مجلة جامعة الملك عبدالعزيز: عـلوم البحـار، م٢٠، ص ص: ١٢٧-١٥١ (٢٠٠٩م/١٤٣٠هـ)

نظرة مرجعية شاملة على الاتجاهات الحديثة للنقل بالحاويات وإنشاء الموانيء المحورية لتداولها

محمد عوض خليفـة

٢٠ ش اللاهون – زيزينيا- الإسكندرية- مصر

yahoo.comcoastportcop@

المستخلص. يشهد العالم في عصرنا هذا طفرة هائلة في مجال نقل البضائع بالحاويات حتى أنه أصبح يطلق عليه عالميا (عصر التحوية). وانطلاقا من الأهمية البالغة للنقل بالحاويات والموانيء الخاصة بتداولها، فقد تناول هذا المقال نظرة شاملة على بعض أهم الاتجاهات الحديثة الخاصة بالحاويات والموانيء المركزية العاملة بتداولها. وقد اشتملت هذه النظرة على العديد من النقاط الأساسية الخاصة بهذه الصناعة الحيوية، ومن أهمها (الاستقرار بموانيء الحاويات تحت تأثير الأمواج المهاجمة لها، استخدام تقنية النماذج الرياضية بدراسات الاستقرار لموانيء الحاويات، التوقع المستقبلي لحجم البضائع المتداولة بموانيء الحاويات، بعض الأوجه الفنية والاقتصادية لأعمال التخطيط والتصميم والتنفيذ لموانى الحاويات، المفاضلة بين التخطيطات البديلة المطروحة لميناء جديد، أعمال الرفع المساحي الهيدروجرافي، بعض العوامل التشغيلية الأساسية لموانيء الحاويات، أهم الأعمال الإنشائية الخاصة بأغراض التطوير بالميناء، أعمال التطوير عن طريق التكريك والردم، وغيرها.

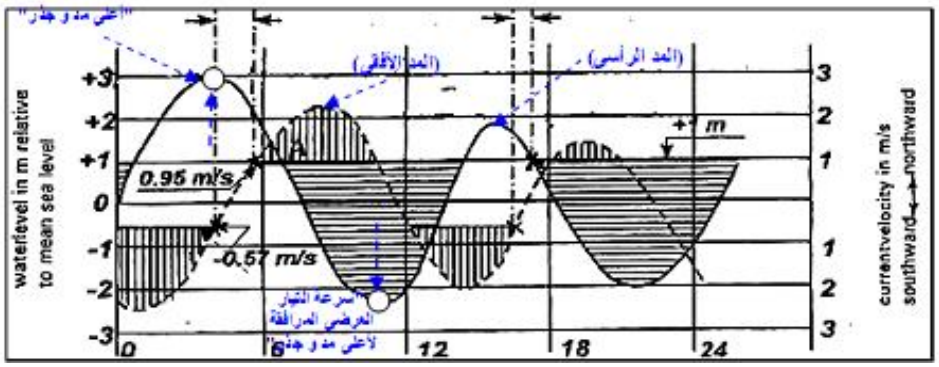
مقدمـــة

يعتبر نقل البضائع بالحاويات من العناصر الأساسية للنهضة الحديثة في أعمال النقل البحري على مستوى العالم. ونظرا لأهميته البالغة، فقد ركزت معظم الدول (وخاصة المتقدمة منها) على تطوير أساطيلها البحرية وموانئها، لكي تصبح قادرة على مواكبة ومسايرة التطور المذهل الحادث والبالغ السرعة في التقدم بتكنولوجيا التحوية. وفي هذا البحث سوف يتم استعراض بعض اللمحات الأساسية لعناصر ذلك التطور من خلال مجموعة من العناصر الأساسية له وهي: العوامل التشغيلية الأساسية لموانيء الحاويات، الاستقرار بموانيء الحاويات تحت تأثير الأمواج المهاجمة لها باستخدام النماذج الرياضية بتلك الدراسات، عمل التوقع المستقبلي لحجم البضائع المتداولة بموانيء الحاويات، بعض الأوجه الفنية والاقتصادية لأعمال التخطيط والتصميم والتنفيذ لموانى الحاويات، أهم الأعمال الإنشائية الخاصة بأغراض التطوير بالميناء، التطوير عن طريق أعمال التكريك والردم.

بعض العوامل التشغيلية الأساسية لموانيء الحاويات

تعتبر الظواهر الطبيعية مثل التيارات العرضية المؤثرة على قناة الاقتـــراب للموانيء والمعروفة باسم (التيارات العرضية، cross currents) مـــن العوامـــل الأساسية المؤثرة على مناورة ودخول السفينة للميناء. ويتمثل تأثيرهـــا هندســـيا بقوة أفقية تسبب انحراف السفينة عن مسارها الملاحي الطبيعـــي. ويـــأتي ذلـــك بالإضافة إلى تأثير العزوم الدورانية للرياح على السفينة، والذي يتوقـــف شـــدته وتأثيره على ارتفاعات التستيف للحاويات وتوزيعها على ظهـــر الســـفينة. هـــذا وتكون الحركة المحصلة للسفينة في الاتجاه المحصل لكلٍ مـــن مســـار الســـفينة الأساسي بسرعتها مع القوة الناشئة من التيارات العرضية وكذلك الدوران تحـــت

تأثير الرياح. ويعتبر المد والجزر من العوامل الهامة والمؤثرة علـــى تشـــغيلية الميناء في حالة كونه ملحوظا وكبيرا بمنطقة وقوعه. وتعتمد العديد من موانيء الحاويات العالمية على تلك الارتفاعات والانخفاضات بمنسوب المد والجزر بمـــا يعرف باسم (النوافذ المدية للمد الرأسي). ويتم تمثيلها بالفترات ذات المد العـــالي (أعلى مد HHWL). ومن خلالها يمكن للميناء استقبال الســـفن ذات الغـــواطس الكبيرة ودخولها فيها. وفي بعض الموانيء فإن تلك النوافذ المدية تتحدد بالتـــأثير المتداخل لكلٍّ من المد والجزر (المد الرأسي) وسرعة التيار العرضي والمعروفة باسم المد الأفقي لتحديد فترات العمل والتوقف بالميـــناء(Downtime). والشـــكل رقم (١) يوضح نموذجًا للتأثير المتداخل لتلك النوافذ المدية في تشغيل مـــوانيء الحاويات. هذا بالإضافة إلى العوامل الطبيعية، فهناك أيضا عوامل هامة لضمان سلامة الملاحة وتحقيق الأمان بالميناء مثل الإحصائيات الدقيقة عن الحمـــولات، والأبعاد القصوى، وأعداد السفن المتوقع استقبالها سنويا بالميناء وذلك من خلال البيانات المتوافرة عن الأسطول العالمي لســـفن الحاويـــات بأجيالهـــا المختلفـــة والمعلنـــة من خلال التوكيلات الملاحيـــة العالميـــة المخاطبـــة لـــذلك الميـــناء (Blaauw *et al*., 1981; Goda, 1985; and Horikawa, 1988).

