أثر التغيرات المناخية علي الألسنة البحرية بمصب وادي عربة
(دراسة جيومورفولوجية)

أ.م.د/ وهبه حامد حامد شلبي

أثر التغيرات المناخية علي الألسنة البحرية بمصب وادي عربة (دراسة جيومورفولوجية)

أ.م.د/ وهبه حامد حامد شلبي
وكيل كلية الأداب لشؤون التعليم والطلاب – جامعة بورسعيد

ملخص البحث

كشفت دراسة الألسنة البحرية بمصب وادي عربة عن وجود ثلاثة من الألسنة النشطة واثنين من الألسنة المتجمدة بسبب التدخل البشري، والثلاثة النشطة عبارة عن شريط من الرمال السائبة ملتحمة من أحد طرفيها في اليابس وطرفها الآخر في البحر، وتتألف حبيباتها من رمال ناعمة ومتوسطة النعومة وناعمة جدا وتزيد عن نسبة ٩٨٪ من إجمالي العينة (تحليل ميكانيكي)، ويسود فيها معادن الكوارتز والكالسيت بنسبة ٩٥٪ من معادن العينة (تحليل معدني). وأنها في تغير وتطور مستمر من حيث الطول والعرض والمساحة متأثرة بارتفاع مستوي البحر النسبي الناتج عن التغيرات المناخية العالمية، وكشفت الدراسة أن لسان الرمل كان حساسًا تمامًا للحدث قصير المدى وبالذات في السنتين الأخيرتين من فترات المقارنة التاريخية فيما بين (٢٠١٦-٢٠١٨)، عن أن هناك نموا مستمرا للألسنة تجاه الجنوب، وتتفاوت متوسطات الأطوال والمساحات الرملية المكتسبة بين لسان وآخر، فكان للسان الأوسط النصيب الأكبر في متوسط النمو السنوي بلغ ٣٧,٦م، تلاه اللسان الشمالي بمتوسط سنوي ١٨,٦م، وجاء اللسان الجنوبي بمتوسط سنوي ٤م فقط.

أما المساحات طول فترة المقارنة فكانت متغيرة بين المكسب والخسارة من الرمال في اللسانين الشمالي والأوسط، فعلي مدار فترات المقارنة زاد الايراد من الرمال عن الخسارة في اللسان الشمالي بفارق ضئيل بلغ ٠,٢ألف م٣، وبلغ صافي نقل الإيراد الرملي في اللسان الأوسط نحو ١٧,٨ألف م٣، ولم يفقد اللسان الجنوبي أي رمال طوال فترات المقارنة بل كان هناك إضافة سنوية لمكونات اللسان بمتوسط سنوي بلغ ٠,١٤ألف م٣.

الكلمات المفتاحية: التغيرات المناخية، الأنظمة الساحلية، مصب وادي عربة، النقل الشاطئي، السبخات، الأمواج البحرية، المد والجزر، الإرساب البحري، الألسنة البحرية المتحجرة، الألسنة البحرية الميتة، الألسنة البحرية النشطة، المستويات المدية، متوسط النمو السنوى.

مقدمة

نما الاهتمام بالدراسات الساحلية في جميع أنحاء العالم على مدى العقود الثلاثة الماضية، بسبب ارتفاع مستوى سطح البحر الناتج عن التغيرات المناخية العالمية والتي كان لها تأثير قوي على تطور الظاهرات الساحلية، ومن بين هذه الأنواع المختلفة للأنظمة الساحلية ظاهرة الألسنة البحرية التي تشكل جسمًا رمليا ضيقًا وطويلًا، ومرتبطًا باليابس في أحد الأطراف وينتهي في المياه البحرية من جهة أخرى، وعادة ما ترتبط تلك الظاهرة بالقرب من الخلجان والمداخل البحرية، وهي نتاج تفاعلات بين الرياح، وانحراف الأمواج، والتغير في المد والجزر، وتوافر الرواسب، وتصريف الأنهار(Allard, et al, 2008)، وتلك العوامل هي التي تتحكم في نشأة وتغير الألسنة البحرية، بالإضافة إلي عوامل أخرى مثل التكوين الجيولوجي وارتفاع مستوى سطح البحر واتجاهات خط الساحل، ويمكن أن يكون للتدخل البشري أيضاً دور رئيسي في تغيرها. وتعمل الرمال المستقرة على طول الشاطئ على العمل كمنطقة عازلة تحمي البر الرئيسي من الكوارث الطبيعية، مثل ارتفاع الأمواج بسبب العواصف، وغمر السواحل، كما تستخدم أحيانًا كمستوطنات بشرية للسياحة وللأنشطة البحرية الأخرى المتنوعة.

ويعد مصب وادي عربة علي البحر الأحمر بيئة ساحلية مناسبة لتشكيل ظاهرة الألسنة البحرية وتطورها وتأثرها بالتغيرات المناخية العالمية، لما فيه من توافر لامدادت الرواسب وتغير في اتجاهات خط الساحل والرياح الهابة الموازية له التي تدفع التيارات البحرية الشاطئية في اتجاه الجنوب وكذلك انحراف الأمواج، بالإضافة إلي ضحالة المنطقة الشاطئية مقابل الألسنة بسبب الرصيف البحري المرجاني الذي يمتد من خط الساحل إلي داخل البحر نحو ٠,٨كم في المتوسط ويمتص طاقة الأمواج الكبيرة بعيدا عن خط الساحل لذا تأتي إليه هادئة بانية. وفي ظل ارتفاع مستوي سطح البحر بسبب التغيرات المناخية العالمية الحديثة تلعب العوامل البحرية دورًا ديناميكيا مهمًا بتسارع العمليات البحرية في ظاهرة الألسنة البحرية بالمنطقة.

Abstract

The study of Wadi Arabah estuary has showed that there are three active spits, in addition to two frozen counterparts influenced by human intervention. The active ones are a strip of loose sand, connected in one end to the mainland and in the other to the sea. Their granules consist of a mixture of fine, fairly fine, and very fine sand, which is about 98% of the entire sample (mechanical analysis). They also abound in quartz and calcite, forming 95% of the sample minerals (mineral analysis). Due to the relative sea–level rise resulting from global climactic changes, the three spits are also in a continual change in terms of length, width, and space. The study has revealed that the sand spit is so sensitive to the short–term incidents, especially in the latest two years of the respective comparison (2005–2018). The spits southerly increase, but their developments differ in length and sand space inasmuch as the middle one hits the highest average rate of annual increase (i.e., 37.6m), the northern comes next with 18.6m, and the southern stretches to only 4m. Space, however, swings between gaining and losing sand in the northern and middle spits while the southern spit loses no sand over the span of comparison. The rate of sand increase in the northern spit is 2.0 thousand m3 higher than the rate of loss, whereas the rate of sand increase in the middle spit is 17.8 thousand m3. The average rate of annual sand increase in the southern spit, on the other hand, reaches 14.0 thousand m3.

Key words:

Climactic changes, Coastal systems, Wadi Arabah estuary, longshore transportation, Marshes, Waves, Tide, Marine sedimentation, Petrified spits, Dead spits, Active spits, Tidal levels, Average rate of annual increase.

هدف البحث:

تهدف الدراسة إلي رصد التغيرات الجيومورفولوجية القصيرة والطويلة الأجل في شكل وحجم ونمو ظاهرة الألسنة البحرية بمصب وادي عربة خلال الفترة الزمنية من ٢٠٠٥- ٢٠١٨م، ومعرفة التطور الذي طرأ عليها، وتقدير نقل الرواسب البحرية غير المتماسكة وتغييرات الخط الساحلي لها، وحساب معدل التغير السنوي، والعلاقة بينها وبين ارتفاع مستوي سطح البحر، ومحاولة فهم التغير في عملية النقل البحري، وكذلك العمليات التي تمت عليها في الماضي، والتنبؤ بنشوء ألسنة في المستقبل من عدمه.

الدراسات السابقة:

تمت مجموعة من الدراسات الجيومورفولوجية العامة علي السهل الساحلي للبحر الأحمر وظهيره، منها دراسات أحمد معتوق١٩٨٤، ومجدي تراب ١٩٨٨، ونبيل يوسف ١٩٩١، وكريم مصلح ١٩٩٥، وأحمد ضاحي ٢٠٠٤، وتناول بعضها ظاهرة الألسنة البحرية كظاهرة ثانوية بمنطقة دراسته بعرض خصائصها الجغرافية العامة. ودراسة (Héquette et al,1991; Ollerhead et al, 1995; Park et al,2007, Allard et al 2008) وركزت معظمها علي تكوينها والتطورات المورفولوجية للألسنة البحرية، والقليل منها ناقش الارتباط الموجود بينها وبين التغيرات المناخية العالمية الحديثة.

الأدوات والوسائل:

تم استخدام مجموعة من البيانات والوسائل المختلفة وتشمل: الخرائط الطبوغرافية مقياس ١-٥٠,٠٠٠(لوحة الزعفرانة)، والمرئيات الفضائية للفترات الزمنية ما بين ٢٠٠٥- ٢٠١٨م(Google Earth Pro)، وخريطة الأدميرالية البريطانية لخليج السويس (لوحة رقم ٢٣٧٣) لرصد التغييرات المورفولوجية لظاهرة الألسنة البحرية في الفترة المذكورة. وبيانات العوامل البحرية علي مدار عام كامل (محطة الزعفرانة البحرية ٢٠١٨)، بالإضافة إلي بيانات الرياح لذلك العام بوصفه أنموذجا لمعرفة العمليات البحرية. وتم رسم خريطة الألسنة وتحديد ملامح الشاطئ الألسنة من أربعة مرئيات فضائية من عام ٢٠٠٥ إلى مرئية ٢٠١٨، كما أن اختلافاته الزمنية ممثلة بشكل جيد في صور الأقمار الصناعية ومتطابقة مع الخصائص الجغرافية للساحل. ولا شك أن التحديد الدقيق لخط الساحل ضروري لفهم العمليات الساحلية (Natesan, 2008). وقد وفرت تكنولوجيا الاستشعار عن بعد إمكانية تعدد الخرائط التاريخية لدراسة التغير الذي طرأ عليها خلال الفترة المحددة (Frihy and Lofty, 1997). وطبقت هذه الدراسة تحليل الصورة لوصف مورفومترية ومورفولوجية اللسان الرملي ومعدل التغير السنوي. بالإضافة إلى التحليل الميكانيكي والمعدني للرواسب المؤلفة للألسنة من الرمال التي تم جمعها من مناطق مختلفة أثناء الدراسة الميدانية للسان الجنوبي التي تمت فيها قياس خصائص اللسان، وتحديد ارتفاع مستوياته بواسطة جهاز (Gps) وتسجيل ذلك فوتوغرافيا (مارس ٢٠١٩م).

موقع منطقة الدراسة

تقع ظاهرة الألسنة البحرية في مصب وادي عربة، الذي يفصل بين الجلالتين البحرية والقبلية، والبالغ عرضه المستقيم عند المصب ٣٣,٦كم، ويحتوي المجري الرئيسي علي مجار ثانوية لجريانات حديثة تنتهي إلي مصبه في خليج السويس، مما أدي إلى تسنن خط الساحل في منطقة المصب القديم بسبب تقدم الإرساب النهري الحديث داخل مياه الخليج، ويعد مصب مجري وادي عربة الحالي هو أكبر المصبات الحديثة داخل المجري القديم، والذي ينتهي بمروحة فيضية كبيرة عند مدينة الزعفرانة في الثلث الجنوبي من المصب القديم، وأدي إلي امتداد اليابس داخل مياه الخليج، ويعد أكبر امتداد من بين مجموعة المراوح الفيضية الحديثة علي الخليج داخل المصب القديم، لهذا تظهر ظاهرة الألسنة البحرية القديمة والنشطة بدءا من شمال مدينة الزعفرانة وبالاتجاه جنوبا حتي بداية حافة الجلالة القبلية في مسافة ٢٤ كم حيث تشغل الألسنة البحرية فيها خمسة مواضع. اثنان منها قد تجمدا بواسطة التدخل البشري شمال مدينة الزعفرانة، والثلاثة الباقية موجودة بصورة نشطة، اللسان الأول (الشمالي): عند مدينة الزعفرانة بإحداثي الفلكي (٣٠,٩" ٦ ٢٩° شمالا- ٤٩,٨" ٣٢ ٣٩°شرقا)، واللسان الثاني (الأوسط): جنوب الأول بنحو ٦,٣كم بإحداثي الفلكي(٥٨,٧" ٣ ٢٩° شمالا- ٣٥,٥" ٣٢ ٣٨°شرقا) وهو أكبر الألسنة امتدادا، واللسان الثالث (الجنوبي): جنوب

الثاني بنحو ٦,٤كم بإحداثي الفلكي(٧, ٤٤" ٠ ٢٩° شمالا- ٥, ٤٣" ٣٢ ٣٧°شرقا) بالقرب من بداية حافة الجلالة القبلية (شكل١).

أولا: الإعدادات الجغرافية لتكوين الألسنة البحرية:

تنقسم الاعدادات الجغرافية لتكوين الألسنة البحرية إلي عاملين أساسيين: الأول مائي، والثاني أرضي (Allard, et al, 2008) ويمكن عرضها علي النحو الآتي:

ا- الإعدادات المائية:

تعد الإعدادات المائية من القوي المهمة في تشكيل السواحل، ونقل وإرساب ما تحمله من رواسب في صورة أشكال إرسابية مختلفة علي طول الساحل أو استقرارها في قاع البحر، وفي وجود بعض المتغيرات الشاطئية يتحدد شكل الظاهرة الارسابية، وقد شكلت الإعدادات المائية ظاهرة الألسنة البحرية بمصب وادي عربة بمساعدة الإعدادات الأرضية مثل تغير اتجاهات خط الساحل، وضحالة الرصيف البحري

المصدر/ Google Earth Pro

(شكل١) موقع مناطق الألسنة البحرية بمصب وادي عربة

المرجاني مقابل الساحل، وفي وجود امدادت للرواسب سواء التي أتت بعملية النحت البحري في واجهات الجروف البحرية شمال المصب القديم أو ما تلقيه الجريانات الحديثة من رواسب بالساحل. وحدث لظاهرة الألسنة البحرية نشوء وتغير وتطور في ظل ارتفاع مستوي سطح البحر المتزايد بسبب ذوبان الجليد بالعروض الشمالية، وبلغ متوسط الزيادة في نسبة ارتفاع مستوى سطح البحر بحدود ١,٨ مم / سنة وذلك في مائة السنة الماضية، وارتفعت هذه النسبة إلى ٣,١ مم / سنة في الفترة الواقعة ما بين ١٩٩٣ - ٢٠٠٣(معهد حماية الشواطئ ٢٠١٠). وقدر ارتفاع مستوي الارتفاع بنحو ١٧,٥٥ سم في عام ٢٠٠٣ (منال البطران ٢٠٠٩)، وهذا الارتفاع يعد تراجعاً في خط الشاطئ في العصر الحديث، مقارنة بما كان عليه في الماضي، وبذلك سيؤثر على الديناميكيات الساحلية وتغير في الأشكال الإرسابية بجملتها منها ظاهرة الألسنة البحرية.

ويمكن عرض خصائصها فيما يلي:

- الأمواج البحرية:

الأمواج هي أنظمة ديناميكية قادرة على القيام بكل من عمليات النحت والنقل والإرساب في المناطق الساحلية. وتحصل على طاقتها من الرياح بسبب الاحتكاك، ويؤدي السحب الاحتكاكي إلى تدوير جسيمات المياه ونقل الطاقة إلى الأمام في شكل موجة، وعندما تصل الموجة منطقة المياه الضحلة فتحتك بالقاع مما يتسبب في إبطاء دورانها لهذا تنكسر في نهاية المطاف، ويحدث ذلك علي واجهة الشعاب المرجانية التي تبعد عن مكونات الألسنة البحرية بمتوسط ٠,٨كم، لهذا تأتي الأمواج بطاقة أقل في حالة هدوء الرياح، أما في حالة الأمواج العاصفة وقت ارتفاع المد العالي فتدفع الأمواج مكونات اللسان إلي سطحه بل تتعداه إلي إرسابه علي الجانب الآخر المواجه لليابس مما تعمل علي زيادة انحداره وتسننه ورفع منسوب القاع الشاطئي خلف اللسان، وأيضا زحزحة مكونات اللسان من موضعه في اتجاه اليابس (صورة١).

المصدر/ تصوير الباحث في الدراسة الميدانية

(صورة ١) عناصر اللسان الجنوبي

وتم دراسة خصائص الأمواج المتواترة إلي الشاطئ بناء على سلاسل البيانات الزمنية المقاسة للأمواج استناداً إلى ملاحظات سنة واحدة (٢٠١٨) من بيانات محطة الزعفرانة، وذلك لدراسة تغيرات الطاقة التي تحددها ارتفاع الموجة وطولها علي شاطئ الألسنة البحرية لتحديد العمليات التي تمت بواسطتها علي طول سواحلها. وقد لوحظ اختلاف خصائص الأمواج طبقا لخصائص الرياح السائدة بالمنطقة، ويمكن تصنيف الأمواج بالمنطقة المستمدة من طاقة الرياح إلى فئتين: ١- أمواج ذات طاقة عالية خلال فصلي الشتاء والربيع وإن كانت تزيد في شهري مارس وأبريل بسبب نشاط الرياح الشمالية والشمالية الغربية التي تزيد سرعتها في ذلك الحين عن أكثر من ٢٠كم/ساعة، حيث بلغ ارتفاع الأمواج المتكررة إلي الشاطئ ٠,٧م، وفترة الموجة ٣, ٤ثانية، وكل سبعة أمواج كانت تأتي موجة ارتفاعها ١,٣م، وتأتي ثلاثة أمواج يصل ارتفاعها إلي ٢,٦م في كل ٢٤ ساعة، وعادة ما تتبدد طاقتها علي واجهة الشعاب المرجانية وإن كان يصل أثرها الجيومورفولوجي إلي مكونات اللسان في حالة أمواج العواصف عند المد المرتفع، وتلك الأمواج هي المسؤولة عن تغير شكل وتزحزح الألسنة عن مواضعها. ٢- وأمواج ذات طاقة معتدلة إلي منخفضة في أشهر فصلي الصيف الخريف حيث لا يزيد ارتفاعها عن ٠,٣م، وقلما تأتي موجة يبلغ ارتفاعها ٠,٥م وتصل فترة الموجة إلي ٧,٦ثانية، ونظرا لحجم تلك الامواج الصغيرة الناجمة عن رياح أخف علي وجه العموم فإنها لم تكن تقوي إلا علي نقل المواد الدقيقة فقط، وتعد من الأمواج البانية للألسنة في هذه الفترة من السنة في أوقات المد البحري، والتي تدفع حبيبات الرمال عن طريق انجراف الشاطئ في اتجاه منصرف الرياح لزيادة نموه طوليا، أو ماتضيفه عملية الإرساب علي واجهة اللسان المواجه للبحر لزيادة اتساعه عرضيا، وعند انحسار المياه عن واجهة اللسان البحرية تختلف نقطة تكسر الموجة عليه مما تتسبب في تكوين علامات النيم البحري (راجع صورة ١).

المد والجزر:

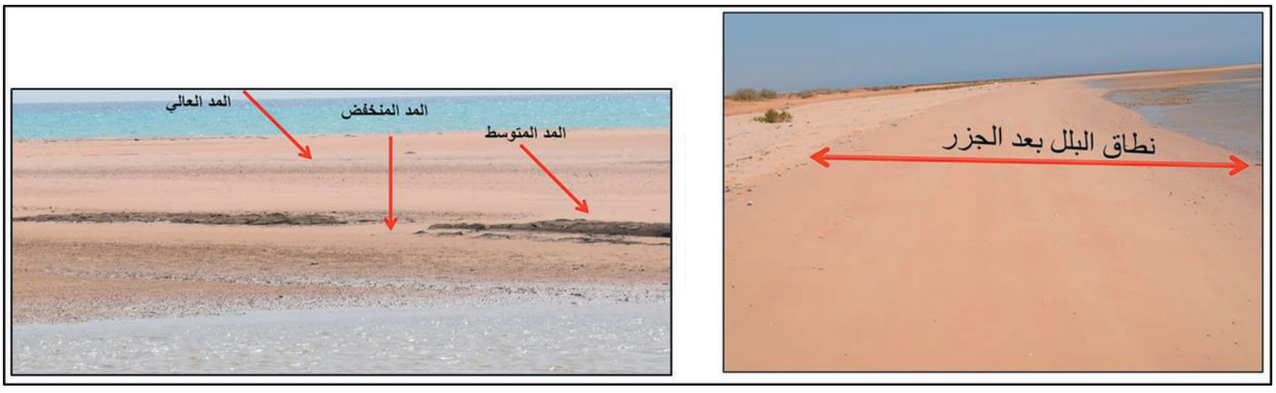
تهاجر المياه البحرية في خليج السويس ذهابًا نحو الساحل بسبب ظاهرة المد وإيابًا بسبب الجزر نحو البحر كل يوم مرتين. وهي تيارات محلية غير منتظمة المنسوب علي مدار العام، وتتراوح مستويات المد ما بين ١,١- ١,٨م، وتنقسم التيارات المدية إلى نوعين: الأول تيارات عرضية تتجه من الداخل نحو الساحل لتغطي مساحة أفقية من اليابس والعكس، والثاني تيارات طولية تظهر بوضوح في الممرات الفاصلة بين شعاب اللسان أو التي تفصل بين اللسان واليابس، حيث تخترق التيارات المدية تلك الممرات بسرعة بلغ متوسطها ٤.٧ كم/ ساعة، ثم تعود إلي البحر في وقت الجزر. ويفصل ما بين المدين جزرين للمياه، وأيضا غير منتظمين في منسوبهما وتتراوح مستوياته ما بين -٠,٢ و٠,٨م (بيانات المحطة البحرية بالزعفرانة ٢٠١٨).

