التغيرات الساحلية وآثارها البيئية في مدينة جدة، المملكة العربية السعودية

أ.د. محمد بن العباس داودي،

د. محمد صدقه أحمد أبوزيد،

د. محمد محمود العجمي

قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية، كلية الآداب والعلوم الإنسانية،

جامعة الملك عبدالعزيز

جدة، المملكة العربية السعودية

التغيرات الساحلية وآثارها البيئية في مدينة جدة، المملكة العربية السعودية

أ.د. محمد بن العباس داودي،
د. محمد صدقه أحمد أبوزيد،
د. محمد محمود العجمي
قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة الملك عبدالعزيز
جدة، المملكة العربية السعودية

مستخلص

تُعد المناطق الساحلية فضاء للتجمعات السكانية وتراث طبيعي وثقافي يشمل موارد طبيعية وبشرية ذات قيمة بيئية واستراتيجية. فعلى غرار بقية مناطق العالم المطلة على البحر، شهد الشريط الساحلي لمدينة جدة إقامة مشاريع عمرانية واقتصادية عديدة، حيث تم ردم مساحات شاسعة من المستنقعات والأعماق الضحلة والأرصفة المرجانية، مما أدى إلى تغييرات جذرية بالغة الأثر عند خط التماس بين اليابس والماء وعلى أعماق متفاوتة. ويهدف هذا البحث الى الكشف عن التغيرات الساحلية في منطقة الدراسة وبيان الأثر البيئي لتلك التغيرات (١٩٦٥-٢٠٢٠). اعتمدت المنهجية على التحليل المكاني باستخدام نظم المعلومات الجغرافية لبيانات متعددة المصادر وهي: صور جوية للأعوام (١٩٥١، ٢٠٠٩)، صور القمر الصناعي كورونا (١٩٦٥، ١٩٦٦، ١٩٧٢) ومرئيات (لاندسات ١٩٧٥، ٢٠١٣، سبوت ١٩٨٦، ٢٠١٠، سنتينل ٢٠١٨، ٢٠٢٠)، بالإضافة إلى خرائط لجدة التاريخية عام ١٨٨٤ علاوة على المعلومات الحقلية. وتندرج هذه الطريقة ضمن نظام التحليل الرقمي للسواحل، حيث تسمح بإبراز تغيراتها وتحديد مدى هشاشتها. وأظهرت نتائج البحث تغيرات معتبرة في السطح خلال فترة الدراسة، وتغيرا في خط الساحل وتآكله في بعض المواقع. ولقد أوصت الدراسة بأهمية تحديد أولويات التخطيط المكاني وتهيئة السواحل، والتكامل بين الجيومورفولوجيا التطبيقية ومكونات الاستقرار والتوازن البيئي، مع إمكانية تعميم منهجية الدراسة على مناطق أخرى في المملكة العربية السعودية.

الكلمات المفتاحية: التغيرات الساحلية، التوسع العمراني، الأثر البيئي، الاستشعار عن بعد، نظم المعلومات الجغرافية، جدة.

COASTAL CHANGES AND THEIR ENVIRONMENTAL IMPACTS ON THE CITY OF JEDDAH, SAUDI ARABIA

PR DR MOHAMED DAOUDI,
DR MOHAMAD ABUZAID,
DR MOHAMED EL AJMI
mdaoudi@kau.edu.sa
mdaoudi65@gmail.com
msabuzaid@kau.edu.sa
malajmi@kau.edu.sa

Abstract

Coastal zones provide space for urban centers and a natural and cultural heritage that includes natural and human resources of ecological and strategic value. Like other seaside regions in the world, the coastal strip of Jeddah has been the scene of numerous urban and economic projects, where vast areas of marshes, shallows and coral reefs have been filled in, leading to radical changes at the land-water interface and at different depths. The aim of this research is to reveal the coastal changes in the study area and their impact on the environment (1965-2020). The methodology based on spatial analysis using Geographic Information Systems (GIS) of multi-source data, namely: Aerial photographs, 1951, 2009, satellite images Corona 1965, 1966, 1972, Landsat 1975, 2013, SPOT 1986, 2010, Sentinel 2018, 2020, maps of historic Jeddah in 1884 and field information. Digital Shoreline Analysis System (DSAS) software was used to estimate the rate of shoreline change, and vulnerability. The results of the research showed significant changes in the surface over the period adopted in the study, a change in the coastline by infilling in several places, and erosion in certain parts of the seafront. The study recommends

the importance of giving priority to spatial planning and coastal development, and the integration between applied geomorphology and the components of environmental stability and balance, with the possibility of generalizing the study's methodology to other regions of Saudi Arabia.

Keywords: Coastal change, Urbanization, Environmental impact, Remote sensing, GIS, Jeddah.

١. مقدمة

تشهد المناطق الساحلية على مستوى العالم توسعا عمرانيا متسارعا على حساب أشكال السطح، حيث تعتبر أساسا لتوازن النظام الطبيعي (Le Berre and Robert, 2017). وتُعد المناطق الساحلية فضاء للتجمعات السكانية والمشاريع الاقتصادية المتنوعة، وهي تشكل أيضا تراثا طبيعيا وثقافيا ذو قيمة بيئية واستراتيجية لا تُقدَّر بثمن. وإن اختيار مواقع توطين المباني الجديدة وتعيين حدود التأثير البيئي للتعمير وامتداده، واحدة من بين الاهتمامات الأساسية للإدارة والتخطيط المكاني(Karim et al.,2018; Niang and Ascoura, 2020).

تعتبر مدينة جدة واحدة من أبرز المدن الساحلية في المملكة العربية السعودية، تتميز بموقعها الاستراتيجي على ساحل البحر الأحمر، ما يجعلها محط أنظار العديد من الباحثين والمهتمين بدراسة التغيرات الساحلية وآثارها البيئية (الشيخ، ٢٠٠٤، الحارث، ٢٠٠٧). ويتزايد الاهتمام بالتحديات البيئية التي تواجه جدة نتيجة للتغيرات الساحلية المتسارعة وتداعياتها على البيئة والمجتمع. وتعتبر هذه التغيرات موضوعًا معقدًا يتضمن تفاعلًا لعوامل عديدة، منها أشكال السطح والأنشطة البشرية والتغيرات المناخية، ومن الأهمية بمكان فهم هذه التغيرات وتقييم تأثيراتها البيئية على المنطقة الساحلية.

فعلى غرار بقية مناطق العالم المطلة على البحر، شهد الشريط الساحلي لمدينة جدة تغييرات جيومورفولوجية عدة منذ بداية الطفرة النفطية التي شهدتها المملكة العربية السعودية خلال سبعينات القرن الماضي، فتسارعت آثار المشاريع العمرانية، وتزايدت الأنشطة البشرية على حساب الأراضي الساحلية، وتعقدت الوظائف الحضرية لمدينة جدة. فقد تم ردم مساحات شاسعة من المستنقعات والأعماق الضحلة والأرصفة المرجانية، مما أثر ذلك على السطح وهشاشته Basaham et al., 2006 ; Daoudi، 2014; Daoudi and Niang, ٢٠١٩). والملاحظ أنه بالرغم من حماية الأرصفة المرجانية للساحل من الانجراف البحري، فإن ظاهرة التآكل تبدو بارزة في أماكن عدة، مما يؤكد وجود علاقة بين التدخلات البشرية وظاهرة الانجراف البحري. ولقد أثر ذلك على بيئة الشريط الساحلي لمدينة جدة (Monnier and Guilcher, 1993). وعليه تهدف هذه الدراسة إلى:• كشف التغيرات المكانية والزمانية في جدة وتحليل آثارها على البيئة الساحلية (١٩٦٥-٢٠٢٠).

• معرفة دور النشاطات البشرية في تسريع التغيرات الساحلية وإبراز مدى هشاشة الوسط الطبيعي لذلك.

وستركز الدراسة على فهم أسباب هذه التغيرات وآثارها الواسعة النطاق، باستخدام مجموعة متنوعة من الأساليب والأدوات البحثية. وتشير أهمية هذا البحث إلى ضرورة تبني سياسات واستراتيجيات فعالة لحماية السواحل والموارد الطبيعية والبيئة البحرية في جدة، وتعزيز استدامة التنمية في المنطقة.

يُعتبر التأثير المحتمل للتغيرات الساحلية على بيئة مدينة جدة موضوعًا ذا أهمية بالغة، ومع ذلك فإن هناك نقصا في الدراسات الشاملة التي تحلل هذا الموضوع بدقة، ضمن تحليل مستقبلي لتأثيرات التغيرات الساحلية. فقد تكون الدراسات المتاحة متفرقة وغير متكاملة، مما يجعل من الصعب فهم الصورة الكاملة لتأثيرات التغيرات الساحلية على منطقة الدراسة. فالتغيرات المناخية والحركة الديناميكية الساحلية تتسبب في زيادة تآكل السواحل وتغير في أنماط الهطول المطري وتأثيرات أخرى. كما أن صرف مياه المجاري، سواء كانت معالجة أم غير معالجة يُعتبر أحد أهم مصادر التلوث على الشريط الساحلي لمدينة جدة. وتستند مشكلة الدراسة على استراتيجية تتكون من محورين رئيسيين. يتعلق الأول بجمع المعلومات والبيانات المتعلقة بالحالة الراهنة لساحل جدة والبيئة الساحلية المحيطة بها، بما في ذلك المرافق والبنية التحتية وأنواع الأنشطة المختلفة التي تؤثر بطريقة مباشرة أو غير مباشرة على البيئة البحرية. أما المحور الثاني، فيتضمن تحليل هذه المعلومات والبيانات وتكاملها في نظام معلوماتي باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية.

تعد بيانات الاستشعار عن بعد أداة مهمة للبحث في مثل

هذه المواضيع، فقد تضمنت المنهجية التحليل المكاني لبيانات متعددة المصادر وهي: صور القمر الصناعي كورونا، مرئيات لاندسات، سبوت، سنتينل، صور جوية، بالإضافة إلى خرائط لجدة التاريخية ومعلومات حقلية. وتندرج طريقة البحث ضمن نظام التحليل الرقمي للسواحل، حيث تسمح بإظهار تغيراتها تفصيليا وتحديد مدى هشاشة النظام البيئي. وقبل القيام بسلسلة من المعالجات الرقمية للصور تم دمج هذه البيانات في نظام إسقاط خرائطي موحد، ولذلك يبدو من الأهمية بمكان تحديد المورفولوجية الأصلية لأشكال السطح قبل التوسع العمراني، ومعرفة مدى تحكم ذلك في توجيه نسيج اللحمة العمرانية، من خلال استخدام نظم المعلومات الجغرافية وتصميم نماذج من الخرائط.

٢. منطقة الدراسة

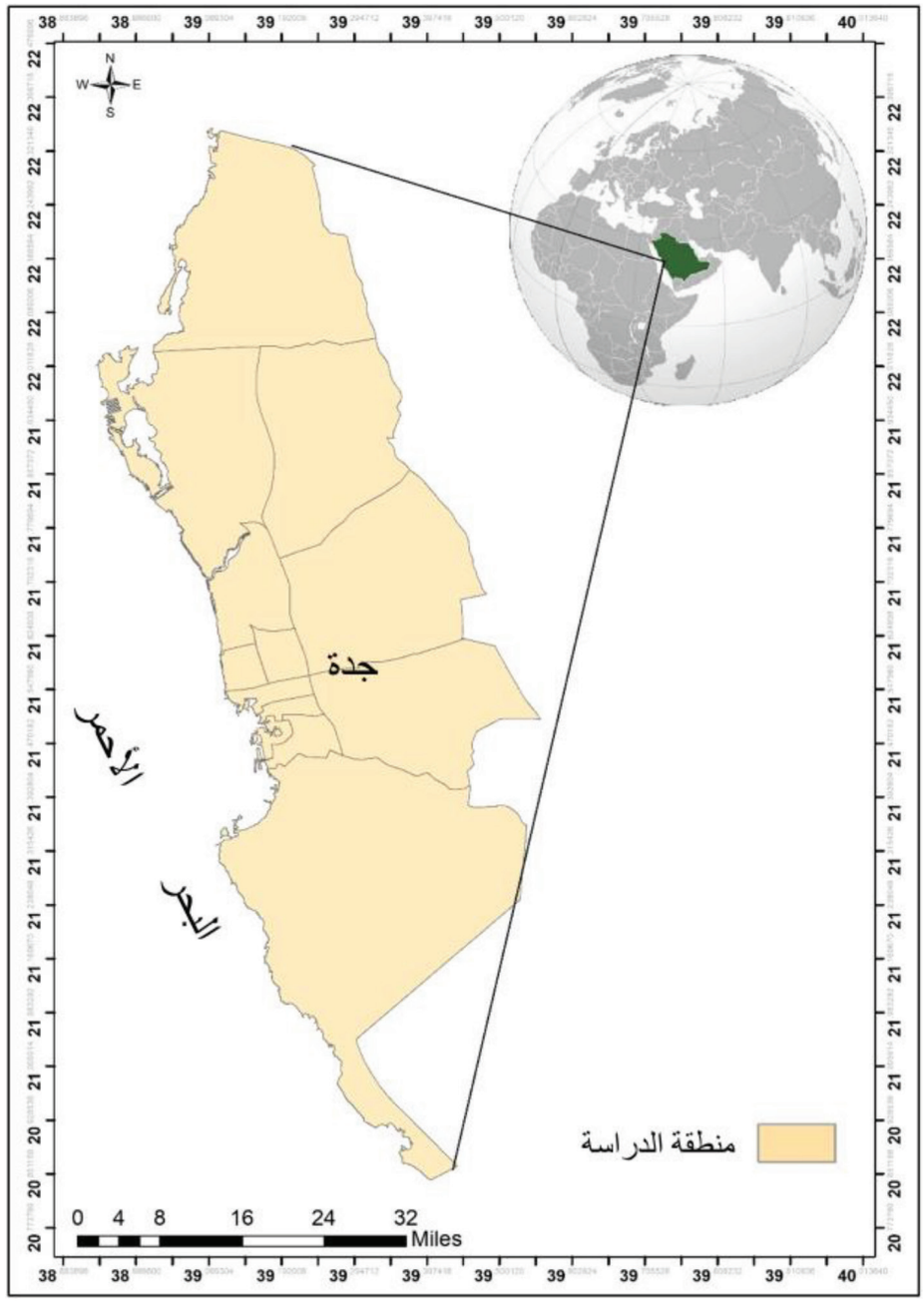
يقع ميدان البحث على الساحل الشرقي للبحر الأحمر، في وسط الجزء الغربي من المملكة العربية السعودية، والمتمثل أساسا في مدينة جدة الواقعة على دائرة العرض (٥٤َ ٢١ْ) شمالًا وخط الطول (١٧َ ٣٩ْ) شرقًا. وتتميز جدة بموقعها الاستراتيجي وتعتبر بوابة رئيسية للمملكة نحو البحر الأحمر، حيث تعد المركز العمراني الرئيس غربي البلاد (شكل ١). وتبرز أهمية المدينة للعديد من الأسباب، التاريخية والديموغرافية والاقتصادية والعمرانية. فمنذ مئات السنين تعتبر جدة المدخل الرئيسي والبوابة الكبرى لحجاج بيت الله الحرام بمكة المكرمة، حيث تلعب دورًا حيويًا في استقبالهم وتوفير الخدمات الضرورية لهم (العنقري ١٩٩٢). كما تعتبر ثاني مدينة من حيث الحجم السكاني على مستوى المملكة العربية السعودية بعد مدينة الرياض. وتضم المدينة نحو ٤ مليون نسمة بما يشكل ١٣,٤ ٪ من إجمالي سكان السعودية حسب تقديرات وزارة الشؤون البلدية والقروية عام ٢٠١٨. ومن ناحية الجانب الاقتصادي يعتبر ميناء جدة الإسلامي أقدم وأكبر موانئ المملكة العربية السعودية من حيث حجم البضائع التجارية وحركة الركاب، مما ساهم في تحول مدينة جدة إلى واحدة من أهم المراكز التجارية في السعودية. أما من الناحية العمرانية، فإن نسيج المدينة يتخطى ١٠٠ كم على طول ساحل البحر الأحمر، وبمتوسط عرض نحو ٢٥ كم، مما يجعلها الأكبر من حيث التوسع العمراني بعد العاصمة الرياض (Aljaddani, 2015). وقد شهدت المدينة تغيرات غير مسبوقة في نموها العمراني، نتيجة للزيادة السكانية وتطور الوضع الاقتصادي وقطاع الخدمات، مما أثر على الشريط الساحلي للبحر الأحمر المحاذي للمدينة، (Daoudi and Niang, 2021; Aljaddani, 2015) . وتعكس هذه التطورات العمرانية الاستراتيجية الهامة التي تحظى بها المدينة كواحدة من أهم المدن في المملكة، وتوفر فرصًا اقتصادية واستثمارية مهمة للسكان والمستثمرين. ومع استمرار النمو العمراني والاقتصادي في المدينة من المتوقع أن تظل جدة محط جذب رئيسية للمهتمين بالاستثمار والتنمية في المنطقة.

