Change of Northern Kuwait Shoreline and its Related Physical Factors

Mohamed M. Alsahli
Fatma K. Almutairi

Abstract: Coasts are dynamic environments affected by physical and anthropogenic factors. One of the most dynamic coastal features that requires a continuous monitoring to maintain these productive environments is the shoreline. Thus, we proposed in this study a systematic methodology in which the geospatial data were integrated to study changes of the northern Kuwait shoreline and physical factors (i.e., coastal sediments, soil and vegetation) associated with these changes. Northern Kuwait shorelines were significantly affected by sediment depositions of Shatt Al-Arab River, whereas local anthropogenic activates influenced certain coasts. Most of shoreline advancements extended on tidal mudflat. Torriothents, Aqusisailids and Torrisamments soil types were observed at areas of shoreline change where salt tolerant plants spread. The study findings must be considered in environmental and urban planning at the coastal zone. The method proposed in this study can be applied in studying shoreline changes elsewhere or for the same area in the future.

Keywords: River Sediment Depositions, Shoreline Retreat, Remote Sensing, GIS, Spatial Analysis, Physical Geography.

تغير خط الشاطئ الشمالي لدولة الكويت والعوامل الطبيعية المرتبطة به

محمد مهنا السهلي(*)
فاطمة خالد المطيري(**)

ملخص: تتفاعل السواحل مع العوامل الطبيعية والبشرية باستمرار؛ مما يجعلها عرضة للتغيرات. فكان من المهم رصد هذه التغيرات، ومراقبة البيئات الغنية بمواردها؛ للحفاظ عليها وصيانتها واستثمارها الاستثمار الأمثل؛ لذا قدّمَت هذه الدراسة أسلوب تحليل لرصد تغير خط الشاطئ الشمالي لدولة الكويت وارتباطه بنوعية الرواسب والتربة والنبات من خلال التكامل البياني المكاني. وتَبين من رصد تغير الشاطئ أن أغلبه تقدم متأثراً بالإرساب النهري، كما كان للأنشطة البشرية المحلية دورٌ فعالٌ في تغير الشاطئ في بعض الأماكن. وكانت أغلب تغيرات خط الشاطئ في المسطحات المدية، وفي مناطق الترب الملحية الجبسية المائية، والرملية ذات القوام الملحي المائي، والترب منخفضة الرطوبة. كما أن تغيرَ خط الشاطئ امتد في المدى الجغرافي للنباتات الملحية. ونتائج الدراسة هذه ركيزة في وضع الخطط البيئية والحضرية للنطاق الساحلي. والشاطئ متغيرٌ في طبيعته، يستوجب رصده بشكل دوري، ومراجعة الخطط البيئية والحضرية للنطاق الساحلي وفقاً لذلك التغير، والأسلوب المتبع في الدراسة يمكن تطبيقه على أي شاطئ، وكذلك في رصد تغير شاطئ منطقة الدراسة مستقبلاً.

المصطلحات الأساسية: الإرساب النهري، تراجع الشاطئ، الاستشعار عن بعد، نظم المعلومات الجغرافية، التحليل المكاني، الجغرافيا الطبيعية.

(*) قسم الجغرافيا، كلية العلوم الاجتماعية، جامعة الكويت، دولة الكويت. m.alsahli@ku.edu.kw
(**) قسم الجغرافيا، كلية العلوم الاجتماعية، جامعة الكويت، دولة الكويت.

1 – المقدمة:

تتميز البيئة الساحلية بتنوع إحيائي كبير وظروف طبيعية، غالباً ما تكون مناسبة وجاذبة للسكان؛ مما جعل أغلب سكان العالم يسكنون بالقرب من السواحل، في منطقة لا تتعدى 60 كم عن الساحل (Moschella et al., 2005). هذا التركز السكاني بالقرب من السواحل جعل للسواحل أهمية اقتصادية كبرى، تنمو مع زيادة السكان المستمرة في المنطقة الساحلية؛ مما سبب ضغطاً كبيراً على هذه البيئات الخصبة، يستوجب التخطيط الإستراتيجي والرصد المستمر للمشكلات التي تواجهُها المناطقُ الساحلية. ولعل من أبرزِ المشكلاتِ التي قد تربكُ الخططَ التنمويةَ والتوسعَ الحضريّ الإستراتيجي في الإقليم الساحلي تغير خط الشاطئ، الذي يحدث بفعلِ عواملَ طبيعيةٍ وبشريةٍ (Bird, 2011)، يجب دراسة أثرِها على شكل خط الشاطئ من خلال منهج ذي منظور مكاني شامل، وبُعدٍ زمني كافٍ لتوثيق التغير. وهذا يساعد على توقع التغيرات المستقبلية التي قد تطرأ على شكل خط الشاطئ؛ لاعتبارها عند وضع الخطط التنموية للإقليم الساحلي؛ مما يضمن المحافظةَ على هذه البيئات المنتجة.

تتفاوت المناهجُ المستخدمة في دراسة خط الشاطئ بحسب الحيزِ المكاني لمنطقةِ الدراسةِ؛ فدراسة تغيرِ خط الشاطئ لمنطقةٍ محليةٍ، لا تتعدى أبعادُها بضعةَ كيلومترات، غالباً ما تعتمدُ على المسحِ الميداني والبياناتِ المكانيةِ التفصيليةِ، كالخرائطِ الطبوغرافيةِ والصورِ الجويةِ ذات مقياسِ الرسم الكبيرِ (Hapke & Himmelstoss, 2013). أما دراسة تغيرِ خط الشاطئِ لمناطقَ واسعةٍ تتنوعُ بها عواملُ التأثيرِ على الشاطئ، فتتطلبُ بياناتٍ تتسمُ بالشموليةِ المكانيةِ، كالخرائطِ الطبوغرافيةِ صغيرةِ مقياسِ الرسمِ والمرئياتِ الفضائيةِ (Laurel & Larson, 1998). وأياً كانت أبعادُ منطقةِ الدراسةِ، فإن دراسةَ تغيرِ خط الشاطئ ترتبط بعواملَ طبيعيةٍ وبشريةٍ متشابكةٍ، لها أبعادٌ محلية وإقليمية وعالمية، تتطلبُ دراستُها منهجاً محكماً، تتكاملُ به هذه المعلومات المكانية بأسلوبٍ كمي يرصدُ البعدَ المكاني والزمني لهذهِ العواملِ والعلاقاتِ المتبادلةِ بينها. والبيئة الرقمية المثالية لتكاملِ البياناتِ المكانيةِ توفرُها نظمُ المعلوماتِ الجغرافيةِ، التي تتيحُ تحليلَ البياناتِ المكانيةِ من خلالِ أدواتِ التحليلِ المكاني المتنوعةِ، وعرضَ نتائجِ التحليلِ بأسلوبٍ علميٍ فعّالٍ، يمكن من خلالِه رصدُ التغيراتِ التي طرأت على خط الشاطئ والتنبؤ بها (Li, Liu, & Felus, 2001).

لذا سعينا في هذه الدراسة إلى تقديم منهج جغرافي كمي لحساب حركة خط الشاطئ الشمالي لدولة الكويت ومعدل تغيره السنوي منذ عام 1976م إلى عام 2016م، بالاعتماد على أسلوب التكامل المعلوماتي في نظم المعلومات الجغرافية، الذي يتيح استخدامَ الخرائطِ الطبوغرافيةِ والصورِ الجويةِ والمرئياتِ الفضائيةِ والدراساتِ الحقليةِ لفهم طبيعةِ تغير خط الشاطئ. وهو ركيزة أساسية لإدارة السواحل والبنية التحتية في النطاق الساحلي لدولة الكويت، وعنصرٌ مهم أيضاً في وضع الخطط الفعالة لاستخدامات الأراضي للمنطقة الساحلية، ولاسيما الشمالية التي قد بدأت بها المشاريع الضخمة أخيراً، كجسر جابر في جون الكويت وميناء مبارك في جزيرة بوبيان (القبندي، 2011). وأسلوب التحليل المقدم في هذه الدراسة لا يقتصرُ على دراسةِ السواحلِ الشماليةِ لدولةِ الكويتِ، بل يمكن تطبيقه في مناطقَ ساحليةٍ أخرى لشموليتِه.

1 – 1 – أهمية البيئة الساحلية والتحدياتُ التي تواجهُها:

تشرفُ المنطقةُ الساحليةُ على البحر أو المحيط، وتتكون من خط ساحلٍ وخط شاطئٍ. يُعرف خط الساحل بأنه خط التماس بين منطقة اليابسة والمحيط أو البحر (Gens, 2010). وأما خط الشاطئ فهو الحد الذي يصل إليه الماء عند المد الأعلى، ويواجه خط الساحل من جهة البر (جودة، 1998م). وهذا التعريف لخط الشاطئ، وإن كان يبدو بسيطاً وواضحاً، فإن تحديدَ خط الشاطئ من المهام الصعبة على أرض الواقع؛ وذلك لطبيعة المسطحات المائية وحركة المياه الدائمة والتغيّرات الطبيعية والبشرية التي تطرأ على الساحل. لهذا يعتمد الباحثون في تحديد ورسم خط الشاطئ إما على حد أدنى جزرٍ، وإما على حد المد الأعلى، وهو الغالب في الدراسات (Lipakis et al., 2008). وقد وَضعت بعضُ دولِ العالمِ قوانين ثابتةٍ لتحديد خط الشاطئ، كالولايات المتحدة الأمريكية التي وضعت قانوناً خاصاً للبيئات الساحلية، ينص على أن خط الشاطئ هو أعلى حد يصل إليه الماء استناداً إلى بيانات المد والجزر (Gens, 2010). وتحديدُ خط الشاطئ بأسلوبٍ واضحٍ يساعدُ على توحيد الجهود في فهم ورصد التغيرات التي تطرأ عليه؛ مما يسهم في الحفاظ على المنطقة الساحلية وصيانةِ بيئاتِها واستثمارِها الاستثمار الأمثل.

البيئة الساحلية من البيئاتِ الطبيعيةِ الغنيةِ، التي تزخرُ في التنوعِ الإحيائي؛ حيث تحتضنُ هذه البيئاتُ أنواعاً مختلفة من الأسماك، كما توفرُ مسكناً حيوياً لكثيرٍ

من الكائناتِ البحريةِ والطيور والنباتات (Beatley et al., 2002). وبسبب الأهميةِ الكبيرةِ للنظامِ البيئي الإحيائي، قامت بعض الدولِ الساحليةِ بإنشاءِ محمياتٍ بحريةٍ للحفاظِ على هذا النظامِ وتجنبِ تدهورِه، فعلى سبيل المثال قامت تشيلي بإنشاءِ أكبر محميةٍ بحريةٍ على مستوى العالمِ للحفاظِ على الأحياءِ التي تعيشُ في المنطقة الساحلية (Friedlander et al., 2016). ولا تقتصرُ البيئاتُ الساحلية على التنوعِ الإحيائي فحسب، بل تتسمُ بتنوعِ مظاهرِ أشكالِ السطحِ، من سهولٍ ساحليةٍ وكثبانٍ رمليةٍ ومنحدراتٍ صخريةٍ، وهذا التنوعُ أوجدَ مساكنَ حيوية متعددة الظروفِ الطبيعيةِ تلائمُ أنواعاً كثيرةً من الأحياءِ (Beatley et al., 2002).

وتواجهُ البيئةُ الساحليةُ كثيراً من التحدياتِ التي تهددُ أنظمتَها الحيويةِ، ولعل من أبرزِ هذه التحدياتِ ارتفاعَ منسوب سطحِ البحر المرتبط بتغيرِ المناخِ العالمي والاحتباسِ الحراري، وما يترتبُ على ذلك من آثارٍ تسهمُ في تغيّرِ خط الشاطئِ على المدى الطويلِ. فقد قدرت اللجنةُ الدوليةُ لتغيرِ المناخِ[1] في تقريرها الخامس أن منسوبَ سطحِ البحرِ العالمي قد يرتفعُ بمقدارٍ يراوحُ ما بين 26 سم و 82 سم مع نهاية القرن الحادي والعشرين (Church et al., 2013). وهذا الارتفاعُ في منسوبِ سطح البحرِ ستكون له تبعاتٌ واضحة على تغير خط الشاطئ والنظمِ البيئيةِ الشاطئيةِ. فعلى سبيل المثال، قدّر بروزاك وزوادزكا أن 885 كم^2 من الشواطئ البولنديةِ معرضةٌ لغمر المياه بشكلٍ دائمٍ إذا ارتفعَ منسوب سطحِ البحرِ 30 سم (Pruszak & Zawadzka, 2005). أما إذا ارتفع منسوب سطح البحر بمقدار متر واحد فإن ذلك سيتسبب في غمر مساحات كبيرة من الشواطئ في مختلف أنحاء العالم وإرباك النظم البيئية الساحلية (Rahmstorf, 2007).

ومن التحديات أيضاً الأمواجُ العاتيةُ التي تهددُ السواحلَ، ولا سيما السواحل المواجهة للمحيطات كسواحلِ توهوكو اليابانيةِ، التي تعرضت لأمواجِ تسونامي المدمرةِ في عام 2011، وتسببت في إرباك البيئةِ الساحليةِ وتدمير البنيةِ الحضريةِ هناك (Isayama & Shaw, 2015). وهذه الأمواجُ المصحوبةُ بالأعاصير والظروف الجوية القاسية لها تأثيرٌ سريعٌ على تغيرِ خط الشاطئ؛ فزيادةُ حدةِ الأمواجِ وتكرّرِها يسهمان بشكلٍ فعالٍ في تغيّرِ خط الشاطئ بتقدمِه أو تراجعِه؛ مما يهددُ البنيةَ التحتيةَ والأنشطةَ البشريةَ في منطقةِ الساحلِ. وتراجعُ الشواطئِ بات من

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

الأخطارِ الواضحةِ التي تهددُ كثيراً من الشواطئ المواجهةِ للمحيطات (Finkl, 2013)؛ مما دفعَ دولاً متأثرةً بهذا التغيّر إلى وضع برامجَ لرصدِ حركةِ الشاطئِ باستمرارٍ؛ لإعدادِ الخططِ المستقبليةِ التي تتلاءمُ مع التغيراتِ المتوقعةِ. فقد قامت الولاياتُ المتحدةُ الأمريكيةُ – على سبيل المثال – بتخصيصِ فريقٍ من هيئةِ المسحِ الجيولوجي لرصدِ التغيراتِ التي تطرأ على الشاطئ من خلال المسوحاتِ الجويةِ المستمرةِ للمنطقةِ الشاطئيةِ (Fletcher et al., 2003).

وتتأثرُ المنطقةُ الساحليةُ أيضاً بالأنشطةِ البشريةِ، وهذه الأنشطةُ يتفاوتُ تأثيرُها الزمني على تغيرِ خط الشاطئ، فمنها ما يكون تأثيره سريعاً جداً، كعمليات الجرفِ والردم، ومنها ما يأخذ وقتاً طويلاً في التأثير على خط الشاطئ، كبناءِ السدودِ النهريةِ التي تغيّر من نظام الإرساب عند مصابِ الأنهار (Kondolf, 1997)، أو بناءِ الموانئ التي تعترض التياراتِ البحريةَ المحاذيةَ للشاطئِ، وتُغيّرُ من التوزيعِ الجغرافي لعملياتِ النحتِ والإرسابِ على طول الشاطئ (Orviku et al., 2008).

1 – 2 – العوامل الطبيعية والبشرية المؤثرة على خط الشاطئ:

البيئة الساحلية نشطة بطبيعتها تشهد تغيراتٍ فعالة، على أزمنةٍ متفاوتةٍ. فمنها اللحظي كالأمواج، ومنها ما يأخذ وقتاً طويلاً يتجاوزُ القرونَ، كعملياتِ ارتفاعِ الأرض أو هبوطِها بفعلِ الأنشطةِ الجيولوجيةِ البطيئةِ. وتسهم في تغير الشاطئِ عواملُ طبيعيةٌ وبشريةٌ متشابكةٌ. عرضنا العواملَ الطبيعيةَ في هذا القسمِ بشيءٍ من التفصيلِ لمساهمتِها الكبيرةِ في تغير خط الشاطئ الشمالي لدولة الكويت (Al Hurban et al., 2007) (الباز، الصرعاوي، 2000؛ المطر وآخرون، 2003). وأما العواملُ البشريةُ فقد اختصرنا شرحها؛ كون الساحل الشمالي للكويت بعيداً عن الرقعة الحضرية، وتأثير الأنشطة البشرية عليه أقل من تأثير العوامل الطبيعية (القصبي، 2014).