والأثر الجيومورفولوجي الذي تخلفه تلك الظاهرة هو المدي بين المد والجزر في حالة هدوء الأمواج البحرية حيث تكون الظروف مناسبة لعملية الإرساب البحري علي جوانب اللسان ومقدمته، وعادة يعزز المد من نشاط الأمواج التحاتي علي شواطئ الألسنة المواجهة للبحر في حالة الأمواج العاصفة، ويتراوح المدي بين المد والجزر ما بين ٠,٨- ١,٦م. ويمكن تمييز ثلاثة مستويات للمد طوال الشهر القمري (مارس ٢٠١٨) علي سواحل الألسنة البحرية بمنطقة الزعفرانة، وتظهر آثارها الجيومورفولوجية علي ساحل اللسان الخلفي المواجه لليابس (صورة ٢) وهي: مستوي المد المنخفض ويتراوح منسوبه ما بين١,١ -١,٣م، ومدته ٨ أيام، والمد المعتدل أو المتوسط ويتراوح منسوبه ما بين ١,٤ - ١,٥م، ومدته ٧ أيام، والمد العالي ويتراوح منسوبه ما بين ١,٦- ١,٨م، ومدته ١٥ يوما، منها ستة أيام ما قبل وبعد منزلة المحاق، وتسعة أيام يتوسطها اكتمال القمر بدرا، لهذا يعد المد العالي أكثر أنواع المد تأثيرا في سواحل الألسنة الخلفية.

وتم تحديد الزيارة الميدانية يوم ١٨ فبراير ٢٠١٩ حيث كان مخططا لهذا اليوم (بناء علي بيانات محطة الزعفرانة البحرية المستقبلية). لرصد ظاهرة متميزة يمكن ملاحظتها في يوم واحد وهي: خط المد العالي الذي بلغ ذروته في الساعة ٨ ق ١٠س صباحا حيث بلغ ١,٦م، وتم وضع علامة عند نهايته في الساعة المحددة، وخط الجزر المنخفض الذي كان عند أدني مستوياته في الساعة ٣٩ق ٤س مساء حيث بلغ ٠,٤م، ووضعت علامة في الساعة المحددة، وبلغ الفارق المدي ١,٢م، وتم قياس واجهة الشاطئ الأمامي المتأثرة بالبلل في النطاق المدي بين العلامتين، وتم تحديد عدة مستويات للمد مختلفة المنسوب خلف اللسان تم ملاحظتها أثناء انخفاض الجزر، وتم قياس خصائصها المورفومترية.

- نقل الرواسب:

تعتبر معرفة نقل الرواسب ضرورة مهمة لتقييم التغيرات الطبيعية في شواطئ الألسنة البحرية لتحديد تغييرات الخط الساحلي لها. حيث يغطي سطح الشعاب المرجانية غطاء رملي ضخم يظهر عند انحسار المياه عنها، ويمكن تحديد ثلاثة من عوامل النقل قد ساهمت في إرساب الظاهرة وتطورت بواسطتها. ويمكن عرضها علي النحو الأتي:



المصدر/ تصوير الباحث في الدراسة الميدانية

(صورة ٢) الأثار الجيومورفولوجية بسبب عمليات المد المختلفة علي خليج اللسان الجنوبي

= النقل بالأمواج: يلعب النقل البحري الناجم عن الموجة دورًا مهمًا في ديناميكيات نقل الرواسب بما تحمله من الرمال المودعة فوق الرصيف البحري المرجاني الضحل وترسبه علي الساحل، ثم تحدث حركة طولية للرواسب بسبب قدوم الموجة لليابس بزاوية حيث تلامس الساحل من جهة الشمال أولا بزاوية منحرفه تجاه الجنوب مما يؤدي إلي عملية الانجراف الساحلي للرواسب في اتجاه الجنوب علي طول ساحل اللسان في حالة هدوئها، ولهذا تساهم في نمو اللسان طوليا وعرضيا، وفي حالة الأمواج العاصفة وقت المد العالي فتندفع المياه البحرية بشكل غطائي علي رواسب اللسان وتحمل بعض الرواسب من جانب اللسان المواجه لها نحو الجانب المواجه لليابس مما يؤدي إلي زحزحة اللسان عن موضعه.

= النقل بالرياح: تعمل الرياح علي تجفيف حبات الرمال المبللة وقت عملية الجزر وتذريتها في اتجاه منصرفها في الاتجاه الجنوبي أو الجنوب الشرقي، وقد لوحظ علي سطح الألسنة علامات النيم التي تأخذ شكل موجات متعامدة علي اتجاهات اللسان وذات انحدارين مختلفين الهين منها تجاه الجهة القادم منها الرياح (الشمال) والشديد تجاه منصرف الرياح (الجنوب)، ولهذا تساهم في نمو اللسان طوليا وإن كان بقدر ضئيل (صورة ٣).

= النقل بالتيار الشاطئي: تتحرك التيارات الشاطئية باتجاه الجنوب أو الجنوب الشرقي بمحازاة خط الساحل، وهو أحادي الاتجاه على مدار السنة، ويعتمد أساسا على اتجاه الرياح السائدة (الشمالية والشمالية الغربية) وانحراف الموجة في اتجاه الجنوب الشرقي، وهو تيار بطيء بسبب احتكاكه بالرصيف البحري المرجاني، وتتراوح سرعته بين ٠,١-١سم/ثانية، ويكاد تتوقف سرعته أو يبطئ في حالة المد البحري لتعارضه معها في الاتجاه بينما يحافظ علي سرعته في حالة الجزر العالي، حيث تنحصر المياه عن سطح الشعاب المرجانية بعيدا عن الألسنة أثناء الجزر المنخفض (Rady. et al., 1998. P209).

المصدر/ تصوير الباحث في الدراسة الميدانية

(صورة٣) علامات النيم علي سطح اللسان الجنوبي بواسطة الرياح

٢- الإعدادات الأرضية:

تتحكم مجموعة من الإعدادات الأرضية في وجود الإعدادات المائية السابقة في تبلور ظاهرة الألسنة البحرية وتطورها أعلي الحيود البحرية، ويمكن عرضها في الآتي:

اتجاه خط الساحل:

يأخذ خط الساحل عدة اتجاهات في مصب وادي عربة بشكل حاد عن الاتجاه السائد له، لهذا يأخذ اللسان الرملي ظل شاطئ البر الرئيسي، ففي اللسان الشمالي يأخذ خط الساحل شمال اللسان اتجاه جنوب الجنوب الغربي بدرجة (٢٠٧درجة) ثم يتغير فجأة تجاه غرب الشمال الغربي (٢٩٤درجة) لوجود خليج بحري ثانوي، لهذا يفقد التيار الشاطئي جزءا من طاقته بسبب دخوله منطقة متسعة (منطقة الخليج) مما يجعله يرسب ما يحمله من رواسب رملية عادة ما تقترب (٢٠٢درجة) من اتجاه خط الساحل قبل التغير.

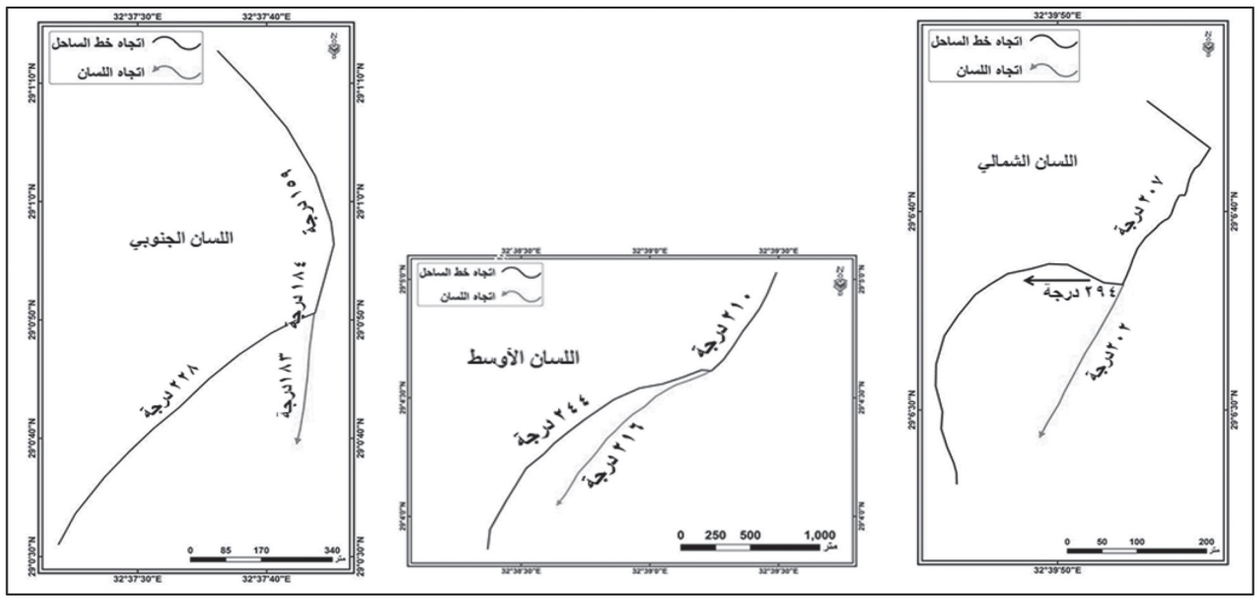
أما اللسان الأوسط فيأخذ خط الساحل شمال اللسان اتجاه جنوب الجنوب الغربي بدرجة (٢١٠درجة) ثم يتغير فجأة تجاه غرب الجنوب الغربي (٢٤٤درجة) لهذا أخذ اللسان الاتجاه القريب (٢١٦درجة) من اتجاه الساحل قبل الخليج. ويختلف اللسان الجنوبي بعض الشيء عن اللسانيين السابقيين نتيجة لورود رواسب نهايات الأودية التي كونت دلتا وأدت إلي تغير في اتجاه خط الساحل ومستوي الرصيف البحري، فخط الساحل قبل الدلتا كان اتجاهه جنوب الجنوب الغربي (٢١٢,٦درجة)، وبعد تكون الدلتا أخذ الاتجاه الجنوب الشرقي (١٥٩درجة) وتغير اتجاهه قليلا قبل تكون اللسان إلي (١٨٤درجة)، وبانتهاء قمة تحدب الدلتا تغير الاتجاه نحو جنوب الجنوب الغربي (٢٢٨درجة) لمسافة قصيرة لظهور خليج بحري، لهذا ظهر اتجاه جذع اللسان مقارب لدرجة اتجاه الساحل (١٨٤درجة) قبل ظهور الخليج البحري (شكل٢).

إمدادات الرواسب:

هي رواسب رملية جلبتها الجريانات النهرية عبر مصباتها سواء الحديثة منها أو القديمة إلي الرصيف البحري المرجاني، بالإضافة إلى ما يجلبه التيار الطولى السائد من موارد المفتتات الصخرية من نحت الجروف البحرية شمال الألسنة وليس من المواد المستمدة من قاع البحر لنشأته الانكسارية وعمقه بجوار واجهة الشعاب المرجانية، بالإضافة إلي ما تجلبه الرياح العاصفة من رمال من البر إلي البحر وبالذات رياح الخماسين.

الرصيف البحري المرجاني:

ينحدر الرصيف البحري المرجاني انحدارا هينا جدا يصل إلي ٠,٨/١٠٠٠م، وهو رصيف بحري متحجر السطح من المرجان الميت والمفتت (سباركس، مترجم: ١٩٨٧ ص ٣٤١)، ويبلغ أقصي اتساع له مقابل اللسان الشمالي (أكثر قليلا من



المصدر/ Google Earth Pro

(شكل٢) انحراف خط الساحل عن اتجاه الشمال للألسنة الثلاثة

٢كم)، لهذا عندما ترتفع المياه البحرية استجابة لعمليات المد وانخفاضه تتحرك نقطة التكسر للأمواج البحرية (سباركس، مترجم: ١٩٨٧ ص ٣١٢) علي الرصيف البحري المرجاني ذهابا وإيابا، لهذا تؤدي إلي تشكيل الرمال التي تغطي سطحه في صورة حواجز رملية متتابعة تأخذ شكل الألسنة البحرية أسفل الحيود البحرية تفصلها مجموعة من الأخاديد البحرية، وتتطور دائما تلك الحواجز المغمورة مادامت في مجال نطاقي المد والجزر حتي تظهر علي السطح في المستقبل كألسنة بحرية أو تستقر دون مستوي الجزر (صورة ٤).

ثانيا: الألسنة البحرية:

الألسنة البحرية هي عبارة عن تربة رملية ساحلية ترسبية ترتكز في المقام الأول على تراكم الرواسب التي تنقلها الموجة إلي اليابسة (Evans, 1942)، ومن فحص المرئيات الفضائية لمصب وادي عربة تم تحديد ثلاثة من الألسنة البحرية المتمثلة في الثلث الجنوبي من المصب القديم، وهي من الألسنة الحية المتغيرة والمتطورة مع تغيرات مستوي سطح البحر، بالإضافة إلي وجود لسانين شمال الألسنة المحددة قد تم رصدهما من خلال الصور التاريخية شمال مدينة الزعفرانة (١٢كم)، وأزيلت بسبب عمليات التدخل البشري في الساحل (صورة ٥). فظاهرة الألسنة البحرية تتمثل عندما تجتمع الظروف المحددة لها، وتنمو وتتطور وتتغير بتغير الظروف المحيطة بها، ومن الملاحظ أنه بنشوء ظاهرة الألسنة وتطورها ينشأ معها ظاهرة اللاجونات البحرية التي تتحول بعد ذلك إلي سبخات ساحلية، والتي تحتوي بمسطحها علي الألسنة البحرية المتحجرة التي تشكلت في الماضي وتصلبت وتحجرت بسبب انخفاض منسوب البحر عنها، والميتة التي هجرها البحر بسبب توالد الألسنة البحرية الحديثة الموازية، وتحمل في طياتها التطور التاريخي للظاهرة. واللسان البحري يمثل تجمع من الرواسب الرملية الطولية أعلي الحيود البحرية بسبب عملية الانجراف الموجى وتكسر الأمواج والنقل البحري بواسطة التيارات الشاطئية للرواسب علي طول الساحل قبل انحرافه تجاه اليابس لظهور خليج بحري مما يهيئ الفرصة لإرساب شريط رملي يأخذ اتجاهه ظل الشاطئ، ويشترط في ذلك ضحالة المياه الشاطئية بالخليج واستقراره تكتونيا، وعدم وجود مصبات لأودية نشطة به أو أية أنشطة بشرية.

المصدر/ Google Earth Pro

(صورة ٤) الحواجز الرملية أسفل الحيود البحرية للسان الأوسط

المصدر/ Google Earth Pro

(صورة٥) اختفاء ظاهرة الألسنة البحرية بسبب النشاط البشري شمال مدينة الزعفرانة

وقد تتكون بعض الألسنة البحرية علي خط الساحل المستقيم دون ما أن يحدث له أي تغير في الاتجاه وذلك إذا انتهت إليه مصبات أودية أدت برواسبها إلي تغير في مستوي قاع المياه الشاطئية وتكوين دالة مروحية بمقدمة محدبة تمتد داخل البحر مما يؤدي إلي تغير في اتجاه الساحل وتغير في سير اتجاه التيار الشاطئي وحدوث تكسر للأمواج بعيدا عنها، كما هو الحال في اللسانين البحريين الأوسط والجنوبي.

وقد تم تحديد حدود اللسان البحري ببداية السبخة الفاصلة بين اللسان واليابس من جهة الشمال حيث تعد هذه النقطة هي نقطة التغير في اتجاه الساحل كما هو الحال في الألسنة التي بتطورها حولت الخلجان إلي لاجونات ثم أرضا سبخية بطول الفترة الزمنية. وتم دراسة اللسان الجنوبي دراسة ميدانية مفصلة حيث تم زيارته ليوم كامل لرصد ظاهرة المد والجزر بناء علي البيانات البحرية المسبقة لمحطة الزعفرانة، وتم تحديد أقصى نقطة بلغتها المياه وأدني نقطة انحسرت عنها المياه علي واجهة شاطئ اللسان بوضع علامة علي منطقتي التغير وقياس المسافة بينهما، وكذلك تحديد مستويات الشواطئ الثانوية علي جانب اللسان المواجه لليابس وقت انحسار الجزر بسبب تفاوت مستويات المد على مدار الشهر القمري وقياس خصائصها.

ا- الخصائص العامة للألسنة:

اقتصر الوصف العام علي مناطق الألسنة البحرية المتطورة عن تلك الظاهرة (السبخات) وذلك لإظهار طبوغرافيتها، ثم وصف الألسنة البحرية النشطة في حالة المد العالي لمستوي سطح البحر، الذي يعد الأساس في رسم الخرائط، وعلي الدرلسة الميدانية التي تمت للسان الجنوبي، حيث اختلفت خصائص الألسنة البحرية الرملية من حيث الطول والعرض عند انخفاض مستوي المياه دون المد البحري العالي، لانكشاف مساحات أكثر من مستويات الرمال أدناه، **ويمكن عرض خصائصها علي النحو الآتي:**

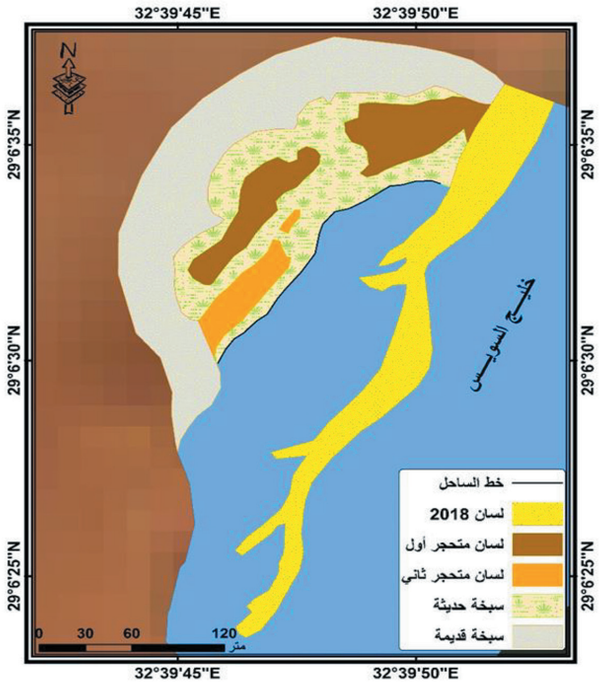
- اللسان الشمالي:

تتمثل منطقة اللسان البحري الشمالي في شرق مدينة الزعفرانة (صورة ٦)، ومن فحص مجموعة المرئيات الموجودة علي (Google Earth Pro) تبين أن أقدم مرئية فضائية لمنطقة اللسان ذات دقة مساحية عالية يرجع تاريخها

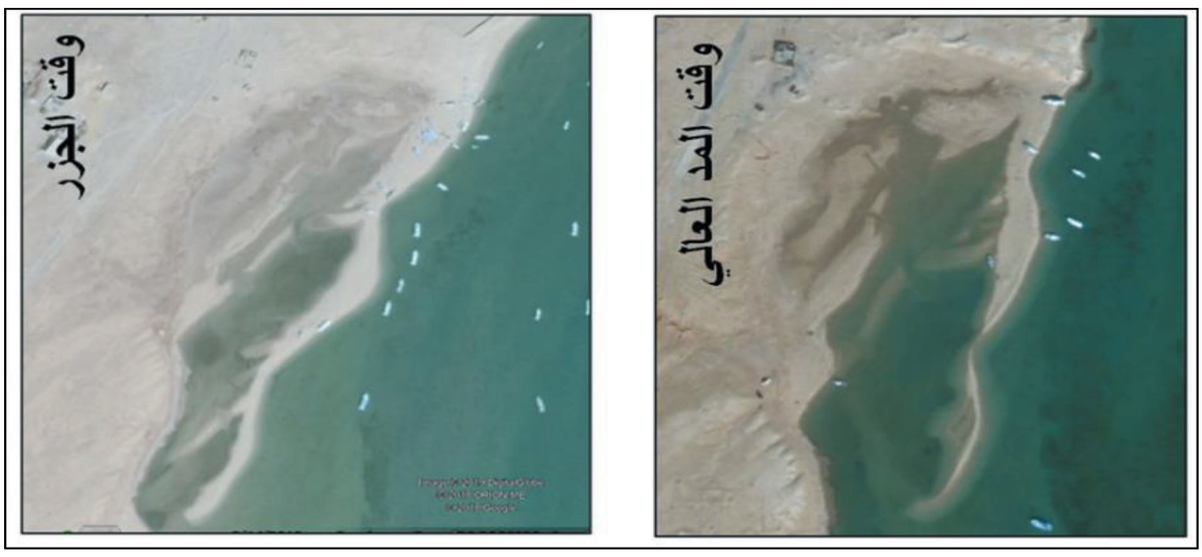
إلي عام ٢٠٠٥م، بالإضافة إلي مرئيات أقدم من ذلك ذات دقة مساحية أقل، وبفحصها تبين أن ظاهرة اللسان البحري النشط الذي نحن بصدد دراسته لم يتبلور في الظهور إلا في مرئية عام ١٩٩١م حيث ظهر طيفه أسفل المياه بطول ٦١م باتجاه الجنوب، ولم يظهر له أي أثر في لوحة الزعفرانة التي رسمت من صور جوية ١٩٨٨، مما يعزز القول بأن ارتفاع مستوي سطح البحر كان له أثر إيجابي في نشأته وتطوره. وتنقسم منطقة اللسان إلي قسمين يمكن عرضها في الآتي:

=القسم الأول: السبخة القديمة وهي تقع في خليج بحري قديم بحدود واضحة بلغ مساحته ٢٧,٨ألف م٢ وبلغ ارتفاع شاطئه القديم ٩م، أما ارتفاع سطحها فبلغ ٥م، وتحتوي علي لسان واحد متحجر يمتد بطولها، ويرجع تكوينه لفترة قديمة لمستوي بحري كان أعلي من المستوي البحري الحالي، وبلغ طوله ٢,٢٢٥م ويظهر في صورة جزئين منفصلين وبلغ ارتفاع سطحه ما بين ٦-٧م، وإجمالي مساحته ٨,٤ألف م٢، ويظهر بالصف الثاني لسان متحجر صاعد في الاتجاه المعاكس بلغ طوله ٣,١٠٣م بارتفاع ٦م وبمساحة ٦,١ألف م٢.

