# تحليل الخريطة الجيومورفولوجية لنطاق الشاطئ فيما بين رأسي راية وجارة بالساحل الشرقي لخليج السويس، باستخدام تقنية الاستشعار من بعد

**د.ماجد محمد محمد شعلة**
أستاذ مساعد الجغرافية
بكلية الآداب بدمنهور – جامعة الإسكندرية.

الإنسانيات
آداب دمنهور
العدد السابع والعشرون
أغسطس ٢٠٠٨ م

# مُقَدِّمَة

أضحت الحاجة إلى رفع وتوقيع الخرائط الجيومورفولوجية وتحليلها للمناطق النائية ضرورة ملحة، لما تقدمه من فوائد جمة لصناع القرار، خاصة للذين يتجاهلون الأرض وما عليها من ظاهرات، وبالرغم من ذلك فلم يعد الجيومورفولوجيون بحاجة للتأكيد على الدور الفعال الذي تسهم به الخريطة الجيومورفولوجية في كافة المجالات التطبيقية المختلفة.

وواقع الأمر أن أهمية الخريطة للجغرافيين خاصة والكثير من التخصصات عامة، ليس بحاجة إلى تأكيد، لأن هذا المفهوم قد ولد مع ميلاد علم الجغرافيا منذ القدم، إلا أن الأمر الذي يحتاج دوماً إلى التأكيد عليه هو المهارات المتنوعة والغزيرة التي يمتلكها الجغرافي – وليس أحد سواه– في قدرته على الأخذ بالوسائل المستحدثة في تمثيل ظاهرات سطح الأرض بشقيها الطبيعي والبشري وتفسيرها وتحليلها.

**وتهدف** هذه الدراسة إلى محاولة لتوقيع الخريطة الجيومورفولوجية وتحليلها لنطاق الشاطئ بين رأسي راية وجارة بالساحل الشرقي لخليج السويس باستخدام تقنية الاستشعار من بعد.

**وتتعدد الدراسات الجغرافية** عن إقليم خليج السويس، وخاصة فيما يتعلق بنشأة بعض الظاهرات الجيومورفولوجية وتطورها، ومنها دراسة سعد قسطندي ملطي(١٩٦٨) الإقليمية عن خليج السويس، ومصطفى محمد الحاي(١٩٨٦) الذي درس ملامح الجفرافية الطبيعية للساحل الجنوبي الغربي لشبه جزيرة سيناء، وتناولت دراسة حمدينه عبدالقادر(١٩٩٣) جيومورفولوجية إقليم الساحل الشرقي لخليج السويس، وجاء بها إشارات عامة عن بعض الظاهرات الجيومورفولوجية بمنطقة الدراسة، كما أوضحت دراسة إبراهيم بدوي(١٩٩٣) الخصائص الجيومورفولوجية لمنطقة رأس محمد فيما بين واديي العاط الشرقي والعاط الغربي، والواقعة جنوب

منطقة الدراسة، وجاءت دراسة Nir,Y (1996) لإلقاء الضوء على أنماط نقل الرواسب على طول سواحل جنوبي شبه جزيرة سيناء، وعلاقتها بتطور الشعاب المرجانية والبحيرات الساحلية الهولوسينية، وتبعته دراسة Nasr, s.; et al (1997) عن جيومورفولوجية نطاق ساحل منطقة رأس محمد باستخدام الصور الجوية، والتأكيد على صحة نتائجها بالدراسة الميدانية، وتناولت دراسة ماجد شعلة (١٩٩٩) جيومورفولوجية منطقة جبل قابليات الواقعة شمال منطقة الدراسة.

وتقع منطقة الدراسة بين دائرتي عرض ٢٩″ ٠٠ / ٢٨ °، ١١″ ١٠ / ٢٨° شمالاً، وبين خطي طول ١٧″ ٣٨ / ٣٣°، ٣٣″ ٤٧ / ٣٣° شرقًا، وهي بذلك تشغل نطاقاً من الساحل الشرقي لخليج السويس فيما بين رأسي راية شمالاً وجارة جنوباً، ويحدها من الشرق خط متعرج يسير مع سطح الشاطئ المرجاني المرتفع منسوب (+٧) أمتار، في حين تنطبق حدودها الغربية مع خط عمق (-١٠) أمتار، وهو الخط الواقع فوق سطح رصيف مرجاني (شكل:١).

وتسهم الرؤوس الأرضية – مع غيرها من الظاهرات- في تعرج خط الساحل بالمنطقة؛ إذ يبلغ طوله الحقيقي حوالي ٣٧ كيلومتر، في حين يبلغ طوله المباشر حوالي ٢٣ كيلومتر، وبذلك يبلغ معدل تعرجه ١.٦ .

وترتكز رواسب الزمن الرابع وصخوره بلا توافق على صخور الميوسين، وتتوزع مكوناته بين صخور جيرية مرجانية ومتبخرات، إضافة إلى رواسب النباك والخطاطيف البحرية ورواسب قيعان الأودية.

وتقع منطقة الدراسة ضمن الإقليم المورفومناخي الجاف[١]؛ حيث تسود عمليات التعرية الريحية والتجوية الميكانيكية، في مقابل دور أقل أهمية لباقي عمليات التعرية، خاصة التي تمارسها المياه الجارية.

ويجب التأكيد على أن الخصائص المورفولوجية لمنطقة الدراسة لم تكن وليدة تشكيل ظروف مناخية حالية، بل تشير الأدلة المتاحة من مجاري مائية، وسبخات،

وشعاب مرفوعة ومغمورة، وغيرها من الظاهرات المنتشرة بالمنطقة، إلى تأثر المنطقة بتعاقب مناخ بارد رطب، وحار جاف.

ويعد النبات الطبيعي أحد العناصر الرئيسية التي أسهمت في تشكيل عدد من الظاهرات الأرضية السطحية والمغمورة، وتتنوع أشكال النبات الطبيعي بالمنطقة، فبالإضافة إلى أشجار النخيل تنتشر الأعشاب الحولية المستنقعية، مثل السمارمر *Junus Actus* ، وشجيرات الغرقد *Nitraria Retusa* والرطريط *Zygophyllium Aflam* وأشجار الأثل *Tamarix Aphylla* ، وجميع ماسبق نباتات جفافية Xerophytes ، وترتفع كثافتها بمناطق السبخات ومسطح المد، في حين تكاد تختفي فوق سطح سهل القاع باستثناء قيعان الأجزاء الدنيا من المجاري المائية.

كما تنتشر النباتات المائية من نوع شقائق النعمان *Anemone* فوق أجزاء الأطر والحواجز المرجانية المواجهة للبحر، إضافة إلى الأعشاب البحرية ذوات الورقة الواحدة والطحالب التي تتخذ من الرمال المغمورة والأسطح الصخرية وعاء إنبات لها.

ويتميز سطح منطقة الدراسة بالتضرس النسبي الهين، فهو محصور بين منسوبي +٧ أمتار من الشرق ، −١٠ أمتار من الغرب، أي أن فارق المنسوب يبلغ حوالي ١٧ متراً موزعة على مسافة أرضية – تمثل متوسط عرض النطاق– حوالي ٤ كم، مما يعني أن معدل الانحدار العام لسطح النطاق يبلغ حوالي ٠.٠٠٤، ولايقطع هذا الاستواء إلا عدد قليل من التلال الجزيرية والجزر الرسوبية التي تظهر فوق قيعان الأجزاء الدنيا من المجاري المائية.

وقد كفل وقوع منطقة الدراسة ضمن منطقة انتقالية بين اليابس والماء تنوع الوحدات الأرضية وتشعب أصول نشأتها بين ظاهرات قارية وأخرى بحرية، أو ذات نشأة مركبةعلى النحو الذي سيتم تناوله في موضع لاحق بالبحث.

## منهاج الدراسة وأساليبها:

يعالج البحث تحليل الخريطة الجيومورفولوجية لنطاق الشاطئ فيما بين رأسي راية وجارة بالساحل الشرقي لخليج السويس باستخدام تقنية الاستشعار من بعد وفق إطار إقليمي قائم على التوزيع والوصف التفسيري، إضافة إلى تحليل نشأة وتشكيل وتطور الظاهرات الجيومورفولوجية بالمنطقة، وذلك بالاستعانة بعدد من الأساليب والوسائل الوصفية والكمية والاستشعار من بعد ونظم المعلومات الجغرافية.

وتسهم الخصائص الفيزيائية لبعض نطاقات الطيف في المجال المرئي للماسح الأمريكي من نوع TM في إمكانية دراسة الخصائص المختلفة للأشكال الأرضية؛ إذ أن كمية الطاقة المنعكسة تتغير بتغير الظاهرات الأرضية، مما يعطي فرصة مشاهدة العديد من الظاهرات الأرضية مع إمكانية تمييزها في الصورة الفضائية.(عبد الفتاح صديق،٢٠٠٦، ٢٨٥ :٢٩١)

وتمتلك نطاقات الطيف المرئي قدرة اختراق عمود المياه والانعكاس من القاع، خاصة في نطاق المياه الضحلة، وهو ما نعرفه بنطاق الشاطئ القريب، الأمر الذي يمكن من تمييز الظاهرات المغمورة وشبه المغمورة.

ويعد نموذجي Bierwirth, et al,1992 [٢] ;Jupp,1988[٣] من أشهر النماذج التي تم الاستعانة بها في توقيع خطوط تساوي مناسيب الأعماق بمناطق المياه الضحلة.

ويعتمد كلا النموذجين على حقيقة مؤداها : أن شدة الإشعاع المرتد من القاع الضحل تتناسب تناسبًا عكسيًا مع زيادة العمق، بشرط ارتفاع درجة صفاء المياه، وتجانس محتواها من المواد العالقة المختلفة، وبذلك فإن زيادة كمية الإشعاع المرتد في نطاق طيفي مرئي– والتي يعبر عنها بـ Digital Number – يدل على شدة ضحولة المياه، والعكس فإن انخفاضها يدل على زيادة العمق.

وتعد المناطق الجافة بيئة مناسبة للاستعانة بالمرئيات الفضائية، وخاصة من نوع الماسح الأمريكي TM في دراسة نطاق الشاطئ، لما تتمتع به تلك المناطق

من انخفاض معدلات المواد العالقة بالغلاف الجوي، خاصة بخار الماء والسحب والغبار، مما يسهم في رفع كمية الإشعاع المرتد من القيعان الضحلة، ومن ثم وضوح الصورة الفضائية وسهولة معالجتها وتفسيرها.

وفي ضوء المحددات السابقة طبق Althausen,J., el al, 2003 أسلوب التكامل بين معطيات المرئيات الفضائية ونظم المعلومات الجغرافية في دراسة نطاق الساحل بمنطقة خور البزم Khor Al Bazam شرقي أبوظبي بالإمارات العربية المتحدة، وهي منطقة تشبه إلى حد كبير في سماتها الطبيعية منطقة الدراسة الحالية، لذلك أمكن الاستفادة من أسلوب المرئيات الفضائية في توقيع خريطة جيومورفولوجية لمنطقة الدراسة باتباع الخطوات التالية:

- ❖ الاستعانة بمرئية فضائية من إنتاج الماسح الأمريكي TM تصوير عام ١٩٨٧م، ويبين الملحق رقم (١) قاعدة البيانات الخاصة بها.
- ❖ إجراء التصحيح الهندسي. Geometric Correction[٤] للمرئية بهدف التخلص من التشوهات والإزاحة الناجمة عن حركة مستحس المرئية، وتم تصحيحها بمعلومية ١٠ نقاط تحكم أرضي GCP باستخدام جهاز تحديد المواقع الأرضية G.P.S من طراز Garmen12 XL وبدقة (+ أو – ١٧مترًا).
- ❖ تصحيح أخطاء المؤثرات الجوية. Atmospheric Effect Correction الناجمة عن تبعثر وانتشار الأشعة المرتدة للفضاء بفعل عوالق المياه وبعض مكونات الغلاف الجوي، وقد استخدم النموذج الذي اقترحه Jensen, 1996 لإجراء هذا التصحيح[٥].
- ❖ فصل الجزء الخاص بمنطقة الدراسة من المرئية الأصلية باستخدام Rescale وذلك حتى لا تتأثر عملية التصنيف غير المراقب في المرحلة التالية بكافة القيم الرقمية للمرئية، ومن ثم تقليل المدى إلى أضيق مجال رقمي للحصول على أفضل تصنيف للظاهرات الأرضية.

❖ إجراء تصنيف غير مراقب Unsupervised classification للبيانات الرقمية للمرئية، بتقسيمها إلى عشر فئات، وتحسين الحدود بينها بأسلوب المرشحات الإحصائية "Filtering Statistical, mean of 7*7pixels"

- استخدام بعض الوسائل المتاحة للتحسين الطيفي التي تسهم في زيادة وضوح وحدات المرئية وإبراز الحدود فيما بينها، ومن تلك الأساليب تحليل المكونات الأساسية PCA والمقارنة النسبية بين أطياف المرئية Band Ratios وعمل Band Combination بين مخرجات تلك الأساليب[٦].

❖ التحقق الميداني[٧] والخرائطي[٨] لمصداقية التصنيف المراقب، تلته عملية تحديد درجة المصداقية مكتبياً Accuracy Assessment والتي بلغت حوالي ٨٩%.

❖ يتيح المستعرض Google Earth على شبكة المعلومات الدولية مرئيات ذات دقة مكانية عالية High Spatial Resolution [٩] تتيح للجيومورفولوجي تمييز الظاهرات الدقيقة على مستوى الحافات الرملية المنخفضة Berm والنباك، وغيرها من الظاهرات بدرجة وضوح عالية جداً، وللاستفادة من إمكانيات المستعرض تمت الاستعانة ببرنامج KML2SHP والذي يُمكن من تحويل الظاهرات المساحية والخطية والنقطية التي يتم تحديدها من مرئيات المستعرض إلى صيغة الـ " ShapeFile " التي يتعامل معها برنامج الـ" ArcGIS,9.2 "

❖ الاستفادة من تكامل العديد من البرامج المستخدمة في توقيع الأشكال الأرضية وتحليلها في رسم عدد من الخرائط الجيومورفولوجية التفصلية بمقياس رسم ١: ٥٠٠٠ ، مثلت مرجعية رئيسية في تحليل الخصائص المورفولوجية لنطاق الشاطئ بالمنطقة كما سيتضح لاحقاً.

بالإضافة إلى ما سبق تعد الدراسة الميدانية أحد المصادر الرئيسية لكم كبير من الأرقام الواردة بهذا البحث؛ خاصة ما يتعلق بقياس أبعاد بعض الظاهرات

الجيومورفولوجية السطحية وشبه المغمورة والمغمورة، وتجميع عينات الرواسب السطحية، وقياس القطاعات الميدانية، وتصويرها فوتوغرافياً.

وفي ضوء النتائج التي تم الحصول عليها من تفسير المرئيات الفضائية وتحليلها، وتصنيف الظاهرات الجيومورفولوجية بمنطقة الدراسة بناء على علاقة كل منها بمنسوب سطح البحر الحالي، اتضح أن منطقة الدراسة تحوي ثلاثة أنماط من الظاهرات هي:السطحية وشبه المغمورة والمغمورة (شكل رقم :٢).

ولتحقيق أهداف البحث سوف ترتكز الدراسة على المحاور التالية:

- الظاهرات السطحية.
- الظاهرات شبه المغمورة.
- الظاهرات المغمورة.

## أولاً: الظاهرات السطحية.

تشغل الظاهرات السطحية حوالي ٥٩ كيلومتراً مربعاً، موزعة بين ظاهرتين رئيسيتين هما: سهل القاع والسبخة الجافة، ويمكن دراسة كل منها **بالتفصيل على النحو التالي:**

**١. سهل القاع :**

يمثل سهل القاع أحد الوحدات الأرضية الرئيسية، ليس بمنطقة الدراسة فحسب، بل على مستوى غربي شبه جزيرة سيناء، وتبلغ مساحة الجزء الواقع منه داخل حدود منطقة الدراسة نحو ٥٢ كيلومتراً مربعاً، وينحدر سطحه من الشمال الشرقي تجاه الجنوب الغربي بمعدل انحدار يبلغ حوالي درجتان في المتوسط.

وسهل القاع قاري بحري النشأة والتشكيل؛ إذ أسهمت في تشكيله كل من العوامل والعمليات القارية والبحرية منذ ظهور قاعدته الأركية، فهو مغمور بمياه خليج السويس تارة، وتحت تأثير الجريان السطحي والرياح تارة أخرى.

