Published by the Academic Publication Council of Kuwait University. All rights reserved.

Doi: 10.34120/jss.v52i3.83

قدم في: يوليو 2022

أجيز في: نوفمبر 2022

Assessment of Coastal Vulnerability to Natural and Anthropogenic Factors in the Area between Ras Julai'a and Ras Al-Zour, Southern Kuwait

Eiman Ali Alshammri
Mohammad M. M. Alsahli

Abstract

Objective: The coastal zone faces multiple environmental pressures that have contributed to changing its natural characteristics. One of the most significant challenges facing the coastal zone is the shoreline change caused by natural factors and anthropogenic activities. Accurate monitoring of shoreline change impact on the coastal zone is required for the mitigation and adaptation that ensure the sustainability of this vital zone. Thus, in this study we analyzed the vulnerability of the coastal zone to the shoreline changes from Ras Julai'a to Ras al-Zour, in the southern of Kuwait. **Methods:** the vulnerability of the coastal zone was evaluated using five factors: the net shoreline movement expected from 2018 to 2080, elevation, coastal slope, soil, and land cover/land use. These factors were manipulated using spatial analysis tools. **Results:** The study findings showed that 80% of the shoreline is expected to retreat and cause a significant change in natural characteristics and landscape. The sensitive and highly sensitive areas covered 9% of the study area, whereas moderately sensitive areas covered 51%. Areas with very low and low sensitivity scores covered 40%. **Conclusion**: The proposed method in this study can be considered an essential means for decision-makers and planners to draw more accurate future coastal land-use policies that can reduce shoreline mitigation costs and preserve the coastal environment to ensure the sustainability of the coastal zone.

Keywords: Climate Change, Geomorphology, Remote Sensing, Sea-level Rise, GIS.

تصدر عن مجلس النشر العلمي بجامعة الكويت - جميع الحقوق محفوظة للمجلة.

حساسية النطاق الساحلي للعوامل الطبيعية والحضرية في المنطقة بين رأس قليعة ورأس الزور جنوبي دولة الكويت

إيمان علي الشمري(*)

محمد مهنا السهلي(**)

ملخص

هدف الدراسة: يواجه النطاق الساحلي ضغوطات بيئية متعددة، أسهمت في تغير خصائصه الطبيعية. ولعل من أبرز التحديات التي تواجه النطاق الساحلي ظاهرة تغير خط الشاطئ، التي تتسبب بها العوامل الطبيعية والأنشطة البشرية مجتمعة. تتطلب هذه الظاهرة رصداً دقيقاً لمعرفة أثرها على النطاق الساحلي وتلطيفه، والتكيف مع التغيرات المستقبلية التي قد تتسبب بها حركة الشاطئ؛ وذلك لضمان استدامة النطاق الساحلي؛ لذا فإننا قمنا في هذه الدراسة بتحليل حساسية النطاق الساحلي لتغير خط الشاطئ الممتد من رأس قليعة إلى رأس الزور، جنوبيّ دولة الكويت. **المنهجية:** باستخدام خمسة عوامل: صافي حركة خط الشاطئ المتوقعة من عام 2018 إلى سنة 2080م، وارتفاع السطح، وانحدار الساحل، ونوع التربة الساحلية، وغطاء الأرض واستخدامات الأراضي، وقد درست هذه العوامل باستخدام أدوات التحليل المكاني. **النتائج:** اتضح أن 80% من خط الشاطئ عرضة للتراجع نحو اليابسة؛ مما قد يتسبب في تغير واضح للخصائص الطبيعية ومظاهر السطح. بلغت نسبة مساحة المناطق الأشد حساسية وذات الحساسية العالية 9% من مساحة منطقة الدراسة. في حين كانت نسبة الأراضي الساحلية المتوسطة الحساسية 51%. وأما المناطق ذات الحساسية الساحلية المنخفضة والمنخفضة جداً؛ فكانت نسبتها 40%. **الخلاصة:** إن أسلوب التحليل المقدم في هذه الدراسة وسيلة مهمة للمخططين وصناع القرار لرسم سياسات مستقبلية أكثر دقة لاستخدام الأراضي الساحلية، من شأنها أن تقلل التكاليف المادية لمعالجة آثار تغير خط الشاطئ، وتحافظ على البيئة؛ مما يضمن استدامة النطاق الساحلي.

المصطلحات الأساسية: تغير المناخ، البيئة الساحلية، البيانات المكانية، ارتفاع منسوب سطح البحر، التخطيط البيئي.

(*) الهيئة العامة للتعليم التطبيقي والتدريب، الكويت، Email: ea.alshammari@paaet.edu.kw
الاهتمامات البحثية: مجال الاستشعار عن بعد، ونظم المعلومات الجغرافية، والجغرافيا الطبيعية، والدراسات البيئية.

(**) قسم الجغرافيا، كلية العلوم الاجتماعية، جامعة الكويت، الكويت، Email: m.alsahli@ku.edu.kw
الاهتمامات البحثية: نمذجة مؤشرات جودة مياه البحر، وتغير خط الشاطئ، وارتفاع منسوب مياه البحر، ودراسة المتغيرات البيئية ونمذجتها، والنمذجة المكانية.

1 - مقدمة

يتميز النطاق الساحلي بتنوع الموارد الطبيعية واعتدال الظروف البيئية، التي أسهمت في التوسع الحضري عليه، وجعلته في مواجهة تحديات الضغوطات البشرية وأخطار تغير المناخ العالمي؛ مثل ارتفاع سطح البحر وما يتبعه من تغير في خط الشاطئ (Alsahli and AlHasem, 2016) (السهلي والمطيري، 2019). وذلك جعل البيئات الساحلية عرضة للإرباك (Ružić et al., 2019)، فأصبح خطر تدهورها مشكلة واضحة، مع تعقد استخدامات الأراضي في النطاق الساحلي، تزيد من مصادر التلوث وتهدد التوازن بين عناصر النظم الإيكولوجية الساحلية.

ومع هذا الوضع الحرج للنطاق الساحلي أصبح تغير المناخ العالمي وما يرتبط به من ارتفاع في مستوى سطح البحر من العوامل الأكثر تهديداً لاستدامة البيئات الساحلية (إنغلاندر، 2017)؛ فبحسب احتمالات ارتفاع سطح البحر، التي ذُكرت في تقرير الفريق الحكومي الدولي لتغير المناخ[1]، فإن السواحل قد تتعرض لارتفاع في مستوى سطح البحر مع سنة 2080 يراوح متوسطه عند 50 سم (IPCC, 2021; NASA, 2021). وهذا الارتفاع سيتسبب في تغيرات رئيسة في النطاق الساحلي، منها زحف البيئات المائية والرطبة على بيئات اليابسة؛ مما يغير من خصائص التربة وتوزيع النباتات القريبة من الساحل من حيث الزيادة أو النقصان (Muñoz Vallés et al., 2015)، وما يتبع هذه التغيرات من آثار على الحيوانات والسلسلة الغذائية. فقد يشهد النطاق الساحلي تغيراً واسعاً في التنوع الحيوي وتراجعاً في كمية الموارد الطبيعية ونوعيتها (Prakash, 2021)؛ مما يهدد استدامة النطاق الساحلي.

إن أهم تبعات ارتفاع مستوى سطح البحر تغير خط الشاطئ، الذي يحدث باستمرار نتيجة عوامل طبيعية، منها ما يؤثر بشكل يومي على الساحل؛ مثل تيارات المد والجزر، ومنها ما يستغرق تأثيره مدة أطول؛ كعوامل النحت والإرساب التي يتسبب بها التيار المحاذي للشاطئ، وطاقة الأمواج. وهناك عوامل أخرى تساعد على تسارع وتيرة تغير الشاطئ، منها معدل انحدار الساحل، فالسواحل الطفيفة الانحدار تكون شواطئها عرضة للتغير أكثر من الشواطئ السواحل الشديدة الانحدار (Alsahli & Alhasem, 2016; Narashid et al., 2021). ونوع التربة الساحلية التي تتصل اتصالاً مباشراً بالترسيبات وأنواعها. وجيومرفولوجية الساحل؛ فبعض أشكال السطح؛ كالمسطحات

(1) The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

الطينيـة تؤثـر علـى حركـة خـط الشـاطئ (Cohen et al., 2021). وقـد يتغير خط السـاحل أيضـاً بسـبب عوامـل بشـرية تتمثـل في المشـاريع الحضريـة، التي تتطلب عمليـات ردم أو حفـر علـى السـاحل. وهذه الأنشـطة البشـرية قـد تحفز بعـض العوامـل الجيومرفولوجية أو تعوقهـا (Gunasinghe et al., 2021). إن تداخـل العوامـل الطبيعيـة ومـا يرتبـط بهـا مـن تدخـلات بشـرية تغيـر خـط الشـاطئ بشـكل مسـتمر؛ ممـا يجعـل تحديـده عمليـة صعبة؛ فالبعـض حـدده بأدنى منسـوب للمياه في فتـرة الجزر، واختار أغلب الجغرافيين حد المد الأعلـى للمـاء كأسـاس لتحديـد خـط الشـاطئ، ومن هـذا الخط رصدت أغلب الدراسـات التغيـرات التـي تطـرأ علـى الشـاطئ (Bamdadinejad et al., 2021)، سـواء لفتـرات زمنيـة طويلـة أو قصيرة.

إن رصـد خـط الشـاطئ وتحديـد التغيـرات المكانيـة التـي تطـرأ عليـه فـي فتـرة زمنيـة قصيـرة، ضـروري لمعرفـة التغيـر الخـارج عن هذا التفاوت؛ بسـبب ارتفـاع مسـتوى سـطح البحـر. فالسـواحل تتفـاوت فـي طبيعتهـا وانتشـار الظواهـر الحضرية عليهـا؛ مما يجعلهـا تختلـف فـي اسـتجابتها لارتفـاع مسـتوى سـطح البحـر ومـا يتبعـه مـن تغيـر فـي خـط الشـاطئ. وفهـم طبيعـة البيئـة السـاحلية وإدراك مواطن الضعف والهشاشـة بها من المكونات الأساسـية لمراقبة البيئات السـاحلية والمحافظة عليها. ولعل من أهم الوسـائل لمراقبة البيئات السـاحلية وتتبع التغيرات التي تطرأ عليها حسـاب مؤشـرات لحساسـية البيئـة السـاحلية، التـي مـن خلالهـا تحـدد مواطـن الضعـف السـاحلي، المرتبطـة بأخطار الغمـر المسـتقبلية بسـبب ارتفـاع مسـتوى سـطح البحـر، وحركـة تقـدم خـط الشـاطئ وتراجعـه نتيجـةً لعمليـة التعريـة البحرية والأنشـطة البشـرية.