=القسم الثاني: اللسان البحري النشط وبلغ طوله ٣,٣٢٥م ومتوسط عرضه ٢٤م وبلغت مساحته تسعة آلاف متر مربع، وحده البحري يتجه نحو الجنوب في اتجاه خط الساحل بعد انحرافه في الخليج البحري لمسافة ٧٥م، ثم حدث له تحدب تجاه البحر لمسافة ١١٠,٥م ثم تقعر خفيف تجاه اليابس لمسافة ٤٦,٣م ثم تحدب آخر حتي نهايته لمسافة ٩٢,٩م، أما حده الغربي فيلازم السبخة لمسافة ٤٠م من بداية الخليج البحري القديم، ثم يظهر به عدة تشعبات ثانوية أهمها تشعب في نطاق التحدب الأول داخل الخليج البحري الحديث بطول ٤٨,٥م وهو يوازي اللسان المتحجر القديم، ويقابله في الاتجاه المعاكس لسان بحري صاعد بطول ٧٩,٤م، وبلغ متوسط عرضه ٥,٧م، ويظهر علي سطح المياه عند مستوي المد المتوسط (شكل ٣)، وبلغت مساحتهما ١,٣ ألف م٢.



(شكل٣) طبوغرافية منطقة اللسان الشمالي



المصدر/ Google Earth Pro

(صورة ٦) سبخة اللسان الشمالي أثناء المد والجزر

- اللسان الأوسط:

تتمثل منطقة اللسان البحري الأوسط في شمال مرسي ثلمت وجنوب مدينة الزعفرانة (صورة ٧)، وقد أطلق عليه (كريم مصلح ١٩٩٥ ص ٢٨٠) لسان ثلمت. ومن فحص مجموعة المرئيات الموجودة علي (Google Earth Pro) لوحظ أن أقدم مرئية لمنطقة اللسان ذات دقة مساحية عالية يرجع تاريخها إلي عام ٢٠٠٥م، بالإضافة إلي مرئيات أقدم من ذلك ذات دقة مساحية أقل، وبفحصها تبين أن ظاهرة اللسان النشط الذي نحن بصدده قديم التكوين وموجود في مرئية عام ١٩٨٤م التي تعد أقدم مرئية للمنطقة بطول ٩٥٦م، وتمثل أيضا في لوحة الزعفرانة بطول ١١٦٤م وبمراجعة المرئية الفضائية لعام ١٩٨٨ التى رسمت فيها الخريطة لوحظ أن اللسان متمثل بذات الطول وكان وضع المياه في حالة الجزر المنخفض. **وتنقسم منطقة اللسان إلي أربعة أقسام يمكن عرضها في الآتي:**

=القسم الأول: السبخة القديمة محددة بيابس من الجهة الغربية بلغ ارتفاعه ٩م، ومحورها شماليا شرقيا جنوبيا غربيا، وبلغت مساحتها ٥,٣كم٢ بما فيها مساحات الألسنة المتحجرة والميتة، وطولها ٦,٢كم، ومتوسط عرضها ٧٥٦م، وتنتهي إليها نهايات مجموعة من الأودية الجافة بلغت خمسة أودية، وكانت مصباتها تمثل خلجانا بحرية آنذاك ومنطبعة حاليا علي حدها الغربي، ورواسب تلك الأودية هي التي غيرت من مستوي الرصيف البحري المرجاني وغيرت من نقطة تكسر الأمواج وسير تيار الشاطئ بالإضافة إلي تغير انحراف اتجاه الساحل وبذلك هيأت الفرصة برواسبها من تشكيل الظاهرة في الماضي. وسطح السبخة يظهر بمستويين باستثناء مستوي الألسنة المتحجرة والميتة التي تشغلها، وتنقسم إلي قسمين متساويين تقريبا، أحدهما مرتفع ويصل إلي ٥م وهو عادة مجاور للألسنة المتحجرة، والآخر ارتفاعه دون ٢م، ومقسم إلي خمسة أحواض تغمرها المياه البحرية وقت المد العالي فقط عن طريق فتحات في خط الساحل، بالإضافة إلي قنوات مائية ضيقة تربطها فيما بينها، ويظل معظمها جافا وقت انحسار المياه بسبب الجزر.

=القسم الثاني: الألسنة المتحجرة ترجع تكوينها لفترة زمنية سابقة لمستوي بحري أعلي من المستوي البحري الحالي، وتظهر في صورة صفين شبه متوازيين، وتأخذان الاتجاه الشمال الشرقي الجنوب الغربي لاتجاه محور السبخة، وبلغ ارتفاع سطحها ما بين ٦-٧م. الأول منها مجاور لليابس ومواز له، ومتمثل في صورة ألسنة ضيقة العرض متتابعة الامتداد، بعدد تسع ألسنة متفاوتة الطول والمساحة، والألسنة الصغيرة منها تتركز في طرفها الشمالي الشرقي (٥ لسانا) وآخر صغير في جنوبها الغربي، والألسنة الثلاثة الكبيرة تقع فيما بينهما، وبعضها يظهر طرفه بشكل خطافي، وتتوزع بجملتها علي مسافة ٥كم، وبلغت مساحتها ٢٤٧,٤ألف م٢، يقابلها من الجنوب الغربي لسانان متحجران صاعدان يعدان حاليا جزءا من اليابس، ويفصلهما قناة أخدودية بعرض

المصدر/ Google Earth Pro

(صورة٧) سبخة اللسان الأوسط وقتا المد والجزر

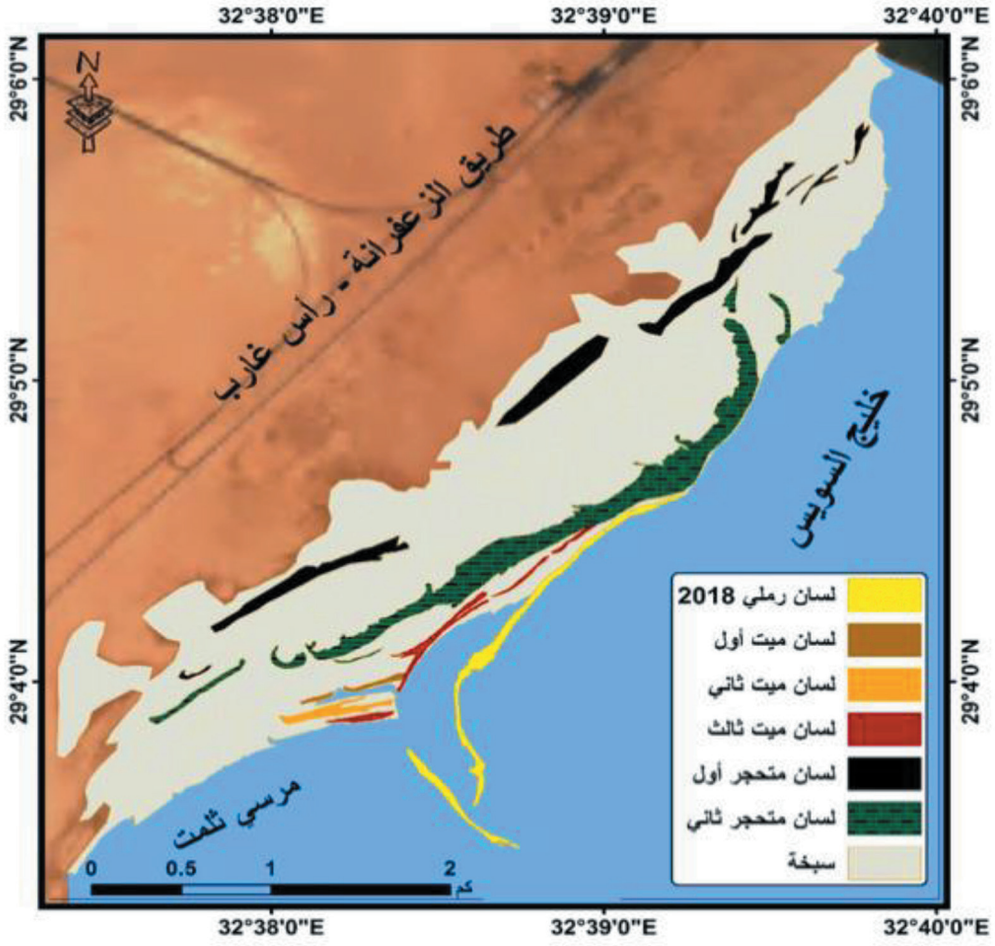
١٦م، ويرتفع قاعها إلي ٥م، وبلغ متوسط طولهما ٨٢٨م. والثاني منها مجاور لخط الساحل ومقسم إلي خمسة ألسنة متتابعة بشكل طولي في مسافة ٤,٤كم، منها لسان كبير بلغ طوله ٣,٣كم، بمساحة ٣٦٨,١ ألف م٢، ويظهر بطرفيه خطافان يتجهان تجاه اليابس، ويتمثل في كل من طرفيه لسانان صغيران مجموع مساحتهما ٤٦,٧ألف م٢ ويغلب علي طرفيهما الشكل الخطافي مثل اللسان الكبير (شكل ٤).

=القسم الثالث: الألسنة الميتة تظهر في ثلاثة صفوف متقاربة في جنوب السبخة وشمال مرسي ثلمت، وموازية لخط الساحل ومحدودة الطول باستثناء اللسان الثالث فهو أكثرها شيوعا وانتشارا، ويرتفع سطحها إلي ٣م، تفصلها قنوات أخدودية بين اللسانين الأول والثاني وخط الساحل، وبلغ متوسط عرضها ٢١م ويرتفع قاعها أعلي قليلا من ٢م، وتظهر قناة بحرية تغمرها المياه وقت المد العالي تفصل بين اللسانين الثاني والثالث، بلغ متوسط عرضها ٥٠م، وبلغ إجمالي مساحات الألسنة الميتة ٨٦,٧ألف م٢.

=القسم الرابع: الألسنة البحرية النشطة، وهي متعددة بمنطقة اللسان الأوسط، حيث يرتفع سطحها نحو ١م فوق مستوي المد العالي، بحسب ترتيب وجودها علي النحو التالي:

ألسنة بحرية صغيرة ثانوية: ويتمثل في القسم الشمالي من ساحل السبخة، وتظهر خصائصه عند المد المرتفع فقط حيث بلغ طوله ٦١,٥م، ومتوسط عرضه ٣,٥م، ومساحته ١٥٩,٦م٢، ومتوسط عرض القناة البحرية الفاصلة بينه وبين خط الساحل ٥م تقريبا (صورة٨-أ)، وتختلف خصائصه عند مستوي المد المنخفض حيث يتحول اللسان إلي جزء من اليابس، وبلغ طوله ٩٦,٢م ومتوسط العرض ٦,٤م، ومساحته ١٨٠,٣م٢، ويظهر بشكل خطافي عند المد المنخفض يفصله أخدود عن ظهيره البري.

ألسنة بحرية هجرها البحر من الداخل: ترتبط تلك الظاهرة بخط الساحل الحالي، حيث تم دمج نهاية اللسان المهجور داخليا بالرواسب البحرية الأحدث وذلك لنشأة لسان جديد، ثم ارتفع منسوب قاع الخليج البحري بالرواسب، وتحول إلي سبخة رطبة، وظلت العلاقة بين البحر والحد

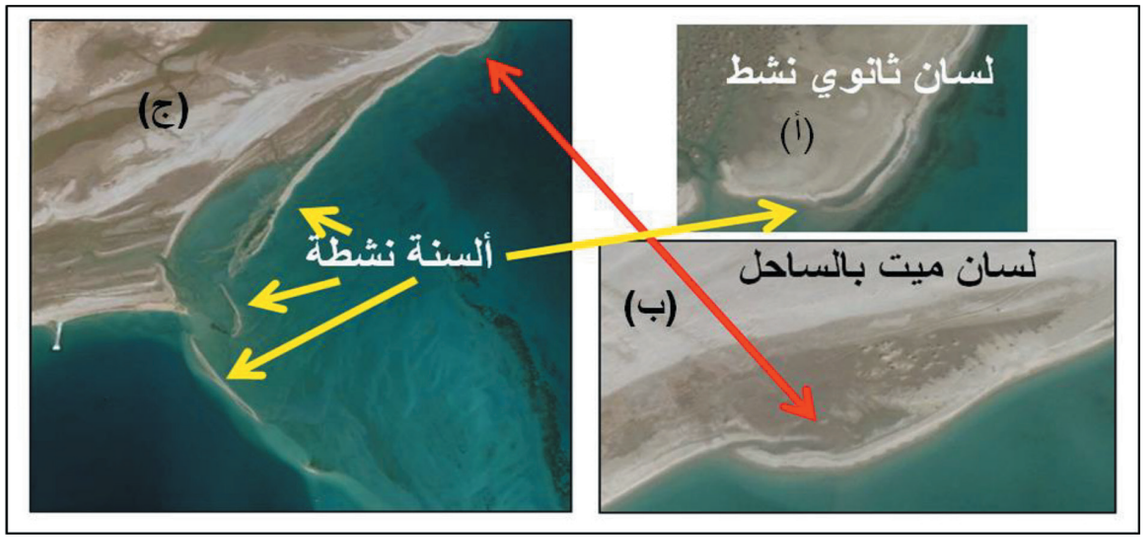


(شكل ٤) طبوغرافية منطقة اللسان الأوسط

الخارجي للسان قائمة (صورة ٨-ب). وبلغ طول اللسان المهجور ١٨١,٩م، ومتوسط عرضه عند نهايته الخطافية ٦م، ويبدو علي حده البحري الانسيابية، أما حده الداخلي المطل علي السبخة فيظهر بشكل مسنن.

ألسنة بحرية كبيرة نشطة: وهو اللسان الرئيسي المتصل بساحل وسط السبخة، ويمتد في الاتجاه الجنوبي الغربي (٢١٧درجة)، وتتحدد بدايته لحظة تغير اتجاه خط الساحل وظهور مقدمات السبخة الفاصلة بينه وبين اللسان المتحجر الثاني ونهاية اللسان الذي هجره البحر من الداخل، وبلغ طوله الإجمالي ٢٣٩٦,٥م، ومتوسط العرض ٣٢,٥م، ويظل جزء منه ملازما للسبخة لمسافة ٦٧٠م، ويواصل سيره وسط المياه لمسافة ١٧٢٦,٥م حاصرا بينه وبين اليابس خليجا بحريا بلغ أقصي عرض له ٣٦٤م، وتميل نهايته بالشكل الخطافي تجاه اليابس، وحده البحري انسيابي به تموجات ليست حادة، أما حده الخليجي فيظهر به مجموعة من التسننات الصغيرة تأخذ اتجاه اللسان الأم باستثناء أحدها امتد لمسافة ١١٩,٤م قبل نهاية اللسان الرئيسي من جهة اليابس (صورة ٨-ج).

ألسنة بحرية جزرية: وهي ألسنة ممتدة وسط المياه ومتعامدة علي خط الساحل وغير متصلة باليابس من أحد طرفيها أثناء المد العالي (صورة ٩)، وبلغ أطولها ٣٩٣,٧م ومتوسط العرض ١٠,٥م، ووقت انحسار المياه تأخذ صفة اللسان بطول ٨٧٤م، وأقصي عرض ٤٧,٨م، بمحور شمالي شرقي جنوبي غربي، ويرجع سبب تعامدها علي خط الساحل إلي طبوغرافية الرصيف البحري المرجاني المغطي بكم كبير من الرمال الذي يظهر عند الجزر المنخفض.



المصدر/ Google Earth Pro

(صورة ٨) تعدد الألسنة المتنوعة بساحل اللسان الأوسط

المصدر/ Google Earth Pro

(صورة٩) تغير خصائص اللسان الأوسط باختلاف ظاهرة المد والجزر

اللسان الجنوبي:

تتمثل منطقة اللسان البحري الجنوبي في شرق جبل ثلمت (صورة ١٠) وجنوب مرسي ثلمت أو مدخل هضبة الجلالة القبلية، وأطلق عليه (كريم مصلح ١٩٩٥ ص ٢٨١) لسان نقطة الجلالة. ومن فحص مجموعة المرئيات الموجودة علي (Google Earth Pro) تبين أن أقدم مرئية لمنطقة اللسان ذات دقة مساحية عالية يرجع تاريخها إلي عام ٢٠٠٣م، بالإضافة إلي مرئيات أقدم من ذلك ذات دقة مساحية أقل، وبفحصها تبين أن ظاهرة اللسان النشط الذي نحن بصدده لم يتبلور في الظهور إلا في مرئية عام ١٩٨٧م حيث ظهر طيفه أسفل المياه بطول ٨٨م باتجاه الجنوب، وظهر في لوحة الزعفرانة بطول ١٢٦م، مما يعزز القول بأن ارتفاع مستوي سطح البحر كان له أثر إيجابي في نشأته وتطوره. ويمكن تقسيم منطقة اللسان طبوغرافيا إلي ثلاثة أقسام رئيسية هي:

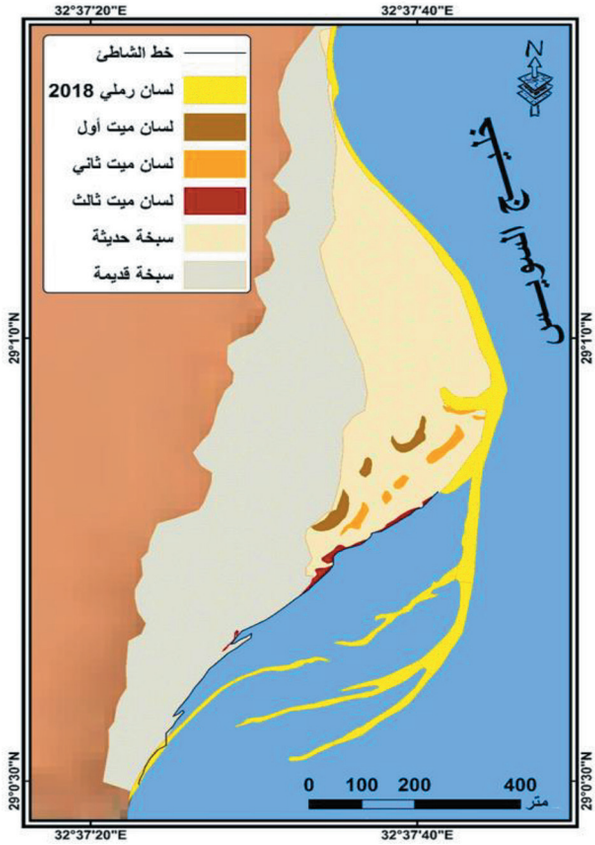
=القسم الأول: الرواسب الفيضية وتقع في غرب منطقة اللسان (صورة ١١-أ)، وتكونت بفعل جريانات حديثة لمجاري ضحلة نشأت فوق سطح مروحة قديمة لأحد الأودية المنحدرة من علي جبل ثلمت، ومتوسط ارتفاعها عن سطح البحر نحو ٥م، وتبلغ مساحتها ٢٣٨,٤ ألف م٢، وحدها الغربي غير مستو ويرجع ذلك إلي مصبات الروافد المتعددة التي تنتهي إليها جعلته أشبه بالخلجان البحرية، أما حدها الشرقي فهو أقل تعرجا من حدها الغربي، وتظهر رقعتها ضيقة في الشمال والجنوب ومتسعة في وسطها (شكل ٥)، ويغلب عليها اللون البني المشرب بالحمرة لارتفاع نسبة أكاسيد الحديد بها، ويغطي معظم مساحتها مجموعة من النباك القبابية التي يبلغ ارتفاعها ١م في المتوسط عن سطحها وتعلوها النباتات الحية، والمساحة الباقية تتجعد قشرتها بتكهفات ملحية بسبب عملية التبخر(صورة ١١-ب)، وتعد رواسبها جزءا من الإعدادات الأرضية لنشأة اللسان البحري من حيث تقدمها في البحر، فقد غيرت من اتجاه خط الساحل ورفعت من مستوي سطح الرصيف البحري المرجاني، ومن ثم غيرت من سير اتجاه التيار الشاطئي، وغيرت من نقطة تكسر الأمواج البحرية وقت ارتفاع المد عما كانت عليه فيما قبل تكوينها.

