عام ١٩٨٤ (٤٦.٢ كم)، بينما تغير هذا الطول ليصبح (٤٥.٥ كم) عام

٢٠١٥، وذلك بفارق في الطول بلغ (- ٥٥٠ متراً) مما يشير إلى أن خط الشاطئ بين رأس الحكمة ورأس أم الرخم يتعرض لعملية تسوية للمسننات الأرضية التي تكتفها، وأنه يتحول بمرور الوقت من الشكل المتعرج نسبياً إلى الشكل الأكثر ميلاً للإستقامة.

م	النطاق	طول خط الشاطئ كم		الفرق / متر	معدل التغير السنوي/ متر
		١٩٨٤	٢٠١٥		
١	رأس أم الرخم	٦.٥٧٣	٦.٥٥٥	١٨-	٠.٥٨-
٢	شرق أم الرخم	٨.٢٢٤	٨.١٩٨	٢٦-	٠.٨٤-
٣	بحيرة مطروح	٢٣.٢١٨	٢٣.٧٢١	٥٠.٣	١٦.٢٢
٤	رأس علم الروم	١٠.٧١٤	١٠.٩٧٢	٢٥٨	٨.٣٢
٥	جنوب علم الروم	٩.٥٣٥	٩.٤٧٨	٥٧-	١.٨٣-
٦	خليج علم الروم	١٢.٠٨١	١٢.٠٥١	٣٠-	٠.٩٦-
٧	رأس الحوالة	٩.٦٠١	٩.٦٢٢	٢١	٠.٦٨
٨	زاوية هارون	١١.٢٧١	١٠.٩٨٩	٢٨٢-	٩.١٠-
٩	شرق زاوية هارون	٦.٦٥٩	٦.٨٧٧	٢١٨	٧.٠٣
١٠	غرب رأس الحكمة	٨.٤٦١	٧.٦٣٨	٨٢٣-	٢٦.٥٥-
١١	رأس الحكمة	١٧.٨٣٢	١٧.٤٤٢	٣٩٠-	١٢.٥٨-
١٢	منطقة فوكة	١٠.٨٦٣	١٠.٩٠٤	٤١	١.٣٢
١٣	خليج رأس الحكمة	١١.١٧٦	١١.٢١١	٣٥	١.١٣
١٤	الاجمالي	١٤٦.٢٠٨	١٤٥.٦٥٨	٥٥٠-	١٧.٧٤-

جدول (١٢) تغير طول خط الشاطئ في المنطقة بين عامي (١٩٨٤ - ٢٠١٥)

المصدر : الجدول من عمل الباحث اعتماداً على قياسات المرئيات الفضائية باستخدام ArcGIS 10.2

- تتباين النطاقات الساحلية في منطقة الدراسة في مقدار التغير الذي أصاب طول خط الشاطئ بها، وقد تعرضت اطوال خط الشاطئ في سبعة نطاقات ساحلية تمثل (٥٤%)

من عدد النطاقات الساحلية بالمنطقة إلى التغير السلبي، حيث قل طول خط الشاطئ فيها عام ٢٠١٥، عن نظيره عام ١٩٨٤، وهي نطاقات ( رأس أم الرخم، وشرق أم الرخم، جنوب علم الروم، ورأس زاوية هارون، وغرب رأس الحكمة، ورأس الحكمة)، وتتميز هذه النطاقات الساحلية بخط شاطئ يمتد لسمافة كبيرة نسبياً متوازياً للإتجاه العام لتيار الدفع الساحلى،الذي يمر بجوار خط الساجل من الغرب إلى الشرق، كما تتميز هذه النطاقات باحتواء شواطئها على العديد من المسننات الصخرية الصغيرة التى أكسبت ولا تزال خط الشاطئ بعضاً من تعرجاته الساحلية الصغيرة، وهي مجال الفعل التحاتي لمياة هذا التيار الطولى الذي يعمل باستمرار على نحتها وتحول خط الشاطئ من التعرج الى الإستقامة بمرور الوقت، وهوما يؤدي إلى قصر اطوال خط الشاطئ بهذه النطاقات الساحلية.

بلغ متوسط التغير السلبي فى اطوال خط الشاطئ بالنطاقات الساحلية على مستوي المنطقة ككل ( ٢٢٨ متراً) بينما تراوحت قيم التغير السلبي فى اطوال خط الشاطئ فى النطاقات السبعة السابقة ما بين (- ١٨ متراً) فقط لخط الشاطئ فى نطاق أم الرخم و(٨٢٣ متراً) لنطاق غرب رأس الحكمة، ويعود هذا التباين الكبير فى مقدار التغير فى خط الشاطئ إلى عاملين رئيسيين : الأول يتمثل فى طول امتداد النطاق الساحلى، بينما يتمثل العامل الآخر فى مقدار التعرجات التى تكتنف الشاطئ داخل هذا النطاق، حيث يتميز نطاق غرب رأس الحكمة بشدة التعرج نتيجة للمسننات التى تكتنفه، بسبب تأثر كتل الحجر الجيري المكونة لسلاسل التلال الساحلية التى تطل مباشرة على البحر بالعديد من الفواصل والشقوق، التى تهيئ عملية النحت والتراجع على امتداد محاورها، بالإضافة التى تعرض هذه الصخور إلى التقطع بفعل المسيلات وشعاب الأودية التى تنحدر من على سطحها باتجاه البحر، إذ يؤدي تعرض هذه المسننات والرؤس الصخرية الصغيرة للنحت المستمر، إلى تسوية خط الساحل وقصر طوله مع الوقت.

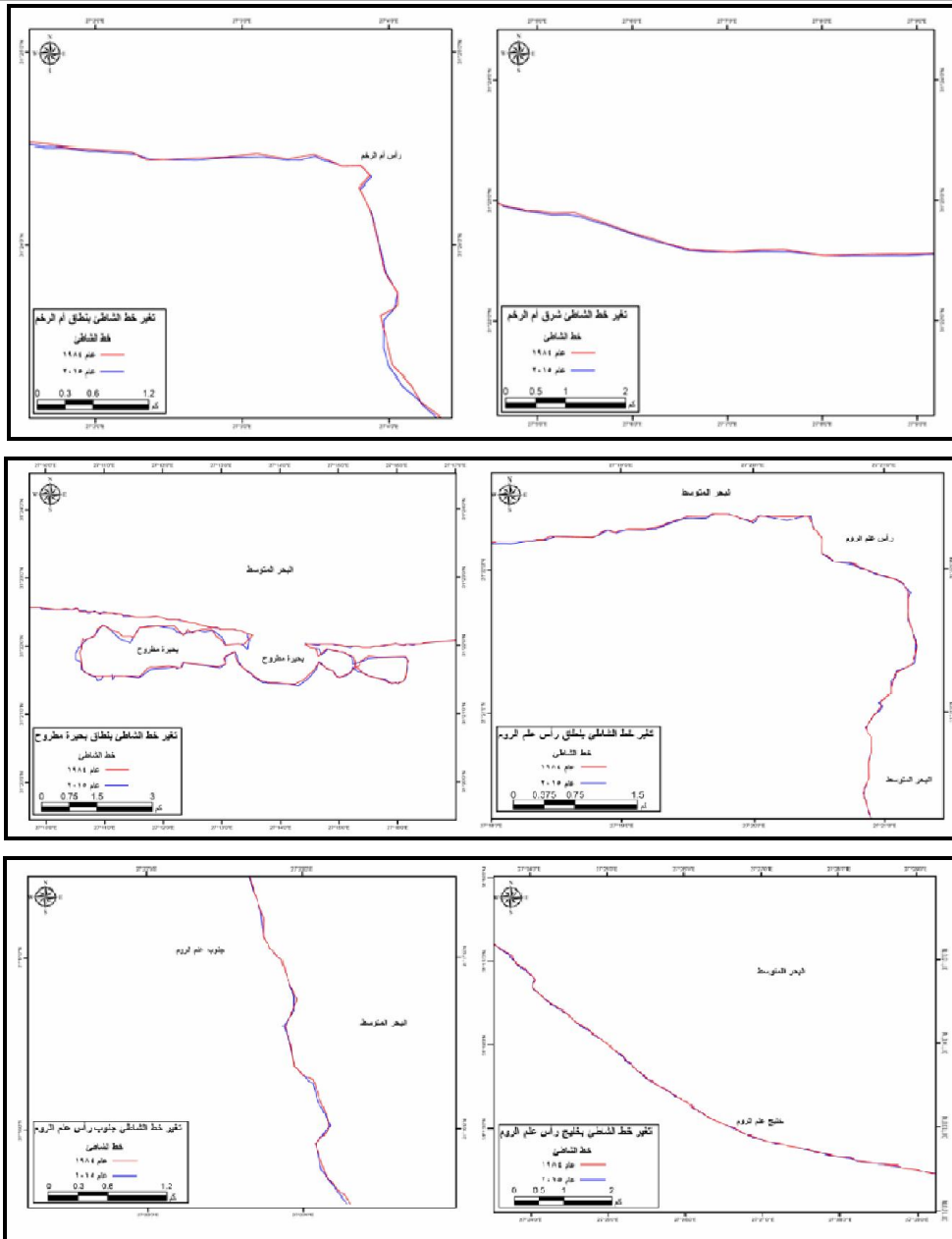
- يزداد طول خط الشاطئ الحديث (٢٠١٥) عن طول خط الشاطئ القديم (١٩٨٤) فى ستة نطاقات ساحلية هي نطاقات (بحيرة مطروح، ورأس علم الروم، والحوالة، وشرق زاوية هارون، ومنطقة فوكة، خليج رأس الحكمة) وهى تمثل (٤٦%) من إجمالى عدد النطاقات، وقد بلغ متوسط الزيادة فى طول خط الشاطئ (١٧٩ متراً) بينما تراوحت