تتميـز مؤشـرات حساسـية الشـاطئ بتوضيـح العلاقـة بيـن المتغيـرات المختلفـة بأسلوب رياضي يأخذ بالحسبان البعد المكاني والزمني لتفاوت هذه المتغيرات (Nazeer et. al., 2020)، ومن خلاله تُحدد المواقع الأكثر تأثراً بتغير خط الشـاطئ. ويتكون مؤشـر حساسـية السـاحل لتغيـر الخـط الشـاطئ مـن متغيرات طبيعيـة؛ (مثل صافـي حركة تغير خـط الشـاطئ، وارتفـاع السـاحل وانحـداره، نوعيـة الرواسـب)، ومتغيـرات حضريـة (مثل اسـتخدامات الأراضـي وأعـداد السـكان والمواقـع الأثريـة) (Mani Murali et al., 2013). وقـد تناولـت بعـض الدراسـات الجانـب الطبيعـي فقـط (Pantusa et al., 2018). وركـزت دراسـات أخـرى علـى الجانب الحضـري (Zhou et al., 2018) ولكن أغلب الدراسـات كانت تتنـاول الجانبيـن معـاً (Oloyede et al., 2022). وجميـع هـذه المتغيـرات، سـواء الطبيعيـة أو الحضريـة، قـد تتعـرض للإضافـة أو الحـذف مـن المؤشـر؛ تبعـاً للهـدف المنشـود مـن

الدراسة أو صعوبة توافر المعلومات أو طبيعة المنطقة المدروسة. لذا فإننا في هذه الدراسة حسبنا حساسية النطاق الساحلي لتغير خط الشاطئ الممتد من رأس قليعة إلى رأس الزور، جنوبي دولة الكويت، باستخدام خمسة عوامل: صافي حركة خط الشاطئ المتوقعة من عام 2018 إلى سنة 2080، وارتفاع السطح، وانحدار الساحل، ونوع التربة الساحلية، وغطاء الأرض واستخدامات الأراضي. ولعل السبب الرئيس لاختيار هذا الموضوع هو قلة المصادر والمراجع التي تطرقت لدراسة المنطقة بأسلوب التحليل المكاني في هذا الجانب، وطبيعة المنطقة التي تعاني ضغوطات بشرية. فأهمية هذه الدراسة تتمثل في التنبؤ المستقبلي لتغير خط الشاطئ المرتبط بارتفاع مستوى سطح البحر من خلال أسلوب تحليل جغرافي كمي ونوعي متكامل، يسهم في رسم السياسات المستقبلية المحكمة لاستدامة النطاق الساحلي. ومن مرونة هذا الأسلوب أنه يمكن تطبيقه على مناطق ساحلية أخرى.

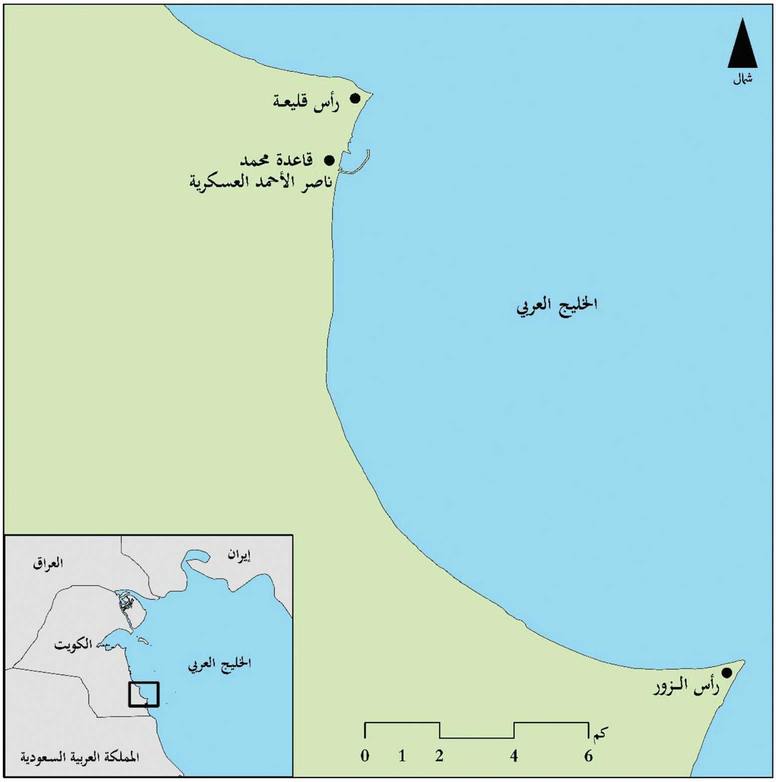
2 - البيانات والأساليب

2 - 1 - منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة في الركن الشمالي الغربي للخليج العربي، في الساحل الجنوبي لدولة الكويت، وتمتد من رأس الزور جنوباً عند دائرة عرض 28.74° شمالاً وخط طول 48.39° شرقاً، إلى رأس قليعة (وتعرف محلياً باسم جليعة) عند دائرة عرض 28.88° شمالاً وخط طول 48.29° شرقاً. ويبلغ طول ساحل منطقة الدراسة 28 كم تقريباً، ويصل الامتداد إلى الداخل حتى 1.5 كم، حُدد به النطاق الساحلي، وذلك وفقاً لمظاهر سطح الأرض (شكل 1)، وتبلغ مساحة هذه المنطقة نحو 37 كم^2. وتتميز بالاستواء والقرب من مستوى سطح البحر؛ إذ لا يتجاوز أقصى ارتفاع لها 50 متراً. وتمتد في النطاق الساحلي لمنطقة الدراسة ثلاثة أنواع مختلفة من الشواطئ: الشواطئ الرملية الكلسية – وهي الأطول امتداداً– التي تنتشر بها الإرسابات الريحية والبحرية بالإضافة إلى رواسب السبخات، والشواطئ الصخرية المحصورة في منطقة الجروف البحرية عند رأس قليعة ورأس الزور، والشواطئ الرملية الصناعية المستحدثة في أقصى شمال منطقة قليعة (القصيبي، 2014م). وتتأثر هذه الشواطئ بعوامل التعرية، فضلاً عن تأثرها بالأنشطة البشرية التي أسهمت بشكل واضح في تغير خط الشاطئ، ومنها عمليات الحفر الناتجة من إقامة الموانئ والأرصفة البحرية، وتعميق الممرات المائية لتسهيل عمليات الملاحة بها (Restrepo & Venkataramani, 2016).

شكل 1

تمتد منطقة الدراسة من رأس قليعة في الشمال إلى رأس الزور في الجنوب. تنتشر على طول الساحل المساكن الخاصة (شاليهات) وبعض المصانع، ويقع ميناء الزور في الجنوب عند رأس الزور.



2-2 - الإطار العام لأسلوب التحليل

دُرست حساسية النطاق الساحلي لتغير خط الشاطئ باستخدام خمسة عوامل. عامل رئيس محرك للتغيرات المتوقعة على النطاق الساحلي وهو صافي حركة خط الشاطئ المتوقعة من عام 2018 إلى عام 2080، وأربعة عوامل مرتبطة بتغير خط الشاطئ، وهي: ارتفاع السطح، وانحدار الساحل، ونوع التربة الساحلية، وغطاء الأرض واستخدامات الأراضي. ولهذه العوامل الأربعة دور واضح في زيادة أو انخفاض حساسية الساحل لتغير خط الشاطئ (Awange et al., 2018; Furlan et al., 2021; Haidara et al., 2019). يمثل كل عامل من العوامل الخمسة بيانات مكانية على هيئة طبقات، قمنا بدراسة أثرها على حساسية الشاطئ باستخدام أسلوب التراكب المكاني الموزون

(weighted overlay)، الذي تصطف به الطبقات بعضها فوق بعض، بحسب درجة تأثيرها والوزن المحدد لها وقيم كل طبقة؛ وبذلك تُستخرج من هذا التحليل طبقة نهائية تمثل حساسية النطاق الساحلي لتغير خط الشاطئ وما يرتبط به من العوامل. وفيما يلي توضيح أسلوب إعداد كل عامل والبيانات المستخدمة.

2 - 3 - تغير خط الشاطئ

تتطلب الدراسات المتعلقة بحساب معدل تغير خط الشاطئ دقة عالية للبيانات المستخدمة في رسم خط الشاطئ، ويرجع سبب هذا إلى طبيعة المنطقة السريعة التغير؛ بسبب الأنشطة البشرية أو التغيرات الطبيعية للمسطحات المائية؛ ومن ثم قمنا بالاسترشاد بالأسلوب المتبع في دراسة السهلي والمطيري (2019) لتحديد خط الشاطئ وحساب صافي حركته من عام 2018 إلى سنة 2080، باستخدام أداة التحليل الرقمي لخط الشاطئ – ديساس (DSAS)[2].

2 - 3 - 1 - البيانات والخطوات المتبعة في رسم خط الشاطئ لعام (2018)

اعتمدنا في رسم خط الشاطئ لعام 2018 على مرئية فضائية للقمر الصناعي بلانت سكوب، ملتقطة في أعلى مد بتاريخ 2018/9/23، تغطي جزءاً من الساحل الجنوبي لدولة الكويت، بما في ذلك منطقة الدراسة. وقد حصلنا على المرئية من قواعد بيانات مختبرات بلانت (www.planet.com). تحتوي مرئية بلانت سكوب على أربعة نطاقات طيفية (الأزرق والأخضر والأحمر وتحت الحمراء القريبة) وضوحها المكاني 3م، مصححة إشعاعياً وموجهة إحداثياً بدرجة خطأ قريبة من 10 أمتار[3]، إلا أن مهمة رصد خط الشاطئ تتطلب دقة إحداثية للمرئية أعلى؛ مما دفعنا لتصحيح المرئية إحداثياً باستخدام نقاط تحكم أرضية أخذناها لمنطقة الدراسة – في أثناء المسح الميداني في 4 مايو 2018 – من جهاز استقبال (Tremble Catalyst) لبيانات نظام الأقمار الملاحية العالمي (GNSS). بلغ عدد النقاط الأرضية 14 نقطة، وُزعت في مناطق يسهل تحديدها على المرئية، وكانت الدقة المكانية لهذه النقاط ما دون المتر. وأما متوسط مقدار خطأ[4] عملية التصحيح؛ فكان أقل من نصف متر.

