The Importance of the Morph dynamic Approach to ntegrated Coastal Zone Management

Ahmed Al Hasem

Abstract: The Morph dynamic Approach is a modern approach that emerged in the late 1970s. This approach focuses on the complex mutual co-adjustment of the processes and forms in the coastal area. Its importance in coastal zone management is a necessity to avoid many problems and unfavorable impacts both on the natural environment and the human projects as a result of rapid change of coastal forms due to human interventions. Naturally, the change in the form of the coast may not cause disruption to the morph dynamic system, and may be has limited disruption temporally and spatially if it occurs rapidly, as the natural environment can restore the environmental equilibrium. However, if this change is due to human interventions, as a result of the technological and structural capacity of the human being in recent decades, it causes great disruption to the morph dynamic system. Under such circumstances, natural environment cannot adapt or make it difficult to restore equilibrium naturally, leading to risks and significant negative effects on the natural and human environment. For the purpose of sustainable coastal zone management in the future, the vital and important role of the morph dynamic approach in the phases of the full assessment of coastal environmental impact should be highlighted in order to optimize coastal access procedures, especially for the preliminary environmental impact assessment, preliminary design and finally the EIA.

Keywords: Morph dynamic Approach, Coastal zone management, Natural factor, Human activities, Coastal evolution.

أهمية المنهج المورفوديناميكي في الإدارة المتكاملة للنطاق الساحلي

أحمد مبارك الحصم*

ملخص: إن المنهج المورفوديناميكي منهج حديث ظهر في أواخر السبعينيات من القرن المنصرم، وهو يتلخص في إيجاد العلاقة المتبادلة بين العملية والشكل في النطاق الساحلي، ويعد ضرورة في إدارة النطاق الساحلي لتجنب كثير من المشكلات والآثار السلبية سواء على البيئة الطبيعية أو المشيدة نتيجةً للتغيرات السريعة في خصائص الشكل الساحلي؛ بسبب التدخلات البشرية. إن التغير في شكل الساحل طبيعياً قد لا يسبب إرباكاً للوضع المورفوديناميكي وقد يكون محدوداً زمنياً ومكانياً إذا حدث بشكل سريع؛ فالبيئة الطبيعية كفيلة بإعادة التوازن البيئي، أما إذا كان هذا التغير في الشكل بشرياً نتيجةً لقدرة الإنسان تكنولوجياً وإنشائياً خلال العقود الأخيرة فإنه يسبب إرباكاً كبيراً للنظام المورفوديناميكي ولا تستطيع البيئة الطبيعية التأقلم معه ومن الصعوبة إعادة التوازن له بشكل طبيعي؛ مما يفضي إلى مخاطر وآثار سلبية كبيرة على البيئة الطبيعية والمشيدة. ولإدارة أكثر استدامة للنطاق الساحلي في المستقبل يتوجب إبراز الدور الحيوي والمهم للمنهج المورفوديناميكي في مراحل التقييم الكامل للأثر البيئي الساحلي؛ ليكون ضمن إجراءات الوصول بالمشاريع الساحلية إلى الوضع الأمثل، خاصةً لمرحلة التقييم التمهيدي للأثر البيئي والتصميم التمهيدي، وأخيراً مرحلة التقييم التفصيلي للأثر البيئي.

المصطلحات الأساسية: المنهج المورفوديناميكي، إدارة النطاق الساحلي، العامل الطبيعي، الأنشطة البشرية، التطور الساحلي.

(*) قسم الجغرافيا، جامعة الكويت، دولة الكويت.

1 – مقدمة:

" ما يقارب ثلثي سكان العالم يعيشون على حزام ضيق من الأرض الملاصق مباشرة لحافة المحيط (السواحل)، .....، مثل هذا الضغط الناتج عن الوجود الكبير لهذا العدد من السكان يمكن ملاحظته ببساطة عن طريق النظر إلى الشواطىء العامة المزدحمة، وكذلك النمو الكبير للمظاهر العمرانية، من مثل الفنادق والمنتجعات والمدن الساحلية وشواطىء الاسترخاء؛ وهو ما أدى – في أغلب الحالات – إلى تدهور وتدمير القيمة الجمالية التي هي بالأصل الدافع والسبب لجذب البشر إلى السواحل" (Komar, 1998: 9).

إن الاقتباس (الترجمة) أعلاه يوضح الاهتمام الحالي بالمشكلات المتعلقة بالسواحل، من مثل هذه المشكلات لها آثار واضحة على الاتجاهات الإيكولوجية والاقتصادية والاجتماعية؛ وذلك نتيجة أن النظام الساحلي نظام غاية في الحساسية لأي متغيرات بعناصر النظام سواء كانت ناتجة من أسباب طبيعية أو بشرية؛ مما يؤدي إلى تدهور واضح للنظام ككل. وهذا ما تتميز به السواحل؛ كونها مناطق حساسة جداً للتغيير، وتصنف كواحدة من أكثر أجزاء الكرة الأرضية تعرضاً للمخاطر البيئية.

تتميز السواحل بخصائص كثيرة، تجعلها عرضة لتركز الأنشطة البشرية المتعددة فيها؛ فخلال القرن الماضي وبسبب الزيادة السكانية الرهيبة وسوء استخدام التكنولوجيا التي تطورت بشكل كبير ومعها أصبح الإنسان أكثر قدرة وسرعة على تغيير معالم البيئة الطبيعية، أدى هذان العاملان مجتمعين إلى استغلال السواحل بشكل عشوائي ومدمر في كثير من الأحيان، وعليه؛ تعرضت السواحل لكثير من الضغوط والتدخلات البشرية بشكل مدروس وغير مدروس؛ مما أثر في البيئة الساحلية على المستوى العالمي؛ فالإنسان يعتبر السواحل من أهم المناطق المرغوب بها بالنسبة للأنشطة الاقتصادية والصناعية والحضرية، ولهذا السبب تم استغلال قطاعات هائلة من الساحل، غالبيتها بشكل عشوائي ودون اعتبار لحساسية هذه القطاعات؛ مما نتج عنه آثار سلبية كبيرة سواء على البيئة الطبيعية للسواحل أو على كفاءة الكثير من الأنشطة البشرية الساحلية.

كما أن النظام البيئي للساحل يعتبر نظاماً حساساً وهشاً، وقد يتعرض هذا

النظام لاختلالات كبيرة في أثناء تنفيذ المشاريع التنموية التي يمكن اختزالها بمظاهر، أهمها زيادة عنصر أو نقصانه أو إضافته، سواء كان هذا العنصر على شكل مادة أو طاقة تؤثر تبعاً على بقية العناصر والعلاقات فيما بينها؛ مما يؤدي إلى خلل في النظام البيئي للساحل، كما أن طبيعة النظام البيئي للساحل باعتباره نظاماً مفتوحاً يتأثر بالمدخلات من قبل النظم البيئية المجاورة وتؤثر مخرجاته عليها. لذا فإن أي مدخلات لهذا النظام من قبل النظم البيئية الأخرى ربما يتصادف بنسق بيئي جديد ناتج من إفرازات المشاريع التنموية يترتب عليه تغييرات واضحة في العلاقات بين العناصر البيئية، التي قد تكون ذات أضرار وانعكاسات غاية في السلبية، والأمر متشابه مع مخرجات النظام المستحدثة بعد تطوير الساحل، وهي ما قد ينجم عنها تغييرات بيئية سلبية على النظم البيئية المجاورة. فالنظم البيئية الساحلية ذات حساسية عالية لأي تغييرات بعناصره، وتؤدي – في معظم الأحيان – إلى تغييرات في مجمل النظام البيئي، من شأنها التأثير – بشكل واضح – على مدخلات هذا النظام ومخرجاته، وقد ترتب على ذلك ظهور مطالبات بيئية كثيرة منذ أواخر القرن الماضي، هدفها المحافظة على طبيعة البيئة الساحلية من التدهور، وكذلك المحافظة على المنشآت البشرية التنموية المقامة على النطاق الساحلي من تناقص الأهداف المنشودة من إنشائها بسبب تعرضها للعمليات الساحلية من نحت أو إرساب ناتجة عن الأمواج والتيارات البحرية.

وبناءً على ما سبق ذكره وعلى أهمية النظام البيئي للنطاق الساحلي والأخطار المتوقعة على عناصره الطبيعية منها والمشيدة على المستويين المحلي والإقليمي فإن هذا البحث يشتمل على ما يلي: أولاً عناصر البحث؛ ثانياً الإطار النظري للدراسة موضحاً فيه ماهية المنهج المورفوديناميكي للساحل، والدراسات السابقة حول هذا الموضوع، ونظرة عامة على ضرورة عدم إهمال هذا المنهج في دراسات إدارة النطاق الساحلي Coastal Zone Management (CZM) وتقييم الأثر البيئي للساحل Environmental Impact Assessment (EIA) ضمن إطار "الضغط والحالة والأثر والاستجابة" "pressure-state-impact-response" framework (P-S-I-R) وعرض أمثلة على المستوى العالمي والإقليمي والمحلي توضح الآثار السلبية الناجمة عن إغفال المنهج المورفوديناميكي خلال تصميم وتنفيذ المشروعات التنموية المقامة على النطاق الساحلي.

2 – عناصر الدراسة:

2–1– مبررات الدراسة وأهميتها:

سعياً نحو الوصول إلى الوضع الأمثل عند إقامة المشايع التنموية على النطاق الساحلي في المستقبل، خاصة على المستويين المحلي والإقليمي يجب على المختصين في هذا المجال ومتخذي القرار الأخذ بأهمية الدراسة المورفوديناميكية للساحل في جميع مراحل تنفيذ المشروع؛ نظراً لتغير خصائص الساحل بعد المشروع واستحداث تغييرات بنيوية على شكل الساحل؛ مما يؤدي إلى بروز تغييرات واسعة على العمليات الساحلية؛ هذه التغييرات تستوجب دراستها والتنبؤ بها وسبل التخفيف من وطأتها على البنية الساحلية المطورة على المديين القصير والطويل؛ فطرق التحليل والتنبؤ بالتغييرات الساحلية بعد إقامة المشاريع الساحلية تعتبر رافداً مهماً لإدارة السواحل وهندستها، وعليها؛ يمكن توقع استجابة الساحل لمثل هذه التغييرات، التي من شأنها دعم عملية اتخاذ القرار وتحسنها، وعملية التصميم النهائي للمشروع؛ بمعنى آخر فإن الدراسة المورفوديناميكية للساحل تمهد لتحقيق إدارة وتخطيط وقرار أفضل مع تقليل المخاطر على البيئة الطبيعية والمشيدة عند التوجه للاستثمار البشري على النطاق الساحلي، وتعتبر رافداً مهماً للإدارة المستدامة للسواحل.