بين (٢١ متراً) لأقل النطاقات تغيراً وهونطاق رأس الحوالة، و(٥٠٣ متراً) لأكثر النطاقات التي شهدت تغيراً ايجابياً فى خط الشاطئ، وهو نطاق بحيرة مطروح، ويرجع السبب فى ذلك الى الأنشطة البشرية ودورها فى استقطاع اجزاء من الكتل المائية واستغلالها فى مجال التنمية النشاط الإقتصادية ولا سيما النشاط السياحي على شواطئ البحيرة والسلسلة الشمالية من سلاسل الحجر الجيري.

- بلغ معدل التغير العام فى طول خط الشاطئ فى منطقة الدراسة (-١٧.٧٤) متر/ سنة، بينما تتباين قيمته سلباً وإيجاباً على مستوي النطاقات الساحلية، حيث يتراوح ما بين (-٠.٥٨) متر/ سنة، فى نطاق رأس أم الرخم و (- ٢٦.٥٥) متر / سنة، فى نطاق غرب رأس الحكمة.

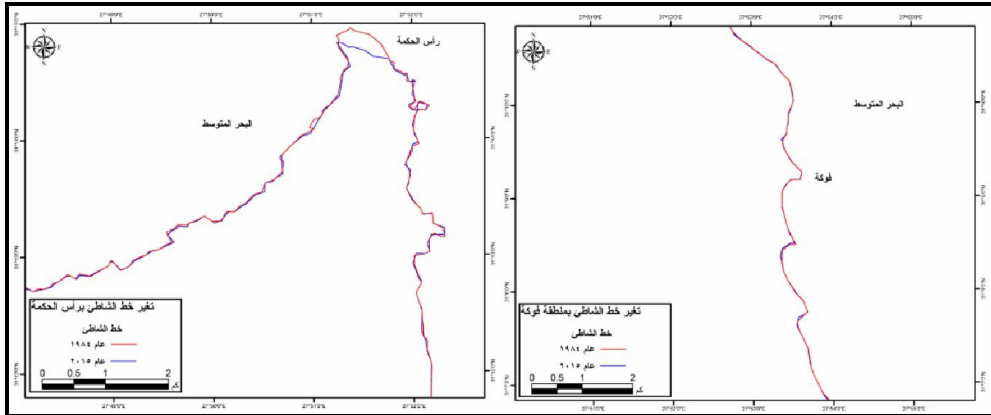
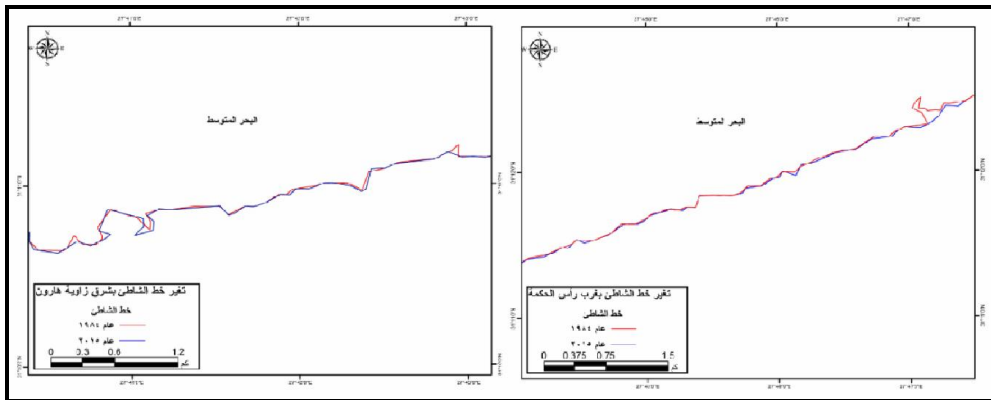
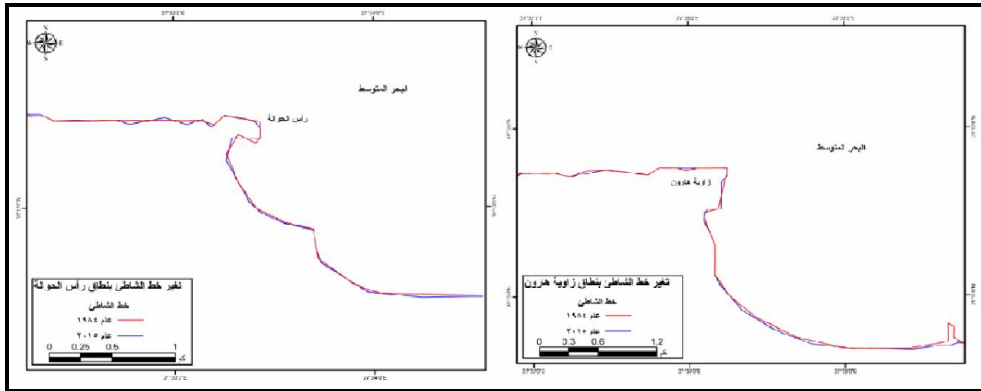
ويوضح الشكل (١٧) اطوال خط الشاطئ فى النطاقات الساحلية، ومعدل التغير السنوي فى طول خط الشاطئ فى كل من هذه النطاقات بالمنطقة بين رأس الحكمة شرقاً ورأس أم الرخم غرباً، ومن خلال الشكل يتضح أن أسرع القطاعات تغيراً فى طول خط الشاطئ نتيجة لتعرضه للتسوية الطولية، هو قطاع غرب رأس الحكمة فى المنطقة الممتدة بين شرق زاوية هارون ورأس الحكمة ذاتها، والتغير فية سالباً حيث يقل طول خط الشاطئ الحديث عن خط الشاطئ القديم بمعدل سنوي بلغ (-٢٦.٥٥ متراً/ سنة) يليه قطاع بحيرة مطروح بمعدل تغير موجب بلغ (١٦.٢٢ متراً/ سنة) بينما ابطأ القطاعات تغيراً فهو قطاع رأس أم الرخم الذي يبلغ معدل التغير فيه (- ٠.٥٨ متراً / سنة) يليه قطاع رأس الحوالة بمعدل تغير لم يتجاوز (٠.٦٨ متر / سنة) فقط.