وقد أخذ سطح السهل شكله الحالي خلال عصري البليستوسين والهولوسين، ويزخر سطح سهل القاع بعدد من الظاهرات التالية:

**أ- الأجزاء الدنيا من مجاري الأودية الجافة والمسيلات المتعمقة :**

ينقطع الاستواء شبه التام لسطح سهل القاع بفعل عدد من مجاري أحواض مائية جافة تابعة أولية، وما يرتبط بها من مجاري تابعة ثانوية، تشكل في مجموعها نمطاً من التصريف المائي الشجري في قطاعاتها العليا أحياناً، والمضفر بالقرب من مصباتها في خليج السويس أحياناً أخرى، وبقطاعات طولية هينة الانحدار تتراوح بين نصف درجة و درجتين. ( شكل رقم :١)

و يبلغ عدد أحواض المجاري المائية – بمنطقة الدراسة – تسعة أحواض هي من الشمال الشرقي تجاه الجنوب الغربي: أحواض أملاحة ( ويقع مصب مجراه الرئيسي عند رأس راية) وعرين وسلة وأبوجرف ( وتقع مصباتها فيما بين رأسي راية والسبيل) وخور الشريف (ويقع مصبه عند رأس السبيل) ومريخ وثمان (وتقع مصباتها فيما بين رأسي السبيل وجارة) وأخيراً المعين وأم سد (ويقع مصباهما بمنطقة رأس جارة).

كما يوجد العديد من المجاري المائية والمسيلات المنفردة التي تقطع واجهة الجرف البحري للشاطئ المرتفع (منسوب + ٧أمتار). (صورة رقم:١)

وتعد الصخور النارية التي يتشكل منها المثلث الناري جنوبي سيناء المصدر الرئيسي للرواسب السطحية التي تحملها مجاري الأحواض المائية عقب حدوث العواصف الرعدية التي تُجري السيول في المجاري المائية.

وتتشكل الرواسب السطحية في معظمها من خليط متباين النوع والحجم من مفتتات وكتل مزواة من صخور الجرانيت الوردي والديورايت والشست والنيس والبازلت، ليس لإحداها غلبة على الأخري، تنتشر فوق السطح في بقع متناثرة، وتنطمر في رمال خشنة من نفس النوع في مواضع أخري.

وقد شكلت تلك الرواسب بعد تصلبها – حسبما يرى Nir, Y., 1996, 76:77 – ركيزة أو أسطح سالفة لنمو وتشكيل أنماط من الشعاب المرجانية الأطرية والحاجزية.

وتدين السبخات برواسبها، والخطاطيف البحرية والرؤوس الأرضية بالمنطقة في بدايات نشأتها إلى الحمولة المتباينة نوعياً وحجمياً لتلك المجاري المائية؛ حيث كان يعاد تصنيفها بفعل العوامل والعمليات البحرية تبعاً لزوايا استقرار كل منها.

**ب-الجروف البحرية وشواطئها المرتفعة:**

تؤكد الشواهد والأدلة الجيومورفولوجية المنتشرة في أرجاء المنطقة على عدم ثبات مستوى سطح المياه في خليج السويس إبان عصر البليستوسين، فقد شكلت مياه الخليج في فترات طغيانها درجات بحرية وجروف مرتفعة، ميز الباحث ثلاثة منها على منحدرات جبل حمام سيدنا موسى شمال منطقة الدراسة بحوالي ٨ كيلومتر، تقع على مناسيب ( ٢٢-١٧م) ، (١٢-٨م) ، ( ٤-٢م) فوق مستوى سطح البحر الحالي.(ماجد شعلة، ١٩٩٩، ٢٥٧: ٢٥٨)

وأوضحت نتائج الدراسة الميدانية والتفسير البصري للمرئيات الفضائية اختفاء معالم الشاطئ المرتفع منسوب( ٤-٢متر) فوق منسوب سطح البحر الحالي، ربما بفعل انطماره برواسب مجاري أودية سهل القاع أو ربما تمكنت تلك المجاري من إزالته.

من جانب آخر بقيت آثار مهمة للشاطئ المرتفع منسوب + ٧أمتار[١٠]، إذ يشكل جرفه نقطة انحدار مفاجئ فوق سطح سهل القاع، وبرغم قدم تشكيله قياساً بالشاطئ ( +٤إلى +٢م) فإن وقوع بقاياه كأراضي بين المجاري المائية أسهمت في أن تظل تلك البقايا شاهدة على بلوغ مياه الخليج هذا المستوى.(صورة : ٢)

وقد انتهت دراسة ( إبراهيم بدوي، ١٩٩٣، ٢٤٢) بمنطقة رأس محمد جنوب منطقة الدراسة، إلى أن شاطئ +٧ أمتار المرجاني قد تشكل خلال الفترة الانتقالية

بين فترتي فورم الأوسط والأدنى( ٣٥-٢٤ ألف سنة مضت) ساد خلالها مناخ دافئ ممطر.

وتشير نتائج التحليل الشكلي[١١] للرواسب السطحية ( > ٢مم) للشاطئ والمشتقة من صخور الجرانيت الوردي والدايورايت والنيس والشست والبازلت، سيادة الشكل الكروي بنسبة ٥٠% من جملة حجم العينة، في حين تشكل الأشكال القرصية والقضيبية والسيفية نسبة ٢٠% ، ٢٠% ، ١٠% من جملة حجم العينة لكل منها على الترتيب، ولعل في تباين شكل تلك الرواسب ما يشير إلى تباين عمليات تشكيل الشاطئ، مع ملاحظة تعاظم فعل المياه الجارية من بين تلك العمليات.

وأوضحت نتائج التحليل الحجمي للرواسب السطحية (< ٢مم)[١٢] (ملحق٢ عينة رقم ٣ ) سيادة الرمال الخشنة (متوسط حجم العينة ٠.٦١٢ Ø) جيدة التصنيف جداً( الانحراف المعياري ١.٢٥١ Ø) تبعاً لتصنيف Folk & Ward, 1957

وفي ضوء معاملات Sahu,1964 اتضح أن رواسب الشاطئ المرتفع +٧ أمتار هي دلتاوية (Y3= -15,11 ) رسبت في بيئة شاطئية (Y1= 9.88 ) ضحلة (Y2= 110.52 ) بفعل تيار مائي مضطرب (Y4= 6.194 )، وربما يشير الشكل شبه القوسي للجرف البحري المرتفع (شكل: ٢) تجاه اليابس، إلى البيئة الخليجية التي رسبت فيها تلك الرواسب.

**٢. السبخة الجافة :**

يشغل سطح السبخة الجافة نطاقاً طولياً تبلغ مساحته ٦.٨ كم٢ ، ينحصر بين سهل القاع في الشرق، والسبخة الرطبة في الغرب، وبطول يبلغ حوالي ٢٣كم، ويتراوح عرضه بين ٦٠، ١١٠٠ متر.

وبالرغم من صعوبة الفصل مورفولوجياً بين سطح السبخة الجافة وأسطح الوحدات الأرضية المجاورة، فإن الأمر يبدو أكثر سهولة بالاستعانة بنسب القنوات، والقناة الرابعة في المجال غير المرئي لمرئيات الماسح الأمريكي TM التي تُمتص بشكل كلي بارتفاع المحتوى الرطوبي لسطح الانعكاس.

وسطح السبخة الجافة مموج بفعل المجاري المائية التي تخترقه خلال رحلتها إلى الخليج، إضافة إلى النباك، وبعض برك تذرية الرياح.

وأوضحت نتائج الدراسة الميدانية والمعملية سهولة تمييز الحدود الفاصلة بين سطح السبخة الجافة وأسطح الوحدات المجاورة، فبالانتقال على طول القطاع العرضي الممتد فوق سطح سهل القاع شرقاً، ومروراً بسطح السبخة الجافة، ثم سطح السبخة الرطبة، فمسطح المد غرباً يمكن تسجيل الملاحظات التالية:

- تميل الرواسب السطحية للسبخة الجافة إلى اللون البني الفاتح بفعل محاليل أكاسيد بعض العناصر المعدنية القابلة للذوبان، والتي تجد طريقها إلى السطح بفعل الخاصية الشعرية.
- ظهور المضلعات والقشورالملحية في المواضع التي تنخفض عما يجاورها ببضعة سنتيمترات، وخاصة القريبة من وحدة سهل القاع، وسرعان ما تختفي تلك المضلعات، وتصبح القشرة الملحية أضعف تماسكاً في النطاق الانتقالي بين سطحي الجافة والرطبة.
- ارتفاع كثافة النبات الطبيعي في النطاق الانتقالي بين سطحي السبخة الجافة والرطبة نتيجة اقتراب مستوى الماء الأرضي.

- بدء ظهور المستنقعات بالاقتراب من سطح السبخة الرطبة، نتيجة اقتراب الماء الباطني من سطح الأرض.
- تعد المضلعات الملحية أحد خصائص سطح السبخة الجافة، وهي عبارة عن صفائح ملحية محاطة بحافات دقيقة مكونة من خليط الأملاح والطفل، وأغلبها يتراوح طوله بين ٣٠،٥٠ سم.
- تظهر التنهدات الملحية بالهوامش الخارجية للسبخة، وهي عبارة عن قشور من الطفل المختلط بالأملاح، مقوسة إلى أعلى بارتفاع سنتيمترات لا تتعدى في مجملها ١٠سم، كنتيجة للنمو البللوري الأفقي والرأسي للأملاح.
- انتشارالنباك مثلثة الشكل فوق سطح السبخة، خاصة بالقرب من السبخة الرطبة المجاورة؛ إذ نجحت بعض نباتات الرطريط من التقاط حبيبات الرمال ناصعة البياض، والمشكلة من رمال الشعاب المرجانية العضوية، وهي نباك صغيرة الحجم ، لاتزيد – في الغالب – عن ١.٥مترمكعب، في حين تشغل مساحات محدودة لاتزيد في غالبها عن ٣ أمتار مربعة.(جدول رقم: ١، وصورة رقم: ٣)
- سيادة الرمال الناعمة بين مكونات عينة نبكة؛ إذ بلغت قيمة متوسطها الحسابي ٢.٢٥ Ø ، وذات تصنيف جيد جداً ( الانحراف المعياري للعينة ٠.٦٢ Ø) ، وهي رمال رسبت في بيئة شاطئية ضحلة، أذرتها الرياح من مواضعها بالتعلق لتعيد إرسابها حول النباتات.( ملحق :٢ عينة: ١ )

## جدول (١)
## أبعاد بعض النباك فوق سطحي السبخة الجافة والرطبة بمنطقة رأس السبيل.

| العينة | الطول/م | العرض/م | الارتفاع/م | المساحة/م٢ | الحجم/م٣ | س | ص | ع | الموضع وملاحظات |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ١ | ١.٧٥ | ١.٥ | ٠.٥ | ٢.٦ | ١.٣ | ١٧ | ٢٢ | ٣١٦ | سبخة جافة، مثلثة |
| ٢ | ٠.٩ | ٠.٧٥ | ٠.٣ | ٠.٧ | ٠.٢ | ١٥ | ٣٦ | ٣٢٢ | سبخة جافة، مثلثة |
| ٣ | ١.٧٥ | ٠.٧٥ | ٠.٣٥ | ١.٣ | ٠.٥ | ٨ | ٣٧ | ٣١٧ | سبخة جافة، مثلثة |
| ٤ | ١٣ | ٨.٥ | ١.٢٥ | ١١١ | ١٣٨ | ١٠ | ٤٠ | ٣٠٠ | سبخة رطبة، بيضاوية |
| ٥ | ٣.٥ | ١.٨٥ | ٠.٤٥ | ٦.٥ | ٢.٩ | ١٣ | ٣٥ | ٢٩٥ | سبخة رطبة، مستطيلة |
| ٦ | ١٠ | ٤.٣ | ٠.٥ | ٤٣ | ٢٢ | ٧ | ٤٤ | ٣٤٠ | سبخة رطبة، بيضاوية |
| ٧ | ١.٩ | ١.٦ | ٠.٥٥ | ٣ | ١.٧ | ٢٥ | ٣٥ | ٣٢٠ | سبخة رطبة، بيضاوية |
| ٨ | ٤.١ | ٤.١ | ٠.٩٥ | ١٧ | ١٦ | ١٨ | ٣٧ | ٣٥٠ | سبخة رطبة، مستطيلة |
| ٩ | ٣ | ٢.٥ | ٠.٨٥ | ٧.٥ | ٦.٤ | ١٧ | ٤٨ | ٢٨٨ | سبخة رطبة، مستطيلة |
| ١٠ | ٨.٣ | ٧.٦ | ١.٥ | ٦٣ | ٩٥ | ١١ | ٣١ | ٣١٦ | سبخة رطبة، مستطيلة |

المصدر: نتائج الدراسة الميدانية، س= انحدار الجانب المواجه للرياح السائدة/ درجة، ص= انحدار جانب منصرف الرياح/ درجة، ع= توجيه المحور الطولي/ درجة

## ثانياً: الظاهرات شبه المغمورة

وهي الظاهرات التي تنحسر عنها مياه الخليج، أو تطغى عليها خلال المد والجزر، أو بفعل أمواج العواصف، كما أن سطح بعضها يقترب من منسوب المياه الجوفية بشكل ملحوظ قد يقل عن نصف المتر، ومن ثم فإن تلك الظاهرات تتناوب في تشكيلها العمليات القارية والبحرية خلال اليوم الواحد.

وتشغل الظاهرات شبه المغمورة مساحة تقدر بحوالي ٩.٧ كيلومتراً مربعاً، وتتوزع بين ثلاث ظاهرات مورفولوجية رئيسية تضم: السبخة الرطبة، ومسطح المد، والرؤوس الأرضية ، ويمكن دراسة كل منها بالتفصيل على النحو التالي:

**١- السبخة الرطبة:**

بالاقتراب من مسطح المد وبظهور الرواسب الطفلية المختلطة بالأملاح وارتفاع محتواها من الماء، فإننا ننتقل من سطح السبخة الجافة إلى سطح السبخة الرطبة، كما تكثر البرك التي يظهر في قيعانها المياه، وترتفع كثافة الغطاء النباتي بشكل ملحوظ.

وتشير نتائج تحليل العينات بمنطقة رأس السبيل، إلى ارتفاع نسبة المحتوى الرطوبي بالتعمق؛ حيث بلغت نسبتها ١٤.١٨%، ١٤.٦%، ١٦.٧% من جملة حجم العينات للأعماق ( صفر-٢٠سم) ،(٢٠-٤٥سم)، ( ٤٥-١٠٠سم) لكل منها على الترتيب.

ويكون تمييز حدود السبخة الرطبة يسيراً بالاستعانة بالمرئيات الفضائية، فتبدو كبقعة شديدة الدكانة في المجال الطيفي الرابع، وميدانياً يضفي المحتوى الرطوبي على ر واسب السبخة الرطبة اللون البني الداكن، وظهور البقع الموحلة.

وقد أوضحت نتائج الدراسة الميدانية أن هناك عدد من الظاهرات الدقيقة التي تصبغ سطح السبخة الرطبة بخصائص مورفولوجية مميزة لها دون غيرها، ويمكن دراسة تلك الظاهرات على النحو التالي:

أ- **النباك** : تعد الرياح الشمالية الغربية هي السائدة على مدار العام Prevailing ؛ إذ تبلغ المحصلة النهائية للرياح بمحطة الطور- الواقعة شمال المنطقة بحوالي ستة كيلومترات- ٣٢٦ درجة، وهي أيضاً الرياح الغالبة Resultant المسؤولة عن عمليات اكتساح الرمال وتذريتها بالمنطقة.

ويعد سطح السبخة الرطبة مناسباً لتشكيل نباك، أكبر مساحة وحجماً مقارنة بتلك التي وجدت فوق سطح السبخة الجافة، ويرجع ذلك إلى انتشار أشجار الأثل التي ترتفع إلى مترين عن سطح الأرض، والتي تعد مصايد جيدة لحبيبات الرمال التي تذريها الرياح على مدار العام.( صورة:٤)

وتتراوح المساحات التي تشغلها النباك وأحجامها بين ( ٦، ١١١متر) ، ( ٣، ١٣٨متراً مكعباً) لكل منهما على الترتيب، وتسود الأشكال الطولية والبيضاوية، ويتفق توجيه محاورها الطولية مع المحصلة النهائية للرياح.

وتعد مفتتات الأصداف البحرية هي المكون الرئيسي لرمال النباك، والتي تسود فيها الرمال الناعمة والناعمة جداً بنسبة بلغت حوالي ٩٥% من جملة وزن العينة( ملحق : ٢ عينة : ٢)، وتحمل تلك الرمال خصائص البيئة الشاطئية الضحلة، التي ساد فيها تيار مائي مضطرب.

ويذكر Thoulet, J., أن الرياح التي تتراوح سرعتها بين ٠.٥ ، ١١.٤ م/ث تستطيع أن تذري وتحمل حبيبات رملية يتراوح قطرها بين ٠.٠٤ ، ١.٠٤٢مم(جودة

حسنين، ١٩٨٨، ٤٨٤: ٤٨٥)، ولذلك يوجد تناسب بين أحجام رمال النباك وسرعة الرياح السائدة بالمنطقة(١٣).