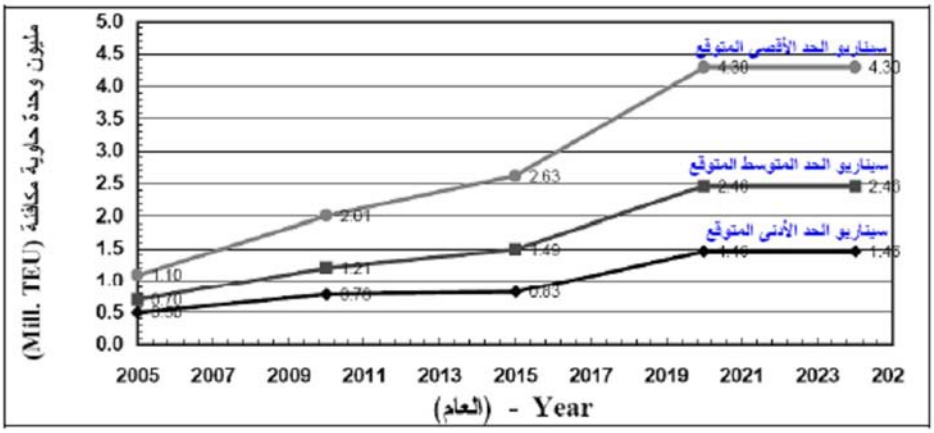


شكل (١) تأثير النوافذ المدية (المد والجزر وسرعة التيارات العرضية) على التشغيل الفعال لموانيء الحاويات بمنطقة وقوعها.

التوقع المستقبلي لحجم البضائع المتداولة بموانيء الحاويات

تعتبر الدقة في عملية التوقع المستقبلي لحجم البضائع المتداولة بموانئ الحاويات من أهم العوامل المؤدية إلى كفاءة العمل بالميناء، وبالتالي بناء على سمعته عالميا، وعلى الأخص بالنسبة للموانئ المركزية الحديثة الإنشاء. وتبدأ عملية التوقع المستقبلي لحجم البضائع بالدراسات الإحصائية الخاصة بالموانئ المحيطة بالميناء الجديد المزمع إنشاؤه، وذلك لكل من الموانئ المحلية والمركزية والمارة بنفس الخطوط الملاحية المتوقع وقوع الميناء الجديد عليها. وتتم عملية التقدير المستقبلي لحجم البضائع بالميناء الجديد في صورة سيناريوهات شاملة كلا من السيناريو الأساسي ويمثل عادة نسبة (٢٠ إلى ٣٠٪ – بمتوسط قدره ٢٥٪) من الحجم الإجمالي المتداول بالموانئ المجاورة مقدارًا بوحدة حاوية مكافئة (TEU) شاملا البضائع المتداولة بنظام إعادة الشحن. أما السيناريو الثاني فيمثل الحد الأعلى لحجم البضائع المتوقع تداوله بالميناء، ويكون عادة في حدود (٣٠ إلى ٤٠٪ – بمتوسط ٣٥٪) من حجم البضائع الإجمالي المتداول. أما السيناريو الثالث فهو السيناريو ذو الحد الأدنى لحجم البضائع المتوقع تداوله. ويكون عادة في حدود (١٠ إلى ٢٠٪ – بمتوسط ١٥٪) من حجم البضائع الإجمالي. ويتم وضع هذه التنبؤات لفترة زمنية مستقبلية طويلة في حدود العشرين سنة مع الأخذ في الاعتبار الفترات البينية المقترحة للمراحل الإنشائية والتشغيلية للميناء. والشكل رقم (٢) يبين نموذجًا للسيناريوهات الخاصة بالتوقع المستقبلي لميناء حاويات جديد مزمع إنشاؤه، وفيه يظهر التنبؤات المستقبلية لحجم البضائع مقدرًا بوحدة مليون TEU للسيناريوهات الثلاثة السابق ذكرها. وجدير بالذكر أن صحة ودقة عملية التوقع المستقبلي تعتمد تماما على دقة البيانات الإحصائية المتاحة للموانئ المجاورة للميناء

الجديد، سواء على النطاقين المحلي أو الدولي. وبناء على حجم البضائع المتوقع تداوله بالميناء فإنه يتم عمل التقدير المبدئي للعناصر الأساسية اللازمة لتخطـيط الميناء. ويشمل ذلك تقدير أطوال الأرصفة المستقبلة للسفن والمساحات الأرضية اللازمة لأعمال التخزين والشحن والتفريغ لجميع أنواع الحاويات، سواء الخاصة بالاستيراد أو التصدير، أو البضائع الخطرة، أو الفارغة (Van den Doel, 1993; Kruk, 1999; and Ligteringen, 2000).



شكل (٢) نموذج للتوقعات المستقبلية الخاصة بحجم البضائع المتوقع تداوله.

بعض الأوجه الفنية والاقتصادية لأعمال التخطيط والتصميم والتنفيذ لموانى الحاويات

من المعروف أن إنشاء ميناء جديد من المشروعات ذات التكلفة الكبيرة جدا لإمكان تنفيذها بالوجه الأمثل والعمر الافتراضي المطلوب لها. وتشترط الجهات المانحة والمقرضة (في حالة الحاجة لذلك نظرا لضـخامة تكـاليف المشـروع) إجراء العديد من الدراسات الهندسية والاقتصادية والبيئية والملاحيـة للموافقـة على المشروع وتقديم الدعم اللازم لتلك الدولة. وعادة ما تتم مثل هذه الدراسات عن طريق المكاتب الاستشارية وبيوت الخبرة العالمية المتخصصـة والمعتمـدة