(2) إحدى أدوات التحليل المكاني التي طورتها هيئة المساحة الأمريكية (USGS) https://www.usgs.gov/centers/whcmsc/science/digital-shoreline-analysis-system-dsas

(3) https://www.planet.com/products/planet-imagery/

(4) Root mean square error (RMSE)

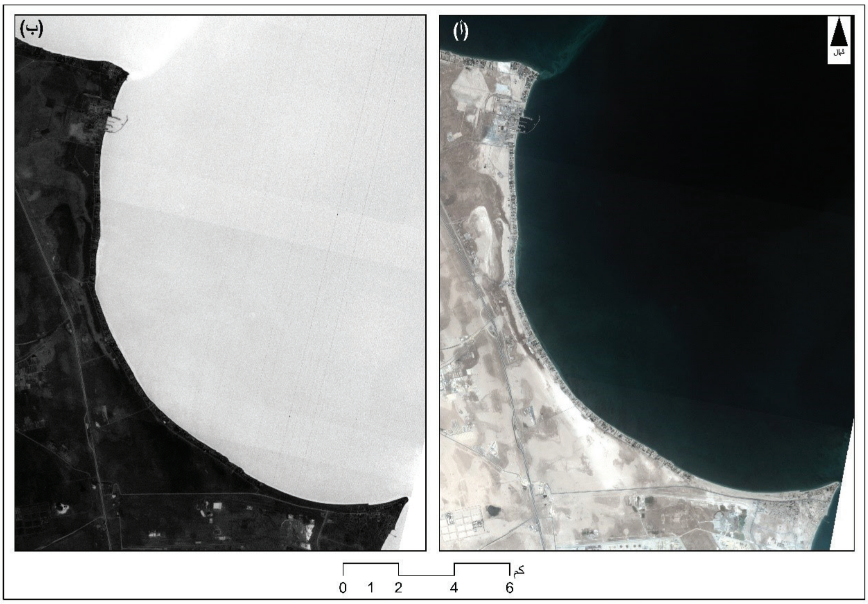
وُضعت المرئية المصححة إحداثياً على نظام مركيتور المستعرض العالمي - النطاق 38 شمالاً. ولرفع دقة التحليل البصري في تحديد خط الشاطئ - باستخدام الترقيم اليدوي - حسبنا المؤشر الطيفي للمياه[5]، الذي يعتمد على تفاوت انعكاس الأشعة الخضراء وتحت الحمراء القريبة ما بين اليابسة والماء، من خلال المعادلة - 1: (Taylor et al., 2012)

$$\text{المؤشر الطيفي للماء} = \frac{ن_2 - ن_4}{ن_2 + ن_4} \qquad \text{معادلة. 1}$$

تمثل $ن_2$ النطاق الطيفي الثاني، الذي يمثل انعكاسات الأشعة الخضراء، ويمثل $ن_4$ نطاق انعكاسات الأشعة تحت الحمراء القريبة (شكل 2).

شكل 2

المرئية بلانتسكوب الملتقطة في أثناء أعلى مد بتاريخ 23/ 9/ 2018، يمثل (أ) الألوان الحقيقية للمرئية، و(ب) يمثل صورة مؤشر الماء، التي تبرز التباين اللوني العالي بين اليابسة والماء؛ مما يساعد في تحديد خط الشاطئ بسهولة.



2-3-2 - البيانات والخطوات المتبعة في رسم خط شاطئ (2080)

رُسم خط الشاطئ لسنة 2080 بالاعتماد على طبقة النطاق الساحلي لدولة الكويت لسنة 2080، المصممة في دراسة السهلي وآخرين (Alsahli & Alhasem, 2016).

(5) Normalized difference water index (NDWI)

وكان وضوحها المكاني 5 أمتار. اجتُزئت منطقة الدراسة من هذه الطبقة، وفصلت اليابسة عن الماء باستخدام الحاسبة الخلوية[6] في برنامج آرك ماب (ArcMap). وبعد ذلك حولنا طبقة الماء الخلوية إلى خطية، واجتزأنا حدودها من قبل الساحل، لتمثل خط الساحل لسنة 2018. وبذلك هيأنا خطّي الساحل (2018 و2080) للتحليل في أداة دِساس؛ لحساب صافي حركة خط الشاطئ.

2 - 3 - 3 - صافي حركة خط الشاطئ

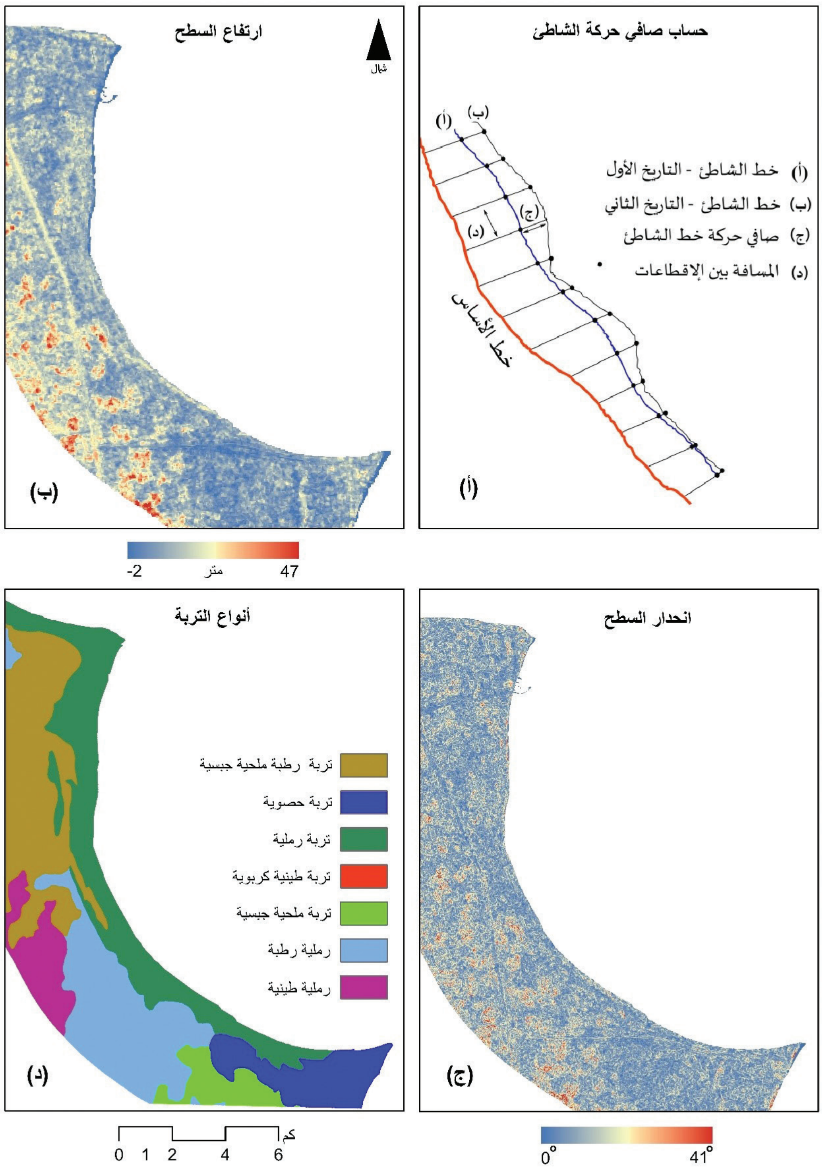
حسبنا صافي حركة خط الشاطئ باستخدام أداة تحليل خط الشاطئ الرقمي دساس- الإصدار الخامس، وهي إحدى أدوات التحليل المكاني المتاحة في برنامج آرك ماب الخاصة بالبيانات الخطية. تمكن هذه الأداة من معرفة صافي حركة الشاطئ ومعدل التغير الزمني خلال الفترات الزمنية التي يحددها المستخدم. وعند استخدام هذه الأداة لابد من توافر عنصرين أساسيين من أجل نجاح عملية التحليل، هما خطان للشاطئ، على الأقل، ويمثل كل خط فترة زمنية محددة، وخط أساس تحسب منه مقاييس التغير. وتكون مخرجات التحليل على شكل إقطاعات عرضية متعامدة على خط الأساس لا تتجاوزه، ومتقاطعة مع خط الشاطئ، وتمثل هذه التقاطعات بالعُقَد التي يتساوى عددها مع الخطوط المدروسة للشاطئ، وتمثل المسافة بين كل عقدة وأخرى صافي حركة الشاطئ (شكل 3 -أ).

كانت المسافة بين كل قطاع عرضي وآخر 5 أمتار، وهو الوضوح المكاني لطبقة النطاق الساحلي لسنة 2080، الذي اعتمد ليكون المرجع في تحليل جميع الطبقات الخلوية الداخلة في حساب حساسية النطاق الساحلي لتغير خط الشاطئ والعوامل المرتبطة به. حُفظت قيم صافي حركة خط الشاطئ في طبقة القطاعات العرضية في جدول بيانات وصفية. استخدمت هذه القيم لتحويل الطبقة الخطية للقطاعات العرضية إلى طبقة خلوية؛ ولسد الفراغات بين كل قطاع وآخر، جُعلت أبعاد الخلية للطبقة الخلوية الجديدة 5 أمتار. وبذلك خرجت طبقة للنطاق الساحلي تمثل قيمة الخلية فيها صافي حركة الشاطئ الأقرب للخلية.

(6) Raster calculator

شكل 3

(أ) طريقة حساب حركة خط الشاطئ باستخدام أداة ديساس (DSAS). (ب) ارتفاعات منطقة الدراسة القريبة من مستوى سطح البحر. (ج) منطقة الدراسة ويغلب عليها الانحدار الطفيف. (د) بين انتشار أنواع الترب في منطقة الدراسة، والملاحظ أن شواطئ المنطقة تغطيها إما التربة الرملية وإما التربة الحصوية.



2 - 4 - ارتفاع السطح وانحدار الساحل

اعتمدنا في تحديد ارتفاع المناسيب على طبقة الارتفاعات المصممة في البلاغ الوطني الثاني لدولة الكويت لتغير المناخ (Al-Harbi et al., 2018)؛ إذ استُخدم في تصميم هذه الطبقة مرئيات فضائية ونقاط تحكم أرضية عالية الدقة؛ لتنتج طبقة ارتفاعات للقطاع الساحلي لدولة الكويت، بوضوح مكاني قدره 5 أمتار (شكل 3 -ب). اجتُزئت من هذه الطبقة منطقة الدراسة، وباستخدام أداة الانحدار المتاحة ضمن باقة أدوات التحليل المكاني في برنامج آرك ماب، حُسب انحدار النطاق الساحلي بالدرجات، مع الاحتفاظ بالوضوح المكاني نفسه لطبقة الارتفاعات (شكل 3 -ج).