ب- **قنوات المد:** عبارة عن قنوات ضحلة لا تزيد في عمقها عن سطح السبخة بأكثر من٣٠ سم، قيعانها منبسطة، اتساعها الغالب هو المتر الواحد، مضفرة، حتى أنها قسمت سطح السبخة في مواضع انتشارها إلى كومات تشبه النباك في مظهرها.

وتعد قنوات المد هنا امتداداً طبيعياً لقنوات المد فوق سطح وحدة مسطح المد المجاورة، إلا أن ارتفاع مناسيب قيعانها تجعلها غير يومية الجريان، أى أن حركة المياه فيها ليست متوافقة مع حركة المد والجزر نصف اليومية التي تحدث لمياه خليج السويس بالمنطقة على مدار اليوم الواحد، ويبدو من جفافها وانتشار المضلعات والقشور الملحية فوق قيعانها أن المياه لا تجري بها إلا خلال موسم نشاط أمواج العواصف الشتوية.

وتضفي تلك القنوات سمة التضرس الهين على سطح السبخة الرطبة، إضافة إلى أثرها في نقل الرواسب الدقيقة جداً من هنا وترسيبها فوق سطح المد المجاور، مما يسهم في رفع قيم نفاذية رواسب السبخة الرطبة، ومن ثم زيادة محتواها الرطوبي.(صورة: ٥)

جـ_ **البرك:** تمثل البرك أحد الخصائص المميزة لسطح السبخة الرطبة، وقد تم تمييز أربع برك على طول النطاق، ثلاث منها بين رأسي راية والسبيل، وواحدة جنوبي رأس السبيل مباشرة، وقد كشفت نتائج الدراسة الميدانية عن عدد من الخصائص الخاصة بالبرك(جدول رقم:٢، والشكلين رقمي: ٤، ٥) يمكن حصرها فيما يلي:

- سيادة الشكل المستطيل للبرك، وانفتاح بعضها على مياه الخليج عن طريق قنوات المد التي تمدها بالمياه، ولعل وجود خطوط متوازية تشكل في مجموعها درجات دقيقة على جوانب البرك، تمثل مراحل

الانحسار التدريجي لمياه المد، وربما تشير تلك الخصائص إلى أصل نشأتها في كونها كانت تمثل – في مرحلة ما– قنوات مد، طُمرت قيعانها بالرواسب الرملية، فتحولت الأجزاء الداخلية – الأقرب لليابس– إلى سبخات رطبة.

الاتصال تحت السطحي غير المباشر لتلك البرك، إضافة إلى الاتصال السطحي المباشر بمياه خليج السويس؛ حيث أشار Moustafa,A.,1993, 97 أنه في حالة انخفاض قيمة معامل CA/MG Ratio عن الواحد الصحيح فإن ذلك يشير إلى تأثير المياه البحرية على المياه الجوفية، وهو ما انتهت إليه نتائج التحليل الكيميائي لمياه البركة رقم: ١ (جدول: ٢) ؛ حيث تبين أن مجموع الكاتيونات لعنصري الكالسيوم والماغنيسيوم ٤٧، ١٥٣ملليمكافئ/لتر لكل منهما على الترتيب ، ومن ثم فإن قيمة المعامل تبلغ ٠.٣١.

## جدول (٢)
## أبعاد البرك بنطاق السبخة الرطبة

| الموقع | أقصى طول/م | أقصى عرض/م | أقصى عمق/م | المساحة /م٢ | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|---|
| فيما بين رأسي راية والسبيل | ٣٧٠ | ١٠٠ | ٢ | ٣٢٧٣٠ | بيضاوية، موازية لخط الشاطئ |
| | ٨٥ | ٥٠ | ١ | ٣٠٦٠ | هلالية، محورها الطولي مواز لخط الشاطئ |
| | ٩٠ | ٣٠ | ١ | ١٥٦٠ | طولية غير منتظمة الجوانب |
| جنوبي رأس السبيل | ١٧٥ | ٧٥ | ١.٥ | ١٠١٧٥ | بيضاوية، مائلة على خط الشاطئ |

المصدر– القياس والتفسير البصري من المرئيات الفضائية

– الأعماق من الدراسة الميدانية.

**٢- مسطح المد :**

تشغل وحدة مسطح المد شريطاً يمتد بطول شاطئ منطقة الدراسة، وبمتوسط عرض يبلغ حوالى ٥٥ متراً، وتبلغ مساحته الكلية حوالي كيلومترين مربعين، وبمعدل انحدار لا يزيد على درجتين، باستثناء المواضع التي تظهر فيها الحافات الرملية والحصوية المنخفضة.

وقد أوضحت نتائج الدراسة الميدانية اختفاء مسطح المد في المواضع التي تظهر بها جروف الصخور المرجانية، وبالرغم من أن ارتفاعها قد يقاس ببضعة ديسيمترات، فإنها حالت دون توغل مياه المد– حتى الربيعي منها والذي لا يتجاوز منسوبه ٥٠ سم فوق متوسط منسوب سطح البحر– داخل اليابس المجاور بتلك المواضع، مع ملاحظة ضيق اتساع مسطح المد في المواضع التي تلامس فيها النباك مياه البحر كما هي الحال جنوبي رأس راية.( صورة:٦)

وتتكون الرواسب السطحية لمسطح المد من رمال خشنة إلى متوسطة الخشونة، تتشكل من خليط من مفتتات الشعاب المرجانية وبللورات بعض معادن الصخور النارية والمتحولة التي حملتها مجاري سهل القاع إلى هنا، إضافة إلى كنجلوميرات المفتتات المرجانية، والكتل الصخرية المنطمرة جزئياً بالرمال من صخور الجرانيت الوردي؛ وقد بلغ حجم إحداها ٣٣٠٠٠سم٣.

ويؤكد كل من ( محمد صبري محسوب، ١٩٩١، ١٧٠؛ Komar, P., 1998, 56) على سيادة عملية تصنيف للرواسب السطحية بنطاق مسطح المد بفعل الأمواج المندفعة والمرتدة، مما يتسبب في تشكيل عديد من الظاهرات الرسوبية الدقيقة، وتتحدد الخصائص المورفولوجية الرئيسية لسطح مسطح المد بعدد من الظاهرات الدقيقة التي يمكن تناولها على النحو التالي:

أ- **صفوف الحصى المتوازية:** تسهم أمواج الشاطئ في إعادة تصنيف الرواسب السطحية بنطاق مسطح المد، مما يسفر عن بناء صفوف من الحصى شبه المتوازي، يفصل بين كل زوج منها مسافات تتراوح بين ٣٠ ، ٥٠ سم، وتتوافق في مواضعها مع تذبذب المستوى الرأسي للموجة المندفعة، والتي ترتبط في تذبذب مستواها الرأسي بمستويات المد والجزر على مدار اليوم الواحد.

ويبدو أن الموجة المندفعة Swash تلقي بكامل حمولتها فوق أرض الشاطئ، وما تلبث أن ترتد Backwash حاملة معها الدقيق من حمولتها، في حين تفقد بعض طاقتها داخل المسافات البينية الكبيرة نوعاً بين تلك الصفوف التي سبقت وشكلتها، وهذا يعني أن سر بقاؤها يكمن في خصائصها الحجمية ومسافاتها البينية.(شكل: ٣، القطاعان: ب، د ، صورة: ٧)

وقد أوضحت نتائج التحليل الشكلي لكنجلوميرات مسطح المد- التي تدخل في تشكيل صفوف الحصى - سيادة الشكلين القضيبي والسيفي بنسبة ٧٠% ، ٣٠% من حجم العينة لكل منهما على الترتيب، وتعكس تلك الأشكال الدور المهم الذي تمارسه الأمواج البحرية في تشكيل سطح الوحدة.

ب-**الحافات الرملية المنخفضة:** تشكل الحافات الرملية المنخفضة نقاط تغير مفاجئ في انحدار القطاع العرضي لمسطح المد، وتبدو في شكل حافات دقيقة ترتفع بين ٢٠، ٣٠سم، وبانحدار يبلغ حوالي ٢٥ درجة، وقد يزيد عن ذلك في بعض المواضع.(شكل:٣، القطاعات أ، ب، جـ)

كما تظهر واجهة الحافة في شكل درجات دقيقة بارتفاعات لا تتجاوز ١٠سم كدلالة على عمليات الانحسار التدريجي لمياه الجزر.

ويرى( محمد صبري محسوب، ١٩٩١، ١٦٣) أنه في حالة هدوء البحر تسود الأمواج البانية والتي يحدث مع تكسرها انسياباً وجرياناً للمياه تحرك معها

الرواسب الرملية والحصوية نحو الشاطئ، وينتج عن ذلك بناء حافة منخفضة Berm تمتد في موازاة خط الشاطئ، وتؤكد تلك الحقيقة سيادة الأمواج البانية بمنطقة الدراسة، ولاغرابة في ذلك؛ إذ تتكسر الأمواج على طول حافتين مغمورتين من أطر وحواجز المرجان بعيداً عن الشاطئ قبل وصولها إلى الشاطئ كما سيتضح في موضع لاحق بالبحث.

جـ- **الحافات الحصوية المنخفضة:** وهي تشبه في خصائصها العامة الحافات الرملية المنخفضة، إلا أن مكوناتها من مفتتات الأصداف والشعاب المرجانية في حجم الحصى والحصباء، كما أنها تتشكل في مواضع أقرب للأجزاء المغمورة من سطح الرصيف التحاتي، وهي بهذا عكس الحافات الرملية المنخفضة التي تنتشر مواضعها في الأجزاء العليا من قطاع مسطح المد.(شكل:٣،القطاعان:ب، د)

وأوضحت نتائج الدراسة الميدانية من خلال مراقبة حركة مكونات تلك الحافات أسفل سطح المياه بعض من الملاحظات التي قد تسهم في فهم ميكانيكية تشكيلها، نوردها فيما يلي:

- باندفاع الموجة تجاه الشاطئ تحدث حركة دورانية للمياه يتبعها رفع كافة مكونات الحافة الحصوية في اتجاه أعالي قطاع مسطح المد.
- بارتداد الموجة تحدث الحركة الدورانية نفسها، مع ملاحظة نشاط لعملية الفرز والتصنيف؛ حيث تبقى الحصيات الأكبر حجماً وذات الكثافة النوعية الأعلى في أعالي الحافة، في حين تنزلق الحصيات الأصغر والأقل كثافة على واجهة الحافة لتستقر عند أسافلها، وتعاد الكرة مرات

ومرات، مما يعني حدوث فرز وتصنيف من جديد، تكون محصلته النهائية تشكيل حافة من مواد ذات تصنيف جيد جداً.

- تظل بعض الحصيات الدقيقة معلقة في الماء؛ إذ ما تلبث أن تقترب من مواضع استقرارها في مجال الحافة، لتُرفع مرة أخرى إلى أعلى لتدخل في مجال الحركة الدائرية السابق الإشارة إليه، ويعني هذا أن تلك الحصيات سوف تظل عالقة بالمياه، ولن تستقر إلا في حالة السكون التام للمياه، وهذا أمر نظري الحدوث.
- تُجر الكنجلوميرات القضيبية والقرصية كحمولة قاع أسفل المجال الذي تشغله تيارات المياه الدورانية، لتمارس عملية البري للجزء الصخري من الرصيف التحاتي، ومن ثم زيادة صقل سطحه، وفي الوقت نفسه تُهذب حواف الكنجلوميرات، وتبرى، وتستدق أحجامها، لتضاف في نهاية دورتها الحجمية والشكلية إلى الرمال الدقيقة التي تغطي سطح مسطح المد.

د- **الضروس الرملية الحصوية:** إحدى ظاهرات الإرساب البحري الناجمة عن إعادة تصنيف الرواسب المتباينة في حجمها؛ حيث تتشكل بروزات تتجه إلى البحر مكونة – في معظمها– من مواد خشنة، في حين تفصل بينها جونات مكونة من مواد أدق حجماً.

وكشفت نتائج الدراسة الميدانية عن بعض الخصائص المورفولوجية لتلك الظاهرة نجملها فيما يلي:

- ضآلة انتشارالضروس الرملية الحصوية بنطاق مسطح المد، مما يشير إلى التجانس الواضح للرواسب السطحية المشكلة لنطاق مسطح المد، إضافة إلى ضعف طاقة الأمواج لإنجاز عملية تصنيف تلك الرواسب، ومن ثم تشكيل الضروس، أو ربما لكون تلك الضروس ذات أبعاد

محدودة، مما يزيد من احتمال سرعة طمس معالمها واكتساح مكوناتها سواء بفعل الرياح أو الأمواج.

- توزيع الضروس في نمط شبه منتظم؛ حيث تفصل بينها مسافات شبه متساوية، كما يبلغ اتساع قاعدتها ضعف طولها تقريباً.
- تباين انحدار جانبي الضرس؛ حيث يشتد انحدار الجانب المواجه للأمواج السائدة طوال العام قياساً بالجانب المظاهر لها، وتفسير ذلك في أن الموجة تكتسح الرواسب في الجانب المواجه لها، ثم تعيد إرسابه في الجانب المظاهر.
- في المواضع التي تنتشر بها صفوف الحصى أعلى قطاع مسطح المد، تبدأ تلك الصفوف في التعرج، لتتخذ الشكل نفسه الذي تتخذه الضروس الرملية، وتشير بذلك إلى تباين طاقة الموجة البانية على مستوى العناصر الأرضية الدقيقة جداً.( صورة: ٨)

هـ- **الألسنة الخطافية والجزر الرملية:** ظاهرات إرساب ترتبط نشأتها ببعض، فالألسنة أذرع رسوبية تمتد من الشاطىء داخل مياه البحر، موازية لخط الشاطئ أو مائلة عليه، وإذا انثنت أطرافها بدت كخطاف، وقد تنفصل أجزاء منها بفعل تيارات المياه، لتشكل جزراً رملية شبه مغمورة.

وينحصر التوزيع الجغرافي لتلك الظاهرات في النطاق المحصور بين رأسي السبيل وجارة؛ حيث تشغل مساحة تقدر بحوالي ٠.٦٢ كم٢ ، أي أنها تغطي نحو ثلث مساحة مسطح المد، وتتقاسمها ثلاثة تجمعات رسوبية رئيسية[١٤] .

ويتضح من الفحص البصري للمرئيات الفضائية وخطوط الأعماق، أن تلك التجمعات ارتبط تشكيلها بالمواضع التي تصبح فيها الحواجز المرجانية أبعد ما تكون عن خط الشاطئ، مما يوفر لتيارات الماء الحركة الحرة إلى حد ما، والمساهمة في تشكيل تلك الظاهرات.

ومن دراسة أرقام الجدول رقم (٣) والأشكال أرقام ( ٤، ٥، ٦) يمكن استنتاج الحقائق التالية:

- تتوزع الألسنة الخطافية بالمنطقة تبعاً لعلاقة مناسيب أسطحها إلى نمطين: **أولاهما:** السطحية، وهي التي تعلو مناسيب أسطحها عن منسوب المد العالي، وتمثل مرحلة جيومورفولوجية متطورة، **وثانيهما:** شبه المغمورة، وهي التي تنحسر عنها مياه الجزر، وتمثل مرحلة جيومورفولوجية مبكرة.
- تتفق توجيهات عوامل التشكيل المختلفة في كونها تعمل في خط مواز لخط الساحل، إضافة إلى توافقها الواضح مع توجيه نمطي الألسنة، وتعامدها على اتجاه حركة الرواسب التي تلقي بها مجاري أحواض أودية خور الشريف ومريخ وثمان، مما لايدع مجالاً للشك في كون التيارات البحرية هي العامل السائد في تشكيل نمطي الألسنة والجزر الرملية.
- أسهمت كل من الحواجز المرجانية، وتضرس أسطح الأطر المرجانية في تشكيل تيارات مائية ثانوية متعددة الاتجاه، كان لها الأثر الواضح في تشكيل الأجزاء المنثنية من الأذرع، والتي تضفي الشكل الخطافي على الألسنة، ويتفق هذا التصور مع ما أورده ( محمد صبري محسوب،١٩٩١، ٨٢) في أن وجود الشعاب المرجانية بالقرب من الشاطئ تعمل على اضطراب اتجاهات التيارات البحرية، وتزيد من سرعتها، ومن ثم تصبح الألسنة البحرية أكثر تعقيداً.

- يشير المظهر المعقد للألسنة السطحية وشبه المغمورة بمنطقة الدراسة من تعدد لأذرعها وخطاطيفها إلى تعدد الدورات الرسوبية التي مرت بها، فأقدمها نشأة وتشكيلاً هو الأقرب لليابس، وقديمها المواجه للبحر، وحديثها الألسنة شبه المغمورة، وأكثرها حداثة الجزر الرملية.