كما أن ندرة المصادر العلمية العربية المتطرقة لماهية وأهمية المنهج المورفوديناميكي أسهم بشكل أو بآخر في بروز كثير من المشكلات والاختلالات بعد تنفيذ كثير من المشروعات التنموية الساحلية خاصة على المستويين المحلي والإقليمي؛ حيث إن أغلب ما كتب حول السواحل العربية يندرج ضمن أثر التدخلات البشرية على النطاق الساحلي وباللغة الإنجليزية، وعادةً ما تركز هذه الدراسات على نتائج التدخلات البشرية وتغير طبيعة الساحل والتلوث؛ أي بشكل غير مباشر على تأثير هذه الأنشطة على مورفوديناميكية الساحل دون دراسة تفصيلية للتأثيرات المتبادلة بين العملية والشكل، بينما ما كتب باللغة العربية كبحوث متخصصة فهو محدود وعلى سبيل المثال: عبدالحميد، (2005)؛ الحارث، (2009)؛ الحمود، (2010)؛ الجنيد، (2012)؛ القصيبي، (2014).

ومن جهة أخرى هناك العديد من التقارير الحكومية أو لهيئات متخصصة تنشر على شكل مقالات في نشرات تابعة لها، استمدت المعلومات فيها من دراسات

فنية أو بحوث منشورة باللغة الإنجليزية، منها – على سبيل المثال لا الحصر –: مقالات في مجلة بيئتنا بتواريخ مختلفة وصادرة عن الهيئة العامة للبيئة بدولة الكويت، ومقالات في نشرات البيئة البحرية وسلسلة تقارير فنية صادرة عن المنظمة الإقليمية لحماية البيئة البحرية.

2–2– أهداف الدراسة:

تسعى هذه الدراسة بشكل محدد إلى تحقيق الأهداف الآتية:

1 – تعرف الدور الذي يؤديه المنهج المورفوديناميكي لمعرفة خصائص الساحل والتنبؤ بالتغييرات التي تطرأ عليه نتيجة للتدخلات البشرية.

2 – بيان أهمية عدم إغفال التحليل المورفوديناميكي في الدراسات الخاصة بإدارة النطاق الساحلي لاختيار حلول واقعية ومستدامة للمشاريع التنموية المستقبلية ضمن النطاق الساحلي.

3 – إثراء المكتبة العربية وتوسيع مدارك القارئ العربي وخاصة المختصين بالدراسات الساحلية ومتخذي القرار للأهمية المرجوة من دراسة الساحل ضمن نطاق المنهج المورفوديناميكي ولفتح باب النقاش لمزيد من البحوث في هذا المجال.

2–3– منهج الدراسة:

بالنظر إلى طبيعة الدراسة، فإنها تعتمد أولاً على المنهج الوصفي العلمي للمنهج المورفوديناميكي، ومن ثم المنهج الوصفي التحليلي لحالات قائمة، بالإضافة إلى حالات مستقبلية تم التخطيط لإقامتها؛ أي الاعتماد على توليفة ومراجعة تقييمية (Synthesis) لحالات توضح خطورة إغفال المنهج المورفوديناميكي بالدراسات المسبقة للمشاريع التنموية ضمن النطاق الساحلي، ويتم تحليل هذه الحالات تحليلاً مورفوديناميكياً بشكل مبدئي من قبل الباحث معتمداً على أساسيات المنهج المورفوديناميكي للساحل، وكذلك على أدوات بحثية كالمرئيات الفضائية والخرائط والمخططات الهيكلية لمشاريع مستقبلية.

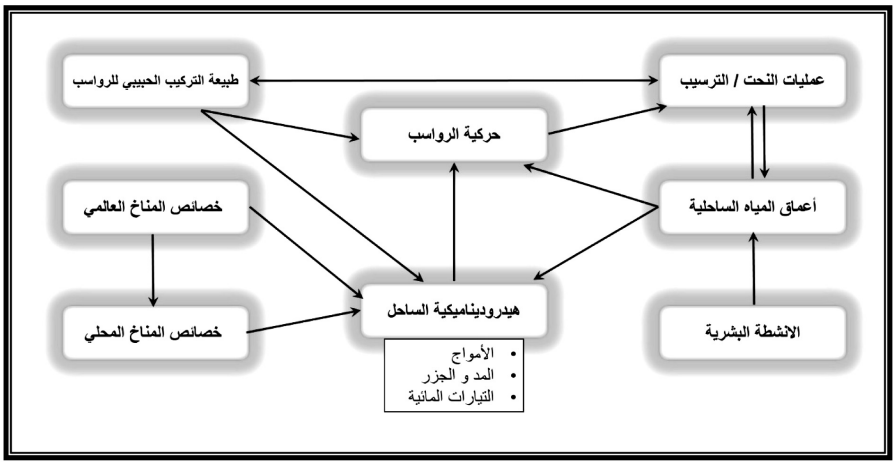
3 – المنهج المورفوديناميكي:

3–1– التعريف:

المنهج المورفوديناميكي منهج حديث أسس أواخر السبعينيات من القرن الماضي، وتم تطويره للنظم الساحلية في عام 1977 على يد Wright and Thom،

ويركز المنهج على العلاقة التبادلية المعقدة بين العمليات والأشكال الساحلية؛ بحيث يهتم بشكل متساو بكل من العمليات الساحلية والاستجابة المورفولوجية المصاحبة لها، وهذا يعني أن المنهج يهتم بكل من خصائص العمليات الطبيعية وخصائص التأثيرات على الأشكال الطبيعية الموجودة على الساحل ومن ثم تحليل التأثير المتبادل لكل منهما على الآخر، وعموماً مورفوديناميكية السواحل تتألف من ثلاثة أجزاء: حركية الماء، وطبوغرافية الساحل، وحركية الرواسب. فالعلاقة والتأثير (سواء كان إيجابياً أم سلبياً) بين هذه الأجزاء الثلاثة قد تكون معقدة بشكل كبير بسبب أن كل جزء يؤثر بالآخرين ويتأثر بهم، هذا بالإضافة إلى تعقيدات دخول قوى وتأثيرات خارجية للنظام قد تترك تأثيرها البالغ على العلاقة بين الأجزاء الثلاثة سالفة الذكر (الشكل 1). وبالاطلاع على الشكل يتبين وجود شبكة من التفاعلات المتبادلة بين المتغيرات، فالعمليات الهيدروديناميكية تعمل على نحت الرواسب ونقلها وترسبها، وهذه بدورها تؤثر في المظاهر المورفولوجية على كل من الساحل الأمامي والساحل الخلفي، وهذه التغييرات بالأعماق والأشكال الساحلية تؤثر على قوة العمليات الهيدروديناميكية فالتأثير المتبادل بين الطاقة والمادة يستمر إلى حين وصول النظام الساحلي إلى مرحلة الاستقرار والثبات.

وقد بيّن Wright and Thom, 1977 أن المنهج المورفوديناميكي ينطوي ويركز على تحليل كل من: (1) طبيعة التباين المكاني والزماني لظروف البيئة الساحلية المسؤولة عن الاختلافات في الخصائص المورفولوجية والمتضمنة مجموعة العوامل الأساسية الثابتة أو المتغيرة التي تعمل حالياً أو كانت تعمل بالماضي؛ (2) التفاعل والتبادل بين العمليات الهيدورديناميكية وحركية الرواسب التي تعمل ضمن النظام الساحلي، وتؤدي إلى بناء أشكال وتغيرات مورفولوجية؛ (3) التطورات المتعاقبة للأشكال المورفولوجية والتطابق الرسوبي على المديين القصير والطويل، وهي من شأنها تغيير العمليات الهيدروديناميكية، مع العلم أن الفئات الثلاث جميعها تعمل بشكل مترابط بعضها مع بعض وليس بشكل منعزل، وتتحكم بهذا التحليل عوامل، من أهمها الطبيعة الجيولوجية وخصائص الأشكال المورفولوجية السابقة وخصائص الرواسب (المادة) ووفرتها، وأخيراً وتيرة العمليات الساحلية (الطاقة) وحجمها وطبيعتها.



شكل (1): التفاعلات المتبادلة بين المتغيرات في مورفوديناميكية السواحل

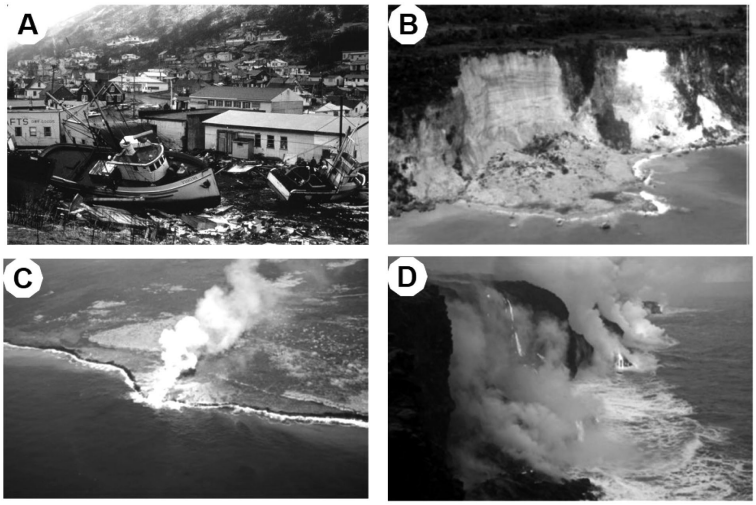
كما عرف Cowell & Thom, 1994 مورفوديناميكية السواحل بأنها نتاج العمليات التي تعمل على الساحل، وتتألف بشكل عام من العمليات الهيدرولوجية والمناخية والخصائص الجيومورفولوجية للساحل والطبوغرافية الساحلية السابقة. فالعمليات الهيدروديناميكية الساحلية، كالأمواج والتيارات، تؤدي إلى نحت لبعض نطاقات الساحل وترسيب في نطاقات أخرى؛ مما يؤدي إلى تغييرات في الأشكال الساحلية في نطاق الساحل الأمامي أو الخلفي، هذه التغييرات الناجمة – بطبيعة الحال – ستؤدي بدورها إلى التأثير على العمليات الساحلية، وهذا ما يطلق عليه التأثير المتبادل بين العملية والشكل، الذي توفر الدراسات المورفوديناميكية إطاراً لفهم هذا التفاعل والتأثير المتبادل بين القوى والتضاريس.