٣. البنية الجيولوجية والظاهرات الجيومورفولوجية

تتكون منطقة الدراسة من تكوينات ما قبل الكمبري، مغطاة بسلسلة من الصخور الرسوبية، تعود إلى عصر الكريتاسي (الثلاثي)، وبها حمم بازلتية ثلاثية-رباعية (شكل ٢). تتموضع مدينة جدة على سهل تهامة الذي يبلغ أقصى عرضه ٤٠ كم، الواقع في نهاية أقدام جبال الحجاز التي تصل ارتفاعاتها إلى مئات الأمتار، ذات التكوينات الغرانيتية التي تعود إلى ما قبل الكمبري. وإن الظاهرات الجيومورفولوجية ناتجة أساسا من حالة الاستقرار وعدمه على مستوى الجيولوجيا الإقليمية، والتي كانت متزامنة مع تغيرات في منسوب البحر الأحمر خلال عصر البليستوسين (البارودي، 2000 ;Brown et al., 1989).

وبناء على نسيج ملامح السطح، تم تمييز ثلاث مجموعات بنيوية كبرى من الأقدم إلى الأحدث وهي على الترتيب: وحدة صخور ما قبل الكمبري، وحدة تدفقات اللابة، وحدة الرواسب الحديثة (شكل ٢). ويعلو الإقليم الساحلي منطقة انتقالية بين سهل تهامة وجبال الحجاز، تتشكل أساسا من غطاءات اللابة البازلتية (ألسنة حرات)، يتراوح سمكها مابين ١,٥-٢م، تُمثِّل أشكالاً معكوسة (Monnier and Guilcher, 1993)، وترجع إلى عصر البليستوسين القديم حسب نظام تطبقها (Hacker et al.، 1984) عن (Morris, 1975). وتتماشى ألسنة تكوينات اللابة مع مجاري الأودية القديمة وخطوط الانكسارات، إذ إنها هي التي حددت مسارات الشبكة الهيدروغرافية واتجاه حركة المياه فيها.

ومن الناحية الطبوغرافية تشتمل منطقة الدراسة على مجموعة من التلال المتباعدة، يفصل بينها أراضي منبسطة، تخترقها شبكة مائية مؤقتة، يتجه معظمها نحو البحر الأحمر. وتعتبر جبال الحجاز-عسير مصدرا للابة البركانية، حيث



شكل ١. منطقة الدراسة

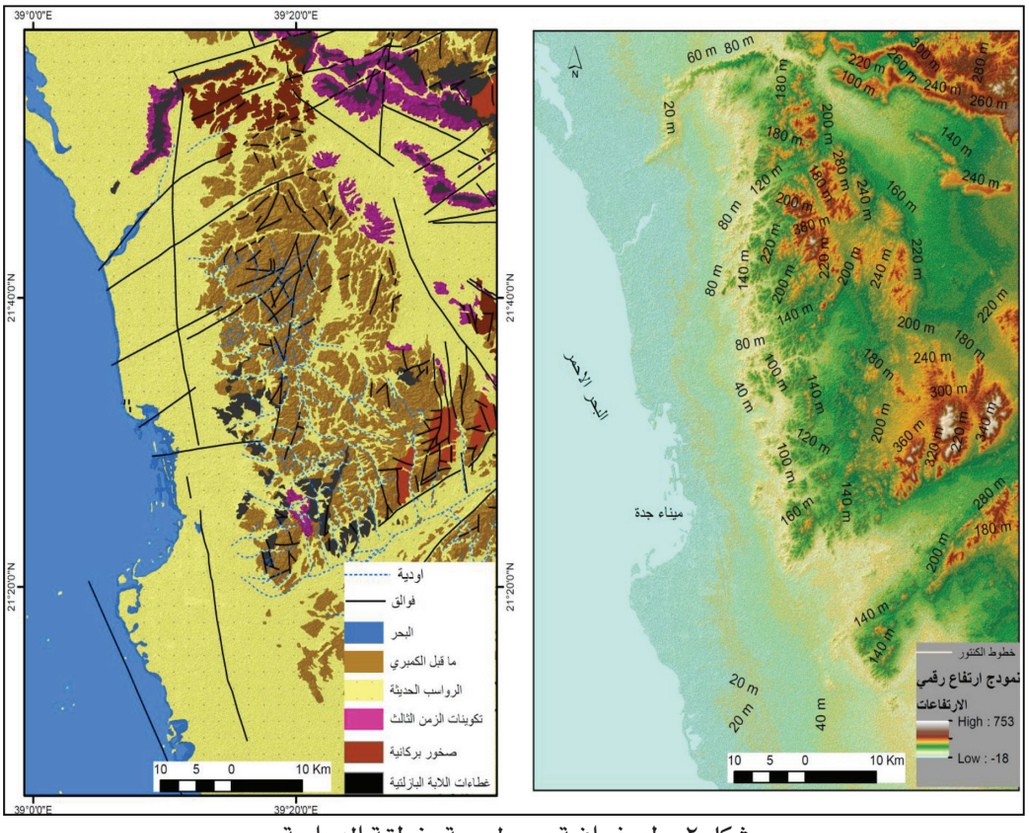
تتماشى ألسنتها المخروطية وخطوط الانكسارات ومجاري الأودية القديمة، وقد حددت مسارات الشبكة الهيدروغرافية، ومعظم الخطيات من انكسارات وفواصل وشقوق تأخذ اتجاهات موازية لنظام تطبق الصخور وللبحر الأحمر أو متعامدة عليه، وتمثل عموما تكشفات الطبقات وأماكن وجود اختلاف في درجة صلابة الصخور (داودي، ٢٠١٥ ;Moufti and Hashad، ٢٠٠٥ ; Taj، 2011 ; Mirza، 2008 .). ولقد أسهم وجود الألسنة البركانية مع رسوبيات الزمن الرابع الى حد كبير في توطين السكان ومد خطوط المواصلات بمختلف مراتبها، المرتبطة أساسا بالمراوح الفيضية الواقعة عليها، الأمر الذي يستدعي تحديد درجة الخطورة حسب قربها أو بعدها من المناطق المحتملة التعرض لمخاطر السيول وكوارثها.

ومن الناحية الجيومورفولوجية يتكون سطح منطقة الدراسة من خمس وحدات رئيسية: المرتفعات، المراوح الفيضية، الوديان، السهل الفيضي، السهل الساحلي (شكل ٢). ويتكون السهل الساحلي من صخور نارية متحولة شديدة الصلابة، وقد تعرضت لتغيرات جوهرية تشمل الانكسارات وظهور الرسوبيات والطفوح البركانية والحرات (Laurent et al., 1973).

وتشغل السهل الساحلي رواسب قارية وبحرية تكونت خلالها مسارات الأودية التي المتجهة من الشرق الى الغرب والتي تكونت في العصور الجيولوجية المطيرة (آل سعود، ٢٠٠٤). ولقد تكون السهل الساحلي تدريجيا في بداية الزمن الرابع، بفعل عوامل الارساب الناتجة عن جريان الأودية المحملة بالرواسب القادمة من الجهات الجبلية المرتفعة شرق جدة (Qari، 2009). كما تعزز ذلك النشاط الإرسابى في الفترة المطيرة خلال البلايستوسين حيث تشكلت نتيجة لتلك الظروف الوديان والشروم ومنها شرم أبحر، وتشكلت من التكوينات المرجانية مجموعات من الرفوف الكبيرة والتي أصبحت تشكل في النهاية الجزء الأكبر من الأساس الطبيعي الذي يقوم عليه الموقع الذي تشغله مدينة جدة (Qari, 2009). ويمكن النظر للخصائص الجيولوجية للسهل الساحلي عند مدينة جدة عبر تقسيمها الى قسمين رئيسيين هما:

• **القسم الغربي:** وهذا القسم عبارة عن سطح منخفض لا يتجاوز ارتفاعه ثلاثة أمتار فوق مستوى سطح البحر، ويتكون من إرسابات مرجانية ترسبت في زمن اتسم بمعدلات كبيرة من الأمطار السنوية. ولقد شكلت تلك الإرسابات المرجانية الأساس الطبيعي الذي يستند اليه الموقع الذي توجد به جدة، علاوة على أن التكوينات المرجانية تشكل مادة البناء الأساسية في المدينة كمثلها في سائر المدن الساحلية الأخرى. وتعلو تلك الإرسابات المرجانية رواسب أحدث من الرمال والحصى والحجر الجيري. كما توجد بعض الرواسب الملحية والجبس والطين التي تعود الى الأودية العديدة وما تجرفه من مياه السيول (Laurent et al., 1973).

• القسم الشرقي: وهو أكثر اتساعا وارتفاعا من القسم الغربي، ويعد مدخلا للتلال المرتفعة المحيطة بجدة من الشمال الى الجنوب. كما يمكن اعتباره نطاقا انتقاليا يقود الي النطاق الجبلي المعروف بالجبال الساحلية. وتتألف التكوينات الأساسية لهذا الجزء هي نفس التكوينات في القسم الغربي، وترتكز عليها إرسابات من نواتج الصخور النارية التي تتخللها رواسب بحرية شديدة الصلابة كالحجر الجيري المرجاني. كما توجد في هذا النطاق ترسبات ناتجة عن فعل الرياح الى جانب السيول حيث تتكون من الرمال والغرين وتتوغل فيها الكثير من الأودية وأهمها وادي فاطمة في الجنوب ووادي بنى مالك في الشمال وغيرها من الأودية في الشمال. ولقد أدى الاتساع الكبير الذي شهته المدينة في السنوات الأخيرة الى اختفاء العديد من تلك المعالم حيث إنها لا تكاد تظهر إلا في أوقات نزول المطر (Laurent et al., 1973).



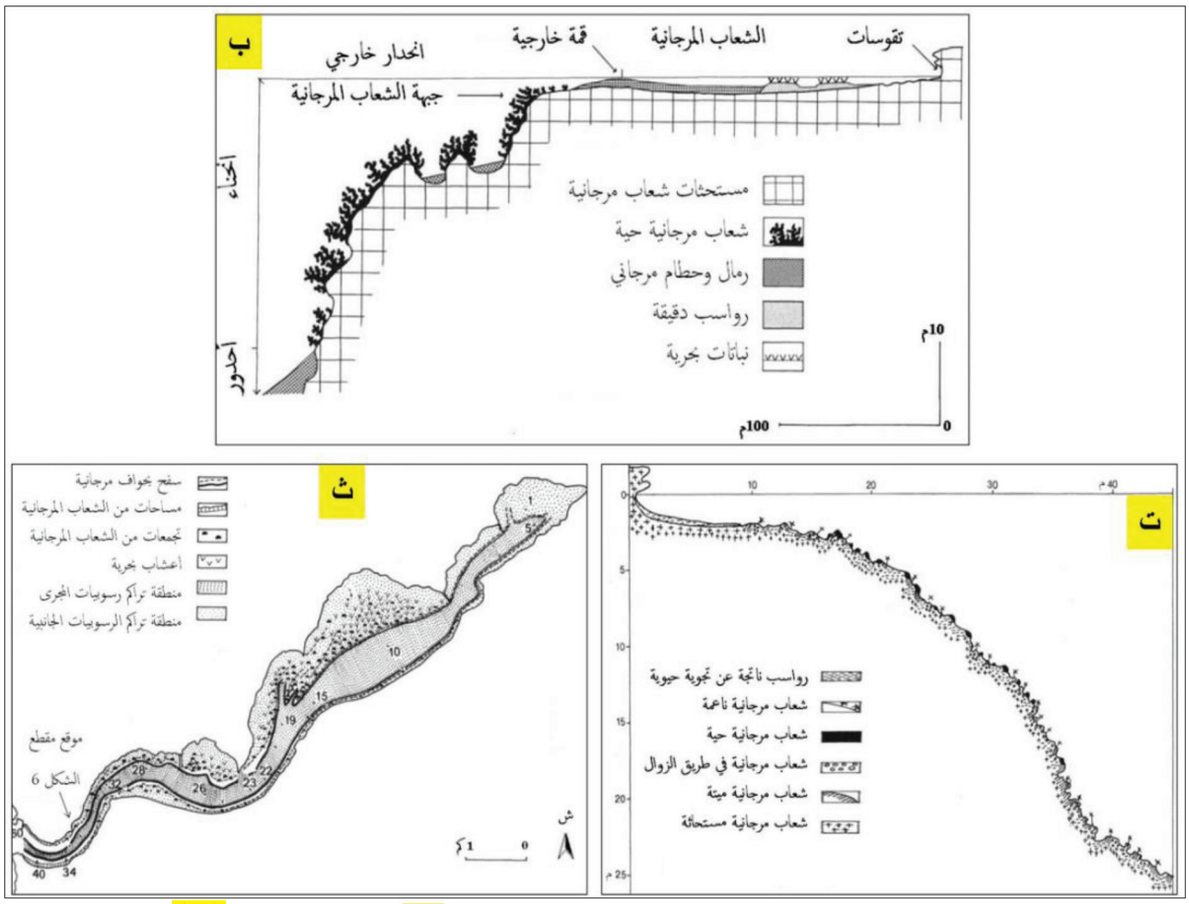
شكل ٢. طبوغرافية وجيولوجية منطقة الدراسة

ويحيط بالسهل الساحلي عدد من التلال التي قليلة الارتفاع والتي تعد مقدمة لمجموعة جبال الحجاز الساحلية التي تشكل جزءا من إقليم المرتفعات الغربية للمملكة العربية السعودية. وتعبر هذه التلال والجبال عدد من الأودية التي تجرى بمياه السيول باتجاه مصباتها في البحر الأحمر، ومن أهمها أودية مريخ، ودغيش، وبنى مالك، وعشير، وقوز، وغليل، ووادي فاطمة (Qari, 2009). هيدرولوجيا تحتوي المنطقة السيلية على أربع وعشرين حوضا تجميعيا، منها ستة عشر تتجه غربا نحو مدينة جدة، والباقي تأخذ اتجاهات الجنوب الغربي نحو وادي فاطمة .(Al Saud, 2010) ويعد وادي فاطمة أطول هذه الأودية وأهمها، وقد لعب دورا جيولوجيا مهما وذلك أن الرواسب التي يحملها هذا الوادي قادت الي إعاقة نمو الشعاب والتكوينات والمرجانية (شكل ٣) وعدم ظهورها على الساحل المقابل لجدة (ابراهيم، ١٩٨٠). وتشير إحدى الدراسات المهمة التي تبحث في جغرافية مدينة جدة الى أن أثر تلك الرواسب لا يزال ماثلا إلى الوقت الحاضر وذلك من خلال أشكال خطوط الأعماق المقابلة للمدينة، كما أن الشعاب المرجانية تظهر في الأجزاء الساحلية شمال وجنوب جدة عند شرم أبحر والرأس الأسود على التوالي (إسماعيل، ١٩٧٥). ويتميز السهل الساحلي أيضا السبخات والتي تتكون من رمال طينية مختلطة بالأصداف وبعض الرواسب القارية كالرمال والحصى. ولقد تم ردم الكثير من تلك السبخات في السنوات الأخيرة لتوفير مساحات إضافية لتشييد المباني عليها. كما توجد البحيرات الساحلية والخلجان والرؤوس التي هي في الحقيقة أجزاء من اليابس متوغلة داخل البحر كرأس القحاز في الوسط والرأس الأسود في الجنوب (آل سعود، ٢٠٠٤).