**جدول (٣) أبعاد الألسنة الخطافية والجزر الرملية فيما بين رأسي السبيل وجارة**

| التجمع | الألسنة السطحية | | | الألسنة شبه المغمورة | | | الخطاطيف | | | الجزر الرملية | | | مساحة التجمع/كم٢ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | العدد | جملة الطول/م | توجيه المحور الطولي/درجة | العدد | جملة الطول/م | توجيه المحور الطولي/درجة | العدد | جملة الطول/م | توجيه المحور الطولي/درجة | العدد | جملة الطول/م | توجيه المحور الطولي/درجة | |
| الأول | ٣ | ٤٧٥ | ٢٧٥ | ٦ | ١٢٣٥ | ٣١٣ | ٣ | ١١٠٠ | ٩٠ | ١ | ٢١٠٠ | ٣٢٥ | ٠.١٥ |
| الثاني | ١ | ٧٠٠ | ٣٢٠ | ٣ | ٦٢٥ | ٢٢٠ | ٦ | ٢٥٠٠ | ٣٣٠ | ٢ | ٦٢٥ | ٧٥ | ٠.٣٢ |
| الثالث | ٣ | ٩٣٦ | ٢٢٦ | – | – | – | ٢١ | ٣٠٠٠ | ٢٧ | – | – | – | ٠.١٥ |

المصدر: القياس من المرئيات الفضائية، والمعالجة الرقمية والخرائطية بالاستعانة ببرنامجي ArcGIS,9.2، KML2SHP

### ٣- الرؤوس الأرضية :

يشير تعرج خط الساحل إلى وجود ثلاثة رؤوس أرضية رئيسية، تمثلها من الشمال إلى الجنوب راية والسبيل وجارة، إضافة إلى أربعة رؤوس ثانوية تمتد بين رأسي السبيل وجارة، وقد رقمت بالأحرف أ ، ب ، ج ، د بالشكل (رقم : ٨)

ومن دراسة أرقام الجدول ( ٤ ) والأشكال أرقام ( ٧، ٨، ٩ ) يمكن تسجيل الحقائق التالية:

**جدول (٤) أبعاد الرؤوس الأرضية**

| الرأس | الامتداد داخل البحر/م | اتساع الواجهة البحرية/م | المساحة /كم٢ | أعلى منسوب/م | الشكل والموقع |
|---|---|---|---|---|---|
| راية | ٨٤٠ | طرف مدبب | ٠.٢ | +١ | بيضاوية، مصب مجرى وادي أملاحة |
| السبيل | ١٣٠٠ | ٩٢٠ | ١.٤ | +٢ | مستطيلة، مصب مجرى وادي خور الشريف |
| جارة | ١٦٠٠ | ٢٨٥٠ | ٣.٣ | +٢ | مستطيلة، مصب مجارى واديي ثمان ومعين |
| أ | ٣٠ | طرف مدبب | ٠.٠٠٢ | +٠.٥ | مثلثة، مصب فرعى وادي ثمان |
| ب | ٤٠ | طرف | ٠.٠٠٣ | +٠.٥ | مثلثة، مصب فرعى وادي ثمان |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | مدبب | | | |
| ج | ٧٥ | طرف مدبب | ٠.٠٠٦ | +٠.٥ | مثلثة، مصب فرعى وادي ثمان |
| د | ٥٥ | طرف مدبب | ٠.٠٠٥ | +٠.٥ | مثلثة، مصب فرعى وادي ثمان |

المصدر: – القياس من المرئيات الفضائية

## – نتائج الدراسة الميدانية :

- تشكل الشعاب المرجانية الأطرية القاعدة الصخرية للرؤوس الأرضية الرئيسية، وبانحسار مياه الخليج عنها باتت أسطحها مواضع للإرساب الفيضي لمجاري أودية سهل القاع إبان الفترات الأكثر رطوبة من الآن.
- تمثل الرؤوس الثانوية مرحلة جيومورفولوجية أقل تطوراً، وهي تحاكي الكيفية التي تطورت بها الرؤوس الرئيسية، فمواضعها عبارة عن مصبات لمجاري مائية، وهذا الشكل المثلثي إنما يقرب للأذهان فكرة نشأة الضروس البحرية وتشكيلها – ولكن بمقياس أكبر نوعاً ما– فبمجرد أن تلقي المجاري المائية بحمولتها فوق سطح الإطار المرجاني، فإن التيارات البحرية والأمواج تتلقفها لتعيد تصنيفها وتشكيلها بالهيئة المثلثة التي تتخذها الآن.
- تعد البرك والسبخات الجافة والرطبة والنباك، ظاهرات مثالية فوق أسطح الرؤوس الرئيسية.
- انتشار الفرشات الملحية في مواضع عديدة فوق أسطح الرؤوس، ويرجع ذلك إلى انخفاض مناسيب أسطحها بشكل ملحوظ واقترابها من منسوب المياه الجوفية المالحة، إضافة إلى أن انخفاض السطح في بعض المواضع يعزز من فرصة وصول المياه البحرية المجاورة بشكل مباشر،

وفي ضوء سيادة ظروف مناخية جافة حارة، تتشكل تلك الفرشات، لتصبح دليلاً على تناوب عمليتي الترطيب والتجفيف في تشكيل أسطح الرؤوس منخفضة المنسوب.( صورة: ٩)

- تدل النباك المنتشرة بالهوامش الخارجية للرؤوس على نشاط فعل الرياح كعامل بناء، إضافة إلى ماتمثله تلك النباك من خط دفاع أول ضد ما قد يهدد الأجزاء المنخفضة من أسطح الرؤوس من موجات العواصف.
- للإنسان أثر مهم في تشكيل أسطح الرؤوس الرئيسية، ويتمثل هذا التأثير في شق وتعبيد طرق ترابية ترتفع حوالي ثلاثة أرباع المتر عن السطح المجاور، وقد كانت مواد السطح التي تغطي الرؤوس هي ذاتها المواد التي استخدمت لتعبيد هذه الطرق، مما تسبب في انتشار البرك التي تعلو قيعانها المياه، واتساع رقعة مساحة السبخة الرطبة – كما هي الحال برأس راية – في المواضع التي اشتقت منها تلك المواد.

## ثالثاً: الظاهرات المغمورة :

يبدو أن استيطان المرجانيات بالمنطقة ارتبط بما أطلق عليه كل من(محمد البارودي، ١٩٩٧، ٤٨؛ Nir, Y., 1996, 76:77) بالطبوغرافيا الغارقة، والتي سبق وأن تعرضت لعوامل التعرية القارية والبحرية في أدوار متعاقبة.

فبهبوط منسوب سطح البحر الأحمر بمقدار (١٣٠متر) خلال الفترة بين ٢٣- ١٣ ألف سنة مضت( محمد البارودي، ١٩٩٧، ٥٤)، انفصل البحر الأخمر عن مضيق باب المندب الذي لايزيد عمقه عن ١٢٠ متراً، وبطبيعة الحال انفصل خليج السويس عن البحر الأحمر، مما أدى إلى انكشاف كافة الأشكال البنائية للشعاب المرجانية.

ويمثل الرصيف المرجاني – الواقع على منسوب (-١٠أمتار)- القاعدة الصلبة التي نمت فوق سطحها الأطر المرجانية، وبتوالي ارتفاع منسوب مياه

الخليج قبل ١١ ألف سنة مضت، بدأت تنمو مرجانيات جديدة، شرعت في بناء أطر جديدة، هي ذاتها الشعاب الحاجزة والبقع المرجانية الحالية( جدول:٧).

ونمت المراجين حول الرؤوس الأرضية، لتبني شعابا مرجانية تلتف وتحيط بالرأس وتشبه المراوح؛ ولذا يطلق عليها (محمد مجدي،١٩٩٧، ١٣٥) مصطلح Coral fan ، وتتباين مساحات تلك المراوح تبعاً لطول الواجهة البحرية للرأس الأرضي الذي نمت حوله، فقد بلغت مساحة المراوح المرجانية حول رؤوس راية والسبيل وجارة بحوالي ٠.٤٣ ، ٠.٦٥، ١.٣ كم$^{٢}$ لكل منها على الترتيب.

وتشير المناسيب التي بُنيت بمستواها الأشكال البنائية المختلفة للشعاب المرجانية بمنطقة الدراسة– والمحصورة بين منسوبي (صفر، -١٠ أمتار) – إلى ارتباط نموها بالارتفاع التدريجي لمياه البحر؛ حيث كان نموها أفقياً ورأسياً مواكباً بدرجة كافية لهذا الارتفاع.

ويبدو أن عمليات الهبوط أو الارتفاع التكتوني لم يكن لها أي تأثير في نشأة وتشكيل البنيات المختلفة للشعاب المرجانية.

وتتفق الحقيقة السابقة مع ما انتهت إليه دراسة ( محمد البارودي، ١٩٩٧ ، ٤٩: ٥٠) في أن نشأة الشعاب الحاجزية الأربعة لساحل جدة أو الثلاثة لساحل شمال أملج بالمملكة العربية السعودية لا تحتاج أي تفسير تكتوني؛ حيث لا تزيد الأعماق البحرية التي ترتكز عليها هذه الشعاب على ٣٠– ٤٠متراً، ومن ثم فإن عملية الارتفاع التدريجي لمنسوب سطح البحر قد أدى إلى إغراق الشعاب الأطرية ونموها إلى أعلى كشعاب حاجزية عدة مرات.

وقد تم حصر خمسة أشكال بنائية للشعاب المرجانية بمساحة تقدر بحوالي ٤٨ كم$^{٢}$ ، تضم الحافات، والأطر، والحواجز، والمراوح، والبقع

المرجانية، ويشغل كل نمط منها حوالي ٥٧.٧% ، ٢١.٦% ، ١٤.٥% ، ٤.٩% ، ١.٣% من جملة مساحة الأشكال البنائية للشعاب على الترتيب.

وتنتمي الأشكال البنائية للشعاب المرجانية بمنطقة الدراسة إلى نمط شعاب الأرصفة، التي تطورت في الماضي، أو مازالت تتطور في الوقت الحاضر في مناطق الرصيف القاري الذي لايزيد عمقه عن ٨٠ متراً.

ويسود نمط التوزيع الشريطي بصورة عامة على الأشكال البنائية للشعاب كافة بمنطقة الدراسة؛ حيث تشغل مساحة شبه مستطيلة بطول وموازة خط الشاطئ، وبعرض يتراوح بين كيلومترين في أقصى الشمال الغربي و ٥ كيلومترات في الجهة البحرية لرأس جارة في الجنوب.

ويرتبط بالأشكال البنائية للشعاب المرجانية بمنطقة الدراسة العديد من الظاهرات المورفولوجية البينية أو المنطبعة فوق أسطحها، ويمكن دراسة تلك الظاهرات من تتبع أرقام الجدولين رقمي( ٥ ، ٦ ) والأشكال أرقام ( ١٠، ١١، ١٢، ١٣) على النحو التالي:

## ١. البحيرات الساحلية :

### أ- بحيرة رأس راية:

بحيرة شبه دائرية، مساحتها الكلية حوالي ٣.٥ كم٢، وتبلغ مساحة المياه دون منسوب (-١٠أمتار) حوالي ٤٥% من جملة مساحتها، وتتصل بخليج السويس في الجانب الجنوبي الشرقي منها عن طريق قناة يبلغ متوسط اتساعها حوالي ٣٧٥متراً، وبعمق ١٠أمتار، ويفصلها عن مياه الخليج حاجز مرجاني وجزء من مروحة رأس راية المرجانية، ويبلغ طول هذا الفاصل حوالي ١.٥ كيلومتر.

ويحيط الإطار المرجاني ( الواقع بين منسوبي صفر ، -١٠أمتار) بالهوامش الخارجية للبحيرة، وجوانبها غير متماثلة الانحدار؛ حيث يشير القطاع الراديومتري( شكل:١٢) إلى رأسية جانبها الغربي، في حين يبدو جانبيها الشمالي والشرقي متدرجي الانحدار.

ب. **بحيرة شمالي رأس السبيل :**

بحيرة طولية، تمتد في موازاة خط الشاطئ بمحور شمال غربي/ جنوب شرقي بطول ٦.٥ كيلومتر، وتبلغ جملة مساحتها حوالي ٤.٨ كم٢، وتشغل المياه الأعمق من منسوب -١٠أمتار حوالي ٣١% من جملة مساحة البحيرة.

وتتصل البحيرة بخليج السويس اتصالاً مباشراً في أقصى طرفها الجنوبي الغربي عن طريق قناة بعمق ١٠ أمتار ، ويبلغ متوسط اتساعها ٢٠٠ متراً، إضافة إلى اتصالها بمياه الخليج عن طريق العديد من القنوات المائية الغارقة التي تزخر بها أسطح الأشكال البنائية للشعاب المرجانية كافة بالمنطقة.

ويحيط الإطار المرجاني الواقع بين منسوبي صفر، -٦أمتار بالهوامش الخارجية للبحيرة، إضافة إلى حاجز المرجان الذي يعلو سطح الإطار المرجاني في الجانب الغربي من البحيرة بطول حوالي ٦ كيلومترات، والواقع بين منسوبي صفر ، -٢ متر.

جـ- **بحيرة ما بين رأسي السبيل وجارة:**

أكبر البحيرات الثلاث – بالمنطقة- من حيث المساحة؛ إذ تشغل مساحة تقدر بحوالي ١٠.٧ كم٢، أي أنها تعادل ١.٣ مرة قدر مساحتي بحيرتي راية وشمالي رأس السبيل مجتمعة، وتشغل الأجزاء الواقعة أدنى من منسوب (-١٠ أمتار) نحو خمس المساحة الكلية للبحيرة.

وتتصل البحيرة بمياه خليج السويس عن طريق قناتين، إحداها في الطرف الشمالي الغربي، ويبلغ متوسط اتساعها ٣٠٠ متراً، وثانيتها في الطرف الجنوبي الغربي، ويبلغ متوسط اتساعها ١٢٥متراً، ويفصلها عن مياه الخليج من جهتها الغربية حاجز سلمي، ينحدر بشكل تدريجي تجاه مياه البحيرة، في حين يصبح أشد انحداراً تجاه الغرب[١٥].( شكل: ١١أ )

وبالاتجاه جنوباً تبدأ البقع المرجانية Coral Patches البيضاوية الشكل واضحة أسفل صفحة الماء الصافي، لتكمل الامتداد الطبيعي للحاجز الغربي للبحيرة، إلا أن المسافات البينية بين تلك البقع تظل قنوات اتصال بين مياه البحيرة والخليج، ولكنها أقل عمقاُ من قنوات الاتصال المباشر السابق ذكرها؛ حيث لايزيد عمقها عن ٦أمتار.( شكل: ١١ب )

## جدول (٥)
## أبعاد البحيرات الساحلية فيما بين رأسي راية وجارة

| البحيرة | المحيط/كم | المساحة الكلية/كم٢ | المساحة عند منسوب ≤ (-١٠أمتار) | عدد منافذ الاتصال(١٦) |
|---|---|---|---|---|
| راية | ٨.٥ | ٣.٥ | ١.٦ | ١ |
| شمالي رأس السبيل | ١٦.١ | ٤.٨ | ١.٥ | ٢ |
| فيما بين رأسي السبيل وجارة | ٢٣.٣ | ١٠.٧ | ٢.١ | ٢ |

المصدر: القياس من المرئيات الفضائية.

## جدول (٦)
## أبعاد البقع المرجانية فيما بين رأسي راية وجارة

| المنطقة | منطقة رأس السبيل | منطقة رأس جارة | الجملة |
|---|---|---|---|
| العدد | ٧ | ١١ | ١٨ |
| المساحة الكلية/كم٢ | ٠.١٥٦ | ٠.٤٧ | ٠.٦٣ |
| مدى المساحة من – | -٠.٠٠٥١ | ٠.٠٧١-٠.٠٠٧ | -٠.٠٠٥١ |
| متوسط المساحة/ كم٢ | ٠.٠٢٢ | ٠.٠١٧ | ٠.٠٣٣ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| الانحراف المعياري | ٠.٠١٤ | ٠.٠٢٣ | ٠.٠٥٣ |
| معامل الاختلاف % | ٦٤ | ١٣٥ | ١٦٠ |
| شكل الانتشار | مستطيل | دائري | – |
| مساحة الانتشار/ كم$^{٢}$ | ٠.٨٢٥ | ١.٧٧ | ٢.٦ |
| كثافة الانتشار/ بقعة/ كم$^{٢}$ | ٨.٥ | ٦.٢ | ٧ |

المصدر: من حساب الباحث اعتماداً على نتائج القياس من المرئيات الفضائية

## ٢. ظاهرات تعلو سطح الإطار المرجاني

يمتد الإطار المرجاني بطول ساحل منطقة الدراسة، ويكاد يأخذ نفس تعاريجه، فهو يحيط بكل بحيرة ساحلية من ثلاث جهات، ويتراوح منسوبه بين صفر، –٦ أمتار.