وتهتم النماذج المورفوديناميكية بتوليف وتركيب عدد من الأساليب البحثية كالدراسات الميدانية التجريبية والمختبرية والمحاكاة الحاسوبية بهدف استكمال الفهم لكيفية طبيعة السواحل وتطورها، وسبب أهمية النماذج المورفوديناميكية أنها تعمل على تبسيط الواقع والتحكم في المتغيرات، ومن ثم قياس العلاقة بين المتغيرات، كما أنها توفر الإطار الفكري والتصوري لنمط تطور السواحل، الذي من خلاله يمكن استقراء الاختلافات المكانية والزمانية (Carter & Woodroffe, 1994)؛ أي أن النماذج تسهم في فهم طريقة عمل النظام الساحلي وتغيره، بالإضافة إلى محاولة فهم مراحل تطور هذه الأشكال وصولاً إلى التنبؤ بوضعها مستقبلياً.

3-2- العامل الطبيعي:

إن التطور المورفوديناميكي للسواحل المستقرة تكتونياً يكون من خلال فترة زمنية طويلة بشكل تدريجي؛ بحيث يتأقلم النظام المورفوديناميكي مع هذه التغييرات، أما في حالة السواحل النشطة تكتونياً فالتغييرات المفاجئة بالعملية أو الشكل تؤدي إلى إرباك كبير في النظام المورفوديناميكي؛ مما يسهم في وجود اختلالات في العلاقة بين العملية والشكل، ينتج عنها وضع جديد في شكل السواحل، كما أن تقدير استجابة الأشكال الساحلية للأحداث نادرة الحدوث كالحركات التكتونية المفاجئة (تغير بالشكل) أو الأعاصير والتسونامي (تغير بالعملية) يجب أن يوضع بالحسبان خلال الدراسة، خاصةً دراسة التطور الزمني السابق والمستقبلي للأشكال الساحلية؛ حيث إن مثل هذه الأحداث النادرة قد تختصر الزمن الفعلي لتطور الأشكال الساحلية، وعليه؛ قد يتسبب إهمال هذه الأحداث النادرة إلى خطأ في تقديرات البعد الزمني للأشكال الساحلية (Woodroffe, 2002).

على سبيل المثال حدوث حركات تكتونية مفاجئة على السواحل قد يؤدي إلى رفع أو هبوط في الساحل؛ مما يفضي إلى تغير مفاجئ في شكل الساحل وخاصةً بالنسبة لأعماق المياه الساحلية وشكل خط الشاطئ، وهذا بدوره سيؤدي إلى التأثير على هيدروديناميكية العمليات الساحلية وحركية الرواسب؛ مما ينتج عنه وضع جديد بمعدلات ومواقع عمليات النحت والترسيب؛ فبعد زلزال ألاسكا العظيم عام 1964 الذي كان بقوة 9,3 على مقياس ريختر حدث كثير من التغييرات على خط الساحل؛ حيث هبطت قطاعات عديدة من الساحل تحت مياه المحيط، في المقابل حدثت عمليات رفع لعدد من قطاعات الساحل الأخرى، ونتج عن ذلك خط ساحل جديد مختلف عن خط الساحل ما قبل الزلزال (Lemke, 1967؛ الشكل: 2-A)، وفي يناير 2010 وقع زلزال في هايتي نجم عنه ما يقارب 7000 انهيار أرضي، بعضها كان لجروف على الساحل الجنوبي، وقد أدت هذه الانهيارات المفاجئة إلى تغيير طبوغرافية الساحل؛ مما ترتب عليه إخلال وتغيير في نمط العمليات الساحلية (Hayes *et al.*, 2010؛ الشكل 2-B).



شكل (2): أثر الزلازل والبراكين على تغير شكل السواحل

A. زلزال ألاسكا 1964 (Lemke, 1967) B. زلزال هايتي 2010 (USGS, 2015)

C&D. براكين خليج كايمو، هاواي (Umino *et al.*, 2006)

كما أن البراكين تعتبر عاملاً تكتونياً يسهم في تغيير سريع لشكل الساحل؛ فعلى سبيل المثال خليج كايمو في هاواي تعرض لتدفق الحمم البركانية لفترة زمنية تقارب خمس سنوات ونصف السنة ابتداءً من يوليو 1986، وحدثت خلال هذه الفترة ما يقرب من 48 ثورة بركانية، وقد أدى تدفق الحمم البركانية ودخولها الساحل إلى بناء خط جديد للساحل من الحمم البركانية، يمتد ما يقارب 300 متر داخل البحر من خط الساحل الأصلي، كما أنه خلال أشهر أغسطس وسبتمبر وأكتوبر فقط لعام 1990 دفنت حمم بركانية مساحة تقدر بـ 406820 متراً مربعاً من الساحل، ووصلت إلى أعماق –5 أمتار من الساحل الأمامي السابق؛ هذا التغيير السريع في المقياس الزمني الجيولوجي سيعقبه تغير في نظم العمليات الهيدروديناميكية كالأمواج والتيارات الساحلية (Uminoet al., 2006؛ الشكل: 2-C & 2-D). جميع ما تم ذكره من أمثلة لتغييرات مفاجئة على شكل الساحل ستؤدي – بطبيعة الحال – إلى إرباك النظم المورفوديناميكية السائدة قبل التغيير، التي هي – بطبيعتها – نظم تتجه إلى التوازن أو التغيير التدريجي خلال فترات زمنية طويلة، وعليه؛ سينتج علاقة جديدة بين العملية والشكل قد تفضي إلى بروز تغيير في النظم البيئية الساحلية قد يكون بعضها ذا مردود سلبي على البيئة الطبيعية أو المشيدة.

أما في خصوص التغييرات المفاجئة بالعملية فمن أبرزها الأعاصير التي تضرب السواحل أو التسونامي، والتي من شأنها إحداث تغير مفاجئ بقوة العملية ينجم عنها تغييرات سريعة بشكل السواحل (كتآكل السواحل والكثبان الرملية وتغييرات في خريطة الأعماق القريبة من خط الساحل) كلها تفضي إلى تغييرات في النظام المورفوديناميكي السائد على الساحل؛ فجزيرة Egmont Key – وهي جزيرة طولية صغيرة تقع على دلتا انحسار المد والجزر عند مدخل خليج تامبا في ولاية فلوريدا – بالولايات المتحدة – فقدت كمية رواسب ما يقارب 26500 متر مكعب خلال الفترة 1996–1997، في حين كان المتوسط السنوي لفقدان الرواسب خلال الفترة 1877–1996 (3360) متراً مكعباً؛ حيث تبين أن معظم كمية الرواسب المفقودة خلال 1996–1997 مسؤول عنها إعصار واحد، ويتضح أن معدل فقدان الرواسب السنوي تضاعف ما يقارب 7 أضعاف بسبب عاصفة واحدة فقط (Stott & Davis, 2003).

كما أن التغير في العملية الناجم عن أربعة أعاصير (hurricanes) ضربت سواحل ولاية فلوريدا خلال عام 2004، أدت إلى تغييرات واسعة على شكل السواحل؛ فمتوسط التغير في الساحل بسبب هذه الأعاصير يراوح ما بين تراجع بعض قطاعات الساحل بمقدار 20 متراً وقطاعات أخرى تقدمت بمقدار متر واحد، في حين قدر صافي كمية الرمال المنحوتة من الساحل ما بين 11 و 66 متراً مكعباً/متر (Sallenger *et al.*, 2006)، هذه التغييرات الواسعة لسواحل ولاية فلوريدا ما كانت لتحدث إلا خلال فترات زمنية طويلة ضمن الوضع الطبيعي للساحل، ولكن التغييرات المفاجئة للعملية خلال مرور الأعاصير أدت – بطبيعة الحال – إلى هذه التغييرات في شكل السواحل خلال فترة زمنية قصيرة في المقياس الزمني لتغير السواحل.

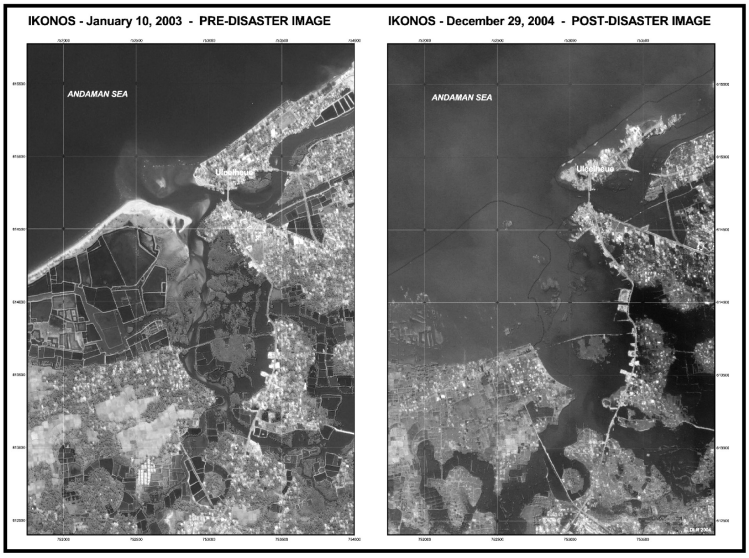
ولعل من أكثر الشواهد في وقتنا الحالي لتغير شكل السواحل بسبب التغير في العملية – شواهد إعصار ساندي 2012 الذي يعتبر من أضخم أعاصير المحيط الأطلسي تأثيراً على سواحل الولايات المتحدة الشرقية في وقتنا الحالي، هذا الإعصار تسبب في اختراق كثير من الحواجز الجزرية (Barrier Islands) المنتشرة على طول الساحل وتآكل كثير من الكثبان الساحلية، التي تتميز بكثافتها على الساحل الأطلسي للولايات المتحدة، ويوضح شكل 3 تأثير قوة إعصار ساندي على ساحل مانتولوكينج في ولاية نيوجيرسي؛ حيث اخترقت موجة الإعصار الحواجز الجزرية مسببة تآكلاً كبيراً في الساحل وتدميراً للطرقات والمنازل، ويلاحظ حجم

التغيير في شكل الساحل بعد مرور الإعصار؛ مما يسبب – بطبيعة الحالة – تغييراً في طبيعة العمليات الساحلية (Sopkin *et al.,* 2014).

