



النمذجة الهيدروجيوميورفولوجية لمنطقة الزعفرانة باستخدام تقنيات الجيوانفورماتيكس

أ.م.د. منال سمير شلبي متولي

أستاذ مساعد الجيومورفولوجيا ونظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد
كلية الآداب، جامعة بورسعيد


أ.م.د. هويدا توفيق أحمد حسن

أستاذ مساعد الجيومورفولوجيا، كلية التربية، جامعة عين شمس

د. أميرة محمد البنا

مدرس الجيومورفولوجيا ونظم المعلومات الجغرافية، كلية الآداب، جامعة السويس

amirabana37@gmail.com

 10.21608/jfpsu.2024.289925.1353

*This is an open access article licensed under the terms of
the Creative Commons Attribution International License
(CC BY 4.0). <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>*



النمذجة الهيدروجيوميورفولوجية لمنطقة الزعفرانة باستخدام تقنيات الجيوإنفورماتيكس

مستخلص

تعد منطقة الزعفرانة الواقعة على الساحل الغربي لخليج السويس من المناطق الساحلية الأكثر تعرضًا للتغير الهيدروجيوميورفولوجي السريع؛ نتيجة لتفاعلها مع العديد من العوامل وخاصة المرتبطة بالتعرية المائية باستمرار، وما ينتج عن هذا التفاعل من حدوث تغيرات سريعة لها، وقد استخدم لكشف ورصد هذه التغيرات ومراقبة تطورها الزمني، أهم التقنيات الحديثة، وتطبيقاتها متمثلة في أساليب تقنيات الجيوإنفورماتيكس، والتي تعطي نتائج أكثر دقة عن ملامح سطح الأرض الطبيعية والبشرية، وتساعد في عملية رصد وتقييم تغيرات الغطاء الأرضي عامة، والبشري منه على وجه الخصوص. وبناءً عليه هدفت الدراسة إلى تحديد أهم العوامل المؤثرة في نشأة، وتطور الظواهر الهيدروجيوميورفولوجية، والتكامل بين تقنيات الجيوإنفورماتيكس في رصد التغيرات الزمانية المكانية للظواهر، سواء كانت ناتجة عن عمليتي النحت، أو الإرساب، وذلك لإنتاج الخرائط الرقمية لهذه التغيرات، وتحليلها وتفسيرها بالاعتماد على قواعد البيانات المكانية لها، بالإضافة إلى تحديد أفضل المناطق ملائمة للتنمية المستدامة، وخاصة السياحية.

الكلمات المفتاحية: النمذجة، تقنيات الجيوإنفورماتيكس، الظواهر الهيدروجيوميورفولوجية، الزعفرانة، المؤشرات الطيفية.

Hydrogeomorphological Modelling of Al-Zafarana Area Using Geoinformatics Techniques

Abstract

Al-Zaafarana area, located on the western coast of the Gulf of Suez, is one of the coastal areas that are most exposed to rapid hydrogeomorphological change. This is a result of its interaction with many factors, particularly those associated with continuous water erosion, and the rapid changes that result from this interaction. The most important modern technologies and their applications, represented in geoinformatics methods that give more accurate results about the physical and human features of the Earth's surface and help in the process of monitoring and evaluating land cover changes in general and human changes in particular, have been used to detect and monitor these changes and monitor their temporal development. Accordingly, the study aims to identify the most important factors influencing the emergence and development of hydrogeomorphological phenomena and the integration between geoinformatics techniques in monitoring the spatiotemporal changes of the phenomena, whether resulting from the processes of erosion or deposition. This is in order to produce digital maps of these changes and analyze and interpret them based on their spatial databases, in addition to identifying the best areas suitable for sustainable development, particularly tourism.

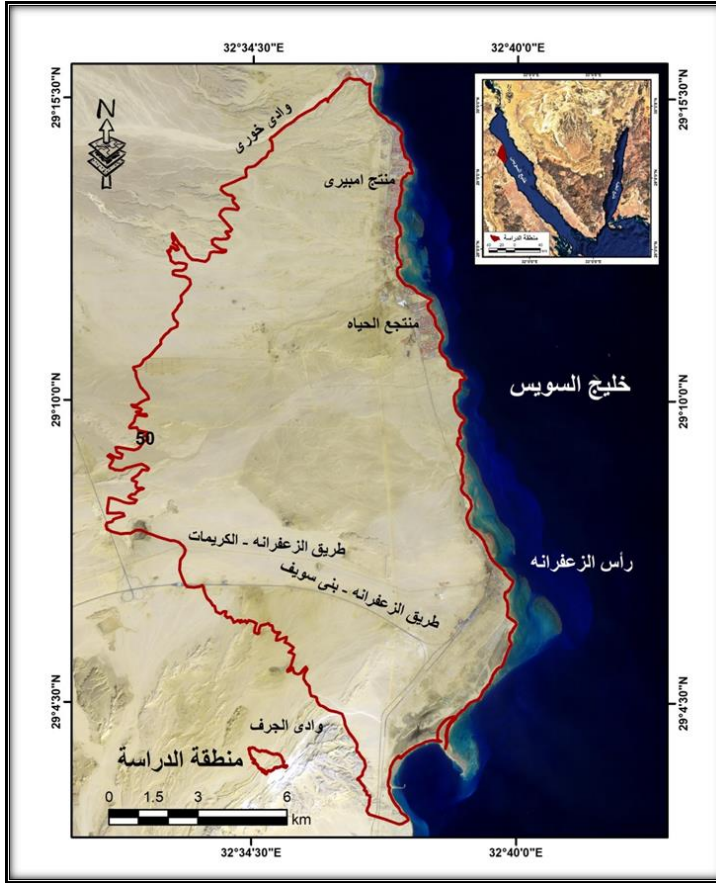
Keywords: modeling, geoinformatics techniques, hydrogeomorphological phenomena, Al-Zaafarana, spectral indicators.

المقدمة:

تعد منطقة الزعفرانة من المناطق الساحلية التي شهدت تغير هيدروجيومورفولوجي سريع ناتج، إما عن تضافر القوى الطبيعية المرتبطة بالتعرية المائية، أو الممارسات البشرية، حيث تعد من المناطق الواعدة التي شهدت في الأعوام الأخيرة نقلة تنموية كبيرة ساهمت في هذا التغير السريع، ولذلك كان من الضروري إلقاء الضوء علي هذه التغيرات الهيدروجيومورفولوجية التي حدثت، ورصدها، وتحديد العوامل المسببة لها، وذلك من خلال معالجتها بأهم الطرق والتقنيات الحديثة، وتطبيقاتها، متمثلة في تقنيات الجيوإنفورماتيكس لاعتمادها علي تحليل وتفسير المرئيات الفضائية، واستخدام الاجهزة المساحية، وتطبيق النمذجة. كما استعانت الدراسة أيضًا بتقنيات الذكاء الاصطناعي كأداة مساعدة في محاولة للوصول إلي نتائج أكثر دقة، تفيد في عملية رصد التغيرات وتفسيرها، وأخيرًا تطبيق التكامل بين تلك التقنيات في دراسة المؤشرات الطيفية لتحديد الظواهر الهيدروجيومورفولوجية والتغيرات التي طرأت عليها، ومراقبة، وتتبع ما انتاب الشريط الساحلي من تغير، وتحديد مناطق التنمية المستدامة وخاصة السياحية منها.

موقع منطقة الدراسة:

تمتد منطقة الزعفرانة على الساحل الغربي لخليج السويس فيما بين دائرتي عرض $29^{\circ} 4'$ و $29^{\circ} 15'$ شمالاً، وخطي طول $31^{\circ} 32'$ و $32^{\circ} 39'$ شرقاً (شكل ١)، وتبلغ مساحتها 178 كم^٢، وتتمشى حدودها الشمالية مع وادي خوري، ويحدها شرقاً خليج السويس، وغرباً خط كنتور 50 م، وجنوباً وادي الجرف البحري، ويقطع المنطقة الجزء الأدنى من وادي أبو الحريفات، ووادي عربية (المروحة الفيضية)، وتتركز مناطق التنمية السياحية بالمنطقة في أقصى الجزء الشمالي الشرقي منها، وتتنوع بها الظواهر الجيومورفولوجية الساحلية سواء كانت نحتاً، أو ارساباً.



المصدر: اعتماداً على المرئيات الفضائية Sentinel-2 لعام ٢٠٢٣م باستخدام برنامج ArcGIS 10.8.

شكل (١) موقع منطقة الزعفرانة

الدراسات السابقة:

حظى موضوع ومنطقة الدراسة بالعديد من الدراسات الجيولوجية، والجيومورفولوجية، ومن أهمها:

. دراسة (معتوق، ١٩٨٤)، وموضوعها "الظواهر الجيومورفولوجية في المنطقة الساحلية الغربية لخليج السويس"، وتناولت دراسة الخصائص الطبيعية، ومظاهر السطح، وأحواض التصريف، وخصائصها المورفومترية، والهيدرولوجية، بالإضافة إلى الظواهر المرتبطة بالساحل من سبخات وجروف.

- . دراسة (صالح ، ١٩٩٩)، وموضوعها " السهل الساحلى على الجانب الغربى لخليج السويس، فيما بين رأس غارب، ورأس الدب " وتناولت دراسة أهم العوامل التى أثرت فى تشكيل السهل الساحلى من عوامل جيولوجية، وخصائص السطح بالإضافة إلى دراسة حركة الأمواج، والتيارات البحرية، ودراسة الظاهرات المرتبطة بالسهل الساحلى من سبخات ونباك.
- . دراسة (Selim, 2001)، وموضوعها " Geophysical and geological studies for the area located between Zafarana and South Gharib, Gulf of Suez , Egypt" تمت دراسة المنطقة الواقعة بين الزعفرانة، وجنوب غرب خليج السويس من خلال التكامل بين ثلاث تقنيات جيوفيزيائية، (المغناطيسية الجوية، والكهرومغناطيسية العابرة، والسبر الكهربائي العمودي) التي تساعد في تصوير الطبقة التحتية الرئيسية، والتكوينات الجيولوجية بالمنطقة .
- . دراسة (بهاء الدين، ٢٠١٠)، وموضوعها " السبخات فى السهل الساحلى الغربى لخليج السويس باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، " وتناولت الخصائص الجيولوجية، وأثر الخصائص الطبيعية لمنطقة الدراسة فى نشأة، وتطور السبخات، بالإضافة إلى مورفولوجية السبخات، وأهم أشكال السطح المرتبطة بها، وأخيرا بيئة السبخات والتنمية .
- . دراسة (العزاوى ، ٢٠١٦) ، وموضوعها" استعمال التصنيف الرقمي لمتابعة كشف التغير لسبخات الرزازة للمدة ١٩٧٦-٢٠١٣" وقد تناولت دراسة تحليل البصمات الطيفية للظاهرات فى المرئيات الفضائية باستخدام تقنيات التحليل البصري، والتفسير الآلي فى تحديد التوزيع المكاني لسبخات القشرة الملحية، والتربة السبخة باختلاف محتواها الرطوبى بعد تطبيق دليل المياه NDWI.
- . دراسة (سالم، ٢٠١٦)، وموضوعها " جيومورفولوجية الجروف الساحلية بين كرسة، ورأس الهلال فى شمال شرق ليبيا" وتناولت دراسة عوامل تشكيل الجروف من الأمواج، والتيارات البحرية، والمد والجزر، والتكوينات، والبنية الجيولوجية بالإضافة إلى دراسة أنماط الجروف وحركة المواد على أسطح الجروف الساحلية، وأهم الظاهرات الجيومورفولوجية المرتبطة بها.
- . دراسة (العزاوى، ٢٠١٨)، وموضوعها" الأشكال الجيومورفولوجية المرتبطة بالسبخات فى السهل الرسوبى فى العراق" وقد تناولت كيفية تحديد الأشكال الجيومورفولوجية الدقيقة

المرتبطة بالسبخات، من خلال الدراسة الميدانية، مثل: النباك، والبحيرات، والمسطحات الملحية، وأشكال أخرى دقيقة تتمثل في: الجسور الملحية، والتشققات الطينية، والبرك الملحية، والمستطيلات والمضلعات الملحية، والصحاف الملحية، والقباب الملحية، والحصي الملحي، والتنوعات الملحية، والرماد الملحي، والأقواس الملحية.

دراسة (Samir, 2018)، وموضوعها " facies and Depositional Environments of the Lower Miocene Reservoirs, Zaafarana Oil Field/ North Gulf of Suez- Egypt using Borehole logging and core analysis" وتناولت دراسة السحنات والبيئات الترسيبية، لخزانات الموسين بالزعفرانة، بالإعتماد على تسجيل الآبار وتحليل العينات .

دراسة (شليبي، ٢٠١٩)، وموضوعها " أثر التغيرات المناخية علي الألسنة البحرية بمصب وادي عربية، دراسة جيومورفولوجية" وتناولت الخصائص العامة للألسنة البحرية وتطورها الجيومورفولوجي ومعدل النقل السنوي، وقد توصلت إلي تأثير التغيرات المناخية في تغيير وتطور ظاهرة الألسنة.

دراسة (إسماعيل، ٢٠٢٣)، وموضوعها " أثر المشاريع القومية لهضبة الجلالة على جيومورفولوجية منطقة غرب خليج السويس، من رأس الزعفرانة، إلى العين السخنة : دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية ، باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد " وتناولت دراسة الخصائص الجيولوجية لمنطقة الدراسة، وخصائص أحواض التصريف الشكلية والهيدرولوجية، بالإضافة إلى دراسة خصائص انحدار السطح، وأخيرًا أثر مشاريع هضبة الجلالة على منطقة الدراسة.

يتضح من عرض الدراسات السابقة سواء الدراسات الجغرافية، أو غير الجغرافية، أن موضوع الدراسة به الحداثة، من حيث رصد التغيرات بالظواهر الجغرافية، بالإعتماد على تقنيات الجيوإنفورماتيكس، والذكاء الاصطناعي المكاني، بالإعتماد على ما توصلت إليه الدراسات السابقة مع تحديث قواعد البيانات المكانية.

أهداف الدراسة:

تهدف الدراسة إلى تحقيق ما يلي:

١. إبراز مدى تأثير العوامل والعمليات على حدوث التغيرات الهيدروجيوميورفولوجية لمنطقة الزعفرانة.
 ٢. التكامل بين تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية مع الذكاء الاصطناعي في رصد التغيرات الزمانية، والمكانية للظواهر الهيدروجيوميورفولوجية بمنطقة الزعفرانة.
 ٣. إنتاج خرائط رقمية لتطور الظواهر الهيدروجيوميورفولوجية، بالاعتماد على قواعد البيانات المكانية لها.
- ولتحقيق أهداف الدراسة تم تصنيف البحث إلى الموضوعات التالية:

أولاً: عوامل نشأة، وتطور الظواهر الهيدروجيوميورفولوجية بمنطقة الزعفرانة

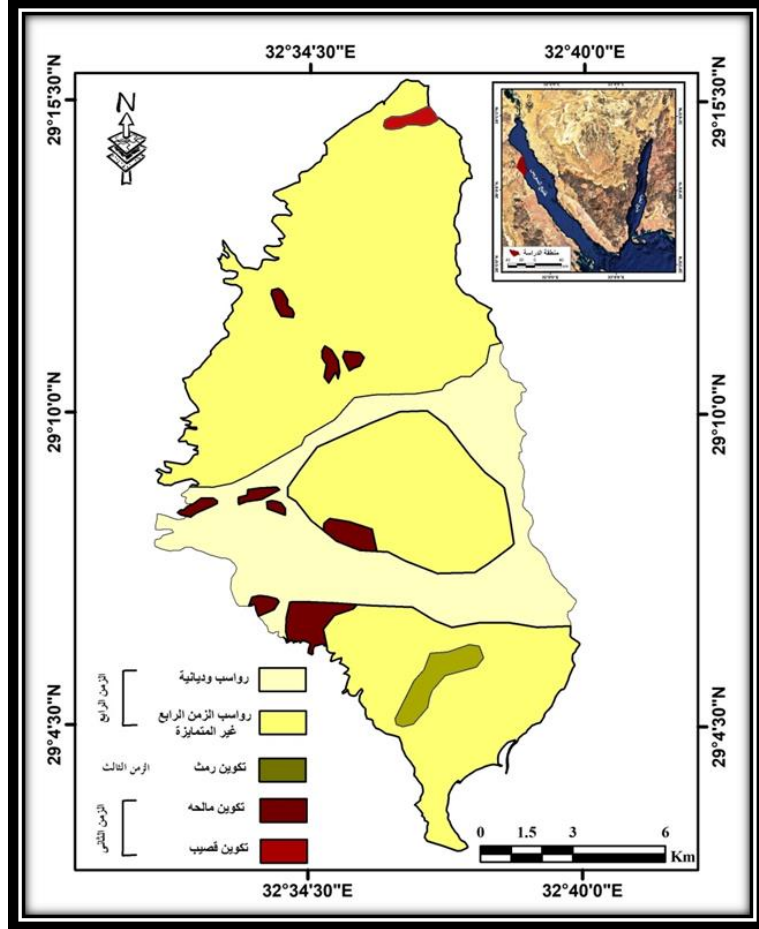
١- الخصائص الجيولوجية:

تغطي منطقة الزعفرانة تكوينات، ورواسب جيولوجية تتراوح أعمارها من تكوينات الترياسي، إلى رواسب الزمن الرابع، وتتباين تلك التكوينات، والرواسب في نوع صخورها ونظامها، ومدى استجابتها لعمليات التجوية، وعوامل التعرية المختلفة، وبناءً عليها يتم اختيار أنسب الأماكن لإنشاء القرى السياحية، والمنشآت العمرانية المختلفة، وفيما يلي تناول تلك التكوينات، والرواسب الجيولوجية من الأقدم إلى الأحدث (شكل ٢)، و(جدول ١) كالتالي:

- **تكوينات الترياسي (الزمن الثاني):** وتتمثل في تكوين قسيب، وتتألف طبقاته من وحدتين: الوحدة السفلى طبقات حمراء اللون، وطفل متعدد الألوان، وحجر رملي وطنيني (Abd Allah and Eladindani, 1965)، والوحدة العليا حجر جيرى مع مارل، وبقايا ذات أصل بحري، ويتسم التكوين بكثرة الفواصل، والشقوق (El Rakaiby, 1980)، يظهر في أقصى شمال منطقة الدراسة (لوحة ١)، حيث يغطي مساحة صغيرة جداً بلغت ٦,٠ كم^٢ بنسبة ٠,٣٪ من إجمالي مساحة المنطقة.

- **تكوينات الكريتاسي (الزمن الثاني):** وتتمثل في تكوين مالحه، ويظهر على هيئة بقع متناثرة محدودة، تشغل مناطق الحافات والتلال بالجزء الأدنى من وادي عربة، ووادي

أبو حريقات غرب منطقة الدراسة (شكل ٢)، بمساحة ٥,٠ كم^٢ ونسبة ٢,٨ ٪، كما يظهر على طول الجروف البحرية المطللة على مياه خليج السويس شمال رأس الزعفرانة (لوحة ٢).



المصدر: اعتمادًا على الخريطة الجيولوجية (بني سويف) كونكو كورال ١:٥٠٠٠٠٠٠ عام ١٩٨٧.

شكل (٢) التكوينات والرواسب الجيولوجية بمنطقة الزعفرانة

جدول (١) التكوينات والرواسب الجيولوجية بمنطقة الزعفرانة

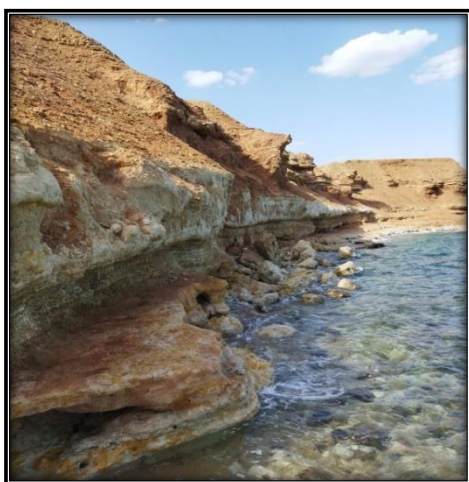
الزمن	العصر	التكوينات والرواسب	المساحة كم ^٢	%
الزمن الرابع	الهولوسين	رواسب وديانية	٤٣,٠	٢٤,٢
	البليستوسين	رواسب الزمن الرابع غير المتميزة	١٢٦,٧	٧١,٠
الزمن الثالث	ايوسين أسفل	تكوين أبو رمث	٣,٠	١,٧
الزمن الثاني	كريتاسي أسفل	تكوين مالحة	٥,٠	٢,٨
	الترياسي	تكوين قصب	٠,٦	٠,٣
		الإجمالي	١٧٨	١٠٠

المصدر: اعتمادًا على (شكل ٢).



المصدر: الدراسة الميدانية، ٢٠٢٤

لوحة (١) تكوين قصب شمال شرق الزعفرانة يظهر عليه التقويض السفلي والتساقط الصخري



المصدر: الدراسة الميدانية، ٢٠٢٤
لوحة (٢) تكوين مالحة شمال رأس الزعفرانة وشيوع ظاهرة تراجع الحافات

ويتألف تكوين مالحة في جزئه السفلي من أحجار رملية حصوية، مع طفل كاوليني يتداخل مع أحجار طينية ذات لون رمادي داكن، وأحجار غرينية، وجزئه الأوسط يسوده أحجار رملية متوسطة إلى خشنة، أما جزئه العلوي فيتألف من أحجار رملية ضخمة متداخلة مع أحجار غرينية رقيقة التطبيق، وأحجار طينية (Sallam, et al., 2022)، وبالقرب من الشاطئ تتألف صخوره من أحجار رملية غرينية مع تداخلات من الطين، والحجر الطيني، والذي يقع في غير توافق أعلى الطبقة الأقدم، وعلى الرغم من صلابة ذلك التكوين إلا أنه يتسم بكثرة الفواصل، والشقوق، وعدم تجانس تركيبه الصخري، والذي أدى إلى شيوع ظاهرة التقويض السفلي وتراجع الحافات.

- **تكوينات الايوسين (الزمن الثالث):** تشغل تكوينات الايوسين مساحة محدودة جداً بالمنطقة، حيث بلغت ٣ كم^٢، بنسبة ١,٧٪ من إجمالي مساحة التكوينات المكشوفة، وقد تركزت في الجنوب في صورة شريط طولي متعرج محدود يمثل المناطق الصخرية المرتفعة (التلال - البیدمنت) بأحد روافد وادي عربة، وتتمثل تكوينات الايوسين في مجموعة طيبة (تكوين أبو رمث)، والتي تتألف من حجر جيرى طباشيري وعقد من الصوان (Abdelazeem, et al., 2019)، وتتسم تكوينات الحجر الجيري بقابليتها للإذابة، وكثرة الفواصل والشقوق التي تتخللها، والذي نتج عنه تشكيل الظاهرات الكارستية المختلفة بأماكن تواجدها.

- **رواسب البليستوسين والهولوسين (الزمن الرابع):**

تتمثل في الرواسب السطحية لعصري البليستوسين والهولوسين، وتغطي جزء كبير من منطقة الزعفرانة بلغ مساحته ١٦٩,٧ كم^٢، بنسبة ٩٥,٢٪ من إجمالي التكوينات والرواسب الجيولوجية المكشوفة بالمنطقة، وهي رواسب تتميز بالتنوع بين رواسب أودية (حديثه) تستحوذ على ٢٤,٢٪ من إجمالي رواسب الزمن الرابع (٤٣ كم^٢)، وتتمثل في مروحة وادي عربة وقطاعه الأدنى، والتي تتألف من الجلاميد والحصى والحصباء والرمل والطين.

- رواسب الزمن الرابع غير المتمايزة وتشتأثر بحوالي ٧١,٠٪ من إجمالي رواسب الزمن الرابع، ويمكن تقسيم تلك الرواسب إلي ما يلي:

* **رواسب رياحية:** وتتألف أساسًا من رواسب رملية كوارتزية مفككة، وتتمثل في النباك، والفرشات الرملية التي تنتشر في قيعان الأودية، وعلي أسطح سبخة الزعفرانة (مروحة وادي عربة- مرسى ثملت)، وهوامشها الجنوبية الغربية (لوحة ٣).



المصدر: الدراسة الميدانية، عام ٢٠٢٤.

لوحة (٣) النباك علي سطح سبخة الزعفرانة

* **الرواسب الفيضية:** وتشغل رواسب قيعان مجاري الأودية المنتشرة بمنطقة الدراسة في الجزء الأدنى من وادي عربة، وروافده، ووادي أبو حريفات، ومروحة الفيضية.

* **الرواسب البحرية (الشاطئية):** تمتد هذه الرواسب على طول خط الشاطئ شرق منطقة الدراسة، على هيئة شريط ضيق، وتكونت نتيجة لتأثير الخصائص الديناميكية لمياه خليج السويس من أمواج، وتيارات بحرية، ومد وجزر، وتتألف من رواسب مختلطة من الرمال والحصى، والرواسب الحيرية، بالإضافة إلى الرواسب التي تنقلها الأودية المنحدرة من هضبتى الجلالة البحرية، والقبلية، وتلقيها عند خط الساحل بالقرب من مياه الخليج.

* **رواسب السبخات:** تتكون في المناطق المنخفضة التي يقترّب منسوبها من منسوب سطح البحر، وتتألف أساسًا من الرمال، وخاصة في الطبقات السطحية، والطمي الرملي في الطبقات تحت السطحية^(١)، وتتمثل هذه الرواسب في سبخة الزعفرانة، التي تمتد على طول خط الشاطئ، جنوب شرق منطقة الدراسة (لوحة ٤).

(١) نتائج تحليل عينات من سبخة الزعفرانة تم تحليلها بمركز بحوث الاراضى والمياه والبيئة ٢٠٢٤.



المصدر: الدراسة الميدانية، عام ٢٠٢٤.