2-5 - التربة الساحلية

استُخدمت طبقة نوع التربة الصادرة عن معهد الكويت للأبحاث العلمية في هذه الدراسة، وطبقة التربة هذه نتاج مسح ميداني للمعهد؛ بالتعاون مع الهيئة العامة للزراعة والثروة السمكية، ومؤسسة أسترالية[7]. أُجري مسح للتربة، باستثناء المناطق الحضرية والصناعية والمناطق المحظورة. وُصفت أنواع تربة دولة الكويت وتصنيفها، وفقاً لتصنيف وزارة الزراعة الأمريكية للتربة (KISR, 1999)؛ وعلى ذلك شمل التصنيف أنواع التربة في دولة الكويت على مستوى الرتب وتحت الرتب والمجموعات الكبرى، وقُسمت التربة إلى ثمانية أنواع (عمر وآخرون، 2008). اجتُزئت من طبقة التربة هذه منطقة الدراسة، وحُفظت في طبقة مستقلة تمهيداً لاستخدامها في دراسة حساسية النطاق الساحلي لتغير خط الساحل (شكل -3د).

2 - 6 - طبقة تصنيف غطاء الأرض

أنشأنا طبقة تصنيف غطاء الأرض لعام 2018 باستخدام المرئية بلانت سكوب، وهي المرئية التي أُعدت وصُححت إحداثياً في الخطوات السابقة، واستُخدم برنامج إنفي النسخة 5.2 (ENVI) في إنشاء هذه الطبقة، من خلال دمج أسلوبي تصنيف المرئيات - التصنيف الموجه وغير الموجه - لتحديد نوع غطاء الأرض واستخدامات الأراضي بأعلى دقة ممكنة. وقبل الشروع بتصنيف المرئية، أُجريت بعض عمليات المعالجة الأولية للمرئية لتهيئتها للتحليل. استُخدم التقطيع اللوني[8] لتحديد المسطحات المائية وهوامش الصورة، وهي مناطق غير مستهدفة في عملية التصنيف، حذفت قبل التحليل. وإزالة هذه المناطق تزيد من دقة المخرجات وتقليل الأخطاء الناتجة من عملية التصنيف (Kastens et al., 2005). وفيما يلي وصف لأسلوبي التصنيف المتبع في هذه الدراسة مع طريقة دمجهما.

(7) AACM International Pty Ltd Adelaide, Australia

(8) Color slicing

2 - 6 - 1 - التصنيف الموجه

تقوم عملية التصنيف الموجه للمرئية على تعيين غطاءات الأرض المستهدفة في عملية التصنيف، من خلال عينات مثالية يحددها المستخدم، بالاعتماد على عدة مصادر، أهمها السلوك الإشعاعي المميز لغطاءات الأرض المختلفة، الذي يُعرض من خلال النطاقات الطيفية للمرئية؛ فكلما زاد الوضوح الطيفي والمكاني للصورة أمكن تحديد فئات أكثر لغطاءات الأرض المختلفة (Fonseca et al., 2021; Pandey et al., 2021; Schindler et al., 2021). وعلى ضوء ذلك فإننا حددنا ثماني فئات لغطاء الأرض: المسطحات المائية، والكثبان الساحلية، والسبخات الساحلية الرطبة، والنبات، والأراضي الرملية، والأراضي المستصلحة، والامتداد الحضري، والطرق. وارتُكز جمع العينات من المرئية لهذه الفئات على ثلاثة مصادر، النطاقات الطيفية، وخريطة الرواسب السطحية لعام 2017 (KEPA, 2017)، وبيانات الرحلة الميدانية التي قمنا بها بتاريخ 2019/2/20؛ لدراسة أنواع النبات الطبيعي وانتشاره في منطقة الدراسة.

صُنفت المرئية بحسب غطاء الأرض بالاعتماد على ثلاثة نطاقات طيفية (الأخضر والأحمر والأشعة تحت الحمراء القريبة). واستبعد النطاق الأزرق لاتساع مداه الطيفي الذي يتداخل مع النطاق الذي يليه (النطاق الأخضر)؛ مما جعل في دخوله إرباكاً للعمليات الإحصائية الخاصة بالتصنيف الموجه. جُمعت عينات غطاء الأرض من النطاقات الثلاثة؛ بحيث كان لكل غطاء أرض خمس عينات فرعية تمثله. خضعت هذه العينات الفرعية لمراجعة إحصائية للتحقق من انسجام المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لها. فإذا وجدت عينة فرعية قيمة متوسطها الحسابي أو الانحراف المعياري لا ينسجم مع بقية العينات الفرعية استبعدت، واستُعين بعينة فرعية أفضل منها في تمثيل فئة غطاء الأرض، وهكذا حتى جُمعت كل الفئات الفرعية بأعلى دقة ممكنة.

طبقنا في التصنيف الموجه أسلوب الاحتمال الأرجح[9] وهو من أكثر الأساليب المستخدمة في التصنيف الموجه للمرئيات؛ إذ يتصف بدقة عملية التصنيف؛ لأنه يقيس كثافة الاحتمالات بمدى انتشار الخلايا حول متوسطها داخل العينات، ووضعت كل خلية في الفئة الأكثر تشابهاً بها بالاعتماد على قيم انعكاس الخلايا، في حين كان تصنيف القيم المجهولة في فئات بحسب أعلى احتمال لانتمائها لفئة دون أخرى، وبذلك صُنفت المرئية (Foody et al., 1992; Gašparović et al., 2019).

(9) Maximum likelihood

2 - 6 - 2 - التصنيف غير الموجه

يرتكز التصنيف غير الموجه على تشابه القيم في النطاقات الطيفية للمرئية إحصائياً، فالقيم المتشابهة تُجمع في مجموعات يحدد عددها الباحث. وهناك عدة أساليب لعملية التجميع في التصنيف غير الموجه، أكثرها استخداماً أسلوب التجميع الذاتي التكراري[10]. في التصنيف غير الموجه طبقنا هذا الأسلوب على مرئية بلانت سكوب لعام 2018 باستخدام النطاق الأزرق والأحمر والأشعة تحت الحمراء القريبة؛ إذ بهم تحققت أفضل نتائج هذا التصنيف. صُنفت قيم المرئية في 20 مجموعة؛ لإظهار الفروقات بين المناطق الحضرية والغطاء الأرضي، قدر المستطاع. ثم دُمجت الفئات الممثلة للمظهر الأرضي الواحد في فئة جديدة تمثله، ولتقييم مواقع الفئات المدمجة اعتمدنا على التحليل البصري للمرئية ذاتها، بالإضافة إلى خريطة الرواسب السطحية، وبيانات الرحلة الميدانية الخاصة بمسح النبات الطبيعي في المنطقة. وقد قُدرت دقة التصنيفين (الموجه وغير الموجه) باستخدام معامل ثبات التصنيف كابا (Kappa) بتحديد عشرة مواقع مرجعية لكل فئة مصنفة. هذه المواقع المرجعية استُخدمت لاستخراج نسبة دقة التصنيف، التي تقاس بمقارنة عدد المواقع الصحيحة التصنيف إلى مجموع المواقع المستخدمة في الاختبار لكل فئة من فئات التصنيف. وقد قيس معامل ثبات التصنيف ودقته من خلال أداة مصفوفة التشويش[11] في برنامج إنفي.

2 - 6 - 3 - دمج نتائج التصنيفين

دمجت نتائج التصنيفين لرفع دقة تحديد غطاءات الأرض، وللقيام بذلك استخلصنا كل فئة من فئات غطاء الأرض من كلا التصنيفين: الموجه وغير الموجه، من خلال فصل الفئات وحفظ كل واحدة منها بطبقة مستقلة. وبذلك صار لكل فئة من فئات غطاء الأرض طبقتان مستقلتان، واحدة نتاج التصنيف الموجه، وأخرى نتاج التصنيف غير الموجه. بحسب دقة هاتين الطبقتين حُددت كل فئة من فئات غطاء الأرض؛ إما بالاعتماد على طبقة دون أخرى وإما باجتزاء جزء من طبقة بوساطة طبقة أخرى وإما بدمج طبقتين في طبقة واحدة تمثل فئة من فئات غطاء الأرض. وبعد إعداد كل فئة من فئات غطاء الأرض دُمجت جميع الفئات في طبقة واحدة، تمثل طبقة غطاء الأرض لمنطقة الدراسة باستخدام أداة التراكب[12].

(10) ISODATA

(11) Confusion matrix

(12) Mosaic

2 - 7 - تصنيف حساسية النطاق الساحلي لتغير خط الشاطئ

صُنفت حساسية النطاق الساحلي لتغير خط الشاطئ باستخدام خمسة عوامل تمثلها الطبقات المعدة في الخطوات السابقة، وهذه الطبقات هي: صافي حركة خط الشاطئ المتوقعة من عام 2018 إلى سنة 2080، وارتفاع السطح، وانحدار الساحل، ونوع التربة الساحلية، وغطاء الأرض واستخدامات الأراضي. أُدخلت هذه الطبقات في نموذج مكاني[13]، صُنفت الطبقات فيه إلى خمس فئات، الفئة الخامسة تمثل درجة حساسية عالية جداً والفئة الأولى تمثل درجة حساسية متدنية (جدول 1). وقد صُنفت طبقة صافي حركة خط الشاطئ بحسب قيمة التغير؛ فكلما زاد تراجع الشاطئ زادت درجته – أي زادت حساسيته (جدول 2). وكذلك صُنفت طبقتا ارتفاع السطح وانحدار الساحل بحسب قيمهما؛ فكلما انخفضت القيم زادت درجة التصنيف؛ لأن المناطق الأقل انحداراً عرضة للتأثر بتراجع الشاطئ، وكذلك المناطق المنخفضة حساسيتها لتراجع الشاطئ أعلى من المناطق المرتفعة. وقد صُنفت المتغيرات الكمية للطبقات الثلاث السابقة باستخدام أسلوب الفواصل الطبيعية[14].

جدول 1

مصادر تصنيف الطبقات موضع الدراسة

الطبقة	مصدر التصنيف
صافي حركة خط الشاطئ	(Pantusa et al., 2018)
الغطاء الأرضي واستخدامات الأراضي	(Mani Murali et al., 2013) (Saini et al., 2015)
الانحدار	(Furlan et al., 2021)
الارتفاعات	(IPCC, 2022)
التربة	(Alsahli & Alhasem, 2016) (Bou Kheir, Cerdan, & Abdallah, 2006) (Haidara et al., 2019) (Muñoz Vallés et al., 2015) (Chandrasekar, 2013) (Saini et al., 2015) ، (كيلر، 2010م)

(13) Spatial model / cartographic model.