لدى تلك الجهات العالمية المانحة. وتمتلك تلك الجهات الاستشارية من الخبرات ما يمكنها من تقييم المشروع تقييما كاملاً، وإعداد التقارير اللازمة والتي تعد من الدعائم الأساسية للحصول على المنحة أو القرض. وتبدأ الدراسات بما يعرف باسم (دراسات الجدوى المبدئية pre-feasibility studies) وفيها يتم تجميع البيانات اللازمة، ووضع التصورات الأساسية لاستخدامها مع التحليل المبدئي لها. ثم تأتي بعد ذلك المرحلة التالية وهي دراسات الجدوى الأساسية (دراسات الجدوى النهائية ,feasibility studies) وفيها تتم الدراسات التفصيلية للمشروع، وتحديد الجدوى من تنفيذه. ثم تأتي بعد ذلك مرحلة إعداد المستندات الأساسية للمشروع والمعروفة باسم (مستندات المناقصة ,Tender Documents). والجدير بالذكر أنه في أثناء المرحلتين الأولى والثانية للمشروع فلابد من المعاينات والزيارات الموقعية لمنطقة المشروع والتي من خلالها يتم التعرف على جميع الخصائص الأساسية للمنطقة المقترح عمل الميناء فيها. وتشمل مثل هذه المعاينات جميع النواحي الفنية والاقتصادية مثل دراسة مواقع المواد الخام المحيطة بمنطقة المشروع (الأحجار ومواد البناء وغيرها)، وكذلك أماكن تموين الوقود والتوريد لقطع الغيار للمعدات وأماكن الإصلاح وغيرها. وكذلك أيضا التواجد والحالة لمرافق النقل الأساسية مثل الطرق والسكك الحديدية والمطارات (لازمة لنقل العمالة والمواد الخام من وإلى موقع إنشاء الميناء). والجدير بالذكر أن الاختيار الهندسي الجيد لموقع المشروع من البداية هو من أهم العناصر وأكبرها أثرا في نجاح المشروع أو فشله. ففي حالة عدم توافر الطرق والسكك الحديدية ووسائل المواصلات من وإلى موقع المشروع فإن ذلك يعني ضرورة وضع استثمارات ضخمة في ذلك البند قبل المضى قدما في أعمال التنفيذ الفعلي للميناء. وقد تمثل الميزانية الخاصة بتلك البنية الأساسية مبلغا ضخما قد يعادل نسبة مرتفعة عن ميزانية مشروع الميناء نفسه. وبالنسبة للمنطقة المائية للميناء، فلابد من الاختيار الجيد والواعي لموقعها والأعماق الخاصة بها. فبالنسبة للموقع

فلابد من البعد قدر الإمكان عن المناطق ذات القاع الصخري، والتي ترتفع بها تكاليف التكريك بالمقارنة بالمناطق ذات التربة الرملية أو الطينية. ومن هنا تتضح الأهمية والضرورة القصوى لإجراء الجسات البحرية في البداية بمنطقة المشروع، حتى ولو توافرت البيانات الخاصة بتربة المنطقة عن طريق الجسات االقديمة التي تم إجراؤها بها أو بمنطقة مجاورة لها. ومن المعروف أن تكلفة التكريك بالنسبة للمتر المكعب من تربة القاع الصخري يعادل ما يزيد عن عشرة أضعاف لتكلفة التكريك للمتر المكعب من التربة الهشة المكركة (تبعا لصلابة الصخر الموجود بتربة القاع). أما بالنسبة للأعماق فالتوازن في اختيارها وذلك باختيار مناطق متوسطة العمق على الأقل لإنشاء حواجز الأمواج والتي تمثل نسبة كبيرة من تكلفة الإنشاء للميناء، والتي هي في حاجة إلى استثمارات ضخمة. وذلك الاختيار للعمق لازم لتقليل تكاليف أعمال التكريك والتي تقل تكاليفها مع اختيار المناطق العميقة طبيعيا. ومن الضروري الوضع في الاعتبار أن الميناء سوف يتم إنشاؤه على مراحل متتالية. وفي المرحلة الأولى منه فلابد من مراعاة النواحي الاقتصادية تماما لتقليل التكاليف الإنشائية قدر الإمكان لضمان توازن العائد مع الاستثمارات ويتمكن الميناء في بناء السمعة المحلية والعالمية وتحقيق العائدات المناسبة حتى يمكن الإقدام على تنفيذ المراحل المقترحة التالية للميناء. والموانيء الصغيرة والمحدودة في حجم البضائع المتداولة بها مقدرة بوحدة حاوية مكافئة (TEU) يفضل بها استخدام الأرضيات غير المكلفة كالتربة الزلطية والتي تناسب المعدات الخفيفة (كشوكات المناولة وبعض أنواع وحدات حاملات الساحة الخفيفة). أما بالنسبة للموانيء الرئيسية فلابد من عمل رصف ذو نوع خاص والمقاوم للبري والتآكل (ذو تكلفة عالية). أما تكلفة المعدات نفسها فهي متراوحة تبعا لكفائتها وحجم البضائع المتداولة بالميناء. ومن الجدير بالذكر الأخذ في الاعتبار أن التخطيط العام للميناء من أهم العوامل لضمان التوفير في نفقات الإنشاء. وعلى سبيل المثال

فإن استخدام نظام الحوض المفتوح (في حالة عدم وجود رياح/أعاصير قوية أو أمواج مهاجمة من ذلك الاتجاه المفتوح)، مما يؤدي إلى توفير النفقات بالاستغناء عن حواجز الأمواج ذات التكلفة الباهظة في الإنشاء (تقدر بملايين الدولارات). والشكل رقم (٣) يوضح نماذجًا لأعمال التجهيز والنقل للأحجار بالموقع والمستخدمة في أعمال الإنشاء للبنية الأساسية بالميناء (USACE, 1984; PIANC, 1997; and BS-6349, 2000).

(٣-١) نموذج لأعمال التجهيز للأحجار.

(٣-٢) نموذج لأعمال النقل للأحجار.

شكل (٣) نماذج لأعمال التجهيز والنقل للأحجار المستخدمة في أعمال الإنشاء بالميناء.