تغير خط الشاطئ بين رأس الحكمة ورأس أم الرخم بالساحل الشمالي الغربي لمصر .د.عبدالرازق بسيوني الكومي



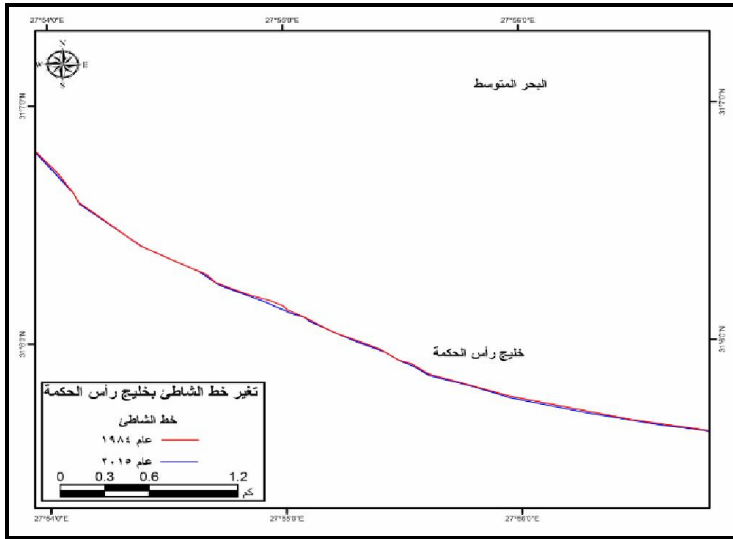
شكل (١٦- أ) تغير موقع خط الشاطئ بين رأس أم الرخم وخليج علم الروم عامي (١٩٨٤-٢٠١٥)

المصدر : من عمل الباحث من خلال المرئيات الفضائية المعالجة باستخدام برنامج ArcGIS 10.2.



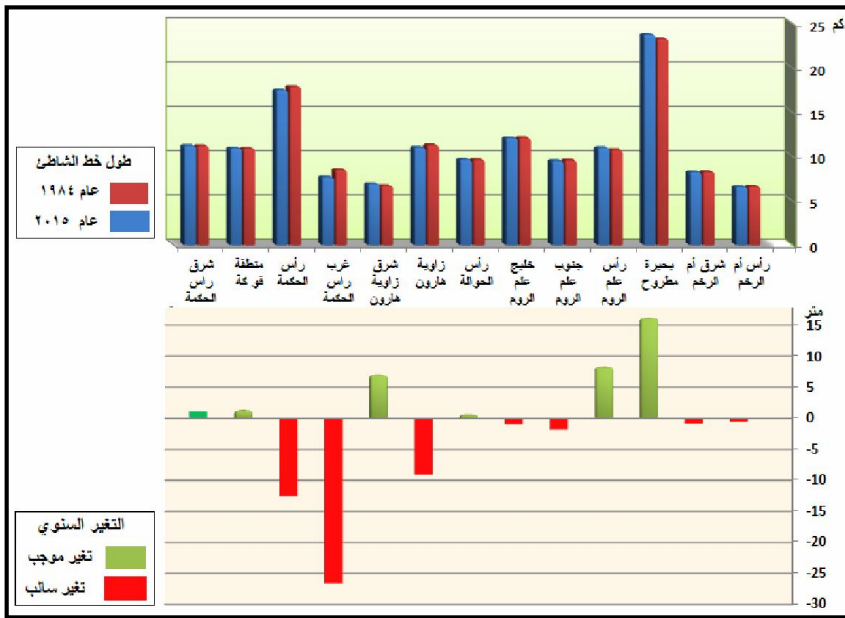
شكل (١٦-ب) تغير موقع خط الشاطئ بين رأس الحوالة وفوكة عامي (١٩٨٤-٢٠١٠)

المصدر : من عمل الباحث من خلال المرئيات الفضائية المعالجة باستخدام برنامج ArcGIS 10.2.



شكل (١٦- ج) تغير موقع خط الشاطئ بخليج رأس الحكمة عامي (١٩٨٤-٢٠١٥)

المصدر : من عمل الباحث من خلال المرئيات الفضائية المعالجة باستخدام برنامج ArcGIS 10.2.



شكل (١٧) طول خط الشاطئ ومعدل التغير السنوي له بين رأس الحكمة ورأس أم الرخم

الشكل من عمل الباحث اعتماداً على بيانات الجدول (١٢) باستخدام برنامج SPSS 18.

## ب- التغيير في موقع خط الشاطئ (التغيير الخطي) Linear Change

يتحدد التغيير في موقع خط الشاطئ من خلال مقدار تقدمه باتجاه البحر نتيجة لعمليات الإرساب، أو من خلال تراجعها أمام عمليات النحت بصورها المختلفة، ويساعد تقييم التغيير في موقع خط الشاطئ على التنبؤ بما إذا كانت النطاقات الساحلية المدروسة تتغير وفق وتيرة ثابتة، أم تتباين من منطقة إلى أخرى وفقاً للاختلافات المحلية لكل نطاق (Chandrasekar N.,2011, .p.4).

ويوضح الجدول (١٣) البيانات الخاصة بالتغيير الخطي لواقع خط الشاطئ خلال عامي (١٩٨٤ - ٢٠١٥).

جدول (١٣) التغيير الخطي لموقع خط الشاطئ خط الشاطئ ومعدله السنوي بين عامي (١٩٨٤ - ٢٠١٥)

م	النطاق	مقدار التغيير والتراجع / متر		صافي التغيير / متر	معدل التغيير السنوي / متر		معدل صافي التغيير م / سنة
		تقدم	تراجع		تقدم	تراجع	
١	رأس أم الرخم	٤٠	٦٢	٢٢	١.٢	٢.٠	٠.٧١
٢	شرق أم الرخم	٠	٥٦	٥٦	٠	١.٨	١.٨
٣	بحيرة مطروح	٥٢	١٢١	٦٩	١.٦	٣.٩	٢.٢
٤	رأس علم الروم	١٥	٣٨	٢٣	٠.٥	١.٢	٠.٧٤
٥	جنوب علم الروم	١٤	٣٣	١٩	٠.٥	١.١	٠.٦
٦	خليج علم الروم	٠	١٢	١٢	٠	٠.٤	٠.٤
٧	رأس الحوالة	٣٢	٤٩	١٧	١	١.٦	٠.٥
٨	زاوية هارون	٣٣	٤٢	٩	١.١	١.٤	٠.٣
٩	شرق زاوية هارون	٣٤	٧٢	٣٨	١.١	٢.٣	١.٢
١٠	غرب رأس الحكمة	١٨	٤٦	٢٨	٠.٦	١.٥	٠.٩
١١	رأس الحكمة	٢٠	١٦٠	١٤٠	٠.٦	٥.١	٤.٥
١٢	منطقة فوكة	٠	٤٣	٤٣	٠	١.٤	١.٤
١٣	خليج رأس الحكمة	٠	٢٢	٢٢	٠	٠.٧	٠.٧
١٤	المتوسط	١٩.٨	٥٨.١٥	٣٨.٣٥	٠.٦٣	١.٩	١.٢

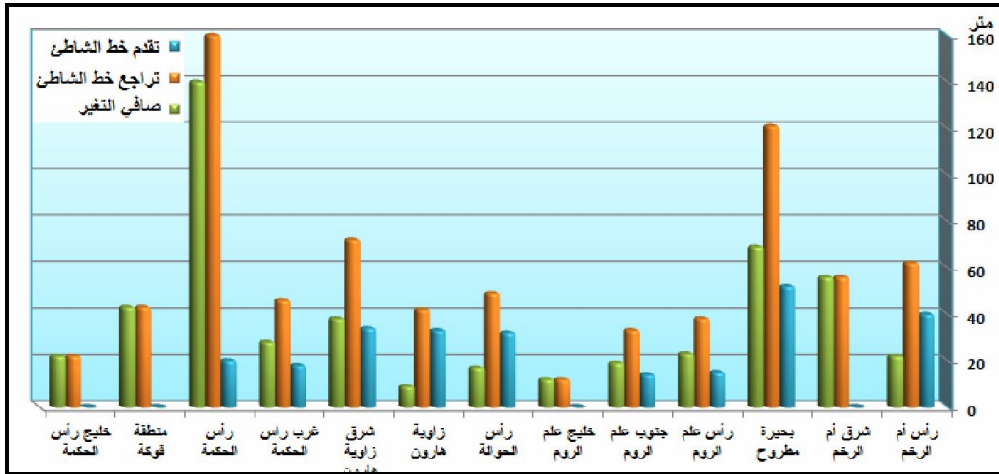
المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على المرئيات الفضائية باستخدام ArcGIS 10.2.