(14) Natural Breaks

جدول 2

نظام تصنيف أهم العوامل وحساسيتها تجاه ارتفاع مستوى منسوب البحر

مستويات الحساسية الساحلية لتغير خط الشاطئ					
المتغيرات	عالية جداً	عالية	متوسطة	منخفضة	منخفضة جداً
	5	4	3	2	1
الارتفاعات (متر)	0.5≥-	0.5- -1	1.5-1	2 - 1.5	2<
الانحدار (درجة)	2>	4-2	8-4	12-8	12<
التربة (المسامية)	تربة رملية	التربة الحصوية	-	التربة الملحية الطينية (الطمية) والسبخات، تربة جبسية إلى رملية جبسية	مرادم نفايات ومحاجر
صافي حركة خط الشاطئ (متر)	95->	95- ~ 30-	~ 30- 0<	95 ~ 0<	95<
الغطاء الأرضي	الامتداد الحضري وطرق	الأراضي الرطبة	النبات	الغطاء النباتي والأراضي المفتوحة، مسطحات مائية	أراضي مستصلحة/ قاحلة

أما الطبقتان المتبقيتان – طبقة التربة وطبقة غطاء الأرض واستخدامات الأراضي – فمتغيرهما اسمي، صُنف بالاسترشاد بدراسة (Haidara et al., 2019; Mani Murali et al., 2013; Saini et al., 2015). تنتشر في منطقة الدراسة الترب الرملية، والحصوية، والجبسية الملحية. التربة الرملية ضعيفة التماسك، شديدة الجفاف، عالية النفاذية والملوحة؛ لذلك يعد هذا النوع من الترب شديد الحساسية لتغير خط الشاطئ (Bou Kheir et al., 2006; Haidara et al., 2019; Magesh, 2013; Muñoz Vallés et al., 2015; Saini et al., 2015)؛ وكذلك التربة الحصوية صُنفت ضمن فئة التأثر العالي؛ بسبب قدرتها العليا نسبياً من التربة الرملية على مقاومة عمليات التعرية المائية (كيلير، 2014) و(Mohamad et al., 2014). وأما التربة الملحية الطمية؛ فقد صُنفت ضمن فئة التأثر المنخفض بسبب تماسكها ونفاذيتها الضعيفة جداً؛ بسبب وجود طبقة الجبس والطين الجيري فيها، وكذلك التربة الجبسية فإن حساسيتها لتغير خط الشاطئ منخفضة جداً بسبب موقعها البعيد عن نطاق تغير خط الشاطئ في منطقة الدراسة (الحسيني، 1988). وأما بالنسبة لطبقة استخدامات الأراضي؛ فقد أخذت المناطق الحضرية بها درجة حساسية عالية؛ لقيمتها وأهميتها، والمناطق القاحلة المفتوحة الخالية من النبات أخذت درجة حساسية منخفضة لتغير خط الشاطئ (Mani Murali et al., 2013).

جُمعت هذه الطبقات المصنفة بأسلوب التراكب المكاني الموزون، واستخرجت قيمة مؤشر حساسية النطاق الساحلي لتغير خط الشاطئ من خلال حساب المتوسط الهندسي لقيم الطبقات باستخدام الحاسبة الخلوية في برنامج آرك ماب، وذلك وفق المعادلة - 2 (Cogswell, Greenan, & Greyson, 2018):

$$\text{مُح} = \sqrt[\frac{1}{\text{ع}}]{\text{قخ}^{\text{تغ}}_{\text{ص،س}} \times \text{قخ}^{\text{ار}}_{\text{ص،س}} \times \text{قخ}^{\text{ان}}_{\text{ص،س}} \times \text{قخ}^{\text{تر}}_{\text{ص،س}} \times \text{قخ}^{\text{غط}}_{\text{ص،س}}} \qquad \text{معادلة. 2}$$

يمثل مُح مؤشر حساسية النطاق الساحلي لتغير خط الشاطئ، وقخ قيمة الخلية لطبقة تغير خط الشاطئ (تغ) عند الصف (ص) والعمود (س). وارتفاع السطح (أر)، وانحدار الساحل (أن)، والتربة الساحلية (تر)، وغطاء الأرض واستخدامات الأراضي (غط)، وعدد الطبقات (ع).

3 - النتائج

3 - 1 - نتائج اختبار تقييم دقة مخرجات التصنيف الموجه وغير الموجه

أظهرت نتائج التصنيف الموجه لغطاء الأرض دقة أعلى من نتائج التصنيف غير الموجه؛ ويرجع ذلك إلى طبيعة التصنيف غير الموجه، الذي يرتكز على أساس إحصائي مجرد تماماً من توجيه المحلل، إلا في اختيار عدد المجموعات الإحصائية، التي من خلالها تجمع قيم الخلايا بحسب تشابهها إحصائياً. وبعد ذلك تتم عملية تجميع هذه الفئات بحسب انتمائها لأنواع غطاء الأرض. وهذا التجميع الذي لا يخلو من تداخل فئة من فئات غطاء الأرض مع أخرى أدى إلى انخفاض دقة التصنيف غير الموجه؛ إذ إن نتائج أداة مصفوفة التشويش أوضحت ذلك؛ فقد بلغت دقة التصنيف 51%، وأما معامل الثبات، فبلغ 0.163؛ وفي المقابل أظهرت نتائج أداة مصفوفة التشويش دقة عالية للتصنيف الموجه بلغت 98.5 % ومعامل ثبات عالياً أيضاً بلغ (0.954). والجدير بالذكر أنه يتحقق توافق مثالي أو عالٍ في حال اقتراب قيمة معامل الثبات من 1، وفي المقابل يتحقق توافق ضعيف أو معدوم في حال اقتربت القيمة من الصفر (Kutir et al., 2022).

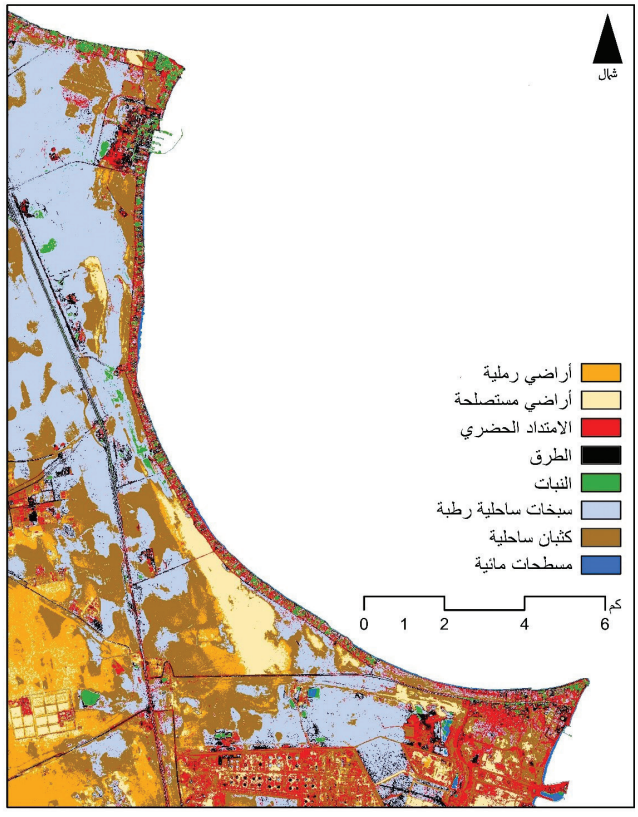
3 - 2 - طبقة تصنيف غطاء الأرض واستخدامات الأراضي

يتضح من طبقة غطاء الأرض واستخدامات الأراضي (شكل 4) امتداد السبخات الساحلية المنتشرة بالقرب من خط الشاطئ، التي وصلت حتى المناطق الداخلية نسبياً. ويلاحظ أن مساحة هذه السبخات - التي بلغت في مجملها 40 كم^2 - تزيد في شمال

المنطقة عند رأس قليعة. أما الامتداد الحضري؛ فانتشاره كبير على امتداد خط الشاطئ، ويمكن تقسيم هذا الامتداد الحضري إلى ممتلكات خاصة تتمثل في الشاليهات، تمتد بمحاذاة خط الشاطئ قريبة منه، ومنشآت عسكرية في شمال المنطقة، ومنشآت صناعية في جنوب المنطقة، وتنتشر بعض الاستخدامات الحضرية المختلفة في المناطق الداخلية بعيداً عن خط الشاطئ. وأما الغطاء النباتي؛ فانتشر في مساحات صغيرة نسبياً، وكان توزيعه متطابقاً مع بيانات الرحلة الميدانية، التي مسحنا بها أنواع النبات الطبيعي في منطقة الدراسة.

شكل 4

خريطة الغطاء الأرضي لعام 2018، والفئات الممثلة للمعالم السطحية والأنشطة البشرية، عن طريق دمج أهم وأدق فئات كلا التصنيفين الموجه وغير الموجه



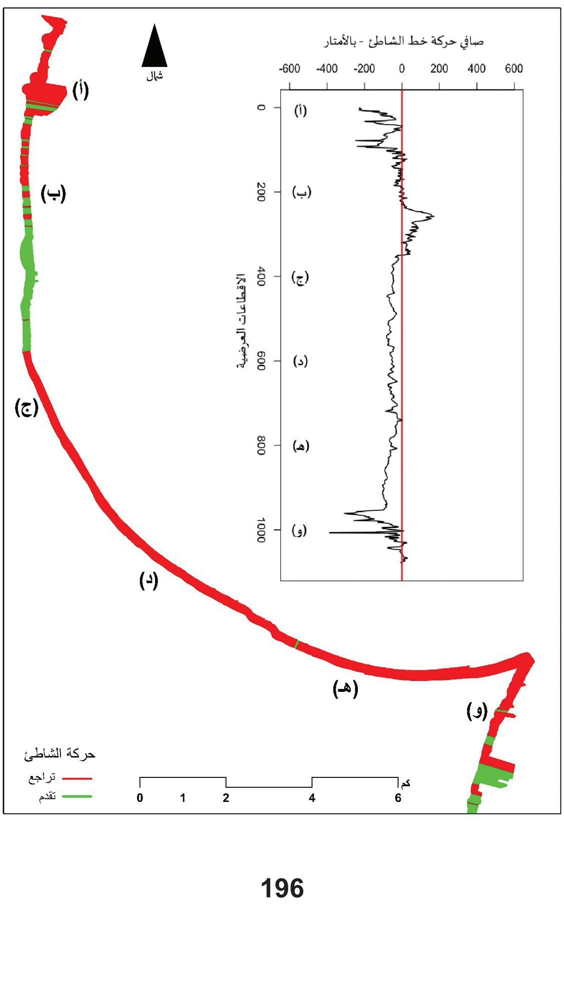
3 - 3 - صافي حركة خط الشاطئ ومؤشر حساسية النطاق الساحلي له

أظهرت نتائج تحليل حركة الشاطئ المتوقعة حتى سنة 2080 أن متوسط صافي التغير بلغ 54 متراً نحو اليابس، وقد شمل هذا التراجع 80 % من خط الشاطئ لمنطقة

الدراسـة. ففـي الشـمال عنـد رأس قليعـة من المتوقـع أن يتراجع خط الشـاطئ بمقدار 130 متـراً (شـكل 5)، وإلـى الجنـوب مـن رأس قليعة عنـد قاعدة محمد ناصر الأحمد العسـكرية، مـن المحتمـل أن تتعـرض المنطقـة لتقـدم فـي بعـض الأجـزاء؛ إذ بلغـت أعلـى قيمـة لصافي حركـة الشـاطئ 26 متـراً. ويـزداد تقـدم الشـاطئ إلـى الجنـوب مـن قاعـدة محمـد ناصـر الأحمد العسـكرية، على امتداد الوحدات السـكنية (الشـاليهات)، ليصل إلى 173 متراً. ومن المتوقـع أن يتعـرض هـذا الجـزء مـن خـط الشـاطئ - الممتـد مـن القاعـدة العسـكرية إلـى الجنوب عند الشـاليهات لمسـافة لا تتجاوز 10 كم - لعمليات إرسـاب تسـهم في تقدمه نحو البحـر. وأمـا جنـوب هـذه المنطقـة حتـى رأس الزور فالشـاطئ؛ فهـو عرضة للتراجع بشـكل واضـح؛ إذ تـراوح أعلـى قيـم صافي حركة الشـاطئ ما بيـن 87 و308 أمتار، عند رأس الزور.