المفاضلة بين التخطيطات البديلة المطروحة لميناء جديد

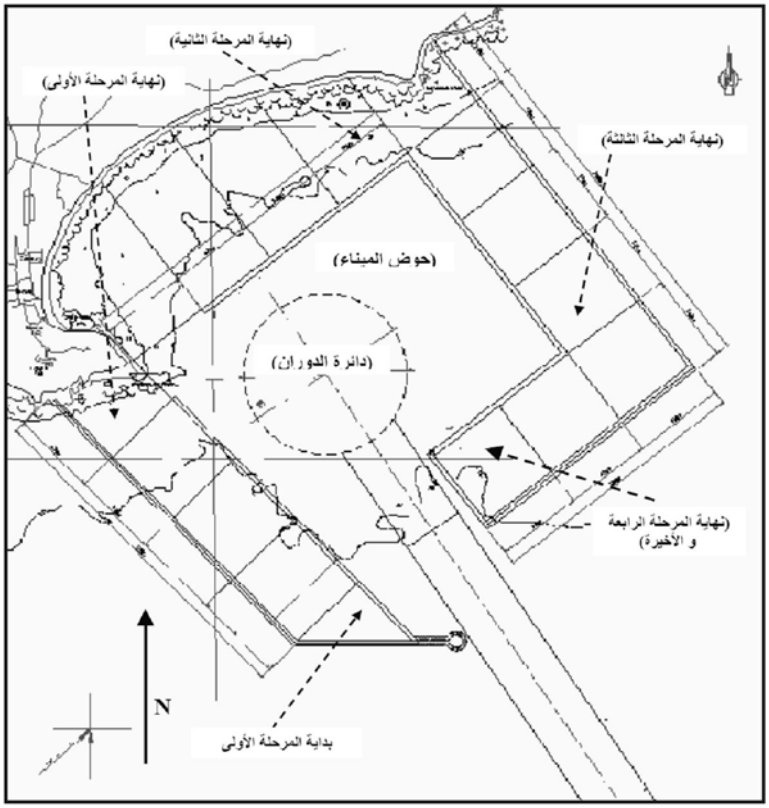
تعتبر عملية المفاضلة بين التخطيطات البديلة لمواني الحاويات على أساس اقتصادي وهندسي من أهم العناصر المطلوبة للوصول إلى التخطيط الأمثل للميناء الجديد المزمع إنشاؤه. وتتم أعمال المقارنة والمفاضلة المبدئية بين البدائل التخطيطية والمعروضة بصورة مبسطة وشاملة في الوقت نفسه، كما بالجدول رقم (١). وهذه النواحي شاملة الجوانب الهندسية والتشغيلية والملاحية والاقتصادية. ولابد أن تتم أعمال المقارنة باستخدام الأساليب الدقيقة والتي تحتاج إلى خبرات هندسية طويلة، مع الاستعانة بمجموعة من الوسائل المتخصصة الخاصة بإعداد الخرائط الكنتورية للأعماق وحساب كميات الحفر والردم لكل بديل على حده. كما يلزم أيضا إجراء دراسات الاستقرار للأمواج. والشكل رقم (٤) يوضح التخطيط البديل المقترح الرابع كأفضل البدائل المطروحة لميناء الحاويات الجديد بناء على كلا الناحيتين الهندسية والاقتصادية (UNCTAD, 1985; PIANC, 1997; and BS-6349, 2000).

جدول رقم (١) المقارنة بين المميزات وأوجه القصور للتخطيطات البديلة المقترحة لميناء حاويات جديد (٤ بدائل).

رقم التخطيط	المميزات التخطيط (البديل)	أوجه القصور التخطيط (البديل)
تخطيط بديل رقم (١)	* حواجز الأمواج قصيرة نسبيا. * إمكانية الإنشاء على مراحل متدرجة.	* تكلفة عالية نسبيا في المرحلة الأولى للإنشاء. * وجود بعض اختراق للأمواج. * عدم التوازن بين كميات الحفر والردم. * عدم تمام الإستفادة من الأعماق الطبيعية للمياه. * صعوبة الدخول والخروج والمناورة. * عرض الحوض صغير نسبيا. * غير جيد من الناحية التشغيلية.

تابع جدول رقم (١).

رقم التخطيط	المميزات التخطيط (البديل)	أوجه القصور التخطيط (البديل)
تخطيط بديل رقم (٢)	* هادىء بالنسبة لاختراق الأمواج. * إمكانية الإنشاء على مراحل متدرجة. * متوسط من الناحية التشغيلية.	* تكلفة عالية في المرحلة الأولى * وجود بعض العقبات بالدخول والخروج والمناورة. * حواجز الأمواج طويلة جدا وعالية التكلفة. * عدم تمام الاستفادة الجيدة من الأعماق الطبيعية للمياه. * التوازن ضعيف بين كميات الحفر والردم.
تخطيط بديل رقم (٣)	* هادىء بالنسبة لاختراق الأمواج. * سهولة الدخول والخروج والمناورة. * حواجز الأمواج قصيرة. * الإستفادة بنسبة جيدة من الأعماق الطبيعية للمياه. * جيد من الناحية التشغيلية. * إمكانية الإنشاء على مراحل متدرجة.	* تكلفة عالية نسبيا في المرحلة الأولى للإنشاء. * التوازن أكبر بين كميات الحفر والردم مقارنة بالبديلين السابقين وإن كان هذا التوازن غير كامل.
تخطيط بديل رقم (٤)	* سهولة الدخول والخروج والمناورة. * مرونة عالية لأعمال الدخول والخروج والمناورة. * التوازن بين كميات الحفر والردم. * حواجز الأمواج قصيرة جدا. * الإستفادة الجيدة من الأعماق الطبيعية للمياه. * جيد من الناحية التشغيلية. * استقرار أكبر لاختراق الأمواج. * إمكانية الإنشاء على مراحل متدرجة.	* تكلفة عالية نسبيا في المرحلة الأولى. * يعتبر أقل البدائل عيوبا.



شكل (٤) التخطيط البديل (المقترح التخطيطي الرابع).

وتعتبر أعمال الرفع المساحي الهيدروجرافي من الأعمال الأساسية سواء بمراحل الإنشاء أو الصيانة البحرية (كأعمال تكريك الصيانة للوصول ثم المحافظة على الأعماق التصميمية للميناء). ومن الاتجاهات الحديثة لزيادة والتحكم في دقة هذه العملية تعتمد على ربطها بنظام (GPS-Global Positioning System) حتى يمكن الوصول لأدق رفع مساحي، سواء بالنسبة للأماكن المطلوب تكريكها بغرض المحافظة على أعماقها الملاحية التصميمية، وكذلك بالنسبة للمناطق المطلوب إجراء أعمال إنشائية بها (PIANC, 1997; and Bijker & Overeem, 2000). والشكل رقم (٥) يوضح بعض العناصر الأساسية لأعمال التكريك والمسح البحري الهيدروجرافي اللازمة لتطوير المرافيء البحرية.

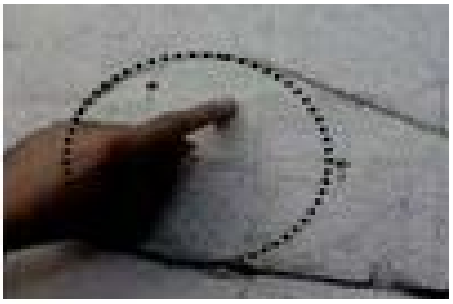
(٥-١) المسح البحري الهيدروجرافي.

(٥-٢) التحديد الدقيق لمواقع المسح.

(٥-٣) التحديد الدقيق لمواقع التكريك.