ومن خلال الجدول يمكن استنتاج الآتي :

- أن معظم النطاقات الساحلية في منطقة الدراسة قد شهدت تراجعاً عاماً لخط الشاطئ في (٢٠١٥) عن نظيره في عام (١٩٨٤)، بالإضافة إلى بعض حالات التقدم القليلة داخل كل نطاق، إلا أن مقدار تراجع خط الشاطئ كان يفوق بكثير حالات التقدم نحو البحر على قلتها.
- يختفي تماماً تقدم خط الشاطئ على حساب البحر في أربعة نطاقات ساحلية بالمنطقة هي : نطاقات : شرق أم الرخم، وخليج علم الروم، ومنطقة فوكة، وخليج رأس الحكمة، واقتصر نمط التغير فيها على تراجع خط الشاطئ الحديث عن الخط القديم.
- بلغ المتوسط العام لتقدم خط الشاطئ على حساب البحر في منطقة الدراسة ككل (١٩٠.٨ متراً)، وتراوح على مستوي النطاقات الساحلية بين (١٤ متراً) فقط للنطاق الواقع إلى الجنوب من رأس علم الروم، و(٥٢ متراً) لنطاق بحيرة مطروح.
- بلغ المتوسط العام لمقدار تراجع خط الشاطئ ٢٠١٥ (٥٨.١٥ متراً)، بينما تراوحت قيمة هذا التراجع على مستوي النطاقات الساحلية بين (١٢ متراً) فقط في النطاق جنوب رأس علم الروم، و(١٦٠ متراً) عند قمة رأس الحكمة.
- تتخفف بعامة معدلات التغير السنوية في تقدم خط الشاطئ على حساب البحر في المناطق التي تميزت بذلك، حيث لم يتجاوز معدل التقدم السنوي على مستوي منطقة الدراسة في المناطق التي شهدت مثل هذا التقدم (٠.٦٣ متراً) فقط، وتراحت على مستوي النطاقات بين (٠.٥) متراً، (١.٦) متراً، فضلاً على النطاقات التي لم تشهد في الأساس أي تغير لخط الساحل في اتجاه البحر.
- يبلغ معدل التغير السنوي لتراجع خط الشاطئ في المنطقة ككل (١.٩ متراً)، بينما يتراوح ما بين (٠.٤ متراً) لخليج علم الروم، و(٥.١ متراً) لرأس الحكمة.
- ونخلص مما سبق إلى أن عمليات النحت البحري بمختلف صورها في منطقة الدراسة، هي الأكثر تأثيراً وفعالية في إحداث التغير الذي أصاب خط الشاطئ خلال الواحد والثلاثون سنة الماضية، بينما عمليات الإرساب تسهم في ذلك بقدر ضئيل نسبياً.

- من خلال حساب صافي التغير والذي يمكن الحصول عليه بحساب الفارق ما بين قيم التراجع والتقدم لخط الشاطئ، يتضح أن صافي التغير في مواقع خط الشاطئ بالمنطقة ككل بلغ (٣٨.٣٥ متراً)، بمعدل سنوي بلغ (١.٢ متراً).
- بالإعتماد على المتوسط السنوي لصافي التغير لخط الشاطئ يمكن تقسيم النطاقات الساحلية في المنطقة حسب نشاتها التحتاتي إلى ثلاث فئات رئيسية :
- الفئة الاولى : النطاقات الساكنة (الهادئة) Inactiv Zone** وهي النطاقات التي يقل فيها المعدل السنوي لصافي التغير عن (١ متر / سنة) وتشمل ثمانية نطاقات ساحلية تمثل ٠.٦٢% من عدد النطاقات في المنطقة هي : نطاق رأس أم الرخم، وعلم الروم، وجنوب علم الروم، وخليج علم الروم، ورأس الحوالة، وزاوية هارون، وغرب رأس الحكمة، وخليج رأس الحكمة.
- الفئة الثانية : النطاقات متوسطة النشاط Medium Activity Zones**، تشمل النطاقات التي يتراوح فيها صافي التغير ما بين (١ : ٢ متر / سنة )، وتحتوي هذه الفئة على ثلاث نطاقات هي : نطاق شرق أم الرخم، ونطاق شرق زاوية هارون، ونطاق منطقة فوكة.
- الفئة الثالثة : هي النطاقات النشطة Active Zones** وتشمل النطاقات التي يزيد صافي التغير السنوي عن (٢ متر / سنة ) ويمثلها في المنطقة نطاقان إثنان فقط هما نطاق بحيرة مطروح، ونطاق رأس الحكمة.



شكل (١٨) قيم تغير خط الشاطئ وصافي التغير في المنطقة بين رأس الحكمة ورأس أم الرخم

المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على بيانات الجدول (١٣) باستخدام برنامج SPSS 18

#### ت- التغير في معدلات النحت والإرساب

تباينت المساحات التي تعرضت للنحت والإرساب على مستوي النطاقات الساحلية بالمنطقة بداية من رأس الحكمة في الشرق وحتى رأس أم الرخم في الغرب، ويحتوي الجدول (١٤) على نتائج حساب المساحات التي تعرضت للنحت على امتداد الساحل بالمنطقة وتلك التي تم تدعيمها من خلال تراكم الرواسب بواسطة عملية الإرساب، كما يوضح الشكل (١٩) توزيع كل من مساحات النحت والإرساب داخل كل النطاقات الساحلية، ومن خلال الجدول والشكل يمكن استنتاج الحقائق الآتية:

- بلغ إجمالي مساحة المناطق التي تعرضت إلى التآكل والنحت في منطقة الدراسة (٣٥١.٢ كم<sup>٢</sup>)، وتراحت مساحة هذه المناطق على مستوي النطاقات الساحلية الرئيسية في المنطقة ما بين (٢٣.٠٠٢ كم<sup>٢</sup>) في نطاق خليج علم الروم، (٣٥٦.٠٢ كم<sup>٢</sup>) في نطاق بحيرة مطروح، بينما بلغ المتوسط العام لمساحات النحت في المنطقة (١٠٤.٠٢ كم<sup>٢</sup>).
- بلغ إجمالي المناطق التي تعرضت لتراكم الإرسابات في منطقة الدراسة (٢٥٨.٢ كم<sup>٢</sup>) فقط، وقد اختلفت مساحات التراكم والإرساب من عدد من النطاقات الساحلية بالمنطقة هي ( شرق أم الرخم، وخليج علم الروم، ومنطقة فوكة، وخليج رأس الحكمة)، أما باقي النطاقات فقد تراوحت فيها مساحات الإرساب ما بين (٩٠٦.٢ م<sup>٢</sup>) فقط لجنوب علم الروم، (٢١٥.٢ كم<sup>٢</sup>) لنطاق بحيرة مطروح.
- يشير صافي التغير Net Growth إلى تفوق المساحات التي تعرضت إلى التآكل والإزالة بسبب عمليات النحت، على مساحات التراكم والإرساب، سواء على مستوي

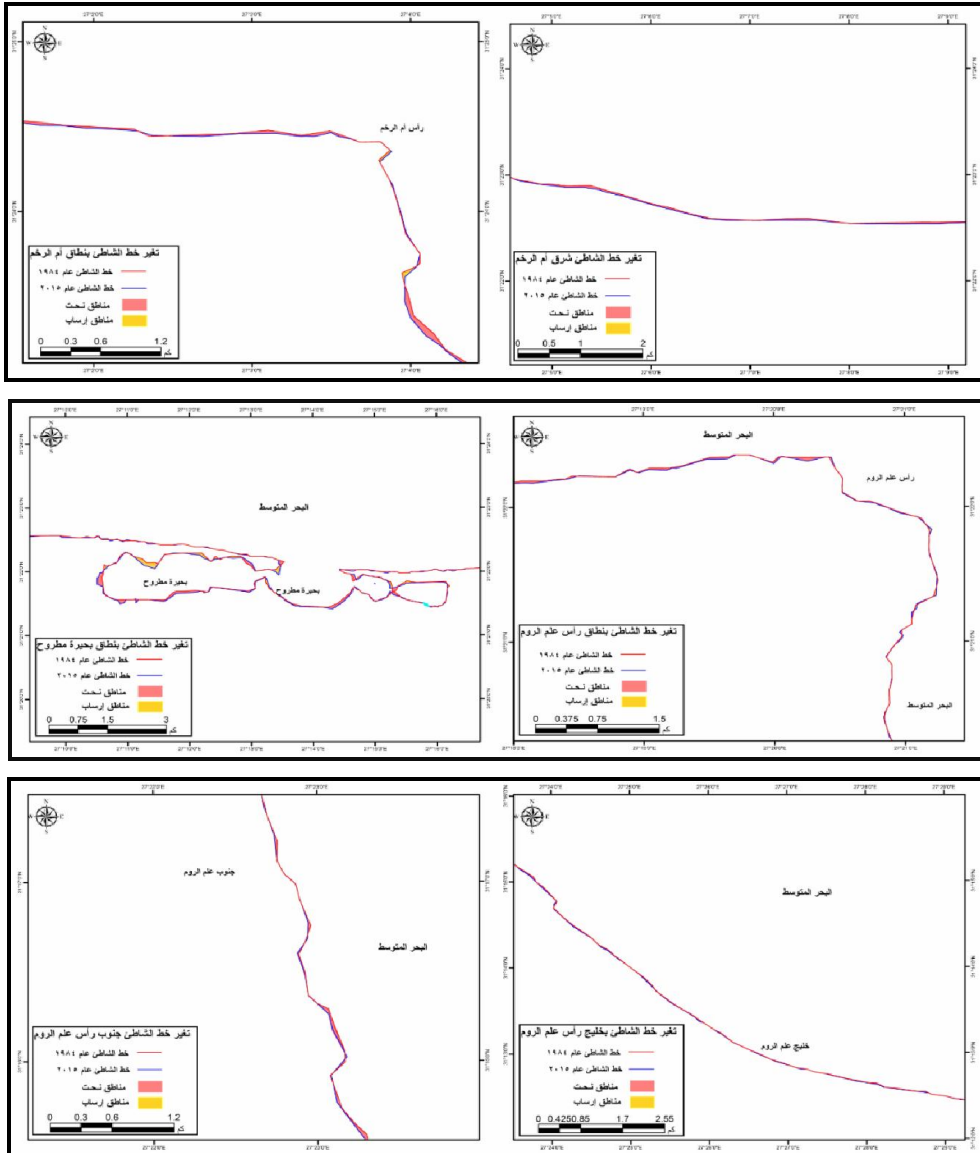
المنطقة ككل أم على مستوى النطاقات الساحلية المختلفة، حيث بلغ صافي التغير على مستوى المنطقة (١.٠٩٣ كم<sup>٢</sup>) نحتاً، بينما تراوح هذا الصافي ما بين (١٣٢٠.٨ م<sup>٢</sup>) لنطاق رأس الحوالة، (٣٢١.٠٥٦ م<sup>٢</sup>) لنطاق رأس الحكمة.