وتغطي الرواسب الرملية والطينية الأجزاء العميقة من سطح الإطار، كما تنمو الأعشاب البحرية الإبرية التي تتدرج في تنوعها، وارتفاع كثافتها بزيادة العمق، حيث تظهر نباتات شقائق النعمان Anemone، التي تعد المصدر الرئيسي لغذاء حيوان المرجان، والذي بدوره يتخذ من الحافة البحرية للإطار ركيزة له.

وأوضحت نتائج الدراسة الميدانية تنوع الظاهرات المورفولوجية على امتداد القطاع العرضي للإطار المرجاني بالمنطقة، والتي بدورها تضفي سمة التضرس على سطحه، إضافة إلى أنها تعكس طبيعة وشدة عوامل وعمليات تشكيله ومراحل تطوره، ويمكن دراسة تلك الظاهرات على النحو التالي:

أ- **برك الإذابة:** قد يبدو استخدام مصطلح برك الإذابة للتعبير عن أصل نشأة البرك الموجودة فوق سطح الإطار المرجاني غير موفق ، فإذا كانت بدايات نشأتها قد ارتبطت بمواضع الضعف، خاصة في المواضع التي تنتشر فيها نظم الفواصل، والمواد اللاحمة التي تستجيب لعمليات الإذابة بفعل مياه البحر، أو ما يطلق عليه جملة " النحت الكيميائي Corrosion

" فإن تطورها – فيما بعد– قد ارتبط بعمليات النحت الميكانيكي المختلفة Corrasion.

وبرك الإذابة إما مستطيلة الشكل، تعكس تأثرها بالبنية الخطية، أو شبه دائرية، تعكس تجانس الصخر الذي يحويها في الاتجاهات المختلفة، وذات جوانب مصقولة بفعل البري المصاحب لحركة الرحى التي تمارسها التيارات المائية عند عبورها المجال المكاني الذي تشغله البرك؛ حيث تدور كنجلوميرات مفتتات الشعاب المرجانية داخل البرك في اتجاه دوران تلك التيارات، وتكون الحصيلة النهائية توسيع وتعميق برك الإذابة وصقل جوانبها.

ب- **صفائح المضلعات:** يبدو أن الشعاب التي يتشكل منها سطح الإطار المرجاني ذات بنية صفائحية؛ إذ نجحت عمليات الهدم المختلفة، سواء كانت كيميائية أو ميكانيكية، أن تقتلع مضلعات غير منتظمة من الصفائح الصخرية في مواضع الضعف الجيولوجي، والمتمثلة في أسطح الانفصال، ومواضع تلاقي نظم الفواصل.( صورة: ١٠)

جـ- **قنوات المد:** حفر طولية، تبدو في شكل شبكي، وهي ذاتها مواضع انفصال صفائح المضلعات، أي مناطق ضعف جيولوجي؛ حيث تنجح عمليات التشكيل في توسعها وتعميقها.

وقد يُظن أن مظهرها الخطي هو نتاج عامل ذو اتجاه واحد Mono vector ، مثل تيارات المد والجزر، ولكن من المؤكد أن مظهرها الخطي هو من موروثات العامل الجيولوجي المتمثل في البنية الخطية في المقام الأول.( شكل:٣هـ)

وقد أوضحت نتائج الدراسة الميدانية أن جوانب القنوات رأسية تماماً، وقيعانها مستوية بفعل ما يغطيها من رمال وطين، ومواضع التقاء الجوانب بالقيعان مقوضة بشكل واضح، حتى أن عملية التقويض نجم عنها تكهفات اتخذتها الأسماك الصغيرة مأوى لها(١٧).

ويلاحظ نمو الأعشاب البحرية فوق قيعان القنوات، إضافة إلى نمو الطحالب البحرية على جوانب القنوات، والتي أضفت بلزوجتها على ملمس الصخر، مما يدل على تأثيرها في تشكيل قنوات المد من خلال فعلها الكيميائي.

د- **علامات النيم:** وهي عبارة عن تموجات شبه منتظمة، وموازية لخط الشاطئ، تظهر في الأجزاء الدنيا من سطح الإطار المرجاني، وتحديداً فوق سطح المواضع التي تغطيها الرمال، ويبلغ الطول الموجي لعلامات النيم حوالي ٨ سنتيمترات، كما لاتتجاوز ارتفاعاتها السنتيمترين أو الثلاثة على الأكثر، مع ملاحظة زيادة الطول الموجي، ومن ثم الارتفاع، إضافة إلى تضفرها كلما زاد سمك عمود المياه فوق سطح الإطار.

وترجع العلاقة الطردية الموجبة بين أبعاد علامات النيم والعمق، إلى أن تيارات المياه تكون أكثر تحرراً في حركتها، ومن ثم يقل فاقد طاقتها، نتيجة لانخفاض معامل احتكاكها، الأمر الذي يترتب عليه زيادة قدرتها كعامل تشكيل، إضافة إلى أن تضفرها ربما يشير إلى تقاطع اتجاهات التيارات المشكلة لها.

هـ- **النباك المغمورة:** تستطيع جذوع نبات شقائق النعمان أن تلتقط حبيبات الرمل، والتي سرعان ما تشكل كومات مخروطية ترتفع حوالي ٣٠سم، وجوانبها ذات انحدارات شديدة ومتماثلة، قد تشيرإلى تنعدد اتجاهات التيارات المرسبة والمشكلة لها.

وبناء على سبق فإن النباك المغمورة تختلف عن نباك الرياح على اليابسة، ذات الجوانب غير متماثلة الانحدار؛ حيث يشير جانبها الأقل انحداراً

إلى الجهة الآتي منها الرياح، في حين يشير جانبها الأشد انحداراً إلى اتجاه منصرف الرياح.

وبمراقبة حركة رمال النبكة المغمورة، وُجد أنها غير مستقرة؛ إذ تسهم كل من تيارات المياه، وحركة جزيئات المياه شبه الدائرية التي تحدث مسامتة للتموجات السطحية، في إثارة حبيبات الرمال، وإعادة تصنيف الحبيبات المشكلة للنبكة.

ويلاحظ أن رواسب الطين تظل عالقة بالماء، لأنه بمجرد سقوطها ترفع مرة أخرى إلى أعلى، وتعكر المياه، في حين تكاد تستقر الحبيبات الأكبرحجماً، وذات الثقل النوعي الأكبر، فوق جسم النبكة، وهي بهذه الحركة تشبة تماماً حركة الرواسب على واجهة حافات الحصى الدقيقة على نحو ما تم ذكره من قبل.

### ٣. القنوات المائية الغارقة

أوضحت نتائج التفسير البصري والرقمي للمرئيات الفضائية أن جميع أسطح الأشكال البنائية للشعاب المرجانية مضرسة وغير مستوية.

وتتباين أسطح الشعاب في درجة تضرسها تبعاً لكثافة القنوات المائية المنطبعة فوقها، إضافة إلى النمط الذي تتوزع به تلك القنوات.

وتتنوع أنماط القنوات الغارقة بين نمط القنوات المنفردة، المستقيمة، بسيطة التركيب، ونمط القنوات الشبكية، التي تتنوع زوايا اتصال عناصرها، وأخيراً نمط القنوات المضفرة، التي تحصر فيما بينها جزراً متعدد الأشكال.

وتتجه معظم المحاور الطولية للقنوات الغارقة من الشمال الشرقي تجاه الجنوب الغربي، وهي بهذا تتفق مع توجيه محاور المجاري المائية فوق سطح سهل القاع، بل اتضح من خلال التفسير البصري للمرئيات ذات الدقة المكانية

العالية، أن القنوات الغارقة تمثل امتداداً طبيعياً للمجاري المائية السطحية كما هي الحال فيما بين رأس السبيل وجارة.

وانطلاقاً من حقيقة القاطع أحدث من المقطوع، فإن تشكيل القنوات المائية الغارقة هو أحدث من تشكيل الشعاب المرجانية، أو ربما يكون على أسوأ الفروض معاصراً لها، وقد كان ذلك في أعقاب بداية فترة التحسن المناخي التي بدأت منذ ١١ ألف سنة مضت Bird, E.,1978, 45; Viles, H; & (Spencer, T, 1999,222

وخلال فترة التحسن المناخي نشطت المرجانيات في بناء شعابها، ومواكبة في حركتها الرأسية والأفقية منسوب سطح مياه خليج السويس الآخذ في الارتفاع، مع تفاديها مواضع مصبات المجاري المائية المنحدرة فوق سطح سهل القاع، وبتوالي عملية ارتفاع مياه الخليج، غرقت الأجزاء الدنيا من المجاري المائية، لتظل شاهداً على تناوب عمليتي انحسار وطغيان مياه الخليج في تشكيل سطح منطقة الدراسة.

ومن جانب آخر فإنه لايمكن إغفال تأثير كل من تيارات المد والجزر، والتيارات الثانوية التي تتولد في أعقاب تفريغ الأمواج البحرية لطاقتها في نطاق تكسرها سواء البعيد أو القريب من الشاطئ[١٨] ، في تشكيل الثانوي من القنوات الغارقة، إضافة إلى التعديل المستمر من الملامح المورفولوجية للقنوات الرئيسية.

# النتائج والتوصيات

اتضح من تحليل الخريطة الجيومورفولوجية لنطاق الشاطئ بين رأسي راية وجارة بالساحل الشرقي لخليج السويس باستخدام أسلوب الاستشعار عن بعد عدد من النتائج يمكن إجمالها فيما يلي:

- يتميز سطح منطقة الدراسة بالتضرس النسبي الهين، وبمعدل انحدار عام يبلغ حوالي ٠.٠٠٤، ولايقطع هذا الاستواء إلا عدد قليل من التلال الجزيرية والجزر الرسوبية التي تظهر فوق قيعان الأجزاء الدنيا من المجاري المائية.
- كفل وقوع منطقة الدراسة ضمن منطقة انتقالية بين اليابس والماء تنوع الوحدات الأرضية وتشعب أصول نشأتها بين ظاهرات قارية وأخرى بحرية، أو ذات أصول متعددة.
- ترتكز رواسب الزمن الرابع وصخوره بلا توافق على صخور الميوسين، وتتوزع مكوناته بين صخور جيرية مرجانية ومتبخرات، إضافة إلى رواسب النباك والخطاطيف البحرية ورواسب قيعان الأودية.

- تقع منطقة الدراسة ضمن الإقليم المورفومناخي الجاف؛ حيث تسود عمليات التعرية الريحية والتجوية الميكانيكية، في مقابل دور أقل أهمية لباقي عمليات التعرية، خاصة التي تمارسها المياه الجارية، ولم تكن الخصائص المورفولوجية لمنطقة الدراسة وليدة تشكيل ظروف مناخية حالية، بل تشير الأدلة المتاحة من مجاري مائية، وسباخ، وشعاب مرفوعة ومغمورة، وغيرها من الظاهرات المنتشرة بالمنطقة، إلى تأثرها بتعاقب مناخ رطب وجاف، وبارد وحار.
- يعد النبات الطبيعي أحد العناصر الرئيسية التي أسهمت في تشكيل عدد من الظاهرات الأرضية السطحية والمغمورة.
- تسهم الخصائص الفيزيائية لبعض نطاقات الطيف في المجال المرئي للماسح الأمريكي من نوع TM في إمكانية دراسة الخصائص المختلفة للأشكال الأرضية، وتمتلك نطاقات الطيف المرئي قدرة اختراق عمود المياه والانعكاس من القاع، خاصة في نطاق المياه الضحلة، وهو ما نعرفه بنطاق الشاطئ القريب، الأمر الذي يُمكِّن من تمييز الظاهرات المغمورة وشبه المغمورة.
- تعد المناطق الجافة بيئة مناسبة للاستعانة بالمرئيات الفضائية، وخاصة من نوع الماسح الأمريكي TM في دراسة نطاق الشاطئ، لما تتمتع به تلك المناطق من انخفاض معدلات المواد العالقة بالغلاف الجوي، خاصة بخار الماء والسحب والغبار، مما يسهم في رفع كمية الإشعاع المرتد من القيعان الضحلة، ومن ثم وضوح الصورة الفضائية وسهولة معالجتها وتفسيرها.
- تصنف الظاهرات الجيومورفولوجية بمنطقة الدراسة بناء على علاقة كل منها بمنسوب سطح البحر الحالي، إلى ثلاثة أنماط من الظاهرات هي:السطحية وشبه المغمورة والمغمورة.
- شكلت الرواسب السطحية – بعد تصلبها –أسطح سالفة لنمو وتشكيل أنماط من الشعاب المرجانية الأطرية والحاجزية.

- تدين السبخات برواسبها، والخطاطيف البحرية والرؤوس الأرضية بالمنطقة في بدايات نشأتها إلى الحمولة المتباينة نوعاً وحجماً للمجاري المائية المنحدرة فوق سطح سهل القاع؛ حيث كان يعاد تصنيفها بفعل العوامل والعمليات البحرية تبعاً لزوايا استقرار كل منها.
- تؤكد الشواهد والأدلة الجيومورفولوجية المنتشرة في أرجاء المنطقة على عدم ثبات مستوى سطح المياه في خليج السويس إبان عصر البليستوسين، فقد شكلت مياه الخليج في فترات طغيانها درجات بحرية وجروف مرتفعة.
- بالرغم من صعوبة الفصل مورفولوجياً بين سطح السبخة الجافة وأسطح الوحدات الأرضية المجاورة، إلا أن الأمر أكثر سهولة بالاستعانة بنسب القنوات، والقناة الرابعة في المجال غير المرئي لمرئيات الماسح الأمريكي TM التي تُمتص بشكل كلي بارتفاع المحتوى الرطوبي لسطح الانعكاس.
- أسهمت كل من الشعاب المرجانية الحاجزية، وتضرس أسطح الأطر المرجانية في تشكيل تيارات مائية ثانوية متعددة الاتجاه، كان لها الأثر الواضح في تشكيل الأجزاء المنثنية من الألسنة البحرية، وإضفاء الشكل الخطافي عليها.
- أسهمت الشعاب المرجانية في اضطراب اتجاهات التيارات البحرية بالقرب من الشاطئ ، وزيادة سرعتها، الأمر الذي ينعكس بشكل مباشر على تعقد المظهر المورفولوجي للألسنة البحرية.
- يشير المظهر المعقد للألسنة البحرية السطحية وشبه المغمورة بمنطقة الدراسة، من تعدد لأذرعها وخطاطيفها، إلى تعدد الدورات الرسوبية التي مرت بها، فأقدمها نشأة وتشكيلاً هو الأقرب لليابس، وقديمها المواجه للبحر، وحديثها الألسنة شبه المغمورة، وأكثرها حداثة الجزر الرملية.
- يمثل الرصيف المرجاني – الواقع على منسوب (-١٠أمتار)- القاعدة الصلبة التي نمت فوق سطحها الأطر المرجانية، وبتوالي ارتفاع منسوب مياه الخليج قبل ١١ ألف سنة مضت، بدأت تنمو مرجانيات جديدة، التي بدأت بدورها في بناء أطر جديدة، هي ذاتها الشعاب الحاجزة والبقع المرجانية الحالية.

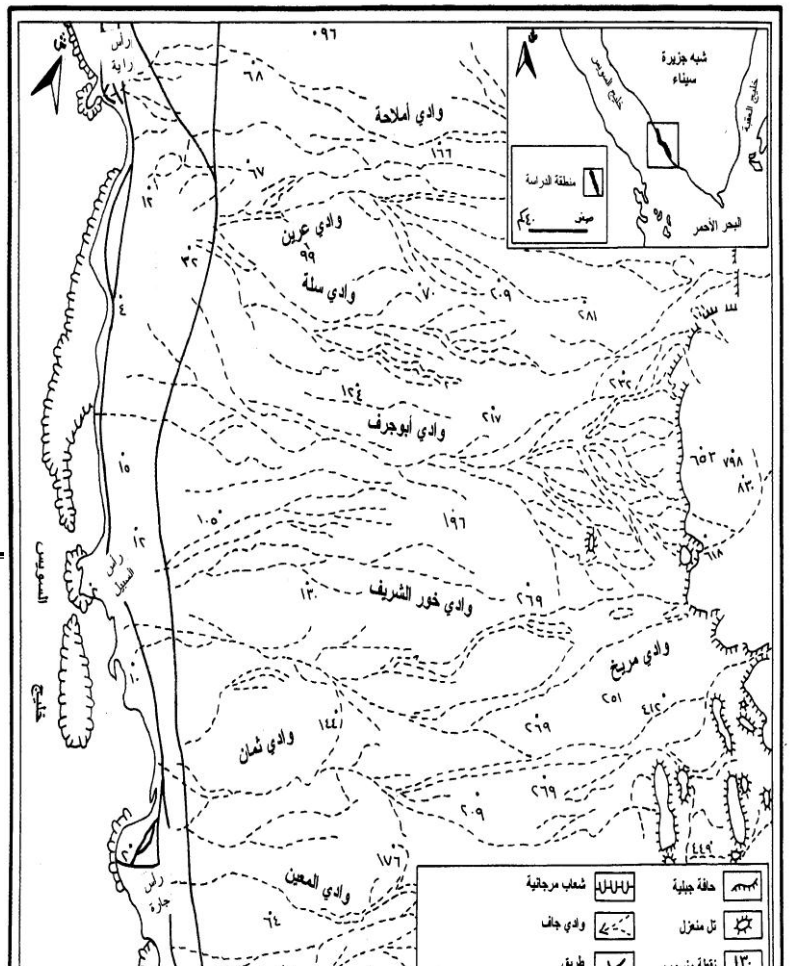
- تتوزع الأشكال البنائية للشعاب المرجانية بمنطقة الدراسة بين خمسة أشكال تضم: الحافات، والأطر، والحواجز، والمراوح، والبقع المرجانية، وتنتمي جميعها إلى نمط الشعاب الرصيفية، التي تطورت في الماضي، أو مازالت تتطور في الوقت الحاضر في مناطق الرصيف القاري.
- تعد البحيرات الساحلية والقنوات المائية الغارقة، من بين أهم الظاهرات الجيومورفولوجية المرتبطة في نشأتها بالأشكال البنائية للشعاب المرجانية بالمنطقة، وتتعدد أنماط الأخيرة بين قنوات منفردة مستقيمة بسيطة ، وشبكية، ومضفرة معقدة.