(٥-٤) قوس المطر لإلقاء النواتج.

(٥-٥) تحميل نواج التكريك.



(٥-٦) تحديد أعماق التكريك.

شكل (٥) أعمال التكريك والمسح البحري الهيدروجرافي لتطوير الموانيء والمرافيء البحرية.

أهم الأعمال الإنشائية الخاصة بتطوير الموانيء

أما بالنسبة للأعمال الإنشائية الخاصة بتطوير الموانيء، فإنها تأخذ إطارا دائم التطور ويلزم لها خبرات خاصة لضمان جودة التنفيذ. وتتوافر تلك الخبرات لدى الشركات العالمية المتخصصة في هذا المجال. وتظهر الحاجة إلى أنظمة

خاصة بالنسبة لعمليات الحفر والإنشاء في بعض الحالات الخاصة مثل مناطق تواجد النباتات البحرية (مثل نبات المنجروف) والتي لا يفضل إزالتها من موقع العمل قدر الإمكان حيث تعمل كمصدات أمواج طبيعية بها لتقليل ارتفاعاتها وامتصاص طاقتها. أما بالنسبة لأعمال التعميق فبدلا من أعمال التكريك التقليدية، فإنه يمكن استخدام تكنيك النفث المائي تحت ضغط والذي يعمل بكفاءة عالية في التربة الناعمة (من الاتجاهات الحديثة). هذا، وقد حقق هذا التكنيك كفاءة عالية في العديد من مشروعات التطوير البحري بالموانيء العالمية، مما دفع العديد من الشركات العالمية والمتخصصة في أعمال التطوير إلى استخدامه بنطاق أوسع وأشمل. والفكرة الأساسية لهذا التكنيك هي دفع نفث من الماء بقوة مولدة تيارا مائيا ليحمل الحبيبات الدقيقة من التربة معه في اتجاه حركة المياه (التيار) إلى المكان المطلوب. ويتم اختيار قوة الضغط المناسبة لنفث الماء تبعا لمواصفات التربة الناعمة بالمنطقة حتى يمكن تحريكها وبالتالي إجراء أعمال التعميق المطلوبة (UNCTAD, 1985; BS-6349, 2000; and Ligteringen, 2000).

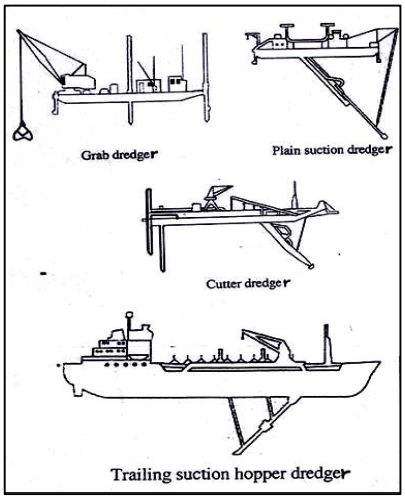
أعمال التطوير للموانيء عن طريق أعمال الحفر والردم

تعتبر أعمال التطوير للموانيء عن طريق أعمال الحفر والردم من أهم العوامل المحددة لاختيار البديل المناسب من البدائل المقترحة لتخطيطات ميناء حاويات جديد. ويكون ذلك الاختيار بوجود شرط أساسي وهو التوازن بين كميات الحفر والردم. وتتم عمليات الحفر بواسطة الكراكات والتي تختلف من حيث النوع والوظيفة تبعا لطبيعة التربة. وتنقسم الكراكات إلى نوعين أساسيين: الأول هو الكراكات الميكانيكية، والثاني هو الكراكات الهيدروليكية. وبالنسبة للكراكات الميكانيكية فهي للعمل في الكميات المحدودة. أما الكراكات

الهيدروليكية فهي بأنواعها عموما مناسبة للتربة غير المتماسكة ويمكنها العمل بمناطق المياه العميقة حتى عمق ١٠٠م. يوضح شكل رقم (٦) أعمال النقل لتربة الردم خلف الأرصفة. أما الشكل رقم (٧) فيوضح مناطق الردم خلف الأرصفة من نواتج التكريك. والشكل رقم (٨) يوضح أنواع الكراكات المستخدمة للأنواع المختلفة من تربة القاع.

شكل (٦) أعمال النقل لتربة الردم خلف الأرصفة.

شكل (٧) مناطق الردم خلف الأرصفة.



شكل (٨) الكراكات المستخدمة لتربة القاع.

الاستقرار بموانيء الحاويات تحت تأثير الأمواج المهاجمة لها

يعتبر الاستقرار بالنسبة لموانيء تداول الحاويات من أهم الخصائص المميزة لعمليات المناولة الناجحة والفعالة وبالتالي بناء سمعة الميناء وخاصة بالنسبة للموانيء المركزية. ومعايير الاستقرار بالنسبة لموانيء مناولة الحاويات متغايرة بين مصدر وأخر من المصادر العالمية المعروفة لعمليات تخطيط الموانيء. وتعتبر القواعد الموضوعة بواسطة منظمة (بيانك – PIANC) العالمية والمتخصصة في الدراسات البحرية من أكثر القواعد شيوعًا في الاستخدام وثقة في التطبيق لضمان الحصول على نتائج واقعية. وتنص هذه القواعد على عمل الدراسات الأساسية اللازمة لاستقرار موانيء الحاويات والتي تشمل دراسات الانكسار والانتشار والاختراق والانعكاس ولضمان الاستقرار المطلوب لميناء الحاويات وبالتالي عمليات مناولة ناجحة وفعالة. وتنص القواعد العملية التطبيقية على ألا يزيد ارتفاع الأمواج بمنطقة قناة المدخل للميناء على ٠.٩٠ متر وفي منطقة حوض الميناء وبجوار الأرصفة عن ٠.٥٠ متر كحد أقصى مقبول لضمان استقرار سفينة الحاويات عند الدخول والرسو والمناولة وخاصة بالنسبة لسفن الحاويات التي تحتوي على قواطع عرضية والحاكمة لرص الحاويات على السفينة والتي قد تسبب مشكلة الحشر للحاويات عند إجراء أعمال الشحن والتفريغ لها في حالة عدم استقرار السفينة الناتج عن ارتفاع الأمواج وخاصة في مناطق المراسي والرباط (Ligteringen, 2000; UNCTAD, 1985; and Bijker & Overeem, 2000).

المواد وطرائق العمل

لعمل دراسات الاستقرار داخل الميناء، تم استخدام نموذج رياضي ثنائي الأبعاد (مديول يعمل بنظرية العناصر المحددة Finite Element Module – 2D).