جدول (١٤) خصائص التغير في النحت والإرساب بمنطقة الدراسة عامي (١٩٨٤ - ٢٠١٥)

م	النطاق	مساحة النحت والإرساب / م <sup>٢</sup>		صافي التغير م <sup>٢</sup>	معدل السنوي لاصافي التغير / م <sup>٢</sup>	المعدل السنوي / م <sup>٢</sup>	
		نحت	إرساب			نحت	إرساب
١	رأس أم الرخم	٩١٨٥٤	٨٠.٨٠	-٨٣٧٧٤	-١٢٥٠	٢٩٦٣	٢٦٠.٦
٢	شرق أم الرخم	١٥٨٨١٥	٠	-١٥٨٨١٥	-٥١٢٣	٥١٢٣	٠
٣	بحيرة مطروح	٣٥٥٨٦٩	٢١٤٥٠.٨	-١٤١٣٦١	-٤٥٦٠	١١٤٧٩	٦٩١٩
٤	رأس علم الروم	٥٧٥٩٥	٨٨٧٢	-٤٨٧٢٣	-١٥٧١	١٨٥٨	٢٨٦
٥	جنوب علم الروم	٣٧٨٤٢	٩٠.٦	-٣٦٩٣٦	-١١٩١	١٢٢٠	٢٩
٦	خليج علم الروم	٢٣٣٠.١	٠	-٢٣٣٠.١	-٧٥٢	٧٥٢	٠
٧	رأس الحوالة	٣٩٩٥٦	٨٧٤٨	-١٣٢٠.٨	-٤٢٦	١٢٨٩	٢٨٢
٨	زاوية هارون	٦٤١٥١	٥٢٧٤	-٥٨٨٧٧	-١٨٩٩	٢٠٦٩	١٧٠
٩	شرق زاوية هارون	٥٠٠٠.٥	٤٣٠.٧	-٤٥٦٩٨	-١٤٧٤	١٦١٣	١٣٩
١٠	غرب رأس الحكمة	٩٢٧٤١	١٠.٧٠	-٩١٦٧١	-٢٩٥٧	٢٩٩١	٣٥
١١	رأس الحكمة	٣٢٧٥٥٦	٦٥٠٠	-٣٢١٠.٥٦	-١٠٣٥٦	١٠٥٦٦	٢١٠
١٢	منطقة فوكة	٢٥٢٦٤	٠	-٢٥٢٦٤	-٨١٥	٨١٥	٠
١٣	خليج رأس الحكمة	٢٦٥٦٩	٠	-٢٦٥٦٩	-٨٥٧	٨٥٧	٠
١٤	الاجمالي	١٣٥١٥١٨	٢٥٨٢٦٥	-	-٣٥٢٦٦	٣٣٥٤	٦٤١
				١.٠٩٣٢٥٣			

المصدر: الجدول من عمل الباحث اعتماداً على المرئيات الفضائية باستخدام ArcGIS 10.2.

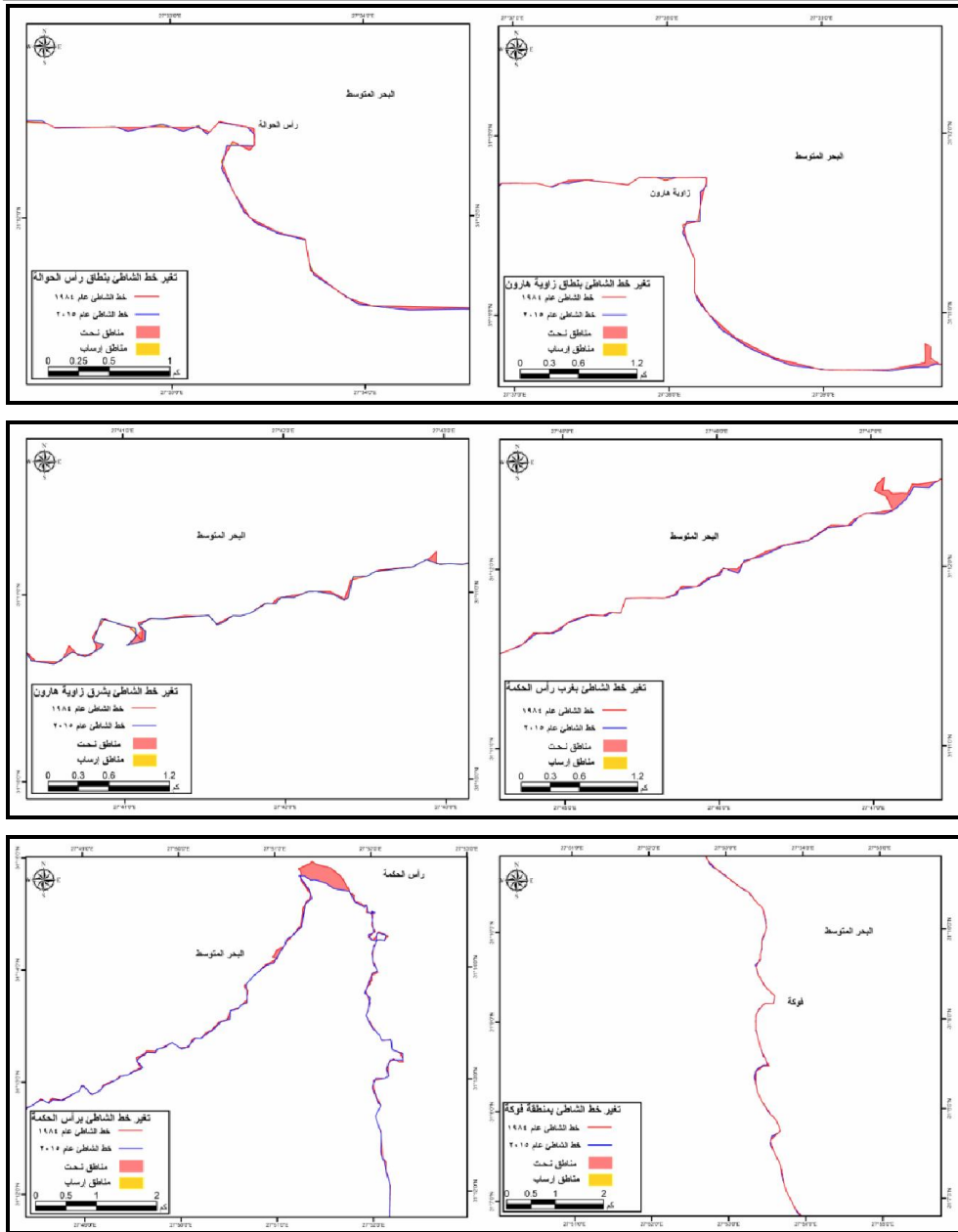
- يبلغ المتوسط العام للمعدل السنوي لصافي التغير فى المنطقة (-٢٣٥٢٦٦م)، ويتراوح ما بين (-٢٤٢٦م) فقط داخل نطاق رأس الحوالة مما يجعله أبطأ النطاقات تغيراً فى المنطقة، وبين (-١٠٣٥٦م) لنطاق رأس الحكمة، أكثر النطاقات الساحلية تغيراً فى المنطقة اعتماداً على معدل التغير السنوي فى مساحة تآكل الشاطئ.
- يشير المعدل السنوي للتغير فى مساحات النحت والإرساب أن معدلات النحت أسرع بكثير من معدلات الإرساب مما يؤكد أن محفزات النحت، ومن ثم مقومات تراجع خط الشاطئ هى الأكثر فى تغيير وتعديل خصائص خط الشاطئ من حيث الطول، ومعدل التراجع، وبالإضافة الى معدل النحت والإرساب على طول امتداد الشاطئ فى المنطقة، فقد بلغ معدل التغير السنوي عن طريق عمليات النحت والإزالة على مستوى المنطقة (٢٣٣٥٤م / سنة)، بينما لم يتجاوز معدل التغير بالإرساب (٢٦٤١م / سنة).
- وجدير بالذكر أن كل من العامل الجيولوجي مثلاً فى التكوين الصخري، والعامل المورفولوجي مثلاً فى إنحدار واتجاه سطح الظهير اليابسى لخط الشاطئ، بالإضافة الى الخصائص الهندسية لخط الشاطئ، من أهم العوامل المحلية التى تؤدى دوراً مهماً فى تباين معدلات النحت والإرساب فى النطاقات الساحلية الرئيسية بالمنطقة.