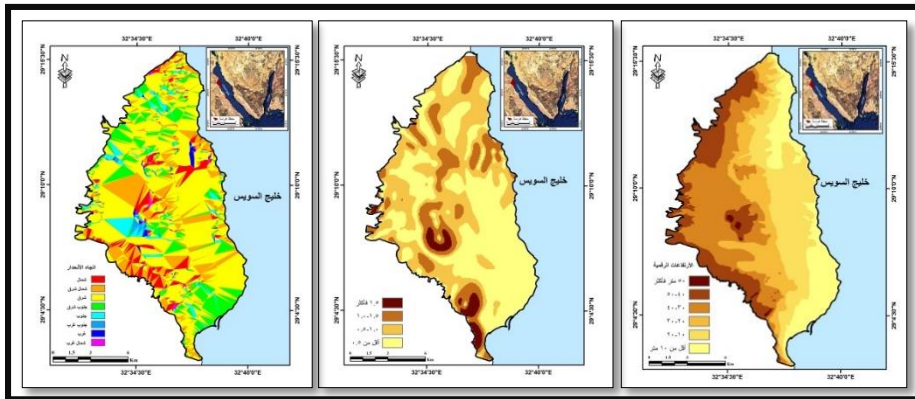
لوحة (٤) رواسب السبخات (مرسى ثملت) جنوب شرق منطقة الزعفرانة

يتبين من تحليل الخصائص الجيولوجية بمنطقة الزعفرانة أن صخور منطقة الدراسة تتفاوت في درجة صلابتها، وبالتالي تختلف في درجة مقاومتها لعوامل التعرية المختلفة، حيث اتضح أنها تتألف من صخور الحجر الرملي الدولوميتي، والحبيبي الخشن، مع تتابعات من الطفل والمارل، بالإضافة إلى وجود صخور الحجر الجيري الطباشيري، وقد انعكست هذه الظروف الجيولوجية على الظواهر الهيدروجيومورفولوجية بمنطقة الزعفرانة، فسهولة النحت في طبقات الطفل والمارل أدى إلى حدوث التقويض السفلي، وانتشار الكتل الصخرية المتساقطة، وتراجع الحافات، وظهور الواجهات الحرة، وتكوين الجروف الرأسية نظراً لتتابع الصخور الصلبة مع الصخور اللينة، كما تكونت الأشكال الكارستية المختلفة نتيجة لعملية الإذابة في الصخور الجيرية، وكان لوفرة الرواسب التي نتجت عن عملية النحت أثره في انتشار بعض الظواهر الإرسابية على طول خط الساحل.

٢- الخصائص التضاريسية:

تعد من أهم المدخلات التي يمكن من خلالها التعرف على العمليات الجيومورفولوجية السائدة، وتأثيرها على الأنشطة البشرية، ومن ثم يمكن التنبؤ بمناطق التغيرات الجيومورفولوجية، وتحديد المناطق المناسبة للتنمية المستدامة بأشكالها المختلفة، وفيما يلي تناول خصائص السطح من خلال النقاط التالية (شكل ٣)، و(جدول ٢):

- الارتفاعات: يتسم سطح منطقة الدراسة بالتدرج في الارتفاع، حيث يرتفع تدريجياً بالاتجاه من الشرق إلى الغرب، حيث يبدأ من خط كنتور صفر، والذي يمثله خط الساحل في الشرق حتى يصل إلى الحدود الغربية لمنطقة الدراسة، والتي تتراوح ارتفاعاتها بين ٢٤ و ٦٥ م (شكل ٣)، و(جدول ٢)، كما يرتفع السطح في نطاق التلال والحافات كما يظهر في وسط منطقة الدراسة، والذي سجل أحد تلالها منسوب (٦٣م)، وتشغل المناطق التي تقع دون منسوب ٣٠ م مساحة ١٠١,٤ كم^٢، بنسبة ٥٦,٩٪، وتغطي معظم السهل الساحلي لمنطقة الدراسة، والمراوح الفيضية، ومصبات روافد وادي أبو حريفات، والتي تشغلها مراكز العمران في أقصى الجزء الشمالي الشرقي من منطقة الدراسة (تقع في الفئة التي تتراوح مناسيبها بين صفر و ١٠م)، وجميع الظاهرات الساحلية على طول خط الساحل، وسبخة الزعفرانة، والنباك التي تنتشر في أرضية وادي عربة الرئيس في قطاعه الأدنى، في حين تضم المناطق التي يتراوح منسوبها بين ٣٠ و ٤٠م مساحة ٤٥,٦ كم^٢، بنسبة ٢٥,٦٪، وتمثل جوانب الأودية في قطاعاتها الدنيا وأحد التلال المبعثرة وسط منطقة الدراسة، أما المناطق التي يتراوح منسوبها بين ٤٠ و ٥٠م شغلت مساحة ٣٠,١ كم^٢ بنسبة ١٦,٩٪، وتمثل الهوامش الشمالية الغربية والغربية والجنوبية الغربية، أما المناطق التي يزيد منسوبها علي ٥٠م فأكثر فشغلت مساحة محدودة جداً بلغت ١ كم^٢، بنسبة ٠,٦٪ وتمثلت في قمم تلال وسط وجنوب غرب منطقة الزعفرانة.



المصدر: اعتماداً على نموذج الارتفاعات الرقمية ALOS_PALSAR_RTC_HIGH، 12.30 متر.

شكل (٣) خصائص السطح بمنطقة الزعفرانة

جدول (٢) خصائص السطح بمنطقة الزعفرانة

درجة الانحدار		اتجاه الانحدار			الإرتفاع			
المساحة		الفئات (بالدرجات)	المساحة		الاتجاه	المساحة		فئات الإرتفاع (م)
(%)	(كم ^٢)		(%)	(كم ^٢)		(%)	(كم ^٢)	
٤٥,١	٨٠,٢	أقل من ٠,٥	٢,٢	٤	شمال	١٦,٨	٣٠	١٠-٠
٣٥,١	٦٢,٤	١,٠-٠,٥	١٥,٢	٢٧	شمال شرق	٢٣,٧	٤٢,٢	٢٠-١٠
١٢,٦	٢٢,٥	١,٥-١,٠	٦٤,٦	١١٥	شرق	١٦,٤	٢٩,٢	٣٠-٢٠
٧,٢	١٢,٩	١,٥ فأكثر	١٤,٠	٢٥	جنوب شرق	٢٥,٦	٤٥,٦	٤٠-٣٠
			٢,٢	٤	جنوب	١٦,٩	٣٠,١	٥٠-٤٠
			٠,٦	١,٠	جنوب غرب	٠,٦	١,٠	٥٠ فأكثر
			٠,٦	١,٠	غرب			
			٠,٦	١,٠	شمال غرب			
١٠٠	١٧٨	المجموع	١٠٠	١٧٨	المجموع	١٠٠	١٧٨	المجموع

المصدر: اعتمادًا على (شكل ٣).

- **الانحدارات:** يتضح من تحليل (شكل ٣) و(جدول ٢)، أن السمة الغالبة بمنطقة الزعفرانة هي انخفاض درجات انحدار السطح؛ إذ تشغل الفئات الثلاث الأولى لدرجات الانحدار نحو ٩٢,٨% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، والتي لم يزيد درجات انحدارها عن ١,٥° أي تقع في نطاق المناطق المستوية واللطيفة، وتتركز في شمال شرق الزعفرانة، حيث مراكز العمران، وعلى قيعان ومصبات روافد أودية أبو حريفات، وعربة، ومرآحها الفيضية، والنباك، وعلى معظم الظاهرات الساحلية التي تمتد على طول خط الساحل في شريط شبه متصل وسبخة الزعفرانة، وعلى أقصى الحدود الشمالية الغربية والجنوبية الغربية لمنطقة الدراسة، في حين شغلت المناطق شديدة الانحدار، والجروف النسبة المتبقية، والبالغة ٧,٢% من إجمالي مساحة منطقة الزعفرانة، وتتركز أغلبها في الوسط والجنوب في نطاق التلال، وأقصى الشمال الشرقي والشرق، حيث مناطق واجهات الجروف البحرية.

- **اتجاه الانحدار:** يتضح من تحليل (شكل ٣) و(جدول ٢)، أن سطح منطقة الدراسة ينحدر صوب الشرق؛ حيث شغلت فئة الأراضي المنحدرة تجاه الشرق أكثر من نصف مساحة منطقة الدراسة (١٥ كم^٢)، بنسبة ٦٤,٦%، وهذا يتفق مع الاتجاه الطبيعي لسطح منطقة الدراسة حيث تتجه الأودية من الغرب إلى الشرق لتصب في خليج السويس، وتمثل الأراضي المنحدرة صوب الشمال الشرقي والجنوب الشرقي معًا نسبة ٢٩,٢% من مساحة المنطقة، وهي في الغالب تتجه نحو بطون، ومصبات ومرآح الأودية وقطاعاتها الدنيا، بالإضافة إلى

اتجاهها نحو مناطق السبخات، أما عن الاتجاهات الأخرى فلم تتجاوز نسبتها مجتمعة ٦,٢٪ وتشغل مناطق محدودة جدًا تتوزع في مناطق متفرقة من منطقة الزعفرانة.

وقد انعكست الظروف الطبوغرافية، والتضاريسية بمنطقة الدراسة على الأنشطة البشرية القائمة، حيث ساعد تقاطع الأودية مع خليج السويس كوادي عربية، وأبو حريفات في تواجد بعض الأراضي الواسعة، والمستوية السطح، والتي يتسع فيها السهل الساحلي، وعدم وجود حواجز جبلية، أو معوقات واضحة تعوق سرعة الرياح، جذبت بها إنشاء محطة لتوليد الطاقة الكهربائية، متمثلة في محطة رياح الزعفرانة، حيث كلما كان موقع المزرعة ذو طبيعة منبسطة كلما كان انسب لمشروعات الرياح (حسانين، ٢٠١٩)، ويقع حوالي ٨٠٪ من إجمالي مساحة مزرعة الزعفرانة داخل حدود منطقة الدراسة (على مناسيب أقل من ٥٠ مترًا) والجزء المتبقي يمتد على أودية خوري، ومالحة إلى الشمال من منطقة الزعفرانة، كما كان لطبيعة تضاريس المنطقة أثره في إنشاء القرى السياحية علي مراوح، ومصبات الأودية الواقعة إلى الشرق منها، على ساحل خليج السويس حيث الانحدارات، والتضاريس المستوية.

٣ - الخصائص المناخية:

تعد عناصر المناخ من أهم العوامل الطبيعية التي تؤثر في عمليات التشكيل في أي نظام ساحلي، فالعمليات الجيومورفولوجية السائدة، والأشكال الجيومورفولوجية المختلفة بالمنطقة وتطورها، ومدى تعرضها للتغيرات، ما هي إلا انعكاس للظروف المناخية، وفيما يلي

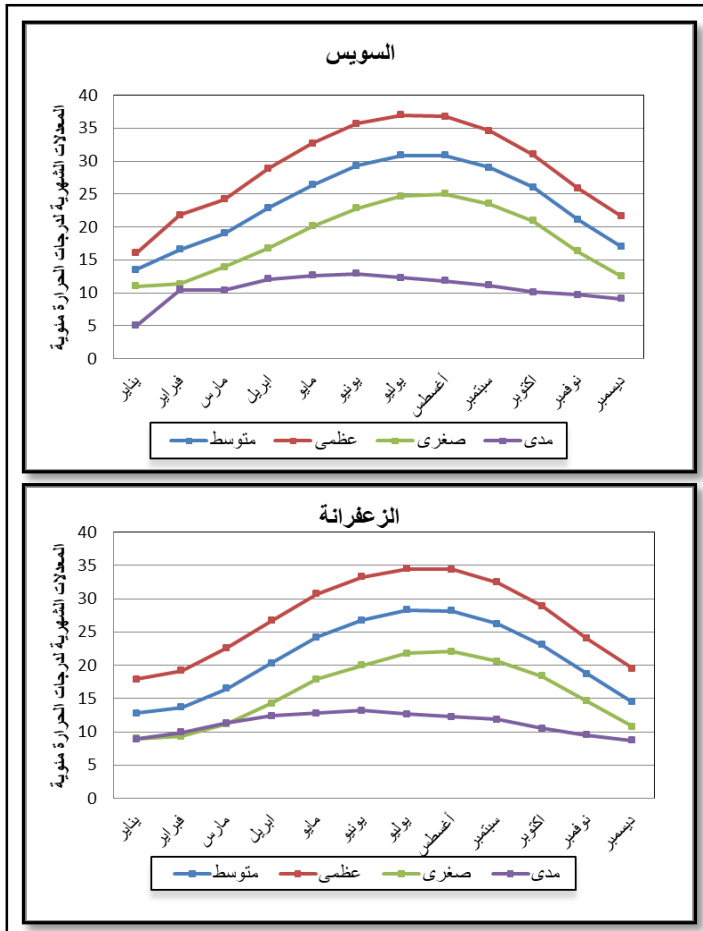
عرض لأهم العناصر المناخية المؤثرة في هذا التشكيل:

- **درجة الحرارة:** تعد درجة الحرارة من أهم العناصر المناخية التي يتوقف عليها جميع العناصر المناخية الأخرى، من رياح ورطوبة وتبخر وتساقط، كما يتوقف عليها تجوية التكوينات الصخرية، ومن ثم يظهر دورها في التغيرات التي تطرأ علي أشكال سطح الأرض بمنطقة الدراسة. ويتضح من خلال تحليل المعدلات الشهرية والفصلية والسنوية لدرجة الحرارة (جدول ٣) و (شكل ٤) الآتي:

جدول (٣) معدلات درجة الحرارة بمحطتي السويس والزعفرانة

المعدل السنوي	الخريف				الصيف			الربيع			الشتاء			الفصل	الشهر	المحطة
	نوفمبر	أكتوبر	سبتمبر	أغسطس	يوليو	يونيو	مايو	أبريل	مارس	فبراير	يناير	ديسمبر				
٢٣,٦	٢١,١	٢٦,٠	٢٩,٠	٣٠,٩	٣٠,٩	٢٩,٣	٢٦,٤	٢٢,٩	١٩,٠	١٦,٦	١٣,٥	١٧,٠	متوسط	السويس		
٢٨,٨	٢٥,٩	٣١,٠	٣٤,٦	٣٦,٨	٣٧,٠	٣٥,٧	٣٢,٧	٢٨,٩	٢٤,٢	٢١,٨	١٦,٠	٢١,٥٠	عظمى			
١٨,٢	١٦,٣	٢٠,٩	٢٣,٥	٢٥,٠	٢٤,٧	٢٢,٨	٢٠,١	١٦,٨	١٣,٩	١١,٣٥	١١,٠	١٢,٥٠	صغرى			
١٠,٦	٩,٧	١٠,١	١١,١	١١,٨	١٢,٣	١٢,٩	١٢,٦	١٢,١	١٠,٤	١٠,٤٥	٥,٠	٩,١	مدى			
٢١,١٠	١٨,٧	٢٣,١	٢٦,٢	٢٨,٢	٢٨,٣	٢٦,٨	٢٤,٢	٢٠,٣	١٦,٥	١٣,٧	١٢,٨	١٤,٥	متوسط	الزعفرانة		
٢٧,٠١	٢٤,٠	٢٨,٩	٣٢,٥	٣٤,٤	٣٤,٥	٣٣,٣	٣٠,٧	٢٦,٧	٢٢,٦	١٩,٢	١٧,٩	١٩,٥	عظمى			
١٥,٨٤	١٤,٦	١٨,٤	٢٠,٦	٢٢,١	٢١,٨	٢٠,٠	١٧,٩	١٤,٣	١١,٢	٩,٣٣	٨,٩٧	١٠,٨	صغرى			
١١,١٨	٩,٥	١٠,٥	١١,٩	١٢,٣	١٢,٧	١٣,٢	١٢,٨	١٢,٤	١١,٣	٩,٩١	٨,٨٨	٨,٧	مدى			

المصدر: عطا الله، ٢٠٢١



المصدر: اعتمادًا على (جدول ٣).

شكل (٤) المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة بمحطتي السويس والزعفرانة

- يبلغ المعدل السنوي العام لمتوسط درجة الحرارة بمنطقة الدراسة $22,35^{\circ}$ ، إذ يتراوح بين $21,10^{\circ}$ بمحطة الزعفرانة و $23,6^{\circ}$ بمحطة السويس، أي أن المعدل السنوي لمتوسط درجة الحرارة يتزايد بالاتجاه شمالاً، ويتراوح هذا المعدل بين $34,5^{\circ}$ و $37,0^{\circ}$ كأعلى متوسط شهري لدرجة الحرارة في شهر يوليو، وبين $8,97^{\circ}$ و $11,0^{\circ}$ كأدنى متوسط لدرجة الحرارة في شهر يناير لمحطتي الزعفرانة، والسويس على الترتيب.

- سجلت شهور الصيف (يونيو ويوليو وأغسطس) أعلى ارتفاع لدرجة الحرارة العظمى، والتي بلغت $33,3^{\circ}$ ، $34,5^{\circ}$ ، $34,40^{\circ}$ على الترتيب بمحطة الزعفرانة، وأعلى معدل فصلي $34,05^{\circ}$ ، أما محطة السويس فوصلت درجة الحرارة العظمى ذروتها في شهر يوليو بمعدل $37,0^{\circ}$ ، بينما سجلت أدنى قيمة للحرارة الصغرى خلال فصل الشتاء $9,71^{\circ}$ و $11,6^{\circ}$ بمحطتي الزعفرانة، والسويس على الترتيب، مسجلة أدنى قيمة لها في شهر يناير $8,97^{\circ}$ بمحطة الزعفرانة و $11,0^{\circ}$ بمحطة السويس، مما يشير إلى ارتفاع معدل الحرارة الصغرى بصفة عامة بمنطقة الدراسة، وخاصة بالاتجاه شمالاً، حيث بلغ المعدل السنوي العام لدرجة الحرارة الصغرى بمنطقة الدراسة $17,02^{\circ}$ ، ويعزى ذلك إلى تأثير المسطحات المائية المتمثلة في خليج السويس.

- يبلغ المتوسط السنوي العام للمدى الحراري بمنطقة الدراسة $10,89^{\circ}$ ، ويتراوح هذا المتوسط بين $10,6^{\circ}$ بمحطة السويس و $11,18^{\circ}$ بمحطة الزعفرانة، وعلى مستوى الفصول سجل معدل المدى الحراري أقصاه في فصل الصيف، في شهر يونيو في كلا المحطتين، بينما وصل أدناه في فصل الشتاء في شهر ديسمبر $8,7^{\circ}$ بمحطة الزعفرانة و $5,0^{\circ}$ بمحطة السويس.

يتبين مما سبق مدى التباين بين معدلات درجة الحرارة سواء اليومية أو الفصلية أو السنوية، وقد انعكس هذا التباين الحراري في نشاط عمليات التجوية الميكانيكية، والذي ساعد في تفكك الصخور وتفتتها، فأصبحت فريسة سهلة أمام عمليات النحت البحري، كما أن مع ارتفاع درجة الحرارة ارتفعت معدلات التبخر، وزاد نشاط الرياح، وتتنوع الأشكال المرتبطة بالسبخات ما بين فصلي الشتاء والصيف، علي حسب مدى اقترابها أو ابتعادها من منسوب المياه تحت السطحية، وتكونت القشور الملحية نتيجة لتبخر المياه من البرك والبحيرات التي

تتخلل سبخة الزعفرانة.

- الرياح:

تعد الرياح عامل مناخي مؤثر في تشكيل جيومورفولوجية المناطق الساحلية، حيث تعمل على إثارة المسطح المائي، مما ينشأ عنه توالد الأمواج التي تختلف باختلاف سرعة الرياح وزمن وفترة هبوبها. ويوضح (جدول ٤ و ٥) و(شكلي ٥ و ٦) خصائص الرياح بمحطتي السويس والزعفرانة من حيث الاتجاه والسرعة، ومن دراستها وتحليلها يتضح الآتي:

- تسود الرياح الشمالية منطقة الدراسة حيث بلغت نسبتها ٤٣,٦% من جملة اتجاهات الرياح السائدة، وتأتي الرياح الشمالية الغربية في المرتبة الثانية إذ بلغت نسبتها ٢١,٠%، يليها الرياح الشمالية الشرقية في المرتبة الثالثة بنسبة ١٤,٨%.

- تبلغ نسبة هبوب الرياح من الجنوبيات (الجنوب الشرقي - الجنوب - الجنوب الغربي) ٩,٦٥% من جملة اتجاهات الرياح، يهب معظمها من الجنوب الشرقي بنسبة ٤,٣%، يليها الرياح الجنوبية الغربية بنسبة ٣,١٥%، والرياح الجنوبية بنسبة ٢,٢%، وترجع أهمية هذه الرياح في دفع الأمواج تجاه الشاطئ حيث يصل ارتفاعها إلى ثلاثة أمتار في جونة السويس (محمود، ٢٠١٦)، مما يترتب عليه نشاط عمليات نحت الصخور الشاطئ، وعمليات التقويض في أماكن الجروف والرؤوس البحرية، وتلعب الرياح بمنطقة الدراسة دور مؤثر في نقل المفتتات من الرمال، والرواسب الدقيقة من مناطق النحت وإرسابها في مناطق أخرى مشكلة الفرشات، والحافات الرملية، والنباك على طول خط الساحل، وعلى حواف السبخات، وفي قيعان مجاري الأودية، وخاصة وادي عربية، كما ساهمت الرياح في تحريك المواد البترولية ومخلفات السفن من المياه العميقة نحو الشواطئ (لوحه ٥).

- تتباين سرعة الرياح بمحطتي منطقة الدراسة، حيث وصل المتوسط السنوي لسرعة الرياح أقصاه في محطة الزعفرانة ٨,٩١ م/ث، بينما بلغ في محطة السويس ٥,٢٣ م/ث.

- تختلف سرعة الرياح من شهر لآخر؛ حيث سجل شهر أغسطس أعلى سرعة للرياح (١٠,٤٠ م/ث) بمحطة الزعفرانة، بينما سجل شهرى مايو، وسبتمبر أعلى سرعة للرياح بمحطة السويس (٥,٧٠ م/ث)، كما تختلف من فصل إلى آخر حيث بلغت ذروتها في فصلي الربيع والصيف، وأدناها في فصل الشتاء في كلا محطتي الدراسة، ويرجع ذلك إلى

نشاط المنخفضات الجوية الصحراوية، والدوامات الهوائية بسبب التذبذبات التي تحدث في درجة الحرارة، خلال فصل الربيع (سالم، ١٩٩٣)، واتساع الفروق الحرارية بين اليابس والماء خلال فصل الصيف.

- تتخفض سرعة الرياح خلال فصل الخريف مقارنة بالصيف والربيع بسبب عدم اكتمال الضغوط المؤثرة، وتكون مراكز انحدارات الضغط الجوي بطيئة لا تساعد على هبوب الرياح النشطة (حمادة، ٢٠٠٨).

يتبين مما سبق أن سرعة الرياح تزيد بالاتجاه جنوباً، وهذا انعكس على النشاط الاقتصادي بمنطقة الدراسة، حيث أصبحت منطقة الزعفرانة منطقة جذب لإقامة مشروع توليد الكهرباء من محطة رياح الزعفرانة.

جدول (٤) المعدل السنوي لنسب تكرار اتجاهات هبوب الرياح بمحطتي السويس والزعفرانة

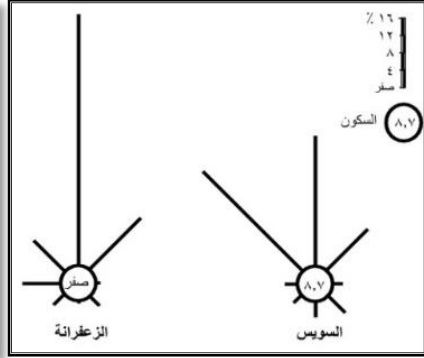
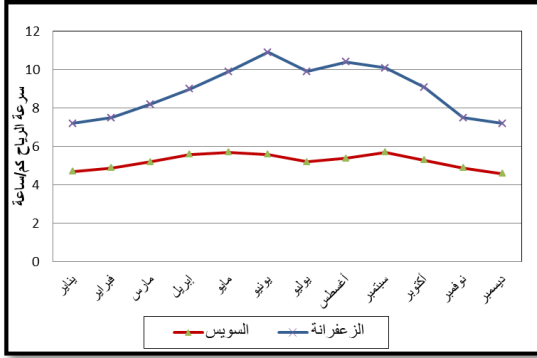
الاتجاه المحطة	شمال	شمال شرق	شرق	جنوب شرق	جنوب	جنوب غرب	غرب	شمال غرب	سكون
السويس	٢٩,٧	١٣,٠	٢,٠	٥,٥	٣,٧	٢,٧	٢,٦	٣٢,١	٨,٧
الزعفرانة	٥٧,٠	١٦,٦٠	٠,٧	٣,١٠	٠,٧٠	٣,٦٠	٨,٥٠	٩,٨٠	---
المتوسط	٤٣,٦	١٤,٨	١,٤	٤,٣	٢,٢	٣,١٥	٥,٦	٢١,٠	٤,٤

المصدر: عطا الله، ٢٠٢١.

جدول (٥) المعدلات الشهرية لسرعة الرياح بمنطقة الزعفرانة للمدة من ١٩٨٠-٢٠١٨

الشهر المحطة	يناير	فبراير	مارس	إبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المتوسط
السويس	٤,٧٠	٤,٩٠	٥,٢٠	٥,٦٠	٥,٧٠	٥,٦٠	٥,٢٠	٥,٤٠	٥,٧٠	٥,٣٠	٤,٩٠	٤,٦٠	٥,٢٣
الزعفرانة	٧,٢٠	٧,٥٠	٨,٢٠	٩,٠٠	٩,٩٠	١٠,٩٠	٩,٩٠	١٠,٤٠	١٠,١٠	٩,١٠	٧,٥٠	٧,٢٠	٨,٩١
المتوسط	٥,٩٥	٦,٢٠	٦,٧٠	٧,٣٠	٧,٨٠	٨,٣٠	٧,٥٥	٧,٩٠	٧,٩٠	٧,٢٠	٦,٢٠	٥,٩٠	٧,٠٧

المصدر: عطا الله، ٢٠٢١.



المصدر: اعتماداً على (جدولي ٤ ، ٥).

شكل (٦) المعدلات الشهرية لسرعة الرياح بمنطقة الدراسة

شكل (٥) المعدل السنوي لنسب تكرار اتجاهات هبوب الرياح



المصدر: الدراسة الميدانية، عام ٢٠٢٤.

لوحة (٥) دور الرياح في تحريك المواد البترولية ومخلفات السفن نحو الشاطئ بمنطقة الزعفرانة

- الرطوبة النسبية والتبخر:

تعد الرطوبة النسبية والتبخر من أهم العوامل المحفزة للتجوية الملحية والكيميائية بكافة صورها، إلا أن تأثيرهما يتوقف على درجة الحرارة، وكمية الإشعاع الشمسي، وسرعة الرياح (الابراهيمى، ٢٠٢٠). ويتضح من (جدول ٦) و(شكل ٧) الآتي:

- يبلغ المتوسط السنوي العام للرطوبة النسبية بمنطقة الدراسة ٥٠,٥٪، ويتراوح هذا المتوسط بين ٥٢,٧٨٪ بمحطة السويس، و ٤٨,٢١٪ بمحطة الزعفرانة، وقد سجل شهر مايو أدنى قيمة للرطوبة النسبية في كلا المحطتين إذ تراوحت بين ٣٨,١١٪ بمحطة الزعفرانة

و ٤٥,٤١% بمحطة السويس، بينما سجل شهر يناير أعلاها فبلغت ٥٨,٧٧% بمحطة السويس، و ٥٩,٢٦% بمحطة الزعفرانة.