تؤدي العواملُ الطبيعية دوراً فعلاً في تغيّر خط الشاطئ، ومن أظهرِ هذه العواملِ الطبيعيةِ حركةُ الأمواجِ والتياراتُ الساحليةُ ودوراتُ المدّ والجزرِ، وهي عواملُ مرتبطةٌ بحركةِ الرياحِ؛ إذ تسهمُ الأمواجُ في تعريةِ الشاطئِ وعملياتِ الإرسابِ؛ فالأمواجُ تحملُ طاقةً كبيرة تُلقيها عند السواحلِ مع انهيار مقدمتها بالاقترابِ من اليابس، فتنشط عملياتُ النحتِ والإرسابِ بحسب شكل الساحل واتجاهه بالنسبة لهذه الأمواج (محسوب، 2005)؛ ذلك لأن شكلَ الساحلِ يتحكمُ في

تأثيرِ الأمواج عليه؛ فإذا كان الساحلُ مستقيماً تتكسرُ الأمواجُ عنده موازيةً للشاطئ، أما إذا كان الساحلُ متعرجاً وفيه رؤوسٌ بحرية وخلجانٌ، فالرؤوس تواجه الأمواجَ أولاً، فتتكسرُ عندها الأمواجُ بقوةٍ، فتعملُ على نحت الشاطئ عند هذه الرؤوس ونقل مفتتاتِها إلى الخلجان في الداخل، ومع توغلِ الأمواجِ المتكسرة في هذه الخلجان تقل طاقتُها وتبدأ عملية الإرسابِ (جودة، 1998).

وتسهمُ في تعريةِ الشاطئ وعملياتِ الإرسابِ أيضاً التياراتُ البحريةُ المحاذيةُ للشاطئ[2]، وتعتبرُ شواطئُ منطقةِ كيناكماري في جنوبِ الهندِ مثالاً جيداً لتأثير هذه التياراتِ على الشاطئ. فقد تراجعت شواطئ كيناكماري ما بين 54 متراً و 300 مترٍ؛ بسبب طاقةِ الأمواج العاليةِ التي عملت على توليدِ تيارٍ مُحاذٍ للشاطئ ينحته ويحملُ رواسبه إلى البحرِ؛ مما تسبب في تراجع الشاطئ (Kaliraj et al., 2014).

ومن العواملِ الطبيعيةِ المؤثرةِ على الشاطئِ ظاهرةُ المدّ والجزر، التي يزيد تأثيرُها في الخلجان والمياه الضحلة؛ ففي هذه المناطقِ يزيدُ الفارقُ الرأسيُّ بين المدّ والجزر، ومع زيادةِ الفارقِ المدي تتشكلُ المظاهرُ الجيومورفولوجيةُ المختلفةُ على الساحل، كالسبخاتِ والجزر المؤقتةِ ومسطحاتِ المدّ والجزر وقنواتِ المد والجزر (Hughes, 2012). والمدُّ والجزرُ عاملٌ أساسيٌ في تحديدِ قوةِ التياراتِ المديةِ التي تعملُ على تجديدِ الخلجانِ من خلالِ جرفِ ما في القاعِ من رواسبَ. فعلى سبيل المثالِ تعملُ قوةُ التياراتِ المديةِ على تجديد نسبة 30% تقريباً من مياه جون الكويت (المطر وآخرون، 2003). وتسهمُ التياراتُ المديةُ كذلك عند إيابِها ومواجهتِها للأمواجِ المتكسرةِ في نشوءِ التياراتِ المحاذيةِ للشاطئ، التي تعملُ على نقلِ الرواسبِ المحمولةِ مع التياراتِ المديةِ (Bird, 2011).

ويتأثرُ الشاطئُ بارتفاعِ منسوبِ البحر المرتبطِ بتغيراتِ المناخِ العالمي، كما أشرنا في القسمِ السابق. وقد تسهمُ الأنشطةُ البشريةُ أيضاً في تغير منسوبِ مياهِ البحر بالنسبةِ لليابس بشكلٍ مباشرٍ، وهذا يحدثُ إذا انخفضت الأرضُ بسببِ العملياتِ المكثفةِ لسحبِ المياهِ الجوفيةِ والنفطِ، أو أنشطةِ التعدين. ويظهرُ ذلك مما توصل إليه سَمبون من أن سحبَ المياهِ الجوفيةِ المكثفَ في مدينةِ بانكوكَ

(2) التيار المحاذي للشاطئ (Longshore Current) تيار قريب من خط الشاطئ يوازيه، ينتج بسبب الأمواج القادمة نحو الساحل بزاوية حادة، تسمى زاوية نهج الموجة. ومع عودة المياه مرة أخرى تجاه البحر تلتقي بالأمواج القادمة وتكوّن تياراً محاذياً للشاطئ (Davidson, 2010).

التايلاندية أدى إلى انخفاضِ الأرضِ وزيادةِ تأثيرِ ارتفاعِ منسوبِ مياهِ البحر على المنطقةِ (Somboon, 1990). وقد أشار هومفريز إلى تأثيرٍ مماثلٍ في شمالِ إنجلترا بسببِ الأنشطةِ التعدينيةِ (Humphries, 2001). وتتسببُ بعضُ الأنشطةِ البشريةِ أيضاً في تغير خط الشاطئ بشكلٍ مباشرٍ وسريعٍ، كبناءِ الموانئِ وعملياتِ ردمِ الشواطئِ واستصلاحِ الأراضي الساحليةِ؛ للحاجةِ المتزايدة على الأرضِ، ولا سيما في المناطقِ المكتظةِ بالسكان (Suo & Zhang, 2015).

1 – 3 – أهداف الدراسة:

تغيرُ خط الشاطئِ من التحدياتِ الواضحةِ التي تهددُ المشاريعَ التنمويةَ والتوسعَ الحضريَّ في المنطقةِ الساحليةِ. ومن المتوقعِ أن يزدادَ تأثيرُ هذا التغيرِ على المنطقةِ الساحليةِ في المستقبلِ؛ مما يجعلُ الحاجةَ ملحةً لرصدِ تغيرِ خط الشاطئ وحسابِ معدلِه السنوي للتنبؤِ بتأثيرِه، وأخذِ ذلك بعين الاعتبارِ عند وضعِ الخططِ التنمويةِ للنطاقِ الساحلي. ولذلك فقد سعينا في هذه الدراسةِ إلى بناءِ قاعدةِ بياناتٍ مكانيةٍ عاليةِ الدقةِ لخط الشاطئ الشمالي لدولةِ الكويت، وتصميمِ منهجٍ للتحليلِ المكاني يرتكزُ على أسلوبِ التكاملِ المعلوماتي في نظمِ المعلوماتِ الجغرافيةِ، الذي يتيحُ استخدامَ الخرائطِ الطبوغرافيةِ والصورِ الجويةِ والمرئياتِ الفضائيةِ والدراساتِ الحقليةِ لرصدِ تغيرِ خط الشاطئ. وقد ناقشنا في دراستِنا لتغير خط الشاطئ الشمالي لدولةِ الكويتِ التساؤلاتِ الآتية:

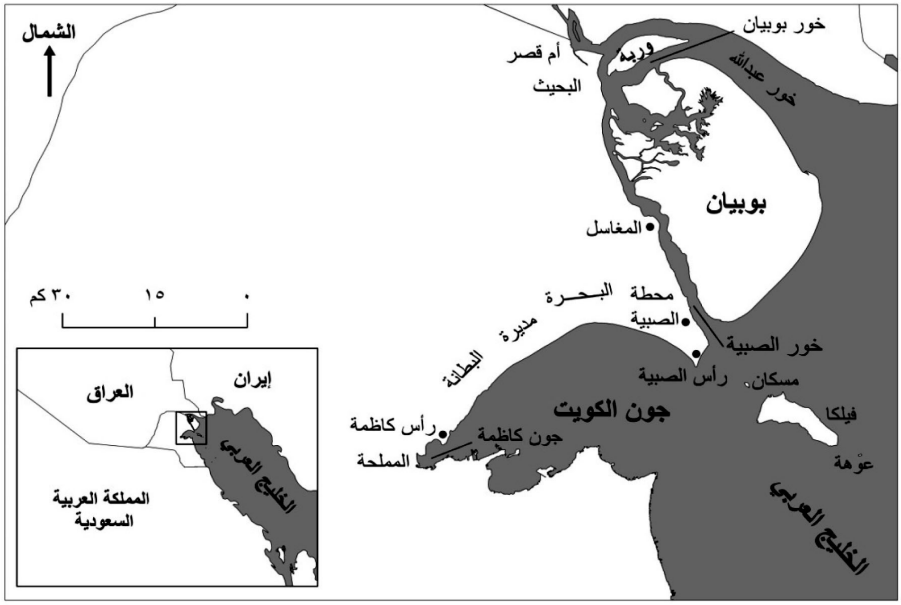
أ – ما مقدارُ تغيرِ خط الشاطئِ وما المعدلُ السنويُّ لهذا التغيرِ؟

ب – ما العلاقة بين تغير خط الشاطئ ونوعِ الرواسبِ الساحليةِ والتربةِ والنباتاتِ المنتشرةِ عند منطقة التغير؟

1 – 4 – منطقة الدراسة:

تمتدُّ منطقةُ الدراسةِ على طولِ ساحلِ دولةِ الكويتِ الشمالي وسواحلِ الجزر الكويتية الشمالية الرئيسة (وربة وبوبيان وفيلكا)، بين دائرتَي عرضٍ $29,22^{\circ}$ و$30,02^{\circ}$ شمالاً وخطيّ طولٍ $47,7^{\circ}$ و$48,4^{\circ}$ شرقاً. ويبلغ طولُ ساحلِ دولةِ الكويت الشمالي المشمولِ في هذه الدراسة 560 كم متضمناً الجزر. تقابلُ المنطقة الساحلية الشمالية جزيرةُ وربة، ومساحتها 37كم^2، وجزيرة بوبيانَ، وهي أكبرُ الجزرِ الكويتيةِ؛ إذ تبلغ مساحتها 840 كم^2. وإلى الجنوبِ من جزيرة بوبيان تقع ثلاث جزر، وهي – من الشمال – مسكان وفيلكا وعوهة، وأهمها جزيرةُ فيلكا التي تقعُ شرقَ مدينةِ

الكويتِ على بعدِ 32 كم عندَ مدخلِ جونِ الكويتِ، وتبلغُ مساحتُها 43 كم^2، وهي جزيرةٌ لها بعدٌ تاريخي، وقد كانت مأهولةً بالسكانِ ثم نزحوا عنها إثرَ الغزوِ العراقي على الكويتِ في سنة 1990م. وأما جزيرتا مسكان وعوهة فهما صغيرتان لا تتجاوز مساحة الواحدة منهما 0,6 كم^2 (شكل 1) (المطر وآخرون، 2003).



شكل (1): تقع منطقة الدراسة في أقصى الشمال الغربي للخليج العربي، وتمتد الشواطئ المدروسة من منطقة أم قصر شمالاً إلى منطقة المملحة جنوباً، الواقعة في جون الكويت. كما اشتملت الدراسة على شواطئ جزر وربة وبوبيان وفيلكا، واستبعدت جزيرتا مسكان وعوهة من التحليل لعدم توافر بيانات دقيقة عن هاتين الجزيرتين.

وتنتشرُ بالقربِ من الساحلِ الشمالي لدولةِ الكويتِ بعضُ أنواعِ النباتاتِ؛ فعندَ سهلِ البطانةِ ومنطقةِ كاظمةَ تنتشرُ نباتاتُ الطرفاءِ والعوسجِ والهرمِ، وكذلك الأشنانُ الذي يوجدُ بالقربِ من حد المد الأعلى لتحملهِ الملوحةَ العاليةَ في التربةِ (كليو وآخرون، 2003). ولا تقتصرُ هذه المنطقةُ على النباتاتِ المذكورةِ بل تعيشُ بها مجموعةٌ من النباتاتِ المعمرةِ والحوليةِ، فقد صنّفَ الشيخ وآخرون 62 نوعاً من النباتات، 15 منها معمرة والبقية نباتاتٌ حوليةٌ (El-Sheikh et al., 2010). وأما في الجزرِ فيتفاوتُ انتشارُ النباتاتِ فيها؛ ففي جزيرةِ بوبيانَ تقلُّ النباتاتُ وتكاد تنعدمُ

مظاهرُ الحياةِ النباتيةِ في هذه الجزيرةِ؛ لشدةِ ملوحةِ التربةِ. وقد ذكرت العصفورُ أن بعضَ النباتاتِ المقاومةِ للملوحةِ تنمو في هذه الجزيرةِ، وهذه النباتاتُ الثيلوثُ والهالوكُ والزملوحُ والرغلُ (كليو وآخرون، 2003). وفي جزيرةِ فيلكا تنتشرُ النباتاتُ بوفرةٍ بالمقارنةِ مع باقي الجزرِ؛ فقد سجلَ عبّادي والشيخُ 100 نوعٍ من النباتاتِ: 44 نوعاً منها معمرٌ، والبقية أنواعٌ من النباتاتِ الحوليةِ، وقد وجدا أن وفرةَ هذه النباتاتِ تقلُّ مع زيادةِ ملوحةِ التربةِ، غير أن نباتَ الثمامِ المعمر ينتشرُ في الجزيرةِ بالقربِ من الشاطئِ؛ وذلك لمقاومتهِ الملوحةِ (El-Sheikh et al., 2010).

تتكون شواطئُ فيلكا وأيضاً عوهة ومسكان من الصخورِ الجيريةِ والرمليةِ بشكلٍ عام. وأما في شمالِ الجونِ فتنتشرُ المفتتاتُ الصخرية الصغيرة والرواسب الرملية، التي انحدرت من جالِ الزور واستقرت عند هذه السواحل. (المطر وآخرون، 2003). كما تنتشرُ الشواطئُ الرمليةُ الطينيةُ في شمالِ الكويتِ عند خورِ الصبيةِ، إلا أن منطقةَ الدراسةِ بصفةٍ عامةٍ تغلبُ عليها الشواطئُ الطينيةُ؛ حيث تمتدُ في جزيرةِ وربةَ وبوبيانَ، وكذلك في أجزاءٍ كبيرةٍ من شمالِ جونِ الكويتِ. وقد تكونت هذه الشواطئُ الطينيةُ نتيجةَ ترسبِ الجزيئاتِ الطينيةِ القادمةِ من شطِّ العربِ، الذي يتغذى بالرواسب من نهري دجلةَ والفراتِ ونهر قارونَ، وهو الأكثر مساهمة في تغذية شط العرب بالرواسب (Albadran, 2004). وتمثلُ هذه الشواطئُ مسكناً حيوياً لكثيرٍ من الأحياءِ التي تعيشُ في نطاقِ المدّ والجزرِ؛ وذلك لخصوبتِه وملاءمةِ ظروفِه الطبيعيةِ هذه الأحياء (الباز والصرعاوي، 2000؛ المطر وآخرون، 2003).