شكل (3): أثر إعصار ساندي على ساحل ولاية نيوجيرسي (Sopkin *et al.,* 2014)

أما الأمواج الزلزالية (التسونامي) فهي تغير كبير وسريع في العملية لا يتجاوز الساعات ينجم عنه تغييرات كبيرة في شكل السواحل؛ مما يفضي إلى نظام مورفوديناميكي جديد (شكل 4)، وقد أشارت دراسة Bryant *et al.,* 1996 إلى أدلة واضحة لتغير سريع في تطور سواحل جنوب شرق أستراليا خلال أواخر عصر

البلاستوسين، وأثبتت الدراسة شمول تأثير التسونامي المتكرر بشكل كبير تفسير تغير شكل السواحل على مدى فترات قصيرة جداً من الزمن، أما في جنوب غرب المحيط الأطلسي فقد دلت نتائج دراسة Regnauld *et al.*, 2008 لطبيعة تطور سواحل جزر فوكلاند أن الوضع الطبيعي لحركة الرواسب في الأرخبيل يخضع لتأثير الأمواج الناجمة عن الرياح الغربية السائدة التي تتسبب في تدفق الرواسب من الغرب إلى الشرق، ولكن لوحظ تضاد في اتجاه تدفق الرواسب السائد (أي من الشرق إلى الغرب) قبل 1500 سنة، وذلك من خلال تحليل الكربون 14 المشع لبعض الرواسب، وهذا التضاد يتركز على سواحل الجزر الواقعة في الشمال الغرب ويختفي على سواحل الجزر الجنوبية، وقد خلصت الدراسة إلى أن هذه التحاليل نتجت بسبب تأثر الجزر الشمالية بتسونامي، قادم من الشمال قبل 1500 سنة بشكل مباشر بينما الجزر الجنوبية كانت محمية من تأثيره.



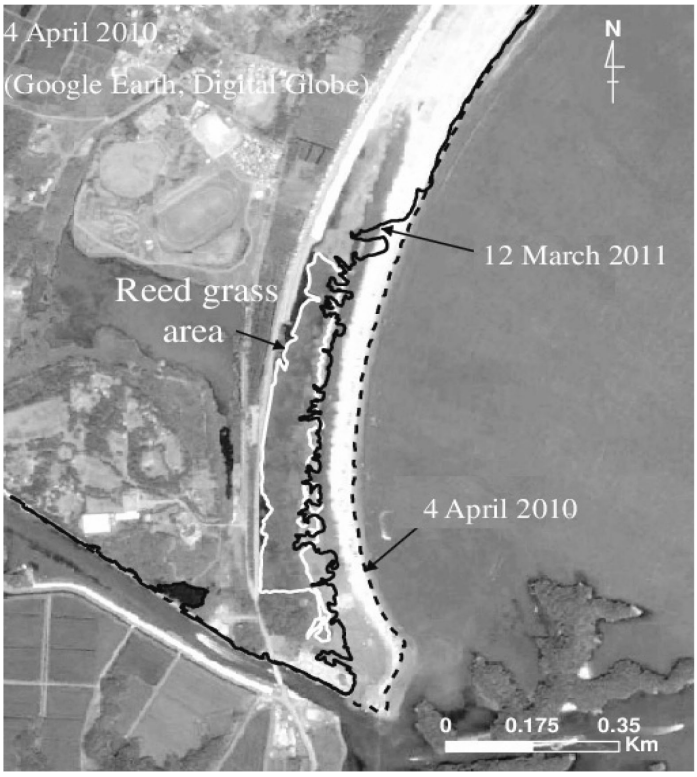
شكل (4): التغيرات الكبيرة في شكل الساحل بعد تسونامي المحيط الهندي عام 2004

المصدر: http://rpi-cloudreassembly.transvercity.net/category/joshuas-research/

وفي سيريلانكا اتضح بناءً على دراسات لشكل السواحل وخريطة الأعماق لفترات قبل وبعد أشهر تسونامي في المحيط الهندي خلال العقود الأخيرة، وقد حدث في عام 2004 أن موجة التسونامي نقلت كميات ضخمة من الرواسب من قاع

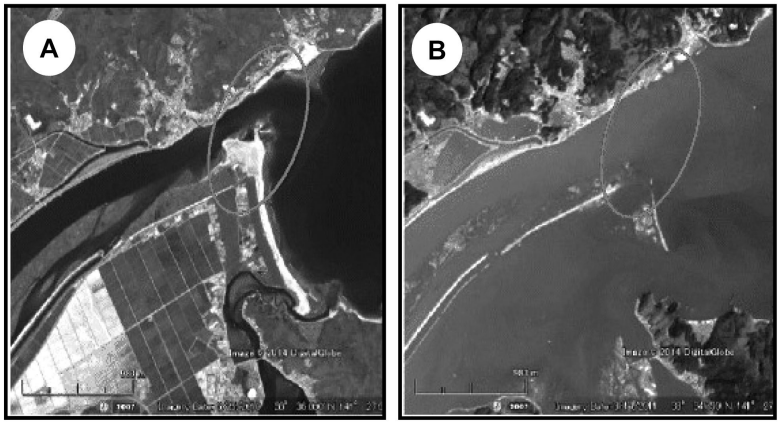
المحيط ورسبتها في طبقة يصل سمكها إلى 4 أمتار على طول المنحدرات الساحلية في بعض نطاقات الساحل الشرقي للجزيرة (Goto *et al.*, 2011).

وتتضح الصورة بشكل جلي لتغير شكل السواحل نتيجة لتغير العملية في أثناء التسونامي المدمر الذي ضرب سواحل اليابان عام 2011؛ فقد خلصت دراسة Adityawan *et al.*, 2014 إلى أن قاع الساحل الأمامي لساحل أشينوماكي تعرض لنحت شديد يراوح ما بين 0,32 و 0,91 متر، هذا، بالإضافة إلى تراجع خط الساحل بشكل كبير وبخاصة اللسان الرملي شمال مصب نهر ناريوس (شكل 5)، في حين أعطت دراسة Tanaka *et al.*, 2014 مثالاً واضحاً عن طريق عرض مرئية فضائية لشكل مصب نهر كيتاكامي في اليابان قبل تسونامي 2011 وبعده؛ حيث بينت هذه المرئية حجم التغير الكبير في مورفولوجية مصب النهر (شكل 6).



شكل (5): التغير والنحت الواضح للجزء الغربي من ساحل أشينوماكي، اليابان

المصدر: Adityawan*et al.*, 2014



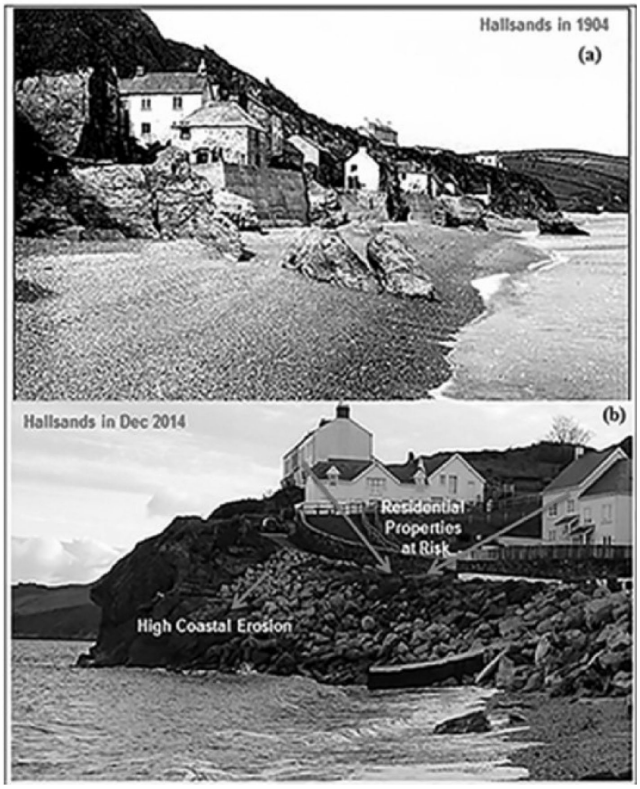
شكل (6): النحت الكبير للسان الرملي عند مصب نهر كيتاكامي قبل (A) و بعد (B) التسونامي (المصدر: Tanaka *et al.*, 2014)

كما أن تغير شكل السواحل بسبب التسونامي يترتب عليه تغير في نمط حركية المياه والرواسب Hydro- and Sediment Dynamics؛ فعلى سبيل المثال التغييرات في مورفولوجية مصب نهر ناتوري ونهر ناريوس في إقليم توهوكو في اليابان، الناجمة عن تسونامي 2011 تسببت في تغييرات جديدة بدفعة المد والجزر Tidal Prism (العلاقة بين الحجم المدي للمياه الداخلة للمصب في أثناء المد وللمياه الخارجة من المصب في أثناء الجزر)، التي بدورها أدت إلى نمط جديد في حركية الرواسب في المصب واختلافات في عمليات النحت والترسيب (Roh *et al.*,, 2016).

3-3- العامل البشري:

يتلخص تأثير العامل البشري على مورفوديناميكية السواحل بالتدخل السافر منذ بدايات القرن الماضي في شكل السواحل، وذلك بسبب زيادة قدرة الإنسان على التغيير معتمداً على الوسائل والمعدات الإنشائية الحديثة، ويعود التدخل في شكل السواحل من قبل الإنسان في تغير الأعماق الطبيعية للنطاق الساحلي، بزيادة أو تقليل للأعماق أو عن طريق البناء والتغيير في طبيعة خط الساحل، كما يمكن تمثيل هذا التدخل في تغير أعماق السواحل بعمليتين جُبل الإنسان على تنفيذهما: أولاً – عمليات الردم التي تتم في القطاع الأمامي للساحل؛ ثانياً – عمليات الجرف سواء في القطاع الأمامي أو الخلفي من الساحل، كلتا العمليتين إذا ما تمت بطريقة حكيمة ومدروسة فإنها تؤدي بطبيعتها إلى التأثير على العمليات الساحلية السائدة؛ مما سبب خللاً في النظام المورفوديناميكي ينتج عنه نمط مفاجئ للعلاقة بين العملية والشكل،

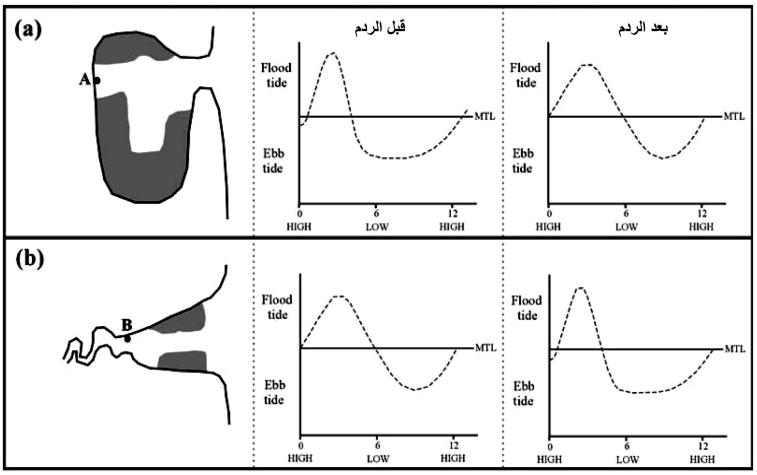
التي كثيراً ما تفضي إلى خلق مشكلات بيئية سواء على النظام الطبيعي للساحل (فيزيائياً أو كيميائياً أو بيولوجياً) أو على المنشآت البشرية التي أقيمت ضمن نطاق السواحل المستغلة بشرياً أو بالقرب منها، فعلى سبيل المثال حدث في أواخر القرن التاسع عشر عملية تجريف واسعة لرواسب خط الساحل ونطاق انكسار الموجة في خليج ستارت في ديفون جنوب غرب إنجلترا، كان الهدف من هذا التجريف الحصول على الحصى اللازم لبناء ميناء بليموث، وأفضت عملية الجرف هذه لقطاع الساحل الأمامي وما تبعه من زيادة الأعماق إلى زيادة نشاط الأمواج النحتي لخط الساحل والمنحدرات الساحلية، ونتيجةً لذلك فقدت أجزاء من قرية هالساندس Hallsands الواقعة خلف خط الساحل الحصوي (شكل 7) نتيجة نحت الأمواج (French, 1997).