- تتباين قيم الرطوبة النسبية بين فصول السنة، حيث تنخفض عن المعدل السنوي في كل من فصلي الربيع والصيف، في كلا المحطتين، نظراً لارتفاع درجة حرارة الهواء خلال فصل الصيف ونشاط رياح الخماسين خلال فصل الربيع مما نتج عنه انخفاض معدلات الرطوبة النسبية، وخلال فصل الخريف ترتفع قيم الرطوبة النسبية تدريجياً، حتى تصل إلى ذروتها في فصل الشتاء، وهي الفترة التي تتميز بانخفاض درجة الحرارة وسقوط الأمطار.

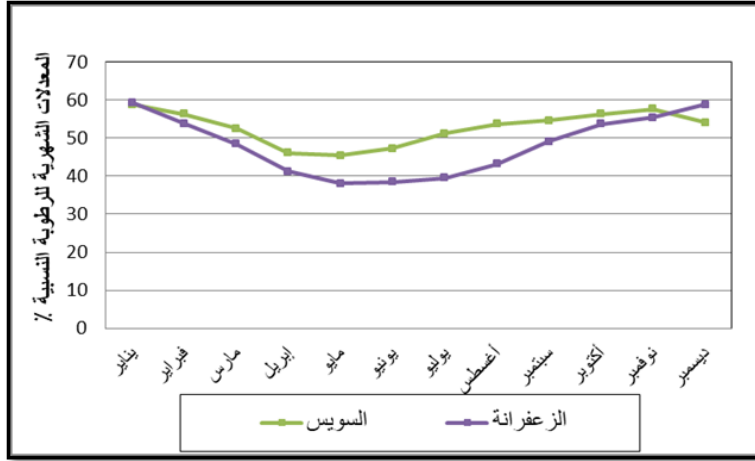
- ارتفاع قيم الرطوبة النسبية بشكل عام، ويعزى السبب في ذلك لوقوع منطقة الدراسة بالقرب من المسطحات المائية، والتي تعد مصدراً لبخار الماء في الجو.

- يبلغ المعدل السنوي لقيم التبخر ٩,١ مم، إذ يتراوح هذا المعدل بين ٥,٩ مم و ١٢,٧ مم، وسجل شهر مايو أعلى قيم للتبخر بلغت ١٢,٧ مم، نتيجة لارتفاع درجة الحرارة، وزيادة سرعة الرياح الخماسينية، بينما سجل شهر ديسمبر أدنى قيم لمعدلات التبخر ٥,٩ مم، نظراً لانخفاض درجة الحرارة، وسقوط الأمطار، وكان لارتفاع معدلات التبخر بصفة عامة بمنطقة الدراسة أثره في حدوث التجوية الملحية، وتكوين القشور الملحية على سطح سبخة الزعفرانة وتباين الأشكال الدقيقة على سطحها، والتي سيأتى ذكرها بالتفصيل فيما بعد.

جدول (٦) المعدلات الشهرية للرطوبة النسبية والتبخر بمنطقة الزعفرانة

الشهر	يناير	فبراير	مارس	إبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المتوسط	
العنصر المناخي	الرطوبة النسبية (%) (محطة السويس)	٥٨,٧٧	٥٦,٢٧	٥٢,٤٥	٤٦,٠	٤٥,٤١	٤٧,٢٣	٥١,١	٥٣,٦٣	٥٤,٥٣	٥٦,٢٧	٥٧,٥٣	٥٤,٠	٥٢,٧٨
الرطوبة النسبية (%) (محطة الزعفرانة)	٥٩,٢٦	٥٣,٧٣	٤٨,٣٧	٤١,١٤	٣٨,١١	٣٨,٤٢	٣٩,٥٤	٤٣,١٤	٤٩,٠٣	٥٣,٦٧	٥٥,٣٦	٥٨,٧٧	٤٨,٢١	
التبخر (مم) (محطة السويس)	٧,١	٨,١	١١,٢	١٢,٥	١٢,٧	١١,٢	١٠,١	٨,٧	٨,٣	٦,٩	٦,١	٥,٩	٩,١	

المصدر: عطا الله، ٢٠٢١.



المصدر: اعتماداً على (جدول ٦).

شكل (٧) المعدلات الشهرية للرطوبة النسبية بمنطقة الزعفرانة

- المطر:

يتضح من تحليل (جدول ٧) و (شكل ٨) بعض الحقائق التالية:
 تتقارب كمية الأمطار السنوية الساقطة على منطقة الدراسة بين محطتي السويس والزعفرانة، وإن كانت محطة السويس لها الغلبة بزيادة بلغت ٢,٣٧ ملم، حيث بلغت كمية الأمطار الساقطة على محطة السويس نحو ٣٥,٦٥ ملم، بينما بلغت على محطة الزعفرانة ٣٣,٢٨ ملم، أي أن كمية الأمطار تتناقص من الشمال إلى الجنوب، وهذه الكميات قليلة مما يشير إلى ظروف الجفاف التي تسود منطقة الدراسة بصفة عامة.

جدول (٧) المتوسطات الشهرية والفصلية والسوية لكمية الأمطار
(ملم) للمدة من ١٩٨٠-٢٠١٨

التاريخ	**أكبر كمية مطر سقطت في يوم واحد ملم بمحطة السويس	*الزعرانة	*السويس	المحطة الشهر
١٩٨٧/١٢/١٨	٩,٧٠	٥,٦٨	٤,٧٩	ديسمبر
١٩٩٠/١/٢٦	٢٢,٠	٧,٨٠	٤,٦٥	يناير
١٩٨٢/٢/٢٢	٧,٣٠	٤,٦٦	٤,١٣	فبراير
--	--	١٨,٢٤	١٣,٥٧	الشتاء
١٩٨٥/٣/٢٢	١٦,٣٠	٣,٥٦	٤,٦٦	مارس
١٩٨٦/٤/١	٤,٤٠	٢,٢٠	٢,٢٩	إبريل
١٩٩٥/٥/٢٣	٢,٨٠	٠,٥٤	٠,٩٣	مايو
--	--	٦,٢٧	٧,٨٨	الربيع
١٩٩١/٦/١٤	١,٩٠	٠,٠١	١,٩٣	يونيو
--	--	٠,٠٦	٠,٣١	يوليو
--	--	٠,٠١	٠,٠٣	أغسطس
--	--	٠,٠٨	٢,٢٧	الصيف
١٩٩٤/٩/٢٧	٠,٥٠	٠,٥٧	٠,٦٣	سبتمبر
١٩٩٤/١٠/٧	٧,٧٠	٢,٩٩	٣,٤٩	أكتوبر
١٩٨٤/١١/٢٣	٩,٧٠	٥,١٢	٧,٨١	نوفمبر
--	--	٨,٦٩	١١,٩٣	الخريف
--	--	٣٣,٢٨	٣٥,٦٥	المجموع السنوي

المصدر: * - (عطا الله، ٢٠٢١).

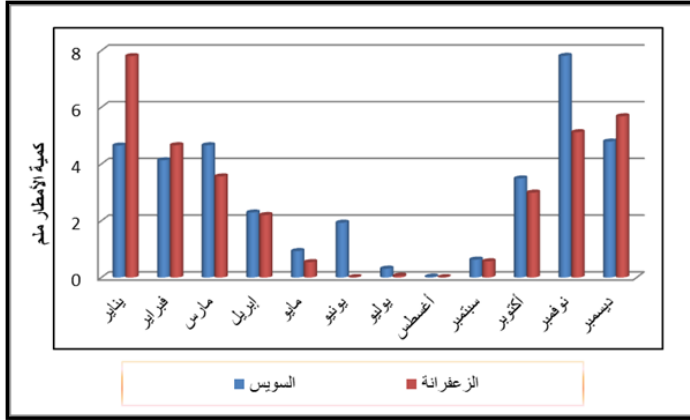
** - هيئة الارصاد الجوية، بيانات غير منشورة، للمدة من ١٩٨١-٢٠١٠

- تتفاوت كمية الأمطار بمنطقة الدراسة من شهر لآخر، ومن فصل لآخر، إذ بلغت ذروتها خلال شهر نوفمبر بمتوسط ٧,٨١ ملم بمحطة السويس، بينما بلغت ذروتها خلال شهر يناير بمحطة الزعرانة بمتوسط ٧,٨٠ ملم، أي أنها تتركز خلال فصلي الشتاء والخريف، وهذا يتفق مع مرور المنخفضات الجوية الجبهية في نطاق البحر المتوسط، ثم تتناقص بالتدرج خلال فصل الربيع إلى أن تنعدم خلال فصل الصيف.

- على الرغم من انخفاض كمية الأمطار الساقطة بمنطقة الدراسة بصفة عامة، وانخفاض قيمتها الفعلية، إلا أن هناك فترات تسقط فيها الأمطار بكميات مركزة في فترة زمنية قصيرة،

وهذه الفترات هي المسؤولة عن حدوث السيول بأودية منطقة الدراسة، وقد تبين أن أكبر كمية مطر سقطت في محطة السويس سُجلت في شهر يناير (٢٢,٠ ملم) عام ١٩٩٠، أي خلال فصل الشتاء.

- يظهر أثر المطر بمنطقة الدراسة في نشاط فعل التجوية الكيميائية، وتكون الحفر والثقوب بالصخور، كما يظهر أثر المطر في كمية الرواسب، والمفتتات التي تجلبها مياه السيول للمناطق الساحلية منخفضة المنسوب، والتي تتوزع على خط الساحل، مشكلة العديد من الظواهر الجيومورفولوجية المرتبطة بالإرساب كالسبخات، وما يرتبط بها من ظواهر كالبرك والمستنقعات، والتشققات الطينية وغيرها، بالإضافة إلى تشكيل الألسنة البحرية، والحواجز الرملية والتي يسود انتشارها على طول خط الساحل جنوب شرق منطقة الدراسة.



المصدر: اعتمادًا على (جدول ٧).

(شكل ٨) المتوسطات الشهرية لكمية الأمطار (ملم) بمنطقة الزعفرانة

٤- خصائص التربة ومصدر الرواسب:

تختلف التربة من مكان لآخر، نتيجة لعدد من العمليات، والعوامل كاختلاف خصائص المواد الأولية التي اشتقت منها الظروف المناخية، العامل البشري، عامل الزمن والعمليات البيولوجية، وقد انعكس ذلك على الخصائص الطبيعية، والكيميائية لها من مرحلة تفتيتها من الصخور الأصلية، إلى وصولها للشكل الناضج (عماشة، ٢٠١٩).

وقد صنفت تربة منطقة الدراسة إلى نوعين من التربة، الأولى: مكونة من الحصباء والرمال الشاطئية، والثانية: مكونة من الرواسب الحصوية، وذلك اعتمادًا على خريطة تربة

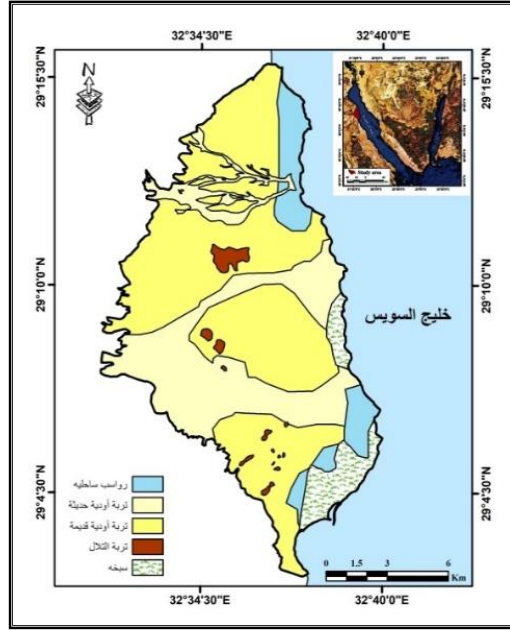
مصر، ونظرًا لأن هذا التصنيف يعد عام، ولا يوضح الصورة التفصيلية لتربة منطقة الدراسة، قام الباحثين بإنشاء خريطة للتربة، توضح الوحدات البيدوجغرافية لأراضي الزعفرانة، وذلك بالاعتماد على الدراسة الميدانية، والمرئيات الفضائية، ودراسة كل من (El-Azab,2011) و (Hassanin,2007)، (شكل ٩) و(جدول ٨) ومنها يتضح الآتي:

أ- الرواسب الساحلية:

تشغل هذه الوحدة شريط ضيق يمتد علي طول خط الشاطئ شرق منطقة الدراسة، يتخلله مسطحات سبخية تقع في أقصى الجنوب الشرقي، تتميز بوجود نباتات محبة للملوحة، تبلغ مساحة هذه الوحدة ١٥ كم^٢ بنسبة ٨,٤٪ من إجمالي منطقة الدراسة، تتألف من إرسابات نتجت من تأثير التيارات البحرية والأمواج والرياح في صخور الشاطئ، تشغل هذه الرواسب اللاجونات، ومسطحات المد المرتبطة بمستوى المد، ويسود هذه الإرسابات تكوينات الطباشير (الجير)، التي يرجح نشأتها إلى الشعاب المرجانية وتم نقلها إلي الساحل، ويتراوح نسيج تلك الإرسابات بين الرمل اللومى، والرمل الناعم اللومى، والطين اللومى الرملي.

ب- تربة الأودية (القديمة والحديثة):

تغطي هذه الوحدة أغلبية مساحة منطقة الدراسة، حيث تستأثر بمفردها نسبة ٨٣,٧٪ من المساحة الإجمالية (٤٩ كم^٢)، وتعد نتاج عمليات التعرية، والترسيب التي حدثت في الفترات النهرية القديمة، وحاليًا تتلقى سيول فجائية تتدفق في اتجاهات مختلفة عبر منطقة الدراسة، ويرجع أصل رواسب هذه الوحدة إلى المرتفعات التي تمثلها هضبتي الجلالة البحرية، والقبلية ذات الصخور الجيرية الأصل، والتي تتبع منها الأودية التي تجرى شمالاً وجنوباً، لتتصل بالوادي الرئيس الممثل في وادي عربة، والذي يقع مروحته داخل نطاق منطقة الدراسة، ويتراوح نسيج تربة الأودية بين الرمل الخشن اللومى الحصوى، والرمل الخشن اللومى الحصوى جدًا، والرمل اللومى الخفيف، والرمل اللومى الحصوى.



المصدر: الدراسة الميدانية، El-Azab, 2011 - Hassanin, 2007

شكل (٩) تربة منطقة الزعفرانة

جدول (٨) الوحدات البيدوجغرافية لأراضي منطقة الدراسة

م	الوحدة	المساحة كم ^٢	النسبة %
١	رواسب ساحلية	١٥	٨,٤
٢	تربة الأودية الحديثة	١٠٠	٥٦,٢
٣	تربة الأودية القديمة	٤٩	٢٧,٥
٤	تربة التلال	٢,٥	١,٧
٥	سبخة	١٠,٥	٦,٢
	الإجمالي	١٧٨	١٠٠

المصدر: اعتمادًا على شكل (٩)

ج- تربة التلال:

تشغل تربة التلال نسبة محدودة من مساحة منطقة الدراسة، إذ بلغت ٢,٥ كم^٢ بنسبة ١,٧% من المساحة الإجمالية، وتتمثل في التلال المتناثرة في وسط منطقة الدراسة، والتي يصل ارتفاع إحداها إلى ٦٣م، وتتميز بشدة انحدارها، وتتألف معظمها من الحجر الجيري

والكونجولوميرات، وتتميز بأنها عميقة القطاع.

د- تربة السبخات:

تمثل هذه الوحدة الجانب الشرقي من وادي عربية بالقرب من خليج السويس، حيث تشغلها سبخة الزعفرانة، والسبخات المحدودة المساحة التي تقع شمالها، والتي تتميز في معظمها بالاستواء، وتشغل مساحة هذه الوحدة مساحة بلغت ١٠,٥ كم^٢، بنسبة ٦,٢٪ من مساحة منطقة الدراسة، يتألف نسيج هذه الوحدة من الرمل في الجزء العلوي من الطبقات السطحية، ويتغير إلى لوم رملي في الطبقات الأعمق، وتتميز هذه التربة بأنها نقلت وترسبت بفعل عامل الرياح، أما الطبقات العميقة منها فنقلت وترسبت بفعل عامل المياه، ويستدل على ذلك من مصدر رواسب وادي عربية، والذي تشغل تلك السبخات مروحته، حيث نقل وترسب بفعل عامل الرياح والمياه، أو كلاهما معًا.

ونخلص مما سبق أن تربة منطقة الزعفرانة تتألف من تربة منقولة عميقة، إلى عميقة جدًا، جيدة التصريف تكونت في الرواسب الرسوبية (الفيضية) التي اشتقت من صخور الأصل (صخور الحجر الجيري)، وهي تتألف من اللوم الرملي الخشن الحصى، وتشغل هذه التربة معظم منطقة الدراسة، ممثلة في تربة الأودية القديمة والحديثة، ويفصلها عن خط الشاطئ الرواسب البحرية (الرواسب الساحلية)، ويحدها من الجانب الشرقي أراضي السبخات ومروحة وادي عربية، التي اشتقت من الصخور الرسوبية الكلسية.

٥- الخصائص الطبيعية والكيميائية لمياه خليج السويس:

تهدف دراسة الخصائص الطبيعية والكيميائية لمياه الخليج، وخاصة على ساحل منطقة الدراسة، في فهم العلاقة بين الأنشطة البشرية والتغيرات البيئية، ومدى تأثيرها على صخور الساحل، وتشكيل بعض الظواهر الهيدروجيولوجية المختلفة، وتعد درجة الحرارة والملوحة من أكثر خصائص المياه تأثيرًا بمنطقة الزعفرانة، فهي المسؤولة عن عمليات الإذابة البحرية، والتجوية الملحية، وتلاحم الرواسب الشاطئية، وعمليات النحت البيولوجي في صخور المنطقة، مشكلة الأشكال الجيومورفولوجية المتنوعة على طول الساحل أمام منطقة الدراسة، كما يتوقف عليها تأثير بعض الخصائص الأخرى، كالأس الهيدروجيني، والأكسجين المذاب في التأثير على صخور الساحل، وعلى ذلك سيتم تناول

تلك الخصائص على النحو التالي:

أ- الملوحة:

تتزايد ملوحة مياه خليج السويس بالاتجاه من الجنوب إلى الشمال، إذ تراوحت بين ٣٩,٩٠ و ٤٠,٥١ جزء في الألف، في القطاع الشمالي الغربي، بينما تراوحت في القطاع الأوسط والجنوبي من خليج السويس بين ٤٠,٤٥ و ٤٠,٨٨ جزء في الألف، وتصل الملوحة ذروتها خلال (الموسم الدافئ) الصيف، بينما تصل أدناها خلال (الموسم البارد) الشتاء، (Hamed, et al., 2017)، وهي بذلك تتمتع بمستويات ملوحة مماثلة للبحر الأحمر المفتوح، ويعزى ذلك إلى شكل الخليج وضالته، وتدفق المياه ذات الملوحة العالية من قناة السويس، والتغيرات الموسمية في مستوى المياه، وأنماط الرياح السائدة، ودورات التسخين في الخليج (Fahmy, et al., 2005)، بالإضافة إلى ذلك تبخر المياه نتيجة ارتفاع درجة الحرارة، حيث يعد التبخر أحد أهم العوامل المؤثرة على الملوحة، وبالتالي كثافة المياه.

تزيد الملوحة أمام ساحل الزعفرانة بزيادة العمق، إذ بلغت درجة الملوحة في المياه السطحية ٤١,٥٠ جزء في الألف، بينما بلغت في المياه العميقة ٤١,٧٨ جزء في الألف (Hamed and Said, 2000)، وقد تباينت درجة الملوحة ما بين فصول السنة المختلفة، إذ تزيد في فصلي الخريف والصيف، حيث تصل في الفصلين على التوالي ٤٠,٥١ و ٤٠,٥٧ جزء في الألف، وتتنخفض في فصلي الشتاء والربيع، إذ بلغت ٤٠,١٧ و ٤٠,٤٩ جزء في الألف (Hamed et al., 2017)، وتزداد الملوحة بصفة عامة بالقرب من ساحل الزعفرانة، وقد انعكس هذا على نشاط فعل التجوية الكيميائية والملحية، على صخور الشاطئ ومناطق واجهات الجروف، خاصة في أجزائها السفلى نتيجة تفاعل مكونات الصخور، وخاصة التي تتألف من الحجر الجيري المرجاني أو الجير مع الأملاح الذائبة في مياه البحر، مشكلةً الفجوات وحفر الإذابة والتجاويف على أسطح أرضية النحت شمال رأس الزعفرانة، كما تسهم في تكوين القشور الملحية على أسطح سبخة الزعفرانة جنوب شرق منطقة الدراسة.

ب- درجة حرارة المياه:

تراوحت أقصى درجة حرارة للمياه السطحية بخليج السويس بين $30,10^{\circ}$ و $33,30^{\circ}$ ، بينما تراوحت أدنى درجة بين $18,40^{\circ}$ و $17,00^{\circ}$ ، وسجلت أعلى قيمة في الصيف وأدناها في الشتاء، ويرجع التفاوت في درجة حرارة المياه بخليج السويس إلى اختلاف الظروف المناخية من اشعاع شمسي ورياح وأمواج ودورة المياه والتغيرات الفصلية في درجة حرارة الهواء، وعلى مستوى الشهور سجلت أعلى درجة حرارة في يوليو وسبتمبر، وأدناها في يناير ومارس، وتتشابه درجة حرارة مياه الخليج مع الملوحة في أنها تتزايد بالاتجاه شمالاً (Fahmy, et al., 2005).

تقل درجة حرارة المياه أمام سواحل الزعفرانة بزيادة العمق على عكس الملوحة، فقد بلغت في المياه السطحية $27,70^{\circ}$ ، بينما سجلت $27,40^{\circ}$ في المياه العميقة، وقد لوحظ أن فصل الربيع يسجل أعلى درجة حرارة للمياه $28,10^{\circ}$ في محطة الزعفرانة، يليه فصل الصيف $27,00^{\circ}$ ، على عكس المتوسط السنوي لدرجة حرارة مياه الخليج بصفة عامة، بينما سجل فصل الشتاء أدنى درجة حرارة للمياه السطحية $18,10^{\circ}$ (Hamed, 2017)، وهذا يتفق مع الاتجاه العام لدرجة ملوحة المياه بالخليج.

ويؤثر اختلاف درجة حرارة المياه خلال فصول السنة المختلفة أمام ساحل الزعفرانة في العديد من العمليات الجيومورفولوجية، فارتفاع درجة الحرارة خلال فصلي الربيع والصيف ساهم في التحام الرواسب الشاطئية، بينما انخفاضها في فصل الشتاء، وخاصة أثناء الليل ساعد على إذابة ثانى أكسيد الكربون من الهواء، وزيادة حامضية المياه (جودة، ١٩٩٨) والتي بلغت أمام ساحل الزعفرانة $8,16^{\circ}$ (Hamed and Said, 2000)، وهو ما يؤدي إلى ذوبان الكالسيوم المكون لصخور الحجر الجيري، أو الصخور التي تحتوى على الجير، وسهولة تكوين ما يعرف بفجوات الإذابة البحرية (خميس، ٢٠١٨) والتي تم رصدها بجميع قطاعات جروف منطقة الدراسة، وقد لوحظ ارتباط وجود الأطر المرجانية التي تمتد على ساحل الزعفرانة، بدرجة حرارة المياه، والتي تعد مناسبة لنمو المرجان، والذي يعد خط دفاع لحماية الساحل من عوامل التعرية البحرية. و جدير بالذكر أن للأوكسجين المذاب في مياه الخليج - خاصة أمام ساحل

الزعفرانة- أثره البالغ في حدوث النحت البيولوجي، في القطاع الشمالي من منطقة الدراسة، والذي تم رصده عند قواعد الجروف في القطاع الأول نتيجة لانتشار الطحالب الخضراء، حيث تلعب الكائنات الحية البحرية بالمياه دورًا مهمًا في نحت الفجوات، ويعد للأوكسجين المذاب في مياه ساحل الزعفرانة والذي بلغ ٥,٤١ ملليجرام/لتر (Hamed and Said, 2000) أثره في غنى مياه المنطقة بهذه الطحالب، وتشكيل ما يعرف بفجوات النحت البيولوجي (خميس، ٢٠١٨)، حيث حددت منظمة اليونسكو ١٩٧٣ أن الحد الأدنى اللازم للأوكسجين المذاب في المياه الساحلية يبلغ ٤,٠ ملليجرام/لتر، ويكون مثالي عند ٥,٠ ملليجرام/لتر لعمل النظام البيئي على الوجه الأمثل (Hamed, et al., 2017)، وهذا ما يتوافر بساحل الزعفرانة.

٦- الخصائص الديناميكية لمياه خليج السويس:

تتمثل الخصائص الديناميكية لمياه الخليج في المد والجزر والأمواج والتيارات البحرية، والتي تعد من أهم عوامل التعرية البحرية المسؤولة عن تشكيل الظواهر الجيومورفولوجية الساحلية، وفيما يلي عرض لدور كل عامل منها، وتأثيره على ساحل منطقة الدراسة:

أ- المد والجزر:

تتأثر عمليات المد والجزر بساحل منطقة الدراسة بخصائص خليج السويس من حيث الاتساع وعمق المياه والامتداد، حيث يتميز بأنه بحر ضحل كبير مستطيل شبه مغلق، أبعاده لا تزيد على ٣٠٠ كم طولاً و ٥٠ كم عرضاً في أوسع نقطة له، ومتوسط عمق ٥٠ مترًا، لذا فحركتي المد والجزر به أكثر وضوحًا من ساحل البحر الأحمر. ويعد المد والجزر نصف اليومي، هو النمط السائد في خليج السويس، حيث يوجد فرق قدره ٦ ساعات بين وقت المد العالي في الأطراف الجنوبية والشمالية للخليج، أى عندما يكون المد العالي في شمال الخليج، يكون الجزر في جنوبه. ويتسم المد والجزر بالخليج بأنه متذبذب، حيث يتناقص مدى المد والجزر من مدخل الخليج باتجاه ساحل الطور، حيث يصل إلى قيمة صغيرة جدًا، ثم يزداد مرة أخرى إلى حوالي ١,٥ مترًا في السويس (Rady, et al., 1998). ولدراسة مستويات المد والجزر علي ساحل منطقة الدراسة تم الاعتماد علي محطات

السويس والزعفرانة، فوجد أن مستويات المد بمحطة الزعفرانة عام ٢٠١٨ تراوحت بين ١,١ و ١,٨م، بينما تراوحت مستويات الجزر بين -٠,٢ و ٠,٨م، وتراوح المدى بين المد والجزر بين ٠,٨ و ١,٦م (شليبي، ٢٠١٩)، أما عن محطة السويس فتراوحت مستويات المد بين ١,٥٥ و ١,٩٠م بمتوسط عام ١,٧٥م، بينما تراوحت مستويات الجزر بين ٠,٣٥ و ٠,٧٠م بمتوسط عام ٠,٥٤م، أما عن المدى فتراوح بين ١,٥٠ و ٢,١٠م وهو بذلك يسجل أعلى مدى على مستوى جميع السواحل المصرية (صاير، ٢٠٠٧).