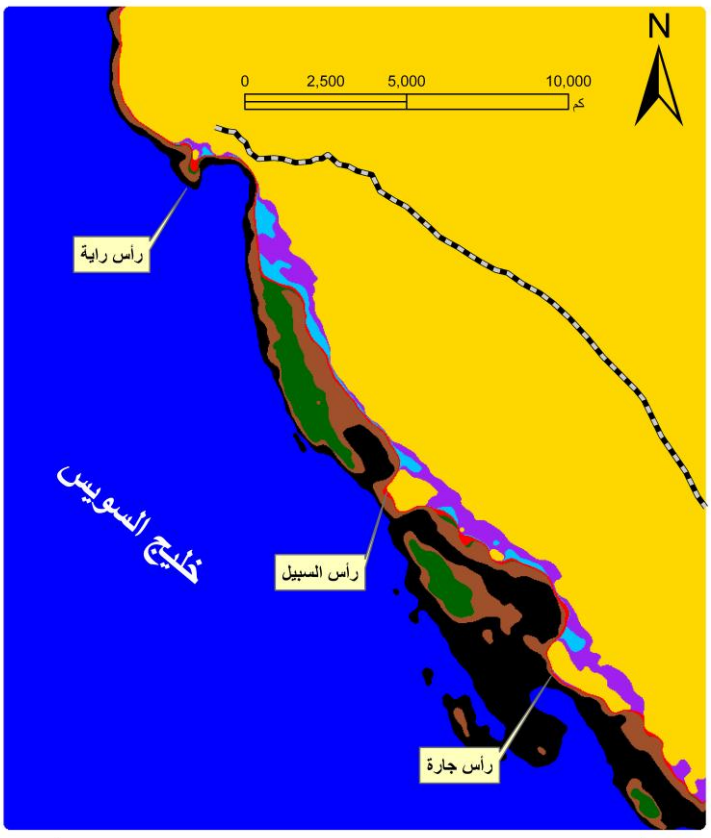
**وتوصي الدراسة بعدد من التوصيات نجملها فيما يلي:**

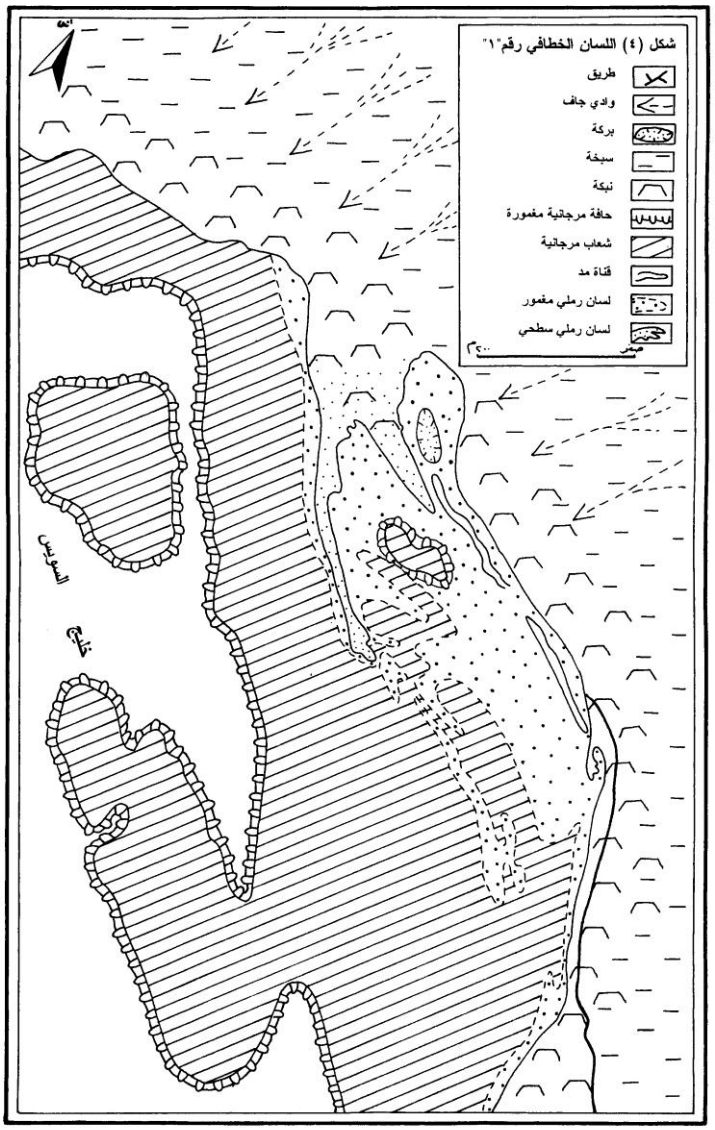
- استغلال شواطئ رؤوس راية والسبيل وجارة للترويح، لما تتمتع به من رمال ناعمة نظيفة، ومياه صافية وضحلة وهادئة.
- رصف شبكة الطرق غير المعبدة التي شقها الصيادون بالمنطقة، لتسهيل وتشجيع رحلة ترويح اليوم الواحد من وإلى مدينة الطور التي تقع على بعد حوالي ٦ كيلومترات شمال منطقة الدراسة.
- استغلال البحيرات الساحلية التي تتمتع بصفاء المياه وقلة العمق في إنشاء مراكز لتعليم رياضة الغوص للمبتدئين.
- ضرورة تشجيع المعاهد العلمية كافة التي تهتم بدراسة الأحياء البحرية الحيوانية والنباتية في بناء مراكز أبحاث تختص بالتدريب الميداني لدارسيها، خاصة في ضوء ما قد يعيق تلك المعاهد من نقص خبرة الدارسين في عمليات الغوص والسباحة، ومن ثم فإن استغلال صفاء المياه وضحولتها بالمنطقة يضعف من احتمالية عزوف الدراسين الذين لا يتمتعون بأية خبرات في مجالي الغوص والسباحة.

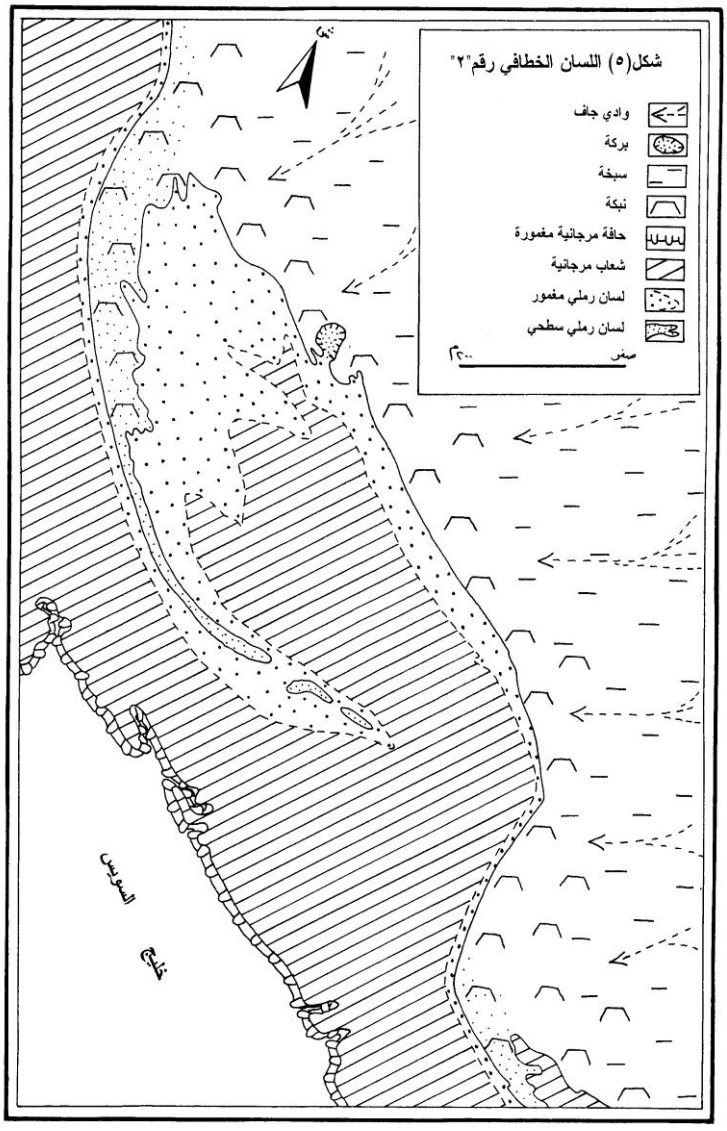
- استغلال البحيرات الساحلية، خاصة بحيرة راية، كمرافئ طبيعية تأوي إليها مراكب الصيد الصغيرة للحماية خلال موسم هبوب العواصف.

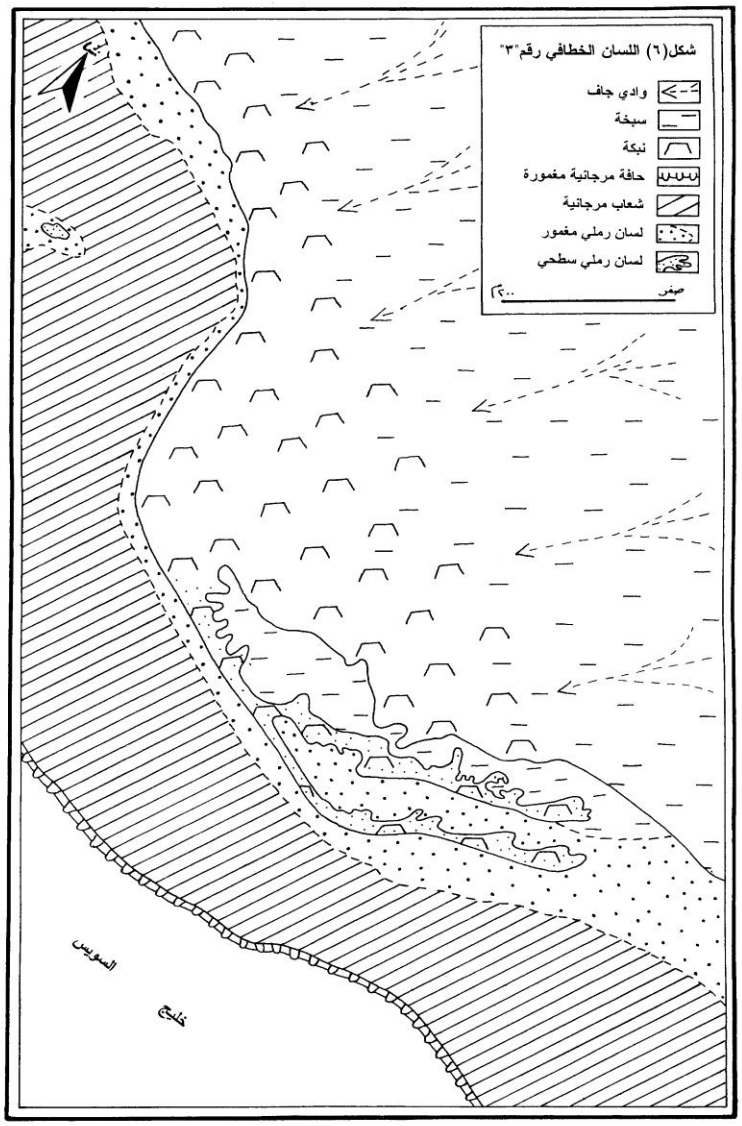
استقطاب الأيدي العاملة المدربة في مجال الاستزراع السمكي من الوادي والدلتا، وخاصة فرعي دمياط ورشيد، واستغلال البحيرات الساحلية في الاستزراع السمكي التجاري، على غرار التجربة القائمة بلاجوني رأس مطارمة وبلاعيم على الساحل الشرقي لخليج السويس، لما تتمتع به تلك البحيرات من المقومات الطبيعية للاستزراع والصيد من مياه ضحلة وصافية وهادئة ومتجددة، وقيعان شبه مستوية، وتوفر كائنات نباتية ، تستطيع أن تمد بعض الأسماك التي تتغذى تغذية نباتية مثل أسماك السهلية – وهي أحد أنواع عائلة البوري – ويسهم هذا الاستغلال في تقليل فرص تلوث فرعي النيل من جانب، وتنمية منطقة الدراسة بشرياً واقتصادياً واجتماعياً من جانب آخر، ومن ثم الارتقاء بها لجعلها بؤرة يكمن فيها الحد الأدنى لمقومات الجذب السكاني التي باتت حلماً لكثير من أبناء الوطن.

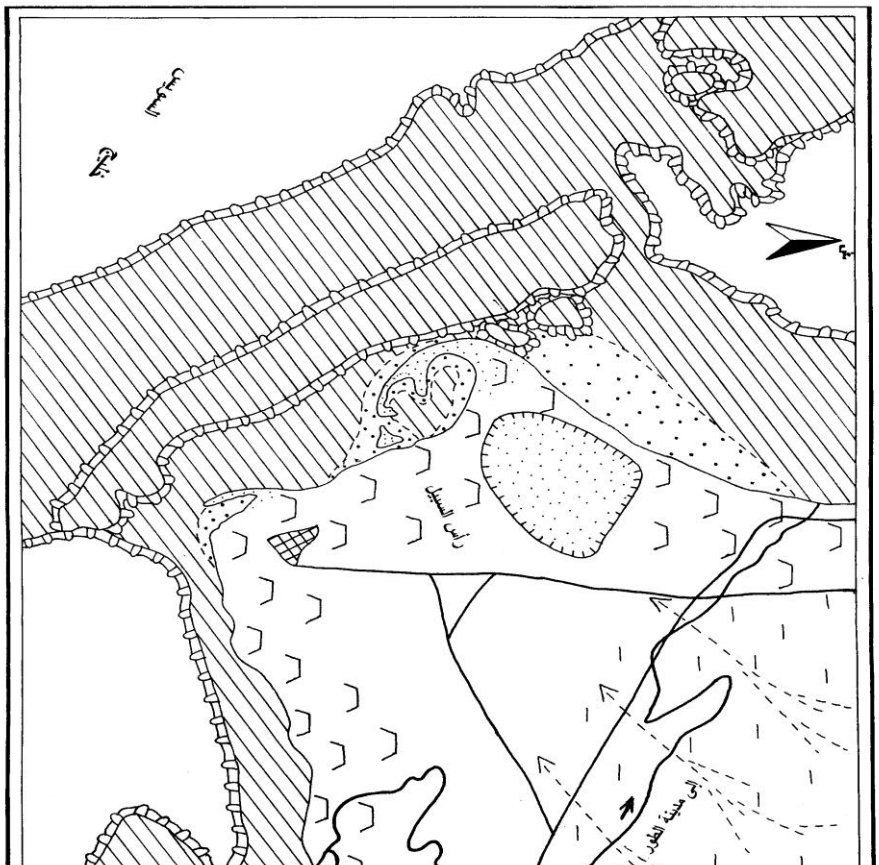


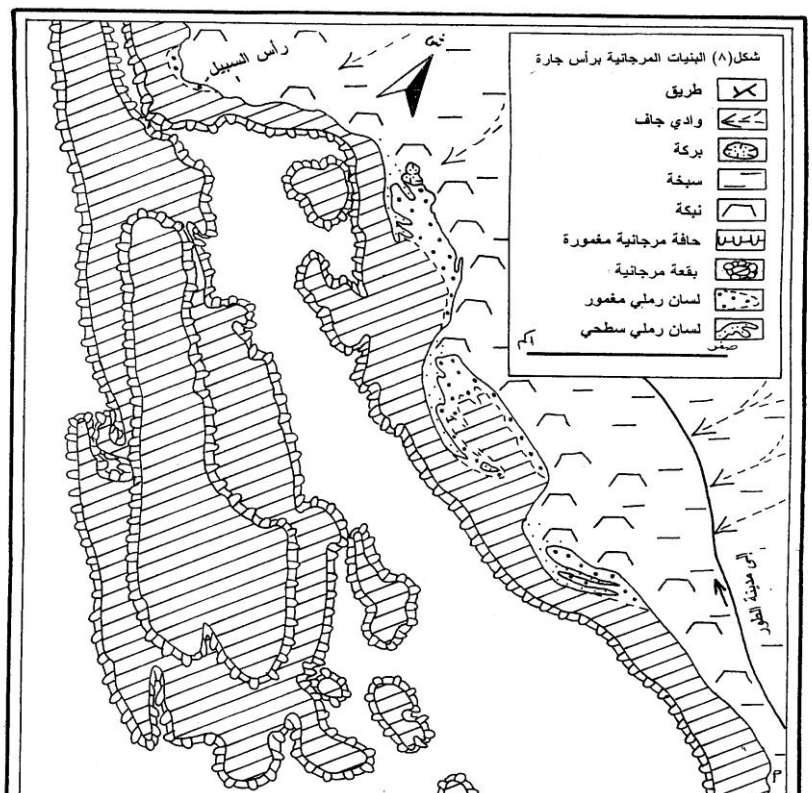

N
0
2,500
5,000
10,000
كم
رأس راية
خليج السويس
رأس السبيل
رأس جارة
سهل القاع
حاجز مرجاني من صفر إلى -٢ متر