وأخيرا هناك الشروم وهي مساحات من مياه البحر تتوغل في اليابس ومن أهمها شرم أبحر في أقصى شمال المدينة وهو يمتد لمسافة تقارب ثماني كيلومترات داخل اليابسة. وعن تأثير التضاريس على التركيبة العمرانية في جدة فإن التلال المنتشرة في الشرق والمسطحات الرملية التي توجد بينها قد حتمت أن يأخذ تمدد وتوسعها محورا شماليا - جنوبيا. ومع ذلك فقد شهدت تسارعا واضطرادا في التوسع العمراني باتجاه الشرق الى درجة ظهور عدد كبير من الأحياء والتجمعات السكانية الهامشية بما يشبه الضواحي.

ويحيط بالسهل الساحلي عدد من التلال التي قليلة الارتفاع والتي تعد مقدمة لمجموعة جبال الحجاز الساحلية التي تشكل جزءا من إقليم المرتفعات الغربية للمملكة العربية السعودية. وتعبر هذه التلال والجبال عدد من الأودية التي تجرى بمياه السيول باتجاه مصباتها في البحر الأحمر، ومن أهمها أودية مريخ، ودغيش، وبنى مالك، وعشير، وقوز، وغليل، ووادي فاطمة (Qari, 2009). هيدرولوجيا تحتوي المنطقة السيلية على أربع وعشرين حوضا تجميعيا، منها ستة عشر تتجه غربا نحو مدينة جدة، والباقي تأخذ اتجاهات الجنوب الغربي نحو وادي فاطمة .(Al Saud, 2010) ويعد وادي فاطمة أطول هذه الأودية وأهمها، وقد لعب دورا جيولوجيا مهما وذلك أن الرواسب التي يحملها هذا الوادي قادت الي إعاقة نمو الشعاب والتكوينات والمرجانية (شكل ٣) وعدم ظهورها على الساحل المقابل لجدة (ابراهيم، ١٩٨٠). وتشير إحدى الدراسات المهمة التي تبحث في جغرافية مدينة جدة الى أن أثر تلك الرواسب لا يزال ماثلا إلى الوقت الحاضر وذلك من خلال أشكال خطوط الأعماق المقابلة للمدينة، كما أن الشعاب المرجانية تظهر في الأجزاء الساحلية شمال وجنوب جدة عند شرم أبحر والرأس الأسود على التوالي (إسماعيل، ١٩٧٥). ويتميز السهل الساحلي أيضا السبخات والتي تتكون من رمال طينية مختلطة بالأصداف وبعض الرواسب القارية كالرمال والحصى. ولقد تم ردم الكثير من تلك السبخات في السنوات الأخيرة لتوفير مساحات إضافية لتشييد المباني عليها. كما توجد البحيرات الساحلية والخلجان والرؤوس التي هي في الحقيقة أجزاء من اليابس متوغلة داخل البحر كرأس القحاز في الوسط والرأس الأسود في الجنوب (آل سعود، ٢٠٠٤).

وأخيرا هناك الشروم وهي مساحات من مياه البحر تتوغل في اليابس ومن أهمها شرم أبحر في أقصى شمال المدينة وهو يمتد لمسافة تقارب ثماني كيلومترات داخل اليابسة. وعن تأثير التضاريس على التركيبة العمرانية في جدة فإن التلال المنتشرة في الشرق والمسطحات الرملية التي توجد بينها قد حتمت أن يأخذ تمدد وتوسعها محورا شماليا - جنوبيا. ومع ذلك فقد شهدت تسارعا واضطرادا في التوسع العمراني باتجاه الشرق الى درجة ظهور عدد كبير من الأحياء والتجمعات السكانية الهامشية بما يشبه الضواحي.



شكل ٣. قاعدة الشعاب المرجانية: الشعاب المرجانية الخارجية في منطقة جدة (ب)
أشكال رسوبيات شرم أبحر (تشير الأرقام إلى قياسات الأعماق (ت)
مقطع في سفح نوعي لشرم أبحر واقع على حافة جرف قبل وضعه الحقيقي بتراجع ٣٠م (ث)

المصدر: Monnier and Guilcher, 1993 مع التعديل

٤. الخصائص المناخية

تخضع الظروف المناخية في جدة لسيادة عدد من العوامل الطبيعية التي تسيطر على الإطار المكاني العام الذي توجد به المدينة، ومنها الموقع بالنسبة لخطوط الطول ودوائر العرض، والتضاريس، والموقع الجغرافي في منتصف ساحل البحر الأحمر تقريبا. وتنعكس أهمية هذه العوامل من كونها المحددات الرئيسية للظروف المناخية في المدينة (يوسف، ١٩٨٣). ويهيمن على المدينة ظروف المناخ المداري الجاف، المعروف بسيادة ظروف الضغط المرتفع المداري شتاء، والضغط المنخفض الحار لجنوب آسيا في الصيف وما يرتبط بهما من سيادة للرياح القارية الجافة (البارقي، ٢٠١١).

كما أن من تداعيات الموقع، شدة الاشعاع الشمسي وطول مدة السطوع وما يترتب على ذلك من ارتفاع الحرارة، إلا أن للموقع الساحلي تأثيره في تلطيف درجة الحرارة ورفع مستوى الرطوبة الجوية في جدة. ولقد أسهم الموقع الساحلي في اعتدال الحرارة نسبيا في جدة وخاصة في الفترة الحارة من السنة. ومما تجدر الإشارة إليه أن تركز هطول المطر في جدة بكميات ضئيلة تسقط غالبا في أيام قليلة متوالية، فإن ذلك يقلل من فعالية الأمطار نتيجة لنشاط عملية التبخر. هذا من جهة، ومن جهة أخرى فان هطول الأمطار بكميات كبيرة وبغزارة عالية ولأيام قليلة يقلل أيضا من فعالية الأمطار نتيجة لفقد الجزء الأكبر من مياه الأمطار من خلال نشاط عملية الانسياب السطحي للمياه باتجاه البحر علاوة على نشاط عملية التبخر دون استفادة التربة من تلك المياه. وكل ذلك ساهم وبدرجة كبيرة في تأكيد الظروف الصحراوية في المنطقة (بوقري، ٢٠١٢).

٥. مواد وطرق البحث

تعد مصداقية البيانات واختيار الوحدة المكانية المعتمدة في الدراسة مبادئ أساسية في إنجاز قاعدة بيانات متعددة المصادر، لاستخدامها في مثل هذه البحوث بهدف الوصول إلى

نتائج لها حقيقة ميدانية تخدم النظامين الطبيعي والبشري. ويعتمد المنهج المستخدم في البحث على أسلوب التحليل المكاني باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، بالإضافة إلى المسوحات الميدانية لمنطقة الدراسة، وقد اتبعت هذه الدراسة الاجراءات والأساليب التالية:

• مراجعة الأدبيات والدراسات السابقة ذات الصلة بالسواحل والتغيرات البيئية في جدة، وتحليل النتائج والاستنتاجات لفهم السياق البيئي للمنطقة.

• جمع وتحليل البيانات المتعددة المصادر اللازمة للبحث، والمعالجة الرقمية للمرئيات الفضائية والمعطيات الطبوغرافية والجيولوجية، والقيام بزيارات حقلية ورفع ميداني للتأكد من النتائج وإجراء التعديلات اللازمة، باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية لتحليل البيانات وتصميم الخرائط الجغرافية.

• دراسة التغيرات البيئية عبر الزمن عن طريق مقارنة المرئيات الفضائية والخرائط الجغرافية لفترات زمنية مختلفة، لتحديد التحولات الساحلية وتحليل أنماطها والعوامل المؤثرة فيها.

• استخلاص النتائج وتحليل أثر التغيرات على البيئة والمجتمع، مع تقديم توصيات وإجراءات للحفاظ على البيئة الساحلية وتقليل التأثيرات السلبية للنشاط البشري.

1,5. البيانات المستخدمة

تعد تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية من أهم الوسائل المستخدمة في المراقبة المستمرة للتوزيع المكاني للظواهر الأرضية في إطار واسع، كما تمثل مرئيات الأقمار الصناعية ذات الدقة المكانية العالية وثائق أساسية لدراسة التطور التاريخي للظواهر سريعة التغير، من خلال توفير معلومات غزيرة على مدى فترات زمنية متتالية. وتبرز أهمية الدراسة في استخدام صور أقمار صناعية بدقة مكانية تصل إلى ٢ متر في الستينات (١٩٦٥) وبداية السبعينات (١٩٧٢) ومرئيات أخرى في ١٩٨٦، ٢٠٠٩، ٢٠٢٠. وعليه فقد تنوعت مصادر البيانات التي أعتُمِد عليها في هذا البحث، حيث شملت بيانات الأقمار الصناعية، صور جوية، نموذج ارتفاعات رقمية، وفي مايلي خصائص هذه البيانات:

• صور بنكروماتية للقمر الصناعي كورنا CORONA ملتقطة في مارس ١٩٦٥ و١٩٧٢. يتميز برنامج كورونا بالتقاط صور بصرية بانورامية بدقة تمييز مكانية عالية (٢-٣م)، تم طلبها وتنزيلها من الموقع:
https://earthexplorer.usgs.gov

• مرئيات للقمر الصناعي سبوت
(SPOT- Controled Image Base "CIB")
بدقة مكانية ١٠م. هذه المرئيات عبارة عن مجموعة من الصور البنكروماتية (تدرج الرمادي) مجانية، والتي تم إجراء لها تصحيح هندسي وعمودي. وتم الحصول على البيانات بين عامي ١٩٨٦ و٢٠١٠ من قبل وكالة الفضاء الفرنسية والمركز الوطني للدراسات الفضائية، التي تمتلك وتدير نظام الأقمار الصناعية، بموجب اتفاقية ترخيص تسمح بالتوزيع المفتوح للجمهور من موقع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية، حيث لا يلزم الحصول على إذن إضافي لاستخدام هذه الصور التجارية أو توزيعها.

• صورة جوية رقمية ملونة دقة تمييزها المكانية ٥٠سم، ملتقطة عام ٢٠٠٩ من قبل الهيئة العامة للمساحة السعودية (SGS).

• صورة فضائية للقمر الصناعي سنتينل 2 (SENTINEL ٢) ملتقطة عامي ٢٠١٨ و٢٠٢٠ بدقة ١٠م.

• نموذج ارتفاع رقمي (DEM SRTM) بدقة ٣٠م.

ويوضح الجدول (١) البيانات المختلفة بما في ذلك مواصفاتها الفنية، وقد تم الحصول عليها من موقع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية
(USGS) https://earthexplorer.usgs.gov
ماعدا الصور الجوية الرقمية لعام ٢٠٠٩ فقد تم تنزيلها من الموقع https://geoportal.sa.

جدول ١. مواصفات البيانات المستخدمة

التسلسل	النوع	السنة	الدقة المكانية (م)	المصدر
١	صورة كورونا CORONA	١٩٦٥، ١٩٦٦، ١٩٧٢	٢، ٣	USGS
٢	مرئيات SPOT	١٩٨٦	١٠	USGS
٣	مرئيات SENTINEL 2	٢٠١٨، ٢٠٢٠	١٠	USGS
٤	صورة جوية	١٩٥١، ٢٠٠٩	٠,٥	SGS
٥	نموذج ارتفاع رقمي DEM SRTM	٢٠١٤	٣٠	USGS
٦	خرائط لجدة التاريخية	١٨٨٤	---	---

٢,٥. معالجة البيانات

- خضعت صور القمر الصناعي كورونا لمعالجات خاصة لكونها تشتمل شرائح متعددة، تضمنت تجميع الأجزاء المختلفة إلى صورة واحدة أو فسيفساء (Image Mosaic) وإعداد مصفوفة الصور الرقمية باستخدام برنامج (Erdas Imagine 2014).

- في المرحلة الثانية تمت معالجة المرئيات الفضائية المختلفة، حيث تم تسجيل موزاييك الصور للقمر الصناعي كورونا (CORONA) ومرئية القمر الصناعي سبوت (SPOT) والصور الجوية الرقمية إلى إحداثيات الصورة الفضائية سنتينل المرجعية (Reference image) التي كانت مصححة عموديا وهندسيا، وفقا لمسقط مركاتور المستعرض العالمي (UTM) بالنظام الجيوديسي العالمي(WGS 84) منطقة ٣٧ من قبل المساحة الجيولوجية الأمريكية، باستخدام نقاط الضبط المختارة بعناية من المرجع لتطبيق التصحيح الهندسي، وتم التحقق من تطابق بين كل البيانات المستخدمة في الدراسة.

- إجراء التحليل الطبوغرافي لمنطقة الدراسة باستخدام نموذج ارتفاع رقمي (DEM SRTM) بدقة ٣٠م.

- بعد التصحيح الهندسي والتأكد من تطابق جميع الصور والمرئيات المستخدمة في البحث، وتحسين الوضوح للصور الجوية والفضائية والخرائط الطبوغرافية والتاريخية لجدة، تم استخدام أسلوب نظم المعلومات الجغرافية بواسطة البرنامج (ArcGIS10)، وإنشاء قاعدة بيانات بترقيم خط الساحل، مورفولوجية السطح، حدود المناطق العمرانية وإجراء تحليل مكاني وعرض البيانات على هيئة نماذج خرائطية وجداول للمقارنة بين معلومات السنوات المختلفة.

٣,٥. المسح الميداني لدراسة التغيرات الساحلية وأثارها البيئية

تتطلب دراسة التغيرات الساحلية وأثارها البيئية استخدام مجموعة متنوعة من عناصر المسح الميداني، لفهم العمليات الطبيعية والبشرية التي تؤثر على السواحل وتقدير التغيرات البيئية الناتجة عنه وتضمن التالي:

- قياس المسافات ومعرفة المواقع المهمة وذلك لتحديد نقاط الاهتمام وتحديدها على الساحل، وتحليل التغيرات المكانية والزمنية، ومن ثم دراسة مورفولوجية الساحل بشكل مباشر والمسطحات المائية.

- رصد التنوع البيولوجي من خلال تحديد أنواع النباتات الموجودة على ساحل جدة، وتقدير حالتها وتوزيعها.

- التغيرات الجيومورفولوجية والتي تشمل تحليل جغرافية الساحل، مثل التآكل الساحلي وتكوين الشواطئ وتشكل الجزر وظاهرة والمد والجزر.

- مسح البنية التحتية والأنشطة البشرية على الساحل منها الصناعية والميناء والممرات المائية والسياحية.