شكل 5

أغلـب شـواطئ منطقـة الدراسـة عرضـة للتراجـع، لا سـيما رأس قليعـة ورأس الـزور، حيـث تزيد قيـم تراجع الشـاطئ



كان لهذا التفاوت في حركة الشاطئ على طول منطقة الدراسة أثر واضح في تفاوت مؤشر حساسية الساحل، الذي بُنيَ على خمسة عوامل: عامل رئيس صافي حركة خط الشاطئ المتوقعة من عام 2018 إلى سنة 2080، وعوامل أربعة أخرى، هي: ارتفاع السطح، وانحدار الساحل، ونوع التربة الساحلية، وغطاء الأرض واستخدامات الأراضي. تفاوتت قيم مؤشر حساسية الساحل ما بين 1، التي تمثل المناطق الأقل حساسية، و5 التي تمثل المناطق الأشد حساسية لتغير خط الشاطئ. بلغت مساحة المناطق الأشد حساسية (مؤشر حساسيتها يساوي 5 درجات) 0.45 كم^2؛ ما يشكل 1.5% من مساحة منطقة الدراسة (شكل 6). انتشرت هذه المناطق في الجنوب بالقرب من رأس الزور. ويرجع حصول هذه المناطق على مؤشر حساسية عالٍ جداً إلى تراجع الشاطئ ووجود عدد كبير من المنشآت الحضرية، بالإضافة إلى شبكة الطرق. وأما المناطق الساحلية التي كان مؤشر حساسيتها عالياً (4 درجات)؛ فقد انتشرت في الشمال بالقرب من رأس قليعة، وفي الجنوب أيضاً بالقرب من رأس الزور، وقد بلغت مساحتها 2.7 كم^2؛ ما يشكل 7.5% من مساحة منطقة الدراسة. ويرجع سبب حصول هذه المناطق على مؤشر حساسية عالٍ إلى وجود السبخات الساحلية الرطبة وانتشار التربة الحصوية في جنوب المنطقة. وبشكل عام شغلت الأراضي الساحلية المتوسطة الحساسية (3 درجات) الجزء الأكبر من منطقة الدراسة (51%)؛ إذ بلغت مساحتها 18.8 كم^2. وأما المناطق ذات الحساسية الساحلية المنخفضة والمنخفضة جداً؛ فكانت مساحتها 15كم^2، وتشكل نسبتها 40%.

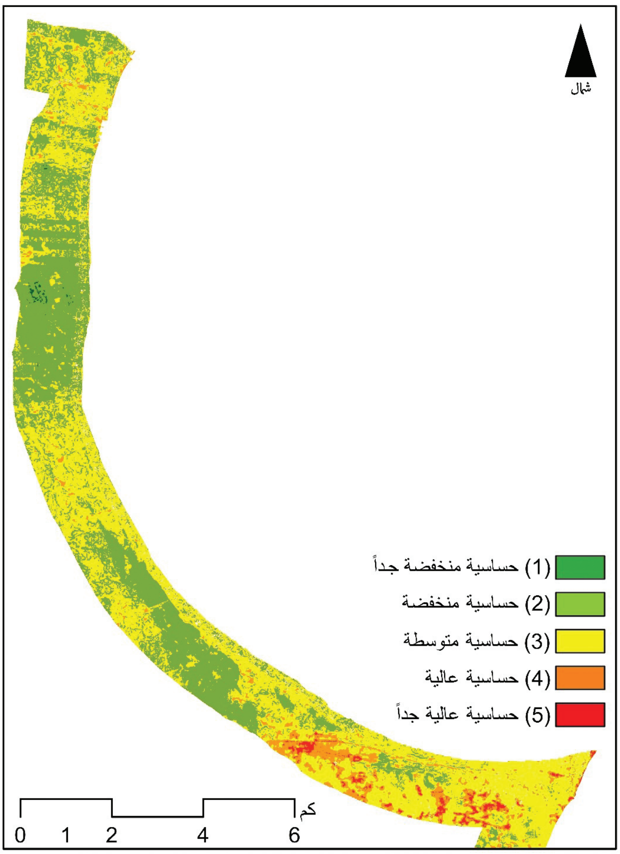
4 - المناقشة

اعتمد مؤشر حساسية الساحل لتغير خط الشاطئ على عوامل، منها تصنيف غطاء الأرض، الذي يستخرج غالباً باستخدام أساليب التصنيف الموجهة وغير الموجهة للمرئيات الفضائية والصور الجوية (Mishra et al., 2020; Naikoo et al., 2020). في هذه الدراسة استخرجنا غطاء الأرض باستخدام أسلوبي التصنيف الموجه وغير الموجه. وكان أسلوب التصنيف الموجه أكثر دقة من غير الموجه، ومع ذلك تفوق أسلوب التصنيف غير الموجه بتحديد الغطاء النباتي، وأما غطاءات الأرض الأخرى؛ فحددت بدقة بأسلوب التصنيف الموجه. هذا التباين في دقة تحديد غطاءات الأرض بين أسلوبي التصنيف، يجعل دمج نتائجهما طريقة مثلى للوصول إلى أعلى دقة ممكنة في تصنيف المرئية (Kutir et al., 2022)، لا سيما في ظل وضوح طيفيّ محدود للمرئية المستخدمة في تصنيف غطاء الأرض، الذي امتد في أربعة نطاقات (الأزرق والأخضر

والأحمر والأشعة تحت الحمراء القريبة). فالوضوح الطيفي العالي، يتيح استخدام خوارزميات أكثر دقة في تصنيف المرئيات؛ مثل خوارزمية الغابة العشوائية(15) المندرجة تحت أسلوب التصنيف الموجه (Zhang, Su, Xu, Luo, & Li, 2021). وهذا ينعكس على دقة نتائج مؤشر حساسية الساحل لتغير خط الشاطئ، وغطاءات الأرض المتأثرة بهذا التغير، من سبخات وأراض رملية وأراض مستصلحة وامتداد حضري.

شكل 6

مؤشر حساسية المنطقة الساحلية لارتفاع مستوى سطح البحر، تنتشر المناطق الحساسة والحساسة جداً لتغير خط الشاطئ بالقرب من رأس قليعة ورأس الزور، في حين ينتشر التأثير المنخفض والمعتدل في باقي المنطقة



(15) Random forest

إن التغير المتوقع في حركة الشاطئ بمنطقة الدراسة بيّن أن أغلب المناطق ستشهد تراجعاً في خط الشاطئ؛ مما ينتج عنه تغير الخصائص الطبيعية في النطاق الساحلي، وتحول مظاهر السطح. فالسبخات الداخلية ستزيد نسبة رطوبتها وملوحتها بحسب تأثرها بحركة الشاطئ المقابل لها. وأما السبخات الساحلية؛ فستكون عرضة لغمر المياه الدائم، لا سيما تلك القريبة من الشاطئ. وتنتشر في هذه السبخات التربة الملحية الطمييية، وهي تربة ملحية كلسية تتميز بمحتوى عضوي مرتفع نسبياً، ونفاذية بطيئة جداً، وتوجد بها طبقة قشرة مالحة من نسيج الرواسب الطمييية (كليو وآخرون، 2003)، تراكمت بوساطة تيار المد والجزر (Muñoz Vallés et al., 2015). وفي غمر الماء الدائم للسبخات الساحلية فقدان لهذه الخصائص الطبيعية. وقد تشمل التغيرات أنواع التربة أيضاً. فالتربة الرملية المنتشرة على محاذاة شاطئ منطقة الدراسة تربة مفككة عالية المسامية، حساسة جداً لتراجع خط الشاطئ (Haidara et al., 2019). وأما التربة الملحية المنتشرة خلف التربة الرملية؛ فقد تتحول إلى تربة ملحية رطبة، بحسب تأثرها بحركة خط الشاطئ. وقد ينتج عن هذا التحول مسكن حيوي مناسب للنباتات المقاومة للملوحة؛ مثل نبات الثليث ومليح والهالوك والهرم، الذي ينتشر في التربة الملحية الرطبة (الحسيني، 1988)، وفي المقابل قد ينحسر انتشار النباتات التي لا تقاوم الرطوبة والملوحة الزائدة (Al-, A. K.Dalamah, 2019)؛ مثل نبات شدق الجمل[16] الذي رصد في أثناء الرحلة الميدانية لمنطقة الدراسة (El-Sheikh, 2010; Bush, 2006). وأما الأراضي المستصلحة؛ فإنها معرضة للتدهور مع تراجع الشاطئ المقابل لها؛ لذا فإن مراجعة سياسة استخدامات الأراضي في هذا النطاق الساحلي مهمة جداً؛ لتجنب الخسائر المادية من إنشاء مشاريع حضرية على مناطق هشة عرضة للتدهور.