ولقد أثرت عملياتُ المدّ والجزرِ على شكلِ الشواطئِ الشماليةِ لدولةِ الكويتِ، بالإضافةِ إلى تأثيرِ الأمواجِ والتياراتِ البحريةِ (المطر وآخرون، 2003). فقد أسهمت حركاتُ المدّ والجزرِ في تنوعِ المظاهرِ الجيومورفولوجية، كمسطحاتِ المدّ والجزرِ والسبخاتِ الساحليةِ وعلاماتِ التموجِ الرملي وقنواتِ المدّ والجزرِ والبحيراتِ والجزرِ المؤقتةِ التي تظهر بشكلٍ مفاجئٍ، وقد تختفي مع مرور الوقتِ (القصبي، 2014). كما تؤثرُ حركةُ المدّ والجزرِ على خط الشاطئِ من خلالِ تقدمِ الماءِ وتراجعه، فتنشط معهما عملياتُ النحتِ والإرسابِ بحسبِ طبيعةِ الشاطئِ واتجاههِ (Trujillo & Thurman, 2009). ويمرُّ على الشواطئِ الكويتيةِ مدان وجزران في اليوم، يتفاوتُ الفارقُ بينهما جغرافياً بشكلٍ ملحوظٍ؛ حيث يراوح في الشمال مدى

المد من 3,5 إلى 4 أمتارٍ، وفي الجنوب يكون أقلّ من مترين (المطر وآخرون، 2003). ويختلفُ اتساعُ نطاقِ المدّ والجزرِ في الشواطئِ الكويتيةِ في الشمالِ عن الجنوبِ أيضاً، فنطاق المد والجزر في الشواطئِ الشماليةِ يتسمُ بالانحدارِ اللطيفِ، ويبلغ اتساعُه ما بين 200 متر و 1500 مترٍ، وهذه الشواطئُ تتعرضُ لأمواجٍ طاقتُها ضعيفةٌ. وأما الشواطئِ الجنوبيةِ فتتسمُ بضيقِ نطاقِ المدّ والجزر، الذي لا يتجاوزُ اتساعُه أكثرَ من 500 مترٍ، كما تتعرضُ هذه الشواطئُ الجنوبية لأمواجٍ طاقتُها عاليةٌ نسبياً (El-Ghareeb et al., 2006 ;Khalaf, 1988).

ويتباينُ أثرُ الأمواجِ على سواحلِ الكويتِ باختلافِ ارتفاعِ الأمواجِ وتفاوتِ قوتِها من مكانٍ إلى آخر؛ حيث يصلُ متوسطُ ارتفاعِ الأمواج عند شواطئ الكويتِ إلى 2,8 متر، ولكن في وقتِ العواصفِ قد يصلُ ارتفاعُ الموجِ إلى 4,5 أمتار. تتأثرُ الشواطئُ بهذه الأمواجِ بحسب هيئتِها واتجاهِها واتجاهِ الأمواجِ (المطر وآخرون، 2003)، التي تُسيّرها الرياحُ السائدةُ في المنطقةِ إما للشمال الغربي وإما للجنوب الشرقي. والأمواجُ الجنوبيةُ الشرقيةُ تأثيرُها أكبرُ على الشواطئ، إلا أن تأثيرَها على منطقةِ الدراسةِ متفاوتٌ بحسب اتجاه الشاطئ؛ فالشواطئُ التي تواجهُ هذه الأمواجَ أكثرُعرضةً للتأثرِ من تلك التي لا تواجه الأمواجَ الجنوبيةَ الشرقيةَ، كشواطئِ بوبيانَ الشماليةِ (القصبي، 2014).

وأما التياراتُ البحريةُ فتأثيرُها واضحٌ جليٌّ على الشواطئ الشماليةِ لدولةِ الكويتِ، ولا سيما خور الصبيةِ، وهو أكثرُ المناطقِ عرضةً للتياراتِ القويةِ، ليس في منطقةِ الدراسةِ فحسب، بل بالنسبةِ للشواطئِ الكويتيةِ عامةِ؛ حيث تصلُ سرعة التياراتِ البحريةِ في خور الصبيةِ إلى أكثرَ من 120 سم/ثانية. وشدةُ التياراتِ البحريةِ هذه تعملُ على استمرارِ حركةِ الرواسبِ بشكل دائري؛ فتتسببُ في انتشارِ الرواسبِ في الخور. أما منطقةُ جونِ الكويتِ فتتسمُ بتياراتٍ متوسطةِ السرعةِ لا تتجاوز 40 سم/ثانية، كما توضحه بيانات الأرصاد الجوية لعام 2015 (إدارة الأرصاد الجوية، 2016). وتأثيرُ التياراتِ البحريةِ مرتبطٌ باتجاهِ الشاطئ كما هو الحالُ بالنسبةِ لتأثيرِ الأمواج؛ فاتجاه الشاطئِ يتحكمُ في التوزيعِ الجغرافي لمناطقِ الإرسابِ والنحتِ (Trujillo & Thurman, 2009).

العواملُ الطبيعيةُ التي تقدم ذكرُها (المدُ والجزرُ والأمواجُ والتياراتُ البحريةُ)

تأثيرُها على خطِّ الشاطئ ملحوظ. فمع تفاوتِ تأثيرِ هذه العواملِ على شكلِ الشاطئ من حيث الزمنِ، فإنها جميعاً تترك تأثيراً على شكل الشاطئ في مدةٍ زمنيةٍ يسهلُ ملاحظتُها؛ فالمدُّ والجزرُ يغيران من شكل الشاطئِ كلَّ يوم، كما قد لا تحتاجُ التيارات البحرية إلا لسنواتٍ قليلةٍ لتترك تأثيرَها على خطِّ الشاطئ، وكذلك الأمواجُ (Beatley et al., 2002). وهذا على خلافِ ارتفاعِ منسوبِ البحرِ، الذي لوحظ منذ القرن الميلادي الماضي ورُصد في أنحاءٍ كثيرةٍ من العالم (Church & White, 2011; Nicholls & Mimura, 1998). يعتقدُ العلماءُ أن ارتفاعَ منسوبِ مياهِ البحر مرتبطٌ بتغيرِ المناخِ العالمي وتبعاتِه. ويُتَوقعُ أن يستمرَّ ارتفاعُ منسوبِ مياهِ البحرِ مع زيادةِ حدتهِ في هذا القرن؛ إذ من المحتملِ أن يراوحَ ارتفاعُه في نهايةِ هذا القرن ما بين 26 سم و 82 سم (Church et al., 2013). وقد بين السهلي والحصم أنه إذا ارتفع منسوبُ مياه البحر نصفَ مترٍ – وهي القيمةُ الوسطى لمدى الارتفاع المتوقع – فسيتسببُ في غمرِ أجزاءٍ كثيرةٍ من الشاطئ الشمالي لدولة الكويت، ولا سيما شواطئ جزيرتي وربةَ وبوبيانَ، التي يقام عليها مشروعُ ميناءِ مبارك، وهو من المشاريعِ الضخمةِ للدولةِ (Alsahli & AlHasem, 2016; Baby et al., 2014) (القبندي، 2011).

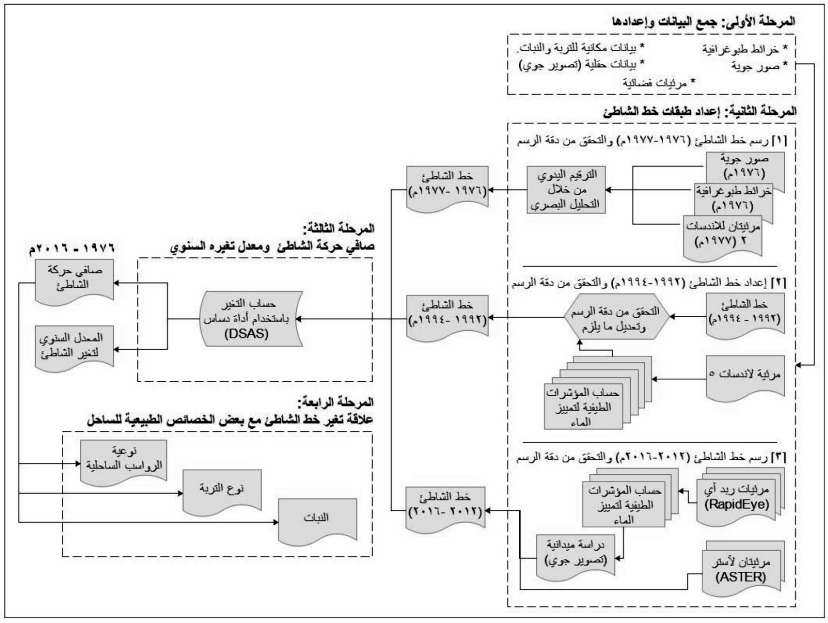
وفضلاً عن مشروعِ ميناء مبارك في جزيرة بوبيان، الذي تصاحبُه أيضاً مشاريعُ أخرى ثانوية على الجزيرة، فإن منطقةَ الدراسةِ تشهد مشروعَ جسرِ جابر، وهو مشروعٌ حضريٌّ آخرٌ كبيرٌ يقعُ في جون الكويت. سيصلُ جسرُ جابر بين مدينةِ الكويتِ – من جهةِ ميناءِ الشويخِ – بمنطقةِ الصبيةِ، بطولٍ يبلغ 36 كم تقريباً، يضعُه في مصافِ الجسورِ البحريةِ الطويلةِ على مستوى العالم. وستُنشأُ في طريق هذا الجسرِ جزيرتان صناعيتان تخدمان الجسر، بمساحة 300 ألف متر مربع تقريباً، واحدةٌ ستكون بالقربِ من مدينةِ الكويتِ والأخرى بالقربِ من منطقةِ الصبيةِ، وقد بدأت الدولةُ في تنفيذِ المشروعِ (مراد، 2016). ولا تقتصرُ التأثيراتُ البشريةُ على هذه المشاريعِ فحسب، بل إن هناك أنشطةً بشريةً على المستوى الإقليمي أدت دوراً كبيراً في التأثيرِ على منطقةِ الدراسةِ، لعل من أبرزها بناءَ السدودِ في منطقةِ الأناضولِ في تركيا أعالي نهري دجلةَ والفراتِ، وتجفيفَ الأهوارِ جنوب العراق، وتحويلَ جزءٍ من مياه نهرِ الفراتِ من خلال قناةِ النهرِ الثالثِ ليصب في خورِ الزبيرِ

ثم خورِ عبد الله شمال الكويتِ. هذه الأنشطةُ البشريةُ كان لها دورٌ كبيرٌ في تغييرِ كثيرٍ من مظاهرِ النظامِ البيئيِ المائيِ في الكويتِ، ومن ذلك عملياتُ الإرسابِ. كما أن الحروبَ المدمرةَ التي مرت على المنطقةِ خلال العقودِ القليلةِ الماضيةِ، التي لا تزال المنطقةُ تعيشُ تبعاتِها، لم نؤثر على الشواطئِ الشماليةِ لدولةِ الكويت فقط، بل إن تأثيرَها امتد ليشملَ جميعَ الأنظمةِ البيئيةِ في الكويتِ والمناطقِ المجاورةِ لها (Alsahli et al., 2012; Al-Yamani et al., 2004).

2 – منهج الدراسة والبيانات المستخدمة:

ارتكزت دراسةُ تغير خط الشاطئِ وارتباطهِ بالعواملِ الطبيعيةِ الأخرى على نظمِ المعلوماتِ الجغرافيةِ والاستشعارِ عن بعد، وذلك من خلال رسمِ خط الشاطئ لثلاثِ فتراتٍ زمنيةٍ (1976–1977 و1992–1994 و2012–2016). بين كل فترةٍ وأخرى عشرون سنةً تقريباً. وقد حُدد خطُّ الشاطئ اعتماداً على حد المدّ الأعلى من خلال الخرائطِ الطبوغرافيةِ والصور الجويةِ والمرئياتِ الفضائيةِ والدراسةِ الميدانيةِ، ورُسم عن طريقِ الترقيمِ اليدوي في برنامجِ آرك ماب[3]. والترقيمُ اليدويُّ مع التحليل البصري ما زال أدقّ أسلوبٍ متبعٍ في تحديدِ خط الشاطئِ، وهو المتبعُ في أغلبِ الدراساتِ الحديثةِ (Ford, 2013). دُرس معدلُ تغيرِ خط الشاطئِ بعد رسمِه لثلاثِ فتراتٍ باستخدامِ أداةِ دِساس (الإصدار الرابع)[4]. وقد قورِن تغيرُ خط الشاطئ مع نوع الرواسب للساحلِ الشمالي وتربته والنباتات المنتشرة فيه من خلال مطابقةِ الطبقاتِ الرقميةِ الخطيةِ لهذه المتغيراتِ مع القطاعاتِ العرضيةِ لتغيرِ خط الشاطئِ، كما سيأتي تفصيلُه. يعرض شكل (2) ملخصاً لخطوات التحليل المتبعة في الدراسة. وفيما يلي البياناتُ المستخدمةُ والخطواتُ المتبعةُ في منهجِ الدراسةِ.

(3) ArcMap (10.2.2)
(4) Digital Shoreline Analysis System (DSAS 4)



شكل (2): تنقسم خطوات التحليل إلى أربع مراحل. في المرحلة الأولى جُمعت البيانات وأُعدت للتحليل، وقد شملت مرحلة إعداد البيانات التسجيل والتصحيح الإحداثي. وفي المرحلة الثانية استُخدمت البيانات المكانية المتعددة لرسم خط الشاطئ للفترات الزمنية الثلاث (1976 – 1977، 1992 – 1994، 2012– 2016). كما حُسب صافي حركة الشاطئ ومعدل تغيره السنوي في المرحلة الثالثة. وأما في المرحلة الرابعة فرصدت العلاقة بين تغير خط الشاطئ والخصائص الطبيعية للساحل المتمثلة في نوعية الرواسب الساحلية ونوع التربة والنبات.

2-1- البيانات المستخدمة والخطوات المتبعة في رسم خط الشاطئ 1976-1977:

استخدمنا في رسمِ خط الشاطئِ صوراً جويةً التُقِطَت في عام 1976 بواسطةِ بلديةِ الكويتِ، مقياسُ رسمِها 1:10000 (بلدية الكويت، 1976)، وخرائطَ طبوغرافيةً لوزارة الدفاع الكويتية مقياسُ رسمِها 1:100000، مُنتجةً من صورٍ جويةٍ لعام 1976 (وزارة الدفاع، 1983). وقد سَجلنا الصورَ الجويةَ والخرائطَ الطبوغرافيةَ إحداثياً، معتمدين على نظام إحداثي موحدٍ لكل البياناتِ، وهو نظامُ مركيتورَ المستعرض العالمي – نطاق 39 و38 شمالاً[5]. فكان متوسط مقدارِ الخطأِ[6] للصورِ الجويةِ دون

(5) UTM-WS1984-zone N38-39
(6) Root Mean Square Error (RMSE)

نصفِ المترِ، ومتوسطُ مقدارِ الخطأِ للخرائطِ ذات المقياسِ الكبيرِ ربعَ مترٍ وذات المقياسِ الصغيرِ متراً (جدول 1).

جدول (1)
مقدار الخطأ في التسجيل الإحداثي لبيانات منطقة الدراسة

مصادر البيانات	عدد النقاط الأرضية	مقدار الخطأ (متر)
صور جوية لعام 1976	10	0,3
خرائط طبوغرافية 1983	15	2
مرئيات لاندسات 2* 1977	15	14
مرئيات لاندسات 5** 1993	20	14
مرئية رَبِد أي 2015/11/25	20	0,4
مرئية رَبِد أي 2012/2/28	20	0,4
مرئية أستر 2012/10/14	20	0,38
مرئية أستر 2012/7/17	20	0,44
مرئية أستر 2012/10/14	20	0,47

* مستشعر متعدد الأطياف Multispectral Scanner Sensor (MSS)
** Thematic Mapper (TM)

واعتمدنا أيضاً على مرئيتين فضائيتين للقمر الأمريكي لاندسات 2؛ للتحققِ بصرياً من رسمِ خط الشاطئ من الصورِ الجويةِ والخرائطِ الطبوغرافيةِ، حَصَلنا عليهما من موقعِ هيئةِ المساحةِ الأمريكيةِ[7]. سُجلت هاتان المرئيتان في وقت أعلى مد بتاريخ 16 أبريل 1977م بواسطة المستشعر متعددِ الأطياف[8]، الذي يرصدُ الأشعةَ المنعكسةَ من الأرضِ من خلال أربعةِ نطاقاتٍ طيفيةٍ، تمتدُّ من الأشعةِ الخضراءِ إلى الأشعةِ تحت الحمراءِ القريبةِ، ويبلغُ الوضوحُ المكانيُّ لهاتين المرئيتين 56م × 79م (جدول 2). وقد صححنا المرئيتين إحداثياً، وكان مقدارُ الخطأِ يعادل 14 متراً (جدول 1).