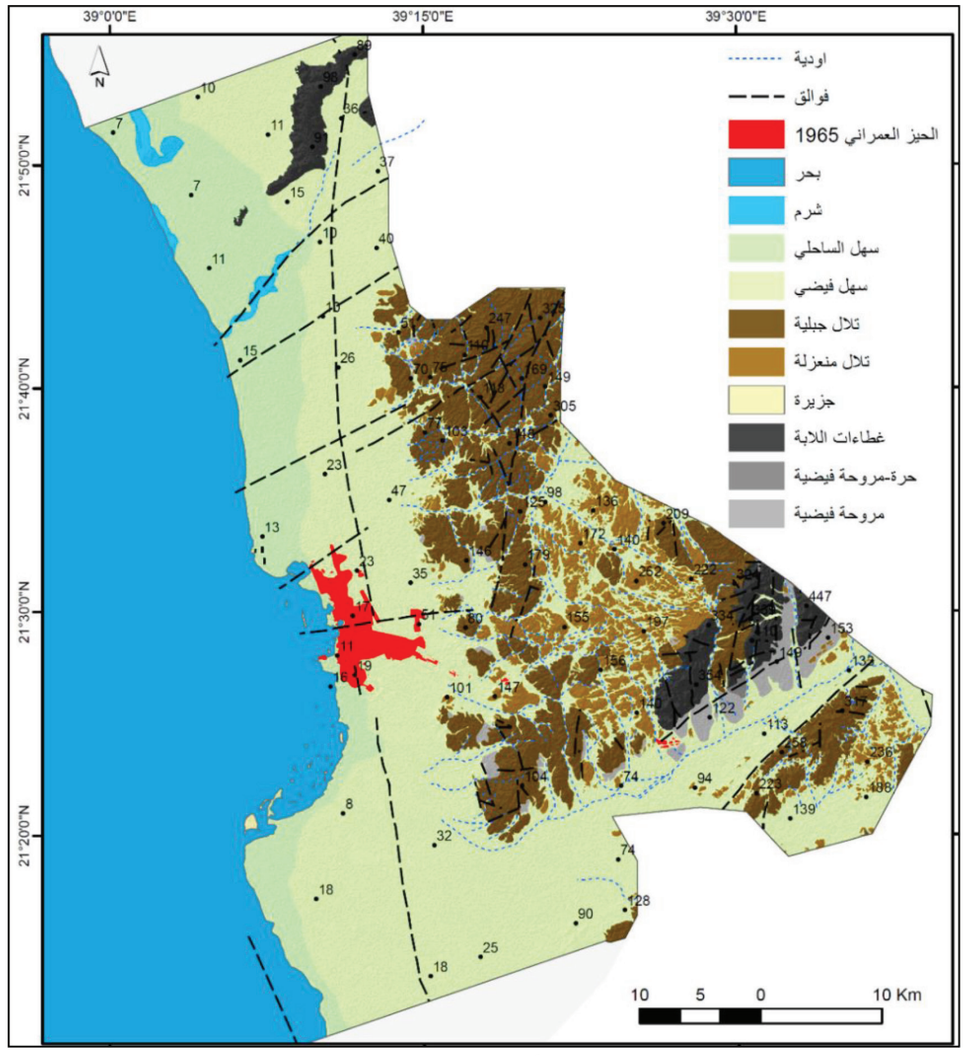
٦. النتائج والمناقشة

لا تزال النظم البيئية تتأثر من التدخلات البشرية، مما يؤدي إلى ضعفها نسبيا، ومع ذلك فإن التنمية الساحلية في السنوات الماضية، يمكن أن تكون مصدرا للتدهور والاضرار المباشر بالمكونات البيئية، مما يعزز الحاجة لحماية هذه المناطق البحرية (Le Bere, 2017; Daoudi and Niang, 2021) . إن تسارع الأنشطة البشرية لا يؤدي دائما إلى آثار سلبية، وإن البعض منها يعمل على حماية وتطوير الشواطئ باستخدام تقنيات خاصة. في هذا الإطار فقد

شهدت منطقة الدراسة تغيرات عدة منذ نهاية سبعينيات القرن الماضي، وشملت الجانبين الطبيعي والبشري.

١,٦. المورفولوجية الأصلية لمنطقة جدة

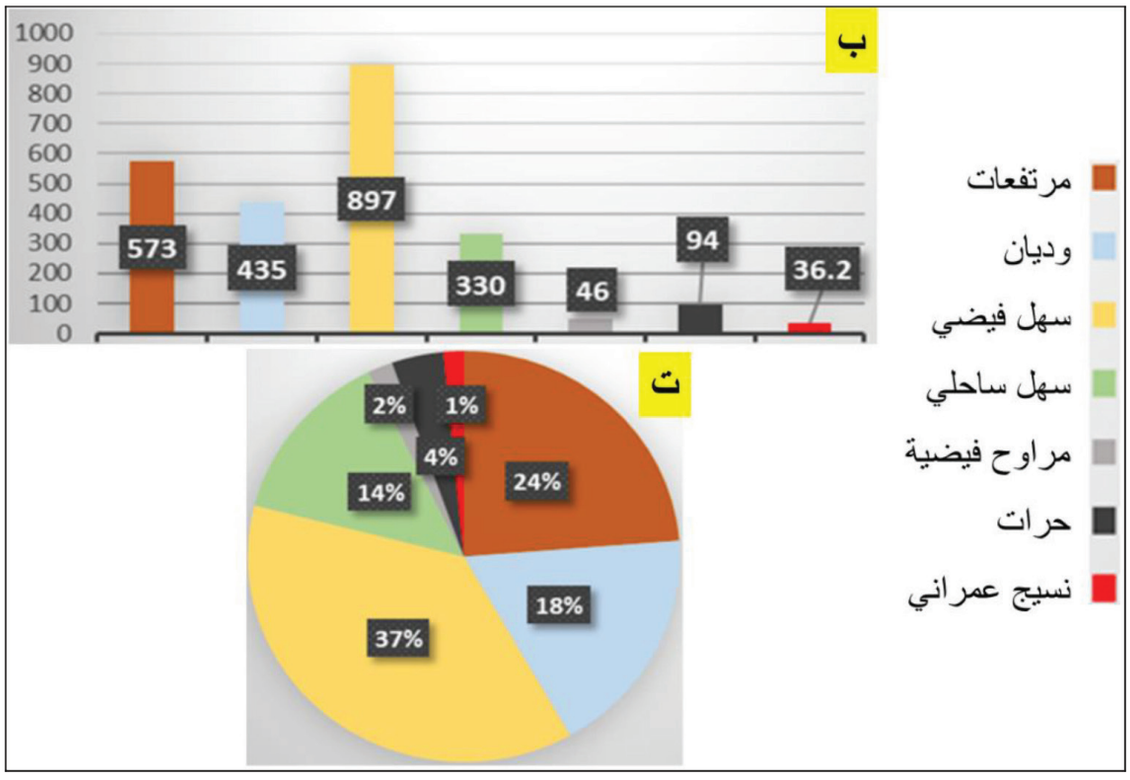
يتشكل الغطاء الأرضي قبل التمدد العمراني من وحدات تضاريسية مختلفة. واعتمادا على صورة كورونا لعام ١٩٦٥ وبدقة تمييز مكانية عالية، يظهر جليا المورفولوجية الأصلية المميزة لمنطقة الدراسة في ستينيات القرن الماضي. تحيط بالمدينة من الجهة الشرقية مرتفعات، تتكون من سلاسل جبلية شديدة الانحدار، وتحدد هذه المرتفعات السهل الفيضي على تلال منعزلة منخفضة الارتفاع، وغطاءات اللابة البازلتية ومراوح فيضية. وتتخلل هذه المرتفعات مجموعة من الأودية التي تتجه نحو البحر الأحمر. وتشغل هذه المرتفعات مساحة تصل إلى ٧١٣ كم٢ ما يمثل ٢٩،٥٪ من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، منها ٩٤ كم٢ من هضاب مغطاة باللابة، و٤٦ كم٢ تشغلها المراوح الفيضية. وبين هذه المرتفعات تشغل الأودية والسهول الرسوبية مساحة تصل إلى ٤٣٥ كم٢ ما يعادل نحو ١٨ ٪ من مساحة المنطقة، أما المساحة المتبقية فيشغلها السهل الفيضي حيث يغطى ٩٢٥ كم٢ أي ٣٨ ٪ من منطقة الدراسة والسهل الساحلي ٣٣٨ كم٢ نحو ١٤ ٪ من إجمالي المساحة. وتغطى السبخات نحو ٢٦ ٪ من السهل الساحلي و١,٤ ٪ من السهل الفيضي. أما مدينة جدة التي تحتل ٣٦,٢ كم٢ (١,٥ ٪ من المساحة الكلية) تتموضع الكتل العمرانية على السهل الفيضي بمساحة ٢٨,٢ كم٢ وعلى السهل الساحلي ٨ كم٢ من الحيز العمراني. والشكل ٤ يبين توزيع مساحات الغطاء الأرضي الأصلي لمنطقة الدراسة. ويشير هذا الإطار المورفولوجي الأصلي لمنطقة الدراسة إلى أن المتغيرات الجيومورفولوجية تعد محددات أساسية لمسار تمدد وتطوير المدينة، وتم إحداث تغييرات للمنطقة بشكل كبير في ظل التوسع العمراني المتسارع الذي تشهده جدة.



شكل ٤. المورفولوجية الأصلية المميزة لمنطقة جدة عام ١٩٦٥

٢,٦. زحف النسيج العمراني لمدينة جدة وتغيرات أشكال السطح

يساعد أسلوب التحليل المكاني في إطار نظم المعلومات الجغرافية، على رصد وتقييم التفاعلات والعلاقات بين مراحل التوسع العمراني وأشكال السطح لمنطقة الدراسة. فقد تم استخدام تحليل التقاطع بين طبقة الكتل العمرانية وطبقة المورفولوجيا الأصلية، لحساب مساحات ونسب الغطاء الأرضي الذي يشغله الحيز العمراني في فترات مختلفة. وتظهر نتائج النمو العمراني على حساب المورفولوجية في الشكلين (٥ – ٦) والجدول (٢)، حيث يلاحظ أن النمو العمراني أدى إلى تمدد كبير للكتل العمرانية على الغطاء الأرضي واستخدامات الأرض الأخرى خلال فترة الرصد (Daoudi and Niang, 2022). ففي الفترة الأولى عام ١٩٦٥ كان الحيز العمراني يشغل (٣٦,٢ كم٢) وهو ما يعادل ١,٥ ٪ من مساحة منطقة الدراسة على حساب سهل تهامة الفيضي (٢٨,٢ كم٢) والسهل الساحلي (٨ كم٢). أما الفترة الثانية التي تتوافق مع بداية الثورة النفطية الأولى، أبرزت تضاعف نسبة المساحة المعمورة على حساب المورفولوجية الأصلية التي بلغت ٣,٢ ٪ في ١٩٧٢ بعد سبع سنوات من الرصد وبدأت المدينة تتوسع في كل الاتجاهات وأساسا في السهل الفيضي (نحو ٣٠ كم٢). وبلغت المساحة العمرانية للمدينة بين ١٩٧٢ و١٩٨٦ أرقاما قياسية في التمدد، وسجلت فيها أكبر نسبة خلال فترة الدراسة أي ما يزيد عن ربع مساحة منطقة الدراسة، وتوسعت المدينة على مختلف الأشكال المورفولوجية الأصلية: السهل الفيضي (٣٤٦,٧ كم٢) السهل الساحلي (١٩٢,٣ كم٢) الوديان (٣٩,٨ كم٢) البحر والشرم (١٤,٨ كم٢) التلال الجبلية (٤,٥ كم٢) التلال المنعزلة (٣,٥ كم٢) والمراوح الفيضية (٣,١٥ كم٢) الحرات (٠,٨٥ كم٢). أما الفترة التي تلتها هي أطول فترة (٢٣ عاما) من ١٩٨٦ إلى ٢٠٠٩، لكن سجلت توسعا عمرانيا محدودا نسبيا، حيث تمثل فترة هدوء في النمو البنياني (مقدار الزيادة مقارنة بالفترة التي قبلها أقل من ١٠ ٪).

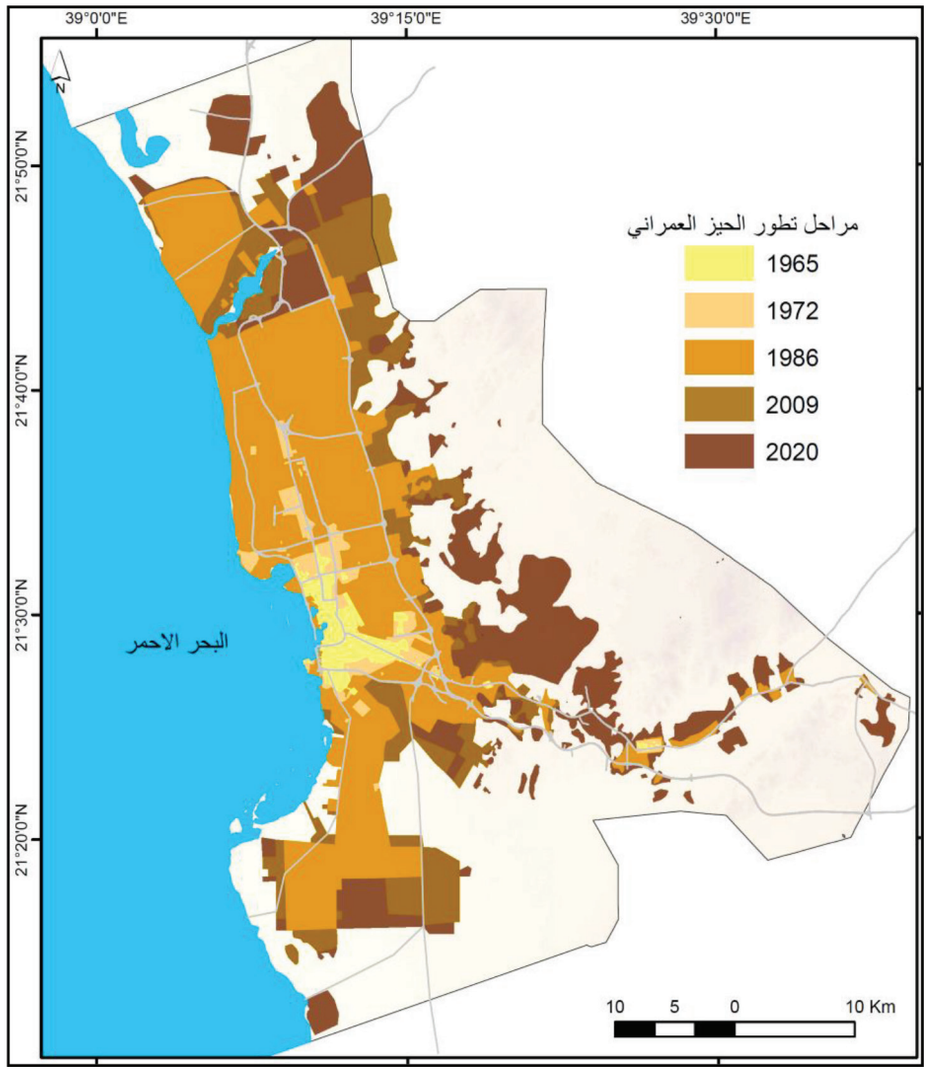


شكل ٥. توزيع المورفولوجية الأصلية لمنطقة جدة: ب المساحة كم٢ ت النسب المئوية

واستمرت المساحة المعمورة تتمدد على جهات مختلفة، وتم إنشاء كتل عمرانية في المرتفعات وبطون الأودية وأزيلت أجزاء من التلال المنعزلة والتلال الجبلية. وتمثل زيادة المساحة المعمورة للفترة الأخيرة ٢٠٠٩ إلى ٢٠٢٠ تراكم تطورات لكل سنوات الرصد، واحتلت مساحة الكتل العمرانية نحو ٤٦ ٪ من مساحة أشكال السطح الأصلية موزعة على النحو التالي: السهل الفيضي (٢٣,٤ ٪) السهل الساحلي (١٠,٣ ٪) الوديان (٥,٧ ٪) البحر والشرم (١,٤ ٪) التلال الجبلية (٣,١ ٪) التلال المنعزلة (١,٩ ٪) المراوح الفيضية (٠,٩ ٪) الحرات (٠,٢ ٪). ويلاحظ من تحليل التوسع العمراني على حساب المورفولوجيا الأصلية، أن الكتل العمرانية شغلت المناطق المنخفضة كالسهول الساحلية والفيضية، ولكنها أخذت الوصول تدريجيا إلى المرتفعات، وإن انشاء الطرق يقلل من تأثير الخصائص الجيومورفولوجية.