وتلعب تيارات المد والجزر دورًا مؤثرًا في تشكيل ساحل منطقة الدراسة، وخاصة في المناطق المنخفضة، والخلجان الضحلة الضيقة التي تتوزع على طول خط الساحل، فحين تحتشد مياه المد في تلك المناطق، فإنها تلتطم صخور سواحلها وتمارس فعلها كعامل نحت وتكوين قنوات سفلى في الجروف، وكعامل نقل وإرساب مكونة السبخات ومسطحات المد والقنوات المدية والبرك الضحلة وغيرها من الظواهر الإرسابية بساحل منطقة الدراسة.

ب . الأمواج:

تعد الأمواج من عوامل التعرية البحرية الرئيسية المشكلة لظواهرات خط الشاطئ، ويتوقف تأثيرها على اتجاه وسرعة الرياح وفترة هبوبها، وطبيعة تضاريس الساحل نفسه وتركيبه الصخري، لذا يختلف تأثيرها على طول خط الساحل بمنطقة الدراسة من قطاع لآخر.

بلغ المتوسط العام لارتفاع الأمواج بساحل خليج السويس ككل ٠,٤٤ مترًا في الفترة من ١٩٩٨ إلى ٢٠٠٥ (محمود، ٢٠١٦)، وقد استأثرت الأمواج التي يقل ارتفاعها عن ٢,٥م بمفردها ٨٨,٠٪ من إجمالي الأمواج المندفعة نحو الساحل بمحطة السويس، وشغلت الأمواج العالية التي يتراوح ارتفاع أمواجها بين ٢,٥ و ٤,٠ م نسبة ١٠,٠٪، والنسبة المتبقية شغلتها الأمواج العاصفة والتي لم تتجاوز ٢,٠٪ (صالح، ١٩٩٥)، وتراوحت مدة تردد الأمواج بخليج السويس بصفة عامة بين ١,٢ و ٧ ثوان، بمتوسط عام ٣,٩ ثانية، وإن اختلفت ما بين فصلي الشتاء والصيف في محطة السويس بصفة خاصة، حيث تراوحت بين ٢,٥ و ٣ ثانية في فصل الشتاء، وبين ثانية و ٥ ثواني في فصل الصيف (محمود، ٢٠١٦)، وبناءً على ذلك فساحل منطقة الدراسة يصنف من المناطق منخفضة الطاقة، كما أنه يتسم بالأمواج القصيرة والمتكسرة.

وقد لعبت خصائص خليج السويس دوراً مهماً في تحديد طبيعة خصائص الأمواج بمنطقة الدراسة، ومدى قوتها وارتفاعاتها، وكونها أمواج نحت أم إرساب، وانعكس أثر ضيق الخليج، وضحالة مياهه أمام خط الساحل بمنطقة الدراسة في ضعف قوة الأمواج وانخفاض سرعتها وتكسرها بعيداً عن خط الشاطئ، إذ تصل ضعيفة للشاطئ غير قادرة على النحت، حيث أن هناك ارتباط قوى بين طول الموجة وقوتها وعمق المياه، وزاد من ضعف الأمواج بساحل منطقة الدراسة امتداد الأطر المرجانية بموازاة خط الساحل، بالإضافة إلى تأثير تضاريس الساحل، فمعظم الأمواج المتولدة من الرياح الشمالية والشمالية الغربية السائدة طول العام تسير موازية لخط الساحل، وهذا يفسر سيادة الأشكال الإرسابية على طول خط الساحل بمنطقة الدراسة نتيجة لطبيعة أمواجها البناءة، وذلك باستثناء بعض القطاعات المتعامدة على فعل الأمواج، والتي تتمثل في قواعد الجروف وخاصة النشطة منها، والروؤوس البحرية مكونة بعض التجويفات وغيرها من أشكال النحت المختلفة.

ج . التيارات المائية:

تؤدي حركة التيارات البحرية المختلفة دوراً كبيراً في التأثير على شكل الساحل، والتغيير في جيومورفولوجية ظاهراته.

وتشبه حركة التيارات البحرية حركة الهواء في الغلاف الغازي، وتتسبب تبعاً لتنوع الخصائص الطبيعية والكيميائية لمياه البحر؛ فعندما ترتفع كثافة مياه البحر (ارتفاع حرارة ونسبة الأملاح) تنتقل مياه البحر من المسطحات المائية الأعلى كثافة إلى الأقل كثافة (حسن سيد أبو العينين ، ١٩٨٩).

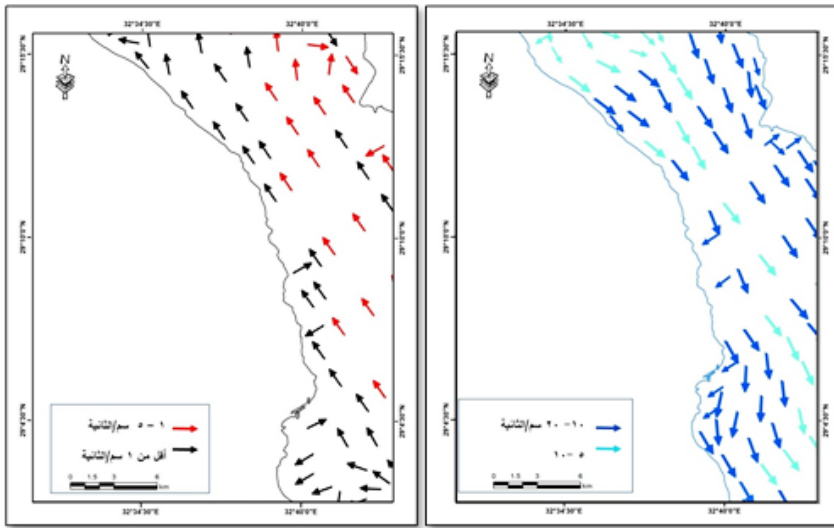
وأهم هذه التيارات تأثيراً التي تصطدم بميل مع الشاطئ ، وكلما كانت زاوية الميل كبيرة، زادت شدة وسرعة التيارات المائية الناتجة، وبالتالي قدرتها على النقتيت والنحت، والتي يمكن دراستها على النحو الآتي :

تأثير الرياح الشمالية الغربية والجزر على التيارات المائية بمنطقة الزعفرانة:

يتبين من الشكل (١٠) وجود تباين في سرعة واتجاهات التيارات المائية التي تتولد في حالة تأثير الرياح الشمالية الغربية والجزر، حيث تراوحت سرعة التيارات المائية بالمناطق المجاورة لخط الشاطئ بمنطقة الدراسة، والتي تبدأ من خط عمق ١٠ متر شكل (١٢) تحت

مستوى سطح البحر، وخط الشاطئ بين ٥ و ٢٠ سم/الثانية ، في حين تصل سرعة التيارات المائية بعد تجاوزها خط عمق ٢٠ متر تحت سطح البحر في بعض المناطق، خاصة في وسط الخليج إلى ٥ و ١٠ سم /الثانية .

كما يتضح من الشكل (١٠) وجود تباين كبير في اتجاهات التيارات المائية بصفة عامة، حيث تأخذ اتجاه شمال غرب - جنوب شرق، خاصة في المناطق التي تقع بعد خط كنتور ١٠ متر تحت سطح ، فبعضها ينحرف اتجاه خط الشاطئ أى تأخذ اتجاه شرق - غرب في القطاع الشمالي والأوسط لمنطقة الدراسة.

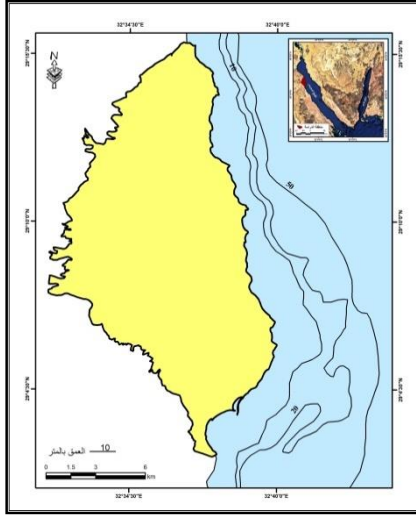


- Soliman , and Sharaf El-Din, 1995, p10.

شكل (١١) تأثير الرياح الشمالية الغربية في حالة المد على التيارات المائية

-Soliman, and Sharaf El-Din, 1995, p13

شكل (١٠) تأثير الرياح الشمالية الغربية في حالة الجزر على التيارات المائية



المصدر: اعتمادًا على الخرائط الطبوغرافية مقياس ١:٥٠٠٠٠ باستخدام برنامج ArcGIS 10.8.

(شكل ١٢) خريطة الاعماق بمنطقة الدراسة

. تأثير الرياح الشمالية الغربية والمد على التيارات المائية بمنطقة الزعفرانة:

يتبين من الشكل (١١) وجود تباين في سرعة واتجاهات التيارات المائية التي تتولد في حالة تأثير الرياح الشمالية الغربية والمد، حيث تراوحت سرعة التيارات المائية بالمناطق المجاورة لخط الشاطئ بمنطقة الدراسة، والتي تبدأ من خط عمق ١٠ متر (شكل ١٢) تحت مستوى سطح البحر، وخط الشاطئ بين أقل من ١ سم/الثانية و ٥ سم/الثانية، في حين ارتفعت سرعة التيارات المائية بعد تجاوزها خط عمق ٢٠ متر تحت سطح البحر، حيث تراوحت بين ١,٠٠ سم/الثانية و ٥ سم/الثانية فأكثر، كما يتضح من الشكل (١١) وجود تباين كبير في اتجاهات التيارات المائية بصفة عامة، حيث تأخذ اتجاه جنوب شرق - شمال غرب خاصة في المناطق التي تقع بعد خط كنتور ١٠ متر تحت سطح البحر وخط الشاطئ، وبعضها ينحرف اتجاه خط الشاطئ أي تأخذ اتجاه شرق - غرب بالقطاع الأوسط لمنطقة الدراسة

ويتضح من دراسة التيارات المائية في حالة تأثير الرياح الشمالية الغربية في حالتها المد بمنطقة الدراسة، وجود تباين كبير سواء في سرعة التيارات المائية أو اتجاهاتها، حيث لوحظ وجود بعض التيارات المائية تأخذ اتجاه خط الشاطئ وهو شمال غرب - جنوب شرق في حالة الجزر أي موازية له، وجنوب شرق - شمال غرب في حالة المد، وبعضها ينحرف باتجاه خط الشاطئ بزاوية ميل مع خط الشاطئ، وبعضها عمودي عليه، وتعد

الحالة الثانية وهى انحراف الرياح بزواوية ميل مع خط الشاطئ من أكثر الحالات تأثيرًا على عمليات النحت، حيث تقوم التيارات المائية بعمليات النحت ونقل الرواسب معًا، ويتضح ذلك بالقطاع الشمالى والأوسط لمنطقة الزعفرانة، أكثر من القطاع الجنوبى، وهو ما يؤدي إلى زيادة معدلات النحت في القطاع الشمالى والأوسط لمنطقة الدراسة بالرغم من انخفاض سرعة التيارات المائية.

ثانيًا - منهجية استنباط التغيرات والظواهرات الهيدروجيومورفولوجية بمنطقة الزعفرانة

يعد النطاق الساحلى أكثر مناطق سطح الأرض تعرضًا للتغير الهيدروجيومورفولوجى السريع، والذي يمكن إدراكه على مدى زمنى قريب، وذلك نظرًا لما يميز هذه المناطق من ضيق امتدادها مقارنة بغيرها من الأقاليم اليابسة من جانب، ونتيجة لتعدد عوامل التشكيل التي تتناولها بالتعديل والتشكيل بحرية كانت أم قارية أم ريحية من جانب آخر (الكومى، ٢٠١٦).

١- المؤشرات الطيفية لتحديد تغيرات خط الشاطئ.

٢- المؤشرات الطيفية لتحديد بعض الظواهرات الهيدروجيومورفولوجية.

وفيما يلي دراسة تفصيلية لذلك.

١- المؤشرات الطيفية لتحديد تغيرات خط الشاطئ:

تعد تقنيات الاستشعار عن بعد واحدة من أهم وسائل كشف التغيرات، خاصة في المناطق الساحلية، وذلك نظرًا لتعدد أدوات وتقنيات كشف التغير مثل (Change Detection) ومؤشر (NDWI) Normalized Difference Water Index، ومؤشر (MNDWI) Modified Normalized Difference Water Index وهو المؤشر المعدل للمؤشر (NDWI).

وقد تم تحديد خط الشاطئ من خلال التطبيق على المرئيات الخاصة بالقمر الصناعى (TM) LandSat 5 لعام ١٩٨٥ من خلال قسمة قيمة الانعكاس في الخلايا في المجالات الطيفية الحرارية، والحمراء وتحت الحمراء، والقريبة منها، (Green) Band2 على قيم (Near Infrared) Band4، بينما المرئيات الخاصة بالقمر الصناعى (ETM) 8

Landsat تم قسمة Band5 على Band2 ، حيث تعتمد تقنية Band Ratio على معالجة مشكلة الأخطاء المحتملة عند تحديد خط الشاطئ، حيث تعتمد على المعالجة الرياضية لبعض النطاقات الطيفية، فهي عبارة عن نماذج رياضية Models Mathematical تساعد على تمييز خط التماس بين كتل الماء واليابس المجاور لها فتعطي أعلى تمايز مكاني لخط الشاطئ.

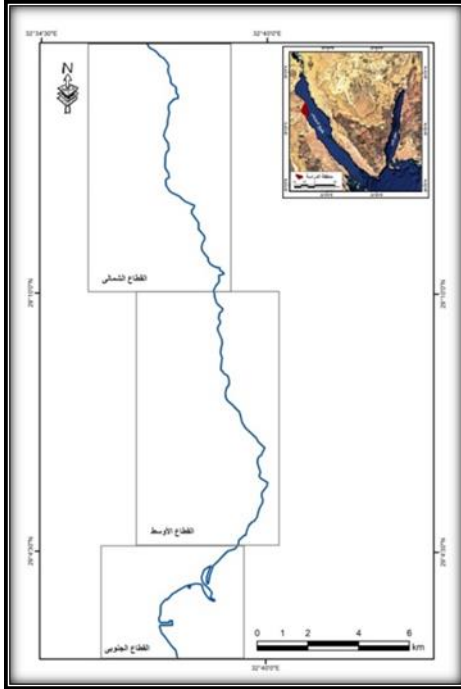
ويعبر التمييز الطيفي عن القدرة على تسجيل الإشعاعات المنعكسة من مكونات البيئة في مجالات طيفية متعددة، ومحددة بعرض النطاق الطيفي أهمها الأشعة الحمراء Infrared والأشعة تحت الحمراء القريبة والأشعة الحمراء الحرارية، Thermal Infrared وهذه القدرة تجعل تمييز مكونات البيئة مثل التربة والنبات ممكناً وذلك لاختلاف الاستجابة الطيفية Spectral Response لكل منها (النهري، ٢٠١٤).

➤ تم حساب مؤشر (MNDWI) كالتالي (McFeeters, 1996):

$$\text{MNDWI} = (\text{Green} - \text{SWIR1}) / (\text{Green} + \text{SWIR1})$$

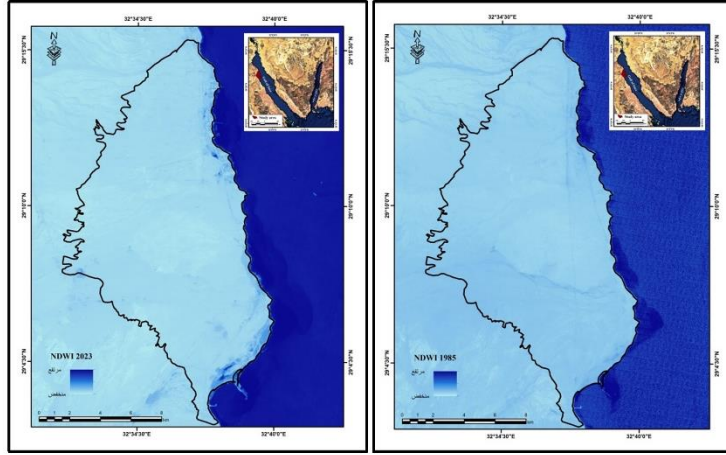
ولتطبيق مؤشر MNDWI تم تقسيم منطقة الزعفرانة إلى ثلاثة قطاعات وهي

القطاع الشمالي والقطاع الأوسط والقطاع الجنوبي شكل (١٣).



المصدر: اعتمادًا على المرئية الفضائية Landsat 8 لعام ٢٠٢٣م

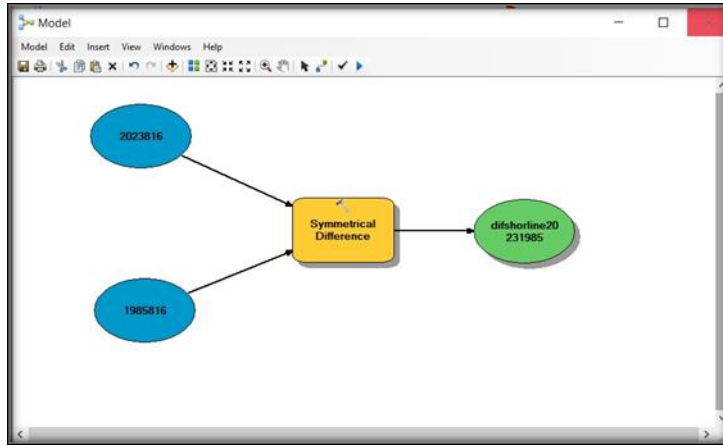
(شكل ١٣) قطاعات منطقة الزعفرانة



المصدر: اعتمادًا على المرئيات الفضائية Landsat لعامي ١٩٨٥ و ٢٠٢٣م، باستخدام برنامج Arc GIS

شكل (١٤) تطبيق مؤشر (MNDWI) بمنطقة الزعفرانة خلال المدة من ١٩٨٥ إلى ٢٠٢٣م

وقد تم عمل نموذج **Symmetrical Difference** من خلال تحديد خط الشاطئ للمرئيات المتباينة زمنيًا، من أجل الحصول على مقدار ومعدل التغيير الناتج عن عمليتي النحت والإرساب (شكل ١٥).



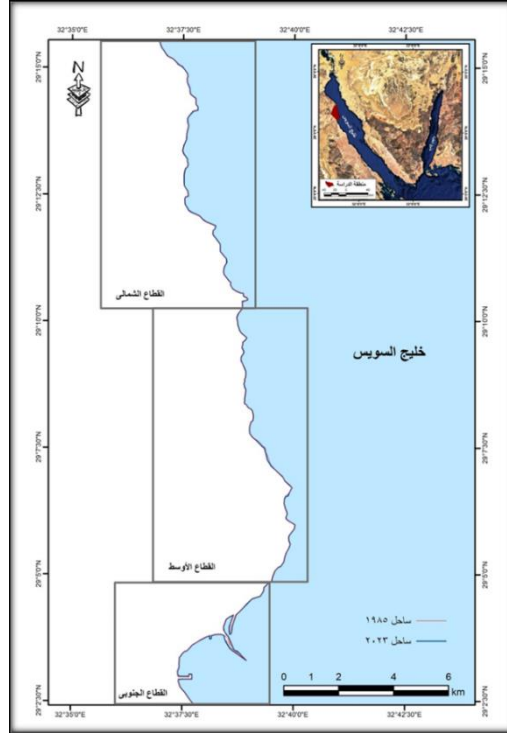
المصدر: اعتمادًا على المرئيات الفضائية Landsat لعامي ١٩٨٥ و ٢٠٢٣م، باستخدام برنامج Arc GIS 10.8

شكل (١٥) نموذج **Symmetrical Difference**

وبناءً على المدخلات السابقة تم تتبع ورصد التغييرات التي طرأت على خط الساحل

كالتالي:

أ. التغيير في طول خط الساحل بمنطقة الدراسة خلال المدة من ١٩٨٥ إلى ٢٠٢٣ م:
تم تقسيم منطقة الدراسة لثلاثة قطاعات، حيث يتعرض خط الشاطئ للتغيير في طوله ما بين تقدم داخل البحر وتراجع داخل اليابس كالآتي:



المصدر: اعتمادًا على المرئيات الفضائية Landsat لعامي ١٩٨٥ و ٢٠٢٣م، باستخدام برنامج Arc GIS 10.8

شكل (١٦) التغيير الخطي لموقع خط الشاطئ في الفترة من (١٩٨٥-٢٠٢٣م)

- **القطاع الشمالي:** يبلغ طوله ١٢٢١٩ مترًا لعام ١٩٨٥م، بينما تغير طوله لعام ٢٠٢٣م حيث بلغ ١٢١٦٩ مترًا وذلك بفارق -٥٠ مترًا وبمعدل تغير -١,٣ مترًا/السنة، ويرجع التناقص في طول خط الساحل بهذا القطاع إلى سيادة عمليات النحت البحري في الجزء الشمالي من هذا القطاع.
- **القطاع الأوسط:** بلغ طول خط الساحل ١١٩١٣ مترًا لعام ١٩٨٥م، بينما بلغ ١١٧٦٠ مترًا عام ٢٠٢٣م، بمعدل تغير سنوي لطول خط الشاطئ نحو -٤م/السنة،

وذلك بفارق -١٥٣ متراً، ويرجع ذلك لعمليات النحت البحري والتي تتركز في الجزء الشمالي والأوسط من هذا القطاع.

➤ **القطاع الجنوبي:** بلغ طول خط الساحل ١٢٥٠٦ متراً لعام ١٩٨٥م حيث تعرض للتناقص فبلغ ١٢٣٠٦ متراً عام ٢٠٢٣م، وهو أكبر القطاعات تغيراً بمعدل بلغ -٥,٣ متراً/السنة، بفارق -٢٠٠ متراً، ويرجع ذلك إلى التدخل البشرى بتثبيت الحواجز الخاصة بالمنطقة العسكرية لإرساء السفن، رغم ارتفاع معدلات الإرساب بهذا القطاع (بالإضافة إلى تقطع اللسان الرملي إلى أجزاء).

يتضح مما سبق أن ساحل منطقة الزعفرانة يتعرض للتغير بشكل عام حيث بلغ طول خط الساحل لعام ١٩٨٥م ٣٦٦٣٨م، تناقص بشكل عام إلى ٣٦٢٣٥م لعام ٢٠٢٣م بفارق -٤,٣م بمعدل تغير -١٠,٦م/السنة.

جدول (٩) تغير طول خط الشاطئ ومعدله السنوي في المدة من ١٩٨٥ إلى ٢٠٢٣م.

معدل التغير السنوي/متر	الفرق/متر	طول خط الشاطئ م		القطاع
		٢٠٢٣م	١٩٨٥م	
-١,٣	٥٠-	١٢١٦٩	١٢٢١٩	القطاع الشمالي
-٤	١٥٣-	١١٧٦٠	١١٩١٣	القطاع الأوسط
-٥,٣	٢٠٠-	١٢٣٠٦	١٢٥٠٦	القطاع الجنوبي
-١٠,٦	٤٠٣-	٣٦٢٣٥	٣٦٦٣٨	الإجمالي

المصدر: اعتماداً على شكل (١٦).

ب. **التغير في موقع خط الساحل بمنطقة الدراسة خلال المدة من ١٩٨٥ إلى ٢٠٢٣م:** يتضح من الشكل (١٧) والجدول (١٠) أن خط الساحل يتعرض للتغير بشكل عام حيث بلغ متوسط صافي التغير بمنطقة الزعفرانة ٤,٤ متراً بمعدل سنوي بلغ ١,١ متراً/السنة، مما يشير إلى الزيادة النسبية للتقدم نحو البحر بشكل عام.

جدول (١٠) التغيير الخطي لموقع خط الشاطئ ومعدله السنوي بمنطقة الزعفرانة في
المدة من ١٩٨٥ إلى ٢٠٢٣م.

معدل صافي التغيير متر/السنة	صافي التغيير/متر	معدل التغيير السنوي/متر		مقدار التغيير والتراجع/متر		القطاع
		أقصى تراجع	أقصى تقدم	أقصى تراجع	أقصى تقدم	
٠,٠٤-	١,٥-	٠,٧٩	٠,٧٥	٣٠,١	٢٨,٦	القطاع الشمالي
٠,٩٠-	٣٤,١-	١,٦	٠,٧	٥٩,٥	٢٥,٤	القطاع الأوسط
٢,٣	٨٥,٧	٠	٢,٣	٠	٨٥,٧	القطاع الجنوبي
١,١	٤٠,٤	٠,٨	١,٣	٢٩,٨	٤٦,٦	المتوسط

المصدر: اعتماداً على شكل (١٧).

- **القطاع الشمالي:** يتعرض القطاع الشمالي للتقدم نحو البحر بمعدل بلغ ٠,٧٥ مترًا/السنة، ومعدل تراجع بلغ ٠,٧٩ مترًا/السنة، ويبلغ صافي التغيير بالقطاع الشمالي نحو -١,٥ مترًا، ويعد هذا القطاع أقل القطاعات تغييرًا بمنطقة الدراسة حيث بلغ معدل صافي التغيير -٠,٠٤ مترًا/السنة.
- **القطاع الأوسط:** أكثر القطاعات التي تتعرض للتراجع نحو اليابس حيث بلغ صافي التغيير -٣٤,١ مترًا بمعدل -٠,٩٠ مترًا/السنة.
- **القطاع الجنوبي:** يعد هذا القطاع أكبر القطاعات تقدمًا نحو البحر حيث بلغ صافي التغيير ٨٥,٧ متر، بمعدل ٢,٣ مترًا/السنة، حيث بلغ أقصى تقدم نحو البحر ٨٥,٧ متر، ويخلو هذا القطاع من عمليات التراجع البحري.