وتأتي نتائج هذه الدراسة مكملة لنتائج دراستين لهذه المنطقة. الدراسة الأولى للسهلي والحصم، وشملت السواحل الكويتية كاملة، وتناولت أثر ارتفاع منسوب مياه البحر على السواحل الكويتية، وقد ركزت على عوامل أخرى ليس من ضمنها تغير خط الشاطئ (Alsahli & Alhasem, 2016). والدراسة الثانية لفاطمة المطيري (2019) التي حللت بها حركة الشاطئ من 1976 إلى 2016. ولم تربط هذا التغير بالعوامل الطبيعية الأخرى. وفي دراسة للعدواني نُشرت مؤخراً حسب بها صافي حركة الشاطئ للنطاق الساحلي الجنوبي لدولة الكويت من عام 1986 حتى عام 2021، وقدر التغير المستقبلي

(16) Echinops hussoni

للشاطئ حتى 2050، بالاعتماد على المعدل السنوي للتغير. وجاءت نتائجه متوافقة مع نتائج هذه الدراسة (Aladwani, 2022). ولم يدرس العدواني علاقة تغير الشاطئ بعوامل أخرى، كما قدمت هذه الدراسة، التي تناولت حركة الشاطئ المتوقعة من 2018 إلى 2080 بناءً على احتمال ارتفاع منسوب مياه البحر نصف متر، وربط هذا التغير بأربعة عوامل، هي: ارتفاع السطح، وانحدار الساحل، ونوع التربة الساحلية، وغطاء الأرض واستخدامات الأراضي؛ وذلك لتحدد مدى حساسية النطاق الساحلي للتغير المحتمل لخط الشاطئ. وبذلك تكون نتائج هذه الدراسة استشرافية، تقدم لصانعي القرار والمخططين صورة مستقبلية لوضع النطاق الساحلي؛ تتيح لهم رسم سياسات جديدة لاستخدامات الأراضي، تقلل من الخسائر أو تتجنبها كاملاً.

إن التغيرات المستقبلية للنطاق الساحلي من جراء حركة الشاطئ تستوجب إعادة النظر في سياسة استخدامات الأراضي المستقبلية من جهة، وتقييم الوضع الحالي لها من جهة أخرى. فالسياسات المستقبلية لاستخدامات الأراضي لا بد أن تأخذ بعين الاعتبار المناطق الهشة بسبب تغير حركة الشاطئ. هذه الأراضي لا تصلح لقيام المشاريع الحيوية؛ كمنشآت توليد الطاقة وتكرير النفط وغيرها؛ إذ إن تكلفة استصلاح الأراضي أو حمايتها وهذه المنشآت قائمة، عالية جداً، لا سيما مع تقلب الأوضاع الاقتصادية العالمية بسبب تغير المناخ وزيادة الطلب على الطاقة (Kuşçu Şimşek & Arabacı, 2021; Qiu et al., 2021). وأما تقييم الوضع الحالي لاستخدامات الأراضي؛ فخطوة لا تقل أهمية عن رسم سياسات استخدامات الأراضي المستقبلية. ففي منطقة الدراسة منشآت حيوية مهمة؛ كمحطة الزور لتوليد الطاقة. وإيجاد الحلول الهندسية لحماية هذه المنشآت من تراجع الشاطئ في وقت مبكر يقلل من تكلفتها المادية (Hagedoorn et al., 2021). ويعد من الإجراءات المهمة لتلطيف الأثر لحد تغير خط الشاطئ المرتبط بتغير المناخ.

إن رصد تغير خط الشاطئ وتقدير حساسية الساحل لهذا التغير، يتطلب عدة متغيرات تختلف بحسب طبيعة المنطقة الساحلية، ومدى توافر البيانات الدقيقة عنها، التي تسهم برفع دقة النتائج والوثوق بها. وقد قدمنا في هذه الدراسة أسلوب تحليل محكماً لقياس حساسية الساحل لتغير خط لشاطئ، وُضحت به إجراءات التحليل المكاني وأدواته، والحلول الممكنة لرفع دقة البيانات المستخدمة؛ مما يسمح بتطبيق أسلوب التحليل هذا على أي نطاق ساحلي مشابه؛ لتعرّف حساسية الساحل، والتغيرات الطبيعية المستقبلية التي قد تطرأ عليه. وبذلك تقدم هذه الدراسة إطار تحليل عام

يساعد صانعي القرار والمخططين على إدارة النطاق الساحلي ورسم سياسات أكثر دقة لاستخدام الأراضي فيه؛ لتجنب تبعات تغير خط الشاطئ.

5 - الخاتمة

استُخدمت خمسة عوامل في حساب حساسية الساحل لتغير خط الشاطئ، هذه العوامل هي: صافي حركة خط الشاطئ المتوقعة من عام 2018 إلى عام 2080، وارتفاع السطح، وانحدار الساحل، ونوع التربة الساحلية، وغطاء الأرض واستخدامات الأراضي. أوضحت النتائج أن 80% من خط الشاطئ لمنطقة الدراسة عرضة للتراجع نحو اليابسة؛ مما قد يتسبب في تغير واضح للخصائص الطبيعية ومظاهر السطح. وقد شملت منطقة الدراسة عدة مظاهر لسطح الأرض؛ فقد انتشرت السبخات الساحلية بالقرب من خط الشاطئ؛ مما رفع من حساسيتها لتراجع خط الشاطئ، الذي قد يعرضها لغمر الماء الدائم. وبينت الدراسة احتمالية تأثر التربة الرملية والأراضي المستصلحة والمنشآت الحيوية بتراجع خط الشاطئ، الذي قد يؤثر أيضاً على التنوع الحيوي النباتي.

جدول 3

تحليل مخرجات مؤشر الحساسية الساحلية لارتفاع مستوى سطح البحر

مستويات الحساسية	الفئة	عدد الخلايا	المساحة (كم)	النسبة المئوية
منخفضة جداُ	1	141	0	0
منخفضة	2	332598	8.3	21
متوسطة	3	1041014	26	65
عالية	4	214700	5.4	13
عالية جداً	5	15015	0,4	1
المجموع	1603468	40كم	%100	

كان لتفاوت حركة الشاطئ على طول منطقة الدراسة الأثر الواضح في تفاوت مؤشر حساسية الساحل، الذي يتدرج من 1 (أقل حساسية) إلى 5 (أشد حساسية). بلغت نسبة مساحة المناطق الأشد حساسية 1.5% من مساحة منطقة الدراسة. وأما المناطق الساحلية التي كان مؤشر حساسيتها عالياً (4 درجات)؛ فقد بلغت نسبتها 7.5%. وبشكل عام شغلت الأراضي الساحلية المتوسطة الحساسية (3 درجات) الجزء الأكبر من منطقة الدراسة (51%). وأما المناطق ذات الحساسية الساحلية المنخفضة والمنخفضة جداً؛ فكانت نسبتها 40%.

إن أسلوب التحليل المقدم في هذه الدراسة وسيلة مهمة لصانعي القرار والمخططين لرسم سياسات مستقبلية أكثر دقة في استخدام الأراضي في النطاق الساحلي، من شأنها أن تقلل التكاليف المادية لمعالجة آثار تغير خط الشاطئ، وتحافظ على البيئة؛ مما يضمن استدامة النطاق الساحلي. وأسلوب التحليل المقدم في هذه الدراسة مرن، يستوعب تنوع المتغيرات وزيادتها بحسب طبيعة منطقة الدراسة وتوافر البيانات عنها؛ لذا فهو قابل للتطبيق على نطاقات ساحلية أخرى؛ لرصد حساسيتها لتغير خط الشاطئ.

شكر وعرفان

نتقدم بجزيل الشكر والتقدير لمعهد الكويت للأبحاث العلمية، والهيئة العامة للمعلومات المَدنية، والهيئة العامة للأرصاد الجوية على تزويدنا بمجموعة قيمة من البيانات ومصادر المعلومات التي أسهمت في إنجاز هذه الدراسة العلمية.

المراجع

إنغلاندر، جون. (2017م). *المَدّ العالي على الشّارع الرئيسيّ*، (ترجمة ليلى الموسوي). الكويت. مُؤسَّسة الكويت للتَّقدُّم العِلميّ.

الحسيني، السيد. (1988م). *جيومرفولوجية منطقة الخيران، جنوب الكويت*. الكويت: مؤسسة الكويت للتقدم العلمي.

السهلي، محمد، والمطيري، فاطمة. (2019م). تَغَيُّر خَطّ الشَّاطِئ الشمالي لدولة الكويت والعوامل الطَبيعِيَّة المرتبطة به. *مجلة العلوم الاجتَّماعية. 47* (1).

عمر، سميرة أحمد؛ وميساك، رأفت؛ وروي، وليد؛ والفارس، أسعد. (2008). *محمية صباح الأحمد الطبيعية*. الكويت: معهد الكويت للأبحاث العلمية.

القصيبي، أحمد. (2014م). *التأثيرات البَشَرِيَّة في جيومورفولجية سواحل دولة الكويت*. الكويت. مركز البحوث والدِّراسات الكويتية.

كليو، عبدالحميد أحمد؛ وأبو العنين، سيد حسين؛ والحسني، السيد؛ والعصفور، طيبة عبدالمحسن؛ والشيخ، محمد إسماعيل. (2003). *دراسات مختارة في جيومورفولوجية الأراضي الكويتية*. الكويت: مركز البحوث والدراسات الكويتية.

كيلير، إدوارد. (2014م). *الجيولوجيا البيئية*. الرياض: دار العبيكان.

المطيري، فاطمة. (2017م). *رصد تَغَيُّر الشَّاطِئ لدولة الكويت باستخدام منهج التكامل البياني المكاني*، [رسالة ماجستير غير منشورة] جامعة الكويت. كلية الدِّراسات العليا.

Al-Dalamah, A. K., & Al-Hurban, A. E. (2019). The impact of urbanization expansion on the geomorphology of the southern coastal sabkhas from Ras Al-Jailiaha to Al-Khiran, South Kuwait. *Journal of Geographic Information System, 11*(05), 609.

Al-Harbi, M., Eidan, H., Al-Holan, N., Al-Abdullrazaq, F., Alsahli, M., Hassan, A., … Hussein, S. (2018). *The second national communication report: vulnerability and adaptation to climate change*. Inoffical Draft. Kuwait City, Kuwait.

Aladwani, N. S. (2022). Shoreline change rate dynamics analysis and prediction of future positions using satellite imagery for the southern coast of Kuwait: Acase study. *Oceanologia*, 64. https://doi.org/10.1016/j.oceano.2022.02.002

Alsahli, M. M. M., & Alhasem, A. M. (2016). Vulnerability of Kuwait coast to sea level rise. *Geografisk Tidsskrift-Danish Journal of Geography*, 1–15. https://doi.org /10.1080/00167223.2015.1121403

Awange, J. L., Saleem, A., Konneh, S. S., Goncalves, R. M., Kiema, J. B. K., & Hu, K. X. (2018). Liberia's coastal erosion vulnerability and LULC change analysis: Post-civil war and Ebola epidemic. *Applied Geography, 101*(October), 56–67. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2018.10.007

Bamdadinejad, M., Ketabdari, M. J., & Chavooshi, S. M. H. (2021). Shoreline extraction using image processing of satellite imageries. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 49*(10), 2365-2375.