جدول ٢. التمدد العمراني لمدينة جدة خلال الفترة ١٩٦٥-٢٠٢٠

السنة	المساحة (كم٢)	مقدار الزيادة (كم٢)	(٪) من المساحة الحالية	المعدل السنوي (كم٢)
١٩٦٥	٣٦,٢	-	٣,٢	٠
١٩٧٢	٧٧,١	٤١,٥	٦,٨	٥,٩
١٩٨٦	٦٠٥,٦	٥٢٨,٥	٥٣,٥	٣٧,٧
٢٠٠٩	٨٤١,٨	٢٣٦,٢	٧٤,٤	١٠,٢
٢٠٢٠	١١٣٠,٩	٢٨٩,١	١٠٠,٠	٢٦,٢



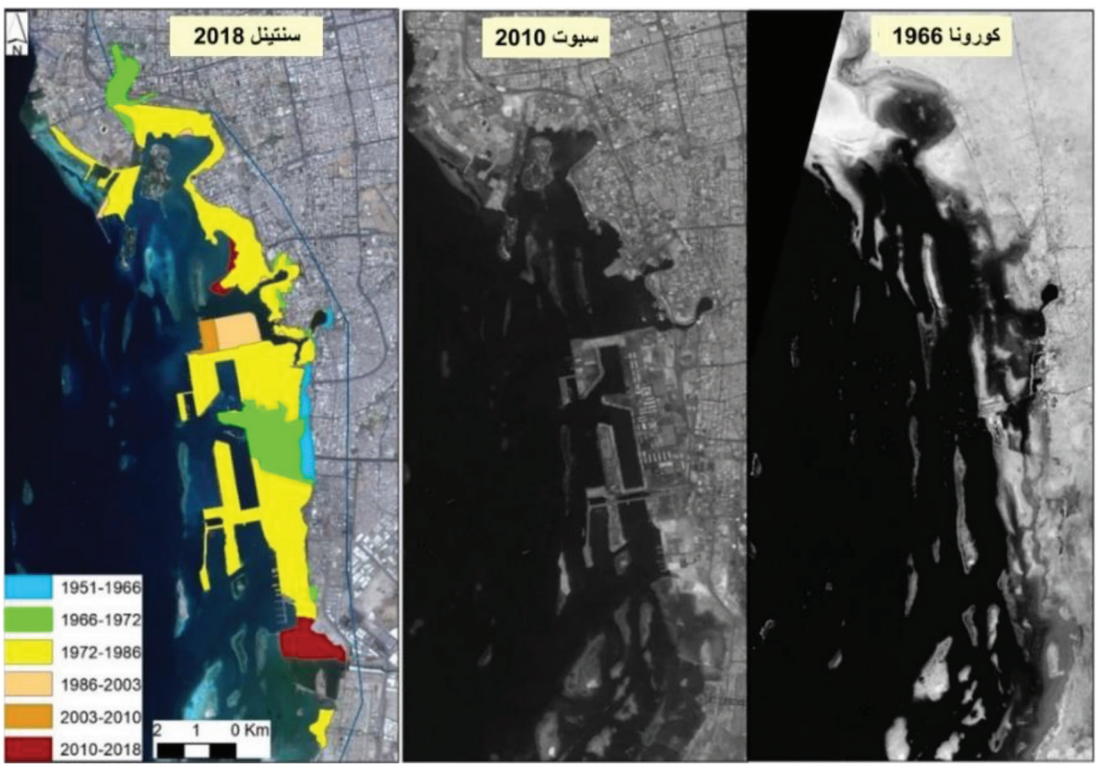
شكل ٦. التوسع العمراني لمدينة جدة خلال الفترة ١٩٦٥-٢٠٢٠

٣,٦. تغيرات الجيومورفولوجية الساحلية

١,٣,٦. تحولات خط الساحل

يتكون معظم خط الساحل من تكوينات الحجر الجيري، وبعد تركيب خطوط الساحل لفترات عدة، تم ملاحظة تغير بارز في مورفولوجية التماس بين اليابس والماء. ويُظهر تطور الخط الساحلي المقاس على فترات مختلفة من عام (١٩٥١ إلى ٢٠١٨) أن ديناميكية الخط الساحلي تتحكم فيها بشكل رئيسي الأعمال البشرية، في حين أن هناك بالتأكيد عوامل طبيعية مرتبطة بشكل خاص بتغير المناخ والظروف الهيدروديناميكية، إلا أن تأثيراتها أقل من تأثيرات العوامل البشرية. علاوة على ذلك، من الصعب قياسها في منطقة الدراسة على المدى الطويل. فالعديد من الدراسات التي أجريت في مناطق جغرافية مختلفة أن الأنشطة البشرية هي القوة الدافعة الرئيسية وراء تغيرات الخط الساحلي (Amrouni et al., 2019; Tian et al., 2020; Niang, 2020). وقد تمدد جزء من النسيج العمراني على حساب الساحل والبحر.

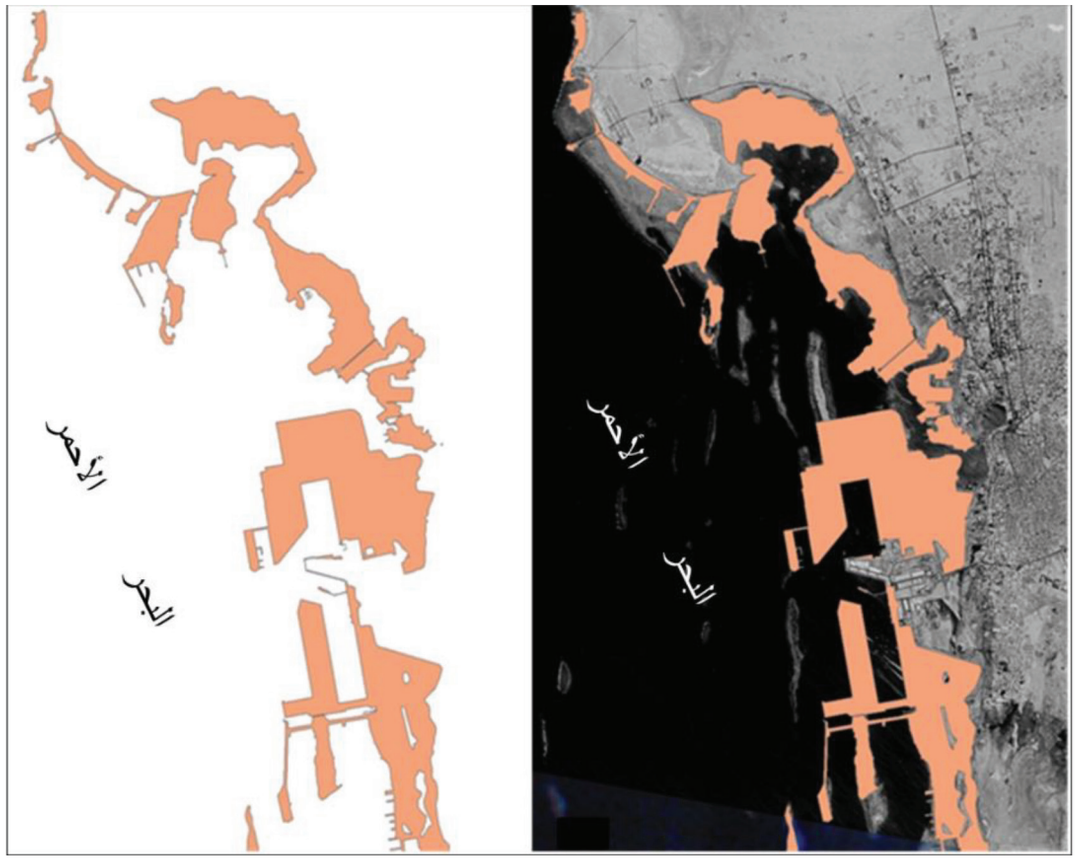
يُظهر التحليل التفصيلي للمعدلات خط الساحل نطاقًا متزايدًا من التآكل على كامل الخط الساحلي مع مرور الوقت منذ العقد الأول من القرن الحادي والعشرين. كانت الفترة المحورية في التعديل بين ١٩٧٢-١٩٨٦، والتي تتوافق مع امتداد غير مسبوق للميناء والمدينة باتجاه البحر الأحمر. يشير هذا التحليل أيضًا إلى أن ميناء جدة شهد تطورات متتالية، حيث قدر معدل التمدد ٢١٠ م/سنة. وتعطي المساحات المقاسة فكرة أوضح عن التمديدات المتتالية، حيث تم الحصول عليها من خلال استخراج توسع المناطق من خلال تراكيب خطوط الساحل متعددة التواريخ. زادت المنطقة الساحلية في هذا الجزء من الساحل حوالي ٢٣ كم٢ (شكل ٧). وقد ارتبط هذا التمدد الهائل بتوسعة ميناء جدة، وبشكل عام ميز الخط الساحلي الاستقرار خارج دائرة الميناء ومناطق النشاط البشري قبل تصميم البنى التحتية والمرافق السياحية المختلفة على طول الشاطئ. أما القطاعات التي تفتقر إلى هذه التطورات كانت عرضة للتآكل في بعض الأماكن.



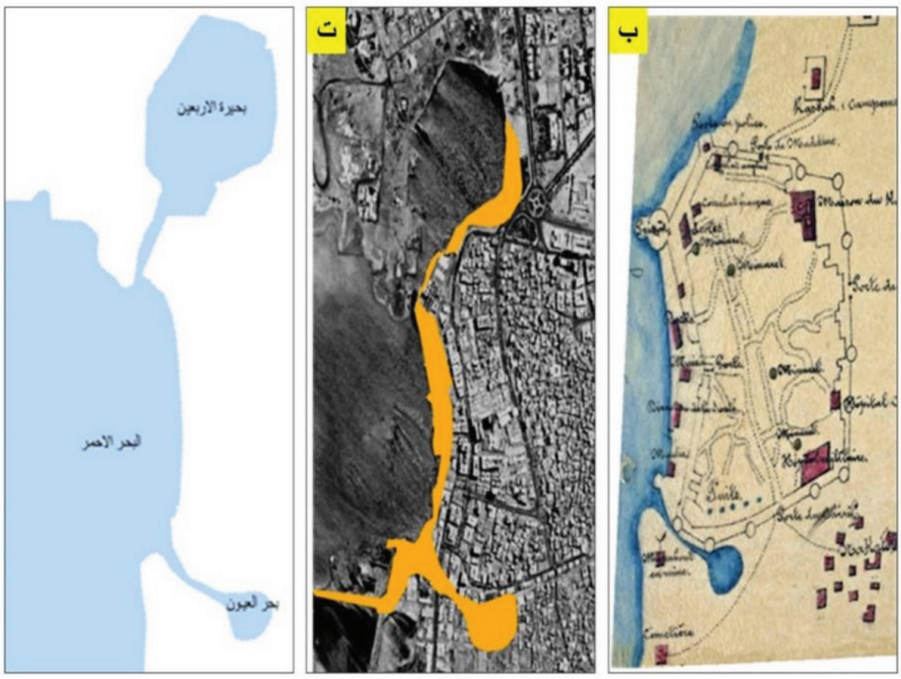
شكل ٧. تهيئة وتطوير ساحل مدينة جدة خلال الفترة ١٩٥١-٢٠١٨

من بين العوامل الطبيعية التي لعبت دورًا في تغير الخط الساحلي، يمكن ملاحظة الأمواج، وهطول الأمطار أو المياه، وتصريفات الرواسب من الأودية عند مصباتها، حتى لو لم تعد معظم الأودية تنتهي في البحر بسبب الزحف العمراني على مساراتها. وستتأثر منطقة ساحل جدة بالتغيرات العالمية لمستوى سطح البحر. وتتوقع الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (٢٠١٩) أن تأثيرات التغير المناخي ستؤدي إلى ارتفاع مستوى سطح البحر، بين (٠,٢٩ م و١,١ م). إن العديد من الهياكل المختلفة أقيمت بموازاة الخط الساحلي لتهيئة واستصلاح البحر مثل الجدران البحرية أو حواجز الأمواج لمنع التآكل وحماية الساحل، يعتبر ذلك العامل الأكثر تأثيرًا على مورفولوجية وديناميكية الخط الساحلي مهما حدث أي تعديل في الظروف المناخية والهيدروديناميكية.

إن التغيرات المختلفة في استخدام الأراضي والغطاء الأرضي تبرز اتساع السهل الساحلي، مما يعني ضمناً إنشاء بحيرات شبه مغلقة على طول الساحل خاصة في منطقة الميناء. فقد كان للشاطئ شكلاً مستقيماً إلى حد ما في عام ١٩٦٦ وظهرت العديد من التعرجات بعد تصميم المنشآت المختلفة. تبين من الخرائط التاريخية شكل خط الساحل في علم ١٨٨٤ ومن صورة القمر الصناعي كورونا ١٩٦٦ أن بحر العيون الذي كان يقع جنوب مدينة جدة التاريخية قد تم ردمه تماما، إضافة إلى الشريط الساحلي بعرض يتراوح ما بين ١٠ الى ١٠٠م، حيث قدرت مساحة المناطق التي ردمت من البحر بحوالي ١,٤٩٨ كم٢ (شكلي ٨ و٩).

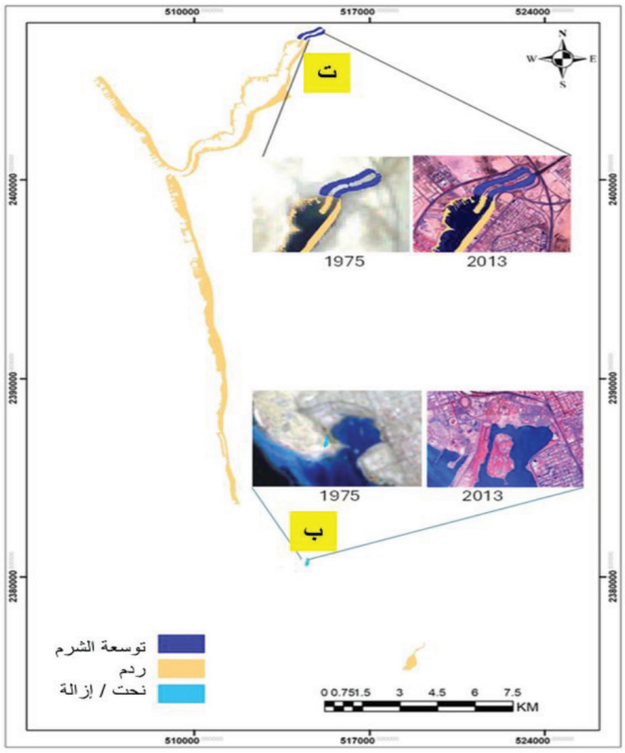


شكل ٨. عملية ردم سواحل جدة ١٩٦٦-٢٠١٣



شكل ٩. عملية الردم جنوب مدينة جدة التاريخية:
(ب) خريطة فرنسية لجدة التاريخية ١٨٨٤ (ت) صورة كورونا ١٩٦٦

تميزت الفترة من عام ١٩٧٥ - ٢٠١٣ بإزالة جزر من اليابس ليكن بحر، حيث قدرت مساحة هذه الجزئية بحوالي ٠,٠٤٢ كم٢، والتي كانت في الجزء الشمالي الغربي في وسط جدة التاريخية، كما هو في الشكل ١٠ب، وبالنسبة للرمز (ت) فيمثل توسعة المسطح المائي "شرم أبحر" على حساب اليابس بمساحة تقدر بـ ٠,٢٥٨ كم٢. أما عملية الردم كما يوضحها الشكل ٩ فقد امتدت من شمال جدة التاريخية حتى شمال شرم أبحر وبمساحة تقدر بحوالي ٨,٢٥ كم٢.



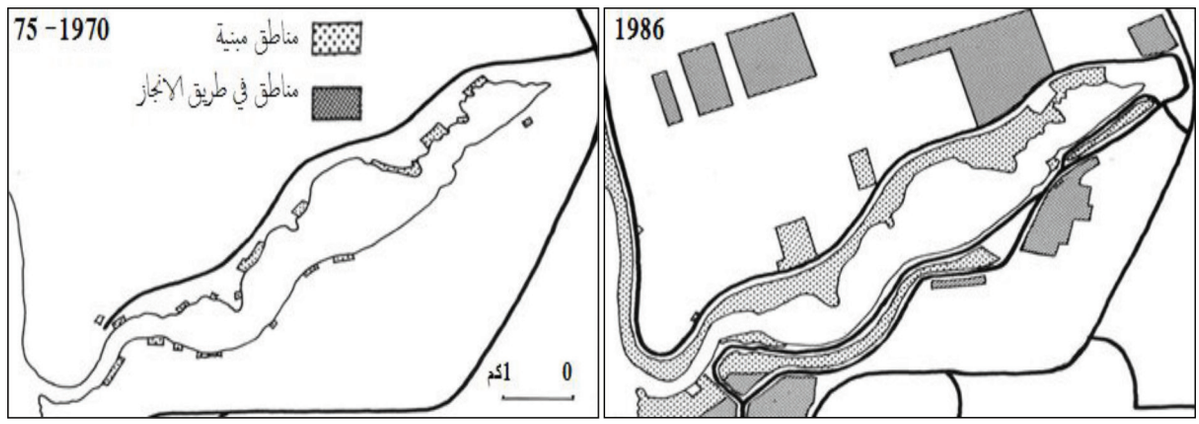
شكل ١٠. عملية تقدم وتراجع خط الساحل ١٩٧٥-٢٠١٣:
ب إزالة اليابس في الجزء الشمالي الغربي من جدة التاريخية
ت توسعة شرم أبحر على حساب اليابس

وفي نفس الإطار يعرف شرم أبحر تغيرات منذ نهاية سبعينيات القرن الماضي (شكل ١١) وبعد تركيب خطوط الساحل لشرم أبحر لعدة أعوام (شكل ١٢)، تبين تقدم هائل في الضفتين بسبب عمليات الردم المتسارعة، والتي شملت مساحات شاسعة منه وما يحتويه من شعاب مرجانية وبيئات أحيائية، وتغير في شكله وحجمه، حيث أخذ خط الساحل شكل المخططات العمرانية في بعض الأماكن منه. ، ففي الفترة ١٩٦٧ – ٢٠٠٠ انخفضت مساحته بمقدار حوالي ١,٨٢ كم٢ بمعدل ٠,٠٥ كم٢ سنوياً، أما خلال الفترة الممتدة بين ٢٠٠٠ و٢٠١٥، فقد قلّت مساحته بـ ١,٥٤ كم٢ وبمعدل سنوي بلغ حوالي ٠,١ كم٢، مما يُظهر تضاعف المساحة المفقودة منه في ظرف ١٥ عاماً (جدول ٣).