ج. التغيير في معدلات النحت والإرساب بمنطقة الدراسة خلال المدة من ١٩٨٥ إلى ٢٠٢٣م:

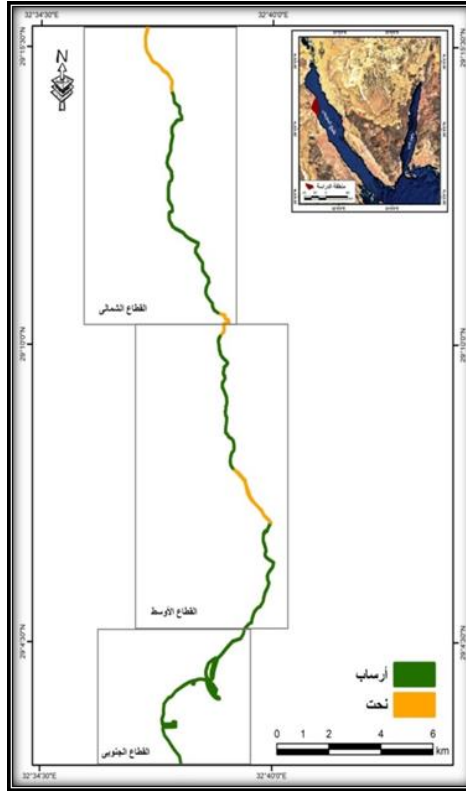
تتباين معدلات النحت والإرساب بالقطاعات المختلفة بمنطقة الدراسة، حيث بلغ إجمالي المعدل السنوي للنحت ٢,٦٩م^٢/السنة، بينما بلغ معدل الإرساب ٧,١٣م^٢/السنة، مما يشير إلى ارتفاع معدلات الإرساب بمنطقة الدراسة بشكل عام، ويتضح من شكل (١٧) والجدول (١١) ما يلي:

➤ **القطاع الأول:** بلغت مساحة الإرساب بهذا القطاع ١١٥,٥٣٠م^٢، بمعدل ٣,٠٢م^٢/السنة، وهو بذلك يتفوق على مساحة ومعدل النحت، والذي بلغ ٤٢,٦٤٩م^٢

بمعدل ١,١٢م^٢/السنة، وترجع زيادة معدلات الإرساب بهذا القطاع إلى انتشار القرى السياحية، وردم واقتطاع أجزاء من الشعاب المرجانية على حساب البحر، بينما تعرض الجزء الشمالى من هذا القطاع إلى عمليات النحت بسبب تعامد التيارات البحرية على خط الشاطئ وعمق المياه.

- **القطاع الأوسط:** بلغت مساحة الإرساب بهذا القطاع ٨٣,٧٠٠م^٢، والنحت ٥٩,٤١٠م^٢ وصافى التغير ٢٤,٣م^٢ بمعدل ٠,٦٤م^٢، حيث ترتفع فيه معدلات الإرساب عن معدلات النحت، حيث بلغت نحو ٢٢,٢٠م^٢/السنة و٢١,٥٦م^٢/السنة على التوالي، وترجع أسباب زيادة معدلات الإرساب بهذا القطاع لنفس أسباب القطاع الأول، نظرًا لتشابه ظروفهما.
- **القطاع الجنوبى:** يتميز هذا القطاع بسيادة معدلات الإرساب بمعدل بلغ ٤,٥٩م^٢/السنة، بمساحة ١٧٣,٩١٤م^٢، نظرًا لهدوء الأمواج، ومرور التيارات البحرية بموازاة خط الشاطئ.

تتباين معدلات النحت والإرساب بمنطقة الدراسة حيث بلغت مساحة النحت ٣٧٣,١٤٤م^٢ بطول ٦٣٦٢م، والإرساب ١٠٢,٠٥٩م^٢ بطول ٢٩٨٧٣م، وصافى تغير ٢٧١,١م^٢ ومعدل تغير ٧,١٣م^٢/السنة، مما يشير إلى سيادة عمليات الإرساب، والتي تظهر بشكل واضح بالقطاع الجنوبى لمنطقة الدراسة، بينما تظهر مواضع النحت بالقطاع الشمالى، والقطاع الأوسط.



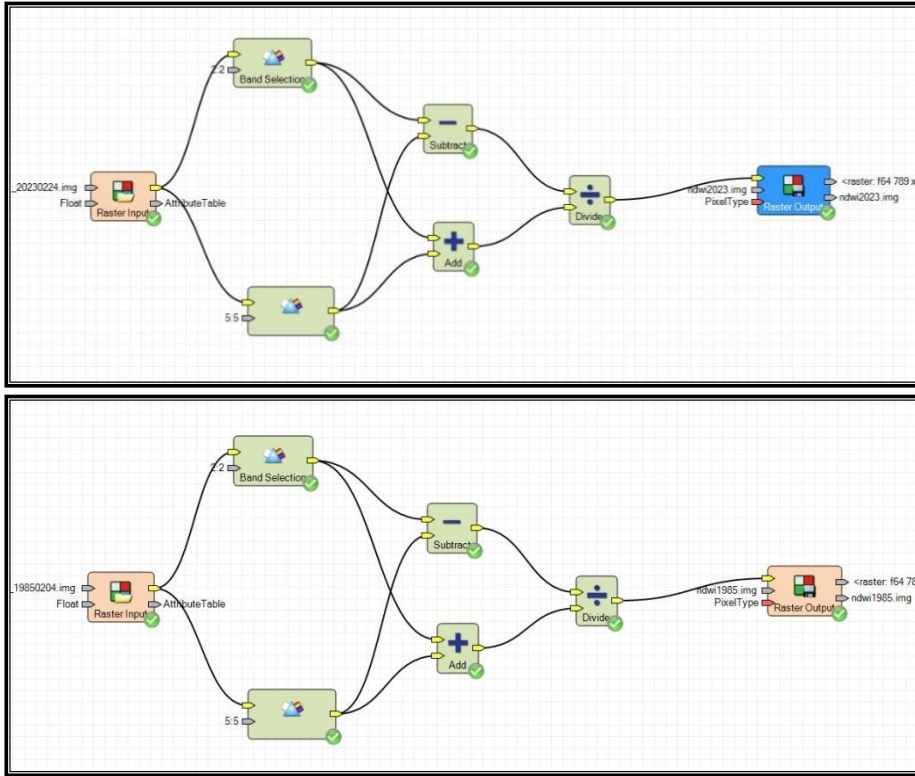
المصدر: اعتمادًا على المرئيات الفضائية Landsat لعامي ١٩٨٥ و ٢٠٢٣م، باستخدام برنامج Arc GIS 10.8

شكل (١٧) مواضع النحت والإرساب بمنطقة الزعفرانة خلال المدة من ١٩٨٥م إلى ٢٠٢٣م

جدول (١١) تغير معدلات النحت والإرساب بمنطقة الدراسة في الفترة من ١٩٨٥ إلى ٢٠٢٣م.

المعدل السنوي/م ^٢	المعدل السنوي لصافي التغير/م ^٢	صافي التغير/م ^٢	مساحة النحت والإرساب م ^٢		القطاع	
			نحت	إرساب		
١,١٢	٣,٠٤	١,٩٢	٧٢,٩	٤٢,٦٤٩	١١٥,٥٣٠	القطاع الشمالي
١,٥٦	٢,٢٠	٠,٦٤	٢٤,٣	٥٩,٤١٠	٨٣,٧٠٠	القطاع الأوسط
٠,٠٠	٤,٥٨	٤,٥٨	١٧٣,٩	-	١٧٣,٩١٤	القطاع الجنوبي
٢,٦٩	٧,١٣	٧,١٣	٢٧١,١	١٠٢,٠٥٩	٣٧٣,١٤٤	الإجمالي

المصدر: اعتمادًا على شكل (١٧)



المصدر: اعتمادًا على المرئيات الفضائية Landsat لعامي ١٩٨٥ و ٢٠٢٣م، باستخدام برنامج Erdas Imagine 2020

شكل (١٨) نموذج لتغير خط الساحل

٢- المؤشرات الطيفية لتحديد بعض الظواهر الهيدروجيولوجية بمنطقة الزعفرانة: تم الاعتماد على العديد من المؤشرات التي تساعد في تحديد بعض الظواهر الهيدروجيولوجية وذلك على النحو التالي (شكل ١٩):

أ - مؤشر الملوحة لتحديد السبخات بمنطقة الدراسة خلال المدة من ١٩٨٥ إلى ٢٠٢٣م ، حيث أن جميع مؤشرات الملوحة تعتمد على استخدام أربع قنوات طيفية، وهم: النطاق الأحمر والأخضر والأزرق، بالإضافة نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة، ويرجع ذلك إلى شدة انعكاس الموجات المرئية وتحت الحمراء القريبة عند اصطدامها بالأملاح.

تم حساب مؤشر الملوحة (SI) (Mousavi et al., 2017):

حيث أن: SI مؤشر الملوحة، G النطاق الأخضر، R النطاق الأحمر، B النطاق الأزرق .

$$SI = \frac{G \times R}{B}$$

ب . مؤشر النبات NDVI فهو من أشهر المؤشرات التي تستخدم لدراسة النبات Normalized Difference Vegetation Index (الذي يتأثر فيه الانعكاس بعملية التمثيل الضوئي، ويعني معاملات مثل كمية الغطاء النباتي والكتلة الحيوية والإنتاجية (الجميلي، ٢٠٢٠).

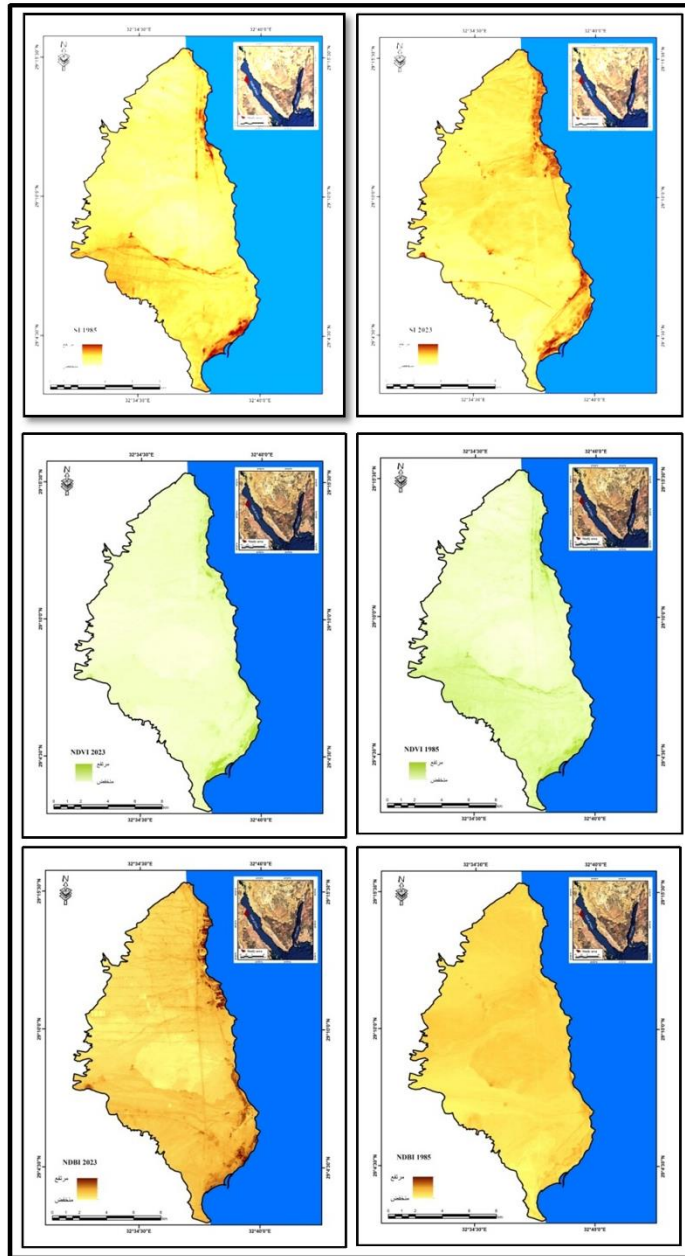
$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$$

حيث أن: NDVI مؤشر الدليل الخضري ، NIR نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة ، Red نطاق الأحمر.

ج. مؤشر المباني NDBI :

وهو اختصار Normalized Different Built-Up Index ويستخدم هذا المؤشر في تحديد المناطق الحضرية أو المبنية، فهو يساعد في استخلاص الكتلة العمرانية، وهو مهم في عمليات الرصد الحضري، ويستخدم نطاق الأشعة تحت الحمراء NIR وتحت الحمراء القصيرة SWIR ، ويتم حسابه من خلال تطبيق المعادلة التالية:

$$NDBI = (SWIR - NIR) / (SWIR + NIR)$$



المصدر: اعتمادًا على المرئيات الفضائية Landsat لعامي ١٩٨٥ و ٢٠٢٣م،
 باستخدام برنامج Erdas Imagine 2020

(شكل ١٩) المؤشرات الطيفية لتحديد بعض الظواهر الهيدروجيومورفولوجية

بمنطقة الزعفرانة

ثالثاً: تحليل الخريطة الرقمية للظواهر الهيدروجيومورفولوجية بمنطقة الزعفرانة:

تمثل تقنيات الحيوانفورماتيكس بما تتضمنه من تكامل بيانات الاستشعار RS وبناء قواعد بيانات مكانية Spatial data base للظواهر الهيدروجيومورفولوجية وتحديد أماكنها بواسطة النظم العالمية لتحديد المواقع GPS، وأخيراً تقنيات الذكاء الاصطناعي وهو من أهم الركائز الحديثة في متابعة تغير ورصد الظواهر الهيدروجيومورفولوجية .

وقد تم الاعتماد في هذا البحث على استخدام المرئيات الفضائية ونظم المعلومات الجغرافية والنمذجة، بالإضافة إلى أدوات الذكاء الاصطناعي، وما يعتمد عليه من خوارزميات معالجة المرئيات الفضائية وتصنيف بصماتها الطيفية، للتوصل إلى نتائج أكثر دقة عن ملامح سطح الأرض الطبيعية والبشرية بمنطقة الزعفرانة، حيث تساعد هذه التقنيات في عملية رصد وتقييم التغيرات الطارئة على الغطاء الأرضي عامة، والبشري منه على وجه الخصوص، وقد تم اعتماد آلية نظام الدعم الآلي الخطي (الإتجاهي) Support Vector Machine (SVM)، باعتبارها إحدى طرق التصنيف الموجه للبيانات المكانية المستشعرة، وهي إحدى تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الدراسات الجيومورفولوجية التطبيقية، لاسيما في مجال رصد وتقييم تغير الغطاء الأرضي (الكومي، ٢٠١٦).

وطريقة نظام الدعم الآلي الخطي (الإتجاهي) Support Vector Machine (SVM)، تحتوي على عدة عناصر ومكونات (سعد، ٢٠٢٣) تم تطبيقها في الدراسة، وهي كما يلي:

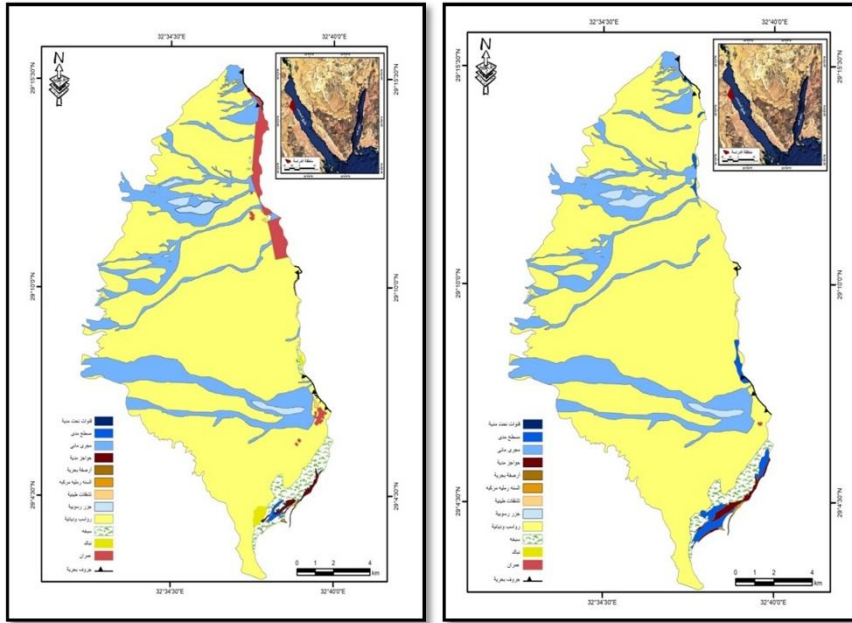
مجموعة التصنيف (Clusters Classification): هي من فئات التصنيف الخاصة بالغطاء الأرضي الذي تشمله المرئية الفضائية، وتتكون هذه المجموعة من عدة خلايا تتشابه في خصائصها الطيفية، وتمتلك تعريف مكاني لها (X, Y Coordinates).

الاتجاه الداعم (Support Vector): هو الخط الذي يمثل نهاية كل تجمع للبيانات من نوع واحد (فئة التصنيف أ، ب)، ويحدده أقرب نقطة (Vector) منتمة إلى إحدى الفئات على جانبي المستوى الحاجز، ويعتمد على هذا الخط في تدعيم الفصل بين كل فئتين متجاورتين من فئات التصنيف.

مستوى الحجز الأمثل (Optimal Hyper plane): وهو الخط الذي يمثل المستوى الفاصل بين أقرب نقطتين، أي فئتين متجاورتين، وينصف هذا المستوى المسافة الممتدة بين هاتين النقطتين.

الهامش الأقصى (Max Margin): وهو النطاق المساحي الفاصل بين فئتين متجاورتين من الخلايا، وهو نطاق يتمتع فيه آلياً وجود أي تداخل بين الخلايا المنتمية للفئات المتجاورة، وهو نقطة تميز هذا النظام في التصنيف، حيث يقوم رياضياً بحسم انتماء أي خلية موجودة إلى أي من الفئات المتجاورة، دون وجود أي خطأ في عملية التصنيف.

وقد تم التوصل من تطبيق هذه التقنيات مع المؤشرات الطبيعية إلى وجود تنوع في الظواهر الهيدروجيومورفولوجية سواء الناتجة عن النحت أو الإرساب تميز منطقة الزعفرانة، أمكن رصدها وتتبع تغيراتها وفق تلك التقنيات، وسوف يتم تناولها على النحو التالي (شكل ٢٠):



المصدر: اعتماداً على المرئيات الفضائية لـ Landsat لعامي ١٩٨٥ و ٢٠٢٣م، باستخدام برنامج Arc GIS 10.8، والدراسة الميدانية

شكل (٢٠) رصد تغيرات الظواهر الهيدروجيومورفولوجية بمنطقة الزعفرانة

جدول (١٢) تغير مساحة الظاهرات الهيدروجيومورفولوجية بمنطقة الزعفرانة

معدل التغير	صافي التغير	المساحة		الظاهرة
		المساحة ٢٠٢٣م ^٢	المساحة ١٩٨٥م ^٢	
0.047	1.800	5.500	3.700	سيخة
0.000	-0.008	0.092	0.100	لسان رملي
0.003	0.095	0.095	0.000	تشققات طينية
0.013	0.500	2.800	2.300	جزر رسوبية
-0.011	-0.400	0.530	0.930	حاجز مدى
-0.097	-3.687	133.318	137.005	رواسب وديانية
0.005	0.179	0.180	0.001	قنوات نحت مدية
-0.064	-2.440	0.260	2.700	مسطح مدى
-0.008	-0.300	31.000	31.300	مجرى مائي
0.014	0.525	0.530	0.005	نباك
0.107	4.070	4.100	0.030	عمران
0.009	0.334	178.405	178.071	الإجمالي

المصدر: اعتماداً على المرئيات الفضائية Landsat لعامي ١٩٨٥ و ٢٠٢٣م، والدراسة الميدانية ٢٠٢٤.

١. الجروف البحرية:

تعد الجروف البحرية أكثر الظاهرات الجيومورفولوجية وضوحاً وانتشاراً على خط الشاطئ بمنطقة الزعفرانة، كما أنها من أهم ظاهرات النحت البحري التي يرتبط بها العديد من الظاهرات الجيومورفولوجية المصاحبة لها، ويرتبط توزيعها بصخور الحجر الرملي الدولوميتي والحجر الرملي الجيري، والكونجلوميرات مع تتابعات من الطفل.

وتتعدد العوامل التي ساهمت في تشكيل الجروف بمنطقة الزعفرانة وجاءت أهمها: طبيعة الأمواج وخاصة أمواج العواصف، ثم يليها التيارات المدية، والتيارات الشاطئية، وخصائص الصخور المشكلة لها وقابليتها لعمليات الإذابة، وكل ذلك أسفر عن حدوث التقويض السفلي في قواعد الجروف وتعرضها للنحت والتراجع وتشكيل الظاهرات المختلفة. وقد تم قياس ثلاثة قطاعات جرفية بمنطقة الدراسة منتشرة على خط الساحل، تتوزع جغرافياً على النحو التالي: واحد في شمال رأس الزعفرانة (القطاع الشمالي)، واثنان في رأس الزعفرانة، وسوف نتناول توزيعها جغرافياً، وخصائصها على النحو التالي، (جدول ١٣) و(شكل ٢١):

٢٤ ٥٣ - القطاع (١) ويقع عند تقاطع خط طول ٩٠ ٣٣ ١٥ ٢٩° شرقاً مع دائرة عرض ٣٦ ٣٢° شمالاً، ويبلغ ارتفاعه ٣,٢٥ م من منسوب سطح البحر، وطول المسافة الأرضية ٤,٧٥ م، ومتوسط درجه انحداره ٣٩,٦°، ويتألف من حجر رملي جيرى، وبناءً عليه فهو من نوع الجروف الساحلية المشطوفة التي تتألف من نوع صخرى واحد، وهو من نوع الجروف النشطة، ويكثر به الحفر والفجوات نتيجة للإذابة بفعل التجوية الكيميائية، والتي ساعدت في حدوث التقويض السفلي، وتأثره بالنحت البيولوجى، فقد لوحظ من الدراسة الميدانية انتشار الطحالب الخضراء في الطبقة السفلى له (لوحة ٦)، والتي تضعف الصخر وتجعله عرضة لتأثير الأمواج (سالم، ٢٠١٦)، وقد أكد (محسوب، ١٩٩٤) على أن الطحالب البحرية تؤثر في تقنيت الصخور بالمناطق الساحلية، وخاصة في شواطئ الشعاب المرجانية، فهي عامل مساعد في زيادة تأثير النحت البحري، بالإضافة إلى ذلك يتسم القطاع بإنشاء العديد من المباني عليه، لوقوعه في قرية سياحية وهذا ما زاد من تأثره، والدليل على ذلك انتشار وكثرة الكتل المتساقطة عند أقدامه.



المصدر : الدراسة الميدانية عام ٢٠٢٤.

لوحة (٦) الجروف البحرية بالقطاع الأول (شمال الزعفرانة)

- **القطاع (٢)** يقع عند تقاطع خط طول ٣١ ٩ ٢٩° شرقاً ودائرة عرض ٣٨ ٥٠ ٣٢° شمالاً، ويبلغ ارتفاعه ٦,٤٤م من منسوب سطح البحر، وطول المسافة الأرضية ٧,٢م، ومتوسط درجة انحداره ٥١,٦°، ويتألف من الحجر الرملي الدولوميتي، والكونجلوميرات مع تداخلات من الطفل، وذلك على شكل طبقات متفاوتة في السمك والصلابة ما بين لينة وصلبة، ويعد من الجروف النشطة التي تطل مباشرة على الخليج، ويتأثر بفعل الإذابة الكيميائية، والتي ترتب عليها عملية التقويض السفلي، وانتشار الفجوات والكهوف.

- **القطاع (٣)** ويقع عند تقاطع خط طول ٥٢ ٩ ٢٩° شرقاً ودائرة عرض ٣٨ ٥٥ ٣٢° شمالاً، ويبلغ ارتفاعه ٧,٥م من منسوب سطح البحر، وطول المسافة الأرضية ٨,٢٥م، ومتوسط درجة انحداره ٥٧,٧°، ويتكون من طبقات متباينة من الكونجلوميرات، والحجر الرملي الدولوميتي والطفلة، وهو من الجروف النشطة التي تأخذ الشكل شبه السلمي، ويمتد أمامه رصيف صخري ناتج عن تراجع، ويكثر به الحفر الذوبانية التي تمتلئ بالحصى، بالإضافة إلى الكهوف والفجوات، والكتل المتساقطة عند أقدامه (لوحة ٧)، ويرتبط وجوده برؤوس النحت البحري.



المصدر : الدراسة الميدانية عام ٢٠٢٤.

لوحة (٧) الجروف البحرية شبه السلمية بالقطاع الثالث خلال فترتي المد والجزر
 وجدير بالذكر أن جروف منطقة الدراسة لم تقتصر على الجروف النشطة فقط، ولكن كان هناك الجروف الساكنة، والتي تتميز ببعدها النسبي عن تأثير النحت البحري، وقد تم رصد جرف ساكن أثناء الدراسة الميدانية يمتد أمامه رصيف شاطئ متسع ينتهي بحافة رأسية صوب الخليج (لوحة ٨).



المصدر : الدراسة الميدانية عام ٢٠٢٤.

نوحة (٨) جرف ساكن بشمال الزعفرانة، ويمتد أمامه رصيف متسع ينتهي بحافة رأسية صوب الخليج.

أ- الخصائص الكمية العامة للجروف:

يتبين من تحليل (الجدول ١٢) أهم الخصائص الكمية العامة لقطاعات الجروف المدروسة والتي تظهر على النحو التالي:

بلغت جملة أطوال القطاعات المدروسة ٢,٢م، وتراوح أطوالها بين ٤,٧٥ م في القطاع الأول و ٨,٢٥ م في القطاع الثالث.

يتراوح ارتفاع الجروف البحرية بين ٣,٢٥م و ٧,٥ م، بمتوسط عام ٥,٧٣ م.

- يبلغ المعدل العام للانحدار ٤٩,٦٠°، ويتباين هذا المعدل من قطاع لآخر، إذ تراوح بين الانحدار الشديد والجرفي.

يسود الشكل المقعر بجميع القطاعات المدروسة، وهذا يعكس سيادة النحت البحري بجروف منطقة الدراسة الناتج عن اختلاف درجة الانحدار وتباين التركيب الصخري ونظام بنائه وتأثره بعوامل وعمليات التشكيل البحرية، والدليل على ذلك أن نسبة التحذب بلغت ٠,٧٤، مما يشير إلى سيادة نسبة التقعر على نسبة التحذب.