شكل (7): زيادة عملية النحت على ساحل قرية هالساندس في خليج ستارت جنوب غرب إنجلترا

(المصدر: Kantamaneni, 2016)

وعلاوة على ذلك يمكن أن تتباين الآثار البيئية الناجمة عن التدخلات البشرية في المسطحات البحرية الداخلية، كالخلجان والمصبات النهرية والقنوات المدية والأخوار، هذا التباين نتيجة للتباين في شكل المسطحات البحرية والأعماق، فتعرض أجزاء من هذه المسطحات للجرف أو الردم سيؤثر بشكل كبير على منحنيات تيارات المد والجزر؛ أي العمليات السائدة في المسطحات البحرية الداخلة في اليابس (شكل 8)، وهذه التغيرات في منحنيات تيار المد والجزر ستفضي إلى تغييرات مصحوبة بعمليات النحت والإرساب على البُعد المكاني (Carter, 1988).



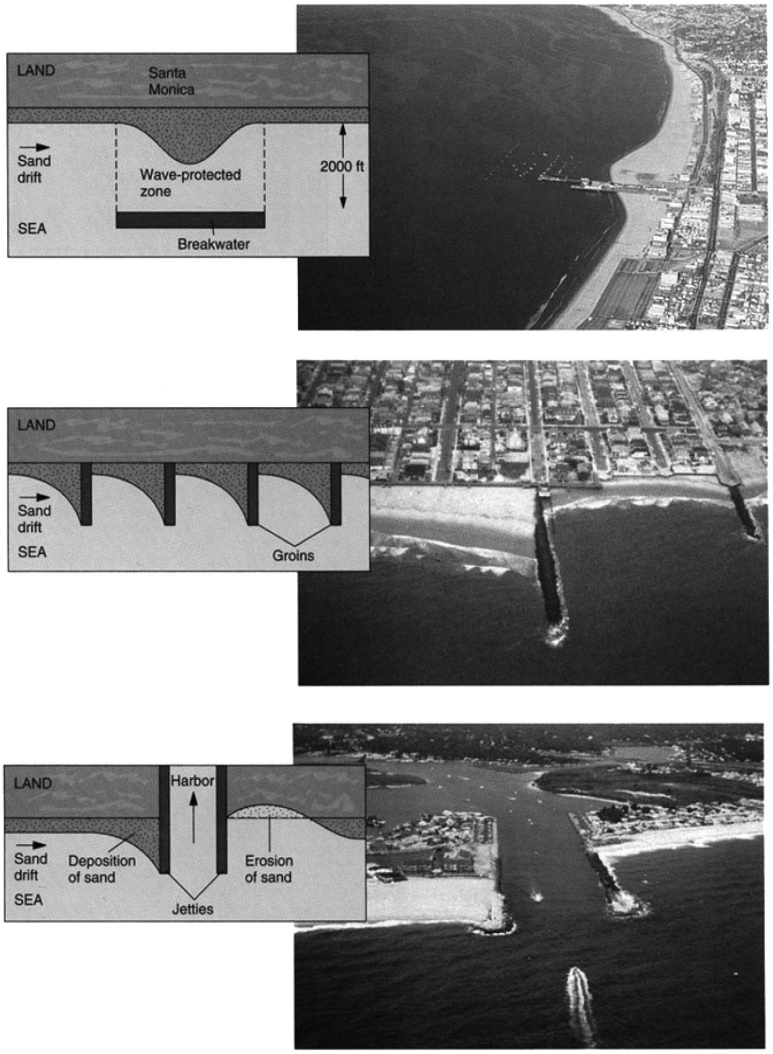
شكل (8): التغير في منحنيات تيارات المد والجزر بعد التدخلات البشرية في تغير شكل الساحل

(المصدر: Carter, 1988)

أما التغيير في خط الساحل، وذلك من خلال بناء هياكل إسمنتية، فقد يؤدي إلى تغيرات كبيرة في الدورة الطبيعية للساحل من حيث طبيعة النحت والإرساب ونقل الرواسب، وكل مما سبق قد يفضي إلى إيجاد تغير مفاجئ وسريع في النظام المورفوديناميكي للساحل واستحداث مدخلات ومخرجات جديدة لا تتناسب مع الدورة الطبيعية للساحل، وهذا – بطبيعة الحال – سيجعل المناطق الساحلية الحساسة تحت ضغط شديد لتغير بيئي مع آثار ردود فعل واسعة بين النظم الطبيعية والنظم البشرية.

وهناك أمثلة واقعية كثيرة عن تغيرات حدثت في الساحل نتيجة تدخلات

بشرية في تغير شكل الساحل؛ بهدف إنشاء وسائل الحماية البحرية كالأرصفة البحرية أو الحوائط البحرية أو حواجز الأمواج سواء المغمورة أو المنفصلة، وشكل 9 يشرح بعض المخططات التفاعلية والواقعية لتأثير التدخل البشري بتغير شكل الساحل، ونتائج ذلك على العمليات وتطور الأشكال الساحلية.



شكل (9): المخططات التفاعلية والواقعية لتأثير وسائل الحماية البحرية (Plummer et al, 1999)

كما أن هنالك تأثيراً بشرياً على النظم الطبيعية المجاورة أو حتى البعيدة عن الساحل، وهذا التأثير يكون بشكل أو بآخر على طبيعة النظام المورفوديناميكي للساحل، على سبيل المثال، إنشاء السدود في الأنهار من شأنه أن يقلل التغذية السنوية بالرمال لسواحل الدلتات Deltas والمصبات النهرية Estuaries؛ مما يسهم بسرعة تآكل هذه السواحل، وأقرب مثال يمكننا الاستشهاد به هو نهر النيل؛ حيث إن ما يقارب 60 إلى 180 مليون طن من الرواسب وما يراوح بين 18×10^9 و 55×10^9 متر مكعب من المياه كانت تنقل من نهر النيل إلى البحر المتوسط سنوياً قبل بناء السد العالي في عام 1964 (El Din, 1977)، وبسبب حجز المياه والرواسب بعد بناء السد العالي نتج عنه نقص كبير للرواسب الداخلة لساحل البحر المتوسط من فرعي دلتا النيل، نتج عن ذلك تآكل كبير في خط الساحل على جانبي مصب فرعي الدلتا، والسبب هنا يعود إلى وجود تيار محاذ للساحل Longshore Current يقوم بعملية نحت للساحل، وقبل بناء السد العالي كانت كمية الرواسب الداخلة للبحر من الدلتا تقوم بإعادة الميزان الرسوبي، وذلك بتعويض كميات الرواسب المنحوتة من قبل التيار المحاذي للساحل، ولذلك كان هناك نوع من التوازن الطبيعي بين كميات الرواسب المنحوتة والرواسب الداخلة للنظام الساحلي على جانبي فرعي الدلتا، وبعد بناء السد العالي تم الإخلال بهذه المعادلة الطبيعية بسبب التدخل البشري مما نتج عنه سرعة في عمليات تآكل السواحل (Firhy, 1988; Fanos, 1995; Stanley, 1996; El Banna and Frihy, 2009).

أما المثال الآخر للتأثير البشري على النظم الطبيعية المجاورة للساحل فهو التصحر؛ ففي السواحل الواقعة في المناطق الجافة وشبه الجافة تتأثر بشكل كبير بعمليات الترسيب الريحي، الذي يعتبر مصدراً رئيساً للرواسب يغذي نطاقات الساحل الأمامي، ومن شأنه إحداث تغير في طبوغرافية قاع الساحل الأمامي وأعماقه، وبناءً عليه تتأثر العمليات الهيدروديناميكية، وقد كشفت دراسة الخصائص المعدنية لرواسب المسطحات المدية على طول الساحل الغربي لخور الصبية أن المصدر الرئيس للرواسب هو الإرساب الريحي (سواء بواسطة الترسيب الناجم عن عمليات التعليق أو الزحف) ويقدر بـ 51% من إجمالي الرواسب (Al-Bakri & El-Sayed, 1991)، وبالمقارنة بين تأثير تغذية الساحل الأمامي بالرواسب الريحية خلصت دراسة Al-Hasem (2002) إلى أن الرواسب الريحية في

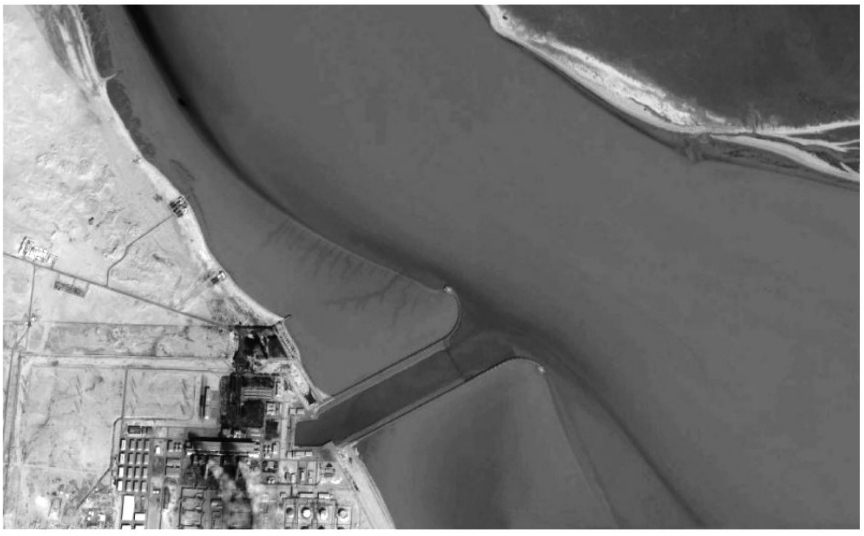
المسطحات المدية على الضفة الغربية لخور الصبية أعلى بكثير من مثيلتها على طول الضفة الشرقية للخور؛ وذلك لتأثر الضفة الغربية بقربها من الصحراء العراقية وحزام القشعانية الرملي في شمال شرق دولة الكويت، وبسبب دخول كميات كبيرة للرواسب الريحية للضفة الغربية نتج عنه ضحالة الأعماق مقارنةً بالضفة الشرقية، لذا عملت على تباين في العمليات الهيدروديناميكية وخاصةً تيارات المد والجزر، وبناءً عليه؛ فإن زيادة التصحر بسبب الأنشطة البشرية في المناطق الجافة وشبه الجافة القريبة من السواحل ستزيد كمية الرواسب الريحية الداخلة للنطاق الساحلي، وعلى المدى الطويل سيؤثر على طبوغرافية الأعماق؛ أي بمعنى تغير في الشكل سينجم عنه تغير في العمليات الهيدروديناميكية سواء الأمواج أو التيارات الساحلية.