جدول ٣. تغير مساحة شرم أبحر (١٩٦٧-٢٠١٥)

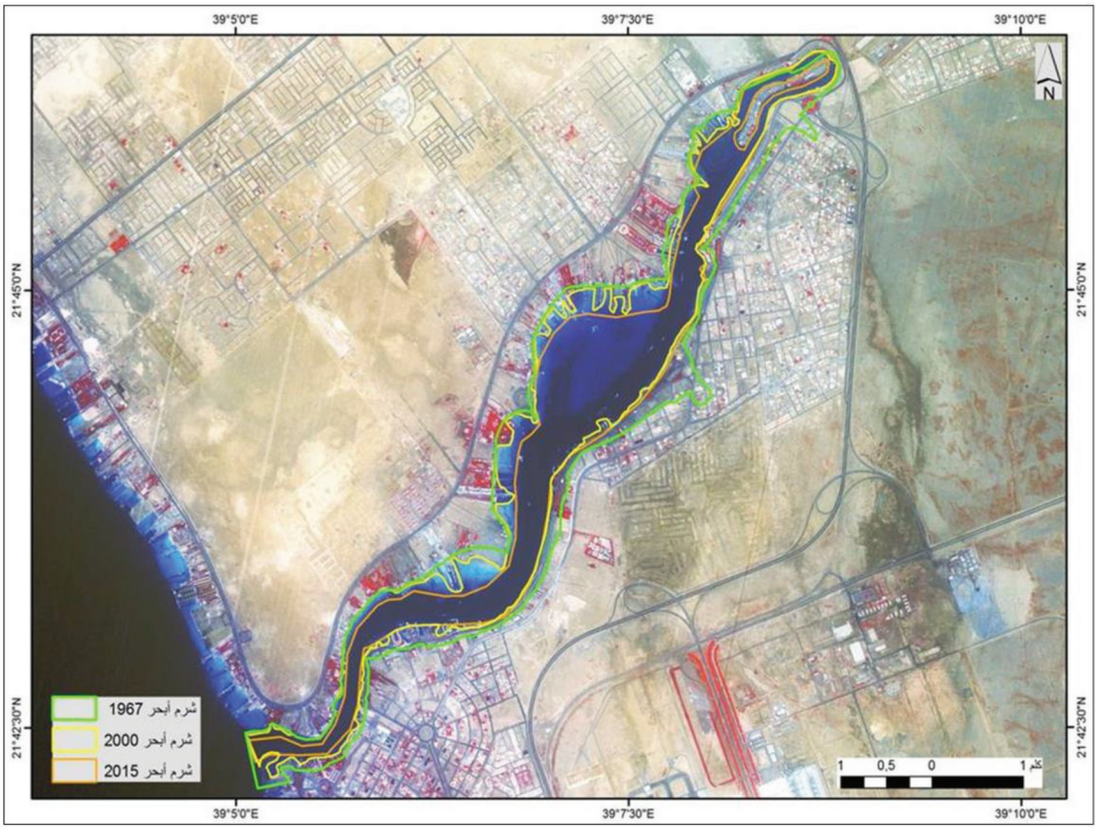
السنة	المساحة	
	هكتار	كم٢
١٩٦٧	٧٤٩	٧,٤٩
٢٠٠٠	٥٦٧	٥,٦٧
٢٠١٥	٤١٣	٤,١٣

وبالإضافة إلى الضغط البشري الذي يعاني منه شرم أبحر (شكل ١٣)، فإن ديناميكيته الجيومورفولوجية متواصلة كنظام بحري، تحت تأثير تفاعل عوامل عدة منها مورفولوجية خط الساحل ومعدل انحدار ضفتي الشرم الذي يتغير من بقعة لأخرى، ارتفاع مستوى البحر وفعل الأمواج تبعاً لاتجاه وشدة الرياح، الديناميكية الريحية للرواسب الساحلية خاصة الناعمة منها، واستخراج الحصى والرمال وبناء المنشآت.



شكل ١١. مشاريع عمرانية على ضفتي شرم أبحر ١٩٧٠-١٩٨٦

(المصدر: Monnier and Guilcher, 1993 مع التعديل)



شكل ١٢. تغيرات مورفولوجية خط ساحل شرم أبحر خلال الفترة ١٩٦٧-٢٠١٥

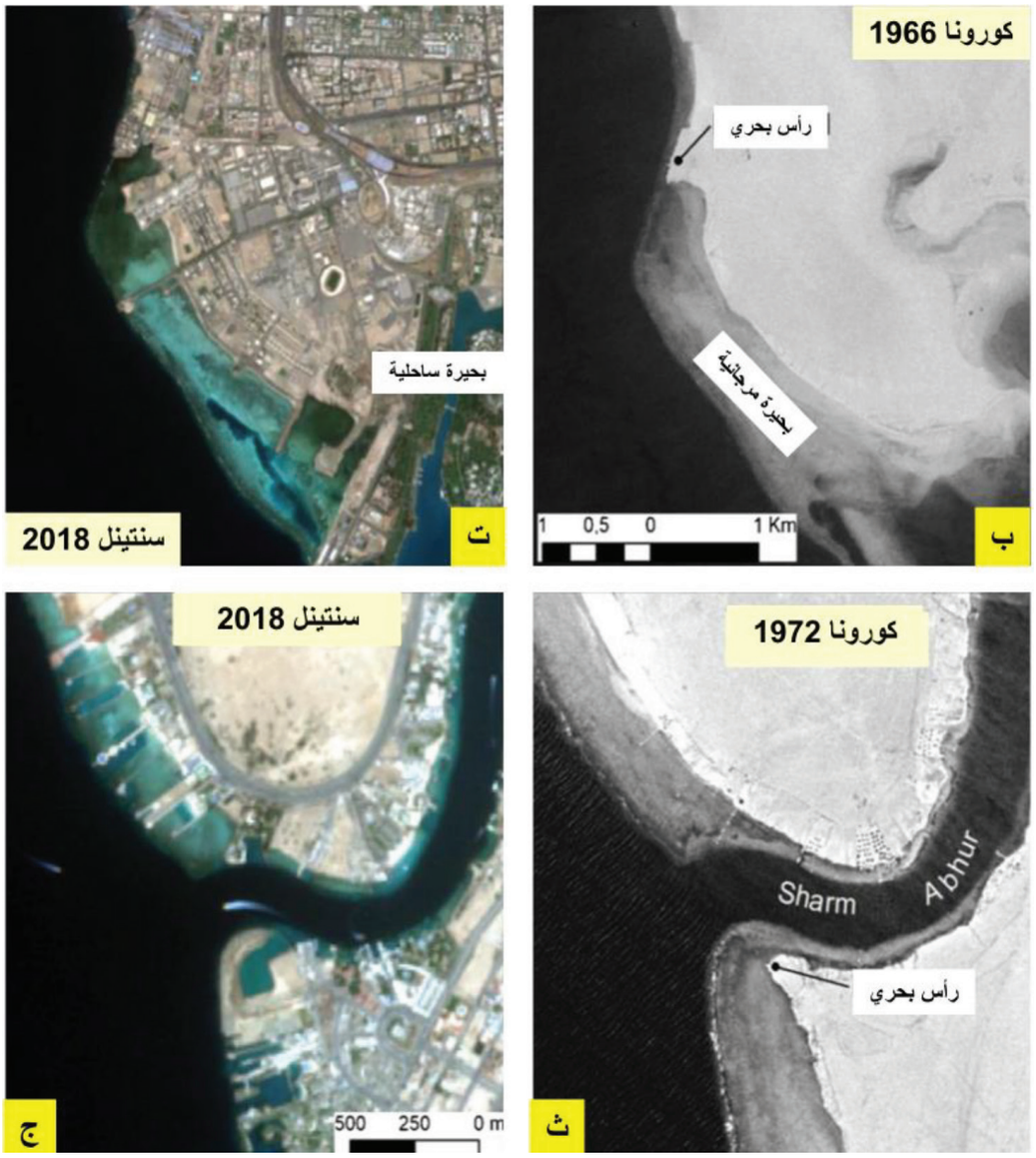
شكل ١٣. منظر جوي لشرم أبحر يظهر الضغط البشري على سواحله

٢,٣,٦. ديناميكية التآكل الساحلي ونتائجها

يشكل التآكل الساحلي خطرا جيومورفولوجيا على الهياكل التي شيدت بالقرب من الشاطئ (شكل ١٤). فعلى الرغم من هيمنة عمليات الردم على مستوى الخط الساحلي، لوحظ العديد من سمات التآكل في منطقة الدراسة قبل الاستغلال البشري للساحل، بما في ذلك الرؤوس (شريط ضيق من أرض تبرز في مسطح مائي) والشرم والخلجان والبحيرات، وقد تم إعادة تشكيل معظم الرؤوس نتيجة التمدد العمراني على الساحل (شكل ١٥). استندت دراسة التآكل الساحلي على مقارنة واكتشاف التغيرات بين مختلف الصور، فقد شهدت البحيرات الساحلية تعديلات في أشكالها وصلاتها مع البحر الأحمر. ومما تجدر الإشارة إليه أن الدراسات التي تناولت مسألة ديناميكية الساحل ركزت على شمال وجنوب كورنيش جدة (Al-Sheikh, 2011; Al-Dubai Talha et al., 2017).

علاوة على ذلك، فإن المورفولوجيا والخصائص المميزة للخلجان والبحيرات تأثرت بالتدخل البشري، بما في ذلك عمقها ومداخلها السطحية والجزر الموازية لخط الساحل. تبدو أشكال بعضها مقيدة بينما اختفى البعض الآخر أو تحوّل إلى مناطق حضرية. تم أيضاً ملاحظة ظهور بحيرات اصطناعية في المناطق السكنية الجديدة على الساحل. وبرزت ظاهرة التعرية في العديد من المواقع أدت إلى تصدع وانهيار الأرصفة والمنشآت المبنية على حافة الشعاب المرجانية، بما في ذلك الكورنيش الشمالي والجنوبي وشاطئ البحر في أبحر. كما أدى ذلك إلى إزالة كميات هائلة من الرواسب الشاطئية وتدمير الشعاب المرجانية، مما أدى إلى اختفاء الفرشات الرملية على خط الساحل، حيث ترتب عنه حدوث العديد من المشكلات، منها إخلال التوازن الديناميكي بين عمليات النحت والترسيب (Colantoni and Taviani, 1982).

شكل ١٤. تآكل الصخور الجيرية في الخط الساحلي لجنوب جدة بجوار قرية القطان السياحية



شكل ١٥. تغيرات مورفولوجية المنطقة الساحلية: اختفاء الرؤوس البحرية في الجزء الشمالي من جدة خلال الفترة ١٩٦٦-٢٠١٨

٣,٣,٦. مظاهر عملية الترسيب

تعد الشواطئ أكثر الملامح البحرية انتشاراً على اليابسة، إلا أن الشواطئ الرملية أصبحت نادرة في منطقة الدراسة. وقد أدى النشاط البشري للساحل إلى اختفاء الشواطئ التي ظهرت في الجزء الشمالي فقط من القطاع المدروس، كما تم ملاحظة وجود شواطئ اصطناعية شمال الميناء. أدت ديناميكية الترسيب إلى تشكيل عدة مظاهر جيومورفولوجية منها الألسنة الرملية (تومبولو) والألسنة البحرية، والتي تشكلت بعد إنشاء الطرق لربط الجزر باليابس (شكل ١٥). وبرزت الحواجز الرملية المستطيلة بسبب عمليات نقل الرواسب، وظهر ذلك بعد عام ١٩٨٦. من ناحية أخرى فقد تشكلت الجزر الموازية لخط الساحل، ذات نطاق مد وجزر منخفض ولعبت دوراً مهماً في حماية الخط الساحلي، وتم تدمير العديد منها ودمجها على امتداد منطقة الميناء. أما الشعاب المرجانية والجزر الاصطناعية فقد تم إعادة تشكيلها أو دمجها مع اليابس تحت ضغط التوسع العمراني.

بينت الدراسات التي أجريت على الرواسب الساحلية في منطقة الدراسة أنها تتألف بشكل رئيسي من مواد طينية مستمدة من الرواسب النهرية والرياح وكذلك من تآكل الشعاب المرجانية، ويعزز توزيعها عمليات عدة بما في ذلك نظام الأمواج وحركة الرياح (Sagga, 1992; Al-Dubai Talha et al., 2017). وتقدر معدلات الترسيب بحوالي

٠,٦ سم/سنوياً وترتبط زيادتها بالأنشطة البشرية، حيث تلعب الدور الرئيس في التباين المكاني والزماني لتغير الخط الساحلي في المنطقة المدروسة. وتشير الظروف الهيدروديناميكية إلى أنه توجد أمواج متعددة الاتجاهات في شاطئ جدة، مع استمرار تباين مستمر في أطياف الأمواج على مدار السنة والتقلبات الموسمية وفقًا لظروف الرياح السائدة. تصل الأمواج السائدة من الشمال الغربي حيث يبلغ متوسط ارتفاعها حوالي ٠,٦ م (Fery et al, 2015; Mayerle et al., 2016) . وحسب Albarakati and Aboobacker (2018)، فإن تخفيفًا كبيرًا جدًا في ارتفاعات الأمواج يحدث في ساحل وسط جدة، ويرجع ذلك إلى الخصائص الجيومورفولوجية، وتعمل الشعاب المرجانية والجزر على التقليل إلى حد كبير من تأثير الأمواج وانتشارها نحو الساحل.

تشمل العوامل البشرية المباشرة للترسيب مرافق ميناء جدة الإسلامي وهو أكبر ميناء تجاري في البحر الأحمر، ويعتبر المحرك الأكثر أهمية للتغير المكاني والزماني للساحل، والقوة الدافعة وراء التنمية الاقتصادية في مدينة جدة. وقد خضع بناؤه لتوسعات مكانية متعاقبة على حساب البحر عن طريق الردم والتجريف، فقد تم بناء بعض المناطق العمرانية على مواقع البحيرات القديمة أو السبخات. ومما تجدر الإشارة إليه تبين أن عملية الردم كانت سائدة بشكل كبير في ميناء جدة ووسطها ومنطقة شرم أبحر، وعلى الجزء الجنوبي من الساحل وصولا إلى رأس الجرجوب بالقرب من مركز القوزين. إضافة إلى ذلك جسور الطرق وشاطئ المتنزه الحضري بعدة كيلومترات بما في ذلك الكورنيش بطول ٣٠ كم والمرافق الترفيهية التي تم بناؤها على الشاطئ.