جدول (١٣) الخصائص الكمية العامة للجروف بمنطقة الزعفرانة

الخصائص	القطاعات	القطاع الأول	القطاع الثاني	القطاع الثالث	كل القطاعات
الطول (م)	٤,٧٥	٧,٢	٨,٢٥	٢٠,٢	
الارتفاع (م)	٣,٢٥	٦,٤٤	٧,٥	٥,٧٣	
متوسط الانحدار (بالدرجات)	٣٩,٦	٥١,٦	٥٧,٧	٤٩,٦	
الشكل العام للجروف	القيمة	٠,٧	٠,٨٩	٠,٦٢	٠,٧٤
	الدالة	مقعر	مقعر	مقعر	مقعر

المصدر: اعتمادًا الدراسة الميدانية عام ٢٠٢٤

• تحليل زوايا الانحدار:

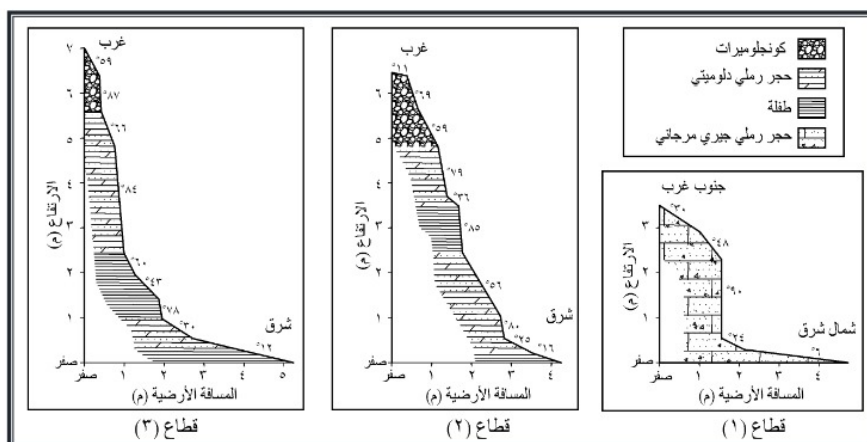
يتضح من (جدول ١٤) و (شكل ٢١) الحقائق التالية:

. سيادة الانحدارات المتوسطة والجرفية بقطاعات منطقة الدراسة، إذ بلغت ٥٦,٤ و ٢٧,٠ % على الترتيب، واختفاء العديد من زوايا الانحدار.

جدول (١٤) التوزيع التكراري لزوايا الانحدار بقطاعات منطقة الزعفرانة

فئة الانحدار	الطول بالمترا	طول %
هين (صفر - ٩°)	٠,٥	٢,٥
متوسط (١٠° - ٢٤°)	١١,٤	٥٦,٤
شديد (٢٥° - ٣٩°)	٢,٨٥	١٤,١
جرفي ٤٠° فأكثر	٥,٤٥	٢٧,٠

المصدر: اعتمادًا على الدراسة الميدانية ٢٠٢٤.



المصدر : الدراسة الميدانية عام ٢٠٢٤

(شكل ٢١) القطاعات التضاريسية للجروف البحرية بمنطقة الزعفرانة

- يتسم التوزيع التكراري لزوايا الانحدار بمنطقة الزعفرانة بأنها موزعة على جميع مجموعات زوايا الانحدار، وإن اختلفت فيما بينها في النسبة، فالانحدارات اللطيفة شكلت ٢,٥% من جملة الأطوال، ولم تظهر هذه الفئة إلا في القطاع الأول فقط في الأجزاء الدنيا من القطاع، واختفت تمامًا من القطاعين الآخرين.
- سيادة الانحدارات المتوسطة (١٠°-٢٤°) بجميع قطاعات الدراسة حيث استأثرت بمفردها على ٥٦,٤% من جملة الأطوال، ويرتبط ظهورها بأسطح الجروف كما في القطاع الثاني نظرًا للتعرية القارية وحركة المواد، وأرصفتها قطع الأمواج في القطاعين الثاني والثالث، تأثرًا بعوامل التعرية البحرية من تيارات مدية وفعل الأمواج، والزوايا المميزة لهذه الانحدارات هي (١٨°) وتشكل ٢٦% من جملة الأطوال.
- شكلت الانحدارات الشديدة (٢٥°-٣٩°) نسبة ١٤,١% من جملة الأطوال، وظهرت في القطاع الأول على سطح الجرف، وفي القطاع الثاني والثالث ظهرت في الأجزاء الدنيا منه، وارتبطت بتواجدها بمناطق التقويض.
- شكلت الانحدارات الجرفية (٤٠° فأكثر) نسبة ٢٧,٠% من جملة الأطوال، واتسمت بانتشار زواياها على طول القطاعات، في الجزء الأوسط من القطاع الأول، وعلى امتداد القطاعين الثاني والثالث.

• تحليل معدلات التقوس:

يتضح من تحليل (جدول ١٥) و(شكل ٢٢) النتائج التالية:

(جدول ١٥) خصائص التقوس بجروف منطقة الزعفرانة

العناصر المقعرة		العناصر المحدبة		فئة الانحدار	درجات التقوس
%	م	%	م		
٢,٥	٠,٥	-	-	(صفر - ٩°)	بسيط
٣٣,٤	٦,٧٥	٢٢,٨	٤,٦	(١٠° - ٢٤°)	متوسط
٦,٨	١,٣٥	٧,٤	١,٥	(٢٥° - ٣٩°)	شديد
١٥,٠	٣,٠	١٢,١	٢,٤٥	٤٠° فأكثر	جروف
٥٧,٧	١١,٦	٤٢,٣	٨,٦	الإجمالي	

المصدر: اعتمادًا على الدراسة الميدانية ٢٠٢٤.

تنقسم قطاعات جروف منطقة الدراسة بناءً على درجة التقوس إلى مجموعتين رئيسيتين: * مجموعة العناصر المقعرة (قيم التقوس السالبة): وتحتل المرتبة الأولى من حيث مجموع الأطوال التي تشغلها والتي بلغت ٨,٦ م بنسبة ٤٢,٣% من إجمالي أطوال الجروف المدروسة، وتتراوح درجات تقوسها بين ٩° - و ٦٦°، وتمثل الأجزاء السفلى بجميع قطاعات الجروف المدروسة، كما ظهرت في القطاع الثالث في طبقة الطفل المتداخلة مع الحجر الرملي الدولوميتي، نتيجة لتعرضها للنحت الشديد.

* مجموعة العناصر المحدبة (قيم التقوس الموجبة): يبلغ مجموع أطوالها ١١,٦ م بنسبة ٥٧,٧% من إجمالي أطوال الجروف المدروسة، بزوايا تقوس تراوحت بين ١٨° و ٥٨°، وارتبطت تواجدًا بالأجزاء العليا بجميع القطاعات المدروسة، وتظهر بوضوح في القطاع الأول.

ب- الظواهر الجيومورفولوجية المرتبطة بتراجع الجروف:

يرتبط بتراجع الجروف العديد من الظواهر الجيومورفولوجية وقد أمكن التعرف

على بعضها ورصدها خلال الدراسة الميدانية وفيما يلي تناولها:

➤ الكهوف البحرية:

عبارة عن حفر تم نحتها بالجروف بفعل عمليات الضغط الهيدروليكي للأمواج ساعدها في ذلك وجود الشقوق والفواصل بالجروف، بالإضافة إلى عمليات التجوية والنحت

البيولوجي، ويتميز قاع الكهف بانحداره الهين تجاه البحر (التركماني، ٢٠٠٠)، ويعد التقويض السفلي الأساس في نشأتها، ومع مرور الزمن واستمرار النحت، بفعل الأمواج والتيارات المدية، يؤدي إلى انهيار أسقفها وسقوطها عند أقدم الجروف، وقد تم رصد العديد من الكهوف بجروف منطقة الدراسة، في صخور الحجر الرملي الجيري والحجر الرملي الدولوميتي المتداخل مع الطفلة، وتباينت أبعاد الكهوف من قطاع لآخر حيث تراوح ارتفاعها بين ٠,٥٥ و ١,١٠م ومتوسط عرضها ٨٠ سم وعمقها بين ٦٠ و ٩٢ سم.

➤ الفجوات والأسقف المعلقة:

تمتد الفجوات في الأجزاء السفلى من الجروف على هيئة فتحات تمتد عرضياً نتيجة للتقويض المستمر الناتج عن النحت البحري بالأمواج أو التيارات المدية والبحرية، بينما يظهر الجزء العلوي للجروف على هيئة أسقف معلقة (لوحة ٦)، فيظهران في تعاقب رأسي بالجروف ويبلغ ارتفاعها بين ٤٠ و ٨٠ سم.

➤ التساقط الصخري:

ينتشر تساقط الكتل الصخرية بجميع جروف منطقة الدراسة، وخاصة الجروف النشطة حيث تأخذ أبعاداً متفاوتة (لوحة ٩)، أما الجروف الساكنة فتنتشر المفتتات الصخرية عند أقدامها، وعلى الأرصف الشاطئية التي تمتد أمامها، وساعد على حدوث انفصال الكتل الصخرية وتساقطها، طبيعة التركيب الصخري التي تتألف منه جروف منطقة الدراسة، بالإضافة إلى تأثير عمليات وعوامل التشكيل البحرية، وخاصة الأمواج والتيارات المد، فضلاً عن عمليات التقويض السفلي للجروف.

كما تم أثناء الدراسة الميدانية رصد حفر الإذابة وأقراص عسل النحل وحفر التافوني في صخور الحجر الرملي الجيري المرجاني بالقطاع الأول، والحفر الوعائية بالقطاعين الثاني والثالث.



المصدر: الدراسة الميدانية، ٢٠٢٤

(لوحة ٩) التساقط الصخري بشمال منطقة الزعفرانة

➤ الأرصفة البحرية:

تتشأ الأرصفة وتتحدد ملامحها السطحية والمورفومترية بفعل العوامل البحرية، إلى جانب فعل التجوية، حيث يؤدي المد العالي بما يشكله من تيارات مد تعمل كعامل مساعد لتسهيل مهمة الأمواج في الوصول إلى الجروف، ونحتها، وتسوى من سطحها، ولنوع الصخر الذى يتكون من الرصيف البحرى دور فى نشأته، حيث تتكون معظم أرصفة منطقة الدراسة من الحجر الجيري والرملى والمارل، وكلها لديها استجابة عالية للنحت والتشكيل الأمر الذى سهل من مهمة الأمواج والتيارات المائية، أما فعل التجوية فيتضح في تعرض الأرصفة

لتعاقب مرات البلب والجفاف، مما يؤدي إلى نشاط التجوية المائية نتيجة لارتفاع منسوب سطح البحر، وانخفاضه في حالات المد والجزر مما يعمل على تفتيت الصخور وإضعافها أمام فعل الأمواج (محيسن، ٢٠١٠).

وتتوزع الأرصفة بمنطقة الزعفرانة بقطاع الجروف البحرية في القطاع الشمالي والقطاع الأوسط بمنطقة الدراسة، حيث تظهر في الجزء الشمالي من القطاع الشمالي لمنطقة الزعفرانة، وتتكون من الحجر الجيري والحجر الجيري المرجاني، ويتراوح متوسط عرضها ما بين ٣ و ١٠م، وانحدار سطحها بين صفر و ٥°، أي أنها أفقية إلى هينة الانحدار، وتتسم بالضيق حيث تتعرض لعمليات التقويض السفلي، وتعد حفر الأذابة من أهم الملامح المشكلة لواجهاتها، وتغطي أجزاء كبيرة من الرصيف ببقع زيتية سوداء.

أما القطاع الأوسط لمنطقة الدراسة، فتتوزع الأرصفة البحرية في شمال ووسط القطاع، وتتميز بأوسعها المحدود، والذي يتراوح بين ٢ و ٧م، ودرجة انحدار تتراوح بين ٤° و ٩°، وتتشكل من الحجر الجيري الرملي والحجر الجيري، وينتشر على سطحها رواسب الحصى البحري، وقشرة رقيقة من الطحالب ذات اللون الأسود والحفر الوعائية والبرك الصخرية عند مستوى المد، وتتشكل أرصفة الجزء الأوسط من القطاع من الحجر الجيري الرملي والحجر الجيري المرجاني، والتي تتميز بوجود الحفر الوعائية، وقنوات النحت الدقيقة ورواسب الحصى البحري المتماسك مع الرصيف، ويغطيها قشرة رقيقة من الطحالب ذات اللون الأسود (لوحة ١٠).



المصدر: الدراسة الميدانية عام ٢٠٢٤

(لوحة ١٠) الأرصفة البحرية بمنطقة الزعفرانة

٢ . المجارى المائية:

ينتشر بمنطقة الدراسة شبكة من المجارى المائية التي تقطعها من الغرب إلى الشرق، حيث ينتهى عندها جزء من مروحة وادى عربية، وتختلف تلك المجارى في خصائصها وأبعادها، وتتوزع من الشمال إلى الجنوب، ويصل عددها إلى ٩ مجارى رئيسة، حيث يتراوح مساحتها بين ٠,٤ كم^٢ و ١٤ كم^٢، بمتوسط عام ٣,٤٩ كم^٢ وانحراف معيارى ٤,٦ ومعامل اختلاف ١,١٣٢، بينما تتراوح أطوالها بين ٧١١ م و ١٢٥٤١ م بمتوسط عام ٥٦٠٥ م وانحراف معيارى ٤٧١٨,٣ ومعامل اختلاف ٨٤,٢، أما عرضها فيتراوح بين ١٠٤,٣ م و ١٠٥٠ م بمتوسط عام بلغ ٥٣٧,٧ م وانحراف معيارى ٣٦٧,١ ومعامل اختلاف ٦٨,٣، بينما يتراوح عمق المجارى المائية بين ٢ م و ٤١ م بمتوسط عام ٠,٣ م وانحراف معيارى ٠,١ ومعامل اختلاف ٣٧,٧.

جدول (١٦) الخصائص المورفومترية للمجاري المائية بمنطقة الزعفرانة

العمق (م)	متوسط العرض (م)	الطول (م)	المساحة كم ^٢	المجرى
٢٠	٦٧٨	١٣٦٣	١	١
١٨	٩٩٠	٢٢٨٥	١,٥	٢
٤١	١٧٤	٤٠٩٥	٠,٥٨	٣
٤٠	١٠٥٠	٧٣١٣	٧	٤
١١	٤٩٩,٧	١٠٠٢٦	٥,٢	٥
٢٨	٣٠٥,٧	١١١٥٠	٢	٦
٢	١٠٠,٣	٩٦٥	٠,٠٩	٧
٧	١٠٤,٣	٧١١	٠,٠٤	٨
٣٨	٩٣٧	١٢٥٤١	١٤	٩
٢,٩٣	٤٨٣٩	٥٠٤٤٩	٣١,٤١	المجموع
٠,٣	٥٣٧,٧	٥٦٠٥	٣,٤٩	المتوسط
٠,١	٣٦٧,١	٤٧١٨,٣	٤,٦	الانحراف المعياري
٣٧,٧	٦٨,٣	٨٤,٢	١٣٢,١	معامل الاختلاف

المصدر: اعتمادًا على الخرائط الطبوغرافية مقياس ١:٥٠٠٠٠، اصدار هيئة المساحة العسكرية سنة ١٩٩٢.

٣. الجزر الرسوبية:

تتوزع الجزر الرسوبية بمنطقة الدراسة من الشمال إلى الجنوب، ويبلغ عددها ١٢ جزيرة، يبلغ متوسط طولها ٩١١,٢م، حيث يتراوح طولها بين ٩٦م و٣٠٠٦م، بانحراف معياري ١٠٤٢,٥ ومعامل اختلاف ١١٤,٤، وبلغ متوسط عرض الجزر بمنطقة الدراسة ١٩,٧م، حيث تتراوح بين ١٩م و٢٦٧,٧م ٨٨,٢، أما ارتفاعها والذي تتراوح بين ١م و٥م بمتوسط عام بلغ ٢,٤م.

جدول (١٧) الخصائص المورفومترية للجزر الرسوبية بمنطقة الزعفرانة

م	الطول (م)	متوسط العرض (م)	الأرتفاع (م)
١	١٦٢	٥٩,٣	٥
٢	١٨٣٢	١٦٣,٣	٣
٣	٩٦	٤٢,٣	٣
٤	٢٢١	٥٦,٧	٢
٥	١٤٥٤	٢٥٣,٧	٤
٦	٦٦٨	٩٦	٢
٧	٢٥٧٠	٣٢١	٣
٨	٤٤٤	٩٣	٢
٩	١٣١	٢٤,٧	١
١٠	١٧٢	٤٠	١
١١	١٧٨	١٩	١
١٢	٣٠٠٦	٢٦٧,٧	٢
المجموع	١٠٩٣٤	١٤٣٦,٧	٢٩
المتوسط	٩١١,٢	١١٩,٧	٢,٤
الانحراف المعياري	١٠٤٢,٥	١٠٥,٦	١,٢
معامل الاختلاف	١١٤,٤	٨٨,٢	٥١,٣

المصدر: اعتماداً على شكل (٢٢)

٤- الألسنة الرملية:

عبارة عن شريط ضيق نسبياً من الرواسب الرملية أو الحصوية، يتصل باليابس من طرف واحد (التوني، ١٩٧٧). تعتبر إحدى الظواهر الإرسابية التي تتميز بها السواحل المتعرجة، حيث تنمو نتيجة لتراكم الرواسب والمفتتات، وتتخذ وضعا وإتجاهاً يكاد يكون عمودياً على اتجاه الأمواج، وعادة ما يكون ذلك في نفس اتجاه التيار الطولى السائد (Komar.p.,1976)، وقد كان يعتقد في الماضي بأنها تكونت بواسطة التيارات الشاطئية. وأثبتت الدراسات الحديثة أنها تنمو في اتجاه رئيس يتمشى مع اتجاه حركة الرواسب على طول الشاطئ، والتي بدورها تنشأ بفعل الأمواج المقتربة من خط الشاطئ (محسوب، ٢٠٠٢) وتنتشر الألسنة البحرية بساحل منطقة الدراسة في القطاع الجنوبي بمصب وادي عربة بدءاً من شمال مدينة الزعفرانة وبالاتجاه جنوباً حتى بداية حافة الجلالة القبليّة عند مرسى ثلمت،

وهي تعد مؤشرًا على نشاط عملية الإرساب البحري، وعادة ما تكون متعامدة على خط الساحل وينتهي البعض منها بخطاف (جودة، ١٩٨٢).

رصدت الدراسة الميدانية ثلاث ألسنة نشطة جنوب منطقة الدراسة، بلغ طول اللسان (الأول) الشمالي ١٣٥٦م بمتوسط عرض ٥٨م، ويتكون من رواسب رملية ناعمة وهو من الألسنة المعقوفة، مما يدل على نشاط التيارات البحرية وسرعة الأمواج، ويواجه اليايس مما يزيد من الترسيب على هذا الجانب ويعمل على إضافة سلسلة من الحافات والتراكمات الرملية، كما يساعد على زيادة اتساعه، أما اللسان (الثاني) الأوسط فيقع جنوب الأول في شمال مرسى ثلمت وجنوب مدينة الزعفرانة، بطول ١٦٤م، واللسان (الثالث) الجنوبي وبلغ طوله ٣١٥م بمتوسط عرض ١٠٠م، وبلغ متوسط طول كل منهم ٨٣٥,٥ متر، لوحة (١١).



المصدر : مرئيات IKONOS عام ٢٠٢٤ والدراسة الميدانية.

لوحة (١١) الألسنة بمنطقة الدراسة

٥ . الحواجز المدية:

عبارة عن شريط ضيق من رواسب مشنقة أساسًا من الشاطئ يتميز بانخفاض سطحه، وعادة ما يفصل الحاجز بين بحيرة ساحلية، والبحر الرئيس، وقد يمتد بأحد الخلجان (محسوب، ٢٠٠٣).

يتنشر بجنوب منطقة الدراسة أربعة حواجز رملية، يبلغ إجمالي أطوالها ٤٢٤٥متر (جدول ١٨)، بينما بلغ إجمالي متوسط عرض الحواجز المدية بالمنطقة نحو ٣٩٥مترًا، حيث تمتد بشكل موازى لخط الساحل، في شكل إرسابات رملية طويلة، تتكون في أغلبها من رواسب خشنة في القمة، ولكنها تزداد نعومة كلما اتجهنا ناحية طرفي الحاجز، ويرجع نشأتها عندما تشتد تيارات المد والجزر حيث تغطيه أثناء عملية المد وتتحصر عنه أثناء

عملية الجزر.

جدول (١٨) الخصائص المورفومترية للحواجز المدية بمنطقة الزعفرانة

م	الطول	العرض
١	١٨٦١	١٥٥,٣
٢	١٢٢٤	١٨٤,٧
٣	٧٣٦	٢٤,٣
٤	٤٢٤	٣٠,٧
المجموع	٤٢٤٥	٣٩٥
المتوسط	١٦٩٨	١٥٨

المصدر: اعتمادًا على شكل (٢٢)

٦- مسطحات وقنوات المد:

تعرف مسطحات المد بأنها عبارة عن مساحات صغيرة متناثرة ومتباعدة عن الأراضي المغطاة بالرمال أو الطين، تنتشر أمام سواحل الرؤوس الأرضية، وعادة ما توجد في مناطق ضحلة وقليلة العمق وبطيئة الانحدار (التركماني، ١٩٩٩). وتقع في نطاق المد وتظهر أثناء الجزر، وتنتشر بسبخات الدراسة على شكل شريط طولي موازي لخط الشاطئ وهي ضحلة بصفة عامة، ويفصلها عن البحر حاجز رملي (لوحة ١٢)، وتظهر فوقها بعض الفتحات التي تعمل على تجديد المياه بتلك المسطحات من خلال اتصالها بماء البحر، والتي تسمى بقنوات المد، وقد تم رصد ثلاثة منها بسبخة الزعفرانة (مرسي ثلمت)، وتنتشر مسطحات المد بمناطق السبخات لمسافة ٣٣٥،٨ كم، ويتراوح عرض المسطح بين ١,٥ مترًا و ٢٥٥ مترًا.

تعد القنوات المدية من الملامح الهيدروجيومورفولوجية التي تظهر فوق مسطحات المد بفعل حركات مياه البحر أثناء المد والجزر، على هيئة روافد صغيرة تتحرك خلالها التيارات المدية، حيث تلعب مياه المد دورا كبيرا في تعميقها وكثيرًا ما يظهر في مجارى تلك القنوات بعض الحواجز الطينية والرملية، والتي تمتد في شكل طولي، تغطي سطحها مفتحات من الأصداف البحرية (محسوب، ٢٠٠٢)، وتظهر بوضوح بالقطاع الشمالي والقطاع الجنوبي لمنطقة الدراسة، ويتضح من الجدول (١٩) تتراوح أطوال القنوات بمنطقة الدراسة بين ٢٩ متر إلى ٢١٢ مترًا بمجموع ٨١٤ م ومتوسط ١٦٢,٨ م، بينما بلغ متوسط عرض

القنوات المدية ٢٥,٤م ومتوسط عمق ٠,٥م. ويظهر بالقطاع الشمالي لمنطقة الدراسة قناتين، يبلغ طول القناة الشمالية ١٤٠م، ومتوسط عرض ٣١م، وعمق ٠,٥م، بينما القناة الجنوبية لهذا القطاع يبلغ طولها ١٧٩م بمتوسط عرض ٤٨م وعمق ٠,٦٠م. أما القطاع الجنوبي فيظهر به ثلاث قنوات مدية، يبلغ طول القناة الشمالية ١٢٩م وعرضها ١٤,٣م بعمق ٠,٤م، أما القناة الوسطى يصل طولها ١٥٤م بعرض ١٣,٧م وعمق ٠,٤م، بينما القناة الجنوبية يبلغ طولها ٢١٢م بمتوسط عرض ٢٠م وعمق ٠,٦٠م.

جدول (١٩) الخصائص المورفومترية للقنوات المدية بمنطقة الدراسة

العمق (م)	متوسط العرض (م)	الطول (م)	موقع القناة	
٠,٥٠	٣١	١٤٠	القناة الشمالية	القطاع الشمالي
٠,٦٠	٤٨	١٧٩	القناة الجنوبية	
٠,٤٠	١٤,٣	١٢٩	القناة الشمالية	القطاع الجنوبي
٠,٤٠	١٣,٧	١٥٤	القناة الوسطى	
٠,٦٠	٢٠	٢١٢	القناة الجنوبية	
٢,٥	١٢٧	٨١٤	المجموع	
٠,٥	٢٥,٤	١٦٢,٨	المتوسط	

المصدر: اعتمادًا على شكل (٢٠) والدراسة الميدانية ٢٠٢٤.

(لوحة ١٢) مسطحات وقنوات المد بسبخة الزعفرانة



٧- البحيرات الساحلية:

وهي عبارة عن مسطحات مائية تمتد موازية لخط الساحل في مناطق منخفضة المنسوب، يفصلها عن مياه الخليج حواجز وألسنة رملية، وقد لوحظ أثناء الدراسة الميدانية وجود شطوط رملية تمتد على جوانبها يصل ارتفاعاتها ٤٠ سم ، وتنتشر على أسطحها النباك، وقد ساهمت هذه الشطوط في ارتفاع منسوبها واتساع مساحتها، كما ظهرت قنوات مد تنقل مياه الخليج إليها وتصلها به، وجدير بالذكر أن منسوب مياه اللاجونات يزيد بالاتجاه نحو مياه الخليج (المد العالي)، وبالاتجاه نحو الداخل والبعد عن مياه الخليج ينخفض منسوبها، وتتميز بضالتها، حيث تظهر التموجات الرملية بوضوح على أطرافها (لوحة ١٣).



المصدر: الدراسة الميدانية عام ٢٠٢٤

(لوحة ١٣) الحواجز الرملية والشطوط الرملية واللاجونات الساحلية والنباك

٨ . السبخات:

تعد السبخات الساحلية من أبرز الظواهرات الهيدروجيومورفولوجية التي تميز منطقة الزعفرانة، وتقع بمحاذاة خط الساحل جنوب شرق منطقة الدراسة، حيث سيادة عمليات الإرساب البحري. وتتصل بخليج السويس من خلال قنوات المد، حيث تتعرض بشكل دوري لغمر مياه خليج السويس خلال المد العالي، وهى عبارة عن مناطق منخفضة تتميز باستواء سطحها، رواسبها تتألف من الرمال والطين والطين مختلطة بالرواسب الجيرية والبحرية والأصداف، تغطيها قشرة ملحية صلبة يتفاوت سمكها من مكان لآخر تبعاً لعمق الماء تحت السطحي، والذي بلغ ٤٥ سم لوحة (١٤)، وتأثير عملية التبخر والخاصية الشعرية. وقد تم دراستها على النحو التالي :



المصدر: اعتمادًا على الدراسة الميدانية ٢٠٢٤.