المصدر/ Google Earth Pro

(صورة ١٠) سبخة اللسان الجنوبي أثناء المد والجزر

المصدر/ تصوير الباحث في الدراسة الميدانية

(صورة ١١) الأشكال الجيومورفولوجية بسبخة اللسان الجنوبي

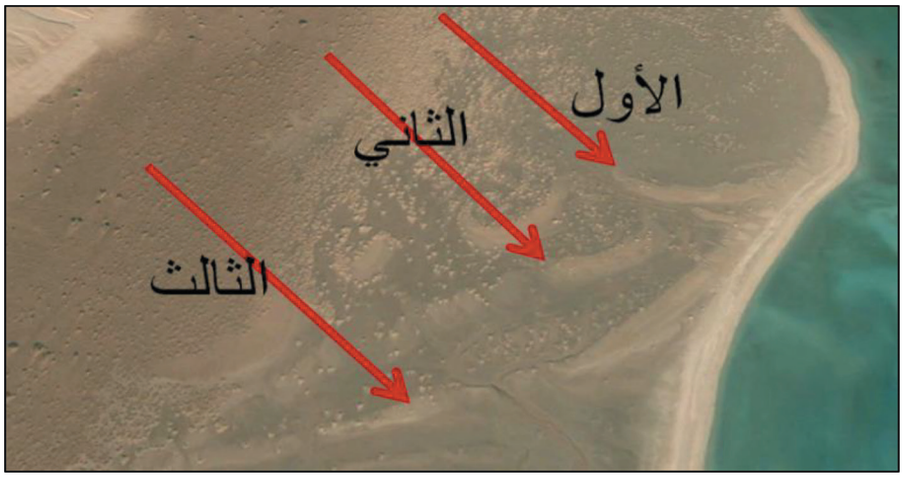


(شكل ٥) طبوغرافية منطقة اللسان الجنوبي

=القسم الثاني: السبخة الحديثة المتطورة عن البحيرة الساحلية بسبب نشأة الحواجز البحرية التي مثلت الألسنة البحرية في الماضي وانقطعت صلتها بالمياه البحرية، وتبلغ مساحتها ١٨٠,٥ ألف م٢ وتزركش أرضيتها نباك رملية ذات ارتفاعات مختلفة جنبًا إلى جنب تغطيها النباتات وتعلو سطح السبخة بأكثر قليلا من المتر (صورة ١٢)، ومعظم مكوناتها خلف الشريط الرملي الساحلي في الثلثين الشمالي منها ويرتفع سطحها إلي ٣م، أما الثلث الجنوبي منها بلغ ارتفاع سطحه دون ٢م قليلا ويطل علي البحر بواجهة رملية كانت تمثل لسان بحري صاعد من الجنوب في الاتجاه المعاكس لامتداد اللسان ويرتفع عن سطح السبخة بنحو ١م تقريبا، وبه فتحات في القسم الشمالي من الخليج البحري تدخل المياه البحرية إليها أثناء المد العالي وخروجها عند الانحسار البحري، وتحتوي بمسطحها علي مجموعة من الألسنة البحرية القديمة الميتة (صورة ١٣) التي انتهت علاقتها بالبحر نتيجة لتوالد الألسنة الحديثة، وتتمثل في ثلاثة صفوف متوازية ومتقاربة من بعضها وترتفع عن سطح السبخة في حدود ١م وتظهر مقطعة غير متصلة وذات جوانب هينة الانحدار تغطيها بعض النباتات وأحيانا يتمثل عليها بعض النباك، ويبلغ إجمالي مساحتها ٢٠,٨ ألف م٢.

المصدر/ تصوير الباحث في الدراسة الميدانية

(صورة ١٢) النباك تغطى أرض السبخة المهجورة باللسان الجنوبي



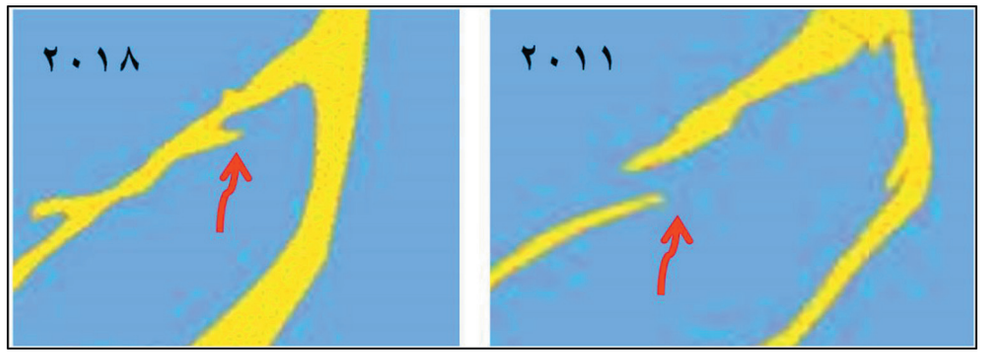
المصدر/ Google Earth Pro

(صورة ١٣) بقايا الألسنة الميتة في سبخة اللسان الجنوبي

=القسم الثالث: اللسان البحري النشط الذي يتأثر بالتغيرات اليومية للمياه، ويتحدد اللسان الرئيسي من بدايته بظهور الخليج البحري غربه، ويواصل امتداده باتجاه خط الساحل جنوبا (١٨٥,٤٥درجة) لمسافة ٤١٦,٥م، ثم ينحني تجاه اليابس لمسافة ٤٥٧,٣م، وبلغ متوسط عرضه ٢١م، وعرض واجهته البحرية ٤م بانحدار ٣درجات، وواجهته الداخلية بلغت ٢,٣م في المتوسط وانحدارها ٧درجة، ويتفرع منه فرعان داخليان، الأول شمالي وبلغ طوله ٢٦٥م وينحني طرفه تجاه اليابس بشكل خطافي (صورة١٤)، ومتوسط عرضه ١١,٧م، ويظهر به نتوءان صغيران أحدهما بحري بالقرب من بداية تفرع اللسان، ويمتد في عكس امتداد اللسان بطول ١٣,٥م بنهاية مدببة ومتوسط عرضه ٥,٢م، وسبب اتجاهه عكس اللسان أنه كان يمثل بداية لسان ثانوي كما يظهر في مرئية ٢٠١١(شكل٦)، والآخر داخلي في الثلث الجنوبي للسان ويمتد في اتجاه اللسان وبلغ طوله ٢٤,٦م، وعرضه ٩,٧م ويأخذ الشكل الخطافي تجاه البحر في عكس خطاف اللسان المتمثل عليه ويرجع ذلك إلي تدفق المياه البحرية نحو البحر وقت الجزر بسبب ارتفاع أرض السبخة تجاه الجنوب.

المصدر/ تصوير الباحث في الدراسة الميدانية

(صورة ١٤) الشكل الخطافي لنهايات الألسنة في اللسان الجنوبي



(شكل٦) التطور المورفولوجي للسان الجنوبي

أما التفرع الثاني فهو جنوبي ويظهر عريضا من بداية تفرعه بمتوسط ٢٥م لمسافة ١٠١م ثم يحدث له تفرع واحد أحدهما بحري ويبلغ طوله ٢٥٥,٧م، ومتوسط عرضه ١١م وله نهاية مدببة، والآخر قبلي ويبلغ طوله ٦٥,٤م ومتوسط عرضه ٧,٦م ونهايته أيضا مدببة، ويبلغ إجمالي مساحة اللسان بفرعيه ١٥,٤ألف م٢، ويظهر لسان آخر يمتد في الاتجاه المعاكس لامتداد اللسان من الساحل جنوبا إلي الشمال وبلغ طوله من بداية الخليج جنوبا حتي نهايته شمالا ٢٥٧,٤م ومتوسط عرضه ٦م، وبلغت مساحته من بداية مفارقته للخليج البحري وانتهائه شمالا ألف م٢تقريبا، وهو ينحني تجاه البحر وتقترب نهايته من اللسان الفرعي الشمالي بفارق ٣٧م ويرجح أنه يمثل امتداده وسبب عدم إلتحامه دخول المياه البحرية للاجون عند المد العالي عبر القناه الفاصلة بجوار خطاف اللسان الفرعي مما أدي إلي انحنائه وعند انحسارها وخروجها من اللاجون أدت إلي انحناء طرف اللسان الصاعد تجاه البحر(صورة ١٥).

المصدر/ تصوير الباحث في الدراسة الميدانية

(صورة١٥) القناة الفاصلة بين اللسان الصاعد واللسان الفرعي للسان الجنوبي

٢- جيومورفولوجية الألسنة:

تتأثر الألسنة البحرية مورفولوجيا بالدرجة الأولى بالإطار الجيولوجي، وارتفاع مستوى سطح البحر، وتوافر الرواسب، والأمواج والمد والجزر، والتدخلات البشرية (Allard, et al, 2008). ويظهر اللسان الرملي بمستويات متدرجة عند الجزر، بسبب تغير مستويات المد علي مدار الشهر القمري، لهذا تم تحديد تلك المستويات ميدانيا في اللسان الجنوبي، ويزيد ارتفاعه قليلا عن ١م فوق مستوي المد العالي. وتم رسم خريطة المستويات المدية للألسنة من أحدث مرئية فضائية (٢٠١٨) لكل لسان وقت انحسار الجزر باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، وقد تم حساب مساحة اللسان من بداية الخليج البحري الفاصل بينه وبين اليابس شمالا، وحساب الخصائص المورفومترية لأقسامه المدية طبقا لمستوياتها الثلاثة في ضوء الدراسة الميدانية التي تمت للسان الجنوبي، وتمت المقارنة بين مساحة اللسان ومساحات أقسامه المدية باعتبار مساحة اللسان وحدة واحدة وما يقابلها من وحدات أخري. ويمكن عرض الخصائص المورفومترية للألسنة علي النحو الآتي:

- اللسان الشمالي:

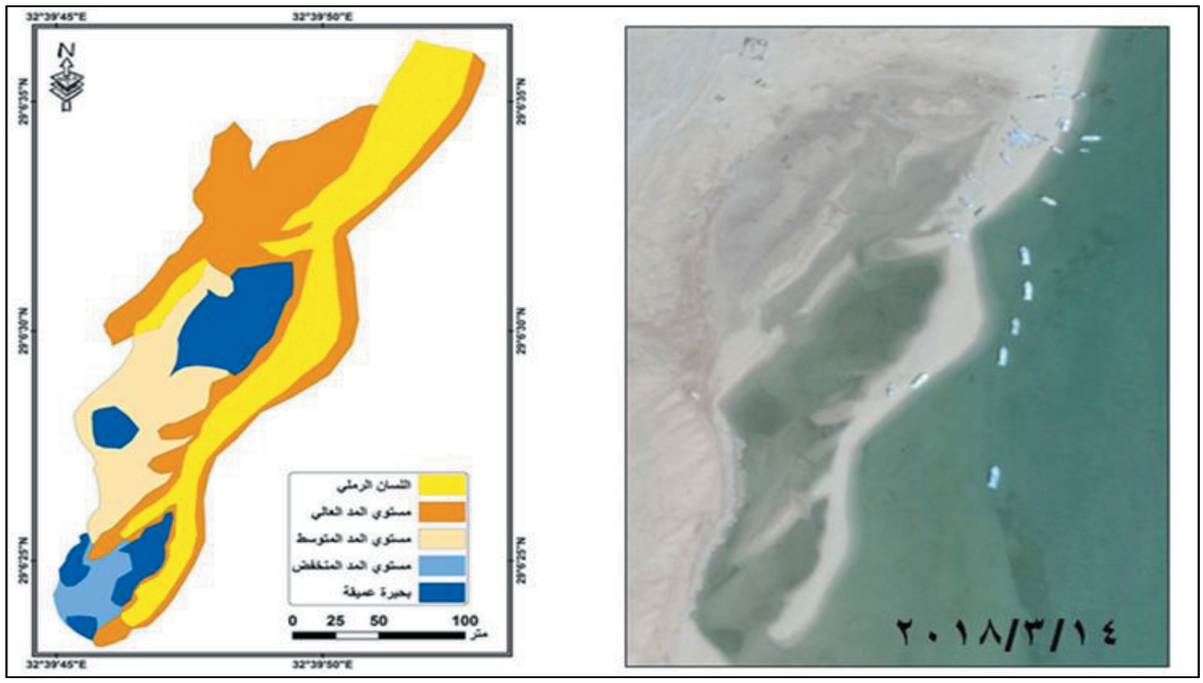
تم رسم خريطة المستويات المدية للسان الشمالي من المرئية الفضائية ٢٠١٨، وبلغت مساحة اللسان ٩,٥ ألف م٢ المتمثلة أعلي الحيود البحرية، وتمثل نسبة ٣٠,١٪ من مساحات أقسامه، وبلغ أقصي طول له ٤٢٣,٧م، وأقصي عرض ٣٤,٧م، ويتفرع منه ثلاثة ألسنة داخلية أكبرها بلغ طوله ٥٩,٤م وهو الجنوبي، وأقصي عرض له ١٠م، وينحني اللسان في صورة ثلاثة تحدبات يفصلها مقعران، ومن خلال دراسة جدول (١) وشكلي (٦، ٧) يمكن استنتاج الآتي:

مستوي المد العالي: هو المستوي الأعلي للمياه البحرية علي جانبي اللسان وتوابعه، وتظل المياه علي هذا المستوي نصف أيام الشهر مقسومة علي فترتين، وتمارس المياه عملها الجيومورفولجي مدة أطول من المستويين الآخرين لهذا ظهرت مساحته متقلصة ومتقطعة، ويتراوح مستواه ما بين ١,٦- ١,٨م، ويظهر في صورة متصلة علي جانبي اللسان، وبلغ طوله ٤٤٤,٥م، عرضه بلغ ٥٦,٧م علي الجانب المواجه لليابس، وبعض شعاب اللسان، وبلغ اجمالي مساحته ١١,٢ألف م٢، بنسبة ٣٥,٤٪ من مساحة أقسامه، وبلغت النسبة بينه وبين اللسان ١-١,٢وحدة لسان.

(جدول١) الخصائص المورفومترية لمستويات المد للسان الشمالي (٢٠١٨)

الاسم	المساحة بالألف م٢	النسبة المئوية	النسبة والتناسب	أقصي طول م	أقصي عرض م
اللسان الرملي	٩,٥	٣٠,١	١	٤٢٣,٧	٣٤,٧
المد العالي	١١,٢	٣٥,٤	١-١,٢	٤٤٤,٥	٥٦,٧
المد المتوسط	٥,١	١٦,١	١-٠,٥	١٩٤,٣	٥١,٦
المد المنخفض	١,٢	٣,٧	١-٠,١	٦٤,٨	٣٤,٢
بحيرات	٤,٦	١٤,٦	١-٠,٥	٩١,٨	٤١,٦
الاجمالي	٣١,٦	١٠٠	--	--	--

المصدر/ نظم المعلومات الجغرافية



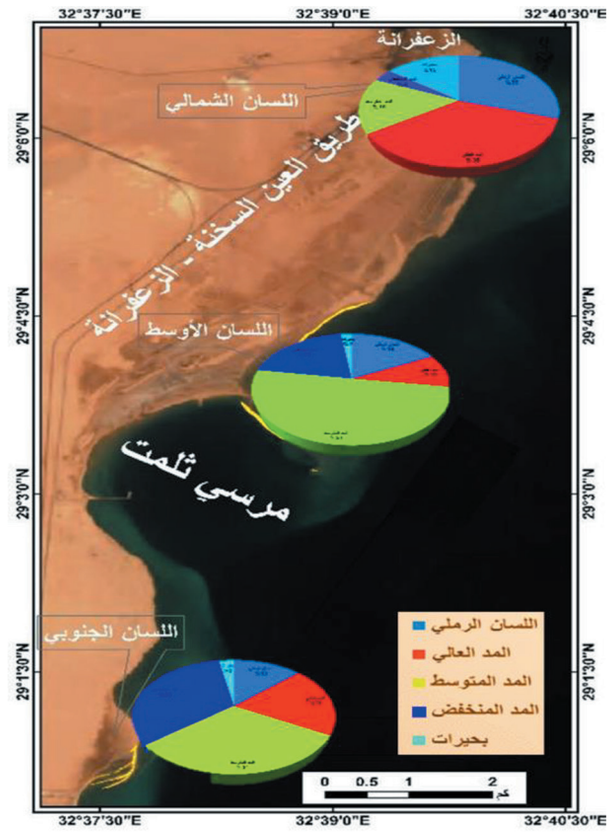
المصدر/ Google Earth Pro

(شكل٦) جيومورفولوجية المستويات المدية للسان الشمالي

مستوي المد المتوسط: تبلغ فترته التحاتية سبعة أيام فقط من الشهر القمري، ويتراوح مستواه ما بين ١,٤ – ١,٥م، وهو أقل مساحة من سابقه، ويتمثل في الثلث الجنوبي من اللسان المواجه لليابس، ويحصر بمسطحه بحيرتين تظل بها المياه البحرية عند انحسار الجزر، وبلغت مساحته ٥,١ ألف م٢، بنسبة ١٦,١٪ من مستويات اللسان، وبلغت النسبة بينه وبين اللسان ١–٠,٥ وحدة لسان، وأقصي طول بلغه ١٩٤,٥م، وأقصي عرض ٥١,٦م.

مستوي المد المنخفض: يتمثل في الجزء الجنوبي من أقسام اللسان، والفترة التحاتية له ثمانية أيام، ويتراوح مستواه ما بين ١,١–١,٣م، وبلغت مساحته ١,٢ ألف م٢، بنسبة ٣,٧٪، وبلغت النسبة بينه وبين اللسان ١–٠,١ وحدة لسان، وبلغ أقصي طول له ٦٤,٨م وأقصي عرض ٣٤,٢م.

البحيرات: تتمثل في خمس بحيرات منفصلة عند الجزر المنخفض، أكبرها مساحة الشمالية، وأصغرها الجنوبية، وتحتفظ بالمياه البحرية دائما ومآلهما إلي زوال، بسبب عملية الترسيب التي تحمله تيارت المد اليومية، وبلغ إجمالي مساحتهما ٤,٦ ألاف م٢، بنسبة ١٤,٦٪، ونسبة مساحتها إلي مساحة اللسان قليلة (١–٠,٥وحدة لسان)، ويلغ أقصى طول للبحيرة الشمالية ٩١,٨م، وأقصي عرض لها ٤١,٦م، وعمقها يزيد عن ١م عند مستوي الجزر، وتم معالجتها لأنها تقع ضمن أقسام اللسان.