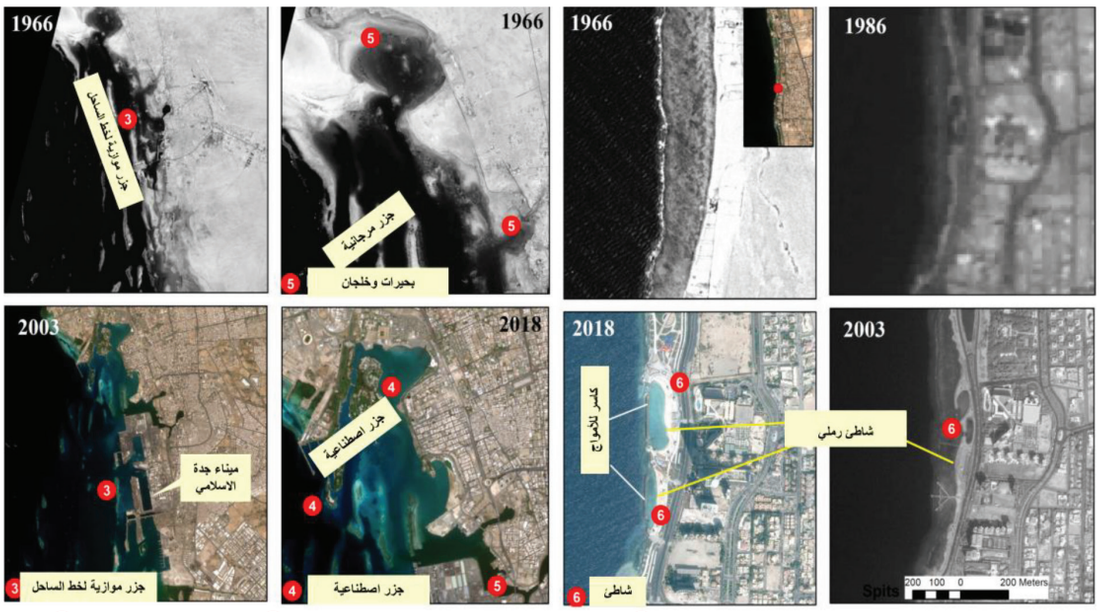
تشمل أيضا العوامل البشرية غير المباشرة جميع الأشغال التي يمكن أن تعدل تدفق الرواسب المنتهية في البحر والشاطئ أو أعمال التحكم في الفيضانات والتغيرات في استخدام الأراضي الغطاء الأرضي. على طول ساحل جدة، لوحظ تعديلات في تخطيط الأودية، بما في ذلك استصلاح مساحات شاسعة من المستنقعات والأعماق الضحلة من الشعاب المرجانية، وإزالة كميات كبيرة من الرواسب الشاطئية، كما لوحظ تقويض نباتات المانغروف في بعض أجزاء الساحل (الجراح، داودي ٢٠٢١).

من خلال التركيب الملون للمرئيات الفضائية يظهر تغير في عمق شرم أبحر المغطى برواسب ناعمة وبعض المخلفات البشرية، يزداد عمقه تدريجياً في اتجاه البحر الأحمر، حيث يكون شديداً عند منطقة التقاءه مع البحر، ويرجع ذلك إلى قلة الرواسب باعتبارها الأساس للديناميكية الساحلية. ويمثل وادي الكراع المغذي الرئيس لشرم أبحر والمصدر الوحيد للرواسب، ونظرا لندرة الهطول المطري وسد المجرى

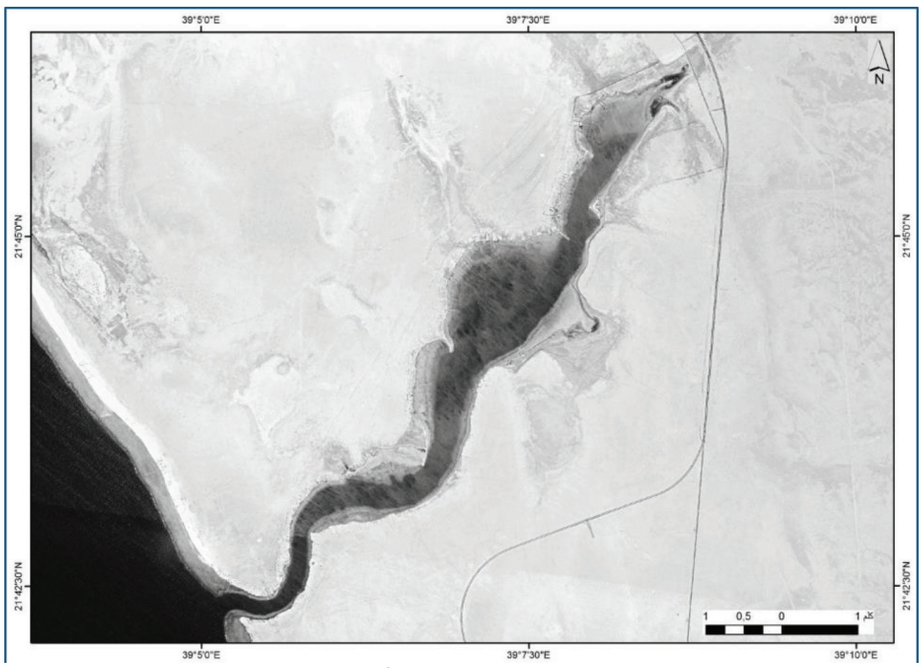
شكل ١٦. ديناميكية اللسان الرملي (Tombolo) واللسان البحري (Spit) خلال الفترة ١٩٦٦-٢٠١٨

ببناء جسر وعمليات الردم ببقايا المنشآت العمرانية، يظهر تراجع كبير في الرواسب، إلا كميات ضئيلة جدا المغذية له والتي تنقل عن طريق عملية التذرية الريحية للمناطق المجاورة.

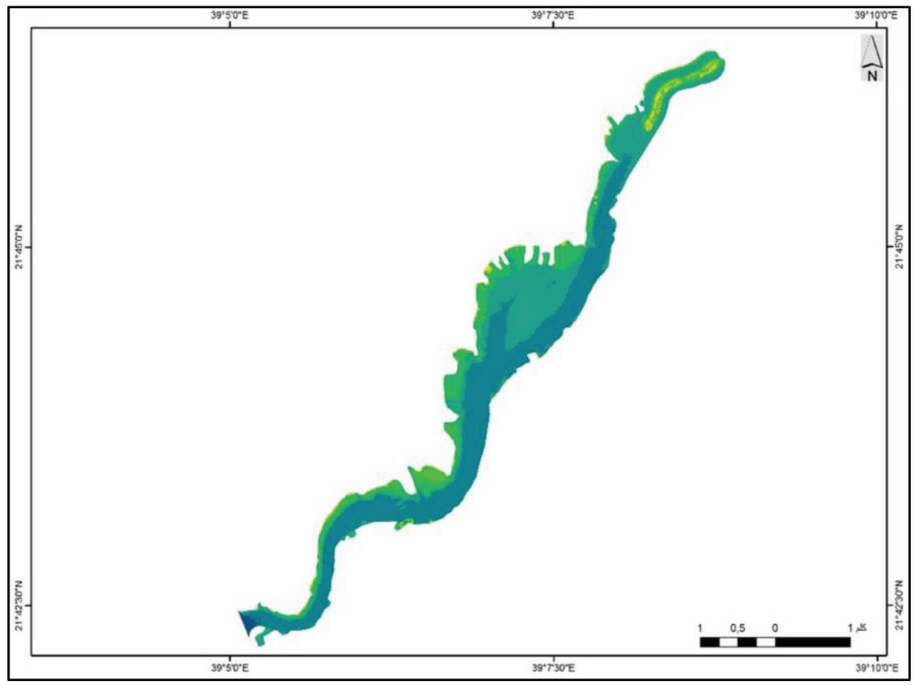
وبالرجوع إلى صورة كورونا عام **١٩٦٧** (شكل ١٨) يظهر جلياً أن شرم أبحر في ستينات القرن الماضي كان حقلاً جيومورفولوجيا لتجمع كميات معتبرة من الرواسب متعددة المصادر (مجاري الأودية والمناطق الرملية المحيطة)، حيث تظهر الأعماق خاصة في نهايته وسواحله، بسبب خلو المنطقة من النشاط البشري. كما شهدت هذه الفترة هطولاً مطرياً استثنائياً في عامي **١٩٦٣** و**١٩٦٨**، وعمل وادي الكراع ومريخ وروافدهما على إفراغ حمولتها فيه (Monnier and Guilcher, 1993). أما بعد الثمانينات فيظهر انحصار المياه وتغيرات في الأعماق من فترة لأخرى نظراً للتراجع في مساحة الشرم (شكل **١٩**).



شكل ١٧. ديناميكية: جزر موازية لخط الساحل 3 جزر مرجانية، وجزر اصطناعية 4 بحيرات وخلجان 5 شواطئ رملية تشكلت بسبب كاسر للأمواج 6 خلال الفترة ١٩٦٦-٢٠١٨



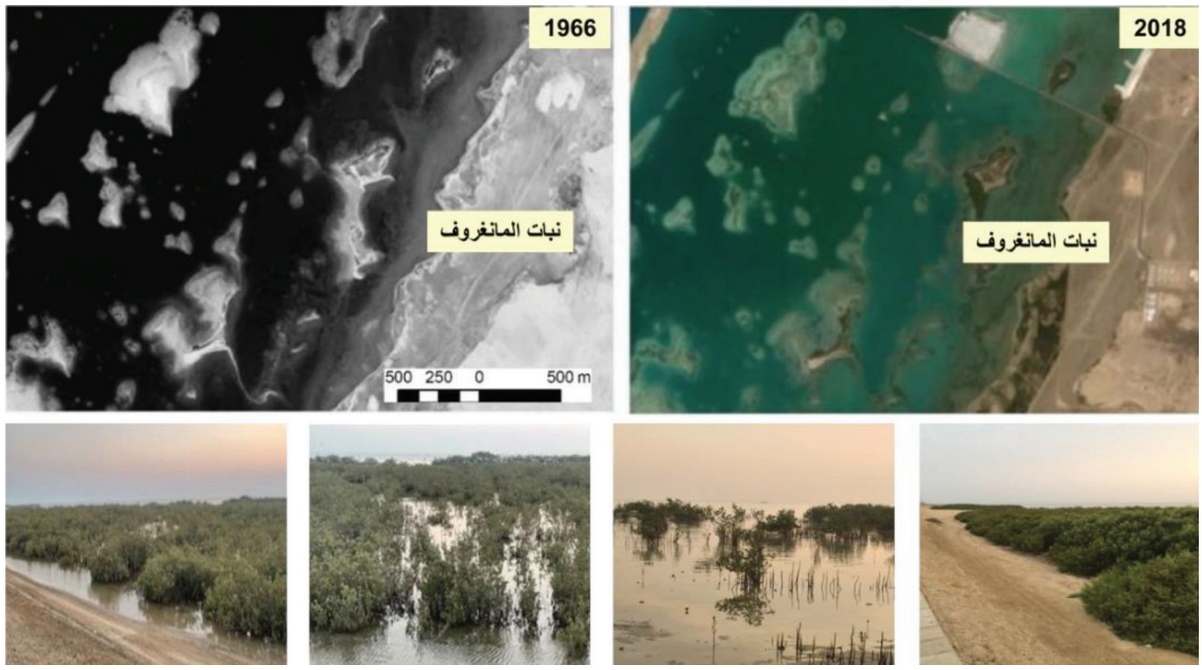
شكل ١٨. صورة كورونا لشرم أبحر عام ١٩٦٧



شكل ١٩. تغيرات أعماق شرم أبحر عام ٢٠١٥ (حسب دكانة اللون)

٤,٦. الآثار البيئية للتغيرات الساحلية

تأثرت البيئة الساحلية والنظم الإيكولوجية والموائل البحرية القريبة من الشاطئ بديناميكية الخط الساحلي. وأدى إقامة المنشآت على مسطحات المد والجزر وقاعدة مستحثات الشعاب المرجانية المتنوعة إلى تعديل في الظروف البيئية من حيث أشكال الرسوبيات ومصدرها (Monnier and Guilcher, 1993). وإن تحويل البحيرات القديمة إلى مناطق حضرية أدى إلى تدمير النظم الإيكولوجية. وإن التعديل في الخط الساحلي خلال فترة الرصد وتوسيع المنطقة السهلية للشاطئ وما تبع ذلك من آثار بيئية، أدى إلى نشوء بحيرات شبه مغلقة واختفاء العديد من الشعاب المرجانية والجزر الصغيرة.



شكل ٢٠. تغيرات نبات المانغروف خلال الفترة ١٩٦٦-٢٠١٨ (الصور الحقلية نماذج للنبات عام ٢٠٢٠)

ويعد شرم أبحر من المناطق التي تأثرت بالنشاطات البشرية باعتباره وسطاً هيدرولوجياً مناسباً لحياة الشعاب المرجانية وديناميكيتها، حيث يتشكل تياران بحريان، الأول سطحي داخل تحدده الرياح السائدة طوال العام (شمال غرب – شمال شمال غرب)، والثاني عميق خارج يعمل على نقل الأملاح وتغيرات في درجات الحرارة، بالإضافة إلى الرسوبيات البيولوجية المميزة له (Guilcher, 1955). وأسفرت زراعة نبات المانغروف في عدة مواقع على طول الساحل على استقرار هذه المناطق وتحسين الظروف البيئية فيها (شكل ٢٠)، وتباين تطور هذه المزارع، ففي بعض الأماكن يسجل تطور لهذا النوع من النباتات، أما مناطق الضغط البشري فأدى ذلك إلى تدهور نبات المانغروف.

٥,٦. المحددات البيئية ومستقبل التخطيط المكاني لمدينة جدة

تعتبر المناطق المنخفضة على الحدود الساحلية مصدرًا رئيسيًا لفيضانات مياه السيول، وتفاقمت بسبب التغيرات على مستوى منافذ الأودية. فقد أثرت أشكال السطح لمنطقة الدراسة على الشريط الساحلي: الهبوط الأرضي، تكوين السبخات، وارتفاع منسوب المياه المالحة. ويشكل تجريف البحر أو ردمه واستخراج الرمال وإزاحتها خطراً على الهياكل المبنية على الشاطئ مثل المساكن أو الطرقات، واختفاء الشعاب المرجانية والجزر الصغيرة. وبالنظر إلى طبوغرافية الشاطئ فإن جدة معرضة إلى حد كبير لمخاطر والسيول والفيضانات، بالإضافة إلى التآكل الساحلي وكذلك الأحداث المناخية القاسية، فقد حدد Khusaifan، (٢٠٢٠) أن ٢٤ منطقة ساحلية داخل مدينة جدة ستتأثر بارتفاع مستوى سطح البحر بمقدار١م(Aljoufie and Tiwari, 2015; Khusaifan, 2020; Alothman and Bos, 2020).

ولقد أدى التوسع العمراني في المناطق الجبلية والأودية إلى زيادة المخاطر المرتبطة بالخصائص الجيومورفولوجية. ويلاحظ أن التلال الصخرية الجرانيتية وغطاءات اللابة البازلتية وبطون الأودية شكلت عائقا للتوسع العمراني من الجهة الشرقية في الفترات الأولى المعتمدة في الدراسة، وتبدو أقل تأثيرا لا سيما في حالة إنشاء الطرق لتسهيل حركة المواصلات وتوفير تجهيزات الخدمات. وعليه فكل تخطيط لمستقبل التمدد العمراني يجب أن يأخذ بعين الاعتبار العامل الجيومورفولوجي. ومن بين المخاطر التي تهدد المنطقة انتفاخ التربة وتشقق المباني والطرقات، وهذا ماتم تأكيده حقليا وخرائطيا، حيث ترتبط هذه المخاطر بالبنية الجيولوجية (التكتونية والتشققات) منها: مخطط الحرمين، تشقق الإسفلت بشارع عبدالعزيز بن الباز ومناطق الردم للألفية بحي السنابل والأجاويد، تشقق عدة شوارع بمخطط التيسير، الهبوط الأرضي بمخطط الرياض طريق عسفان. ومما تجدر الإشارة إليه أيضا تشققات مناطق السبخة شمال وجنوب جدة القريبة من البحر، بسبب ارتفاع نسبة الملوحة للتربة وطبيعة التكوينات السطحية.