4 – التدخلات البشرية على النطاق الساحلي في الكويت:

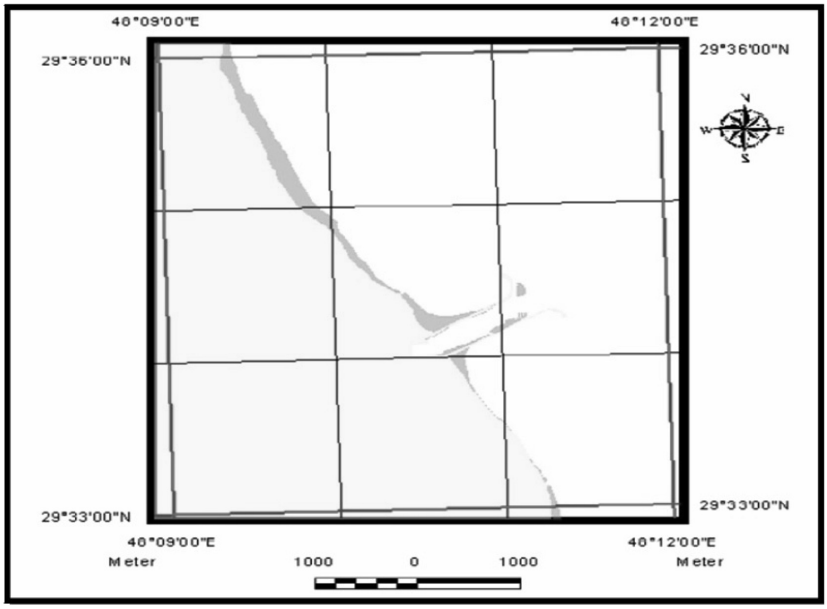
سيخصص هذا المبحث لحالات الاختلالات المورفوديناميكية لبعض المشاريع التنموية الساحلية في دولة الكويت، بعض هذه المشاريع قائم وأخرى قيد التنفيذ وأخرى مستقبلية، ولأجل الاختصار هنا سيتم بحث مشروع واحد لكل هذه الحالات.

أفضل مثال بالنسبة للمشاريع القائمة هو محطة الصبية لتوليد الطاقة؛ إذ بدئ العمل في المحطة منذ بداية القرن الحالي، وقد تم بناء رصيف سحب مياه البحر (Seawater Intake Pumping Structure) على مدخل خور الصبية، وهو رصيفان خرسانيان يمتدان لمسافة ما يقارب 1000 متر إلى داخل الخور؛ أي إغلاق ثلث عرضه البالغ في هذا القطاع ما يقارب 3000 متر (شكل 10)؛ وقد أدى إنشاء هذا الحاجز الخرساني إلى إرباك كبير في العملية السائدة في خور الصبية، المتمثلة في تيارات المد والجزر، ويتميز الخور بسرعة تيارات المد والجزر خاصةً خلال فترات المد الربيعي Spring Tide وتكون المياه محملة برواسب عالقة من الطين بكميات كبيرة، ونتيجةً لذلك التغير السريع بالشكل اختلت العملية فأصبح جانبا الرصيف الخرساني تراكم الرواسب الطينية؛ فمن المعروف أن المسطحات المدية (قطاع من الساحل يظهر خلال الجزر ويغطى بالمياه في أثناء المد) ينقسم إلى ثلاثة قطاعات: القطاع المنخفض وهو يغطى بالمياه 75% من أيام السنة؛ القطاع الأوسط ويغطى

بالمياه 50%؛ والقطاع الأعلى ويغطى بالمياه 25% فقط، وفي حالة المسطحات المدية حول الرصيف الخرساني فإن القطاع الأعلى يمثل جزءاً كبيراً منه بسبب الترسبات الهائلة لتعرض تيارات المد والجزر لعائق يمنع استمرارية جريانها، هذه الكميات الهائلة من الترسبات الطينية وصلت إلى المدخل المفترض من بنائه سحب كميات من مياه البحر لغرض التقطير والتبريد، هذا بالإضافة إلى كون مياه البحر المسحوبة في تلك المنطقة تحتوي على كميات كبيرة من الرواسب العالقة، في النهاية برزت مشكلة دائمة متمثلة في زيادة تراكم الرواسب الطينية داخل مدخل سحب مياه البحر في المحطة؛ أي تقليل عمق المدخل فينتج عنه قلة المياه المسحوبة، وتوضح دراسة Neelamani & Saif ud din (2010) التغييرات المورفولوجية للساحل حول الرصيف الخرساني خلال الفترة ما بين 1989 و 2007؛ حيث تعرض الساحل لإرسابات هائلة تقدر بعدة مئات من الأمتار؛ نتيجة لتراكم الرواسب العالقة لمدة 18 سنة، وذلك باستخدام تقنية الاستشعار عن بُعد (شكل 11).



شكل (10): مرئية فضائية لمدخل محطة الصبية لتوليد الطاقة بتاريخ 16 يناير 2017 (المصدر: Google Earth, 3/5/2018).



شكل (11): تغير خط الساحل ما بين 1989 و2007 حول الرصيف الخرساني لمحطة الصبية لتوليد الطاقة (Neelamani & Saif ud din, 2010)

إن بروز هذه المشكلة يمثل تحدياً كبيراً لاستمرار المحطة بإنتاج الطاقة الكهربائية والمياه المحلاة، وهي ناجمة في الأساس من سوء اختيار الموقع المناسب لمثل هذا المشروع الحيوي، فموقع المحطة – إضافة إلى كونه يتميز بسرعة التيارات وكميات الرواسب العالقة – يتميز أيضاً بالفارق المدي الكبير Tidal Range (المسافة الرأسية بين المد والجزر)، الذي يصل خلال فترات المد الربيعي إلى ما يقارب 4 أمتار، يؤدي هذا إلى انخفاض منسوب المياه خلال فترات الجزر؛ مما يعني قلة كميات المياه المسحوبة وغزارة الرواسب العالقة خاصة مع اتساع المسطحات المدية حول رصيف المدخل، ولتجاوز هذه المشكلة اضطر إلى الاستعانة بشركات وتحت بنود تكاليف، إضافة إلى العمل على التخلص وبشكل دوري من هذه الرواسب الطينية المتراكمة داخل المدخل الاصطناعي؛ بمعنى آخر زيادة تكلفة الإنتاج نتيجة لتكلفة تعميق المدخل بشكل متكرر ودائم، كما أن مشكلة نقل الرواسب المجروفة وردمها يتمثل في معضلة أخرى قد تتفاقم مستقبلاً بتخصيص الموقع الأمثل لردم مثل هذه الرواسب؛ بحيث لا يمثل تهديداً للبيئة الطبيعية والمشيدة.

أما المشاريع قيد التنفيذ فإن مدينة صباح الأحمد البحرية أبرز مثال لتغير شكل الساحل بشرياً في الكويت، وهو مشروع حيوي ضخم يقع على الساحل الجنوبي لدولة الكويت، ساحل الخيران كان خورين طبيعيين (خور الأعمى وخور المفتح) محاطين بمساحات واسعة من السبخات الساحلية والفرشات الرملية، تم البدء بالأعمال الإنشائية لمدينة صباح الأحمد البحرية في عام 2002، وذلك من خلال خمس مراحل تهدف في النهاية إلى إنشاء مدينة سكنية متكاملة من خلال شق القنوات المائية الاصطناعية وتغذية شواطئها برمال صحراوية مغسولة، وبهذا المشروع تغيرت جيومورفولوجية المنطقة (القصيبي، 2014).

ما يهمنا في هذا المبحث هو التغييرات التي طرأت على ساحل الخيران. يوضح جدول (1) طول خط الساحل ومساحة مسطحات الأخور في عامي 2000 و2013 أي قبل بدء المشروع وبعد الأنتهاء من المرحلة الثالثة للمشروع، كما أن شكل 12 يوضح، من خلال المرئيات الفضائية، التغييرات الهائلة في خط الساحل ومساحة المسطحات المائية قبل إنجاز المرحلة الثالثة من المشروع وبعدها، وهناك مشكلة متمثلة في المياه الراكدة وتحسين عملية دوران طبيعية للمياه في تفرعات القنوات البعيدة عن مدخل الخور، التي لا يمكن لعملية تبادل المياه بين البحر المفتوح والأخوار نتيجة لظاهرة المد والجزر، ولتجاوز هذه المشكلة تم وضع حل يتمثل في إنشاء ثلاث بوابات معدنية ضخمة تحت الجسور للتحكم بتدفق مياه المد ولضمان جريان المياه باتجاه واحد لتمكينه من عبور المناطق الراكدة (مجلة بيئتنا، 2011).

جدول (1)
التغير في طول الساحل ومساحة مسطح الأخوار قبل بدء المشروع وبعد إنجاز المرحلة الثالثة للمشروع (المصدر: أحمد محمد القضيبي، 2014)

	2000	2013
خط الساحل (كم)	22,66	109,42
مساحة مسطح الأخوار (كم^2)	4,55	10,88

شكل (12): التغييرات التي طرأت على موقع المشروع قبل البدء في المشروع وبعد إنجاز المرحلة الثالثة منه

(المصدر: صحيفة الوسط البحرينية، 2016).