(لوحة ١٤) ظهور المياه تحت السطحية على عمق ٤٥ سم بسبخة مرسى ثلمت

➤ الخصائص المورفومترية لسبخات منطقة الزعفرانة

وتوجد بمنطقة الدراسة ثلاث سبخات ساحلية ، تبلغ مساحتها ٥,٥ كم^٢ عام ٢٠٢٣،

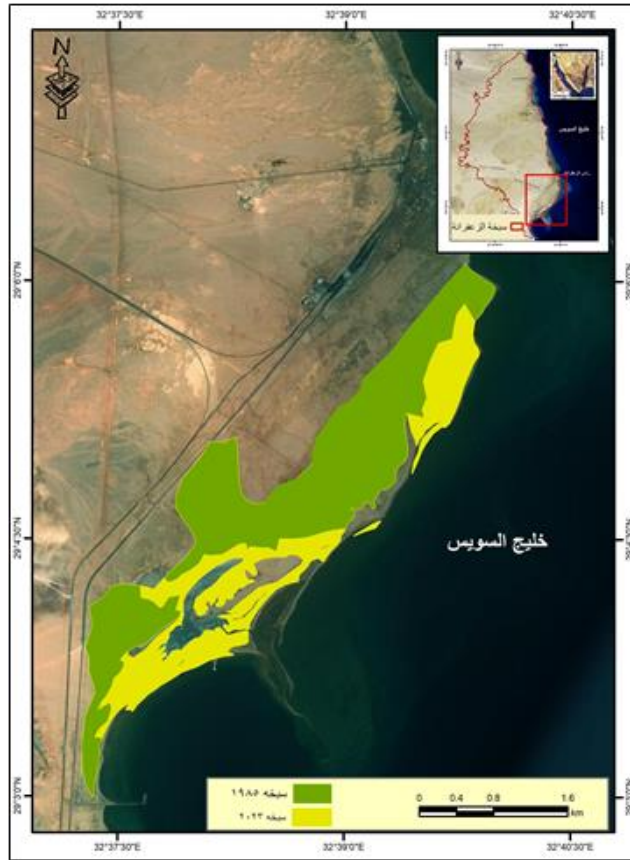
أكبرها مساحة هي سبخة مرسى ثملت (الزعفرانة) ٥,٢ كم^٢، وتعد أقدم سبخات منطقة الدراسة والتي ظهرت على المرئيات الفضائية عام ١٩٨٥ على هيئة بحيرة ساحلية، ومع تزايد نشاط الإرساب وانخفاض منسوبها تحولت إلى سبخة طويلة الشكل، كما توجد سبخة تقع إلى الشمال منها حديثة التكوين بلغت مساحتها ٢٠٣ م^٢ وسبخة أخرى في طور التشكيل لم يزيد مساحتها عن ٤١ م^٢، وهاتان السبختان لم يظهرتا عام ١٩٨٥، ولكنهما سبخات حديثة نشأت بفعل الإرساب البحري خلال فترات المد العالي، وتعد السبخات الثلاث من نوع السبخات الملحية الرطبة، التي يصاحبها نمو النباتات المحبة للملوحة، وتنتشر على أسطحها النباك والفرشات الرملية، وأهم الأملاح الموجودة بها أملاح كلوريد الصوديوم (الهاليت) والتي تغطي أسطحها، وذلك وفقاً لتقسيم مونكهاوس (Monkhouse and Wilkinson, 1971).

➤ التغيير المساحي لسبخة مرسى ثملت (الزعفرانة):

تم في هذا الجزء دراسة التغيير المساحي لسبخة مرسى ثملت فقط، وذلك نظراً لظهورها على المرئيات الفضائية عام ١٩٨٥، وتطورت مساحياً حتى عام ٢٠٢٣، أما سبخة شمال مرسى ثملت والسبخة التي تقع إلى الشمال منها، لم تظهر إلا حديثاً فلم تشهد تطوراً ملحوظاً يمكن تتبعه، وقد ظهرت سبخة مرسى ثملت (الزعفرانة) على المرئيات الفضائية عام ١٩٨٥، بمساحة ٣,٧ كم^٢، بموازاة خط الساحل، وزادت مساحتها عام ٢٠٢٣ حيث بلغت ٥,٢ كم^٢ بصافي تغير ١,٥ كم^٢، ونسبة تغير ٤٠,٥٪ (شكل ٢٢).

شهدت السبخة زيادة في أجزائها الشمالية الشرقية والغربية، وقد ارتبط هذا التغيير المساحي بالزيادة في أجزائها الشرقية، نتيجة تكون الألسنة الرملية المركبة والحوجز الرملية الناتجة عن عمليات الإرساب البحري، والتي حصرت بينها وبين الياابس بحيرات ساحلية تحولت فيما بعد إلى مسطح ملحي يمثل امتداداً للسبخة تجاه البحر (حسن، ٢٠١٠)، أما عن الهوامش الغربية فيرجع التغيير المساحي بها إلى عامل التدخل البشري، حيث تم استخدام الرواسب القريبة من السبخة في تغطية الطريق الموازي لها، وهذا ساعد على انخفاض منسوب تلك المناطق، فترتب عليه قربها من منسوب المياه الجوفية، ومع ارتفاع درجة الحرارة زادت نسبة الملوحة وتحولت إلى مناطق سبخية، أنضمت إلى مساحة سبخة الزعفرانة، فزادت مساحتها الأفقية، وقد أثر وجود سبخة الزعفرانة بجانب الطريق على جودة

الطريق حيث تعرض للتجوية الملحية وللتكسر والتشقق (لوحة ١٥).



شكل (٢٢) التغير المساحي لسبخة منطقة الزعفرانة



المصدر: الدراسة الميدانية، ٢٠٢٤

لوحة (١٥) مد الطرق على الأراضي السبخية بسبخة مرسى ثلث

وتتعدد العوامل التي تساهم في نشأة وتطور السبخات الساحلية بمنطقة الدراسة، والتي يمكن إجمالها في الآتي:

- تلعب الظروف المناخية دورًا مهمًا في نشأة السبخات، فارتفاع درجة الحرارة ساهم في حدوث عملية التبخر، والذي بدوره أدى إلى تركيز الأملاح على سطح السبخات (لوحة ١٦).



المصدر: اعتمادًا على الدراسة الميدانية ٢٠٢٤.

(لوحة ١٦) تركيز الأملاح على أسطح السبخات نتيجة ارتفاع معدلات التبخر بمنطقة الزعفرانة

ويؤكد ذلك ارتفاع نسب كلوريد الصوديوم وكبريتات الكالسيوم برواسب سبخات منطقة الزعفرانة، كما سيأتي ذكره لاحقًا. أما عن دور المطر، فمنطقة الزعفرانة تتميز بقلّة كمية الأمطار الساقطة، والذي انعكس على قلة كمية المياه التي تغسل الأملاح من التربة، مما أدى إلى تركيزها ونشأة السبخات، وتؤدي الأمطار الساقطة على منطقة الزعفرانة بصفة عامة إلى ارتفاع منسوب الماء تحت السطح. أما عن الرياح فساهمت في زيادة مناسيب السبخات وخاصة في أجزائها الغربية حيث الرواسب التي جلبها وادي عربة وألقاها على مروحته، والتي تمثل سبختي شمال مرسى ثلمت، ومرسى ثلمت جزء منها، كما ساهمت في تكوين النباك والفرشات الرملية والأشكال الدقيقة على أسطحها.

- يتميز السهل الساحلي بمنطقة الزعفرانة بوجود المناطق المنخفضة (التي يقل منسوبها عن ١٠ مترًا) التي تقع على مستوى قريب من مياه البحر أو أدنى منه، إلى جانب أنها مناطق تتميز بالاستواء وقلّة انحدار السطح، وهذه التضاريس ساهمت في تجميع مياه خليج السويس المدية وتكوين السبخات.

- تعد مياه الأمطار الساقطة ومياه الخليج المالحة، مصادر ساهمت في ارتفاع مستوى الماء

تحت السطحى في المناطق المنخفضة الملاصقة لخط الساحل، وبالخاصية الشعرية ترتفع هذه المياه على أسطحها ويتبخر المياه تظهر وتزداد القشرة الملحية، وتتكون سبخات منطقة الدراسة.

- لعبت الخصائص الديناميكية لمياه خليج السويس دوراً رئيساً في نشأة وتطور سبخات منطقة الدراسة، فضعف طاقة الأمواج، وسير التيارات البحرية بموازاة خط الساحل في الجزء الجنوبي الشرقي من منطقة الدراسة، وتوغل مياه الخليج في فترات المد داخل المناطق المنخفضة، كان له أكبر الأثر في نشاط عمليات الإرساب البحري وتشكيل الألسنة والحواجز الرملية التي تعد بمثابة النواة الأولى لنشأة وتطور السبخات .

➤ خصائص رواسب السبخات:

تهدف دراسة رواسب السبخات التعرف على أهم العوامل الطبيعية والبشرية المؤثرة في نشأتها، وساهمت في تطورها، كما تهدف إلى تحديد أنواع المعادن والأملاح الموجودة بها، ونسب تواجدها ومدى تأثيرها على البيئة البحرية، وعلى ذلك تم جمع أربع عينات من الطبقة السطحية لعمق ٢٥ سم، وعينة على عمق ٥٠ سم من رواسب سبختى مرسى ثلمت (الزعفرانة) وشمال مرسى ثلمت، وتم تحليلها ميكانيكياً وكيميائياً ومعدياً، وتوضح جداول (٢٠ و ٢١ و ٢٢) نتائج تحليلها ومنها يمكن استنتاج الحقائق التالية:

(جدول ٢٠) التحليل الميكانيكى لرواسب سبخات منطقة الزعفرانة

النسيج	طين %	سلت %	رمل %	حصى %	العمق سم	السبخة
رملى	٣,٣	٤,٢	٨٧,٧	٤,٨	٢٥-٠	١- مرسى ثلمت (نطاق التتهادات)
رملى	٥,٢	٧,٤	٨٧,١	٠,٣	٢٥-٠	٢- مرسى ثلمت (نطاق البرك)
رملى لومى	٧,٨	١٣,٤	٧٨,٨	٠	٢٥-٠	٣- شمال مرسى ثلمت
رملى	٩,٣	٨,٧	٨٢	٠	٢٥-٠	٤- مرسى ثلمت (نطاق التشققات A)
رملى	٧,٥٠	٦,٤	٨٦,١٠	٠	٥٠-٢٥	٤- مرسى ثلمت (B)

المصدر: تم التحليل بوحدة الأراضي والمياه والبيئة بمركز البحوث الزراعية، (Hassanin, 2007).

- تتألف رواسب سبخات منطقة الزعفرانة من الرمل والسلت والطين (جدول ٢٠)، إلى جانب وجود نسبة من الحصى في بعض عينات الزعفرانة، تمثلت في العينة الأولى والثانية فقط،

وقد ظهر تفوق نسبة الرمال على نسبتي السلت والطين بجميع عينات الدراسة، حيث تراوحت نسبة الرمال بين ٧٨,٨٪ في العينة الثالثة و٨٧,٧٪ في العينة الأولى، ويرجع ارتفاع تلك النسبة إلى قرب السبخات من مصادر الرمال الناتجة عن نشاط التعرية الهوائية والبحرية والفيضية، متمثلة في ما تجلبه الرياح من رمال من مناطق مجاورة وترسبها على أسطح السبخات، والرمال التي يجلبها وادي عربة ويصبها في سبخات منطقة الدراسة، بالإضافة إلى رمال الشاطئ التي تجلبها التيارات البحرية والأمواج وحركتي المد والجزر وترسبها في المناطق المنخفضة أي السبخات.

- انخفاض نسبة الحصى بصفة عامة برواسب السبخات واختلافها في بعض عيناتها، أما عن نسبة السلت فتراوحت بين ٤,٢٪ و ١٤,٣٪، ونسبة الطين تراوحت بين ٣,٣٪ و ٩,٣٪ ووجود تلك النسب ولو بنسب قليلة، فتدل على أن رواسب هذه السبخات قد ترسبت ونقلت، إما تحت الظروف المائية أو الظروف الهوائية أو كلاهما معا كما سبق ذكره، وعليه فإن قوام تربة السبخات المدروسة تراوح بين رملي ورملي لومي وإن كانت الغلبة في معظم العينات للقوام الرملي.

- ارتفاع نسبة الملوحة بجميع عينات الدراسة، إذ تراوحت قيم التوصيل الكهربائي بين ٢١,٧ و ٥٣,٥ ملليموز/سم، وسجلت أعلى نسبة ملوحة في نطاق التشققات سواء في الطبقة السطحية أو تحت السطحية يليه نطاق البرك، ويرجع ارتفاع نسبة الملوحة بصفة عامة برواسب السبخات إلى عاملين: الأول الملوحة العالية لمياه خليج السويس، والثاني تسرب هذه المياه لرواسب السبخات والذي عمل على ارتفاع مستوى الماء تحت السطح وبالخاصية الشعرية وزيادة معدلات التبخر أدى إلى تركيز الأملاح برواسبها جدول (٢١).

- تراوحت قيم الأس الهيدروجيني برواسب عينات الدراسة بين ٧,٢ و ٧,٨، وهذا يشير إلى قلوية رواسب السبخات، والتي يمكن أن تؤثر سلبيًا على البيئة الطبيعية للسبخات وعلى الكائنات الحية المعيشة فيها، كالنباتات والبكتيريا والفطريات.

- سيادة عنصر الصوديوم بجميع رواسب عينات الدراسة، إذ تراوحت درجة تركيزه بين ١٦٥,٥ و ٥٩٠,١ ملليمكافئ/لتر، ويرجع ارتفاع درجة تركيزه لقابليته الشديدة للذوبان في الماء، أما عنصر الكالسيوم فتباينت درجة تركيزه من ١١٥,٤ إلى ١٦٠,٤ ملليمكافئ/لتر،

ويشير وجوده بكميات مرتفعة إلى انتشار الصخور الجيرية بمنطقة الدراسة وقابليتها للإذابة، بينما سجل كل من عنصر الماغنسيوم والبوتاسيوم أقل درجة تركيز في رواسب عينات الدراسة.

- ارتفاع كل من أملاح الكلوريدات والكبريتات بعينات الدراسة، خاصة ملح كلوريد الصوديوم (الهاليت) وكبريتات الكالسيوم (الجبس) والماغنسيوم، ويرجع زيادة تركيز هذه الأملاح في رواسب عينات الدراسة لارتباط ظروف ترسيبها بالعوامل المناخية، من حرارة عالية وزيادة معدلات التبخر (عاشور وآخرون، ١٩٩١)، والتي تنطبق على الظروف المناخية لسبخات منطقة الدراسة، والدليل على ذلك تراكم طبقات من الأملاح في تربة السبخات، إلا أنه لوحظ انخفاض تركيزاتها بالعمق نتيجة ذوبانها في الماء، وعلى العكس تنخفض درجة تركيز أملاح البيكربونات والكربونات برواسب عينات الدراسة.

- أظهر التحليل المعدني لرواسب سبخة مرسى ثلمت (الزعفرانة)، أنها تتألف من معادن خفيفة تمثلت في الكوارتز والفلسبار، ومعادن ثقيلة جدول (٢٢)، تتمثل في معادن البيروكسينات والأمفيبولات، والمعادن المقاومة للتجوية، والمعادن المتحولة، بالإضافة إلى معادن البيوتيت والأبيدوت والمونازيت والجلوكونيت.

- سيادة معدن الكوارتز برواسب العينات المدروسة سواء في الطبقة السطحية ٩٦,٠% أو تحت السطحية ٩٦,٥%، وهذا يعنى أنه المكون الأساسي لقوام تربة السبخات، ويشير وجود نسبة من الفلسبارات وإن لم تتعدى ٤% أن موقع السبخة قريب من مصدر للرمال، والمتمثل في مصب وادي عربة، ويعزى سيادة الكوارتز إلى أنه معدن مقاوم للتجوية.

- تميزت المعادن الثقيلة بسيادة البيروكسينات والأمفيبولات، يليها المعادن المقاومة للتجوية (الزركون-الروتيل- الترومالين)، ثم المعادن المتحولة (جارنت - الأشتيروليت-الكيانيت-السلمنيت)، ثم الأبيدوت، أما باقي المعادن فقد وجدت بكميات قليلة، ويشير (Hassanin, 2007) أن ارتفاع نسب المعادن المقاومة للتجوية يدل على أن رواسب السبخة غير متجانسة نظرًا لتعدد مواد الأصل، أو إلى اختلاف ظروف الترسيب.

جدول (٢١) التحليل الكيميائي لرواسب سبخات الدراسة

الأيونات ملليمكافئ / لتر				الكاتيونات ملليمكافئ / لتر				EC ملليموز / سم	pH	No
SO ₄ ⁺	Cl	HCO ₃ ⁺	CO ₃ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Mg ⁺ ₂	Ca ⁺²			
٨٦,٧	٢٧٥,٣	٨,١	٠	٦,٦	١٦٥,٥	٤٠,٣	١٢٠,٥	٢١,٧	٧,٧	١
٤٤,٣	٥٥٠,٤	٤,٢	٠	٤,٥	٣٦٠,٦	٤٩,٦	١٦٠,٤	٤٢,٥	٧,٨	٢
٢٩,٩	٤٥٠,٢	١٠,١	٠	٦,٤	٢٨٢,٢	٦١,٤	١١٥,٤	٣٥,٢	٧,٨	٣
٢٣٤,٦	٦١,٠	٠	٢,٢	٦,٤	٥٩٠,١	٩٧,٧	١٥٢,٧	٤٦	٧,٣	٤ A
٢٢٠,٤	٥٣٠,٠	٠	٣,٦	٨,٠	٥١٠,٠	١١٤,٧	١٢١,٣	٥٣,٥	٧,٢	٤ B

المصدر: تم التحليل بوحدة الأراضي والمياه والبيئة بمركز البحوث الزراعية، (Hassanin, 2007)

جدول (٢٢) التحليل المعدني بسبخة مرسى ثلمت (الزعفرانة)

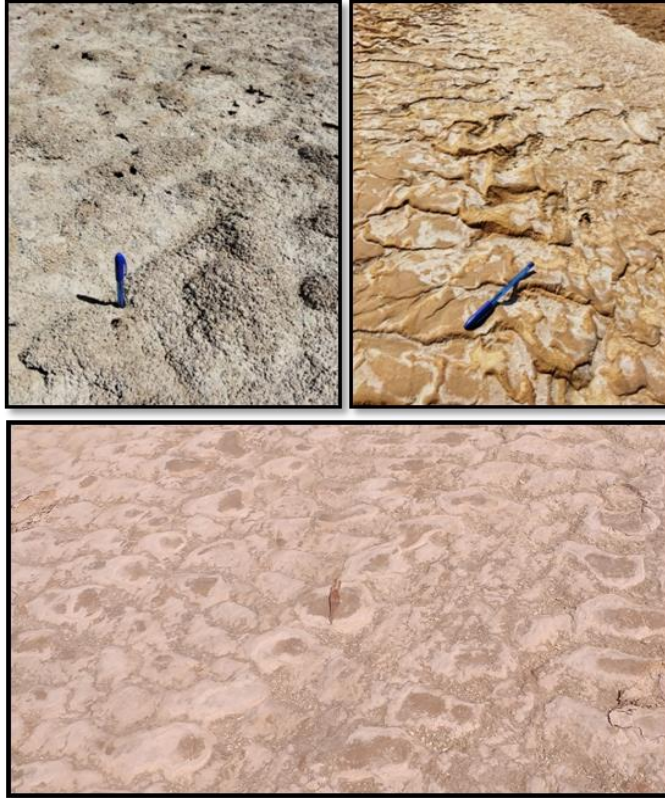
العينة (B-٤) %	العينة (A-٤) %	المعادن	
٩٦,٥	٩٦,٠	الكوارتز	المعادن الخفيفة
٣,٥	٤,٠	الفلسبار	
١٠٠	١٠٠	الإجمالي	
٢٩,١	٢٩,٩	البيروكسينات	المعادن الثقيلة
٢٩,٥	٢٨,٦	الأمفيبولات	
١٦,٨	١٧,٦	المعادن المقاومة للتجوية	
٩,٨	٨,٥	المعادن المتحولة	
١,٨	١,٠	البوتيت	
١١,٦	١٢,٦	الأبيدوت	
١,٠	١,٢	المونازيت	
٠,٤	٠,٦	الجلوكونيت	
١٠٠	١٠٠	الإجمالي	

Source: (Hassanin, 2007)

➤ الظاهرات الهيدروجيولوجية المرتبطة بسبخات منطقة الزعفرانة

• التنهدات الملحية Blister Like:

تعد من أكثر الظاهرات الدقيقة التي تنتشر على أسطح جميع سبخات منطقة الدراسة، ويرجع السبب في نشأتها لطبيعة التربة الهشة المفككة، التي تميز سبخات الدراسة، وهى عبارة عن صحاف ومضلعات غير مكتملة النمو، يرتبط تواجدتها بالأراضي التي ترتفع بها نسبة الرطوبة، ويرتفع بها مستوى الماء تحت السطحى نظراً لانخفاض منسوبها، والذي أدى إلى انتفاخ الطبقة السطحية للسبخات، مكونة فتحات خاوية في داخلها تسمى تنهدات، وهذه الفتحات هي عبارة عن الغازات الناتجة عن تنفس الأحياء الدقيقة الموجودة على أسطح السبخات، وتأخذ التنهدات الملحية أشكال عدة: قبابية أو متوازية أو متقاطعة (لوحة ١٧)، وقد تراوح ارتفاعات التنهدات فوق أسطح السبخات بين ٠,٤ و ٣,٨م.



المصدر: الدراسة الميدانية عام ٢٠٢٤

(لوحة ١٧) التنهدات الملحية بسبخات منطقة الزعفرانة

• التشققات الطينية الملحية:

تنشأ هذه الظاهرة نتيجة لتعرض السطح الطيني للسبخة للهواء والشمس، مما يعرضها للجفاف (التهامي، ٢٠١٢)، أو نتيجة لتشبع رواسبها بالمياه، لذلك يعتمد تكوينها على كمية الرطوبة في التربة، ونتيجة لعمليات التمدد والانكماش الناتج عن التفاوت الكبير في المدى الحراري اليومي والفصلي، تتباعد الكتل الطينية (إسماعيل، ٢٠٠٦) تاركة فيما بينها شقوق يتوقف اتساعها وعمقها على نسبة الطين في السبخة، وقد اتضح من الدراسة الميدانية أن التشققات الطينية بسبخات منطقة الدراسة تتسم بقلة أعماق شقوقها (٠,٢ و ٢,١ سم) وانخفاض أطوالها، والتي تراوحت بين ٧,٠ و ٢٠,٠ سم، وعرضها بين ٥,٠ و ١٥,٠ سم (لوحة ١٨) وذلك نظرًا لقلة سمك الرواسب الناتج عن طبيعة رواسب سبخات منطقة الدراسة الهشة التي تتميز بسيادة القوام الرملي، وذلك على عكس التشققات الطينية التي تنتشر على أسطح المراوح الفيضية، والتي تتسم بسمك الرواسب وعمق التشققات لوحة (١٩).

حيث تتكون الشقوق الطينية على أسطح المراوح الفيضية في الرواسب الطينية المتماسكة، بسبب خاصية الانكماش التي تتميز بها الرواسب الطينية، نتيجة لتجميع الحبيبات الطينية جنبًا إلى جنب بفعل فقدان الرطوبة بالتبخر (Cooke and Warren, 1975)، وتتميز هذه الشقوق بأنها ذات جوانب مقعرة، وهي تتخذ أشكالًا وأنماطًا مختلفة ومتعددة، ويتوقف ذلك على طبيعة الرواسب من حيث كمية الرطوبة في التربة، أو نوع المواد الطينية ونسبة المواد الغرينية، وكذلك الظروف المناخية خاصة اختلاف المدى الحراري اليومي، حيث يزداد اتساع الشقوق مع زيادة معدل التجفيف ونسبة الطين في التربة، فكلما زاد معدل التجفيف للمواد الطينية ازدادت معها عملية الانكماش والتشقق، بسبب تراص الحبيبات الطينية جنبًا إلى جنب بفعل فقدان الرطوبة، ويتراوح طول الشقوق بين ٢ و ١٠ سم، والعرض بين ٢ و ٧٣ سم، وسمك الرواسب ٥,٥ سم، والمسافات البينية بين ٥ و ٧ سم، وتأخذ شكلًا مقعرًا لوحة (١٩)، ولوحظ من خلال تحليل عينة الدراسة لمنطقة التشققات الطينية، أنها تتألف من الرمل والسلت والطين إلى جانب وجود نسبة من الحصى، وتمثل نسبة الطين في العينة نحو ٥٦,٨ %، وهي أعلى نسبة يليها السلن ٢٧,٦ %، بينما بلغت نسبة الرمال ١٥,٢ %، يليها الحصى، وهي أقل نسبة ٠,٤ % (تم التحليل بقسم الأراضي، مركز البحوث الزراعية).



المصدر: الدراسة الميدانية عام ٢٠٢٤

(لوحة ١٨) التشققات الطينية بسبخة الزعفرانة



المصدر: الدراسة الميدانية عام ٢٠٢٤

(لوحة ١٩) التشققات الطينية بالراوسب الفيضية بمروحة الزعفرانة.

• البرك الملحية:

عبارة عن أراض ضحلة تأخذ شكل أحواض متباينة المساحة، قليلة العمق، منخفضة المنسوب، مرتفعة الملوحة نتيجة غمرها بمياه المد العالي، وارتفاع مستوى الماء تحت السطحى بها، وحتى بعد حدوث الجزر تظل المياه راكدة بها، وتعد من الأشكال المميزة لجميع أسطح سبخات منطقة الدراسة، والتي لا تخلو أى سبخة منها، وقد لوحظ ظهور النباك والنباتات الطبيعية في محيطها، على مستوى أعلى منها، وقد يكون ذلك سبب في تكونها، كما لوحظ اتصال بعض البرك ببعضها نتيجة لغمر جوانبها بالمياه مما جعلها تأخذ شكل

طولي في معظمها (لوحة ٢٠).



المصدر: الدراسة الميدانية عام ٢٠٢٤

(لوحة ٢٠) البرك الملحية بسبخات منطقة الزعفرانة

• النباك:

هو عبارة عن تجمعات من الرمال المتراكمة حول الحشائش والنباتات الصحراوية، ويتشكل النباك عندما تعترض حركة الرياح المحملة بالرمال عوائق نباتية، على اختلاف أشكالها وأحجامها (عبد الله، ٢٠٠٥)، وينتشر على جميع أسطح سبخات منطقة الدراسة، وتتفاوت أبعاده من سبخة إلى أخرى، فقد بلغ متوسط أطوال النباك ٤,٥م، حيث تتراوح أطوالها بين ٢ و ٧م، بينما بلغ متوسط عرض النباك ٦م، وتراوح عرضه بين ٤,٥٠ و ٧,٥٠م، في حين بلغ متوسط أقصى ارتفاع له ١,٩م، بينما يتراوح ارتفاعه بين ٠,٧٥ و ٣م (الدراسة الميدانية، ٢٠٢٤).

رابعًا: الخاتمة

١- النتائج:

كشفت دراسة نمذجة الظاهرات الهيدروجيوميورفولوجية لمنطقة الزعفرانة باستخدام تقنيات الجيوانفورماتيكس عن العديد من النتائج، والتي يمكن حصرها في النقاط التالية:

- تغطي منطقة الزعفرانة تكوينات جيولوجية تتراوح بين الترياسي والإيوسين، بالإضافة إلى رواسب الزمن الرابع، وتتميز بتفاوت صلابتها ودرجة مقاومتها لعوامل التعرية المختلفة، وقد انعكس ذلك على تشكيل بعض الظاهرات الهيدروجيوميورفولوجية بالمنطقة، كالجروف الرأسية والأشكال الكارستية المختلفة .