ويمتاز بإمكانية العرض للنتائج بالرسم الملون والذي يعبر عن التغير في ارتفاعات الأمواج داخل حوض الميناء ومنطقة قناة الاقتراب حتى فتحة المدخل للميناء. ويمكن له حل المسائل الخاصة بالأمواج داخل المساحات المحددة مثل أحواض المواني وغيرها. ويلزم أولا التحديد الدقيق لحدود منطقة الدراسة (الحوض الداخلي للميناء) وذلك من خلال التحديد الدقيق لإحداثيات النقاط الحاكمة لذلك. وبتوصيل هذه النقاط خطيا نحصل على الشكل التقريبي لحوض الميناء والمنطقة الخاصة بقناة الاقتراب حتى حدود فتحة المدخل (Port Basin Boundaries). ويلزم بعدها تقسيم منطقة الدراسة (حوض الميناء) إلى العناصر المحددة الممثلة له (Elements) وذلك بأبعاد مناسبة لتكوين تلك العناصر. ومن المفضل استخدام العناصر المتعددة الأضلاع عن استخدام العناصر المثلثة وذلك عند عمل التقسيم الداخلي (Meshing) لمنطقة الدراسة (بشكل العنصر المستخدم). هذا وللأماكن المحدودة (وخاصة الأماكن الركنية من منطقة الدراسة) فإنه يسمح باستخدام العناصر المثلثة، على ألا تكون حادة الزوايا جدا (في حدود معينة كما تنص نظرية العناصر المحددة للتمثيل للحصول على نتائج منطقية). ويتم عادة استخدام ما يعرف باسم (المقاس الذكي للعنصر Smart Size,) بحيث يبدأ التقسيم للعناصر من الخطوط الحدية الداخلية لمنطقة الدراسة، ثم يتم بعدها اختيار المقاسات المناسبة الخاصة بالعناصر الداخلية لها. ويلزم بعدها تعريف منطقة الدراسة (Domain) على أنها مياه، ويتم ذلك بإكساب العناصر السابق تقسيمها داخليا الخواص الخاصة بالمياه. وهذه الخواص التي يلزم تعريفها بالكثافة (تعرف قيمة مناسبة ولتكن ١.٠٢٥م^{٣}/طن للمياه البحرية المالحة). ويلزم عند عمل دراسات الاستقرار استخدام قيم استرشادية لمعاملات الانعكاس للحدود المختلفة الداخلية للميناء (K_r)، ومن ثم يتم حساب معاملات

الامتصاص منها (M_u). والمعادلة الحاكمة للعلاقة بين معاملي الانعكاس والامتصاص، فهي كما بالمعادلة الآتية (DMC, 1999).

$$M_u = 1 - (K_r)^2$$

حيث:

M_u = معامل الامتصاص لمادة الحاجز/الحماية الخارجية

K_r = معامل الانعكاس لمادة الحاجز/الحماية الخارجية

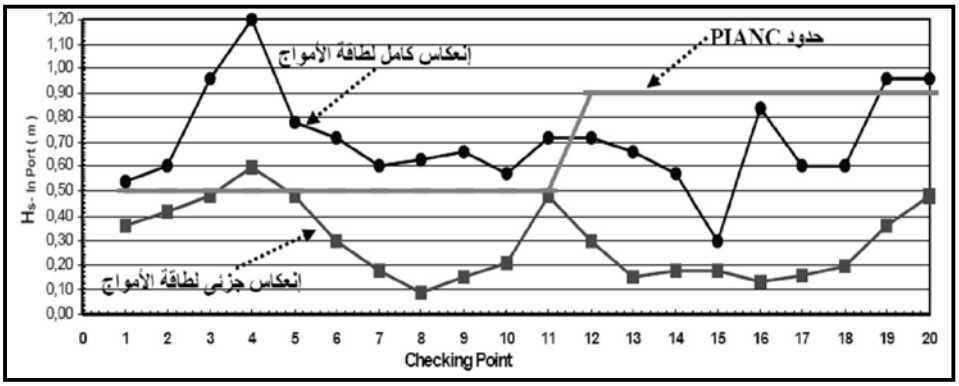
ولتعريف تلك الحدود الحاكمة للمنطقة الداخلية للميناء، فإن ذلك يتم عن طريق اختيار معامل الانعكاس المناسب للأسطح المسببة لتلك الظاهرة، والذي تختلف قيمته تبعا لطبيعة هذه الأسطح من تمام القدرة على الانعكاس في حالة الأسطح المصمتة الرأسية إلى الأسطح ذات القدرة المحدودة على الانعكاس بدرجاته المختلفة. وتتابين قيمة معامل الانعكاس للأسطح المختلفة بين الواحد الصحيح (١٠٠٪) في حالة قدرة السطح على تمام الانعكاس لطاقة الموجة وبين الصفر في حالة قدرة السطح على تمام الامتصاص لتلك الطاقة. وفي معظم الحالات التطبيقية يوصى بعمل منطقة شاطيء امتصاص لطاقة الأمواج من الزلط أو مادة ذات طبيعة حبيبية كبيرة كمنطقة لامتصاص طاقة الأمواج المخترقة للميناء وبالتالي كعامل أساسي للمساعدة على توفير الاستقرار داخل الميناء (UNCTAD, 1985; USACE, 1984; PIANC, 1997; and DMC, 1999).

التطبيق الفعال لدراسات الاستقرار بموانئ تداول الحاويات

ولضمان التطبيق الفعال لدراسات الاستقرار بموانيء تداول الحاويات بعناصرها المختلفة السابق ذكرها، يلزم التحديد الدقيق للعناصر الحاكمة لتلك الدراسات لتناسب تمثيل الوضع الحقيقي للميناء وبالتالي تضمن نتائج جيدة ومقاربة قدر الإمكان للواقع المتوقع حدوثه للأمواج داخل الميناء. أما بالنسبة