(شكل٧) مساحات الألسنة ومستوياتها المدية

- اللسان الأوسط

تم رسم خريطة المستويات المدية للسان الأوسط من المرئية الفضائية ٢٠١٨ (صورة ١٧) وبلغ أقصي طول له ٢٣٩٦,٥م، وأقصي عرض ٤٧,٨م، وينحني اللسان بكامله في صورة تحدب كبير بطرفه نحو اليابس، وبلغت مساحة اللسان الإجمالية ٦٦,٩ ألف م٢ المتمثلة أعلي الحيود البحرية، وتمثل ١٧,٥٪ من مساحات أقسامه، ومن خلال دراسة جدول (٢) وشكل (٨) يمكن استنتاج الآتي:

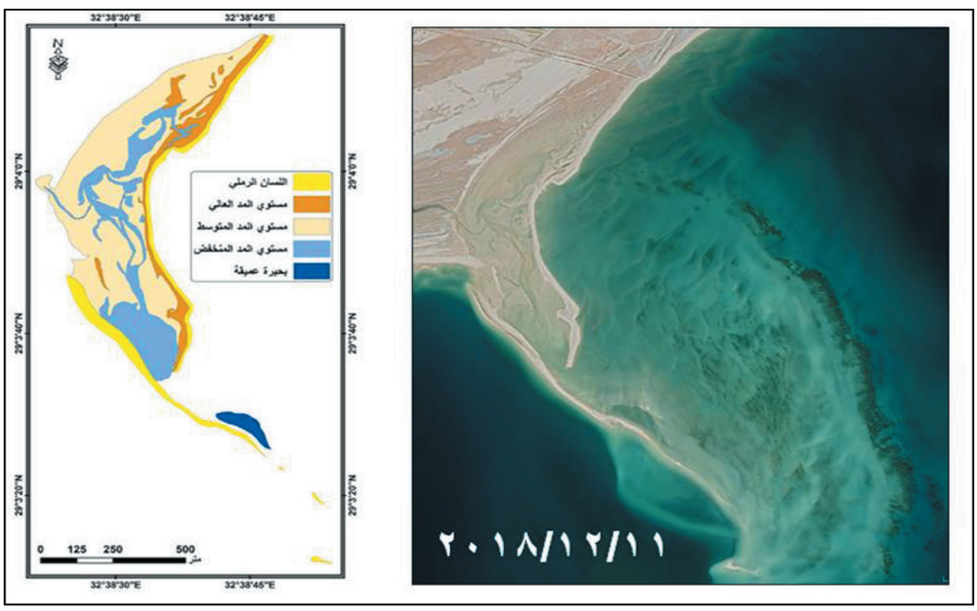
مستوي المد العالي: يتمثل علي الجانب الداخلي للسان فقط دون الخارجي بطول ٢٤٠١م وبعض المساحات الصغيرة المتفرقة علي مسطحات المد المتوسط، وبلغ أقصي عرض له ٥١,١م، وإجمالي مساحته ٣٨ألف م٢، بنسبة ٩,٩٪، وبلغت النسبة بينه وبين اللسان ١-٠,٥وحدة لسان وهي نسبة أقل من نظيرتها في اللسان الشمالي.

مستوي المد المتوسط: هو أوسع انتشارا واتساعا من سابقه، وينتشر عليه بعض القنوات البحيرية الضيقة والتي تعمل علي تصريف المياه البحرية عند انحسار الجزر، وبلغت مساحته ١٩٢,٣ ألف م٢، بنسبة ٥٠,٢٪ من أقسام اللسان، وبلغت النسبة بينه وبين اللسان ١-٢,٨ وحدة لسان، وأقصي طول له ١١٦٣,٧م، وأقصي عرض ١٤٢,١م.

(جدول٢) الخصائص المورفومترية لمستويات المد للسان الأوسط (٢٠١٨)

الاسم	المساحة بالألف م٢	النسبة المئوية	النسبة والتناسب	أقصي عرض م	أقصي طول م
اللسان الرملي	٦٦,٩	١٧,٥	١	٤٧,٨	٢٣٩٦,٥
المد العالي	٣٨	٩,٩	١-٠,٥	٥١,١	٢٤٠١
المد المتوسط	١٩٢,٣	٥٠,٢	١-٢,٨	١٤٢,١	١١٦٣,٧
المد المنخفض	٧٧,٥	٢٠,٣	١-١,١	١٣٨,٧	١١٠٠
بحيرات	٨	٢,١	١-٠,١	٥١,٥	٢٠٩
الإجمالي	٣٨٢,٧	١٠٠	--	--	--

المصدر/ نظم المعلومات الجغرافية



المصدر/ Google Earth Pro

(شكل ٨) جيومورفولوجية المستويات المدية للسان الأوسط

مستوي المد المنخفض: يتمثل في صورة قنوات بحرية فوق مستوي المد المتوسط، منها ما هو متسع والأخر ضيق، ومتصلة بعضها ببعض وتعمل علي تصريف المياه البحرية عند انحسار الجزر، وأكثرها اتساعا في جنوب اللسان، وبلغت مساحته ٧٧,٥ ألف م٢، بنسبة ٢٠,٣٪، وبلغت النسبة بينه وبين اللسان ١-١,١ وحدة لسان، وبلغ أقصي طول له ١١٠٠م وأقصي عرض ١٣٨,٧م.

البحيرات: هي بحيرة واحدة تتمثل مقابل طرف اللسان المتعامد علي ساحل السبخة، وبلغ إجمالي مساحتهما ٨ ألاف م٢، بنسبة ٢,١٪، ونسبة مساحتها إلي مساحة اللسان قليلة (١-١,٠وحدة لسان)، وبلغ أقصى طول لها ٢٠٩م، وأقصي عرض ٥١,٥م (شكل٨)، وتم معالجتها لأنها تقع ضمن أقسام اللسان.

-اللسان الجنوبي

تم رسم خريطة المستويات المدية للسان الجنوبي من المرئية الفضائية ٢٠١٨، وبلغ أقصي طول له من الجهة البحرية ٨٧٣,٧م، وأقصي عرض ٣٦,٩م، وينحني اللسان بكامله في صورة تحدب كبير بطرفه نحو اليابس، ويتفرع منه لسانين داخليين أكبرهما بلغ طوله ٣٣٦,٧م، وأقصي عرض له ٢٤,٧م، وبلغت مساحة اللسان الإجمالية ٢٧,٢ ألف م٢ المتمثلة أعلي الحيود البحرية، وتمثل ١٣٪ من مساحات أقسامه، وارتفاعه يقارب ١م فوق مستوي المد العالي، ومن خلال دراسة جدول (٣) وشكلي (٩) يمكن استنتاج الآتي:

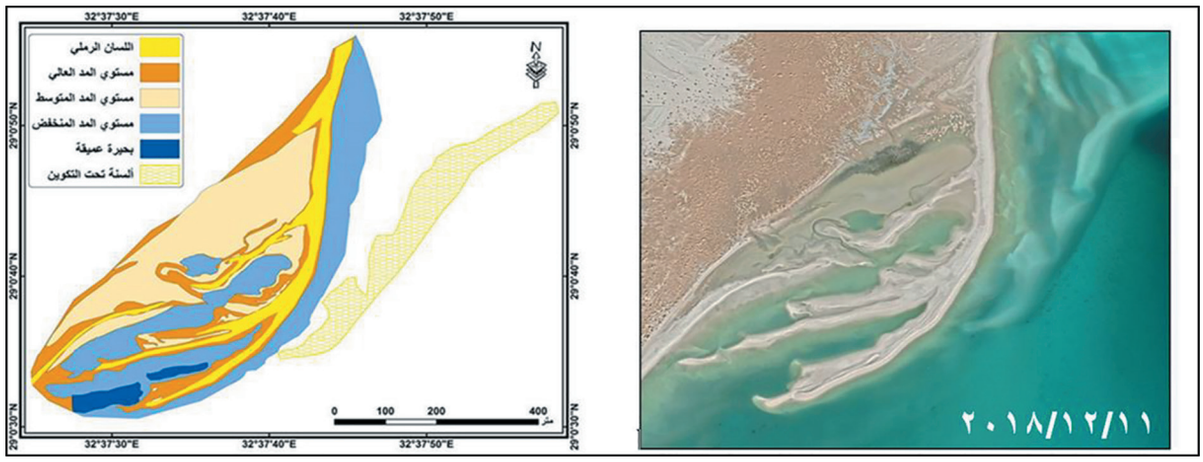
مستوي المد العالي: تظهر مساحته متقلصة ومتقطعة علي جوانب بعض شعاب اللسان وحدود السبخة، وأحيانا أخري في صورة متصلة كما هو الحال علي الجانب المواجه للبحر بطول ٨٨١م، وأقصي عرض له بلغ ٣٢,٧م علي الجانب المواجه لليابس لشعاب اللسان الأوسط، وبلغ إجمالي مساحته ٤٢,٣ألف م٢، بنسبة ٢٠,١٪، وبلغت النسبة بينه وبين اللسان ١-٥,١وحدة لسان.

مستوي المد المتوسط: هو أوسع انتشارا واتساعا من سابقه، وينتشر عليه بعض القنوات البحيرية الضيقة التي تعمل علي

(جدول ٣) الخصائص المورفومترية لمستويات المد اللسان الجنوبي (٢٠١٨)

الاسم	المساحة بالألف م٢	النسبة المئوية	النسبة والتناسب	أقصي طول م	أقصي عرض م
اللسان الرملي	٢٧,٢	١٣	١-١	٨٧٣,٧	٣٦,٩
المد العالي	٤٢,٣	٢٠,١	١,٥-١	٨٨١	٣٢,٧
المد المتوسط	٦٥,١	٣١,١	٢,٤-١	٥٥٨,٩	١٣١,٣
المد المنخفض	٦٨,٨	٣٢,٩	٢,٥-١	٤٤٣,٣	٥٣,٤
بحيرات	٦,٠	٢,٩	٠,٢-١	١٢٥	٣٨,٥
الإجمالي	٢٠٩,٤	١٠٠٪	--	--	--
لسان تحت التكوين	٣٥,٧	--	١,٣-١	٧١٣,٧	٦٧,٢

المصدر/ نظم المعلومات الجغرافية



المصدر/ Google Earth Pro

(شكل٩) جيومورفولوجية المستويات المدية للسان الجنوبي

تصريف المياه البحرية عند انحسار الجزر، وبلغت مساحته ٦٥,١ ألف م٢، بنسبة ٣١,١٪ من عناصر اللسان، وبلغت النسبة بينه وبين اللسان ١-٢,٤ وحدة لسان، وأقصي طول بلغه ٥٥٨,٩م، وأقصي عرض ١٣١,٣م (صورة ١٩).

مستوي المد المنخفض: تزيد مساحته عن مساحتي سابقيه، حيث بلغت مساحته ٦٨,٨ ألف م٢، بنسبة ٣٢,٩٪، وبلغت النسبة بينه وبين اللسان ١-٢,٥ وحدة لسان، وبلغ أقصي طول له ٤٤٣,٣م وأقصي عرض ٥٣,٤م، وعادة ما تتوسط مساحته شعاب اللسان.

البحيرات: تتمثل في بحيرتين منفصلتين عند الجزر المنخفض وهما محتفظتان بالمياه البحرية دائما ومآلهما إلي زوال، بسبب عملية الترسيب التي تحمله تيارت المد اليومية، وبلغ إجمالي مساحتهما ٦ ألاف م٢، بنسبة ٢,٩٪، ونسبة مساحتها إلي مساحة اللسان قليلة (١-٢,٠وحدة لسان)، ويلغ أقصى طول للبحيرة القريبة من نهاية اللسان١٢٥م، وأقصي عرض لها ٣٨,٥م، وعمقها يزيد عن ١م عند مستوي الجزر، وتم معالجتها لأنها تقع ضمن أقسام اللسان.

ألسنة تحت التكوين: تم التعرف علي خصائص اللسان الظاهر أسفل الحيود البحرية من المرئية الفضائية والقريب من اللسان الحالي، ويأخذ محور الشمال الشرقي الجنوب الغربي، (راجع شكل٩) حيث بلغ أقصي طول له ٧١٣,٧م، وأقصي عرض ٦٧,٢م، ومساحته بلغت ٣٥,٧ألف م٢، وبلغت النسبة بينه وبين اللسان ١-١,٣ وحدة لسان.

٣-التحليل الميكانيكي والمعدني

تم تحليل عينتين من الرواسب الرملية التي تم جمعها من اللسان وخليجه للتعرف علي حجم حبيبات الرواسب والمعادن المؤلفة لها ودونت نتائجها في(جدول٤) و(أشكال ١٠، ١١) وكانت كالآتي:

- تمثلت نسبة ضئيلة من الحصي (١,٢٦٪) في عينة اللسان واختفت في عينة القاع ويرجح وجودها بسبب عمليات الانجراف الموجي للحصي علي شاطئ اللسان المواجه للبحر.
- تنخفض نسبة الرمال الخشنة بدرجاتها الثلاث من العينتين إلي ما دون ١٪. وكذلك أيضا نسبة الصلصال والغرين.
- تزيد نسبة الرمال الناعمة بدرجاتها الثلاثة عن ٩٨,٣٩٪ من عينة اللسان وتسود فيها الرمال متوسطة النعومة (٦٨,٧٨٪)، ويرجع ذلك لترسيب تيار المد للرواسب الناعمة التي يحملها من مسافات بعيدة إلي الشاطئ، أما عينة الخليج فتزيد قليلا عن نسبة اللسان حيث تصل إلي ٩٩,٦٤٪ ويسود فيها نسبة الرمال الناعمة (٧٧,٩٧٪) ويرجع ذلك إلي هدوء التيارات المدية داخل الخليج من اضطراب الأمواج بسبب ضيق مساحته وتؤدي إلي ترسيبها، أما في اللسان تظل المواد الناعمة بين دفع وجذب الأمواج إلي أن تستقر بعيدا عنه.

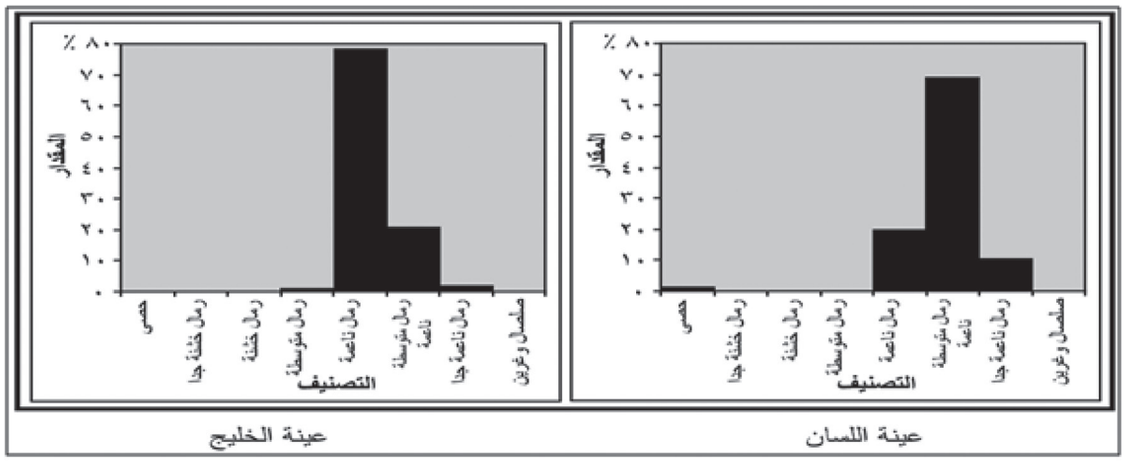
المصدر/ تصوير الباحث في الدراسة الميدانية

(صورة ١٦) مستويات المد المختلفة بأحد خلجان اللسان الجنوبي

(جدول٤) نتائج التحليل الميكانيكي

التنصيف	قطر المنخل مم	عينة اللسان		عينة الخليج	
		المقدار (جرام)	النسبة المئوية	المقدار (جرام)	النسبة المئوية
حصى	٢	٢,٧٢	١,٢٦	٠	٠,٠٠
رمال خشنة جدا	١,٧	٠,١٥	٠,٠٧	٠,١٧	٠,٠٦
رمال خشنة	١,٤	٠,٢٣	٠,١١	٠,٢٢	٠,٠٧
رمال متوسطة	١,١٨	٠,٢٨	٠,١٣	٠,٦٦	٠,٢٢
رمال ناعمة	٠,٥	٤٢,٢٤	١٩,٦٤	٢٣٤,٧	٧٧,٩٧
رمال متوسطة ناعمة	٠,٢٥	١٤٧,٩٥	٦٨,٧٨	٦١,١١	٢٠,٣١
رمال ناعمة جدا	٠,١٢٥	٢١,٤٥	٩,٩٧	٤,١	١,٣٦
صلصال وغرين	٠,٠٦٣	٠,١	٠,٠٥	٠,٠٤	٠,٠١
--	--	٢١٥,١٢	١٠٠	٣٠١	١٠٠

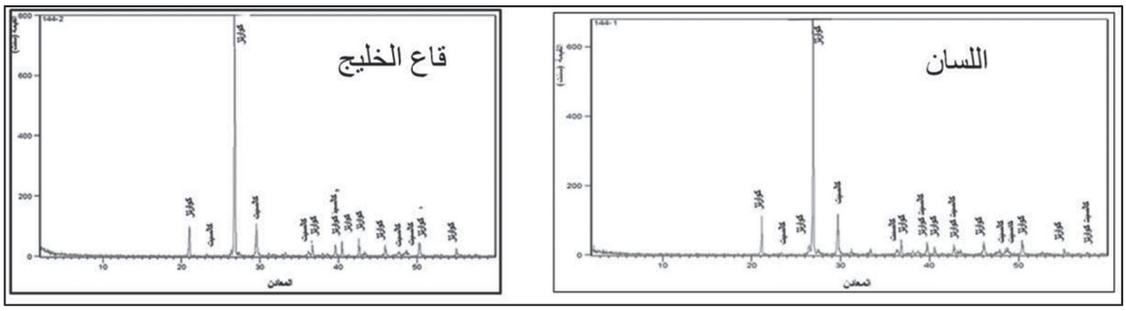
تم التحليل بواسطة معامل كلية العلوم جامعة بورسعيد



(شكل ١٠) المدرج التكراري لأحجام عينتي اللسان والخليج

يهدف دراسة التركيب المعدني للرمال في التعرف علي مصادرها وأصل حبيباتها المعدنية المختلفة، ويتم تعيين معدنية الرمال ووجودها النسبي في العينة بواسطة جهاز حيود السينية (X-Ray Diffractometer) في مدى الزاوية من ٢-٤٠ درجة، حيث تظهر أغلب الانعكاسات الرئيسية للمعادن المختلفة في هذا المدى، ويتم استخدامه في الرواسب التي تحتوي على معدن أو اثنين غالبين كما هو الحال في الرواسب الرملية التي يغلب عليها الكوارتز بنسب عالية مقارنة ببقية المعادن، ومن خلال التحليل المعدني لعينتي اللسان والخليج، اتضح أنها تتكون من عنصرين رئيسين هما الكواتز والكالسيت ويكونان معا نسبة أكثر من ٩٥ ٪ من العينة، شكلت أعلي قيمة للكوارتز بعينة اللسان حوالي ٦٥٣,٩٣ سنت، بيما سجلت بعينة الخليج حوالي ٧٤١,٨٤ سنت (شكل١١).

ويرجع مصادر الرمال إلى الرواسب الفيضية القديمة ncient Fluvial Sediments التي رسبت أثناء الفترات المطيرة Pluvial Periods في نهاية الزمن الثالث والرابع. بينما كان وجود الكالسيت دليلا على وجود مصدر للمواد الكلسية من"الحجر الجيري المتمثل فى خط الساحل (الهضبة الجيرية) وأيضا مياه البحر لتغذية رواسب اللسان.