(7) USGS - https://www.usgs.gov
(8) Multispectral Scanner Sensor (MSS)

جدول (2)
خصائص* المرئيات الفضائية المستخدمة في الدراسة

القمر	النطاق	الأشعة	الوضوح الطيفي (النانومتر)	الوضوح المكاني (م)
لاندسات مستشعر متعدد الأطياف (MSS)	1	الخضراء	0,6 –0,5	79 × 57
	2	الحمراء	0,7–0,6	79 × 57
	3	تحت الحمراء القريبة	0,8–0,7	79 × 57
	4	تحت الحمراء القريبة	1,1–0,8	79 × 57
لاندسات 5 (TM)	1	الزرقاء والخضراء	0,52–0,45	30
	2	الخضراء	0,60–0,52	30
	3	الحمراء	0,96–0,63	30
	4	تحت الحمراء القريبة	0,90–0,76	30
	5	تحت الحمراء المتوسطة	1,75–1,55	30
	6	تحت الحمراء البعيدة	12,5–10,4	120
	7	تحت الحمراء المتوسطة	0,86–2,08	30
أستر	1	أزرق	0,60–0,53	15
	2	أخضر	0,69–0,60	15
	3	تحت الحمراء القريبة	0,86–0,76	15
رَبِد أي	1	الأزرق	510–440	5
	2	الخضراء	590–520	5
	3	الحمراء	685–630	5
	4	تحت الحمراء	730–690	5
	5	تحت الحمراء القريبة	760–850	5

* أُخذت خصائص مرئيات لاندسات من صفحة القمر في موقع هيئة المساحة الأمريكية (<https://landsat.usgs.gov>)، وخصائص مرئيات أستر أخذت من موقع القمر على الإنترنت (<https://asterweb.jpl.nasa.gov>). وأما مرئيات ربد فكانت بياناتها معروضةٌ في موقع الشركة المسوقة لها (<https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/other-satellite-sensors/rapideye/>).

أنشأنا باستخدام هذه البياناتِ طبقةً خطيةً لرسم خط الشاطئ باستخدام الترقيم اليدوي، وقد صُنف كل شاطئٍ مرسوم بحسبَ دقةِ رسمهِ والبياناتِ المستخدمةِ في رسمِه؛ فإذا كانت البياناتُ عاليةَ الوضوحِ وخطُّ حد المدّ الأعلى واضحاً لا ريب في تحديدِه، أخذ ترقيمُ خط الشاطئ هذا تصنيفاً عالياً لدقتِه. ويرفعُ من دقةِ ترقيم خط الشاطئِ تعددُ البياناتِ المكانيةِ المستخدمةِ في رسمِه وكذلك وضوحُها المكاني. وقد اعتمدنا في رسم خط الشاطئ الذي تكثرُ فيه السبخاتُ ومسطحاتُ المدّ والجزرِ على تعدد البياناتِ المكانيةِ من الخرائطِ الطبوغرافيةِ والصورِ الجويةِ والمرئياتِ الفضائيةِ. وكان الغرضُ من تصنيفِ البياناتِ على أساسِ دقتِها ووضوحِها المكاني تقديرَ نتائجِ تغير خط الشاطئ لاحقاً.

2-2- البيانات المستخدمة والخطوات المتبعة في رسم خط الشاطئ 1992-1994:

استخدمنا لرسم خط الشاطئ في هذه الفترةِ طبقةً خطيةً لخط شاطئ الكويت، مأخوذةً من دراسة السهلي والحصم، اللذين استخدما في رسم خط الشاطئ خرائط طبوغرافية يتفاوت مقياس رسمها بين 25000:1 و100000:1 (Alsahli & AlHasem, 2016). وقد استخدمنا في تقييم دقةِ رسم خط المد الأعلى مرئية للاندسات 5 أُلتقطت في 15 أغسطس 1993 في وقت أعلى مد، وقد حصلنا عليها من موقع هيئةِ المساحةِ الأمريكيةِ. قمنا بتصحيحِ هذه المرئيةِ إحداثياً، بمقدار خطأ بلغ 14 متراً (جدول 1). وكان الاعتمادُ على هذه المرئيةِ فقط في التحليل البصري للتحقق من المنطقةِ المغمورة في المياهِ ومقارنتِها مع خط الشاطئ المرسوم من دراسة السهلي والحصم الآنفةِ الذكرِ.

وقد قمنا بعملياتِ تحليلٍ طيفيةٍ لمرئيةِ لاندسات 5؛ لرفعِ دقةِ التحليلِ البصري وتحديدِ خط الشاطئ بدقةٍ عاليةٍ. فالنطاقاتُ الطيفيةُ المتعددةُ لمرئيةِ لاندسات تعرضُ سلوكاً طيفياً متفاوتاً لليابسِ والماءِ يساعدُ في تمييز خط الشاطئ (جدول 2)، ولا سيما في مناطقِ السبخاتِ ومسطحاتِ المدّ والجزر التي يصعبُ فيها تمييزُ الماءِ عن اليابسِ من خلال عرضِ الألوانِ الحقيقيةِ للمرئية، فيكون استخدامُ نطاقاتٍ أخرى، مثلُ الأشعة تحت الحمراء، فعالاً جداً لتمييز اليابس من الماء؛ وذلك لأن هذه الأشعةَ تختلفُ في انعكاساتِها من اليابس عن الماء اختلافاً جلياً، يمكن من خلالِه تحديدُ خط الشاطئ. فالماءُ يمتصُ الأشعةَ تحت الحمراء المتوسطة، بيمنا تنعكسُ من اليابسِ بمقدارٍ عالٍ، وهذا التمايزُ في الانعكاس يوضّحُ خطَ الشاطئ. لذا يرى ريو وآخرون أن

استخدامَ نطاقاتٍ متعددةٍ للأشعةِ تحت الحمراء وحسابَ مؤشراتٍ طيفيةٍ للماءِ من خلال هذه النطاقاتِ يرفعُ من دقةِ تحديدِ الشاطئ (Ryu, Won, & Min, 2002).

تعتمد المؤشراتُ الطيفيةُ لتحديدِ خط الشاطئ على السلوكِ الإشعاعي للماءِ، الذي يتسمُ بامتصاص الأشعة تحت الحمراء القصيرة والقريبة والمتوسطة وانعكاسِ الأشعةِ الخضراءِ (Ozturk & Sesli, 2015). فعلى هذا الأساس قمنا بحسابِ خمس مؤشراتٍ طيفيةٍ للمياهِ على مرئياتِ لاندسات 5؛ لتحديد خط الشاطئ في دولة الكويت، متبعين في ذلك دراسة أوما وتاتيشي (Ouma & Tateishi, 2006):

$$\text{المؤشر الأول} = \frac{\text{النطاق الرابع} - \text{النطاق الثاني}}{\text{النطاق الرابع} + \text{النطاق الثاني}} \qquad \text{معادلة 1}$$

$$\text{المؤشر الثاني} = \frac{\text{النطاق الخامس} - \text{النطاق الرابع}}{\text{النطاق الخامس} + \text{النطاق الرابع}} \qquad \text{معادلة 2}$$

$$\text{المؤشر الثالث} = \frac{\text{النطاق الخامس} - \text{النطاق الثاني}}{\text{النطاق الخامس} + \text{النطاق الثاني}} \qquad \text{معادلة 3}$$

$$\text{المؤشر الرابع} = \frac{\text{النطاق الخامس} - \text{النطاق السابع}}{\text{النطاق الخامس} + \text{النطاق السابع}} \qquad \text{معادلة 4}$$

$$\text{المؤشر الخامس} = \frac{\text{النطاق السابع} - \text{النطاق الثاني}}{\text{النطاق السابع} + \text{النطاق الثاني}} \qquad \text{معادلة 5}$$

كان أفضلُ المؤشرات في توضيح خط الشاطئ لشمال الكويت المؤشرَ الخامسَ، الذي اعتمد على النطاق الطيفي السابع، الذي يعرضُ انعكاسات الأشعة تحت الحمراء القريبة، ذات الطول الموجي الممتد من 2,08 إلى 2,35 نانومتر، والنطاق الثاني الذي يعرض الأشعة الخضراء، الممتد طولها الموجي من 0,52 إلى 0,60 نانومتر. وقد طبقنا هذه المؤشرات الخمسة أيضاً على منطقة جون الكويت، وكان وضوحُ خط الشاطئ بحسب كل المؤشراتِ متقارباً، غير أن المؤشرَ الثانيَ كان أفضلَها. وخط الشاطئ في هذه الفترة (1992 – 1994) لم يستخدم في التحليل الكمي لحساب التغير الذي حدث للشاطئ خلال مدة الدراسة؛ لانخفاض الدقة المكانية في البيانات المستخدمة في رسمه، وإنما استخدمناه لتتبع التغيرات الكبيرة التي حدثت لخط الشاطئ من الفترة الأولى (1976 –1977) إلى الفترة الأخيرة

(2012–2016)؛ لمعرفة إذا ما كانت قد حدثت تدريجياً خلال الفترة المدروسة أم أنها حدثت بعد الفترةِ الثانيةِ.

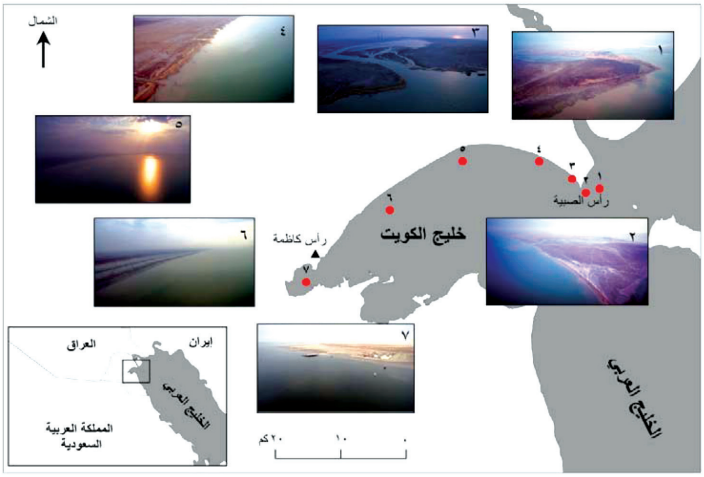
2–3– البيانات المستخدمة والخطوات المتبعة في رسم خط الشاطئ 2012–2016:

اعتمدنا في ترسيم خط الشاطئ في هذه الفترةِ بالكامل على المرئياتِ الفضائيةِ مع الدراسة الميدانيةِ. فقد استخدمنا مرئيات رَبِد أي[9] عاليةَ الدقة (Krinitzsky, 2016)، المسجلةَ في أعلى مد بتاريخ 28 فبراير 2014 وفي تاريخ 25 نوفمبر 2015، وفي جدول (2) خصائص هذه المرئية. وقد صححنا مرئيات رَبِد أي إحداثياً معتمدين على صورٍ جويةٍ وخرائطَ طبوغرافيةٍ مقياسُ رسمِها 1:10000، وعلى طبقة طرق دولة الكويت التي حصلنا عليها من الهيئة العامة للبيئة[10]. وقبل استخدام طبقةِ الطرق، قُمنا بتغيير نظامِها الإحداثي من النظام المحلي إلى نظامِ مركيتورَ المستعرضِ العالي، وتحويلِها من طبقةٍ خطيةٍ إلى طبقةٍ خلويةٍ كان حجمُ خليتِها مترين؛ حتى يسمحَ البرنامجُ في تصحيح إحداثياتها. وحجمُ الخليةِ الذي اخترناه كان أصغرَ حجمٍ ممكن لشبكةِ الطرق يقبله البرنامجُ، بعد عدة تجارب قمنا بها. صححنا طبقةَ الطرقِ إحداثياً بعد ذلك بنسبةِ خطأٍ وصلت إلى نصف المتر (جدول 1).

وقد استخدمنا أيضاً مرئيتين للقمر الصناعي أستر[11]، حصلنا عليهما من موقع هيئةِ المساحةِ الأمريكية. المرئيتان الأولى والثانية غطتا بوبيانَ ووربةَ وما بينهما من جزرٍ صغيرةٍ، وكان وقتُ التقاط المرئيتين في أعلى مد، في 14 أكتوبر 2012 و17 يوليو 2012. وجدول (2) يوضحُ خصائصَ مرئياتِ القمرِ الصناعي أستر. وقد صححنا مرئيتي أستر إحداثياً، وكان المرجعُ في التصحيح طبقةَ الطرقِ المذكورة آنفاً. وبلغ متوسطُ مقدارِ الخطأِ نصفَ المتر. كما استخدمنا أيضاً لرسم خط الشاطئ في هذه الفترة البياناتِ الحقليةَ، وهي محصلةُ مسحٍ ميداني في تاريخ 26 أغسطس 2016 لخط شاطئ جون الكويت، الممتدِ من رأس الصبيةِ إلى منطقةِ كاظمةَ، من خلال التقاط صورٍ جويةٍ مائلةٍ من طائرةٍ لاسلكيةٍ على ارتفاع 500 مترٍ عن سطح الأرض. رُصدت على طول هذه المنطقة سبعةُ شواطئَ في وقتِ المدّ

(9) RapidEye
(10) http://www.emisk.org
(11) ASTER

العالي؛ وذلك للتأكدِ من تطابقِ خط الشاطئ على الأرضِ مع المرئياتِ الفضائيةِ. يوضحُ شكلُ (3) مسارَ الدراسةِ الميدانيةِ مع بعضِ الصورِ الملتقطةِ لكل موقعٍ.



شكل (3): تمثل النقاط المرقمة من 1 إلى 7 المواقع التي التقطت عندها الصور الجوية في وقت أعلى مد. استخدمت هذه الصور الجوية للتحقق من رسم خط الشاطئ في هذه المنطقة المعقدة التي تكثر فيها قنوات المد والجزر والبحيرات الموقتة، ولا سيما في منطقة رأس الصبية.