لدراسات الانكسار فلابد عند إجرائها الأخذ في الاعتبار الاختلاف في العمق بين منطقتي قناة مدخل الميناء ومنطقة حوض الميناء وكذلك أيضا اختلاف العمق بالنسبة لدائرة الدوران عن عمق منطقة الحوض التصميمي. ويتمثل هذا الفرق في الأعماق المسبب لاختلاف طول الموجة وارتفاعها من منطقة لأخرى. أما دراسات الانتشار فتشمل تأثير العوائق مثل مناطق الرؤرس الطبيعية وحواجز الأمواج والحواجز المزدوجة الوظيفية بين الرسو والحماية وغيرها من العوائق التي تعترض مسار تقدم الأمواج نحو منطقة المدخل للميناء. أما بالنسبة لدراسات اختراق الأمواج، فإنه لا بد من أخذها في الاعتبار تماما منذ عمليات التخطيط الأولى والتي تشملها الدراسات المبدئية في المراحل الأولية لمشروع الميناء، ثم دراسات الجدوى النهائية في المرحلة التالية. وتتم حماية الميناء من اختراق الأمواج السائدة عن طريق تخطيط فتحة الدخول وقناة الاقتراب للميناء (بحيث تتفادى الاختراق المباشر للأمواج من الاتجاهات السائدة لها قدر الإمكان) مع الوضع في الاعتبار جميع أنواع الأمواج السائده في المنطقة، سواء كانت الأمواج المتولدة من تأثير الرياح أو متولدة من مصادر أخرى، مثل الأمواج الطويلة (سويل)، أو الأمواج المتولدة من أي مصادر أخرى قد تكون لها وجود في موقع الميناء، مثل الأمواج السطحية الناتجة عن دفع الرياح لسطح الماء أو غيرها. وبالنسبة لدراسات الانعكاس والذي ينتج عن اصطدام الأمواج بمناطق أرصفة الرسو الجانبية داخل الميناء فإنها تعتبر لحد كبير دراسات فنية صعبة وتحتاج إلى خبرة في التطبيق حتى يمكن الحصول على النتائج المناسبة المحاكية للواقع قدر الإمكان. ويشمل ذلك تطبيق دراسات الانعكاس للأمواج داخل الميناء التعريف الدقيق لأسطح الانعكاس وهي أرصفة الرسو وامتدادات حواجز الأمواج والعوائق داخل منطقة الميناء ومناطق الحماية الخفيفة التي يتم إنشاؤها مؤقتا في حالة إنشاء الميناء على أكثر من مرحلة تنفذية.

وكنموذج للتطبيق المباشر لدراسات الاستقرار السابق توضيحها وتطبيق القواعد العلمية الموصى عليها من منظمة (بيانك – PIANC) العالمية للدراسات البحرية والموانيء، فإن الشكل رقم (٨) يوضح الحدود الموصى عليها لارتفاعات الأمواج القصوى المسموح بها في مناطق قناة المدخل والحوض للميناء وكذلك قيم ارتفاعات الأمواج المسجلة من دراسات الاستقرار المطبقة على نموذج مينائي وذلك في حالتي استخدام أرصفة من القيسونات ذات القدرة على الانعكاس الكامل لطاقة الأمواج وحالة استخدام أنواع أخرى من المراسي ذات القدرة الجزئية على الامتصاص لتلك الطاقة. ويتضح مما سبق أنه يوصى بعدم استخدام المراسي ذات القدرة التامة على الانعكاس الكامل لطاقة الأمواج في جميع المراحل الإنشائية للميناء. ويمكن استخدام هذه النوعية من المراسي في بعض مراحل الإنشاء لموانيء تداول الحاويات، مع استخدام خليط من الأنواع الأخرى ذات القدرة الجزئية على امتصاص تلك الطاقة. ويتم ذلك الاختيار بما يتناسب مع طبيعة التربة بمنطقة المشروع.

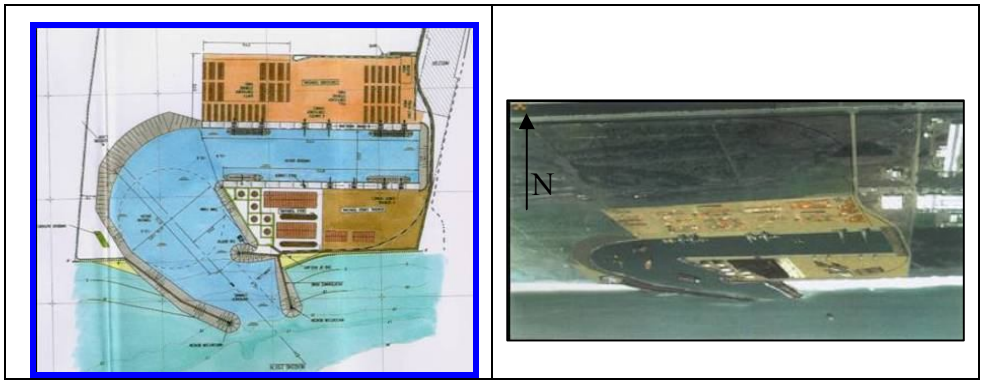


شكل (٨) دراسة الاستقرار بموانيء الحاويات في حالتي استخدام الأرصفه الكاملة والمحدودة الانعكاس.

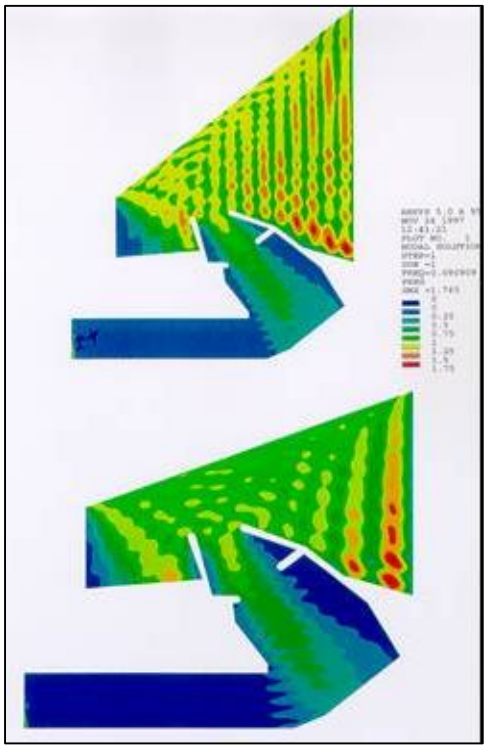
استخدام النماذج الرياضية بدراسات الاستقرار لموانيء تداول الحاويات