Bou Kheir, R., Cerdan, O., & Abdallah, C. (2006). Regional soil erosion risk mapping in Lebanon. *Geomorphology, 82*(3–4), 347–359. https://doi.org/10.1016/j. geomorph.2006.05.012

Bush, J. K. (2006). The role of soil moisture, salinity, and oxygen on the growth of Helianthus paradoxus (Asteraceae) in an inland salt marsh of west Texas. *Journal of Arid Environments, 64*(1), 22-36. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.12.029

Chandrasekar, N. (2013). Coastal Vulnerability and Shoreline Changes for Southern Tip of India-Remote Sensing and GIS Approach. *Journal of Earth Science & Climatic Change, 04*(04). https://doi.org/10.4172/2157-7617.1000144

Cogswell, A., Greenan, B. J. W., & Greyson, P. (2018). Evaluation of two common vulnerability index calculation methods. *Ocean & Coastal Management, 160*, 46–51. https:// doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.03.041

Cohen, M. C. L., de Souza, A. V., Liu, K. B., Rodrigues, E., Yao, Q., Pessenda, L. C. R., Rossetti, D., Ryu, J., & Dietz, M. (2021). Effects of beach nourishment project

مجلة العلوم الاجتماعية ـــ

on coastal geomorphology and mangrove dynamics in southernlouisiana,usa. *Remote Sensing, 13*(14). https://doi.org/10.3390/rs13142688

El-Sheikh, M. A., Abbadi, G. A., & Bianco, P. M. (2010). Vegetation ecology of phytogenic hillocks (nabkhas) in coastal habitats of Jal Az-Zor National Park, Kuwait: Role of patches and edaphic factors. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants, 205*(12), 832-840.

Fonseca, J., Douzas, G., & Bacao, F. (2021). Improving imbalanced land cover classification with k-means smote: Detecting and oversampling distinctive minority spectral signatures. *Information (Switzerland), 12*(7). https://doi.org/10.3390/info12070266

Foody, G. M., Systematica, M. Y. A., House, M. Y. A., Way, V., & Kingdom, U. (1992). *Derivation and applications of probabilistic measures of xlass membership from the Maximum-Likelihood Classification. 58*(9), 1335–1341.

Furlan, E., Pozza, P. D., Michetti, M., Torresan, S., Critto, A., & Marcomini, A. (2021). Development of a Multi-Dimensional Coastal Vulnerability Index: Assessing vulnerability to inundation scenarios in the Italian coast. *Science of the Total Environment*, 772, 144650. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144650

Gašparović, M., Zrinjski, M., & Gudelj, M. (2019). Automatic cost-effective method for land cover classification (ALCC). *Computers, Environment and Urban Systems,76* (December2018),1–10.https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2019.03.001

Gunasinghe, G. P., Ruhunage, L., Ratnayake, N. P., Ratnayake, A. S., Samaradivakara, G. V. I., & Jayaratne, R. (2021). Influence of manmade effects on geomorphology, bathymetry and coastal dynamics in a monsoon-affected river outlet in Southwest coast of Sri Lanka. *Environmental Earth Sciences, 80*(7), 1–16. https://doi.org/10.1007/s12665-021-09555-0

Hagedoorn, L. C., Appeaning Addo, K., Koetse, M. J., Kinney, K., & van Beukering, P. J. H. (2021). Angry waves that eat the coast: An economic analysis of nature-based and engineering solutions to coastal erosion. *Ocean & Coastal Management, 214* (October), 105945. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105945

Haidara, I., Tahri, M., Maanan, M., & Hakdaoui, M. (2019). Efficiency of Fuzzy Analytic Hierarchy Process to detect soil erosion vulnerability. *Geoderma, 354* (September 2018), 113853. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.07.011

IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis | Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Retrieved July 22, 2022, from https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/

Kastens, J. H., Kastens, T. L., Kastens, D. L. A., Price, K. P., Martinko, E. A., & Lee, R. Y. (2005). Image masking for crop yield forecasting using AVHRR NDVI time series imagery. *Remote Sensing of Environment, 99* (3), 341–356. https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.09.010

Kuşçu Şimşek, Ç., & Arabacı, D. (2021). Simulation of the climatic changes around the coastal land reclamation areas using artificial neural networks. *Urban Climate, 38* (July). https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100914

Kutir, C., Agblorti, S. K. M., & Campion, B. B. (2022). Migration and Estuarine Land use/Land cover (LULC) change along Ghana's coast. *Regional Studiesin Marine Science, 54*, 102488. https://doi.org/10.1016/j.rsma.2022.102488

KEPA. (2017). eMISK - Environmental Atlas of The State of Kuwait. Retrieved June 2, 2019, from https://enterprise.emisk.org/env-atlas/en/

KISR. (1999). *Soil Survey for the State of Kuwait* (Vol. 2).

Magesh, S. K. N. C. N. S. (2013). *Impacts of wave energy and littoral currents on shoreline erosion / accretion along the south-west coast of Kanyakumari*, Tamil Nadu using DSAS and geospatial technology. https://doi.org/10.1007/s12665-013-2845-6

Mani Murali, R., Ankita, M., Amrita, S., & Vethamony, P. (2013). Coastal vulnerability assessment of Puducherry coast, India, using the analytical hierarchical process. *Natural Hazards & Earth System Sciences, 13*(12), 3291–3311. https://doi.org/10.5194/nhess-13-3291-2013

Mishra, P. K., Rai, A., & Rai, S. C. (2020). Land use and land cover change detection using geospatial techniques in the Sikkim Himalaya, India. *Egyptian Journal of Remote Sensing & Space Science, 23*(2), 133–143. https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2019.02.001

Mohamad, M. F., Lee, L. H., & Samion, M. K. H. (2014). Coastal Vulnerability Assessment towards Sustainable Management of Peninsular Malaysia Coastline. *International Journal of Environmental Science & Development, 5*(6), 533–538. https://doi.org/10.7763/ijesd.2014.v5.540

Muñoz Vallés, S., Cambrollé, J., & Gallego-Fernández, J. B. (2015). Effect of soil characteristics on plant distribution in coastal ecosystems of SW Iberian Peninsula sand spits. *Plant Ecology, 216*(11), 1551–1570. https://doi.org/10.1007/s11258-015-0537-x

NASA. Interagency Sea Level Rise Scenario Tool – NASA Sea Level Change Portal. Retrieved June 2, 2022, from https://sealevel.nasa.gov/task-force-scenario-tool

Naikoo, M. W., Rihan, M., Ishtiaque, M., & Shahfahad. (2020). Analyses of land use land cover (LULC) change and built-up expansion in the suburb of a metropolitan city: Spatio-temporal analysis of Delhi NCR using landsat datasets. *Journal of Urban Management, 9*(3), 347–359. https://doi.org/10.1016/j.jum.2020.05.004

Narashid, R. H., Zakaria, M. A., Mohd, F. A., Pa'Suya, M. F., Talib, N., & Ariffin, E. H. (2021). Effect of erosion and accretion on beach profile in kuala terengganu coastal areas. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 620*(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/620/1/012008

Oloyede, M. O., Williams, A. B., Ode, G. O., & Benson, N. U. (2022). Coastal Vulnerability Assessment: A Case Study of the Nigerian Coastline. *Sustainability (Switzerland), 14*(4), 1–21. https://doi.org/10.3390/su14042097

Pandey, P. C., Koutsias, N., Petropoulos, G. P., Srivastava, P. K., & Ben Dor, E. (2021). Land use/land cover in view of earth observation: data sources, input dimensions, and classifiers—a review of the state of the art. *Geocarto International, 36*(9),957–988.https://doi.org/10.1080/10106049.2019.1629647

Pantusa, D., D'Alessandro, F., Riefolo, L., Principato, F., & Tomasicchio, G. R. (2018). Application of a coastal vulnerability index. A case study along the Apulian Coastline, Italy. *Water (Switzerland), 10*(9), 1–16. https://doi.org/10.3390/w10091218

Prakash, S. (2021). Impact of Climate Change on Aquatic Ecosystem and Its Biodiversity: an Overview. *International Journal Biological Innovations, 03*(02). https://doi.org/10.46505/ijbi.2021.3210

Qiu, L., Zhang, M., Zhou, B., Cui, Y., Yu, Z., Liu, T., & Wu, S. (2021). Economic and ecological trade-offs of coastal reclamation in the Hangzhou Bay, China. *Ecological Indicators, 125*, 107477. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107477

Restrepo, J. M., & Venkataramani, S. (2016). Stochastic longshore current dynamics. *Advances in Water Resources, 98*, 186–197. https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2016.11.002

Ružić, I., Jovančević, S. D., Benac, Č., & Krvavica, N. (2019). Assessment of the coastal vulnerability index in an area of complex geological conditions on the krk island, northeast adriatic sea. *Geosciences (Switzerland), 9*(5). https://doi.org/10.3390/geosciences9050219

Saini, S. S., Jangra, R., & Kaushik, S. P. (2015). Vulnerability Assessment of Soil Erosion Using Geospatial Techniques-a Pilot Study of Upper Catchment of Markanda River. Research Article *International Journal of Advancement in Remote Sensing, 3*(1), 9–21.

Schindler, J., Dymond, J. R., Wiser, S. K., & Shepherd, J. D. (2021). Method for national mapping spatial extent of southern beech forest using temporal spectral signatures. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 102*(June),102408. https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102408

Taylor, P., Ouma, Y. O., & Tateishi, R. (2012). *International Journal of Remote A water index for rapid mapping of shoreline changes of five East African Rift Valley lakes : an empirical analysis using Landsat TM and ETM + data*. November 2012, 37–41. https://doi.org/10.1080/01431160500309934

Zhang, T., Su, J., Xu, Z., Luo, Y., & Li, J. (2021). Sentinel-2 Satellite Imagery for Urban Land Cover Classification by Optimized Random Forest Classifier. *Applied Sciences, 11*(2), 543. https://doi.org/10.3390/app11020543

Zhou, Y., Ning, L., & Bai, X. (2018). Spatial and temporal changes of human disturbances and their effects on landscape patterns in the Jiangsu coastal zone, *China.Ecological Indicators, 93*(April), 111–122. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.04.076

للاستشهاد

الشمري، إيمان علي، والسهلي، محمد مهنا. (2024). حساسية النطاق الساحلي للعوامل الطبيعية والحضرية في المنطقة بين رأس قليعة ورأس الزور جنوبي دولة الكويت. *مجلة العلوم الاجتماعية*، *52*(3)، 179–208.

To Cite:

Al Shammari, E. A., Al Shahuli, M. M. (2024). Assessment of coastal vulnerability to natural and anthropogenic factors in the area between Ras Julai'a and Ras Al-Zour, Southern Kuwait .*Journal of the Social Sciences, 52*(3), 179-208.