- يرتفع سطح منطقة الزعفرانة تدريجيًا بالاتجاه من الشرق إلى الغرب، وتتراوح مناسب ارتفاع سطحها بين صفر (خط الساحل) و ٦٥ متر (نطاق التلال والحافات)، كما تميزت بسيادة الانحدارات الخفيفة، وقد انعكست تلك الظروف من استواء السطح وعدم وجود حواجز جبلية تعيق حركة الرياح، إلى إنشاء محطة لتوليد الطاقة الكهربائية بمحطة رياح الزعفرانة، وضعتها على قائمة المناطق الواعدة في التنمية المستدامة.

- أثرت الظروف المناخية لمنطقة الزعفرانة في تشكيل العديد من الظاهرات الهيدروجيوميورفولوجية، نتيجة لتضافر عوامل المناخ المختلفة، فقد انعكس التباين في درجات الحرارة على نشاط عمليات التجوية الميكانيكية وتفكك الصخور، وسرعة الرياح ساعدت على توليد الكهرباء منها، والمطر في كمية الرواسب والمفتتات، التي تجلبها مياه السيول وتوزعها على طول خط الساحل، مشكلة العديد من الظاهرات الهيدروجيوميورفولوجية الإسابية كالسبخات والألسنة والحواجز وغيرها.

- انتاج خريطة للوحدات البيدوجغرافية لأراضي الزعفرانة، وذلك باستخدام تقنيات الجيوانفورماتيكس عن طريق التكامل بين الاستشعار عن بعد، وبيانات الدراسة الحقلية، ودراسات تفصيلية عن التربة، مما أسفر عن تحديد خمسة وحدات بيدوجغرافية لمنطقة الدراسة، كما تم التطرق إلى مصدر رواسبها.

- أثرت الخصائص الطبيعية والكيميائية لمياه الخليج على صخور ساحل الزعفرانة، وذلك من خلال مجموعة من العمليات كالإذابة والتجوية الملحية وتلاحم الرواسب الشاطئية، مما

انعكس على تشكيل بعض الظاهرات الهيدروجيو مورفولوجية. - تلعب الخصائص الديناميكية لمياه خليج السويس دورًا مؤثرًا في تشكيل ساحل الزعفرانة متمثلة في حركات المد والجزر والتي تعد من أهم عوامل التعرية البحرية المسؤولة عن تشكيل العديد من الأشكال الهيدروجيو مورفولوجية، ثم تأتي في المرتبة الثانية من حيث التأثير الأمواج، والتي تتسم أنها من نوع الأمواج القصيرة والمتكسرة نتيجة لوجود الأطر المرجانية، لذا يصنف ساحل منطقة الدراسة من المناطق منخفضة الطاقة ، أما عن التيارات المائية الناتجة عن حركتي المد والجزر، فهي المسؤولة عن عمليات النحت النسبي في القطاعين الشمالي والأوسط من منطقة الدراسة، إلا إنها تتجه في معظمها نحو الإرساب، وخاصة في القطاع الجنوبي.

- تطبيق أدوات الذكاء الاصطناعي في عمل نموذج لتحديد خط الشاطئ، وذلك للحصول على مقدار ومعدل التغير الناتج من عمليتي النحت والإرساب، بالإضافة إلى الاعتماد على المؤشرات الطيفية في تحديده كحساب مؤشر MNDWI، وتبين منه أن ساحل منطقة الزعفرانة يتعرض للتغير بشكل عام بمعدل تغير -١٠,٦م/السنة ، ولتحديد بعض الظاهرات الهيدروجيو مورفولوجية تم تطبيق مؤشرات طيفية كالملوحة والنبات والمباني، وتبين منها التنوع في الظاهرات الهيدروجيو مورفولوجية بمنطقة الزعفرانة.

- إعداد خريطة رقمية للظاهرات الهيدروجيو مورفولوجية بناءً على التكامل بين تقنيات الجيو انفورماتيكس وأدوات الذكاء الاصطناعي، وقد أمكن رصد العديد من الظاهرات الهيدروجيو مورفولوجية، وتتبع تغيراتها، ومن أبرز هذه الظاهرات الجروف البحرية باعتبارها أكثر الظاهرات الناتجة عن النحت وضوحًا وانتشارًا على خط الشاطئ بمنطقة الزعفرانة، وقد تم اختيار ثلاث قطاعات جرفية لدراستها تفصيليًا، من حيث الخصائص الكمية من زوايا الانحدار، ومعدلات التقوس، وأهم الظاهرات الهيدروجيو مورفولوجية المرتبطة بتراجعها، متمثلة في الكهوف البحرية، والفجوات والأسقف المعلقة، والتساقط الصخري، والأرصفة البحرية، كما تم التطرق إلى دراسة المجارى المائية والجزر الرسوبية والألسنة البحرية والحوجز المدية ومسطحات وقنوات المد والبحيرات الساحلية، وأخيرًا تم دراسة السبخات تفصيليًا باعتبارها من أبرز الظاهرات الهيدروجيو مورفولوجية الناتجة عن الإرساب بمنطقة

الزعفرانة، وذلك بالتطبيق على سبخة مرسى ثلمت، أكبر سبخات منطقة الزعفرانة مساحة، وأكثرها تنوعاً في الأشكال المرتبطة بها، وتم دراستها من خلال دراسة خصائصها المورفومترية، وخصائص رواسبها، والظواهر المرتبطة بأسطحها كالتهدات والتشققات والبرك الملحية والنباك.

- اختتمت الدراسة بمجموعة من النتائج، أعقبها بناء نموذج لاختيار أفضل المواقع للتنمية العمرانية وخاصة السياحية، باعتبار أن منطقة الزعفرانة من المناطق الواعدة في التنمية السياحية، ويعد هذا النموذج بمثابة توصية مهمة في مجال التنمية العمرانية والسياحية لتلك المناطق، التي تتميز بتنوع ظواهرها وموقعها المتميز.

٢- التوصيات

تعد منطقة الدراسة من المناطق الواعدة في مجال التنمية السياحية، حيث شهدت تطوراً عمرانياً ملحوظاً في السنوات الأخيرة، حيث بلغت مساحة المناطق العمرانية ٤,١١٦ كم^٢، في شكل قرى سياحية تمتد بشكل شريطي مع خط الساحل، وخاصة في القطاع الشمالي لمنطقة الزعفرانة، رافقها زيادة في أطوال شبكة الطرق الرئيسية والفرعية بالمنطقة منذ عام ١٩٨٥، إذ بلغ طول الشبكة ٣٥,٩٣٧ كم، وتزايد ليصل إلى ٢١٥,٨٠٨ كم عام ٢٠٢٣، وبناءً عليه تم عمل نموذج لأفضل المواقع المقترحة لإنشاء القرى السياحية، وجدير بالذكر أن مروحة وادي عربة بمنطقة الدراسة صالحة للتنمية العمرانية بالكامل، ولكن هناك بعض المناطق فقط صالحة لإنشاء القرى السياحية، ولذا تم الاعتماد على التقنيات الحديثة لاختيار أفضل المواقع لإقامة التجمعات العمرانية، ومنها الملائمة المكانية: spatial suitability وهي إحدى التحليلات المهمة لتحديد أفضل المواقع لإقامة مشروعات جديدة بناءً على عدد من المعايير، والتي يتم وضع أوزان لها من ١ إلى ٩ (شكل ٢٣)، ومن ثم الانتقال إلى مرحلة المعالجة والتحليل وعرض النتائج (شكل ٢٤) كالتالي:

أ. معايير اختيار أفضل المواقع للتمدد العمراني للمنشآت السياحية بمنطقة الزعفرانة:

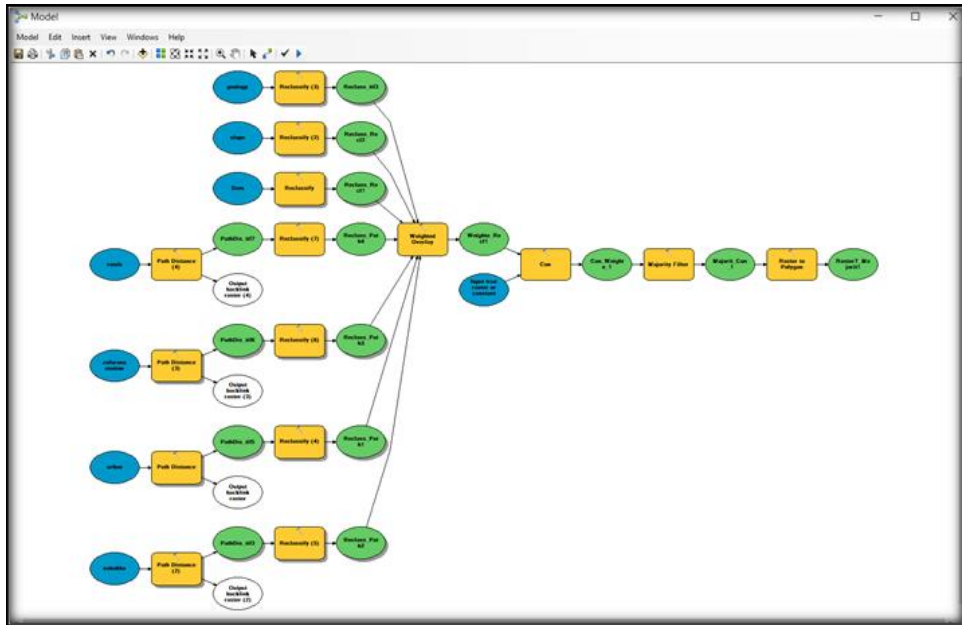
١. الارتفاعات: حيث تتراوح فئات الارتفاعات بمنطقة الدراسة ما بين صفر إلى ٥٠م فأكثر، وقد تم تحديد الفئة الأولى والثانية (أقل من ١٠م)، بعد عملية التصنيف كأفضل موقع للامتداد العمراني المستقبلي، واستبعاد باقي الفئات والتي يتراوح الارتفاع بها ما

- بين ١٠ إلى ٥٠ م فأكثر، حيث تغطي الفئة الأولى والثانية معظم السهل الساحلي لمنطقة الدراسة، والمراوح الفيضية ومصبات روافد وادي أبو حريفات.
٢. **الانحدارات:** تتراوح فئات الانحدارات بمنطقة الدراسة أقل من ٠,٥ ° إلى ١,٥ ° فأكثر، وتم تحديد الفئات الثلاثة الأولى أى التى تقع في نطاق المناطق المستوية واللطيفة، والتي تصلح للتمدد العمرانى المستقبلى.
٣. **الجيولوجيا:** تتنوع التكوينات الجيولوجية بمنطقة الدراسة بين الزمن الرابع والثالث والكريتاسى والترياسى، وتعد تكوينات الزمن الرابع (رواسب الأودية، رواسب الزمن الرابع غير المتمايضة) وتم تحديدها كفئة أولى وثانية بعد عملية التصنيف كأفضل التكوينات التى يمكن التوسع بها.
٤. **محطة رياح الزعفرانة:** تعتبر محطة رياح الزعفرانة من المواقع الحيوية بمنطقة الدراسة، ويشترط عند وضع مخططات عمرانية جديدة الابتعاد عن المجال الحيوى للمحطة، نظرًا للتأثير السلبي للعمران على كفاءة عمل المحطة.
٥. **شبكة الطرق:** تغطى شبكة الطرق أغلب منطقة الزعفرانة، وكان لابد من تحديده كأحد المعايير المهمة، والتي يشترط قرب العمران المقترح من الشبكة الحالية.
٦. **العمران:** يمتد العمران بشكل رئيس على طول خط الساحل بمنطقة الدراسة (قرى سياحية) بالإضافة إلى موقع مدينة الزعفرانة، وتم وضع العمران كأحد المعايير المهمة فى اختيار المواقع الجديدة، بحيث يكون العمران المقترح قريب من المناطق العمرانية الحالية.
٧. **السيخات:** تمتد في المناطق المنخفضة التي يقترب منسوبها من منسوب سطح البحر، وتتمثل في سبخة الزعفرانة، التي تمتد على طول خط الشاطئ جنوب شرق منطقة الدراسة، وتمثل عائق للنمو العمرانى المستقبلى، لما لها من تأثير سلبي على المباني والمنشآت والأنشطة البشرية، فضلاً عن التكلفة العالية لتهيئة تلك المناطق لتسهيل إقامة مناطق عمرانية، لذا تم وضعها كمعيار خطورة والابتعاد بمسافة كافية عن التمدد العمرانى المستقبلى.
٨. **مخزات السيول:** تقع بمنطقة الدراسة شبكة من الأودية الفرعية التي تصب بوادى عربية

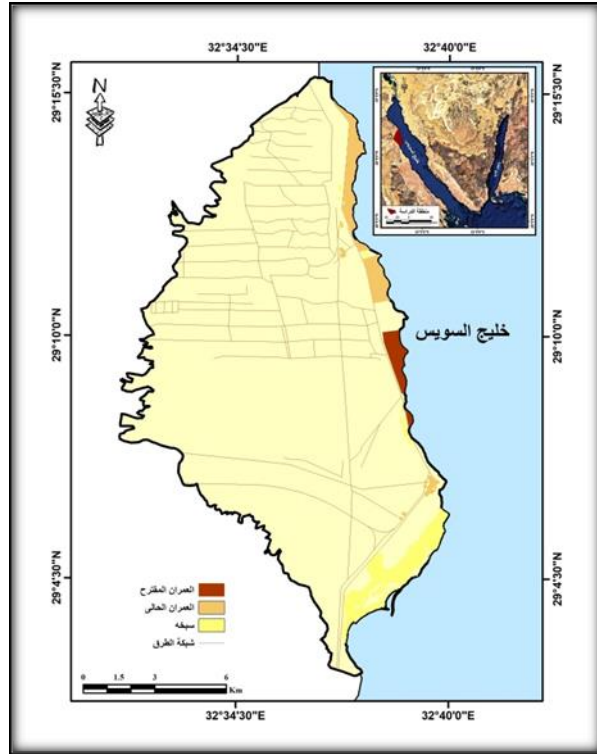
بمنطقة الزراعة، لذا يجب وضع أماكن مخبرات السيول كأحد المعايير المهمة في اختيار أفضل مواقع إقامة القرى السياحية، بحيث يكون العمران المقترح بعيد عن المجرى الرئيس للسيل.

ب. المعالجة والتحليل:

خلال تلك المرحلة تم توحيد صيغ الملفات بصيغة Raster Data ، ثم عمل تصنيف لكل الملفات وتحديد مدى كل فئة، ثم تحديد الوزن النسبي لكل معيار، حسب درجة تأثيره، وأهميته في اختيار المواقع المناسبة للتمدد العمراني بمنطقة الدراسة.



شكل (٢٣) مراحل بناء نموذج الملائمة المكانية للتمدد العمراني المستقبلي



المصدر: اعتمادًا على شكل (٢٣)

(شكل ٢٤) المناطق الملائمة للتمدد العمراني المستقبلي للمنشآت السياحية

المراجع:

أولاً : المراجع العربية

- ١) الإبراهيمي، سهيلة نجم (٢٠٢٠): التحليل الهيدرولوجي للمياه الجوفية وتأثيره على التربة في قضاء المحمودية، عمادة البحث العلمي، الجامعة الأردنية.
- ٢) أبوالعنين، حسن سيد (١٩٨٩): أصول الجيومورفولوجيا دراسة الأشكال التضاريسية لسطح الأرض، د. ن، الاسكندرية.
- ٣) _____ (١٩٨٩): جغرافية البحار والمحيطات الأوقيانوغرافيا، الدار الجامعية، بيروت.
- ٤) إسماعيل، حسام محمد (٢٠٠٦): السبخات في السهل الساحلي الشمالي الغربي لمصر، رسالة ماجستير، جامعة حلوان كلية الآداب، قسم الجغرافيا.
- ٥) إسماعيل، ضياء صبرى (٢٠٢٣): أثر المشاريع القومية لهضبة الجلالة على جيومورفولوجية منطقة غرب خليج السويس من رأس الزعفرانة إلى العين السخنة : دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية، باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، مجلة كلية الآداب جامعة الفيوم، المجلد ١٢ العدد ٢.
- ٦) التركمانى، جودة فتحى (٢٠٠٠): أشكال السطح فى أصول الجيومورفولوجيا، دار الثقافة العربية، القاهرة.
- ٧) التهامى، محمد أحمد (٢٠١٢): السبخات غرب ميناء دمياط حتى مدينة جمصة دراسة جيومورفولوجية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، مجلة كلية الآداب، جامعة دمياط ، العدد ١.
- ٨) التوني، يوسف (١٩٧٧): معجم المصطلحات الجغرافية، دار الفكر العربي، القاهرة.
- ٩) الجميلى، محمود فاضل (٢٠٢٠): الاستشعار عن بعد وتطبيقاته فى علوم الأرض، دار الكتب والوثائق، بغداد.
- ١٠) جودة، جودة حسنين (١٩٨٢): جغرافية البحار والمحيطات الطبيعية والحيوية، دار المعرفة الجامعية، الاسكندرية.

- ١١) حسانين، رضا سليمان (٢٠١٩): أثر الخصائص الجغرافية لمنطقة الزعفرانة "ساحل البحر الأحمر" على استغلال الرياح في توليد الطاقة الكهربائية، الجمعية الجغرافية المصرية، عدد ١٢٥.
- ١٢) حسن، هويدا توفيق أحمد (٢٠٠٩): المياه الجوفية بمنخفض الواحات البحرية "دراسة في الجغرافيا الطبيعية"، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية التربية-جامعة عين شمس
- ١٣) حسن، إيمان عبدالحميد (٢٠١٠): السبخات في السهل الساحلى الغربى لخليج السويس باستخدام نظم المعلومات الجغرافية ، رسالة ماجستير غير منشورة ، كلية الآداب، جامعة بنها.
- ١٤) حمادة، إيملى محمد (٢٠٠٨): طاقة الرياح فى مصر، دراسة فى المناخ التطبيقى، المجلة الجغرافية العربية، العدد ٥٢، الجزء ٢ .
- ١٥) خميس، طارق كامل (٢٠١٨): فجوات الجروف البحرية فى منطقة رأس محمد "دراسة جيومورفولوجية"، الجمعية الجغرافية المصرية العدد ٧١.
- ١٦) سالم، طارق زكريا (١٩٩٣): مناخ شبه جزيرة سيناء والساحل الشرقى لمصر " دراسة فى الجغرافيا المناخية " ، رسالة ماجستير، جامعة الزقازيق، كلية الآداب، قسم الجغرافيا.
- ١٧) سالم، نصر الدين (٢٠١٦): جيومورفولوجية الجروف الساحلية بين كرسة ورأس الهلال في شمال شرق ليبيا، مجلة كلية الآداب، جامعة بورسعيد العدد ٨ .
- ١٨) سعد، منصور عبدالعاطى (٢٠٢٣): الذكاء الاصطناعي الجغرافي (Geo AI) في رصد وتقييم التغيرات الجيومورفولوجية لمنطقة قناة السويس الجديدة " دراسة فى الجيومورفولوجيا التطبيقية"، مجلة كلية الآداب والعلوم الإنسانية جامعة قناة السويس، العدد ٤٥، المجلد ٦، الجزء الأول.
- ١٩) شلبى، وهبه حامد (٢٠١٩): أثر التغيرات المناخية علي الأسنة البحرية بمصب وادى عربة (دراسة جيومورفولوجية)، المجلة المصرية للتغير البيئى، المجلد الحادى عشر (٢).

- ٢٠) صابر، أحمد إبراهيم (٢٠٠٧): الآثار الجيومورفولوجية الناجمة عن حركة المياه فى المنطقة الممتدة من الصف إلى العين السخنة، رسالة دكتوراة جامعة بنها، كلية الآداب، قسم جغرافيا.
- ٢١) صالح، كريم مصلح (١٩٩٥): جيومورفولوجية الحافة الجبلية والمنطقة الساحلية فيما بين رأس الزعفرانة وأبو بكر (الصحراء الشرقية)، رسالة دكتوراة غير منشورة، كلية الآداب، جامعة عين شمس .
- ٢٢) صالح، كريم مصلح (١٩٩٩) : السهل الساحلى على الجانب الغربى لخليج السويس ، فيما بين رأس غارب ورأس الدب، مجلة كلية الآداب ، الدراسات الخاصة ، جامعة الزقازيق.
- ٢٣) عبدالله، عزة أحمد (٢٠٠٥): جيومورفولوجية النباك فى منخفض الواحات البحرية ، المجلة الجغرافية العربية ، العدد ٤٦ .
- ٢٤) العزاوى، ثائر مظهر، وحسن، زينب ضمد (٢٠١٦): استعمال التصنيف الرقمي لمتابعة كشف التغير لسبخات الرزاة للمدة ١٩٧٦-٢٠١٣ م، مجلة كلية التربية للبنات، جامعة بغداد.
- ٢٥) العزاوى، ثائر مظهر، وحسن، زينب ضمد (٢٠١٨): الأشكال الجيومورفولوجية المرتبطة بالسبخات فى السهل الرسوبى فى العراق، مجلة كلية التربية للبنات، جامعة بغداد.
- ٢٦) عماشة، صلاح معروف (٢٠١٩): علم البيدوجغرافية "جغرافية التربة" الماهية ومناهج وأساليب الدراسة ومراحل التطور، مكتبة جزيرة الورد، المنصورة.
- ٢٧) الكومي، عبدالرازق بسيوني (٢٠١٦): تغير خط الشاطيء بين رأس الحكمة ورأس أم الرخم بالساحل الشمالى الغربى لمصر باستخدام الاستشعار عن بعد RS ونظم المعلومات الجغرافية GIS دراسة جيومورفولوجية، مجلة بحوث الشرق الأوسط العدد التاسع والثلاثون، الجزء الثانى.
- ٢٨) محسوب، محمد صبرى (١٩٩٤): سواحل مصر بحوث فى الجيومورفولوجيا، دار الثقافة للنشر والتوزيع، القاهرة.

(٢٩) ————— (٢٠٠٢) : البيئة الطبيعية وخصائصها وتفاعل الانسان معها، دار الفكر العربي، القاهرة.

(٣٠) ————— (٢٠٠٣): جيومورفولوجية الأشكال الأرضية، دار الفكر العربي، القاهرة.

(٣١) محمود، دعاء صادق (٢٠١٦): الأشكال الأرضية الناتجة عن النحت البحري بالساحل الغربي لخليج السويس فيما بين السويس شمالاً ورأس جمسة جنوباً دراسة جيومورفولوجية، رسالة ماجستير، جامعة عين شمس، كلية التربية، قسم الجغرافيا.

(٣٢) محيسن، محمد حسن (٢٠١٠): الأخطار الجيومورفولوجية غرب خليج السويس من السويس إلى الزعفرانة دراسة تطبيقية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة الزقازيق.

(٣٣) معتوق، أحمد السيد (١٩٨٤): الظواهر الجيومورفولوجية فى المنطقة الغربية لخليج السويس، رسالة ماجستير، جامعة الإسكندرية، كلية الآداب، قسم الجغرافيا.

ثانياً : المراجع الأجنبية

- 1) Abdallah,A. M., and El-Adindany (1965):Stratigraphy of the Upper Paleozoic rocks Western side of The Gulf of Suez, Egypt, Geo. Sur Pap 25.
- 2) Abdelazeem, M.; Fathy, M. & Khalifa, M., 2019: Integrating Magnetic and Stratigraphic Data to Delineate the Subsurface Features in and around New Galala City, Northern Galala Plateau, Egypt, NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics, 8:1, pp.131-143.
- 3) Cook,R.U and Warren, A., 1973: Geomorphology in Deserts,Bastford LTD, London
- 4) El- Azab, Hanan El-Azab(2011): Study on physiography, soil series and flora in some areas of the Eastern desert , Egypt, Ph.D., Fac. Agri., Dep. Soil, Banha Uni.
- 5) El-Rakaiby, M. (1980): Photo geological interpretation and Radioactivity of Environs of Northern and Southern Galalas Eastern desert, Egypt, Ph.D., Fac. Sci., Mansoura Uni.
- 6) Fahmy.M.A.et al. (2005): Hydrography and chemical

- characteristics of the coastal water along Gulf of Suez, Egyptian journal of Aquatic Research, Vol.31. pp. 1-14.
- 7) Hamed, Mohamed A., and El- Agroudy, Nadia A., and Ali, Abda Allah E.(2017): Water characteristics of the Western side along the Gulf of Suez (Red Sea) during (2014-2015), journal Egypt Acsd. Soc. Environ. Develop. vol.18 (1) , pp.93-105.
 - 8) Hamed, Mohamed A., and Said, Tarek O. (2000): Effect of pollution on the water quality of the Gulf of Suez, Egypt , journal Aquat , Biol& Fish., Vol.4 , No1 pp. 161-178.
 - 9) Hassanin, Atif Hassanin(2007): Genesis, formation, classification and evaluation of some soils in the eastern desert, Egypt, Ph.D. Thesis, Fac. Agri., Dep. Soil, Banha Uni.
 - 10) Komar, P.D., 1976, Beach Processes and Sedimentation, Prentice. Hall Inc., H. J.
 - 11) McFeeters SK (1996) the use of normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features. Int J RemoteSens 17:1425–1432.
 - 12) Monk Hous, F., and Wilkinson, H., (1971): Maps and Diagrams, 3rd .Ed. Methuen, London.
 - 13) Mousavi et al. (2017): Digital Mapping of Topsoil Salinity Using Remote Sensing Indices in Agh-Ghala Plain, Iran, 5 (2), PP. 1.
 - 14) Rady, M.A., et al. (1998): Residual circulation in the Gulf of Suez Egypt, Estuarine, Coastal and Shelf Science, Vol.46.2, pp.205-220.
 - 15) Saber, A. I., & Hassan, H. T. (2023): Engineering Geomorphology and Geotechnical Assessment of Wadi Abu Daraj, El-Galala El-Bahariya Plateau Using Geomatics Applications, *Journal of the Faculty of Arts Port Said University*, 23(23), 171-225. doi: [10.21608/jfpsu.2022.142815.1197](https://doi.org/10.21608/jfpsu.2022.142815.1197)
 - 16) Sallam, Emad S., and Garzanti, Eduardo, and Li, Xianghui, and Ruban. Dmitry A. (2002): Provenance of Mesozoic sandstones from the northwestern Gulf of Suez, Egypt” new evidence from petrography and whole-rock geochemistry, *Arabian journal of Geosciences* Vol.15.
 - 17) Samir, Mohamed(2018) : facies and Depositional Environments of the Lower Miocene Reservoirs, Zaafarana Oil Field/ North Gulf

- of Suez- Egypt using Borehole logging and core analysis , M.Sc. Thesis, Faculty of Science , Ain Shams Uni.
- 18) Seliem , Hafez (2001): Geophysical and geological studies for the area located between Zafarana and South Gharib, Gulf of Suez , Egypt, M.Sc. Thesis, Fac. Sci. , Cairo Uni.