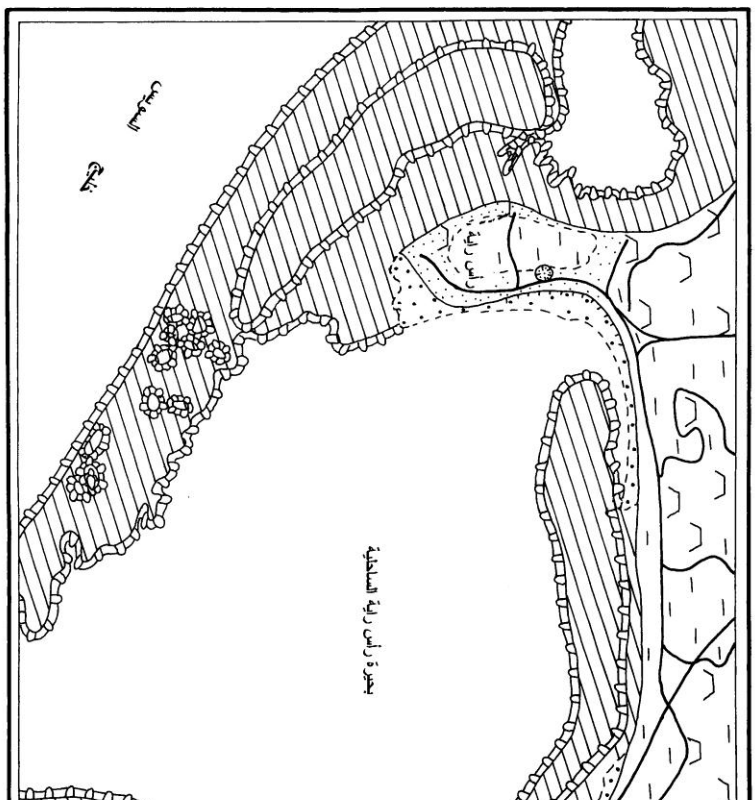

شكل (٤) اللسان الخطافي رقم"١"
طريق
وادي جاف
بركة
سبخة
نبكة
حافة مرجانية مغمورة
شعاب مرجانية
قناة مد
لسان رملي مغمور
لسان رملي سطحي
السويس
خليج

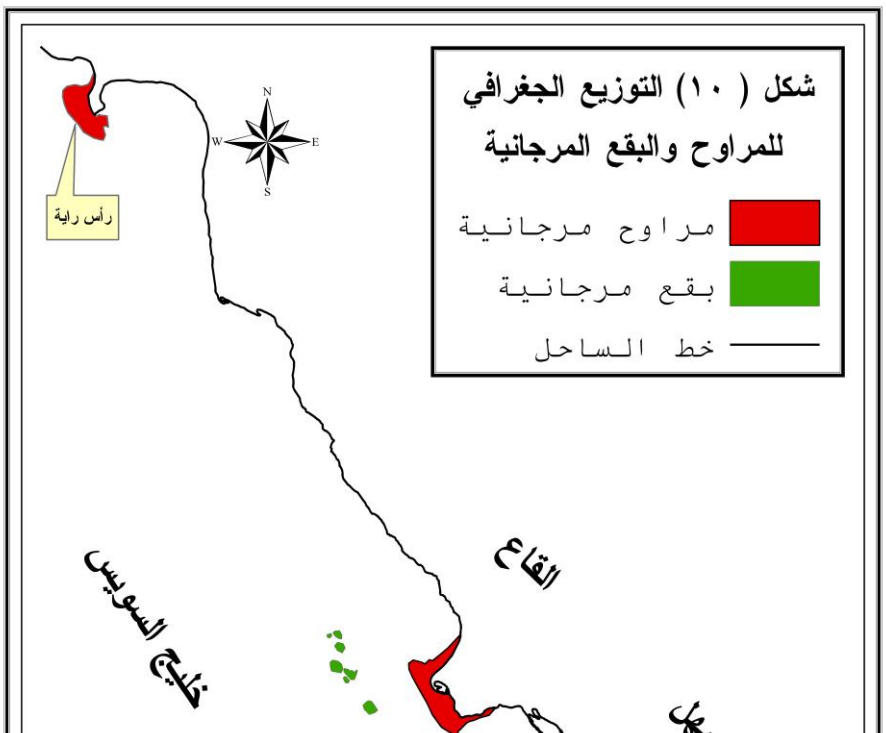

شكل(٥) اللسان الخطافي رقم"٢"
وادي جاف
بركة
سبخة
نبكة
حافة مرجانية مغمورة
شعاب مرجانية
لسان رملي مغمور
لسان رملي سطحي
صفر
السويس
خليج

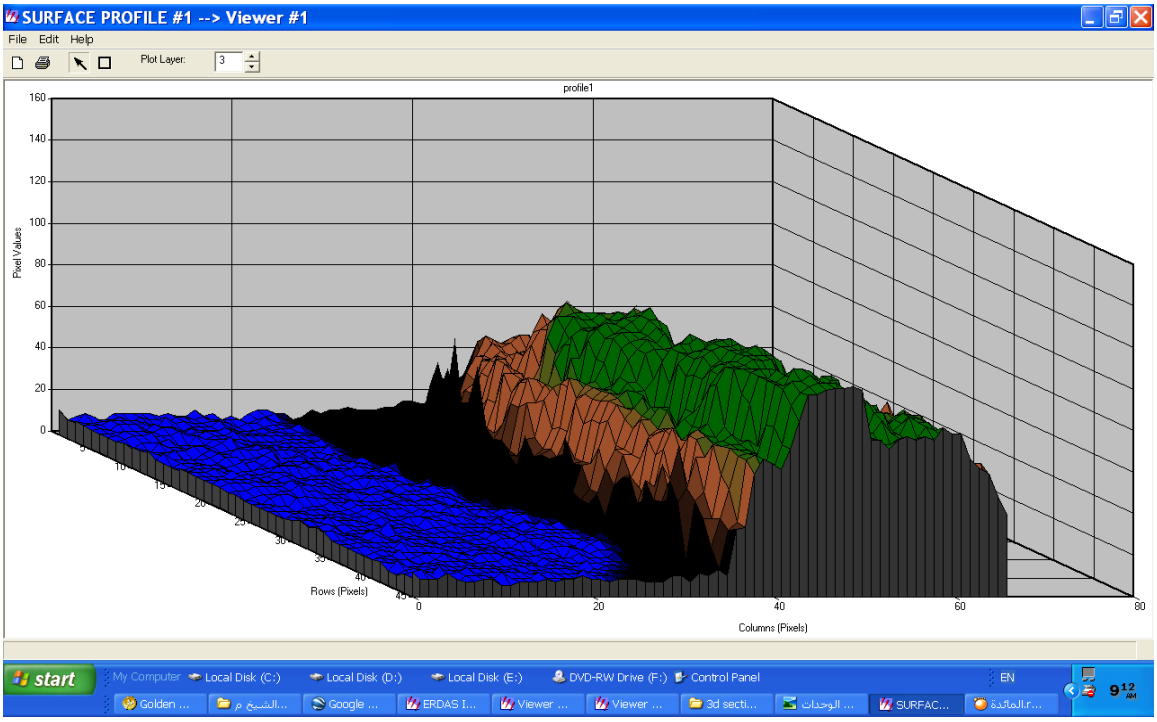

شكل(٦) اللسان الخطافي رقم"٣"
وادي جاف
سبخة
نبكة
حافة مرجانية مغمورة
شعاب مرجانية
لسان رملي مغمور
لسان رملي سطحي
صفر
٢٠٠م
السويس
خليج


رأس السبيل
الى مدينة الطور


شكل(٨) البنيات المرجاتية برأس جارة
طريق
وادي جاف
بركة
سبخة
نبكة
حافة مرجانية مغمورة
بقعة مرجانية
لسان رملي مغمور
لسان رملي سطحي
كم
صفر
رأس السبيل
الى مدينة التمور

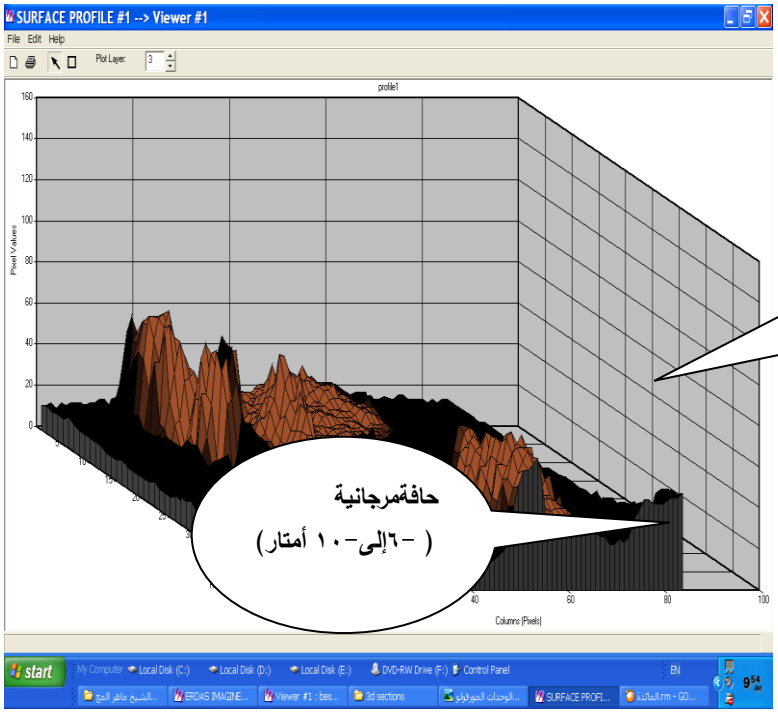

رأس رابغ
بحيرة رأس رابغ الساحلية


شكل ( ١٠) التوزيع الجغرافي
للمراوح والبقع المرجانية
مراوح مرجانية
بقع مرجانية
خط الساحل
رأس راية
N
W
E
S
القاع
خليج السويس



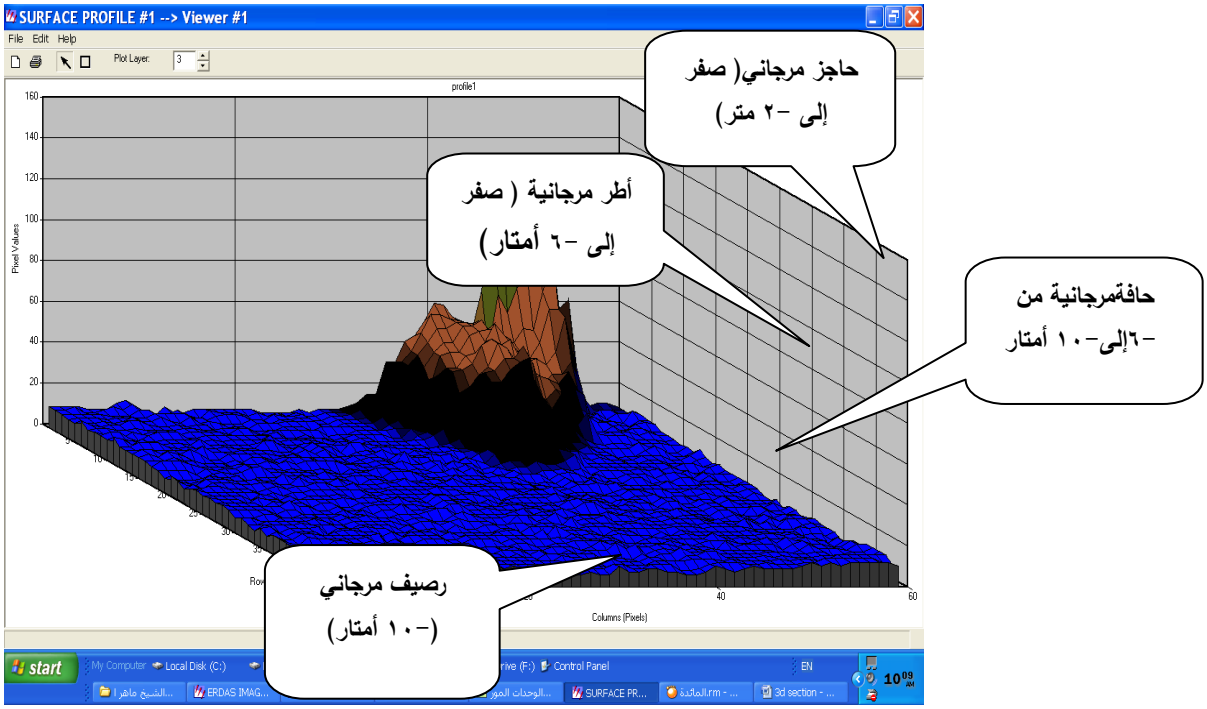

شكل ١١( أ ) القطاع الراديومتري( Band3, TM) ثلاثي الأبعاد لأنماط الشعاب المرجانية جنوبي رأس السبيل،

إحداثي الركن الشمالي الشرقي للقطاع٢٦ ٠٣ ٢٨° شمالاً ، ١٦ ٤٢ ٣٣° شرقاً

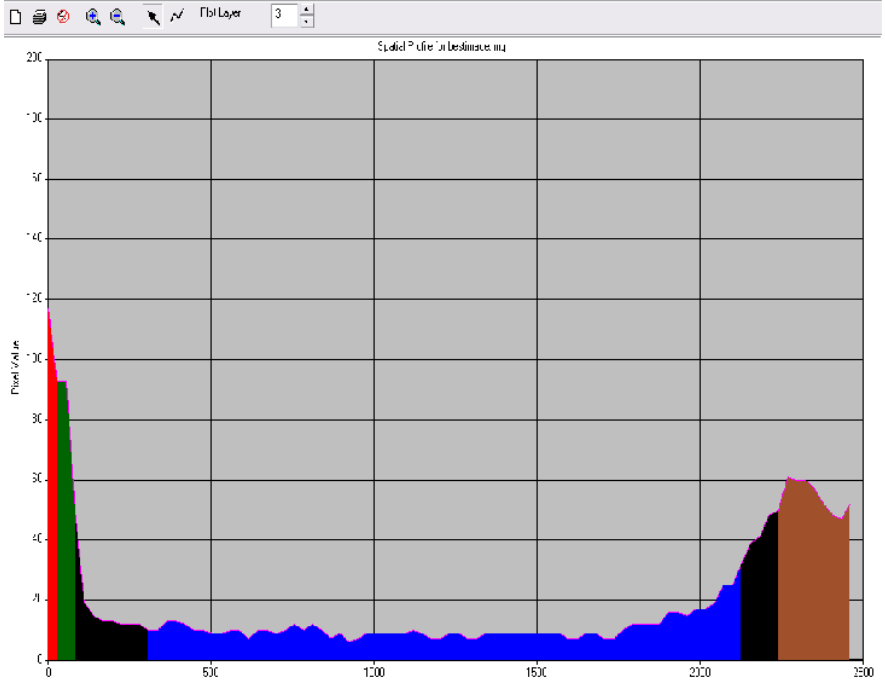



شكل ١١( ب ) القطاع الراديومتري( Band3, TM) ثلاثي الأبعاد للبقع المرجانية شمال غربي رأس جارة،