إن المعضلة المورفوديناميكية الأخرى تتمثل في زيادة مساحة المسطحات البحرية؛ حيث سيبلغ طول خط الساحل المستحدث بعد نهاية كامل مراحل المشروع في المستقبل ما يقارب 203 كيلومترات، وأن كمية مياه البحر اللازمة لغمر القنوات والممرات المائية تقدر بما يزيد عن 82 مليون و800 ألف متر مكعب عند الإنتهاء من كامل المشروع (شركة لآلىء الكويت العقارية، 2018)، وعليه؛ فإن ظاهرة ستستحدث أو ستزداد بشكل كبير بسبب تغير شكل القنوات الداخلية وزيادة سعتها وهي ما يطلق عليها Reversing Falls، وهذه تحدث عادة عندما يفصل ممر ضيق البحر المفتوح عن قنوات أو بحيرات داخل اليابس؛ فخلال فترة المد ترتفع المياه في البحر المفتوح بشكل أكبر من القنوات الداخلية، وتبعاً لنظرية الأواني المستطرقة للسوائل فإن المياه تمر بشكل سريع عبر الممر الضيق لضمان بقاء مستوى الحوض الداخلي بالمنسوب نفسه، وكذلك الوضع خلال فترة الجزر فإن المياه في البحر المفتوح تنخفض بسرعة أكبر من الداخل؛ مما يؤدي إلى سرعة تيار المياه خلال الممر الضيق أو المدخل المائي الذي يصل مياه المشروع في البحر المفتوح، وهذا ما يطلق عليه مصطلح Channelise؛ بمعنى آخر فإن كمية المياه اللازمة لتعبئة الخيران قبل بدء المشروع كانت صغيرة مقارنةً بالكمية اللازمة

لتعبئة جزء كبير من القنوات والممرات المائية بعد الانتهاء من المشروع كاملاً، منطقياً واستناداً لنظرية الأواني المستطرقة بثبات منسوب المياه بين البحر المفتوح والأخوار الداخلية فإن سرعة تيار المد الداخل ستزداد بشكل كبير لتعبئة الجزء الأكبر من القنوات خلال ساعات ارتفاع المياه. إن سرعة تيار المد الداخل ستتدفق بشكل سريع ومضطرب، وكذلك في أثناء فترة الجزر فإن سرعة التيار الخارج من المشروع إلى البحر المفتوح ستزداد للمحافظة على ثبات منسوب سطح البحر بين المسطحين، وإن لزيادة سرعة تيار المد والجزر خاصة عند مداخل المشروع أو القنوات القريبة من البحر – على سواحل البحر المفتوح القريبة من مداخل المشروع – تأثيراً كبيراً على عمليات النحت والترسيب قد ينتج عنه آثار سلبية مستقبلية على المشروع والسواحل القريبة منه، نظراً لضخامة المشروع وضخامة التغير من شكل الساحل؛ فالنتيجة المتوقعة تغير كبير في العملية المتمثلة في تغير سلوك تيارات المد والجزر، هذا التغير المتوقع قد يسبب إرباكاً في الوضع الطبيعي في العلاقة بين عمليتي النحت والترسيب؛ مما يفضي إلى تأثيرات سلبية مستقبلية على المنشآت البشرية؛ ومن ثم يضطر معها القيام بصيانة متكررة مكلفة لمحاولة القضاء على انتقاص المكاسب الاقتصادية والاجتماعية للمشروع.

أما النقطة التي يجب عدم إهمالها وقد تسبب مشكلة مستقبلية؛ فهي نطاقات التدفقات المضطربة في بعض المواقع داخل شبكة القنوات، التي تكون نتيجة لالتقاء تيارات مد وجزر متضادة الاتجاه Turbulence of tidal flow، وموقع أو حدة النطاقات المضطربة متغيرة تبعاً للتغييرات الشهرية لحالة المد والجزر، وقد يحدث نوع من الاضطراب في المياه (يطلق عليها محلية **دردور**) خاصة في النطاقات القريبة من مدخل المشروع بسبب سرعة التيارات، وهذه الاضطرابات قد تسبب نوعاً من الخطورة على مرتادي البحر، وكذلك لها أثر على عملية رفع الرواسب وإعادة ترسيبها؛ أي تحولات محلية في العلاقة بين النحت والترسيب.

وأخيراً – بخصوص مثال حول مشروع مستقبلي مقترح إقامتهُ في دولة الكويت يمكن أن تنتفي الفوائد المرجوة منه بسبب إهمال المنهج المورفوديناميكي في إدارة النطاق الساحلي للمشروع، وهو مشروع تنموي لإنشاء بحيرة بوبيان الاصطناعية على الساحل الغربي لجزيرة بوبيان؛ أي على الساحل الشرقي لخور الصبية (شكل 13)، هناك مقترحان لمدخل ومخرج بحيرة بوبيان: الأول أن يكونا طبيعيين مفتوحين على خور الصبية والآخر أن يتم إنشاء حاجز (Weir Structure)

على طول المدخل والمخرج يعزل البحيرة عن خور الصبية بشكل يمكن من خلاله التحكم بكميات المياه الداخلة والخارجة من البحيرة (Ministry of Public Works - Mega Projects Agency, 2006).

شكل (13): بحيرة بوبيان الاصطناعية

(المصدر: Ministry of Public Works - Mega Projects Agency, 2006).

وقد تم بيان مميزات كل مقترح ومساوئه؛ فالمقترح الأول مستبعد؛ كون البحيرة ستصبح جزءاً مرتبطاً بخور الصبية من حيث مستوى سطح البحر؛ مما سيؤدي إلى تذبذب مستوى سطح المياه في البحيرة تبعاً لطبيعة المد والجزر،

وبذلك ستقل القيمة الجمالية والاقتصادية للبحيرة، أما الآخر فإنه سيتم التحكم بمستوى سطح المياه داخل البحيرة؛ بحيث يكون قريباً من المستوى المناسب طوال الوقت؛ أي تقليل تأثير الفارق المدي، هذا بالإضافة إلى عزل البحيرة عن تأثير شدة التيارات المائية خاصة خلال فترة المد الربيعي، أما الرواسب فالمتوقع أن يدخل البحيرة ما يقارب 838 طناً متريا يومياً من الرواسب العالقة (المتمثل بالرواسب العالقة بالطبقة العليا من عمود الماء) وجزء قليل منها سيخرج من خلال مخرج البحيرة، والباقي سيترسب داخل البحيرة خاصةً المضايق الضحلة بين الجزر الاصطناعية المنتشرة في البحيرة؛ مما سيترتب عليه تغييرات مستقبلية بأعماق البحيرة وطبيعة شواطئها، هذا بالإضافة إلى الترسيب السريع والمتوقع للرواسب العالقة والزاحفة بالجزء الخارجي من مدخل البحيرة outer part of entrance (باتجاه خور الصبية).

إن أحد مميزات المدن الساحلية الحديثة يتمثل في التمتع بالأنشطة الساحلية المختلفة، التي تتمثل في الترفيه والاستجمام لسكان هذه المدن وزوارها (Kiningsveld *et al.*, 2005)، ومن المقومات أن يكون الساحل مناسبة لمثل هذه الأنشطة كصفاء مياهه وقلة الرواسب العالقة؛ أي إن مجال الرؤية داخل الماء تكون عالية، ويتوقع أن هذه الميزة ستتأثر بشكل كبير بالنسبة لمشروع بحيرة بوبيان الاصطناعية نتيجة لطبيعة المياه الداخلة للبحيرة من خور الصبية.

5 – أهمية خضوع إدارة النطاق الساحلي للمنهج المورفوديناميكي:

إن المكون الطبيعي أو التشكيل الطبيعي للساحل تضم عناصره العديد من المشاهد الطبيعية الساحلية، مثل: الشواطئ والمنحدرات الصخرية والكثبان وألسنة الرمال ومسطحات المد والجزر ... إلخ، وجميعها تنتج عن انتقال الرواسب بفعل القوى الهيدروديناميكية مثل التيارات والأمواج والعمليات الهوائية، من مثل تساقط الغبار وزحف الكثبان الرملية من اليابس، ومن ثم تصبح المواد المكونة للساحل والقوى الهيدروديناميكية مقومين أساسيين للعمليات المورفوديناميكية.

وهنا تأتي أهمية المنهج المورفوديناميكي في دراسات إدارة النطاق الساحلي، فتحليل العلاقة بين الشكل والعملية السائدة على الساحل ضروري جداً في صياغة إستراتيجية ملائمة لمواجهة المشكلات التي قد تحدث عند تدخل البشر بمشاريعهم على خط الساحل، كما أن عملية إدارة النطاق الساحلي تسعى لاختيار حلول واقعية

ومستدامة للمشاريع التنموية المستقبلية ضمن النطاق الساحلي، لذا ينبغي أن تتوافر لدى مهندسي الساحل والمخططين والإداريين والمستثمرين في مجال التنمية والساسة المعنيين بالشؤون الساحلية معرفة عامة تتيح لهم تخطيط الأنشطة البشرية والتنموية على امتداد الساحل بطريقة مستدامة، لا تؤثر مستقبلياً على كل من البيئة الطبيعية والمنشآت البشرية، وتهدف إدارة النطاق الساحلي (CZM) إلى سد الفجوة ما بين مهندسي السواحل ومختصي البيئة الساحلية من ناحية، والمخططين وصناع القرار من ناحية أخرى، وتعتمد هذه الدراسات على إعداد مشاريع التقييم البيئي والمخططات الهيكلية على أساس القياسات البيئية، ومنها الخصائص الطبيعية والظروف المناخية وطبيعة وحركة الرواسب والخصائص الهيدرولوجية والبيولوجية، وتسعى هذه الدراسات نحو تحقيق التوافق والتكامل بين عناصر المنظومة البيئية والأنشطة المختلفة المزمع القيام بها ووضع التقارير النهائية للمشاريع.

ومن هنا يجب التوقف قليلاً قبل البدء ببناء المشاريع التنموية والبحث في الآثار البيئية السلبية التي قد تنجم عنها، كما يجب التأكيد هنا أن تكون الرؤية هي رؤية بيئية وتنموية توافقية ومحافظة وليست رؤية وقائية تعتمد على عدم استخدام البيئة إطلاقاً لأي سبب أو لأي مبرر سواءً كان للتنمية أو النمو الاقتصادي أم للتقدم والرقي والازدهار، كما أنها ليست رؤية استغلالية تقلل من أهمية التكاليف الاقتصادية للمشكلات البيئية تماماً، وتتهم بقية المدارس بالمبالغة الشديدة في تصوير مخاطر تلوث البيئة وتدهورها واختلال توازنها من جراء الأنشطة الاقتصادية، فالرؤية هنا تتلخص في إيجاد توافق بين الرؤية الوقائية والرؤية الاستغلالية؛ وذلك بهدف الحصول على أكبر قدر من المكاسب البيئية والاقتصادية؛ بحيث نضمن جانباً كبيراً من المحافظة على البيئة واستمرارية التنمية والنمو الاقتصادي.