تم التحليل بواسطة معامل كلية العلوم جامعة عين شمس

شكل(١١) الانعكاس الطيفي للتحليل المعدني لرواسب سطح اللسان الجنوبي وخليجه

٤-التطور الجيومورفولوجي ومعدل النقل السنوي:

تناولت بعض الدراسات التطور المورفولوجي الزمني للألسنة الرملية المستمدة من بيانات الاستشعار عن بعد (Barik et al 2014). لهذا تم قياس ملامح شواطئ الألسنة من المرئيات، ومنها تم حساب المساحة والطول والعرض للألسنة لكل مرئية، وتقدير حجم الرواسب المنقولة علي المستوي الزمني والسنوي، وذلك من خلال مراقبة الخط الساحلي على المدى الزمني المحدد لرصد التغيرات المورفولوجية للألسنة من خلال الشواهد الشاطئية، وقد لوحظ تغير الألسنة بشكل مستمر بسبب نشاط الأموج المائلة والتيارات الساحلية التي هيمنت على عملية نقل الرواسب الرملية من الشمال. ويؤدي هذا الانجراف الشمالي السائد لشاطئ البحر خلال فصلي الربيع والخريف إلى تحركات الرمال على طول الشواطئ والمساهمة في التغييرات الساحلية للألسنة مما أثر على مورفولوجية اللسان (Mishra et al. 2014)، ويلعب هذا النقل الموسمي للرواسب البحرية دوراً هاماً في عمليات الشاطئ وتشكيل الرمال بالقرب من الخلجان البحرية، لهذا مرت الألسنة بمراحل طبيعية من عمليات التعرية والإرساب أدت إلى تغير في خصائصها ومواضعها باستمرار العمليات البحرية عليها. وتم حصر أربع مرئيات تاريخية ذات دقة مساحية عالية للفترات (٢٠٠٥) (٢٠١٠) (٢٠١٦) (٢٠١٨) لإظهار التطور الجيومورفولوجي للألسنة، ويختلف اللسان الجنوبي عن المذكور بمرئية (٢٠٠٩) بدلا من مرئية (٢٠١٠)، وتم معالجة كل لسان علي حدة لاختلاف خصائص الألسنة فيما بينها، وحساب التطور المورفولوجي لكل لسان. ويمكن عرضها علي النحو الآتي:

اللسان الشمالي:

تم رسم خطوط الشواطئ للسان الشمالي في الفترات المحددة سابقا لتحديد الاختلاف المكاني والزمني لمورفولوجيا اللسان، وتشير صورة القمر الصناعي لشهر نوفمبر ٢٠٠٥ إلى أن اللسان يمتد من بداية الخليج نحو الجنوب متخذا ظل اتجاه الساحل لمسافة ١٨٢,١م (جدول٤)، وبلغ أقصي عرض له ٥١,١م، ويتشعب في نهايته إلي ثلاث شعب أطولها أوسطها (٥٣,٤م) وتأخذ الشكل الخطافي، وبلغت مساحته ٦,٥ ألف م٢، يقابله من الجنوب لسان صاعد حر غير متصل باليابس، كان عبارة عن مجموعة من التراكمات الرملية أعلي مستوي المد بلغ أقصي عرض له ٣٣,٩م، وظلت عملية النمو مستمرة تجاه الشمال حتي تلاقت مع شعبة اللسان الوسطي، وبلغ طوله ٢٩٧,٤م، ومساحته أقل من مساحة اللسان الأصلي قليلا (٥,٨ألف م٢)، وشكله يأخذ حرف (S) لكنه مفتوح قليلا ويبلغ طوله المستقيم ٢٦١م بنسبة ١-١,١من طوله المتعرج (شكل ١٤-أ)، وخط ساحله تعرض مباشرة لأمواج البحر مما عمل علي تقعره، وتيار المد المندفع تجاه الخليج شمالا ساهم في البدء في تراكم الرواسب ونموه تجاه الشمال. وعملية انجراف الرواسب شمال اللسان تعد العامل الرئيسي في الحفاظ على اللسان ونموه. وبلغت مساحة اللسان الاجمالية ١٢,٣ألف م٢من الرمال أعلي الحيود البحرية. ومن خلال دراسة مساحات الألسنة وأطوالها وعرضها المدونة فى جدول (٤) والأشكال البيانية (١٢، ١٣، ١٤، ١٥، ١٦) المرفقة يمكن استنتاج الآتي:

-فترة ٢٠١٠:

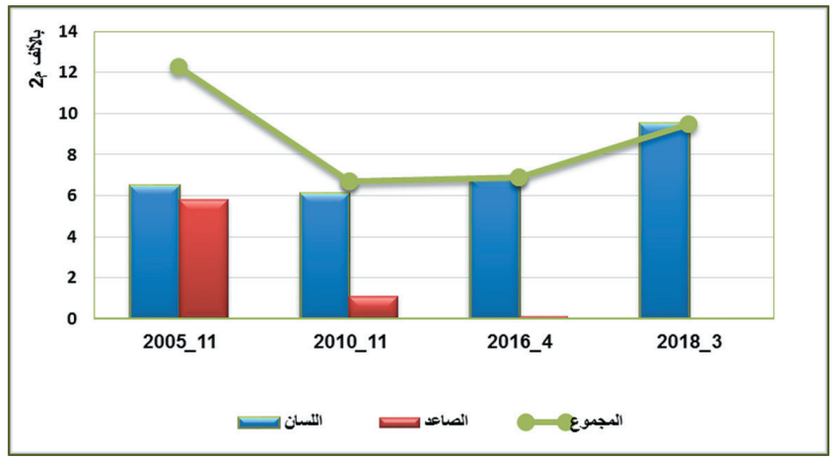
تشير المرئية الفضائية لشهر نوفمبر ٢٠١٠ إلي أن اللسان الرملي كان ديناميكيا للغاية، ويرجع ذلك لنشاط الأمواج العاصفة الناتجة عن الارتفاع النسبي لمستوي سطح البحر علي مكونات اللسان في تلك الفترة، التي أدت إلي نمو اللسان تدريجيا في اتجاه الجنوب، بسبب الرواسب التي

يجلبها الانجراف الموجي الساحلي الشمالي السائد من شماله ومن شاطئه المواجه للبحر، وبلغ طوله ٣١٣,٨م بزيادة ١٣١,٧م عما كان عليه في مرئية ٢٠٠٥، بمتوسط نمو ٢٦,٣م/ سنويا، وتقلص أقصي عرض له إلي ٤٠,٤م بفقده عشرة أمتار عن السابق، وبلغت مساحته ٦,١ألف م٣، بخسارة ٠,٤ألف م٣ عن الفترة السابقة، بمتوسط خسارة سنوي بلغت ٠,١ألف م٣، واختفاء اللسان الصاعد الظاهر في مرئية ٢٠٠٥ برمته بواسطة العمليات البحرية، ووزعت مكوناته إلي لسانين ثانويين أحدهما شمالي ويمتد من داخل الخليج في اتجاه اللسان الرئيسي لمسافة ٧٣,٧م، وبلغ أقصي عرض له ١٦,٩م، ومساحته ٠,٨ ألف م٢، والآخر جنوبي ويظهر علي بعد ١٧٠م من طرف اللسان الجنوبي، وبلغ طوله ٤٢,١م، وأقصي عرض ١٠,٧م، ومساحته ٠,٣٩ألف م٣، وبذلك بلغ مساحة اللسانين الثانويين ١,١٩ألف م٣ أعلي الحيود البحرية، والباقي اختفي أسفل الحيود البحرية بقيمة ٤,٧ألف م٣، بمعدل خسارة سنوية ألف م٣ رمال تقريبا، وبلغت مساحة اللسان الإجمالية ٦,٧ألف م٣، بفاقد خسارة عام ٥,٦ألف م٣، بمتوسط خسارة سنوي ١,١ألف م٣.

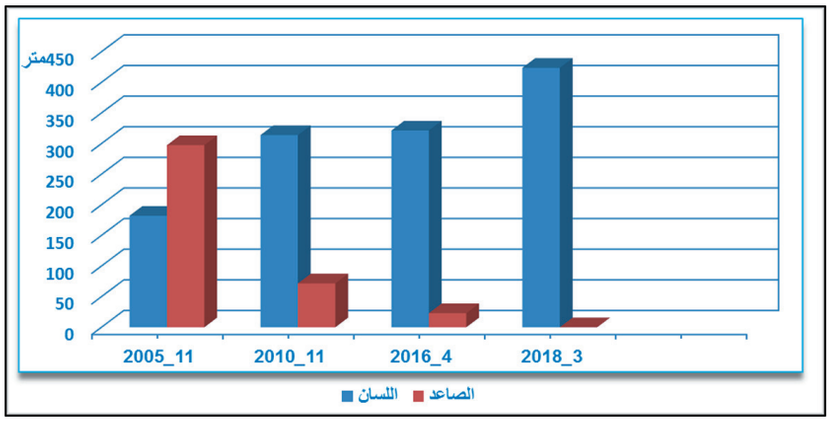
(جدول٤) خصائص مساحة اللسان الشمالي في الفترة ما بين (٢٠٠٥-٢٠١٨)

الفترة	الصفة	المساحة بالألف م٢	مجموع المساحة	أقصي طول م	أقصي عرض م	فارق الفترة الزمنية ألف م٣	الفاقد السنوي ألف م٣	الإيراد السنوي ألف م٣
٢٠٠٥/١١	اللسان	٦,٥	١٢,٣	١٨٢,١	٥١,١			
	الصاعد	٥,٨		٢٩٧,٤	٣٣,٩			
٢٠١٠/١١	اللسان	٦,١	٦,٧	٣١٣,٨	٤٠,٤	٥,٦	١,١	٠
	الصاعد	١,١		٧١,٦	١٠,٨			
٢٠١٦/٤	اللسان	٦,٨	٦,٩	٣٢١,٤	٢٢,٧	٠,٢	٠	٠,٠٤
	الصاعد	٠,١		٢٣	٧,٧			
٢٠١٨/٣	اللسان	٩,٥	٩,٥	٤٢٣,٧	٣٤,٧	٢,٦	٠	١,٣
	الصاعد	--		--	--			

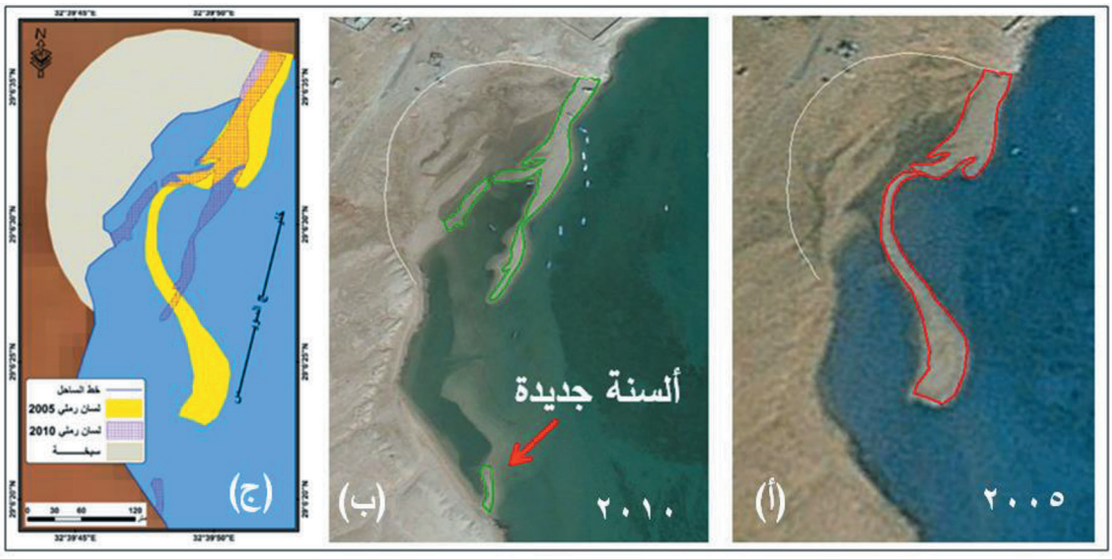
المصدر/ نظم المعلومات الجغرافية



شكل(١٢) مساحات اللسان الشمالي وصاعده خلال الفترة مابين (٢٠٠٥-٢٠١٨)



(شكل١٣) أطوال اللسان الشمالي وصاعده خلال الفترة مابين (٢٠٠٥-٢٠١٨)

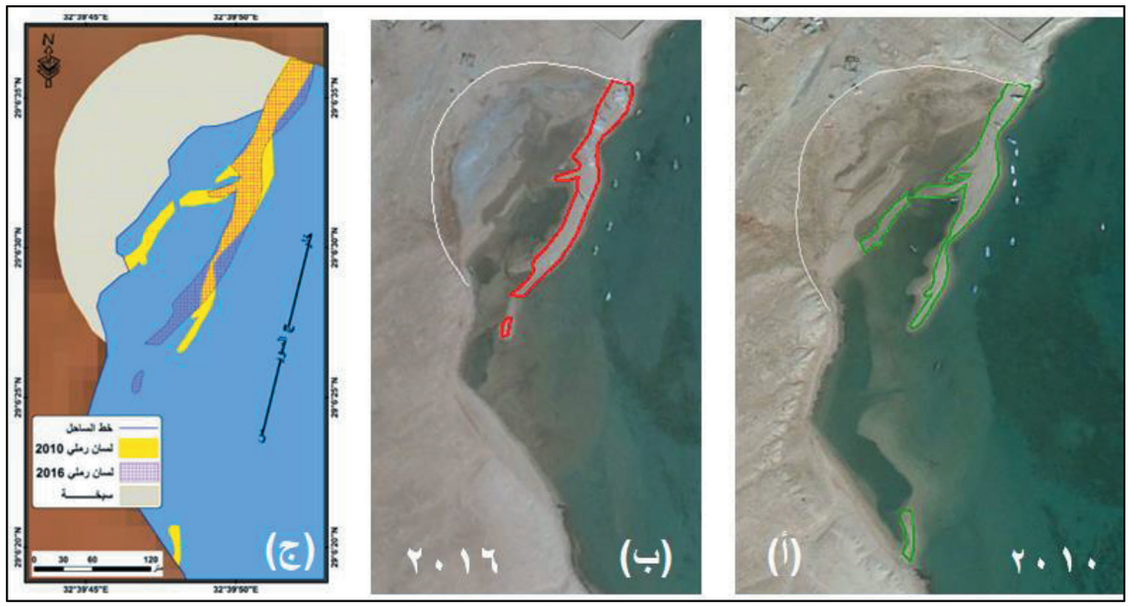


المصدر/ Google Earth Pro

(شكل١٤) التطور الجيومورفولوجي للسان الشمالي فيما بين (٢٠٠٥-٢٠١٠)

- فترة ٢٠١٦:

تقلصت مساحة الخليج البحري غرب اللسان بسبب إزاحة طرف اللسان تجاه اليابس لمسافة ٤٤م حيث بلغت نسبة الإزاحة نحو ١٧,٦م بمعدل إزاحة سنوي ٣,٥م (شكل ١٥-ج)، كما تشير المرئية الفضائية (٢٠١٦)، وزاد نمو اللسان تجاه الجنوب وبلغ طوله ٣٢١,٤م بزيادة ٧,٦م عن سابقة في (٢٠١٠) بمتوسط نمو سنوي ضئيل بلغ ١,٣م، وتقلص أقصي عرض إلي ٢٢,٧م بخسارة ١٧,٧م، وحدث حذف وإضافة لمساحات علي شاطئه المواجه للبحر بواسطة العمليات البحرية. واختفت مكونات اللسان الصاعد، وظهرت مكانه جزيرة صغيرة علي امتداد قمة اللسان جنوبا علي بعد ٢٨م، بلغت مساحتها ٠,١ ألف م٢، بطول ٢٣م وعرض ٧,٧م، وقد لوحظ ما فقده اللسان الصاعد من مكوناته التي اختفت أسفل الحيود البحرية قد اكتسبه اللسان الأصلي عبر الانجراف الشمالي بقيمة مساحية ٠,٧ألف م٢، بزيادة في الإيراد السنوي بلغ ٠,١ألف م٣، وبلغت مساحة اللسان الإجمالية ٦,٩م٢ بزيادة قليلة عن الفترة السابقة بلغت ٠,٢ألف م٣، بمتوسط سنوي قليل بلغ ٠,٠٤ألف م٣ من الرمال.

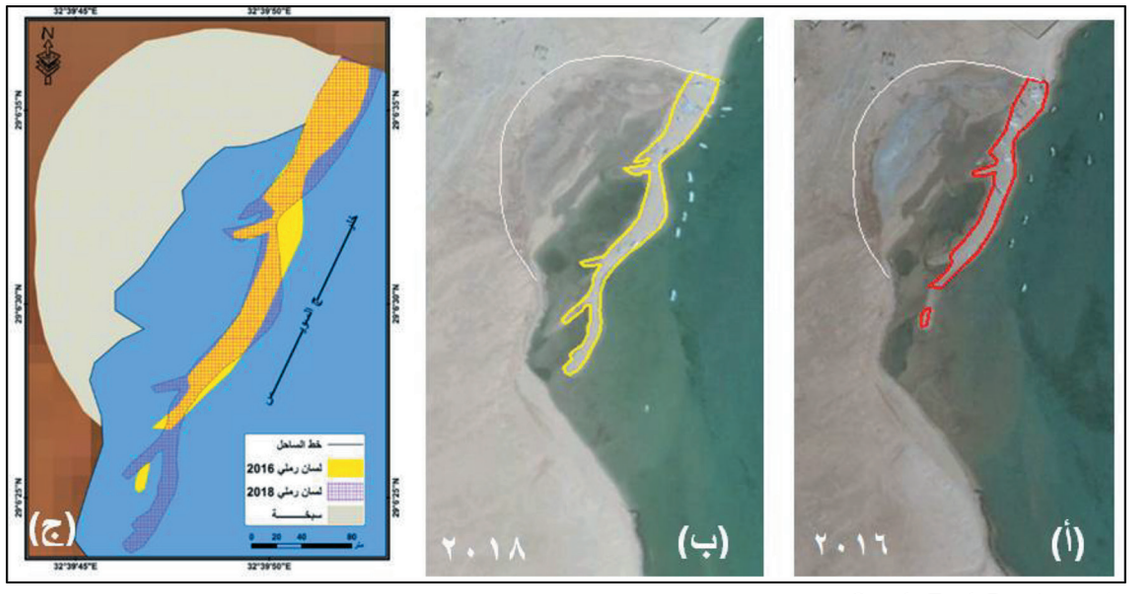


المصدر/ Google Earth Pro

(شكل١٥) التطور الجيومورفولوجي للسان الشمالي فيما بين (٢٠١٠-٢٠١٦)

- فترة ٢٠١٨:

زادت العمليات البحرية وكانت أكثر نشاطا بسبب الزيادة المضطردة في ارتفاع مستوي سطح البحر، حيث بلغ طول اللسان ٤٢٣,٧م بزيادة ١٠٢,٣م عن الفترة الماضية (٢٠١٦) بمعدل نمو سنوي ٥١,١م، وهو أكبر معدل نمو سنوي في فترات المقارنة، وزاد أقصي عرض إلي ٣٤,٧م بفارق ١٢م عن الفترة السابقة، وتغيرت الواجهة البحرية للسان بسبب اختفاء مساحات وإضافة أخري، وزادت مساحة اللسان إلي ٩,٥ألف م٢، بزيادة عن مساحة اللسان في الفترة السابقة بلغت ٢,٦ألف م٢، بمتوسط سنوي بلغ ١,٣ألف م٣ من الرمال، وزادت تشعبات اللسان الداخلية إلي أربع شعب، واختفت الجزيرة الصغيرة المتكونة في الفترة الماضية، وقد تكون العوامل البحرية أضافت مكونتها إلي التشعب الجنوبي للسان (شكل١٦-ج).



المصدر/ Google Earth Pro

(شكل١٦) التطور الجيومورفولوجي للسان الشمالي فيما بين (٢٠١٦-٢٠١٨)

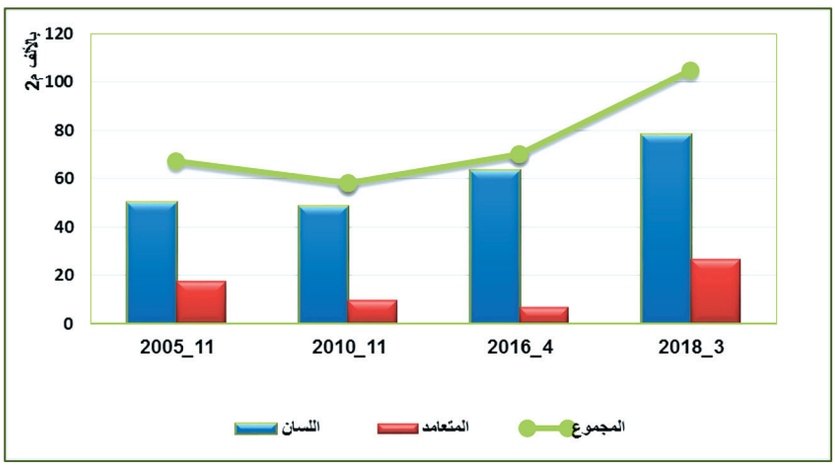
- اللسان الأوسط

تشير المرئيات الفضائية إلي أن خصائص اللسان الأوسط المورفولوجية تختلف بعض الشيء عن اللسانين الشمالي والجنوبي باختفاء صفة اللسان الصاعد وظهور اللسان المتعامد علي خط الساحل، ويرجع ذلك إلي طبوغرافية الرصيف البحري المرجاني الذي يأخذ الشكل البيضاوي، حيث يتمثل اللسان المتعامد علي حافته الجنوبية، وبلغ طوله ٨٥٢,٥م (مرئية ٢٠٠٥)، إلي جانب جزيرة صغيرة تظهر علي امتداد طوله أعلي الحيود البحرية وتبعد عن قمته بنحو ٥٢٦م، وأقصي عرض بلغه ٥٠,١م، وبلغت مساحته ١٧,٤ ألف م٢، وتمثل نسبة ٢٥,٨٪ من المساحة الكلية. بالإضافة إلي اللسان الأصلي الذي يواجه البحر بساحل بلغ طوله ١٩٠٧م، وبلغ أقصي عرض ٤٢م، ومساحته ٥٠ألف م٢، وبذلك يصبح الإجمالي للمساحة ٦٧,٤ ألف م٢. ومن خلال دراسة مساحات الألسنة وأطوالها وعرضها المدونة فى جدول (٥) والأشكال البيانية (١٧، ١٨، ١٩، ٢٠، ٢١) يمكن عرض الآتي:

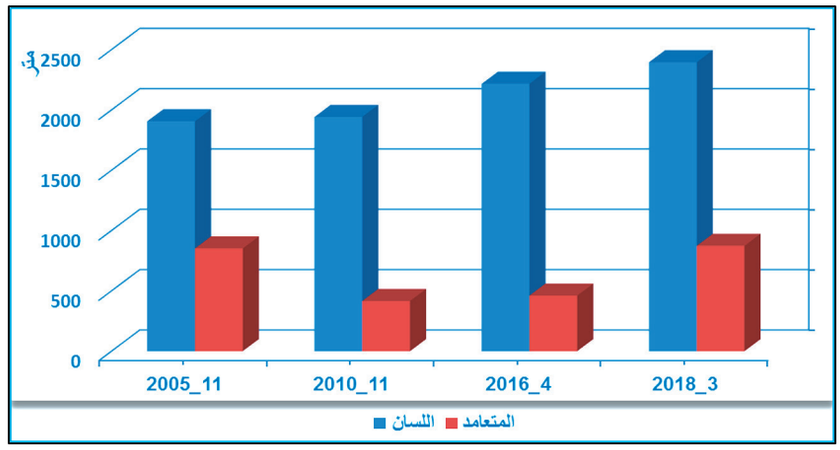
(جدول٥) خصائص اللسان الأوسط في الفترة ما بين (٢٠٠٥-٢٠١٨)