شكل (١٩- أ) توزيع مناطق النحت والإرساب بخط الشاطئ بين رأس أم الرخم وخليج علم الروم عامي (١٩٨٤-٢٠١٥)

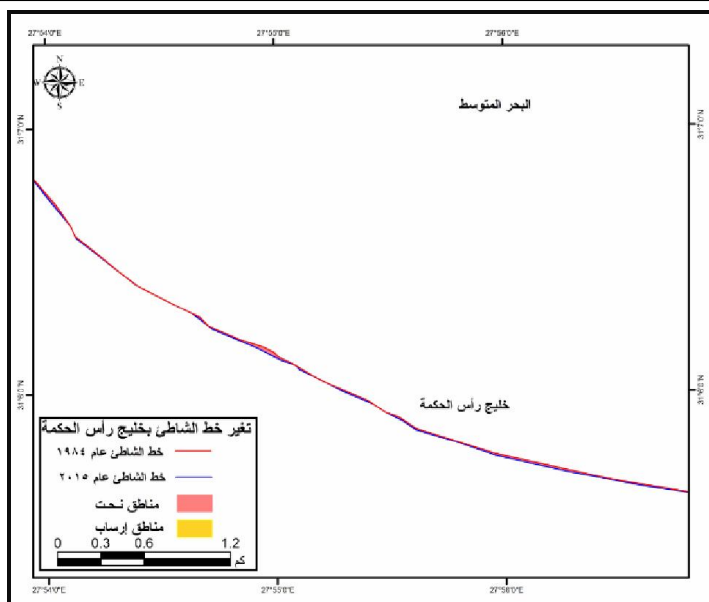
المصدر : من عمل الباحث من خلال المرئيات الفضائية المعالجة باستخدام برنامج ArcGIS 10.2.

تغير خط الشاطئ بين رأس الحكمة ورأس أم الرخم بالساحل الشمالى الغربى لمصر د. عبدالرازق بسيوني الكومى



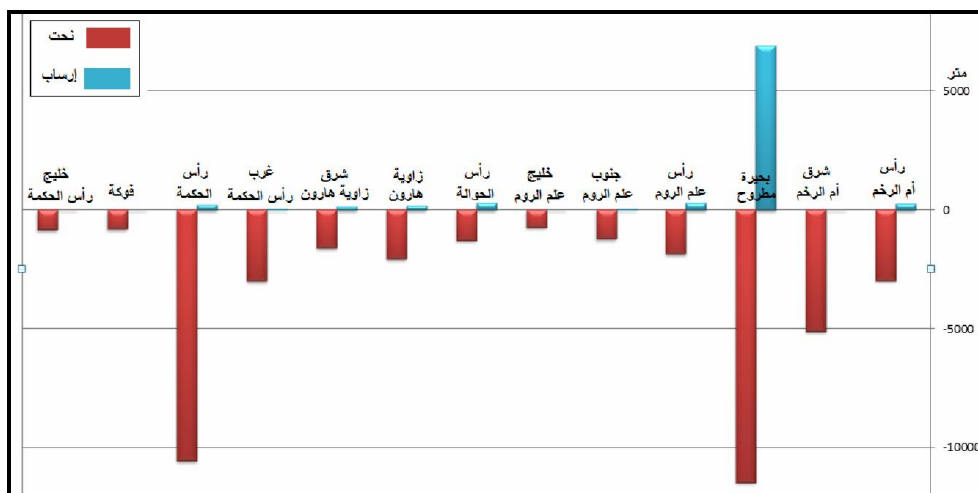
شكل (١٩-ب) توزيع مناطق النحت والإرساب بخط الشاطئ بين رأس أم الرخم وخليج علم الروم عامي (١٩٨٤-٢٠١٥)

المصدر : من عمل الباحث من خلال المرئيات الفضائية المعالجة باستخدام برنامج ArcGIS 10.2.



شكل (١٦- ج) توزيع مناطق النحت والإرساب بخط الشاطئ بين رأس أم الرخم وخليج علم الروم عامي (١٩٨٤-٢٠١٥)

المصدر : من عمل الباحث من خلال المرئيات الفضائية المعالجة باستخدام برنامج ArcGIS 10.2.



شكل (٢٠) المعدل السنوي للتغير في مساحات النحت والإرساب بالنطاقات الساحلية بين عامي (١٩٨٤-٢٠١٥)

المصدر : من عمل الباحث من خلال المرئيات الفضائية المعالجة باستخدام برنامج ArcGIS 10.2.



- ويمكن أن نستنتج من دراسة الشكل (١٩) مجموعة من الحقائق ومن أهمها ما يلى:-
- ارتبط توزيع مناطق النحت بوجود النتوءات الأرضية على امتداد خط الشاطئ القديم (١٩٨٤) لا سيما فى النطاقات الساحلية لمناطق أم الرخم، وعلم الروم، والحوالة، وزاوية هارون، وشمال وغرب رأس الحكمة.
  - تفردت مناطق الخلجان ذات التكوين الصخرى الرملى بتراجعها أمام عمليات النحت البحرى فى كل من: خليج أم الرخم، وجنوب علم الروم، بينما تميزت معظم الخلجان ومنها: خليج رأس الحكمة، وحوالة، وزاوية هارون، بثباتها التحتى وقلة معدلات التغير بها نتيجة لهدوء حركة الأمواج والتيارات البحرية بها.
  - تمثل مناطق الرؤوس الأرضية الخمس الرئيسية (رأس الحكمة، زاوية هارون، الحوالة، علم الروم، أم الرخم) أكثر المناطق تعرضاً لعمليات النحت نتيجة لشدة بروزها فى البحر الذى أدى إلى تعرضها لأكبر قدر من طاقة عمليات النحت البحرى لا سيما الأمواج والتيارات البحرية.
  - شهد النطاق الساحلى لبحيرة مطروح أكبر معدل ارساب مقارنة بباقى النطاقات الساحلية بالمنطقة ويرجع ذلك إلى عدة عوامل ومن أهمها: الموضع الطبوغرافى للبحيرة حيث تشغل المنطقة الحوضية بين السلسلة الشمالية للحجر الجيرى والسلسلة الوسطى أما ساحل مرسى مطروح؛ مما أدى إلى اتصالها المباشر بالبحر من خلال فتحة ضيقة جعل كتلة المياه بها أكثر سكوناً واستقراراً وهو ما هبىء الفرصة لزيادة معدلات الارساب الطبيعى على جوانبها الشمالية، فضلاً عن عمليات الردم واقتطاع أجزاء منها لانشاء القرى والمنتجعات السياحية؛ لاسيما على سواحلها الغربية، والشرقية، والجنوبية الشرقية.
  - ارتبط توزيع مناطق الارساب بأجزاء خط الشاطئ التى يتغير فيها الاتجاه العام تغيراً مفاجئاً كما هى الحال فى القمة الشمالية الشرقية لكل من: رأس الحوالة، وزاوية هارون.
  - تقل عمليات الارساب بشكل واضح فى ثلاث نطاقات ساحلية هى: غرب رأس