إحداثي الركن الشمالي الشرقي للقطاع ٥٧ ٠١ ٢٨° شمالاً ، ٠٦ ٤٤ ٣٣° شرقاً




**شكل** ١١(جـ ) القطاع الراديومتري( Band3, TM) ثلاثي الأبعاد لأنماط الشعاب المرجانية بالطرف الجنوبي لرأس راية، إحداثي الركن الشمالي الشرقي للقطاع ٢١ ٠٩ ٢٨° شمالاً ، ١٦ ٣٨ ٣٣° شرقاً




الهوامش الشرقية

شكل ١٢) القطاع الراديومتري شرق/غرب عبر بحيرة رأس راية الساحلية، لاحظ المدى الصغير لقيم الانعكاس فوق قاع البحيرة التي تشكلت فوق سطح الرصيف

صورة ( ١ ) بقايا الشاطئ المرتفع التي تبدو في هيئة ربوات مستوية السطح حيث تشير الأسهم، ناظراً صوب الشمال

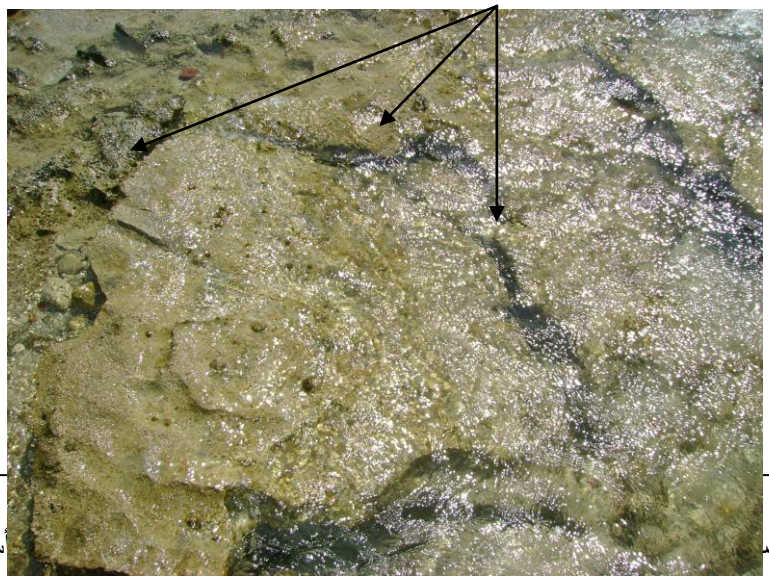
صور ( ٢ ) جرف الشاطئ المرتفع +٧ أمتار بمنطقة رأس راية، ناظراً صوب الشمال الشرقي

صورة ( ٣ ) النباك مثلثة الشكل فوق سطح السبخة الجافة بمنطقة رأس راية، وإلى أعلى تظهر نباك السبخة الرطبة كبيرة الحجم وارتفاع كثافة الغطاء النباتي حيث يشير السهم، ناظراً صوب الشمال الغربي

صور( ٥) قناة مد جافة فوق سطح السبخة الرطبة بمنطقة رأس راية، لاحظ وجود آثار لخطوط تراجع المياه التدريجي على جانبي القناة في موض إشارة الأسهم، كما لاحظ وجود نباتات السمارمر، ناظراً صوب الشمال الغربي.

صور( ٧) حافات الحصى المتوازية بالطرف الجنوبي الغربي لرأس راية، لاحظ آثار أعلى مسوى لمياه المد، ناظراً صوب الشمال الغربي.

صورة (٩ ) بركة مستطيلة الشكل من صنع الإنسان فوق سطح رأس راية، لاحظ ظهور القشرة الملحية ذات اللون الرمادي حيث يشير السهم، ناظراً صوب الشمال الشرقي.



صـ أسفل غطاء رقيق من المياه، لاحظ قنوات المد الدقيقة التي تفصل بين الصفائح.

**ملحق( ١) قاعدة بيانات المرئية الفضائية المستخدمة في الدراسة**

: METADATA FILE

IMAGE_ID P175R40_5T871008

PATH 175

ROW 40

DATE 10/08/87

ROW_COUNT 7818

COL_COUNT 7978

ROW_START 1

COL_START 1

PLATFORM SENSOR TM

LANDSAT5

PROJECTION UTM36

DATUM WGS84

UNITS METERS

CLOUD_COVER = 0

## ملحق (٢) بعض الخصائص الجحمية والإحصائية لعينات الرواسب السطحية بمنطقة الدراسة

# المصادروالمراجع

**أولاً: المصادر والمراجع العربية:**

- **إبراهيم محمد علي بدوي: ١٩٩٣**، منطقة رأس محمد فيما بين واديي العاط الشرقي والعاط الغربي، دراسة جيومورفولوجية، رسالة دكتوراه غيرمنشورة، كلية الآداب، جامعة الإسكندرية.
- **إدارة المساحة العسكرية: ١٩٧٥**، الخرائط الطبوغرافية، خريطتي الطور وجمسة مقياس رسم ١: ١٠٠٠٠٠، القاهرة.
- **جودة حسنين جودة: ١٩٩٨**، الجيومورفولوجيا، دراسة في علم أشكال سطح الأرض، الطبعة الثانية، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية.
- **حمدينه عبدالقادر السيد العوضي: ١٩٩٣**، إقليم الساحل الشرقي لخليج السويس، دراسة جيومورفولوجية، رسالة دكتوراه غيرمنشورة، كلية الآداب، جامعة الإسكندرية.
- **سعد قسطندي ملطي: ١٩٦٨**، خليج السويس، دراسة إقليمية، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب، جامعة القاهرة.
- **عبد الفتاح صديق عبد اللاه : ٢٠٠٦**، أسس الصور الجوية والاستشعار عن بعد، مكتبة الرشد، الطبعة الثانية، الرياض، المملكة العربية السعودية.
- **ماجد محمد محمد شعلة: ١٩٩٩**، منطقة جبل قابليات، جنوب غرب شبه جزيرة سيناء، دراسة جيومورفولوجية، رسالة دكتوراه غيرمنشورة، كلية الآداب، جامعة الإسكندرية.
- **محمد سعيد البارودي: ١٩٩٧**، مورفولوجية الشعاب المرجانية البلايستوسينية والحديثة، وأثر التغير البيئي عليها في مواقع مختارة على طول

الساحل الشرقي للبحر الأحمر( المملكة العربية السعودية)، الجمعية الجغرافية الكويتية، سلسلة رسائل جغرافية، رقم ٢٠٢، الكويت.

- **محمد صبري محسوب:١٩٩١**، جيومورفولوجية السواحل، دار الثقافة والنشر والتوزيع، القاهرة.
- **محمد مجدي مصطفى تراب: ١٩٩٧**، أشكال السواحل المصورة، منشأة المعارف، الإسكندرية.
- **مصطفى محمد محمد الحاي: ١٩٨٦**، الساحل الجنوبي الغربي لشبه جزيرة سيناء، دراسة في الجغرافيا الطبيعية، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة القاهرة.
- **وزارة الطيران المدني:** هيئة الأرصاد الجوية، قسم المناخ، بيانات غير منشورة عن عناصر المناخ بمحطة أرصاد الطور خلال الفترة من ١٩١٩إلى ١٩٦٧، القاهرة.

## ثانياً: المصادر والمراجع غير العربية:

- **Althausen, J. ; Kendall, C.; Lakshmi, V.; Alsharhan, A. & Whittle, G.,( 2003)** Using Satellite imagery and GIS in the mapping of coastal landscapes in an arid environment: Khor AL Bazam, Western Abu Dhabi, United Arab

Emirates, In: Desertification in the Third Millennium, Edited by Alshahran, A.,et al, Rotterdam, The Netherlands, pp 443-449.

- **Bird, E. C, (1978)** Coasts, An Introduction to Geomorphology, 4th ed., London.
- **Defense Mapping Agency Topographic Center,( Without Date)** Washington, D.C, Series 1501, Sheet: NG 36-3, 2ed Ed., Scale 1:250000.
- **King, C.A., (1972)** Beaches and Coasts, 2nd ed. Edward Arnold, London.
- **Komar, P.,(1998**) Beaches and Processes and Sedimentation, Prentice-Hall, Inc., New Jersey.
- **Mah, A., 2007:** Sea Bed Topography Mapping using Landsat TM Imagery, The Second National Symposium in Saudi Arabia, April 23-25,2007,Khobar,Kingdom of Saudi Arabia.
- **Moustafa, A.M., 1993:** Pedological studies and computer applications on soil developed in deposits around Lake Idku, PH.D thesis, Faculty of Agri. Alex. Univ., Egypt.
- **Nasr, S.; Abdel-Kader, A.; El-Gamily, H. & El-Raey, M.,(1997)** Coastal Zone Geomorphology of Ras-Mohammed Area, Red Sea, Egypt, Jour. of Coastal Research, Vol. 13, No. 1, pp134-140.

- **Nir, Y., (1996)** Sediment Transport Patterns of Southern Sinai Coasts and their Role in the Holocene Development of Coral Reefs and Lagoons, Jour. of Coastal Research, Vol. 12, No. 1, pp70-78.
- **Ollier, C. D., (1979**) Weathering, English language book society and Longman group limited, 4th ed., London.
- **Viles, H., & Spencer, T., 1999:** Coastal Problems, Geomorphology, Ecology and Society at the Coast.5th ed., Edward Arnold, London.
- **UNESCO:** Crude Bathymetric Mapping Using Landsat TM Satellite Imagery, Application of Satellite and Airborne Image data to Coastal management, Biklo Project, Module7.
- **Website, WWW.http://** Google Earth.com (2008).

# الهوامش

١ – تم تحديد خصائص الإقليم المورفومناخي في ضوء دراسات (Ollier, 1979, 112:114) ، وبالاستعانة بعناصر المناخ المقاسة بمحطة أرصاد الطور في الفترة الممتدة بين عامي ١٩١٩و ١٩٦٧

٢ – يعتمد نموذج Bierwirth, et al,1992 على الموجات المرئية الثلاث RGB وينص على:

$$Z = \sum_{i=1}^{N} \frac{REi}{(-2K_i N)}$$

حيث: Z= العمق بالأمتار، REi= قيم انعكاس الخلايا التي تشكل المرئية الفضائية في المجال المرئي i ، Ki= معامل التخفيف للمجال الطيفي i ، N = عدد الموجات المستخدمة وهي تساوي ٣.

وقد استخدم هذا النموذج لتوقيع خطوط منطقة مياه ضحلة شمال مدينة جدة بالمملكة العربية السعودية، وتم التحقق من درجة مصداقيتها في ضوء البيانات المستقاة من خرائط خطوط الأعماق التي تم مسحها باستخدام الموجات الصوتية. Mah, A, 2007,1:7

٣– ينص نموذج Jupp,1988 على:

$$Log_e(Id) = Log_e(I0)^{-PK}$$

حيث أن شدة الاشعاع الكهرومغناطيسي(Id) المرتد من قاع المنطقة الضحلة ذات عمق P يتناسب طرديًا مع شدة الإشعاع الكهرومغناطيسي (I0 ) الوارد من الفضاء بعد معالجته بمعامل التخفيف K ، وقد طبق هذا النموذج لتوقيع خطوط الأعماق بمنطقة جزر Caicos التابعة للمملكة المتحدة بالبحر الكاريبي. UNESCO, Biklo Project, Module7

٤– بلغت قيم أبعاد الخلية المستشعرة في المرئية المستخدمة بعد التصحيح ٢٨.٥×٢٨.٥ مترًا

5 -Jensen′s 1996 Atmospheric Effect Correction Algorithm: where:Output $BV_{ijk}$ = Input $BV_{ijk}$- bias.

حيث: $Output\ BV_{ijk}$= قيمة انعكاس الخلية بعد تصحيح أخطاء المؤثرات الجوية في الصف (i ) والعمود( j ) في المجال الطيفي ( k ).

و $Input\ BV_{ijk}$ = قيمة انعكاس الخلية قبل تصحيح أخطاء المؤثرات الجوية في الصف (i ) والعمود( j ) في المجال الطيفي ( k ).

و bias = قيمة انعكاس أغمق خلية في المجال الطيفي( k ) ( darkest pixel value ) Mah, A, 2007,4.

٦ – يمكن إدراج بعض الأمثلة التي توضح مدى الاستفادة بتلك الأساليب على النحو التالي:

- تمييز الظاهرات القارية مثل شبكات التصريف المائي والسبخات الساحلية باستخدام مركب RGB 2/7, tm4, tm7.
- استخدام المقارنة النسبية tm1/tm3 لتمييز القنوات المائية الغارقة الرئيسية، وبقع المرجان، والأجزاء العميقة من البحيرات الساحلية.
- الاستعانة بمركب RGB tm2, tm1, pca3 لتمييز الحافات المرجانية الخارجية " المشرفة على مياه خليج السويس".
- تمييز المياه الضحلة عن المياه العميقة بالبحيرات الساحلية باستخدام مركب RGB tm1, tm2, pca2. .
- تمييز البقع المرجانية بالاستعانة بمركب RGB tm1, tm2, pca4.
- رسم حدود السبخات الساحلية بمركب .RGB pca3, pca2, pca1
- تمييز المراوح المرجانية بالمركب RGB tm4, pca3, pca2.
- الفصل بين الأطر والحواجز المرجانية باستخدام المركب RGB tm3, pca4,pca3.
- الاستعانة بالقطاعات الراديومترية Spatial & surface في وصف التضرس النسبي للوحدات الأرضية المغمورة.

٧ – تمت الدراسة الميدانية خلال الفترة الممتدة بين ٢٤ – ٢٩ من شهر يونيو عام ٢٠٠٨م

٨ – استعان الباحث بالخرائط الطبوغرافية التي تظهر عليها خطوط الأعماق لنطاق الشاطئ القريب وهي من إصدار Defense Mapping Agency Topographic Center, "بدون تاريخ.

٩ - تم تصوير المرئيات التي تضم منطقة الدراسة في التواريخ التالية: ٥ أكتوبرعام ٢٠٠٣؛ ٢٤ سبتمبرعام ٢٠٠٤؛ ٤أغسطس عام ٢٠٠٥؛ ٢٢نوفمبر عام ٢٠٠٥.

١٠ – تشير نتائج قطاع ميداني وقوع سطح هذا الشاطئ عند منسوب +٧ أمتار، ومن ثم يمكن القول بأنه يقابل شاطئ ( ١٢–٨م) بمنطقة حمام سيدنا موسى شمال المنطقة.

١١– تم تحديد شكل المفتتات كبيرة الحجم في ضوء معاملات Zingg,1935 (king, C.,1972,223:224 )

١٢– استعان الباحث ببرنامج إحصائي معد لحساب المعاملات الإحصائية المختلفة لأحجام عينة الرواسب السطحية < ٢مم، والبرنامج بإسم SG-SAR Program من إعداد الأستاذ الدكتور / أشرف مصطفى بقسم الأراضي والمياه بكلية الزراعة جامعة الإسكندرية.

١٣– تبلغ نسبة الرياح التي تتراوح سرعتها بين ٠.٥١ ، ١٣.٩ كم/ث حوالي ٩٩% من جملة الرياح التي تهب على المنطقة على مدار العام.

١٤- باستثناء التجمعات الرئيسية الثلاثة، تم تمييز لساناً خطافياً قوسياً، بالطرف الشمالي الغربي لرأس السبيل، ويشغل مساحة تقدر بنحو ١٨٠٠٠مترمربع، ويبلغ طول ذراعه حوالي ٣٠٠متر، وينتهي بطرفين ينحنيان تجاه اليابس، ويحصرا لاجوناً ضحلاً هلالي الشكل، تشغل جوانبه النباك.(شكل:٧)

١٥ – إن تباين انحدارجوانب الأشكال البنائية للشعاب المرجانية كافة يرتبط بمعدل نمو المراجين البانية لتلك الشعاب؛ حيث يكون معدل نموها رأسياً وأفقياً أسرع في الجانب المواجه للمياه الأعمق، والمتمثلة في مياه خليج السويس، مما يجعل الشعاب تبدو وكأنها حوائط رأسية، والعكس في الجانب المواجه للمياه الأكثر ضحولة، وهو في الغالب الجانب المواجه لليابس، والذي قد تنحسر المياه عنه بعض الوقت خلال جزرها، وهذا السلوك تسلكه المراجين للمحافظة على حياتها.

١٦– المقصود بعدد منافذ الاتصال بالخليج، القنوات التي يزيد عمقها عن عشرة أمتار، وهو العمق الذي لا يعيق حركة المياه من البحيرة وإليها.

١٧- راقب الباحث حركة الأسماك عند دخولها تلك التكهفات وخروجها ، مما يعني أن عملية التقويض السفلي لراقات الصخور تمتد لمسافات قيس بعضها فبلغ حوالي ٣٠سم.

١٨- يمكن التمييز بين أكثر من موضع لتكسر الأمواج بالمنطقة على امتداد الحواجز والبقع المرجانية قبل وصولها لخط الشاطئ متهادية، وقد فقدت تلك الأمواج كل أو معظم طاقتها، مما جعل من البحيرات الساحلية بالمنطقة مرافئ جيدة.