لم تتوافر الخرائطُ الطبوغرافيةُ والصورُ الجويةُ لهذه الفترةِ؛ لذا رسمنا خط الشاطئِ الشمالي القريبِ من الحدودِ الكويتيةِ العراقيةِ مع جزيرتي بوبيانَ ووربةَ بالاعتماد على مرئياتِ أسترَ. ورسمنا خط الشاطئ الشمالي لجون الكويت (من رأس الصبية إلى جون كاظمة) وجزيرةِ فيلكا معتمدين على مرئيات رَبِد أي لعامَي 2014 و2015. وقد طابقنا هذه المرئيات (في الشاطئ الشمالي لجون الكويت) مع الصور الجوية الملتقطة بواسطة طائرة التصوير اللاسلكية خلال المسح الميداني المذكور آنفاً. ولم نرسم خط الشاطئ لجزيرتي عوهة ومسكان لعدم توافر بيانات دقيقة لهما في الفترتين الزمنيتين السابقتين. وقد حسبنا ثلاثة مؤشراتِ طيفيةٍ للمياهِ باستخدام مرئياتِ رَبِد أي؛ لتمييز خط المدّ الأعلى بدقةٍ عند مناطقِ السبخات ومسطحاتِ المد والجزر. تتكون المؤشراتُ الثلاثةُ من النطاقِ الطيفي الثاني الممتد في الضوءِ الخضراءِ والنطاقِ الطيفي الرابع، المتمثلِ بحد الأشعةِ الحمراءِ المتاخمِ للأشعةِ تحت الحمراء القريبة، والنطاقِ الخامسِ الممتد في الأشعة تحت حمراء القريبة. وكان

أفضلُ المؤشرات توضيحاً لخط الشاطئ المؤشرَ الثاني. وتُعبّرُ المؤشرات الطيفية الثلاثة للمياه رياضياً بالمعادلات التالية:

$$\text{المؤشر الأول} = \frac{\text{النطاق الرابع} - \text{النطاق الثاني}}{\text{النطاق الرابع} + \text{النطاق الثاني}} \qquad \text{معادلة } 6$$

$$\text{المؤشر الثاني} = \frac{\text{النطاق الرابع} - \text{النطاق الخامس}}{\text{النطاق الرابع} + \text{النطاق الخامس}} \qquad \text{معادلة } 7$$

$$\text{المؤشر الثالث} = \frac{\text{النطاق الخامس} - \text{النطاق الثاني}}{\text{النطاق الخامس} + \text{النطاق الثاني}} \qquad \text{معادلة } 8$$

2–4 – صافي حركة الشاطئ والمعدل السنوي لتغير خط الشاطئ:

حُسب معدلُ التغيرِ السنوي لخط الشاطئ الشمالي لدولةِ الكويتِ عن طريق التكاملِ المعلوماتي بين نظمِ المعلوماتِ الجغرافيةِ والبياناتِ المكانيةِ المتعددةِ بأسلوب التحليل المكاني الكمي. وقد أنجزنا القياساتِ الكميةَ لتغيرِ خط الشاطئ باستخدام أداةِ دِساسَ، وهي إحدى أدواتِ التحليلِ المكاني الخطيةِ المدرجةِ في برنامج آرك ماب، أصدرتها هيئة المساحة الأمريكية في إبريل من عام 2012، للتعاملِ مع البياناتِ المكانيةِ لخط الشاطئ بأسلوبٍ كمي. يمكن من خلال دِساسَ معرفةُ صافي حركةِ الشاطئ[12] من زمنٍ إلى آخر، وحسابِ معدلِ التغيرِ الفعلي[13] – الذي يُعبر عن معدلِ التغير السنوي – وفقاً لحركةِ الشاطئ خلال المدةِ الزمنيةِ المدروسة. وللتحليل الكمي في دِساسَ عناصر أساسيةٌ هي: خطان للشاطئ على الأقل، يمثلان فترتين زمنيتين مختلفتين، وخطُّ أساسٍ يوازي الشاطئَ من جهةِ البرِ أو البحرِ، منه تُحسب مقاييسُ تغيرِ الشاطئ، وقطاعاتٌ عرضيةٌ متعامدةٌ على خط الأساسِ لا تتجاوزُه، ومتقاطعةٌ مع خطي الشاطئ. تسمى هذه التقاطعاتُ عقداً، وعددُها في القطاع الواحد يساوي عدد خطوط الشاطئ المدروسة، فإن كانت الدراسة لفترتين زمنيتين – كل فترةٍ تُمثَّل بخط شاطئ لها – كان عددُ العقد اثنتين. كما أن المسافةَ من العقدة الأولى، التي على خط الشاطئ الأول، إلى العقدة الثانية، التي على خط الشاطئ الثاني، تمثل صافي حركة الشاطئ. وأما معدلُ التغير السنوي للشاطئ، فهو حاصلُ

(12) Net Shoreline Movement
(13) End Point Rate

قسمةِ هذه المسافةِ على عدد السنين، من زمن خط الشاطئ الأول إلى زمن خط الشاطئ الثاني. تعتمد نتائجُ التحليلِ الكمي في دِساسَ على دقةِ البيانات المستخدمة لرسم الشاطئ؛ لأنه من خلالها يقومُ تلقائيا بتحديد نسبةِ الخطأِ لمعدلِ التغير السنوي، التي تمثل معياراً يوضحُ التقديراتَ الفعليةَ لتغيرِ خطّ الشاطئ في المنطقة المدروسة (Oyedotun, 2014; Thieler et al., 2009).

اختلف رسمُ خط الأساسِ للشواطئِ باختلافِ شكلِها وتعرجِها؛ فبعض الشواطئ رُسم خطُّ الأساسِ لها داخلَ اليابسِ والبعضُ الآخر على البحرِ. وهذه الاختلافاتُ لا تؤثرُ على حسابِ صافي حركةِ الشاطئ ومعدلِ التغير السنوي. أما القطاعاتُ العرضيةُ لخط الشاطئ في دولةِ الكويتِ، فكانت متفاوتةً بالأطوالِ بحسب المسافةِ بين خط الأساس وأبعدِ شاطئٍ. الساحلُ الشمالي لدولة الكويتِ والجزر الشماليةِ تراوحُ أطوالُ القطاعاتِ العرضيةِ فيها ما بين 300 و 1900 مترٍ. أما الشاطئُ الشمالي لجون الكويتِ فتراوحُ أطوالُ القطاعاتِ العرضيةِ فيه بين 200 و 8000 مترٍ. يرجعُ هذا التفاوتُ في القطاعات إلى كثرةِ تعرج الشاطئ ووجودِ الممراتِ المائيةِ.

ولدراسةِ تغير الشاطئ حسبنا صافي حركةِ الشاطئ ومعدلَ تغيرِهِ السنوي، وصنفنا جميعَ قيمِ التغيرِ ومعدلاتِه وفقَ فئاتٍ ثابتةٍ لا تتغيرُ مع تغير الشاطئ؛ وذلك لتسهلَ مقارنةُ تغيرِ الشاطئ من مكانٍ إلى آخر. وفي تصنيفنا لم ننظر للقيمِ الشاذةِ، وتجاهلناها عند وضع القيم في فئاتٍ، وذلك باستخدام المدى الربيعي. كان حدُّ القيم المتجانسةِ يبتعدُ عن الربيع الأول والربيع الثالث وحدةً ونصفٍ الوحدة من المدى الربيعي. وعلى هذا الأساسِ قُسمت بياناتُ صافي حركةِ الشاطئ إلى ثماني فئاتٍ، ومعدلِ التغير الفعلي إلى عشرِ فئات. وقد اعتمدنا في دراسةِ تغير خط الشاطئ على قيمِ الوسيط؛ تجنباً لتأثير القيم الشاذة على الوسطِ الحسابي للتغيرِ، وعلى ذلك فإن أيَ إشارةٍ فيما بعدُ لكلمةِ متوسطٍ نعني بها الوسيطَ.

2 – 5 – علاقة تغير خط الشاطئ مع بعض الخصائص الطبيعية للساحل:

دُرست العلاقةُ بين تغير خطّ الشاطئ وثلاثِ طبقاتٍ رقميةٍ خطيةٍ: نوعية رواسب الساحل الشمالي، والتربة، والنباتات المنتشرة فيه. أُنشئت هذه الطبقاتُ من خلال مشروعٍ كبيرٍ لمسحِ التربةِ في دولةِ الكويت كاملةً باستثناءِ المناطقِ المحظورةِ وحقولِ الألغامِ التي زُرعت في أثناء الغزو العراقي على الكويتِ. قامت بهذا المشروعِ الهيئةُ العامةُ لشؤونِ الزراعةِ والثروةِ السمكيةِ مع معهدِ الكويتِ للأبحاثِ العلميةِ، بالتعاون مع جهاتٍ بحثيةٍ خارجيةٍ، وقد استغرقت هذه الدراسةُ أربعَ سنواتٍ تقريباً،

من 1996 إلى 1999. درس فريقُ البحثِ في هذا المشروعِ خصائصَ متعددةٍ للتربةِ والنباتِ، وقد انتهى المشروعُ إلى تأسيسِ بياناتٍ مكانيةٍ رقميةٍ متعددةٍ لخصائصِ التربةِ (معهد الكويت للأبحاث العلمية، 1999).

قارنا تغيرَ خط الشاطئ مع الخصائصِ الطبيعيةِ للساحلِ (نوع رواسب الساحل وتربته والنباتات المنتشرة فيه) من خلال مطابقةِ الطبقاتِ الرقميةِ الخطيةِ لهذه الخصائص مع القطاعاتِ العرضيةِ لتغير خط الشاطئ، وذلك باستخدام أداةِ التقاطعِ[14] المتاحةِ في برنامج آرك ماب. تربطُ هذه الأداةُ البياناتِ الوصفيةً لكياناتِ الطبقاتِ الثلاثِ[15] المتقاطعةِ مع القطاعاتِ العرضيةِ، الممثلةِ لمقدار تغير خط الشاطئ. ومحصلةُ ذلك أن يرتبطَ بكل قطاعٍ عرضي بيانات وصفية تبينُ نوعيةَ رواسبِ الساحلِ الذي يمتدّ فيه هذا القطاعُ والتربة والنباتات.

3 – النتائج:

3 – 1 – صافي حركة الشاطئ والمعدل السنوي لتغير خط الشاطئ:

شهدت منطقةُ الدراسةِ من 1972 إلى 2016 تغيراتٍ متفاوتةً في حركةِ الشاطئ من حيث المقدارُ والاتجاهُ، وذلك بحسب أماكنِ الشواطئ. وبشكلٍ عام بلغ متوسطُ تقدم شاطئ منطقة الدراسة 167 متراً تقريباً، بمعدلٍ سنويٍّ تجاوز أربعة أمتارٍ. وتمثلُ هذه الشواطئُ المتقدمةُ 53% من طول شاطئ منطقة الدراسة الذي يبلغُ 631 كم – متضمناً التعرجات الدقيقة وشواطئ الممرات المائية. وأما الشواطئُ التي تراجعت في منطقة الدراسة فقد مثلت 42% تقريباً من طولِ شاطئ منطقةِ الدراسةِ. بلغ متوسط التراجع هذا 73 متراً، وكان معدلُ التغير السنوي له مترين. وفيما يلي عرضُ التوزيعِ الجغرافي لتغير خط الشاطئ في منطقةِ الدراسةِ، وقد قسمناه إلى ثلاثِ مناطقَ: المنطقةِ الأولى شملت الشواطئَ الممتدةَ من منطقةِ أم قصر إلى رأس الصبية، بالإضافةِ إلى جزيرتي وربةَ وبوبيانَ، والمنطقةِ الثانيةِ شملت الشاطئَ الشماليَ لجونِ الكويتِ الممتد من رأس الصبية إلى المملحة، والمنطقةِ الثالثةِ التي تمثلُ جزيرةَ فيلكا.

بلغ متوسطُ تقدم الشاطئ للمنطقةِ الساحليةِ الشماليةِ – المنطقة الأولى – 80 متراً، بمتوسطِ معدل تغيرٍ سنوي مقداره متران تقريباً. والشواطئُ التي تقدمت تمثل 48% من طولِ الشاطئ الكلي للمنطقةِ الساحليةِ الشماليةِ. أما متوسطُ تراجعِ

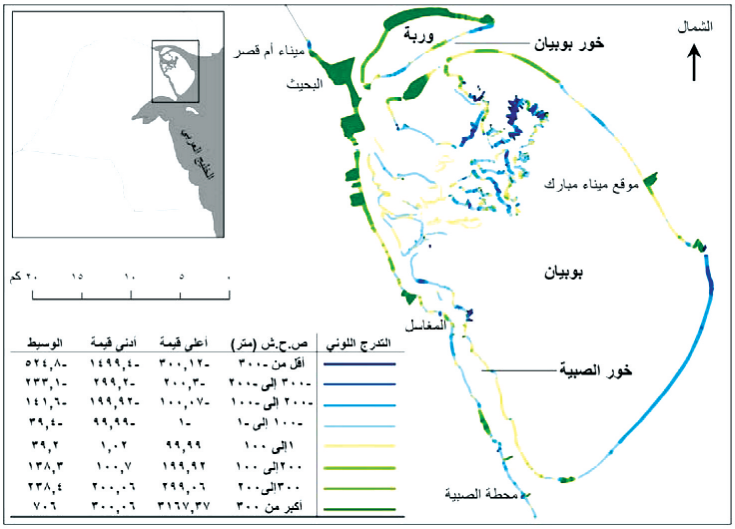
(14) Intersect

(15) تتكون الطبقة الخطية من جزء أو أكثر، يسمى كياناً. تُعرض البيانات الوصفية لكل كيان في صف مستقل في جدول البيانات الوصفية.

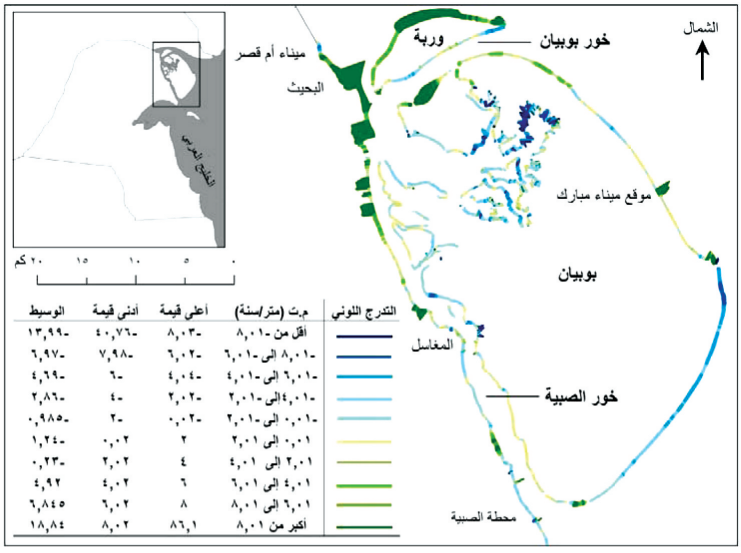
الشواطئ في هذه المنطقةِ فقد بلغ 73 متراً، وكان متوسطُ معدلِ التغير السنوي للتراجع مترين أيضاً تقريباً. وتشكل هذه الشواطئُ 43% من نسبةِ الشاطئ الكلي لهذه المنطقةِ. وقد لوحظ أن هناك تفاوتاً واضحاً في بعض الشواطئ في هذه المنطقةِ عن القيم المتوسطةِ للتقدم أو التراجع؛ ففي أقصى شمالِ دولةِ الكويت عند المنطقةِ الحدوديةِ بين أم قصر ومنطقة البحيث تقدم الشاطئُ 445 متراً تقريباً، بمتوسطِ معدلِ تغيرٍ سنويٍ 12متراً. وأما في المنطقةِ الممتدة من المغاسلِ إلى رأس الصبية فقد بلغ تراجعُ خطِّ الشاطئ 39 متراً تقريباً، بمتوسطِ معدلِ تغيرٍ سنوي بلغ المترَ. ويشذ عن هذه القيم كلها الشاطئُ المقامُ عليه الجسر ومحطة الصبية؛ فقد تقدم 535 متراً، وكان متوسطُ معدل التغير السنوي له 14 متراً، ويشغل هذا الشاطئ منطقةً صغيرةً جداً شمال رأسِ الصبية.

وأما جزيرة وربةَ فقد تقدم ما يزيد على 72% من شواطئِها، كان أغلبُها في الجزء الشمالي للجزيرة. وقد بلغ متوسطُ تقدم حركةِ الشاطئ للجزيرة 200 متر تقريباً، بمتوسط معدل تغير سنوي بلغ تسعةَ أمتارٍ تقريباً. وأما الشواطئُ الجنوبيةُ المواجهُ لجزيرةِ بوبيانَ تراجعت من جهة الشرقِ والغربِ بمتوسطِ حركةِ شاطئ بلغت 100 مترٍ تقريباً، وكان معدل التغير السنوي 2,7 متر. وتمثل هذه الشواطئُ 25% تقريباً من شواطئ الجزيرةِ. ولهذه الأرقامِ دلالةٌ واضحةٌ على التوزيعِ الجغرافي لعملياتِ التعريةِ والإرسابِ التي تتعرضُ لها شواطئُ الجزيرةِ.