الفترة	الصفة	المساحة بالألف م٢	مجموع المساحة بالألف م٢	أقصي طول م	أقصي عرض م	فارق الفترة الزمنية ألف م٣	الفاقد السنوي ألف م٣	الإيراد السنوي ألف م٣
٢٠٠٥/١١	اللسان	٥٠	٦٧,٤	١٩٠٧	٤٢			
	المتعامد	١٧,٤		٨٥٢,٥	٥٠,١			
٢٠١٠/١١	اللسان	٤٨,٤	٥٨,٣	١٩٤٣	٣٨,٩	٩,١	١,٨	٠
	المتعامد	٩,٩		٤١٧	٢٦,٩			
٢٠١٦/٤	اللسان	٦٣,٣	٧٠,١	٢٢١٨	٥١,١	١٣,٢	٠	٢,٢
	المتعامد	٦,٨		٤٦١,٨	٣٦,٨			
٢٠١٨/٣	اللسان	٧٨,٤	١٠٥	٢٣٩٦,٥	٧٥,٤	٣٤,٩	٠	١٧,٤
	المتعامد	٢٦,٦		٨٧٤	٤٧,٨			

المصدر/ نظم المعلومات الجغرافية



شكل(١٧) مساحات اللسان الأوسط وصاعده خلال الفترة مابين (٢٠٠٥-٢٠١٨)



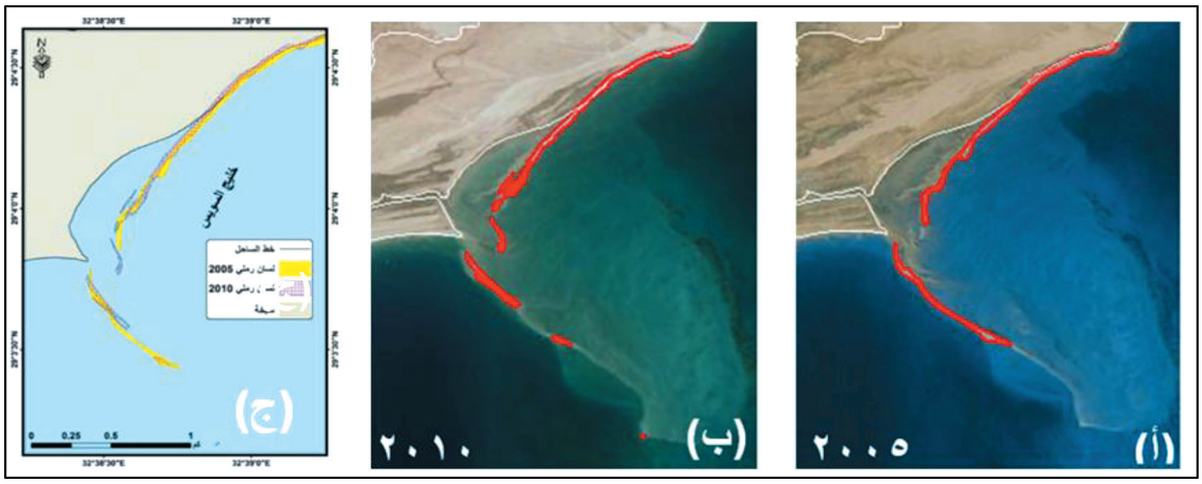
شكل(١٨) أطوال اللسان الأوسط وصاعده خلال الفترة مابين (٢٠٠٥-٢٠١٨)

- فترة ٢٠١٠:

حدث للسان الأوسط في هذه الفترة كما يشير الشكل المركب (١٩-ج) إزاحة لمعظم مكونات اللسان من واجهته الشرقية وإلقاؤها علي واجهته الغربية تجاه الخليج عن طريق دفع مكوناته الرملية بواسطة العمليات البحرية النشطة، لهذا يظهر جانب اللسان المواجه للبحر في صورة تحدبات تفصلها مجموعة من المقعرات، ويرجع هذا لتباين عمليات النحت البحري علي واجهة شاطئ اللسان، وأقصي نسبة إزاحة بلغت ٣٠م تجاه الغرب، وذلك في الثلثين العلويين من اللسان، أما الثلث الجنوبي فيمثل امتدادا لظل الرواسب من نقطة انحناء في اللسان في الفترة الماضية(شكل١٩-ج) ، يعتقد أنها كانت نهاية خطافية للسان في فترة أقدم من ذلك، وانفصل الجزء الأمامي من اللسان وأصبحت جزرا طولية حرة تمثل امتدادا لطول اللسان وأخري توازي نهايته. وبلغ إجمالي طوله ١٩٤٣م، بزيادة ٣٦م عن الفترة الماضية بمتوسط نمو سنوي بلغ ٧,٢م، وبلغ أقصي عرض له ٣٨,٩م، وبلغت مساحته ٤٨,٤ألف م٢، بخسارة ١,٦ ألف م٢ عن فترة ٢٠٠٥، بمتوسط خسارة سنوي ٠,٣ ألف م٢، أما اللسان المتعامد فقد بلغ طوله المتصل ٤١٧م، ويظهر في صورة لسانين متوازيين شبه متلاصقين تبعد بدايتهما الغربية عن اليابس بنحو ٩٧م، بالإضافة إلي جزيرة طولية تظهر علي طول الامتداد داخل البحر بطول ١٠٠م، وأقصي عرض لها بلغ ٢٤,٥م (شكل ١٩-ب)، وبخسارة في الطول عن الفترة الماضية بلغت ٣٣٥,٥م، وبمتوسط خسارة سنوي بلغ ٦٧,١م، وأقصي عرض لها بلغ ٢٦,٩م، وبلغت مساحته ٩,٧ألف م٢، بخسارة ٧,٥ ألف م٢ عن الفترة الماضية، وبمتوسط خسارة سنوي بلغ ١,٥ألف م٣، وقد حدثت إزاحة قليلة لطرف الشرقي للسانين المتلاصقين تجاه الشمال بمعدل إزاحة علي المستوي الزمني بلغ ٤١م. أما مساحة اللسان الكلية فبلغت ٥٨,٣ألف م٢، بخسارة عن الفترة الماضية ١,٩ألف م٣، وبمتوسط خسارة سنوي بلغ ١,٨ألف م٣ من الرمال. وهذا ما حدث للسان الشمالي في تلك الفترة وقد يرجع ذلك لنشاط الأمواج البحرية العاصفة التي أدت إلي هدم وإزالة بعض مكونات اللسان وجرف ما تم نحته علي طول واجهة اللسان وإلقائه أسفل الحيود البحرية أو علي الجانب الآخر للسان أو جرفه تجاه الجنوب، لهذا جاءت مساحته أقل من الفترة السابقة (٢٠٠٥).

- فترة ٢٠١٦:

اختلفت هذه الفترة عن سابقيها في خصائص اللسان الأوسط، حيث بلغت مساحته الكلية ٧٠,١ألف م٢، بزيادة ١٣,٢ألف م٢ عن الفترة الماضية (شكل٢٠-ج)، بنسبة ١٨,٨٪ من مساحته، وبمتوسط نمو سنوي قدره ٢,٢ألف م٣، وهو ما يتفق مع اللسان الشمالي في تلك الفترة في زيادة الإيراد الرملي، وحدث نمو طولي للسان بزيادة بلغت ٣٧٥م، بمعدل نمو سنوي بلغ ٦٢,٥م، وبلغ أقصي عرض له ٥١,١م، وبلغت مساحته ٦٣,٣ألف م٢، بينما كانت في السابق ٤٨,٤ألف م٢، بزيادة بلغت١٤,٩ألف م٣ من الرمال، بنسبة ٢٣,٥٪ من مساحته، بمعدل نمو سنوي بلغ ٢,٥ألف م٣، مما يدل علي أن العمليات البحرية كانت نشطة جدا بصورة أكبر في تلك الفترة الزمنية بسبب تداعيات الارتفاع النسبي لمستوي سطح البحر، مما أدي إلي إزاحة مكونات اللسان لفترة (٢٠١٠)



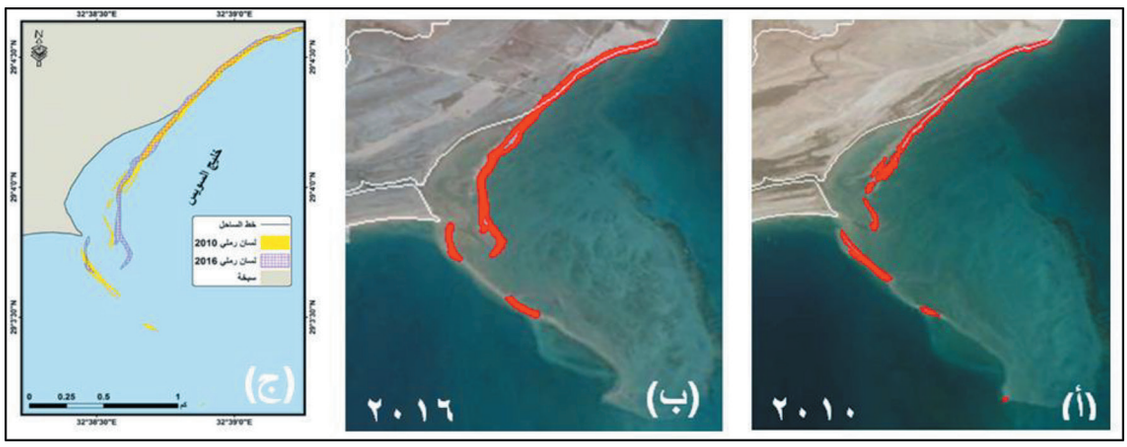
المصدر/ Google Earth Pro

(شكل١٩) التطور الجيومورفولوجي للسان الأوسط فيما بين (٢٠٠٥-٢٠١٠)

تجاه الغرب بمتوسط إزاحة بلغ ١٩,٢م علي المستوي الزمني، وأدي إلي شبه استقامة شاطئه البحري واختفاء معظم التحدبات التي كانت موجودة فيه من قبل (شكل ٢٠-ب)، وحدثت خسارة للسان المتعامد بلغت ٣,١ألف م٢، بمتوسط خسارة سنوي بلغ ٠,٥ألف م٣، بسبب مواجهته للعمليات البحرية المتعامدة عليه والتي أزالت بعض مكوناته وقطعت من اتصاله في صورة جزيرتين أطولهما الغربية بطول ٢٦٤م وحدث لها إزاحة في اتجاه الشمال الغربي واقترب طرفها من اليابس بنحو٣٥م،، أما الشرقية فطولها بلغ ١٩٧,٨م وتزحزت أيضا تجاه الشمال الغربي، وبذلك يصبح إجمالي طول اللسان المتعامد ٤٦١,٨م، بزيادة في الطول عن الفترة الماضية بنحو٤٤,٨م.

- فترة ٢٠١٨:

زادت مساحة اللسان الأوسط الأصلي بشكل كبير إلي ٧٨,٤ألف م٢، بمعدل إيراد بلغ ١٥,١ألف م٢، بنسبة ١٩,٢٪ من مساحته، وبمتوسط إيراد سنوي بلغ ٧,٥ألف م٣ من الرمال (شكل٢١-ج)، وحدثت زيادة في نمو اللسان طوليا بلغ ١٧٨,٥م حتي اقترب من اللسان المتعامد بنحو٥٨,٦م فقط، بمتوسط نمو سنوي ٨٩,٢م، وبلغ أقصي عرض له ٧٥,٤م في النصف الجنوبي منه حيث يظهر اللسان بشكل خطافي، وقامت العمليات البحرية بحذف وإضافة مساحات قليلة من واجهته البحرية مما جعلته أكثر استقامة عن الفترة الماضية وذلك في الثلثين العلويين، أما الثلث الجنوبي فقد حدثت إزاحة للجزء الشمالي منه تجاه اليابس بمعدل إزاحة زمني ٤٤,٦م.



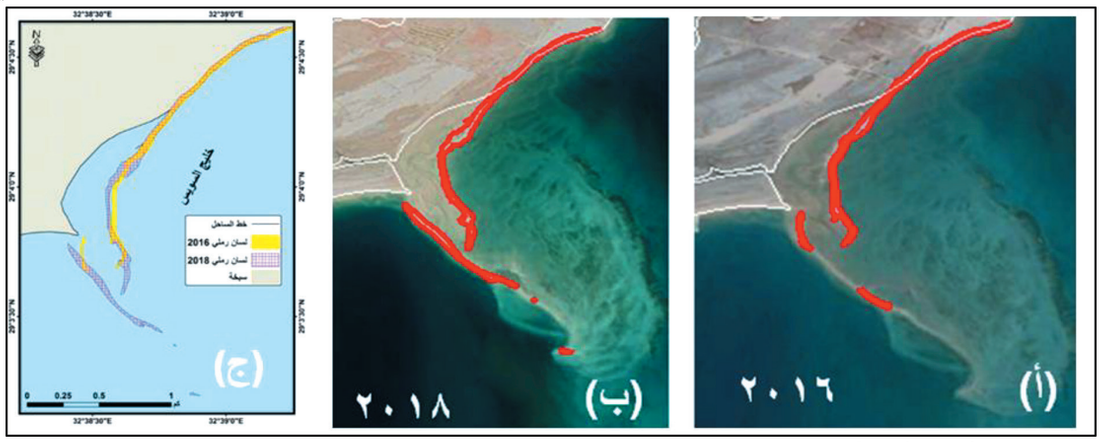
المصدر/ Google Earth Pro

(شكل٢٠) التطور الجيومورفولوجي للسان الأوسط فيما بين (٢٠١٠-٢٠١٦)

أما اللسان المتعامد فقد بلغت مساحته ٢٦,٦ألف م٢، بزيادة عن الفترة السابقة ١٩,٨ألف م٢، بنسبة ٦٦,٩٪ من مساحته، وبمتوسط إيراد سنوي بلغ ٩,٩ألف م٣، واتصلت أجزاؤه المنفصلة من قبل (شكل٢١-ب)، وبلغ طوله ٨٧٤م، بزيادة قدرها ٤١٢,٢م، بمتوسط سنوي ٢٠٦,١م، وزاد أقصي عرض له عما كان في السابق بنحو ٤٧,٨م، واتخذ المحور الشمالي الغربي الجنوبي الشرقي، ويبعد طرفه الشمالي الغربي عن اليابس بنحو ٧٦,٢م، أما طرفه الجنوبي الشرقي فيظهر علي امتداده جزيرتان أبعدهما تبعد عنه بنحو ٥٦١,٥م. وبلغت المساحة الإجمالية للسان ١٠٥ألف م٢، بزيادة في الإيراد الرملي قدره ٣٤,٧ألف م٣، بمتوسط إيراد سنوي ١٧,٤ألف م٣، وتمثل تلك الزيادة ١٦,٦٪ من مساحته، مما يدل علي تسارع العمليات البحرية في الآونة الأخيرة بسبب الارتفاع النسبي لمستوي سطح البحر وأدت إلي زيادة في مساحة اللسان واستطالته وإزاحة بعض مكوناته الشرقية تجاه الغرب واستقامة معظم شاطئه.

- اللسان الجنوبي:

تظهر منطقة اللسان الجنوبي في صورة تحدب كبير داخل المياه البحرية بسبب المروحة الفيضية، لهذا ظهر اللسان في منتصف التحدب بالاتجاه جنوبا ليغطي الجانب الآخر من التحدب في شكل منحنيات تجاه اليابس، ويرجع ذلك إلي الأمواج البحرية الآتية إليه وتجبره علي انحنائه تجاه اليابس بعد أن يأخذ جذعه امتداد ظل الشاطئ لمسافة قصيرة من الطول، وتعمل علي تغيير موضعه باستمرار واضطرابه، وتشير مرئية ٢٠٠٥ (شكل ٢٤-أ) إلي أن طول اللسان بلغ ٨٢١,١م وأقصي عرض بلغه ٥٢,٣م، وبلغت مساحته ١٧,٨م٢، أما اللسان الصاعد فقد بلغت مساحته ٢,٨م٢، وأقصي طول بلغه ٢٠٤,٦م، وأقصي عرض ١٧,٧م. وبلغت مساحة اللسان الإجمالية ٢٠,٦ألف م٢، ويمثل اللسان الصاعد نسبة ٣,٥٪ من المساحة الكلية. ومن خلال دراسة مساحات الألسنة وأطوالها وعرضها المدونة فى جدول (٦) والأشكال (٢٢، ٢٣، ٢٤، ٢٥، ٢٦) يمكن عرض الآتي:



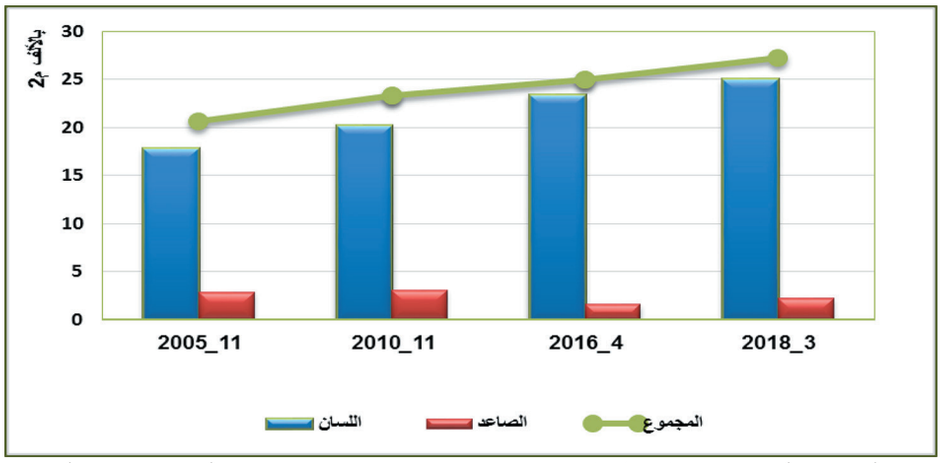
المصدر/ Google Earth Pro

(شكل٢١) التطور الجيومورفولوجي للسان الأوسط فيما بين (٢٠١٦-٢٠١٨)

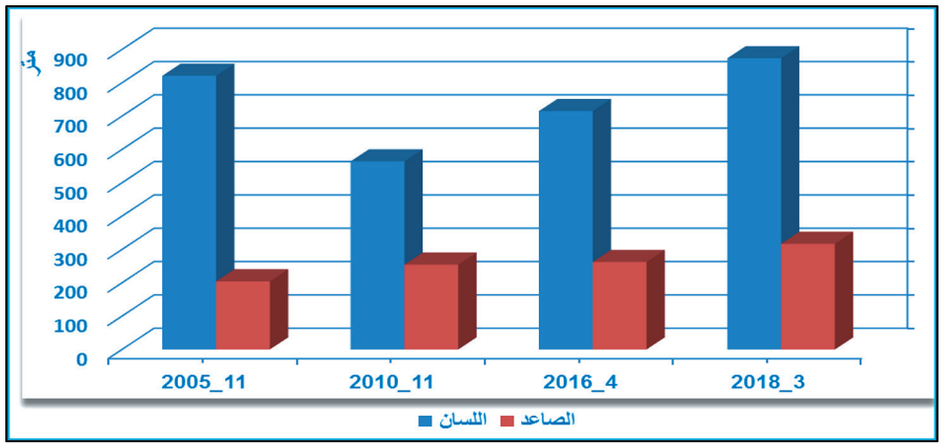
(جدول٦) خصائص اللسان الجنوبي في الفترة ما بين (٢٠٠٥-٢٠١٨)

الفترة	الصفة	المساحة بالألف م٢	مجموع المساحة	أقصي طول م	أقصي عرض م	فارق الفترة الزمنية ألف م٣	الفاقد السنوي ألف م٣	الإيراد السنوي ألف م٣
٢٠٠٥/١١	اللسان	١٧,٨	٢٠,٦	٨٢١,١	٥٢,٣			
	الصاعد	٢,٨		٢٠٤,٦	١٧,٧			
٢٠٠٩/١١	اللسان	٢٠,٢	٢٣,٣	٥٦٤,٤	٧٠,٥	٢,٧	٠	٠,٧
	الصاعد	٣,١		٢٥٤,٧	١٣,٩			
٢٠١٦/٤	اللسان	٢٣,٤	٢٥	٧١٥,٣	٥٤,٩	١,٧	٠	٠,٢
	الصاعد	١,٦		٢٦٢,٦	٧,٨			
٢٠١٨/٣	اللسان	٢٥	٢٧,٢	٨٧٣,٧	٣٦,٩	٢,٢	٠	١,١
	الصاعد	٢,٢		٣١٧	٨,٦			

المصدر/ نظم المعلومات الجغرافية



(شكل٢٢) مساحات اللسان الجنوبي وصاعده خلال الفترة مابين (٢٠٠٥-٢٠١٨)

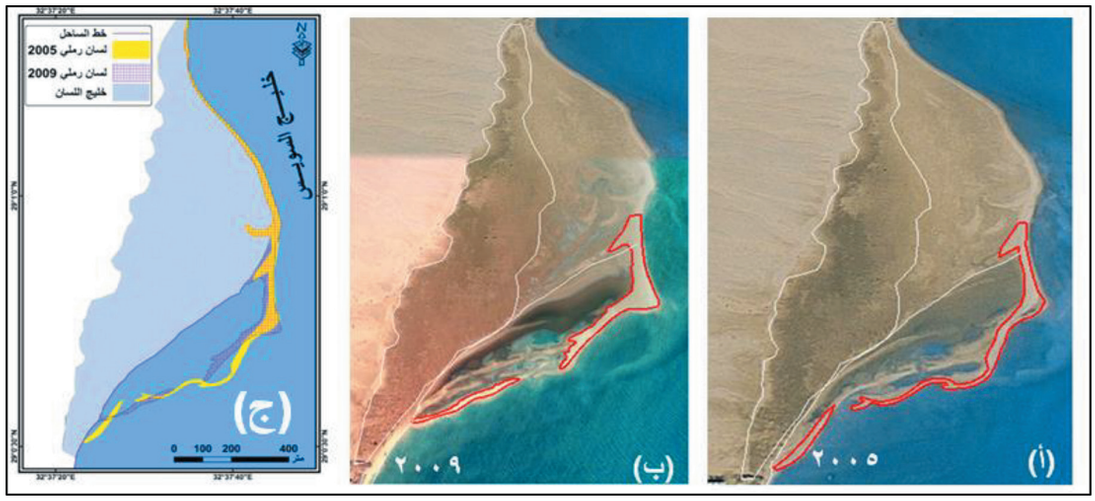


(شكل٢٣) أطوال اللسان الجنوبي وصاعده خلال الفترة مابين (٢٠٠٥-٢٠١٨)

- فترة ٢٠٠٩:

بلغ طول اللسان في تلك الفترة نحو ٥٦٤م وأقصي عرض ٧٠,٥م، وبلغت مساحته ٢٠,٢ألف م٢، بزيادة عن فترة ٢٠٠٥ (شكل٢٢-ب)، بمعدل كسب زمني ٢,٤ألف م٢، ومتوسط إيراد سنوي بلغ ٠,٣ ألف م٣، والزيادة المكتسبة في هذه الفترة ترجع لعملية الانجراف الموجي والتيار الساحلي للرواسب من جهة الشمال، وحدثت خسارة في طول اللسان بفقده ٢٥٦,٧م، بمتوسط خسارة سنوي ٦٤,١م، وما تم فقده من رمال في الطول قد تم إضافة جزء صغير منه للسان الصاعد والباقي وزع أسفل سطح المياه، وحدثت إزاحة للجزء المنحني من اللسان بمتوسط بلغ ٥٢,٣م علي المستوي الزمني، بمتوسط إزاحة سنوي ١٣م (شكل٢٢-ج).