الحكمة، وفوكة، وخليج رأس الحكمة؛ ويرجع ذلك إلى تركز الواجهات الصخرية على هيئة جروف ساحلية نشطة يمتد عند حوضها أرصفة نحت الموج، وهو ما يمنع استقرار الرواسب أسفل هذه الجروف التي تمتد عبر نطاق فوكة شرقاً، وغرب رأس الحكمة غرباً، ويرجع قلة تواجد الإرسابات الى الشرق من من نطاق فوكة، نتيجة لما يتميز به الشاطئ في هذا النطاق من امتداد أكثر ميلاً إلى الإستقامة منه إلى التعرج، وهو ما يمنح التيار الساحلي الفرصة للحركة دون عوائق تبطئ من سرعة جريانه بجوار الساحل.

## رابعاً: النتائج والتوصيات

### أ - النتائج :

خلصت الدراسة الى مجموعة من النتائج من أهمها :

١. تأثر خط الشاطئ فى المنطقة الممتدة ما بين رأس الحكمة ورأس ام الرخم، بمجموعة من الضوابط الجيومورفولوجية، تحكمت فى معدلات التغير التى اصابته خلال الفترة الممتدة بين عامي (١٩٨٤ - ٢٠١٦)، يرتبط بعض هذه الضوابط بطبيعة الساحل وخصائصه، كشكل خط الشاطئ، والخصائص الجيولوجية للنطاق الساحلي للمنطقة، بنية وتركيباً، بالإضافة الى الأشكال التضاريسية السائدة فوق السهل الساحلى، وكل من درجة انحدار السطح واتجاهه.

٢. ساهمت عوامل التعرية البحرية متمثلة فى الأمواج وتيارات المد والجزر، وتيار الدفع الساحلى بالنصيب الأكبر فى تعديل الخصائص العامة لخط الشاطئ، وإحداث التغيرات الجيومورفولوجية المهمة التى اصابته ما بين عامي (١٩٨٤ - ٢٠١٦).

٣. يشير منحنى هستوجرام الإنعكاس الطيفي، أن استخدام تقنية Band Ratio، بين المجالات الطيفية (Band 2&Band 5) فى المرئيات الفضائية لاندسات LandSat 5 TM ، المجالات الطيفية ( Band 2& Band 5 ) فى المرئيات LandSat 8 ETM، تعطي أكبر قدر من التمايز بين كتل الماء واليابس، فى تحديد خط الشاطئ بالمنطقة.

٤. يشير الهستوجرام الطيفي لمرئيات لاندسات (TM&ETM) LandSat عند تطبيق تقنية المؤشر الرقمي لتغير كتلة المياه (NDWI)، وتعديله (MNDWI) الى أعلى تمايز بين كتل اليابس والماء، أثناء تحديد خط الشاطئ فى منطقة الدراسة بين رأس الحكمة، ورأس أم الرخم.

٥. تمثل التغير الذي اصاب خط الشاطئ فى منطقة الدراسة فى أربعة عناصر رئيسية : هي طول خط الشاطئ، والتغير فى موقع خط الشاطئ، والتغير فى مساحات ومعدلات النحت والإرساب.

٦. بلغ إجمالي التغير في طول خط الشاطئ بالمنطقة ككل (-٥٥٠ متراً) بمعدل سنوي بلغ (-١٧٠.٧٤ م / سنة) ، بينما تراوحت قيمة معدل التغير طول الشاطئ بين (-٥٠.٥٨ م / سنة) في نطاق ساحل أم الرخم، و(-٢٦.٥٥) في نطاق ساحل غرب رأس الحكمة.
٧. تراوح إجمالي التغير في موقع خط الشاطئ Linear Change على مستوي المنطقة، بين (١٩.٠٨ متراً) تقدم بها اليابس على حساب البحر، وبين (٥٨.١٥ متراً) تراجع فيها خط الشاطئ على حساب اليابس، بصافي تغير بلغ (-٣٨.٣٥ متراً)، وبمعدل سنوي بلغ (-١.٢ متر/ سنة).
٨. بلغ إجمالي المساحة التي تم نحتها على مستوي المنطقة بين عامي ( ١٩٨٤- ٢٠١٥) وساهمت في تراجع خط الشاطئ الحالي ( ١.٣٥١ كم٢) بمعدل سنوي بلغ (٣.٠٠٣ كم٢ / سنة)، وبينما تراوح هذا المعدل بين (٠.٠٠١) في نطاق علم الروم، و(١١.٠٠١ كم٢) في النطاق الساحلي لبحيرة مطروح.
٩. بلغت مساحة الإرساب في منطقة الدراسة (٢٥٨.٢ كم٢)، بمعدل سنوي بلغ على مستوى المنطقة ككل (٠.٠٠١ كم٢ / سنة)، بينما تراوح هذا المعدل بين (صفر) في كل من نطاق شرق أم الرخم، وخليج علم الروم، وفوكة، وشرق أس الحكمة، بين (٠.٠٠٧ كم٢ / سنة).

## ب- التوصيات :

فى ضوء ما توصلت اليه الدراسة من نتائج، فانها توصي بالتالى :

١. بناء مجموعة من الحواجز والمصدات Groins، على امتداد النطاقات الساحلية التى يتميز فيها خط الساحل بالامتداد العام من الشرق الى الغرب، لاسيما الاجزاء الشمالية من النطاقات الساحلية : رأس أم الرخم، وعلم الروم، والحوالة، وزاوية هارون، وغرب رأس الحكمة، ورأس الحمة نفسها، بحيث تضعف طاقة تيار الدفع الساحلى بجوار الشاطئ، وبالتالي تقللا قدرته على الحمل والنقل، حيث تسهم هذه الحواجز فلى بنار الستة ارسابية متعامدة على خط الشاطئ، تساعد على تكسر الامواج قبل وصولها الى خط الشاطئ، فيقل معدا النحت فى هذه المناطق.

٢. التوصية بقصر انشاء مخططات التنمية العمرانية والسياحية، على مناطق الاستقرار فى خط الشاطئ، وتؤكد الدراسة أن أكثر المناطق ملائمة لذلك هى المنطق التى يقل معدل التغير بفعل النحت، وهى المناطق الواقعة الى الجنوب والشرق مباشرة من ققم الرؤس الأرضية : شرق أم الرخم، السواحل الجنوبية الشرقية لبحيرة مطروح، جنوب رأس علم الروم وخليجها، شرق الحوالة وخليجها، وشرق زاوية هارون، ومنطقة فوكة وشرق رأس الحكمة.

٣. يستثنى من هذه المناطق تلك التى يتركز فيها وجود ظاهرة السبخات الساحلية، وذلك نظراً لحساسيتها أمام إرتفاع مستوي سطح البحر، خاصة المناطق التى يقل منسوبها عن (+١متر).

٤. إنشاء محطة للرصد والمتابعة الدورية للمناطق الأشد خطورة حيث توجد الجروف الساحلية النشطة على امتداد حافات تلال الحجر الجيري الأوليتي على جانبي رأس الحكمة، وتكون مدينة رأس الحكمة مقراً لهذه المحطة.