وفي جزيرة بوبيانَ قارب متوسطُ تقدم صافي حركة الشاطئ 58 متراً، وكان متوسط معدل التغير السنوي لهذا التقدم 1,5 متر. ومثلت هذه الشواطئُ 37% من إجمالي شواطئِ جزيرةِ بوبيانَ. وأما الشواطئُ المتراجعةُ فلم يتجاوز متوسطُ حركتها 100 متر، وجاوز معدلُ التغير السنوي المترين، ومثلت هذه الشواطئُ 51% من شواطئِ الجزيرةِ. ويُلاحظ من التوزيع الجغرافي للشواطئ المتقدمةِ والمتراجعةِ أن الشاطئَ الجنوبيَ الشرقيَ للجزيرةِ قد تراجع على امتداد 29 كم. كان متوسطُ هذا التراجع 150 متراً، بمعدل تغيرٍ سنويٍّ بلغ أربعةَ أمتارٍ تقريباً. ومن المُلاحظ أيضاً من التوزيع الجغرافي للشواطئ المتقدمةِ والمتراجعةِ أن عملياتِ التقدم والتراجع على ضفتي خور الصبية متضادةٌ في الغالب؛ فمناطقُ الإرساب تقابلهاَ مناطقُ تراجعٍ، وأوضحُ ما يكون هذا النمط عند منطقة المغاسلِ الواقعةِ في منتصف الخور. أما في شمال جزيرة بوبيانَ، فتفاوتت حركةُ الشاطئ ما بين تقدمٍ وتراجعٍ بوضوحٍ، والغالبُ عليها التراجعُ؛ وقد يرجع هذا التفاوتُ إلى اتجاهِ الشاطئ وكثرةِ تعرجاته. شكل (4) وشكل (5) يوضحان صافي حركة الشاطئ ومعدل التغير السنوي للمنطقة الشمالية.

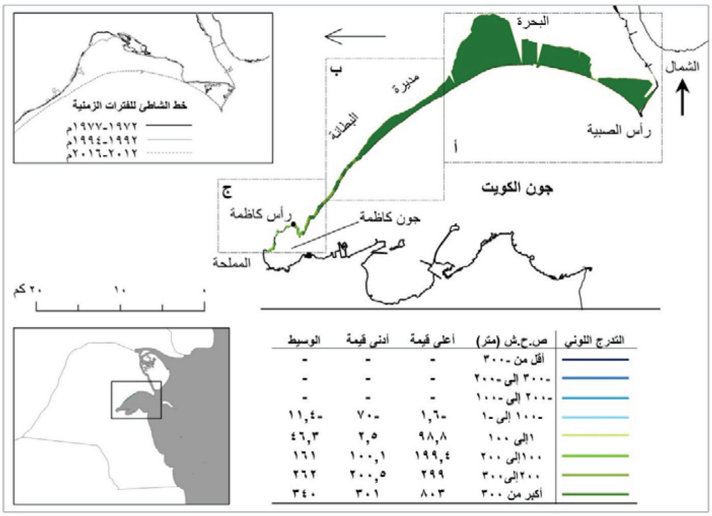


شكل (4): يتضح من التوزيع الجغرافي لصافي حركة الشاطئ (ص. ح. ش) أن عمليات التقدم والتراجع تأثرت كثيراً باتجاه الشاطئ، فالشواطئ الشمالية غلب عليها التقدم، وأما الجنوبية فقد تعرضت للتراجع.

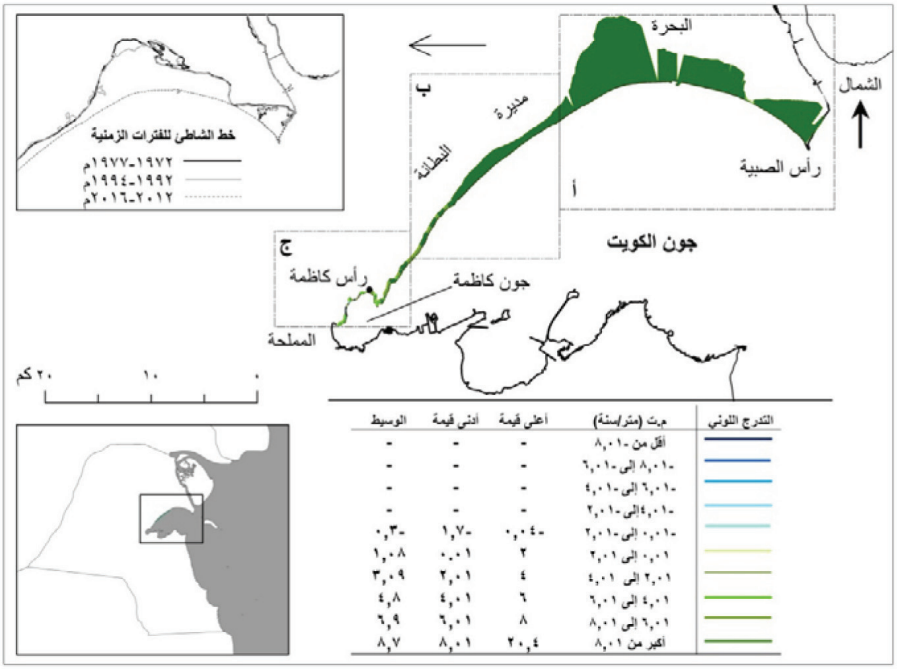


شكل (5): يتضح من التوزيع الجغرافي لمعدل التغير السنوي لخط الشاطئ أن تغير الشواطئ الشمالية كان كبيراً، وهذه الشواطئ غلب عليها التقدم.

وأما الشاطئُ الشماليُّ لجون الكويتِ – المنطقةُ الثانيةُ – فقد شهد تقدماً متفاوتاً، يمكن تقسيمُه إلى ثلاثةِ نطاقاتٍ: شاطئ رأس الصبية إلى الشاطئِ المقابلِ لمنطقة البحرة، وشاطئِ منطقةِ مديرةَ إلى البطانةِ، وشاطئِ كاظمةَ الممتدِ من رأسِ كاظمةَ إلى شمال المملحة. كان متوسطُ تقدمِ حركةِ الشاطئِ لرأسِ الصبية إلى الشاطئ المقابل لمنطقةِ البحرة 2600 متر تقريباً، وقد بلغ معدلُ التغير السنوي لهذا الشاطئ 66 متراً، وهو يمثل 40% تقريباً من الشاطئ الشمالي لجون الكويتِ. وقد حدث هذا التغير في خط الشاطئ بعد عام 1992، كما يبينه خط الشاطئ المرسوم لهذه الفترة. ويُلاحظ بعد شاطئِ مديرة إلى الغرب انخفاضُ مقدار تقدم الشاطئ؛ فقد بلغ التقدمُ عند الشاطئ الممتد من منطقة مديرة إلى البطانة 590 متراً تقريباً، وكان متوسط معدل التغير السنوي 15 متراً، وهذا الشاطئُ يمثل 44% تقريباً من الشاطئ الشمالي للجون. وإلى الغرب من شاطئ البطانة عند شاطئ كاظمةَ – الذي يمثل 16% من الشاطئ الشمالي للجون – كان متوسطُ تقدم حركةِ الشاطئ 170 متراً تقريباً، والمعدل السنوي لتقدم هذا الشاطئ بلغ أربعةَ أمتار. شكل (6) وشكل (7).

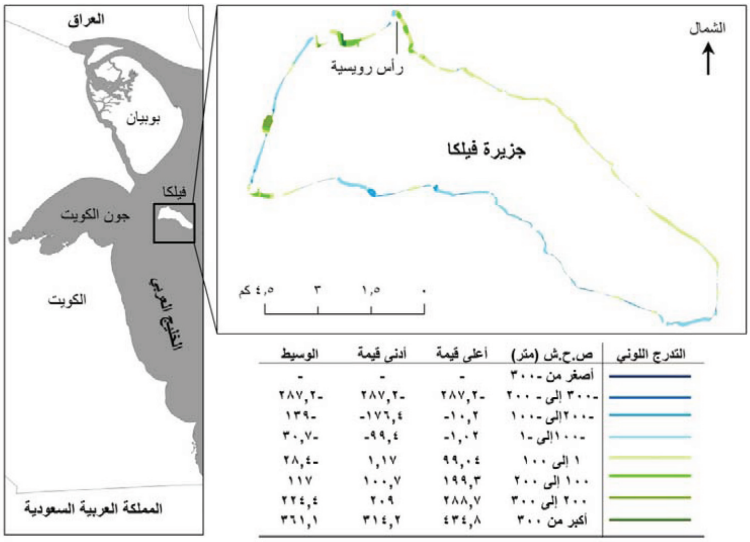


شكل (6): طرأ على هذه الشواطئ تغيرات كبيرة جداً خلال فترة الدراسة، ولا سيما في المنطقة الممتدة من رأس الصبية إلى ما قبل مديرة (أ). وقد انخفضت وتيرة هذا التغير المتمثل في تقدم الشواطئ في المنطقة الممتدة ما بين مديرة والباطنة (ب). وبلغ تقدم الشاطئ أدناه في منطقة كاظمة (ج)، وبذلك يأخذ تقدم الشاطئ في الجزء الشمالي من الجون نمطاً جغرافياً واضحاً.



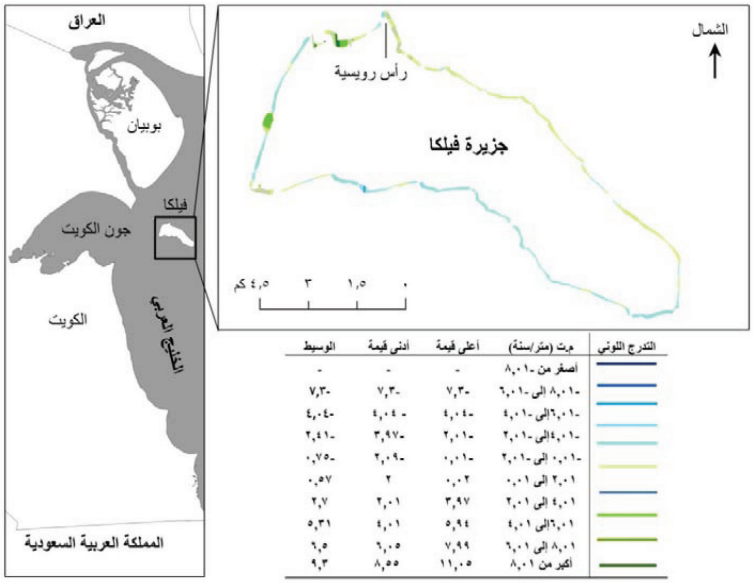
شكل (7): بلغت معدلات التغير السنوي في هذه المنطقة من الجون أرقاماً كبيرة، ولا سيما في الشواطئ الممتدة من رأس الصبية إلى ما قبل مديرة (أ). قلّ معدل هذا التغير في الشواطئ التي تلي هذه المنطقة من الغرب (ب) و(ج).

وفي جزيرةِ فيلكا – المنطقةِ الثالثةِ – تغيرت الشواطئُ كلُّها خلالَ فترةِ الدراسةِ؛ فقد تقدم نصفُها تقريباً (51%) وتراجع النصفُ الآخرُ من شواطئِ الجزيرة (49%). كان التقدم في الشاطئ الشمالي الشرقي للجزيرة، وقد بلغ 31 متراً، بمعدل تغيرٍ سنويٍ قاربَ المترَ. قابل تقدمَ الشاطئِ هذا تراجعٌ بالمقدار نفسه تقريباً في الشاطئ الجنوبي للجزيرة؛ إذ بلغ تراجعه 31,5 متراً، ومعدلُ تغيرٍ سنويٍ قارب المترَ أيضاً. وشكلان (8) و (9) يوضحان حركة الشاطئ ومعدل التغير الفعلي لشاطئ جزيرة فيلكا.



التدرج اللوني	ص.ح.ش (متر)	أعلى قيمة	أدنى قيمة	الوسيط
	أصغر من -٣٠٠	-	-	-
	-٣٠٠ إلى -٢٠٠	-٢٨٧,٢	-٢٨٧,٢	-٢٨٧,٢
	-٢٠٠إلى -١٠٠	-١٠,٢	-١٧٦,٤	-١٣٩
	-١٠٠إلى -١	-١,٠٢	-٩٩,٤	-٣٠,٧
	١ إلى ١٠٠	٩٩,٠٤	١,١٧	٢٨,٤
	١٠٠ إلى ٢٠٠	١٩٩,٣	١٠٠,٧	١١٧
	٢٠٠ إلى ٣٠٠	٢٨٨,٧	٢٠٩	٢٢٤,٤
	أكبر من ٣٠٠	٤٣٤,٨	٣١٤,٢	٣٦١,١

شكل (8): أخذ تغير الشاطئ في جزيرة فيلكا نمطاً واضحاً، بتقدم الشواطئ الشمالية وتراجع الجنوبية.



التدرج اللوني	م/ت (متر/سنة)	أعلى قيمة	أدنى قيمة	الوسيط
	أصغر من -٨,٠١	-	-	-
	-٨,٠١ إلى -٦,٠١	-٧,٣	-٧,٣	-٧,٣
	-٦,٠١إلى -٤,٠١	-٤,٠٤	-٤,٠٤	-٤,٠٤
	-٤,٠١إلى -٢,٠١	-٢,٠١	-٣,٩٧	-٢,٤١
	-٢,٠١ إلى -٠,٠١	-٠,٠١	-٢,٠٩	-٠,٧٥
	٠,٠١ إلى ٢,٠١	٠,٠٢	٢	٠,٥٧
	٢,٠١ إلى ٤,٠١	٣,٩٧	٢,٠١	٢,٧
	٤,٠١إلى ٦,٠١	٥,٩٤	٤,٠١	٥,٣١
	٦,٠١ إلى ٨,٠١	٧,٩٩	٦,٠٥	٦,٥
	أكبر من ٨,٠١	١١,٠٥	٨,٥٥	٩,٣

شكل (9): معدلات التغير في جزيرة فيلكا كانت منخفضة بشكل عام، ويشذ عن هذا النمط من التغير شواطئ صغيرة جداً بالقرب من رأس رويسية، كان سببها الأنشطة البشرية.

3 – 2 – علاقة تغير خط الشاطئ مع بعض الخصائص الطبيعية للساحل:

تفاوتت الخصائصُ الطبيعيةُ الثلاثُ (نوعية رواسب الساحل وتربته والنباتات المنتشرة فيه) في ارتباطها بالتغيرِ الذي حدث لخط الشاطئ. كانت نوعيةُ الرواسب عند الشواطئ التي تغيرت متباينةً من مكان إلى آخر؛ فعند الشواطئ الشماليةِ من منطقةِ أم قصر إلى المغاسل، كان التقدمُ في منطقةِ المسطحات المديةِ. وأما الشواطئُ المتراجعةُ الممتدة من المغاسلِ إلى رأس الصبية فكانت في منطقة كثبان رملية وسبخات ساحلية.

وقد زحف تراجعُ الشاطئ في جزيرة وربةَ على السبخاتِ الساحليةِ والمسطحاتِ المديةِ الواقعةِ في جنوبِ الجزيرةِ. وأما في شمالِها فكان تقدمُ الشاطئ في المسطحات المدية دون غيرها من أنواعِ الرواسب. وأما الشواطئُ الشماليةُ لجزيرة بوبيان – التي يغلب عليها التراجعُ – فقد تعددت أنواعُ الرواسبِ فيها ما بين مسطحاتٍ مديةٍ وكثبانٍ رمليةٍ وسبخاتٍ ساحليةٍ. وفي شرق الجزيرة – التي سادها التقدم – شغلت الشواطئُ المتغيرةُ مناطقَ المسطحاتِ المديةِ. وأما باقي الجهاتِ في الجزيرةِ فقد امتد تغيرُ الشاطئِ في مناطقِ السبخاتِ الساحليةِ – كان تغير الشاطئ هذا تراجعاً في الجنوبِ، وتبايناً ما بين تقدمٍ وتراجعٍ في الغرب.

كما تعددت التربُ في الشواطئ التي حدث فيها تغيرٌ، وقد اندرجت هذه الأنواعُ تحت مجموعاتٍ كبيرةٍ للتربِ، هي: التربُ الملحيةُ الجبسيةُ، والتربُ منخفضةُ الرطوبةِ[16]، والتربُ الرمليةُ الجافةُ، والتربُ الجبسيةُ الحجريةُ. انتشرت التربُ الملحيةُ الجبسيةُ المائيةُ[17] عند شواطئ شمالِ الكويتِ من منطقةِ أم قصر إلى ما قبلَ المغاسلِ، بالإضافة إلى شواطئ جزيرة وربة وشواطئ جزيرة بوبيان ما عدا جنوبها، وأيضاً شواطئ جون الكويت من رأس الصبية إلى رأس كاظمة، وقد غلب على هذه الشواطئ التقدمُ. وأما الشواطئُ المتراجعة، والممتدةُ من المغاسلِ إلى ما قبل رأس الصبية، بالإضافةِ إلى جنوبِ شرقِ جزيرة بوبيانَ؛ فقد زحفت على التربةِ منخفضةِ الرطوبةِ. كما انتشرت حول الشواطئ المتقدمةِ عند محطةِ الصبية ومنطقة البطانة إلى

(16) هذه التربة لا تحتوي على رطوبة كافية تدعم نمو النباتات فيها، وتسمى باللغة الإنجليزية (Torriothents).