إن تمدد الكتل العمرانية الجديدة على المرتفعات وفوق مسارات الأودية وبطونها أدت إلى التعرض للسيول الكارثية المتكررة مثل التي حدثت في ٢٠٠٩، ٢٠١١، ٢٠١٧. ومن جهة أخرى، فإن الخصائص الطبوغرافية والجيولوجية للمنطقة الجبلية تجعل هذه السيول تحمل معها كميات هائلة من الرسوبيات ذات قوام حصوي، رملي، طميي، طيني والتي تزيد من خطورة السيول، إضافة إلى أن قنوات التصريف الموجودة لا تكفي لاستيعاب كميات تدفق مياه السيول. ولحماية المدينة من حوادث السيول وإيجاد حلول عاجلة لمخاطرها، تم بناء سدود على مجاري بعض الأودية (Daoudi and Niang, 2019). ومن ناحية أخرى تشكلت المراوح الفيضية المطلة على سهل وادي فاطمة والواقعة ناحية الجنوب الشرقي، والتي يتموضع عليها نسيج عمراني وتخترقها بعض الطرق الرئيسية، تعتبر مناطق معرضة بشكل كبير لمخاطر الفيضانات، ويمكن أن تكون أكثر خطورة من الأماكن الأخرى، لما تحمله من كميات ضخمة من المفتتات ونواتج التعرية من أعالي أحواض التصريف وبأحجام متباينة. ففي هذه الظروف ولمعالجة مشكلة السيول يتطلب الأمر تخطيطا عمرانيا يعتمد على دراسة تفصيلية للمحددات الجيومورفولوجية.

٧. الخاتمة والتوصيات

تعتبر بيانات الأقمار الصناعية متعددة التواريخ فعالة في تصميم خرائط مراقبة التغير، بهدف إظهار الخصائص الزمنية والمكانية وتقييم التفاعل القائم بين النظامين الطبيعي والبشري. ويظهر جليا أن قطاع الدراسة يشهد تمددا عمرانيا هاما ومستمرا وفي جميع الاتجاهات، مثبتًا بين منطقة جبلية إلى الشرق وبين السهل الساحلي إلى الغرب ناحية البحر الأحمر، حيث تقطع اللحمة العمرانية بفعل مورفولوجية السطح، ويحتل أقدام الجبال والحرات ويستقر على السهل الفيضي وأسرة الأودية ومراوحها الفيضية، ويدفع بالشاطئ عن طريق عمليات الردم المتعاقبة، مما أثر على توازن النظام الطبيعي ونشاط التعرية الساحلية.

وعليه يظهر جليا مدى هشاشة قطاع البحث لمجموعة من الأخطار بزيادة وتيرة نمو النسيج العمراني، ونتيجة لذلك فإن منطقة الدراسة أضحت مهددة بالسيول ومخاطر أخرى مرتبطة بالتخطيط الحضري والإقليمي، مما يستوجب على الجهات ذات الصلة بالموضوع الأخذ بعين الاعتبار المحددات الجيومورفولوجية. وتضل النشاطات البشرية من العوامل الأكثر تأثيرا على هذه البيئات الهشة، خاصة ذات الحساسية العالية منها لهذه التدخلات، وهو ما يستدعي إنشاء شبكة ذكاء إقليمي، من شأنها العمل على تطوير مشاريع تهيئة وتطوير الساحل واستغلال موارده الطبيعية، حماية لمجاله وحفاظا على تنوعه البيئي.

وبناء عليه، يمكن أن يعتمد على هذا العمل في وضع تصور لتهيئة إقليمية دقيقة لمدينة جدة، مع إمكانية تعميمها على مناطق أخرى في المملكة العربية السعودية. وبناء على ذلك يتطلب التعامل مع تأثيرات التغيرات الساحلية على جدة تطوير استراتيجيات تخطيط حضري، ضمن تدابير تكيف فعّالة وخطط حضرية مستدامة، على أساس تحليل دقيق للبيانات المحلية الكافية. وعليه يمكن أن يستخدم هذا العمل كأداة لدعم اتخاذ القرارات، وإعداد وثيقة تفكير وتصور لتهيئة إقليمية دقيقة لمدينة جدة، مع إمكانية تعميمها على مناطق أخرى في المملكة العربية السعودية. وهذا العمل ما هو إلا بداية لأبحاث أخرى ومن زوايا مختلفة لكثير من المهتمين والمختصين بعلوم الأرض، مما يتطلب مواصلته بدراسات مماثلة، تعكس القيمة الاقتصادية لهذه المناطق الاستراتيجية المميزة للمنطقة الغربية للمملكة العربية السعودية، ودورها الهام والبارز في التنمية المستدامة.

شكر وتقدير

يتقدم فريق الدراسة بالشكر لعمادة البحث العلمي، جامعة الملك عبد العزيز– جدة، على دعمها العلمي والمادي لهذا المشروع بالمنحة البحثية رقم: 36 -125 -G:485.

المراجع

١. إسماعيل، أحمد علي **(١٩٧٥)** مدينة جدة: جوانب من جغرافيتها الخارجية والداخلية، مجلة البحوث والدراسات العربية، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم - معهد البحوث والدراسات العربية، ع ٦، ص **١٩٦ - ١٥٥.**

٢. آل سعود، مشاعل محمد **(٢٠٠٤)** دراسة المشكلات البيئية في مدينة جدة، في المملكة العربية السعودية وسبل مواجهتها، دراسات جغرافية، رقم **١٠**، الجمعية الجغرافية السعودية، الرياض.

٣. البارقي، شريفة بنت هيازع عبد الله **(٢٠١١)** السلوكيات الترويحية للسياح القادمين من منطقة عسير الي محافظة جدة، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة الملك عبد العزيز، جدة.

٤. البارودي، محمد محمود **(٢٠٠٠)** تغيرات مستوى سطح البحر خلال البلايستوسين وآثارها الجيومورفولوجية على طول ساحل البحر الأحمر، رسائل جغرافية، دورية علمية محكمة تعنى بالبحوث الجغرافية، يصدرها قسم الجغرافيا بجامعة الكويت، والجمعية الجغرافية الكويتية، وحدة البحث والترجمة.

٥. بوقري، فايدة كامل **(٢٠١٢)** مستويات الراحة المناخية بمدينة جدة بالمملكة العربية السعودية، المجلة الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية المصرية، ع **٥٩** ج **١**، القاهرة.

٦. الجراح، نبراس، محمد داودي، محمد العباس **(٢٠٢١)** كشف التغيرات الجيومورفولوجية في الساحل الغربي للمملكة العربية السعودية بين ميناء جدة الإسلامي ورأس الجرجوب. المجلة المصرية للتغير البيئي، المجلد **١٣** العدد **١**، ص **١٤٥-١٦٤.** https://egjec.journals.ekb.eg/article_149044_d6c655215ebdfa388f9418df3dcd7b64.pdf

٧. الحارث، عواطف شجاع (٢٠٠٧) التحليل البيئي لأثر الإنسان في ثلوث البيئة البحرية "دراسة للساحل الجنوبي لمدينة جدة باستخدام صور الأقمار الصناعية"، جامعة الملك عبد العزيز، جدة. https://egjec.journals.ekb.eg/article_95015_3d47150aa306206115f0b7185fb4db18.pdf

٨. داودي، محمد العباس (٢٠١٥) من حقل جيومورفولوجي إلى فضاء للتوسع العمراني: حالة شرم أبحر بشمال جدة - المملكة العربية السعودية. سلسلة بحوث جغرافية وكارتوجرافية، مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية، كلية الآداب، جامعة المنوفية، مصر.

٩. االشيخ، آمال يحيى (٢٠٠٤) إدارة التدهور البيئي لساحل جدة باستخدام الاستشعار عن بعد، ونظم المعلومات الجغرافية: استراتيجية مقترحة للتنمية السياحية المستدامة، جامعة الملك عبد العزيز، جدة.

١٠. العنقري، خالد محمد (١٩٩٢) مواجهة مشكلة الإسكان في الدول النامية (النموذج السعودي)، مجلة دراسات الخليج والجزيرة العربية، مجلة تصدر عن مجلس النشر العلمي، جامعة الكويت، ع ٦٤، س ١٧، ص١١٩ – ١٦٤.

١١. فايد، يوسف عبد المجيد (١٩٨٣) مناخ مدينة جدة، مجلة كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة الملك عبد العزيز، المجلد الثاني.

١٢. وزارة الشؤون البلدية والقروية، المملكة العربية السعودية، ٢٠١٨. تقرير السكان والإسكان.

18. Al Saud M (2010) Assessment of Flood Hazard of Jeddah Area 2009, Saudi Arabia. Journal of Water Resource and Protection, 2, 839-847. https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=2729

19. Al-Dubai Talha A, Bantan RA, Abu-Zeid H, Antoni S, Al-Zubieri A, Majeed J (2017) Environmental assessment of coastal degradation of Southern Corniche of Jeddah coast (Saudi Arabia), using remote sensing and GIS Conference: JPGU-AGU Joint meeting 2017- Makuhari Messe Chiba, Japan, DOI: 1 0 . 1 3 1 4 0 / RG.2.2.12177.22888.

20. Albarakati MAA, Aboobacker VM (2018) Wave transformation in the nearshore waters of Jeddah, west coast of Saudi Arabia. Ocean Eng 163(1):599–608

21. Aljaddani AH (2015) Integration of multitemporal remote sensing imagery and GIS for mapping and analysis of land use change in Jeddah city, Saudi Arabia. Master Thesis, Murray, Kentucky USA.

22. Aljoufie M, Tiwari A (2015) Climate change adaptions for urban water infrastructure in Jeddah, Kingdom of Saudi Arabia. Journal of Sustainable Development 8(3):2015

23. Alothman AO, Bos M (2020) Fernandes, Radwan AM, Rashwan M (2020) Annual Sea level variations in the Red Sea observed using GNSS. Geophys J Int 221:826–834. https://doi.org/10.1093/gji/ggaa032

24. Al-Sheikh A, (2011) Management of environmental degradation of Jeddah coastal zone, Saudi Arabia, using remote sensing and geographic information systems. Journal of American Science 2011;7(5):665-673. http://www.jofamericanscience.org/journals/am-sci/am0705/95_5414am0705_665_673.pdf

25. Amrouni O, Hzami A, Heggy E (2019) Photogrammetric assessment of shoreline retreat in North Africa: Anthropogenic and natural drivers. ISPRS J Photogramm Remote Sens 157:73–92

26. Basaham AS, Rifaat AE, El-Sayed MA, Rasul N (2006) Sharm Obhur: Environmental Consequences of 20 Years of Uncontrolled Coastal Urbanization. JKAU. Mar.

system using GIS techniques and remote sensing data (1951–2018). Arabian Journal of Geosciences 14, 1265. https://doi.org/10.1007/s12517-021-07605-2

32. Daoudi M, Niang AJ (2022) Effects of geomorphological characteristics on urban expansion of Jeddah City-Western Saudi Arabia: a GIS and Remote Sensing Data-Based Study (1965–2020). Journal of Taibah University for Science, 15:1, 1217-1231, https://doi.org/10.1080/16583655.2022.2026616

33. Fery N, Al-Subhi AM, Zubier KM, Bruss G (2015) Evaluation of the sea state near Jeddah based on recent observations and model results. Journal of Operational Oceanography 8(1):1–10. https://doi.org/10.1080/1755876X.2015.1014636

34. Guilcher A (1955) Géomorphologie de l'extrémité septentrionale du Banc Farsan (Mer Rouge). Annales de Institut Océanographique, vol 30, 55-100 Sharm Abhur 64-65. https://www.jstor.org/stable/23453741?seq=1

35. Hacker P, Hötzl H, Moser H, Rauert W, Ranner F, Zötl JG (1984) Region around Jeddah and its hinterland geology geomorphology and climate in Jadd A. and Zötl J.G., 1984. Quaternary period in Saudi Arabia Vienne-New York Springer vol. 2, 107-122.

36. Karim N, Wael E, Mahmod H, Fath A, Masria KN, Abdelazim N (2018) Shoreline change detection using DSAS technique: Case of North Sinai coast, Egypt, Marine Georesources and Geotechnology, 10.1080/1064119X.2018.1448912.

Sci. Vol.17, pp.129-152 (2006 A.D./1427 A.H.) https://prod.kau.edu.sa/centers/spc/jkau/Data/Review_Artical.aspx?No=317

27. Brown GF, Schmidt L, Dwight Huffman A, Curtis (1989) Geology of the Arabian Peninsula. Shield Area of Western Saudi Arabia. U.S. Geological Survey Professional Paper 560-A, US Government Printing Office, Washington, pp 158-161. https://doi.org/10.3133/pp560A

28. Colantoni P, Taviani M (1982) Geomorphological and ecological observations in the Sherm Obhor area and nearby coral reefs Saudi Arabia Red Sea. Proceedings 6th Symposium of the Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques at Heriot-Watt University, 14-18 Sept 1980 publication by Environment Research Council, pp. 183-192.

29. Daoudi M, Niang AJ (2019) Flood Risk and Vulnerability of Jeddah City, Saudi Arabia, Recent Advances in Flood Risk Management, John Abbot and Andrew Hammond, IntechOpen, DOI: 10.5772/intechopen.82073. https://www.intechopen.com/books/recent-advances-in-flood-risk-management/flood-risk-and-vulnerability-of-jeddah-city-saudi-arabia

30. Daoudi M (2014) Risque d'inondation et vulnérabilité de la ville de Jeddah, Arabie saoudite. Geo-Eco-Trop. 38-2, pp. 259-270. http://www.geoecotrop.be/uploads/publications/pub_382_03.pdf

31. Daoudi M, Niang AJ (2021) Detection of shoreline changes along the coast of Jeddah and its impact on the geomorphological

dah. Egyptian Journal of Environmental Change, vol. 12, n°2, pp. 56-80. https://ejec.journals.ekb.eg/article_115878_b1463bf694856297056c35c0c277ef8d.pdf

43. Qari M (2009) Geomorphology of Jeddah Governate, with emphasis on drainage systems, JKAU; Earth Sci., Vol. 20 No. 1, pp: 93-116.

44. Sagga AMS (1992) The use of the textural parameters of sand in studying the characteristics and depositional processes of coastal sediments south of Jeddah, Saudi Arabia. Mar Geol 104(1992):179–186.

45. Taj RJ (2011) Stratigraphic Setting, Facies Types and Depositional Environments of Haddat Ash Sham Ironstones, Western Arabian Shield, Saudi Arabia. Asian Transactions on Basic & Applied Sciences, Vol. 01 Issue 02.

46. Tian H, Xu K, Goes JI, Liu Q, Gomes HR, Yang M (2020) Shoreline changes along the coast of mainland China—time to pause and reflect? ISPRS Int J Geo Inf 9(10):572. https://doi.org/10.3390/ijgi9100572

37.Khusaifan SJ (2020) The impact of the Red Sea level rise on Jeddah's Coastal Districts, Western Saudi Arabia. JKAU: Met., Env. & Arid Land Agric. Sci., Vol. 29 No. 1, pp: 59 – 77 (1441A.H. / 2020 A.D.) Doi: https://doi.org/10.4197/Met.29-1.6

38. Laurent DM, Daessle Y, Berton, Dehlavi M (1973) Engineering geologic map of Jeddah and Spot information map on ground conditions in Jeddah, Kingdom of Saudi Arabia, DGMR Map-GM-8.

39. Le Berre I, Robert S (2017) L'urbanisation face à l'océan. Agathe Euzen; Françoise Gaill; Denis Lacroix; Philippe Cury. L'océan à découvert, CNRS éditions, pp. 208-209, 2017, 978-2-271-11652-9. Halshs-01626607. https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01626607/document

40. Monnier O, Guilcher A (1993) Le Sharm Abhur, ria récifale du Hedjaz, Mer Rouge : géomorphologie et impact de l'urbanisation. In : Annales de Géographie. T. 102, n°569. pp. 1-16. https://www.persee.fr/docAsPDF/geo_0003-4010_1993_num_102_569_21127.pdf

41.Niang AJ (2020) Monitoring long-term shoreline changes along Yanbu, Kingdom of Saudi Arabia using remote sensing and GIS techniques, Journal of Taibah University for Science, 14:1, 762-776, DOI: 10.1080/16583655.2020.1773623 https://doi.org/10.1080/16583655.2020.1773623

42. Niang AJ, Ascoura I (2020) L'urbanisation des zones côtières : utilisation des sols, implications morphologiques et environnementales. Le cas de la ville de Jed-