## المصادر والمراجع

## أولاً: المصادر

١. هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية USGS (١٩١٥): المرئية الفضائية لاندسات (TM) LandSat 5 لمنطقة الدراسة، دقة مكانية ٣٠ متر، صف ٣٨، مسار ١٧٩، شريحة ٣٥، تاريخ ١٩٨٤ .  
http://www.usgs.gov., ASTER
٢. هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية USGS (١٩١٥): المرئية الفضائية لاندسات (TM) LandSat 8 لمنطقة الدراسة، دقة مكانية ٣٠ متر، صف ٣٨، مسار ١٧٩، شريحة ٣٥، تاريخ ٢٠١٥ .  
http://www.usgs.gov., ASTER
٣. هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية USGS (١٩١٥): نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) لمنطقة الدراسة، دقة مكانية ٣٠ متر، صف ٣٨، مسار ١٧٩ شريحة ٣٥، ASTER .  
http://www.usgs.gov.,
٤. الهيئة الوطنية لعلوم البحار والغلاف الغازي.(NOAA) المكتبة المركزية للبيانات التاريخية لمحطات بورسعيد والبرلس وادكووالاسكندرية ومرسي مطروح  
http://docs.lib.noaa.gov/rescue/data\_rescue\_egypt.html
٥. هيئة المساحة العسكرية (١٩٨٥) الخريطة الطبوغرافية، مقياس ١ : ١٠٠٠٠٠٠، لوحتي مطروح ورأس الحكمة.
٦. الهيئة المصرية العامة للبتترول (١٩٨٦) : الخريطة الجيولوجية مقياس ١ : ٥٠٠٠٠٠٠٠، لوحة الإسكندرية.
٧. الموقع الرسمي لهيئة ميناء الاسكندرية البحري http://www.apa.gov.eg/.
٨. هيئة الأرصاد الجوية القاهرة، البيانات المناخية لمحطة مطار مرسي مطروح بين عامي (١٩٩٦ - ٢٠١٤).

## ثانياً: المراجع العربية

١. أحمد عبدالعال محمد (٢٠١٢) : الأمواج البحرية،مجلة الأرصاد الجوية، العدد الحادي والثلاثون، القاهرة.
٢. جمال حمدان (١٩٨٠) شخصية مصر دراسة في عبقرية المكان، الجزء الأول، عالم الكتب، القاهرة.
٣. جودة حسنين جودة (١٩٩٨) جغرافية البحار والمحيطات، منشأة المعارف، الاسكندرية.
٤. حسام محمد أحمد إسماعيل (٢٠٠٦) : السبخات في السهل الساحلي الشمالي الغربي لمصر دراسة في الجغرافيا الطبيعية، رسالة ماجستير غير منشورة،كلية الآداب جامعة حلوان.
٥. سعيد محمود النجار (٢٠٠٥) : الأخطار الجيومورفولوجية على ساحل مريوط فيما بين رأس علم الروم ورأس ابو لاهو، رسالة ما جستير غير منشورة، كلية الآداب جامعة المنصورة.
٦. صلاح حسن محمد (٢٠٠٠) : هيدرو جيومورفولوجية ساحل مصر الشمالي الغربي دراسة في الجغرافيا الطبيعية، رسالة ماجستير غير منشورة قسم البحوث الجغرافية، معهد البحوث العربية، جامعة الدول العربية.
٧. على مصطفى مرغني (٢٠٠٢): العمليات الجيومورفولوجية المؤثرة في الساحل الشمالي الغربي لمصر بين وادي مندور والهش الشرقي، مجلة كلية الآداب جامعة الزقازيق.

٨. فتحي عبدالعزيز أبو راضي (١٩٩٠) : ديناميات التعرية الشاطئية والتغيرات المعاصرة لساحل دلتا النيل، مجلة كلية الآداب جامعة طنطا، العدد السادس.
٩. كريمة سالم مبارك (١٩٧٧) : الجغرافيا الطبيعية للمنطقة الساحلية بين رأس الضبعة ورأس علم الروم، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب جامعة القاهرة.
١٠. وهبة حامد شلبي (٢٠٠٣) : جيومورفولوجية الرؤوس الأرضية لساحل مصر الشمالي الغربي دراسة جيومورفولوجية، رسالة دكتوراة غير منشورة، كلية الآداب جامعة طنطا.
١١. وهبة حامد شلبي (١٩٩٥) : جيومورفولوجية منطقة رأس الحكمة بالساحل الشمالي الغربي، رسالة ما جستير غير منشورة، كلية الآداب جامعة طنطا.

#### ثالثاً: المراجع الأجنبية

1. A. A. Zahran (2008): Geotichnical Study of Carbonate Rock on The Area between Alexandria and EL-Alamein along The Mediterranean sea coast of Egypt, Ass. Univ. Environ. Res. Vol. 11.
2. Alesheikh, et al., 2007, "Generation the coastline change mapn for Urmia Lake by TM and ETM+ imagery", International Journal of Remote Sensing Applications Volume 3.
3. Bo-Cai Gao (1996): NDWI A Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water From Space, remote sens. Vol.25,. pp. 257-266.
4. Carmelo Riccardo Fichera(2012): Land Cover classification and change-detection analysis using multi-temporal remote sensed imagery and landscape metrics , European Journal of Remote Sensing , vol.45, pp. 1-18.
5. Chandrasekar N., (2013): Shoreline change analysis along the coast between Kanyakumari and Tuticorin of India using remote sensing and GIS, Arab J Geosci, vol.10.
6. Deepika & K. Avinash & K. S. Jayappa (2014): Shoreline change rate estimation and its forecast: remote sensing, geographical information system and statistics-based approach, Int. J. Environ. Sci. Technol.
7. El-Asmar H., (1992): Old shore line of the Meditrranean Coastal Zone of Egypt in Relation with Sea Level Changes, Ph.D. thesis, fac.Sci. Mansura Univ.
8. El-Senssi, M. and Shata A. (1968): Geomorphological and Morphological Aspect of Umm El Rakhem area. Desert Institute Bulltin, vol.19, pp.31-48.
9. El-Shazly, M., (1964) geology, Pedology and Hydrology of Mersa Matruh. Ph.D., thesis, Fac.Sci, Cairo Univ.
10. El-Shazly, M., et al (1980): The Geological Map of Egypt 1: 1000000. The Remote Sensing Research Project of scientific research and Technology, Cairo, Egypt.
11. Ezz El-Din S., (1978): SubSurface Geological and Geophysical Society, vol.1.
12. Fadi Chaaban&Hanan Darwishe (2012): Using ArcGIS® Modelbuilder and

- Aerial Photographs to Measure Coastline Retreat and Advance: North of France, *Journal of Coastal Research*, vol.28, pp.1579–1567.
13. H. M. El-Asmar & M. E. Hereher (2011): Change detection of the coastal zone east of the Nile Delta using remote sensing, *Environ Earth Sci*.
  14. Hammad, M., (1986): Land Master Plan, Regional Report, Northwest Coast. September, *Desert Institute Bulletin*.
  15. Kumaravel S. (2013) : An Application of Remote Sensing and GIS Based Shoreline Change Studies – A Case Study in the Cuddalore District, East Coast of Tamilnadu, South India, *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering* ,vol.2, Issue-4.
  16. Mass JF (1999) Monitoring land-cover changes: a comparison of change detection techniques. *Int J Remote Sens* 20:139–152
  17. McFeeters SK (1996) the use of normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features. *Int J RemoteSens* 17:1425–1432.
  18. Muthukumarasamy.R. (2013): Shoreline Changes Using Remotesensing and GIS-environment: A Case Study of Valinokkam to Thoothukudi Area, Tamilnadu, India, *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)*, Volume-2, Issue-6.
  19. Niya et al, (2013): Shoreline Change Mapping Using Remote Sensing and GIS Case Study: Bushehr Province, *International Journal of Remote Sensing Applications* Volume 3 Issue 3, pp.102–107.
  20. Philip-Neri Jayson-Quashigah and others (2013): Medium resolution satellite imagery as a tool for monitoring shoreline change. Case study of the Eastern coast of Ghana, *Journal of Coastal Research*, Special Issue No. 65.
  21. Rasuly A. A., et al., (2010), "Monitoring of Caspian Sea coastline changes using object-oriented techniques" *International Conference on Ecological Informatics and Ecosystem Conservation*.
  22. Said, R., (1990): *Geology of Egypt*, Balkema, Rotterdam, Netherland.
  23. Tran Thi Van & Trinh Thi Binh (2009): Application of remote sensing for cahang detection in Cuu Long Estuary *Journal of acience, Earthsciences* vol.25 pp.217–222.
  24. Vedast Makota (2004): Moritoring Shoreline Change using Remote Sensing and GIS: A Case Study of Kunduchi Area, Tanzania, western Indian Ocean *journal* vol.3,. Pp.1–10.
  25. Winarso et al, (2001). The potential application remote sensing data for coastal study. Singapore. 22nd Asian Conference on Remote Sensing. Singapore.
  26. WMO (1998) *Guide to Wave Analysis and Forcasting* second edition, Geneva – Switzerland.