وبما أن أغلب المشاريع التنموية الساحلية ستؤثر بشكل أو بآخر على طبيعة شكل الساحل فإن المنهج المورفوديناميكي ضروري للتنبؤ العلمي بالتغييرات التي ستحدث للعمليات الهيدروديناميكية بعد التغيير الناجم في شكل الساحل نتيجة لإقامة المشاريع التنموية؛ فمعرفة الآثار الناجمة عن التدخل البشري في الطبيعة الديناميكية للساحل يعتبر مدخلاً ضرورياً ومهماً لإدارة ناجحة. فدراسة النتائج المترتبة والمتوقعة على التدخلات البشرية مثل الأعمال الهندسية وتأثيرها على المديين القصير والطويل يجب أن لا يأخذ صفة الوصفية بل الصفة التجريبية

والكمية والتنبئية؛ سعياً لفهم ملاحظات التطور الساحلي وخاصة طويل المدى؛ بغرض دعم وتحسين عملية صنع القرار وعملية التصميم وتخفيف حدة الصراع المستأصل بين المهندسين وعلماء البيئة حول كيفية حل القضايا الساحلية؛ فهناك حاجة ماسة لتوفير نهج احتمالي لطبيعة العمليات الساحلية الناجمة عن التدخل البشري بتغير شكل الساحل على جميع مقاييس البُعد الزمني سواء الآنية أو الموسمية أو طويلة المدى، لذا فإن المفاهيم الأساسية لتطبيق النماذج المورفوديناميكية قد تسهم في تحسين تطوير خطط إدارة السواحل. خلاصة القول: إنه عند التخطيط لأي مشروع تنموي على النطاق الساحلي ويستلزم هذا المشروع تغيراً في طبيعة شكل الساحل لا بد من التنبؤ المبني على أسس علمية بالتغييرات المتوقع حدوثها في العمليات الساحلية وأخذ الاحتياطات المسبقة لتجنب التأثير السلبي على البيئة الطبيعية أو المشيدة.

المراجع:

الجنيد، صباح صالح. (2013). تقييم قابلية تأثر سواحل جزر مملكة البحرين بظاهرة تغير المناخ وارتفاع سطح البحر، **مجلة علوم البحار** – جامعة الملك عبدالعزيز، العدد 24 (1)، صفحة 121–152.

الحارث، عواطف الشريف علي. (2009). **التقييم البيئي للأنشطة البشرية في ساحل منطقة جازان بالمملكة العربية السعودية**، رسائل جغرافية، تصدر عن وحدة البحث والترجمة، قسم الجغرافيا بجامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية، العدد 354.

الحمود، مشاعل حمود. (2010). **المناشط البشرية وأثرها في تدهور البيئة الطبيعية بمنطقة الثمامة بالمملكة العربية السعودية**، رسائل جغرافية، تصدر عن وحدة البحث والترجمة، قسم الجغرافيا بجامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية، العدد 358.

شركة لآلىء الكويت العقارية. (2018). نبذة تعريفية عن مدينة صباح الأحمد البحرية في موقع الإنترنت لشركة لآلئ الكويت العقارية.
https://www.k-almarzouq.com/ar/la-ala.htm (2018/4/28)

صحيفة الوسط البحرينية. (2016). **صحيفة بريطانية: مدينة صباح الأحمد البحرية "معجزة في الصحراء"**، العدد 4996، تاريخ 11 مايو 2016.

عبدالحميد، عاطف معتمد. (2005). **رصد التدخل البشري في الهامش الساحلي لغرب الدلتا، تحليل بيانات مستشعرة عن بعد**، رسائل جغرافية، تصدر عن وحدة البحث والترجمة، قسم الجغرافيا بجامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية، العدد 300.

القصيبي، أحمد محمد. (2014). **التأثيرات البشرية في جيومورفولوجية سواحل دولة الكويت.** الكويت: مركز البحوث والدراسات الكويتية.

مجلة بيئتنا. (2011). **مدينة صباح الأحمد البحرية: كيف يصنع الكويتيون مدناً "خضراء"**، العدد 142، أكتوبر 2011، ص 18–27.

Adityawan, M., Dao, N., Tanaka, H., Mano, A. & Udo, K. (2014). Morphological changes along the Ishinomaki Coast induced by the 2011 Great East Japan Tsunami and the relationship with coastal structures. *Coastal Engineering Journal*, 56(3): 1450016, 21 pages.

Al-Bakri, D. & El-Sayed, M. (1991). Mineralogy and Provenance of clastic deposits of the modern intertidal environment of the Northern Arabian Gulf. *Marine Geology*, 92, 121-135.

Al-Hasem, A. M. (2002). Coastal morphodynamics of an open-ended tidal channel in an arid and mesotidal environment: Al-Subiya Tidal Channel, Kuwait. (Ph.D), The University of Queensland.

Bryant, E., Young, R. & Price, D. (1996). Tsunami as a Major Control on Coastal Evolution Southeastern Australia. *Journal of Coastal Research*, 12 (4), pp 831-840.

Carter, R. & Woodroffe, C. (1994). Coastal Evolution: An Introduction. In: R. W. Carter and C. D. Woodroffe (Eds), Coastal evolution: Late quaternary shoreline morphodynamic, Cambridge: Cambridge University Press, pp. 1-31.

Carter, R. W. (1988). *Coastal environments: An introduction to the physical, ecological and cultural aystems of coastlines*. London: Academic Press.

Cowell, P. & Thom, B. (1994). Morphodynamics of coastal evolution. In: R. W. Carter and C. D. Woodroffe (Eds), Coastal Evolution, Late Quaternary Shoreline Morphodynamics. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 33-86.

El Banna, M., & Frihy, O. (2009). Human-Induced changes in the Geomorphology of the northeastern coast of the Nile Delta, Egypt. *Geomorphology*, 107 (1-2), pp 72-78.

El Din, S. H. Sharaf (1977). Effect of the Aswan High Dam on the Nile Flood and on the Estuarine and coastal circulation pattern along the Mediterranean Egyptian Coast. *Limnology and Oceanography*, 22 (2), pp 194-207.

Fanos, AlfyMorcos (1995). The impact of human activities on the erosion and accretion of the Nile Delta Coast. *Journal of Coastal Research*, 11 (3), pp 821-833.

French, P. (1997). *Coastal and estuarine management*. London: Routledge.

Frihy, Omran E. (1988). Nile delta shoreline changes: Aerial photographic study of a 28 year period. *Journal of Coastal Research*, 4 (4), pp 597-606.

Goto, K., Takahashi, J., Oie, T. & Imamura, F. (2011). Remarkable Bathymetric change in the nearshore zone by the 2004 Indian Ocean Tsunami: Kirinda Harbor, Sri Lanka. *Geomorphology*, 127 (1-2), pp 107-116.

Hayes, G., Briggs, R., Sladen, A., Fielding, E., Prentice, C., Hudnut, K., Mann, P., Taylor, F., Crone, A., Gold, R., Ito, T. & Simons, M (2010). Complex rupture during the 12 January 2010 Haiti earthquake. *Nature Geoscience*, 3, pp. 800-805.

Kantamaneni, K. (2016). Counting the cost of coastal vulnerability, *Ocean & Coastal Management*, 12, 155-169.

Kiningsveld, M., Davidson, M. & Huntley, D. (2005). Matching science with coastal needs: The Search for appropriate coastal state indicators. *Journal of Coastal Research*, 21 (3), 399-411.

Komar, P. (1998). *Beach processes and sedimentation* (2nd Edition). New Jersey: Prentice Hall.

Lemke, R. (1967). *Effects of the earthquake of March 27, 1964, at Seward, Alaska*. Washington, Geological Survey Professional Paper 542-E.

Ministry of Public Works - Mega Projects Agency (2006). Boubyan Island project (Environmental Assessment & Master Plan). Ministry of Public Works, Kuwait.

Neelamani & Saif ud din (2010). Evolution of coast in the vicinity of a aeawater intake structure in Kuwait, *International Journal of Imaging*, 3 (S10), pp 3-22.

Plummer, C., McGeary, D. & Carlson, D.H. (1999). *Physical geology*. McGraw-Hill, Toronto.

Regnauld, H., Planchon, O. & Goff, J. (2008). Relative roles of structure, Climate, and of a Tsunami event on coastal evolution of the Falkland Archipelago. *Geomorphologie,* 1, pp 33-44.

Roh, M., Mitobe, Y. & Tanaka, H. (2016). Morphological characteristics of river mouths after the 2011 Tohoku Tsunami in Miyagi Prefecture. In: V. Santiago-Fandino, H. Tanaka and M. Spiske (Eds),Tsunami and Earthquakes in coastal environments. Springer International Publishing Switzerland, pp. 137-152.

Sallenger, A., Stockdon, H., Fauver, L., Hansen, M., Thompson, D., Wright, C. & Lillycrop, J. (2006). Hurricanes 2004: An overview of their characteristics and coastal change. *Estuaries and Coasts,* 29 (6), pp 880-888.

Sopkin, K., Stockdon, H., Doran, K., Plant, N., Morgan, K., Guy, K. & Smith, K. (2014). *Hurricane Sandy: Observations and analysis of coastal change*. Open-File Report 2014-1088, U.S. Geological Survey, Reston, Virginia.

Stanley, Daniel Jean (1996). Nile Delta: Extreme case of sediment entrapment on a delta plain and consequent coastal land loss. *Marine Geology,* 129 (3-4), pp 189-195.

Stott, J., & Davis JR, R. (2003). Geologic development and morphodynamics of egmont key, Florida. *Marine Geology*, 200 (1-2), pp. 61-76.

Tanaka, H., Kayane, K., Adityawan, M., Roh, M. & Farid, M. (2014). Study on the relation of river morphology and tsunami propagation in rivers. *Ocean Dynamics*, 64(9), pp1319-1332.

Umino, S., Nonaka, M., & Kauahikaua, J. (2006). Emplacement of subaerial Pahoehoe Lava Sheet flows into water: 1990 Kûpaianaha Flow of Kilauea Volcano at Kaimû Bay, Hawai'i. *Bulletin of Volcanology*, 69 (2), pp. 125-139.

USGS (2018). Coastal landslide caused by the 2010 Haiti Earthquake, USGS Multimedia Gallery.

https://www.usgs.gov/media/images/coastal-landslide-caused-2010-haiti-earthquake-0

Woodroffe, C. (2002). *Coasts: Form, process and evolution*. Cambridge: Cambridge University Press.

Wright, L., & Thom, B. (1977). Coastal depositional landforms: A morphodynamic approach. *Progress in Physical Geology*, 1(3), pp. 412-459.

قدم في: مايو 2018
أجيز في: فبراير 2019