(17) تسمى هذه التربة باللغة الإنجليزية (Aqusisailids)، وهي ترب ملحية تظهر عندما يكون الماء قريباً من سطح التربة، على عمق 100 سم منها، وغالباً ما تنتشر هذه الترب عند السبخات والمسطحات الساحلية الضحلة عند مستوى المد الأعلى (سميرة وآخرون، 2008).

جون كاظمةَ التربُ الرمليةُ الجافةُ ذات القوامِ الملحي المائي المعقدِ والمستوي[18]. وفي جزيرة فيلكا انتشرت التربةُ منخفضةُ الرطوبةِ عند الشواطئِ المتغيرةِ، ما عدا منطقة رأس رويسية شمال الجزيرة؛ حيث كانت تربتها جبسية حجرية، وقد تقدم الشاطئ عندها من جهة الشرق وتراجع من جهة الغرب. (شكل 8).

وأما بالنسبة للنباتِ الطبيعي فقد كان انتشارُ نبات الهرم في منطقةِ التقدم الممتدةِ من أم قصر إلى المغاسل. وأما السواحلُ التي تقدم فيها الشاطئُ، والممتدة من رأسِ الصبية إلى جون كاظمة، كانت مدىً جغرافياً للنباتات الملحيةِ، ولم يُبيَّن نوعُ النباتاتِ الملحيةِ في البياناتِ المكانية المستخدمة في الدراسةِ، ولكنْ أشار كيليو وآخرون (2003) إلى أن النباتاتِ الملحيةَ المنتشرةَ في منطقةِ الدراسةِ بشكل عام هي الأشنانُ والثيلوثُ والهالوكُ والزملوحُ والرغلُ. كما تنتشر النباتاتُ الملحيةُ عند الشواطئِ الجنوبيةِ المتراجعةِ لجزيرةِ بوبيانَ على امتداد 29 كم. وأما نبات الرمثِ فكان انتشارُه عند الساحلِ الغربي جنوب خور الصبية بعد جسر الصبية. ونباتُ العرفجِ كان وجوده في منطقة الدراسة عند رأس كاظمة والشواطئ المتراجعةِ في جنوب جزيرة فيلكا.

4 – المناقشة:

تأثرت منطقةُ الدراسةِ بوضوحٍ بمصبِّ شطِّ العربِ، وتأثيرُه مثالٌ جليٌّ على ارتباطِ بيئاتِ مصابِّ الأنهارِ – المتمثلة في منطقةِ الدراسةِ – بالعواملِ الإقليميةِ؛ فتقدُّمُ خط الشاطئ في الأجزاءِ الشماليةِ لجزيرةِ وربةَ وشمال وشرق جزيرة بوبيانَ والشاطئ الممتدِ من منطقةِ أم قصر إلى المغاسلِ كان مرتبطاً بتدفقِ الرواسبِ القادمةِ من شط العرب، وكذلك النهر الثالث الذي أثرت رواسبُه تحديداً على شواطئ خور عبدالله وما تلى هذه الشواطئ جنوباً من جهة خور الصبية. كما أن طبيعةَ التياراتِ المائيةِ في شمالِ الخليجِ العربي بشكلٍ عامٍ تدفعُ الرواسبَ النهريةَ إلى الشواطئِ الشماليةِ الكويتيةِ (الغضبان، 2000: 61)، فتترسبُ عند الشواطئ التي تتوافر فيها الظروفُ الملائمةُ للإرسابِ، كاتجاه الشاطئ وضحالةِ المياهِ وسرعةِ التياراتِ

(18) تسمى هذه التربة باللغة الإنجليزية (Torrisamments)، وهي ترب رملية جافة، تندرج تحتها ترب رملية جافة ملحية مائية معقدة ومستوية ترمز لها الهيئة العامة للزراعة والثروة السمكية في الكويت TS11، وهذا النوع يوجد على السهول الساحلية المستوية المغطاة برمل أو التلال المعزولة، وتكون ذات تصريف ضعيف (سميرة وآخرون، 2008).

البحريةِ (Trujillo & Thurman, 2009)، وهذه الظروفُ متفقةٌ مع الشواطئ المتقدمة التي ذكرناها. ولم يقتصر تأثيرُ الرواسبِ النهريةِ على هذه الشواطئ المتقدمةِ الواقعةِ في أقصى شمالِ منطقة الدراسةِ فحسب، بل امتد جنوباً بفعلِ نظام التياراتِ المائيةِ في شمالِ الخليج ليشملَ الشواطئَ الشماليةَ لجون الكويت (Al Hurban et al., 2007). والإرسابُ النهري هذا مرتبط بنظام الأنهارِ التي تغذي شط العرب بالرواسب (دجلة والفرات وقارون)، والعوامل البشرية – من تجفيف الأهوار وبناء السدود أعلى الأنهار – التي أسهمت بتغير النظام النهري بالكامل (Albadran, 2004).

أدى الإرسابُ النهريُ على الشواطئ التي ذكرناها إلى زيادة مساحةِ المسطحاتِ المدية (AbouSeida & AlSarawi, 1990; Al Hurban et al., 2007). وهذا التغيرُ في خط الشاطئ له تأثيرٌ على الأنظمةِ البيئيةِ الشاطئيةِ؛ ففي تقدم الشاطئِ زحفٌ لبيئاتِ اليابس على البيئات الشاطئيةِ، وتزحزحٌ لباقي البيئاتِ المائيةِ تبعاً لذلك الزحف؛ مما يسبب فقدَ كثيرٍ من المساكنِ الحيويةِ للكائناتِ الشاطئيةِ ويدفعُها نحوَ مناطقَ جديدةٍ تلائمُها، قد تختلفُ في طبيعتِها ومساحتِها عن سابقتِها، ولابد أن يُحدث ذلك تبعاتٍ على سائرِ أنماطِ البيئةِ المائيةِ، المرتبطةِ بالشاطئ ارتباطاً وثيقاً (Bledsoe & Boopathy, 2016). وينطبق هذا المفهومُ العامُّ على الشواطئِ التي تغيرت، ولا سيما الشواطئ الشمالية لجزيرة بوبيانَ التي تحتضن أنواعاً كثيرةً من الأحياءِ البحريةِ (محمد، 2011)، وقد تقدمت أجزاءٌ من هذه الشواطئِ المتعرجةِ ذات الممراتِ البحريةِ والأخوار وتراجعت أجزاءٌ أخرى بنمطٍ جغرافي واضحٍ.

يفسر هذا النمطَ الجغرافيَّ لتقدم الشواطئ وتراجع ما يقابلها في الأخوار والممرات البحرية الضيقة عملياتُ النحتِ والإرسابِ؛ فتدفُّقُ المياهِ في الممراتِ والقنواتِ الضيقةِ يسهمُ في نقل الرواسبِ الناتجةِ عن التآكلِ في إحدى الجهات وإيداعِها في الجهةِ المقابلةِ، مما يتسبب في تراكمِ الرواسبِ في المنطقةِ المقابلةِ (Bierman & Montgomery, 2013). وفضلاً عن الشواطئ الشماليةِ لجزيرة بوبيانَ، فقد لوحظ هذا النمطُ الجغرافيُّ قريباً من المنطقةِ نفسها في خور بوبيانَ، الممتدِ بين الشواطئ الشمالية لجزيرةِ بوبيانَ والشواطئ الجنوبية لجزيرة وربةَ، وكذلك لوحظ هذا النمطُ في خور الصبية من المنطقة الممتدةِ من المغاسل إلى ما قبل رأس الصبية.

وكما أن تغيرَ الشاطئِ يؤثر على الأنظمةِ المائيةِ، فإنه يؤثر أيضاً من جهة البر على الأنظمة البيئيةِ لليابس. ويتضح ذلك التأثيرُ في تراجعِ الشاطئ وزحفه على

اليابس؛ مما يتسببُ في تغير خصائصِ التربةِ الساحليةِ من زيادةٍ في الملوحةِ والرطوبةِ، فتصبح غير ملائمةٍ لوجودِ النباتاتِ التي لا تتحمل هذه الزيادةَ. وفضلاً عن ذلك، فإن النباتاتِ الملحيةَ (كالأشنان) التي تنمو بالقربِ من حد المد الأعلى ستخسر مسكنَها الحيوي مع تراجعِ خط الشاطئ، وتتراجعُ إلى بيئاتٍ من اليابسِ قد تكون أقلَّ ملاءمةً من سابقتِها. وأما تقدمُ الشاطئِ فقد يوفر بيئاتٍ جديدةً للنباتاتِ التي تنمو بالقربِ من الساحلِ؛ كوجودِ النباتاتِ الملحيةِ في مناطقِ تقدمِ الشاطئِ من رأس الصبية إلى جون كاظمة، وزحفِ النباتات المقاومة للملوحةِ والجفاف ناحية الساحل أكثر مع تقدم الشاطئ، كنبات الهرم (النصر، 1991). وخلاصة ذلك أن حركةَ الشاطئ لها أبعادٌ كبيرةٌ على أنظمةِ اليابسِ والأنظمةِ المائيةِ على حدٍّ سواء، والعواملُ البشرية المحليةُ ليست بمنأى عن أسبابِ هذا التغير البيئي.

فقد وضح القصبي (2014) أن تغيرَ خطِّ الشاطئ في منطقةِ المغاسل كان من أهم أسبابه التعديات البيئية من بعض ملاكِ الشاليهاتِ في المنطقةِ، وقد تمثلت في وضع المسناتِ الخرسانيةِ، التي تؤدي إلى قطع التياراتِ المائيةِ وتغييرِ نظام الإرساب (Salghuna & Bharathvaj, 2015). ومن الأمثلةِ على العواملِ البشريةِ المحليةِ المؤثرةِ في تغير خط الشاطئ أيضاً تقدمُ خطّ الشاطئ الشرقي لجزيرة بوبيان الذي ارتبط بعملياتِ الردمِ والحفرِ في مشروع ميناء مبارك (Neelamani, et al., 2011). وقد يكون لمشروع جسرِ جابر في جون الكويت – الذي لا يزال قائماً – تداعياتٌ بيئيةٌ تسهمُ في تغير مظاهر النحتِ والإرساب، قياساً على المثالين السابقين. والأنشطةُ البشريةُ تُحدث تغيرات سريعةً على خط الشاطئ، وفي كثير من الأحيانِ تكون بمعدلاتٍ كبيرةٍ، تفوق ما تُحدثُه العواملُ الطبيعيةُ على مر عشرات السنين، كما حدث في منطقة الصبية عند الجسر، إذ تقدم الشاطئُ 535 متراً.

ولتغير خط الشاطئ تبعات تتفاوت بحسب سرعتِه والمكان الذي حدث فيه؛ فالتقدم السريعُ الذي حدث في منطقة البحيث – أقصى الشمال – وشمال جزيرةِ وربة قد يتسبب في إعاقةِ طريق الملاحة البحري إلى ميناء أم قصر (الواقع في أقصى جنوب العراق)، إذا استمرت معدلاتُه على هذه السرعة. وكذا الشواطئ المتراجعةُ جنوب جزيرة بوبيان، فإذا استمرت بالتراجعِ على المعدلِ السنوي المرصود فإنها ستؤثرُ على المشاريع المستقبليةِ والبنية التحتية المخطط إقامتها في هذا الجزء من الجزيرة (بلدية الكويت، 2009)، ولا سيما أن هذا الجزءَ قريبٌ من

مستوى سطح البحر، وعرضةٌ لغمر الماء مع ارتفاع منسوب البحر المتوقع (Alsahli & AlHasem, 2016).

وتفاوت قيم التقدم والتراجع في منطقة الدراسة – على ارتفاعها في بعض الشواطئ – ليست بشاذةٍ عن قيم تغير الشاطئ التي رُصدت في شواطئَ أخرى من العالم قريبة من مصاب الأنهار، وكان رصدُها في مدة زمنية مماثلةٍ للتي في هذه الدراسة. فقد ذكر الأسمرُ وآخرون (El-Asmar et al., 2012)، أن شواطئ دلتا النيل من دمياط إلى بور سعيد تفاوت متوسطُ معدلِ تغير شواطئِها السنوي من –34 متراً إلى 40 متراً، خلال الفترة من 1973 إلى 2011. كما ذكر لواتي وآخرون (Louati et al., 2015) أن الشواطئَ التونسيةَ بالقرب من دلتا مجردة تغيرت بمعدلٍ سنويٍ تراوح من 8,6 إلى –42,6 متراً، خلال الفترة من 1972 إلى 2013. وقد بين أيضاً زانج وآخرون أن الشواطئَ الصينيةَ القريبةَ من مصب النهر الأصفرِ قد تراجعت بمتوسط معدلٍ سنويٍ قارب 27 متراً في الفترة الزمنية من 1976 إلى 2016 (Zhang et al., 2018).

والملاحظ من هذه الدراسات والدراسات الأخرى (Dada et al., 2018; X. Li, Liu et al., 2017; Schoellhamer et al., 2017) أن الشواطئ في هذه البيئات غلب عليها التراجعُ بسبب عواملَ منها ارتفاعُ منسوب مياه البحر وبناء السدود على الأنهار، الذي أدى إلى انخفاض منسوب المياه فيها، وهي التي تغذي الشواطئَ بما تحمله من رواسب. وأما منطقةُ الدراسة فغلب على شواطئها التقدمُ (53%) المرتبطُ بالإرساب النهري، مع أن نهري دجلة والفرات انخفض منسوب المياه فيهما بعد بناء السدود في أعلييهما (الأحمد، 2011)، وكذلك نهر قارون الذي يغذي شط العرب بأغلب الرواسب الواصلة للخليج العربي (Albadran, 2004) بُنيت السدود عليه (الربيعي، 2008). وقد تفسر سيادةَ الإرسابِ النهريِ على منطقة الدراسة – على الرغم من العوامل التي تحد من تأثيره – طبيعةُ دورةِ الماء في شمال الخليج والتياراتُ المائيةُ وضحالةُ الماء وأشكالُ الشواطئ، فكلها عواملُ تحفز الإرساب.

لقد استخدمنا في رصدنا لتغير خط الشاطئ في المنطقةِ الشمالية لدولة الكويت منهجَ التحليل الكمي من خلال التكاملِ البياني المكاني لرفع دقةِ تحديد الشاطئ التي تترتب عليه صحة النتائج. وأساليب التحليل المتبعة في المنهج لشموليتها يمكن تطبيقُها في دراسةٍ مماثلة في مناطقَ أخرى، وفي تحديدِ تغير شواطئ المنطقةِ في المستقبل، وهي خطوة ضرورية؛ فالرصد المستمر لتغيرِ خطِّ

الشاطئ ركيزةٌ أساسية في التخطيطِ البيئي والحضري في المنطقة الساحليةِ؛ إذ يترتب عليه صيانةُ البيئةِ وصياغةُ السياساتِ السليمةِ في استخدامات الأراضي في النطاق الساحلي.