أما اللسان الصاعد فقد زادت مساحته قليلا عن الفترة الماضية بقيمة صغيرة بلغت ٠,٣ألف م٢، وقد زاد طوله عما كان عليه بنحو ٤٩,٨م، بمتوسط استطالة سنوي ١٠م تقريبا تجاه الشمال، وبلغ أقصي عرض له ١٣,٩م، وتغير موضعه عما كان عليه في الفترة الماضية، ويرجح أنه كان يمثل امتداد اللسان الأصلي في الفترة الماضية وتم قطعه بواسطة العوامل البحرية. وبلغت مساحة اللسان الإجمالية ٢٣,٣ألف م٢، بمعدل كسب زمني بلغ ٢,٧ألف م٢، وبمتوسط سنوي ٠,٧ ألف م٣، وما تم كسبه من إيراد رملي في هذه الفترة تعد نتيجة إيجابية ومخالفة للنتائج السلبية للسانين السابقين في تلك الفترة الزمنية، علي الرغم من أن الألسنة الثلاثة تعرضت لعمليات بحرية واحدة، إلا أن الرصيف البحري المرجاني للسان الجنوبي فيقع شمالها بعكس اللسانين السابقين يقع في مواجهتما، بالإضافة إلي أنه غني بالرمال، ودائما عمليات الانجراف الموجي ما تدفع الرمال باتجاه الجنوب بمساعدة التيار الشاطئي، وتعد منطقة اللسان المتقدمة داخل البحر بمثابة مصيدة لهذه الرواسب، مما أدت إلي نموه بهذه القيمة، لذلك كان هناك إيراد رملي وليس خسارة في هذه الفترة.



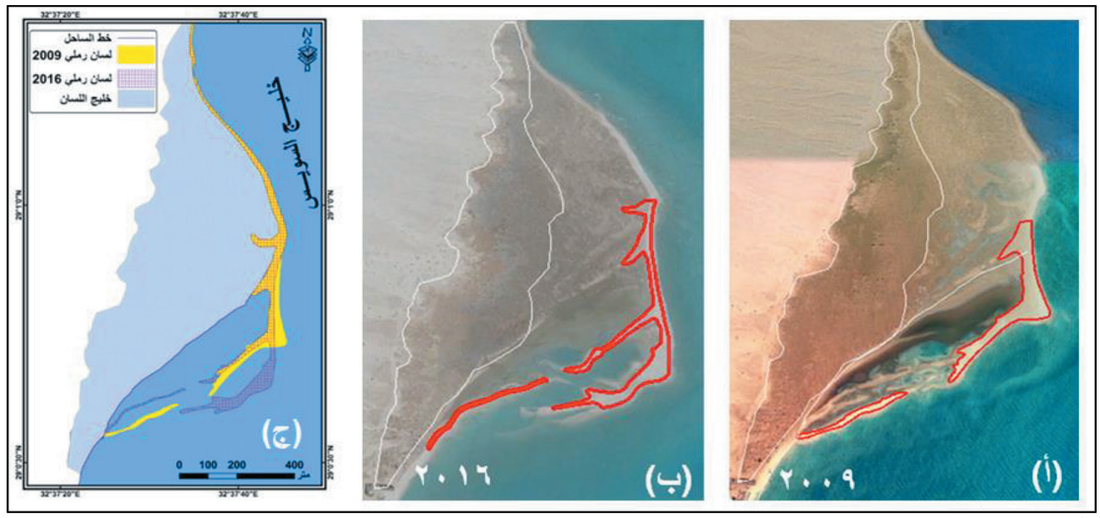
المصدر/ Google Earth Pro

(شكل٢٤) التطور الجيومورفولوجي للسان الجنوبي فيما بين (٢٠٠٥-٢٠١٠)

- فترة ٢٠١٦:

لعبت العوامل البحرية دورا مهما في هذه الفترة حيث كشطت الواجهة البحرية لجزع اللسان القديم مما أدي إلي تقلص عرضه ونشأ ظل جديد يمثل امتدادا للظل القديم بزيادة بلغت ١٤٦م، وتوالد لسان جديد واصل نموه بعد الزيادة المذكورة تجاه الجنوب الغربي وانحني تجاه اليابس ومواز للسان في الفترة الماضية وجعله شعبة داخلية متقلصة العرض وانحني طرفها بصورة خطافية تجاه اليابس وبلغ معدل الإزاحة لها ٥٠,٣م علي المستوي الزمني، وبلغ طول اللسان الوليد ٧١٥,٣م، بزيادة عن الفترة الماضية بنحو ١٥٠,٩م، بمتوسط إستطالة سنوي بلغ ٢١,٥م، وبلغ أقصي عرض له ٥٤,٩م، ونمت مساحته بنحو ٣,٢ألف م٢ عن مساحة اللسان في الفترة الماضية، وبمتوسط إيراد سنوي بلغ ٠,٤٥ ألف م٣.

أما اللسان الصاعد فقد نما نموا طفيفا في طوله تجاه الشمال بلغ ٧,٩م علي المستوي الزمني، بمتوسط استطالة سنوي ١,١م، وتقلص أقصي عرض إلي ٧,٨م، وتقلصت مساحته بنحو ١,٥ألف م٢، بخسارة سنوية ٠,٢ألف م٣، وحدثت له إزاحة كاملة تجاه اليابس بمتوسط ٤٧م، وتوجد علاقة عكسية بين اللسان وصاعده حيث اكتسب جسم اللسان الأصلي جميع الرمال المنقولة إليه بالعوامل البحرية من الشمال، مما أدي إلي زيادة طول جذع اللسان، أما الإزاحة التي تمت للسان الصاعد بواسطة العوامل البحرية فقد عملت علي فَقْدِ جزء كبير من مساحته طول الفترة الزمنية. وتعطي المساحة الإجمالية للسان مؤشراً إيجابياً بمعدل كسب في الإيراد الرملي الزمني بلغ ١,٧ألف م٢، بمتوسط إيراد سنوي بلغ ٠,٣ ألف م٣، وتتفق تلك النتيجة مع نتيجة اللسانين الشمالي والأوسط في كسبهما الزمني لكمية من الرمال في هذه الفترة.



المصدر/ Google Earth Pro

(شكل٢٥) التطور الجيومورفولوجي للسان الجنوبي فيما بين (٢٠٠٩-٢٠١٦)

- فترة ٢٠١٨:

نمت مساحة اللسان الأصلي في هذه الفترة عما كان عليه وتم كسب مساحة علي المستوي الزمني بلغت ١,٦ألف م٢، بمتوسط إيراد رملي قدره ٠,٨ألف م٣/سنويا، وحدثت إزاحة وكشط لمكونات جذع اللسان تجاه اليابس بنحو ٢٢م في المتوسط بواسطة العوامل البحرية التي تدفع بعض مكونات اللسان إلي الجانب الآخر والباقي يتحرك جنوبا بواسطة الانجراف الموجي مما أدي إلي نشأة فرع ثالث جديد من الجهة البحرية، وزادت استطالة الشعب وبلغ أطولها ٨٧٣,٧م، بمتوسط نمو سنوي ٧٩,٢م، وبلغ أقصي عرض لها ٣٦,٩م.

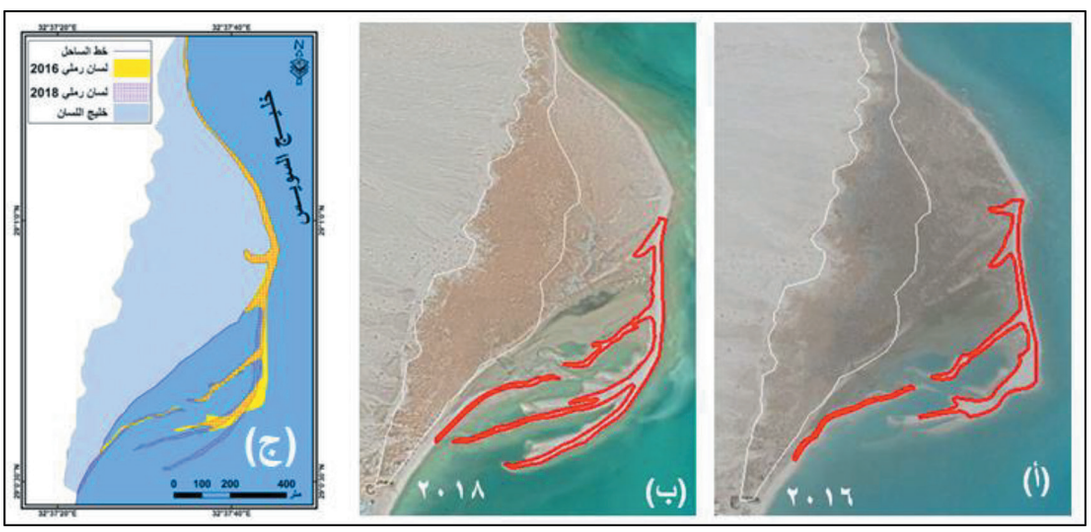
أما اللسان الصاعد فظل في موضعه بسبب حجب شعبة اللسان الوسطي عنه اضطراب الأمواج البحرية لشاطئه، وحدث انحناء لطرفه الشمالي تجاه البحر بصورة خطافية ويرجع لدخول وخروج التيارات المدية إلي السبخة مرتين يوميا، وزادت مساحته أيضا بنحو ٠,٦ألف م٢، بمتوسط نمو سنوي ٠,٣ألف م٣، وزاد طوله عن الفترة الماضية بنحو ٥٤,٤م، بمتوسط نمو سنوي ٢٧,٢م، وبلغ أقصي عرض ٨,٦م بزيادة طفيفة عما كانت عليه من قبل. وبلغت مساحة اللسان الإجمالية ٢,٢ألف م٢، بمتوسط إيراد رملي بلغ ١,١ألف م٣/سنويا، وتتفق تلك الفترة في زيادتها مع اللسانين الشمالي والأوسط من الإيراد الرملي، وأيضا في معدل النمو السنوي تجاه الجنوب. وقد اقترح (Petersen et al. 2008) أن الأمواج النشطة تنقل الرمال بشكل أكثر انتظامًا حتى نهاية اللسان مما يسبب استطالته، والأمواج ذات الطاقة الأقل تسبب انحناءه.

الخاتمة

ترتبط ظاهرة الالسنة البحرية بمصبات الأودية لوجود مصدر للرواسب الرملية في وجود العوامل البحرية المشكلة لها، ومصب وادي عربة علي البحر الأحمر كان مثالا خصبا لتمثل تلك الظاهرة البحرية، وقد كشفت الدراسة عن وجود خمسة ألسنة بمصبه، اثنان منها قد تجمدا بواسطة التدخل البشري في الشاطئ في شمال مدينة الزعفرانة، والثلاثة الباقية موجودة بصورة نشطة بدءاً من مدينة الزعفرانة وحتي جبل ثلمت بمدخل الجلالة القبلية.

وقد ساعد علي ظهورها الخلجان البحرية الثانوية الموجودة بساحل المصب بسبب تعرج خط الساحل مما أدي إلي ظهور اللسان متخذا ظل الساحل قبل التغير في وجود الرصيف البحري المرجاني الضحل المغطي بكمية ضخمة من الرمال والذي تتحرك عليه نقطة تكسر الأمواج ذهابا وإيابا مرتين في اليوم بسبب ظاهرة المد والجزر، وعادة ما ينتج عن ظاهرة الألسنة مناطق سبخية ساحلية بسبب إطماء الخليج البحري بالرواسب الرملية وفصله عن البحر بسبب تطور ظاهرة اللسان وتصبح حاجزه بينه وبين البحر.

وقد أثرت التغيرات المناخية في تغير وتطور تلك الظاهرة بسبب ارتفاع مستوي البحر النسبي علي مستوي العقود الثلاثة الماضية وتراجع خط الساحل عما كان عليه في الماضي، فقد لوحظ أن الأمواج البحرية المتكررة في فصلي الشتاء والربيع والتي لا يزيد ارتفاعها عن ٠,٧م ويقل ارتفاعها إلي ٠,٣م في الفصلين الآخرين تعد هي المسئولة عن عمليات الانجراف الساحلي للرواسب الرملية وتغذية



المصدر/ Google Earth Pro

(شكل٢٦) التطور الجيومورفولوجي للسان الجنوبي فيما بين (٢٠١٦-٢٠١٨)

الألسنة بها، ويعزز من نشاطها ظاهرة المد البحري المتغير مستوياته طوال الشهر القمري، والذي أدي إلي وجود ثلاثة مستويات رملية تظهر عند الجزر.

ولوحظ من خلال دراسة مناطق الألسنة وجود ألسنة بحرية متحجرة بيابس الخليج القديم ترتفع إلي ٦م، هجرها البحر بانخفاض سطح البحر عنها بنهاية الفترات الجليدية، وتتمثل بمنطقة اللسانين الشمالي والأوسط فقط وتختفي باللسان الجنوبي نظرا لحداثته، وتتألف الألسنة البحرية النشطة من الرمال الناعمة والمتوسطة الناعمة والناعمة جدا بنسبة تزيد علي ٩٨٪ من العينة، أما رواسب الخليج فتزيد النسبة للرمال الناعمة بدرجاتها الثلاثة عن ٩٩٪، والمعادن السائدة المؤلفة لها في العينتين هما الكوارتز والكالسيت.

وأوضح التطور المورفولوجي للألسنة أنها تنمو طوليا تجاه الجنوب وذلك من خلال رصدها من المرئيات التاريخية في الفترة ما بين ٢٠٠٥-٢٠١٨، بالإضافة إلي أن مساحتها متغيرة ففي اللسانين الشمالي والأوسط كانت هناك مساحات مفقودة في الفترة الزمنية ٢٠٠٥-٢٠١٠، أما باقي الفترات فزادت مساحاتهما بسبب الإيراد الرملي المكتسب سنويا، ولم يفقد اللسان الشمالي في أي من الفترات شيئا من مساحاته، وتميز بزيادة الإيراد الرملي السنوي لاختلاف طبوغرافية منطقة الرسيف البحري المرجاني شماله عن اللسانين الشمالي والأوسط.

المراجع العربية

-**أحمد السيد معتوق١٩٨٤:** الظاهارت الچيومورفولوچية على الساحل الغربى لخليج السويس، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب جامعة الإسكندرية.

- **أحمد فوزي ضاحي ٢٠٠٤:** الأشكال الإرسابية علي السهل الساحلي للبحر الأحمر فيما بين رأسي أبو سومة شمالا وحنكراب جنوبا، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية آداب سوهاج- جامعة جنوب الوادي. (ص ص ١٢٨-١٤١)

- **سباركس، ترجمة ليلي عثمان: ١٩٨٧:** الجيومورفولوجيا. مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة.

- **كريم مصلح صالح ١٩٩٥:** چيومورفولوچية المنطقة الساحلية والحافة الجبلية فيما بين رأس الزعفرانة ورأس بكر جنوبا، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب جامعة عين شمس. (ص ص ٢٨٠-٢٨٦)

- **محمد مجدي تراب ١٩٨٨:** حوض وادي بدع، جنوب غرب السويس فيما بين وادي حجول شمالا ووادي غويبة جنوبا، دراسة چيومورفولوچية، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب- جامعة الإسكندرية.

- **محمد مجدي تراب ١٩٩٧:** أشكال السواحل المصورة. منشأة العارف، الإسكندرية.

- **منال البطران ٢٠٠٩:** أثر تغير المناخ على مصر. مؤتمر تغير المناخ وآثاره فى مصر٢-٣ نوفمبر٢٠٠٩، فندق الماريوت- القاهرة

- **نبيل يوسف عبده ١٩٩١:** بعض الظاهرات الجيومورفولوجية علي السهل الساحلي للبحر الأحمر جنوب خليج السويس. رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب جامعة عين شمس.

References

-Aagaard, T., Orford, J., & Murray, A. (2007). Environmental controls on coastal dune formation; Skallingen spit, Denmark. Geomorphology, 83(1–2), 29–47.

-Allard, J., Bertin, X., Chaumillon, E., & Pougeta, F. (2008). Sand spit rhythmic development: A potential record of wave climate variations? Arçay Spit, western coast of France. Marine Geology, 253, 107–131.

-Barik, S., Mohanty, P., Kar, P., Behera, B., & Patra, S. (2014). Environmental cues for mass nesting of sea turtles. Ocean & Coastal Management, 95, 233–240.

- Evans, O. F. (1942). The origin of spits, bars and related structures. The Journal of Geology, 50, 846–865.

- Frihy, E. O., & Lofty, M. (1997). Shoreline changes and beach–sand sorting along the Northern Sinai Coast of Egypt. Geo-Marine Letters, 17(2), 140–146.

-Héquette, A., & Ruz, M. (1991). Spit and barrier island migration in the Southeastern Canadian Beaufort Sea. Journal of Coastal Research, 7(3), 677–698.

http://www.almadwaaljazer.com/af/egypt-red-sea/ras-zafarana

-Mishra, P., Pradhan, U., Panda, U., Patra, S., Murthy, M., Seth, B., & Mohanty, P. (2014). Field measurements & numerical modelling of nearshore processes at an open coast port on the east coast of India. Indian Journal of Geo-Marine Sciences, 43, 1277–1285.

- Natesan, U. (20–23 October, 2008). The shoreline dynamics of Dhanushkodi, Rameshwaram using GIS. Proceedings Advances in Water Resources and Hydraulic Engineering, (pp. 1–6). Nanjing.

- Ollerhead, J., & Davidson–Arnott, R. (1995). The evolution of Buctouch Spit, New Brunswick, Canada. Marine Geology, 124(1–4), 215–236.

- Park, J.–Y., & Wells, J. (2007). Spit growth and downdrift erosion: Results of longshore transport modelling and morphologic analysis at the Cape Lookout cuspate foreland. ournal of Coastal Research, 23(3), 553–568.

- Petersen, D., Deigaard, R., & Fredsøe, J. (2008). Modelling the morphology of sandy spits. Coast. Eng, 55(7–8), 671–684.

-Rady, M. A., El-Sabh, M., Murty, T., & Backhaus, J. (1998). Residual circulation in the Gulf of Suez, Egypt. Coastal and Shelf Science, 205–220.