5 – الخاتمة:

قامت دراسةُ تغير خطِّ الشاطئ وارتباطه بنوعية الرواسب والتربةِ والنباتِ على منهجِ التحليل الكمي بأسلوب التكاملِ البياني المكاني، الذي تتضافر فيه البياناتُ المكانية، من خرائطَ طبوغرافيةٍ وصورٍ جويةٍ ومرئياتٍ فضائيةٍ وبياناتٍ حقليةٍ، لتحديدِ خطِّ المدّ الأعلى بدقةٍ عاليةٍ. وقد دُرس تغيرُ الشاطئ من خلال تتبعه لثلاث فترات زمنية (1976–1977 و1992–1994 و2012–2016)، كما رُصدت العواملُ الطبيعيةُ الثلاثةُ التي ارتبطت بهذا التغير. تقدمت 53% من شواطئ منطقةِ الدراسةِ بمتوسط حركةٍ بلغ 167 متراً، وكان معدلُ التغير السنوي أربعةَ أمتار. وأما الشواطئُ التي تراجعت فقد مثلت 42% تقريباً من طول شاطئ منطقة الدراسة، وكان متوسط تراجعها 73 متراً، ومعدل التغير السنوي لها مترين. والملاحظ أن منطقةَ الدراسةِ تأثرت كثيراً بالإرساب النهري، وكان للأنشطة البشرية المحليةِ دورٌ فعالٌ في تغير الشاطئ في بعض الأماكن.

وقد حدثت أغلبُ تغيرات خط الشاطئ في المسطحاتِ المديةِ، وكانت التربُ عند هذا التغير في الغالب إما ملحية جبسية مائية وإما رملية ذات قوام ملحي مائي وإما ترب منخفضة الرطوبة. كما أن تغيرَ خطِّ الشاطئ امتد في المدى الجغرافي للنباتاتِ الملحية التي تنمو بالقرب من حد المد الأعلى، وكذلك النباتات التي تتحمل ملوحة التربة وتقاوم الجفاف كالهرم. ونتائج الدراسة هذه مهمة في وضع الخطط البيئية والحضرية في النطاق الساحلي، كمتابعة التغيرات البيئة التي تطرأ على الأنظمةِ البيئيةِ الساحليةِ (من بيئات اليابس والمسطحاتِ المديةِ والمائيةِ) ووضعِ خططٍ لصيانتها، وتحديدِ الاستخدامِ الأمثلِ للأراضي في النطاق الساحلي، ومن ذلك تحديدُ الشواطئِ الآمنةِ للمشاريع الحضرية الساحلية. والشاطئُ متغيرٌ في طبيعته؛ لذا يستوجب رصدُ تغيره بشكل دوري، ومراجعةُ الخططِ البيئيةِ والحضريةِ في النطاقِ الساحلي وفقاً لذلك التغير، وأسلوبُ التحليلِ المقدمُ في هذه الدراسة يمكن تطبيقه في رصد تغير الشاطئ مستقبلاً.

المراجع:

الأحمد، محمد داود. (2011). الأهوار العراقية. **مجلة بيئتنا**، 136.

الباز، فاروق؛ الصرعاوي، محمد. (2000). **أطلس دولة الكويت من الصور الفضائية**. الكويت: مؤسسة التقدم العلمي.

بلدية الكويت. (1976). صور جوية لدولة الكويت مقياسها 1000:1.

جودة، جودة حسنين. (1998). **جغرافية البحار والمحيطات**. (ط 8). الإسكندرية: نشأة المعارف.

الربيعي، أيمن عبداللطيف. (2008). دراسة بيئية ومورفولوجية لأهوار جنوب العراق. **مجلة بلاد ما بين النهرين للعلوم البحرية**، 23(2)، 437–453.

عمر، سميرة؛ الميساك، رأفت؛ روي، وليد؛ الفارس، أسعد. (2008). **محمية صباح الأحمد الطبيعية الخصائص الطبيعية والموارد البيئية**. الكويت: معهد الكويت للأبحاث العلمية.

الغضبان، عبدالنبي. (2000). المياه الساحلية. تأليف أطلس دولة الكويت من الصور الفضائية. الكويت: مؤسسة التقدم العلمي، إعداد مركز الاستشعار عن بعد بجامعة بوسطن، ص 61.

فايد، ييوسف عبدالحميد؛ سليم، محمد صبري. (1977). **جغرافية المحيطات**. (ط1). مدينة نصر: دار الفكر العربي.

القصبي، أحمد. (2014). **التأثيرات البشرية في جيومورفولجية سواحل دولة الكويت**. الكويت: مركز البحوث والدراسات الكويتية.

كليو، عبدالحميد أحمد ؛ أبو العينين، سيد حسين ؛ الحسيني، السيد ؛ العصفور، طيبة عبدالمحسن؛ الشيخ، محمد إسماعيل. (2003). **دراسات مختارة في جيومورفولجية الأراضي الكويتية**. الكويت: مركز البحوث والدراسات الكويتية.

محسوب، محمد صبري. (2005). **جغرافية البحار والمحيطات**. دار الفكر العربي.

محمد، ر. (2011). بوبيان.. بانوراما طبيعية لبيئة عالية الحساسية. **بيئتنا**، 135: 14–25.

مراد، عقيل. (2016). جسر جابر: مشروع يقود التنمية. **مجلة المهندسون**، (118): 42–47 .

المطر، سليمان ، مصطفى، عبدالمنعم ، اليماني، فايزة ؛ الحسن، رضا. (2003). **البيئة البحرية بدولة الكويت**. الكويت: مركز البحوث والدراسات الكويتية.

معهد الكويت للأبحاث العلمية. (1999). مسح التربة في دولة الكويت. أستراليا AACM :العالمية.

النصر، أحمد بسام. (1991). نباتات السبخة في دولة قطر ظروفها البيئية، تصنيفها، وإمكاناتها الاقتصادية. **حوليات كلية الإنسانيات والعلوم الاجتماعية**: جامعة قطر، 263–317.

وزارة الدفاع. (1983). خرائط طبوغرافية ذات مقياس 10000:1. الكويت.

Abou Seida, M. M., & Al Sarawi, M. A. (1990). Utilization and management of coastal areas in Kuwait. *Coastal Management*, 18(4), 385-401. doi: 10.1080/08920759009362122

Al-Yamani, F. Y., Bishop, J., Ramadhan, E., Al-Husaini, M., & Al-Ghadban, A. (2004). *Oceanographic atlas of Kuwait's waters*.

Al Hurban, A., El-Gamily, H., & El-Sammak, A. (2007). Geomorphic changes in Ras Al-Subiyah area, Kuwait. *Environmental Geology*, 54(7), 1377-1390. doi: 10.1007/s00254-007-0919-z

Albadran, B. N. (2004). Delta of River Shatt Al-Arab, South Iraq sedimentological study (pp. 311-322): Marina Mesopotamica.

Alsahli, M., & AlHasem, A. (2016). Vulnerability of Kuwait coast to sea level rise. Geografisk Tidsskrift-Danish. *Journal of Geography*, 116(1), 56-70. doi: 10.1080/0016722, 3, 2015, 11214-3.

Alsahli, M. M., Price, K. P., Buddemeier, R., Fautin, D. G., & Egbert, S. (2012). *Applied Remote Sensing Journal*, 2(2), 17-34.

Baby, S., Nathawat, M. S., & Al-Sarawi, M. A. (2014). Major impacts from anthropogenic activities on landscape carrying capacity of Kuwaiti Coast. *Polish Journal of Environmental Studies*, 23(1), 7-17.

Beatley, T., Brower, D., & Schwab, A. K. (2002). *An introduction to coastal zone management*: Island Press.

Bierman, P. R., & Montgomery, D. R. (2013). *Key Concepts in Geomorphology*. W. H. Freeman.

Bird, E. C. (2011). *Coastal geomorphology: an introduction*: John Wiley & Sons.

Bledsoe, R., & Boopathy, R. (2016). Bioaugmentation of microbes to restore coastal wetland plants to protect land from coastal erosion. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 113, 155-160.

Church, J. A., Clark, P. U., Cazenave, A., Gregory, J. M., Jevrejeva, S., Levermann, A.,... Nunn, P. D. (2013). *Sea level change*: PM Cambridge University Press.

Church, J., & White, N. (2011). Sea-level rise from the late 19th to the early 21st century. *Surveys in Geophysics*, 32, 585-602. doi:10.1007/s10712-011-9119-1

Dada, O. A., Li, G., Qiao, L., Asiwaju-Bello, Y. A., & Anifowose, A. Y. B. (2018). Recent Niger Delta shoreline response to Niger River hydrology: Conflict between forces of Nature and Humans. *Journal of African Earth Sciences*, 139, 222-231. doi: https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2017.12.023

Davidson-Arnott, R. (2010). *Introduction to coastal processes and geomorphology*. Cambridge University Press.

El-Asmar, H. M., El-Kafrawy, S. B., & Taha, M. M. (2012). Monitoring coastal changes along Damietta Promontory and the barrier beach toward Port Said east of the Nile Delta, Egypt. *Journal of Coastal Research*, 30(5), 993-1005.

El-Ghareeb, R. M., El-Sheikh, M. A., & Testi, A. (2006). Diversity of plant communities in coastal salt marshes habitat in Kuwait. *Rendiconti Lincei*, 17(3), 311-331.

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. doi: https://doi.org/10.1016/j.flora.2010.01.002

Finkl, C. W. (2013). *Coastal hazards*. Springer.

Fletcher, C., Rooney, J., Barbee, M., Lim, S.-C., & Richmond, B. (2003). Mapping

shoreline change using digital orthophotogrammetry on Maui, Hawaii. *Journal of Coastal Research*, 106-124.

Ford, M. (2013). Shoreline changes interpreted from multi-temporal aerial photographs and high resolution satellite images: Wotje Atoll, Marshall Islands. Remote Sensing of Environment, 135, 130-140. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2013.03.027

Friedlander, A. M., Ballesteros, E., Caselle, J. E., Gaymer, C. F., Palma, A. T., Petit, I.,... Sala, E. (2016). Marine Biodiversity in Juan Fernndez and Desventuradas Islands, Chile: Global Endemism Hotspots. PLoS ONE, 11(1), e0145059. doi: 10.1371/journal.pone.0145059.

Gens, R. (2010). Remote sensing of coastlines: detection, extraction and monitoring. *International Journal of Remote Sensing*, 31(7), 1819-1836. doi: 10.1080/01431160902926673

Hapke, C. J., Kratzmann, M. G., & Himmelstoss, E. A. (2013). Geomorphic and human influence on large-scale coastal change. *Geomorphology*, 199, 160-170.

Hughes, Z. J. (2012). Tidal channels on tidal flats and marshes Principles of Tidal Sedimentology (pp. 269-300): Springer.

Humphries, L. (2001). A review of relative sea level rise caused by mining-induced subsidence in the coastal zone: some implications for increased coastal recession. *Climate Research*, 18(1/2), 147-156.

Isayama, K., & Shaw, R. (2015). Lessons of health sector recovery on Tohoku disaster Tohoku Recovery (pp. 51-64): Springer.

Kaliraj, S., Chandrasekar, N., & Magesh, N. S. (2014). 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. *Environmental Earth Sciences*, 71(10), 4523-4542. doi: 10.1007/s12665-013-2845-6

Khalaf, F. (1988). Quaternary calcareous hard rocks and the associated sediments in the intertidal and offshore zones of Kuwait. Marine Geology, 80(1-2), 1-27.

Kondolf, G. M. (1997). PROFILE: Hungry Water: Effects of Dams and Gravel Mining on River Channels. Environmental Management, 21(4), 533-551. doi: 10.1007/s002679900048

Krinitzsky, H. (Cartographer). (2016). RapidEye images over the coast of Kuwait.

Laurel, G., Andrew, M., & Larson, R. (1998). Monitoring the Coastal Environment; Part IV: Mapping, Shoreline Changes, and Bathymetric Analysis. *Journal of Coastal Research*, 14(1), 61-92.

Li, R., Liu, J.-K., & Felus, Y. (2001). Spatial modeling and analysis for shoreline change detection and coastal erosion monitoring. *Marine Geodesy*, 24(1), 1-12.

Li, X., Liu, J. P., Saito, Y., & Nguyen, V. L. (2017). Recent evolution of the Mekong Delta and the impacts of dams. *Earth-Science Reviews*, 175, 1-17. doi: https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.10.008

Lipakis, M., Chrysoulakis, N., & Kamarianakis, Y. (2008). *Shoreline extraction using satellite imagery*, 81-95

Louati, M., Saïdi, H., & Zargouni, F. (2015). Shoreline change assessment using remote sensing and GIS techniques: a case study of the Medjerda delta coast, Tunisia. *Arabian Journal of Geosciences*, 8(6), 4239-4255. doi: 10.1007/s12517-014-1472-1

Moschella, P., Abbiati, M., éberg, P., Airoldi, L., Anderson, J., Bacchiocchi, F.,... Gacia, E. (2005). Low-crested coastal defence structures as artificial habitats for marine life: using ecological criteria in design. *Coastal Engineering*, 52(10), 1053-1071.

Neelamani, S., Uddin, S., & Anbazhagan, S. (2011). Kuwait Coastline Evolution during 1989-2007. Geoinformatics in Applied Geomorphology, 87.

Nicholls, R. J., & Mimura, N. (1998). Regional issues raised by sea-level rise and their policy implications. *Climate Research*, 11(1), 5-18.

Orviku, K., TH., Aps, R., Kotta, J., Kotta, I., Martin, G.,... Zalesny, V. (2008). Environmental impact of port construction: Port of Sillamäe case study (Gulf of Finlad, Baltic Sea). IEEE - Inst Electrical Electronics Engireers Inc, 350-359.

Ouma, Y. O., & Tateishi, R. (2006). 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. *International Journal of Remote Sensing*, 27(15), 3153-3181. doi: 10.1080/01431160500309934

Oyedotun, T. D. T. (2014). Shoreline geometry: DSAS as a tool for historical trend analysis. *Geomorphological Technique*, 1-12.

Ozturk, D., & Sesli, F. A. (2015). Shoreline change analysis of the Kizilirmak Lagoon Series. *Ocean & Coastal Management*, 118, Part B, 290-308. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.03009.

Pruszak, Z., & Zawadzka, E. (2005). Vulnerability of Poland's Coast To Sea-Level Rise. *Coastal Engineering Journal*, 47(02n03), 131-155. doi: 10.1142/s0578563405001197

Rahmstorf, S. (2007). A Semi-Empirical Approach to Projecting Future Sea-Level Rise. Science, 315(5810), 368-370. doi: 10.1126/science.1135456

Ryu, J.-H., Won, J.-S., & Min, K. D. (2002). Waterline extraction from Landsat TM data in a tidal flat: A case study in Gomso Bay, Korea. *Remote Sensing of Environment*, 83(3), 442-456. doi: http://dx.doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00059-7

Salghuna, N. N., & Bharathvaj, S. A. (2015). Shoreline Change Analysis for Northern Part of the Coromandel Coast. Aquatic Procedia, 4, 317-324. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.aqpro.2015.02.043

Schoellhamer, D. H., Manning, A. J., & Work, P. A. (2017). Erosion characteristics and horizontal variability for small erosion depths in the Sacramento-San Joaquin River Delta, California, USA. Ocean Dynamics, 67(6), 799-811. doi: 10.1007/s10236-017-1047-2

Somboon, J. (1990). Coastal geomorphic response to future sea-level rise and its Implication for the Low-lying Areas of Bangkok Metropolis.

Suo, A., & Zhang, M. (2015). Sea Areas Reclamation and Coastline Change Monitoring

by Remote Sensing in Coastal Zone of Liaoning in China. *Journal of Coastal Research*, 73(sp1), 725-729.

Thieler, E. R., Himmelstoss, E. A., Zichichi, J. L., & Ergul, A. (2009). The Digital shoreline analysis system (DSAS) Version 4.0 - An ArcGIS Extension for Calculating Shoreline Change Open-File Report (- ed.).

Trujillo, A. P., & Thurman, H. V. (2009). *Essentials of oceanography*. Nine edt. USA: Pearson Prentice Hall; ISBN 0-13-144773-4.

Zhang, X., Yang, Z., Zhang, Y., Ji, Y., Wang, H., Lv, K., & Lu, Z. (2018). Spatial and temporal shoreline changes of the southern Yellow River (Huanghe) Delta in 1976-2016. *Marine Geology*, 395, 188-197. doi: https://doi.org/10.1016/j.margeo.2017.10.006

قدم في: يناير 2018
أجيز في: يوليو 2018