يعتبر استخدام النماذج الرياضية بدراسات الاستقرار لتخطيطات موانيء الحاويات تحت تأثير الأمواج المهاجمة لها من الاتجاهات الحديثة والأساسية اللازمة لأعمال التخطيط لأي ميناء جديد. وقد زاد الاعتماد على هذه النماذج خاصة مع التطور الهائل في تكنولوجيا الحاسبات وطرق الحساب الرياضية وعلى رأسها الحساب بطريقة العناصر المحددة أو الحجوم المحددة. وعموما فإنه بالنسبه للأمواج المهاجمة للميناء، فمن المعروف أن دراسات تخطيط للموانئ هدفها الرئيسي هو تحقيق الاستقرار الأمثل لها لضمان عملية مناولة ناجحة وفعالة، مع تقليل وقت تعطيل العمل قدر الإمكان (Operational Downtime). وتنص القواعد العالمية الخاصة بالدراسات البحرية بألا يزيد ارتفاع الأمواج داخل منطقة حوض الميناء ومناطق دائرة الدوران وقناة الاقتراب عن ارتفاعات معينة (تختلف هذه الارتفاعات تبعا لنوع السفن المتداولة بالميناء). وتعتمد دراسات الاستقرار للموانئ كما على دراسة ظواهر الانتشار والانكسار والانعكاس والاقتراب للأمواج داخل الميناء (Wave Agitation Studies). وبناء على نتائج النموذج الرياضي المستخدم، فإنه يتم عمل التعديلات اللازمة للتخطيطات، وذلك إما بتعديل موقع أحد أو بعض الأرصفة أو ميلها (لتصبح ذات زاوية منفرجة أو حادة حسب الحاجة والحالة). وبتطبيق ما سبق، فإنه يمكن تحقيق أكبر استقرار ممكن وتقليل تأثير عملية الانعكاس للأمواج داخل حوض الميناء. والأشكال أرقام (٩) و(١٠) يوضحان نموذجًا لميناء ذو حوض مغلق ودراسات الاستقرار الخاصة به بواسطة استخدام النماذج الرياضية على التوالي، ومنها يتضح مهاجمة الأمواج للميناء من اتجاهات شمال غرب وشمال شمال غرب. وكما يتضح من نتائج النموذج الرياضي بدراسات

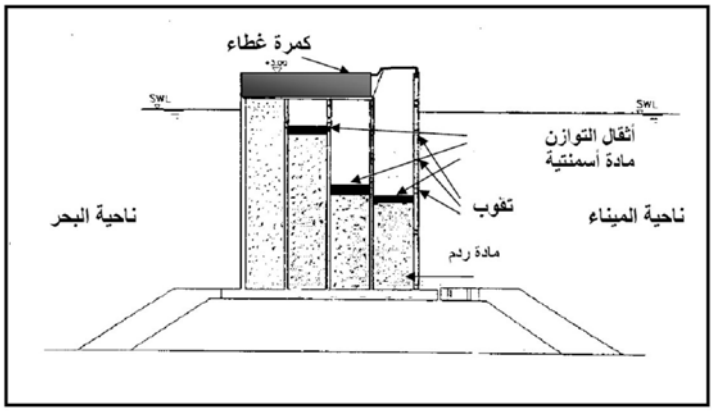
الاستقرار، فإن هناك اختراق مباشر للأمواج من اتجاهات شمال شمال غرب وشمال غرب (NNW,NW). أما بالنسبة لباقي اتجاهات تقدم الأمواج، فبعضها يسبب اختراقا جزئيا للأمواج عند نقطة المدخل. كما يظهر جليا تأثير ظاهرة الانتشار للأمواج عند مدخل الميناء. وبناء على النتائج السابقة لدراسات الاستقرار، فإنه يلزم تعديل عرض واتجاه فتحة المدخل للميناء لمنع تلك الأمواج المخترقة من الدخول إليه. كما يلزم تغيير نوع بعض الأرصفة لتحقيق المزيد من الاستقرار (الهدوء) بحوض الميناء. والشكل رقم (١١) يوضح نموذجًا لاستخدام الأرصفة عالية الامتصاص لطاقة الأمواج من القيسونات ذات الثقوب لتحقيق الاستقرار بمنطقة الحوض داخل الميناء. وبعمل جميع التعديلات اللازمة للتخطيط، فإنه يلزم عمل نموذج فيزيائي للاختبار المباشر لضمان الاستقرار الكامل بالميناء قبل دخول المشروع في حيز التنفيذ نظرا للتكاليف المرتفعة جدا له والتي تقدر بملايين الدولارات.



شكل (٩) نموذج لتخطيط ميناء حاويات ذو حوض مغلق (DMC, 1999).



شكل (١٠) نموذج لدراسات الاستقرار للأمواج للميناء ذو حوض مغلق (DMC, 1999).



شكل (١١) نموذج لاستخدام أرصفة عالية الامتصاص لطاقة الأمواج لتحقيق الاستقرار داخل الميناء (BS-6349, 2000).

النتائج والمناقشة

لإمكان الحصول على ميناء آمن ومستقر وصالح لأعمال تداول الحاويات، فإنه يلزم الدراسة لمجموعة من العوامل الأساسية لضمان تحقيق ذلك ومن أهمها:

- الدراسة الدقيقة للاستقرار بموانئ الحاويات تحت تأثير الأمواج المهاجمة لها باستخدام تقنية النماذج الرياضية ضروريًا لضمان الحصول على تخطيط نهائي فعال وناجح. ويلزم تطبيق القواعد العلمية الأساسية لأصول النمذجة مع ضرورة الاعتماد على الخبرة للمستخدم (المهندس/الباحث) لضمان جودة ودقة النتائج.

- دراسة التوقعات المستقبلية لحجم البضائع المتداولة بموانيء الحاويات، هام وضروري للتخطيط الجيد ووضع خطط التطوير المستقبلي الناجحة والفعالة للميناء.

- وضع التوازن بين الأوجه الفنية والاقتصادية أثناء الإعداد لأعمال التخطيط والتصميم والتنفيذ لموانيء تداول الحاويات، هام وضروري من وجهة نظر الجدوى أثناء مراحل الدراسة المختلفة للمشروع.

- للمفاضلة بين التخطيطات البديلة المطروحة لميناء جديد يلزم لها تطبيق معايير هندسية وتقنية بما يعرف باسم التحليل متعدد العناصر (Multi-Criteria Analysis, MCA).

- التحديد ودقة التطبيق للعوامل التشغيلية والتطويرية الأساسية لموانيء تداول الحاويات ضرورية لنجاحها خلال مراحل التطوير المختلفة.

المراجع

Bijker H. and **Overeem V.J.** (2000) *Access Channel,* Technical Notes, Delft Hydraulics, The Netherlands.

Blaauw H.G., Koeman J.W. and **Strating J.** (1981) *Nautical Contribution to an Integrated Port Design,* Delft Hydraulics, The Netherlands.

BS-6349 (2000) *Code of Practice for Maritime Structures,* Part-1, General Criteria, British Standards Institution, England.

DMC B.V. (1999) Conceptual planning of a new container port, *HPG Seminar,* The Netherlands.

Horikawa K. (1988) *Nearshore Dynamics and Coastal Processes,* Univ. of Tokyo Press, Japan.

Goda Y. (1985) *Random Seas and Design of Maritime Structures,* ISBN 4-13-068110-9, University of Tokyo press, Japan.

Kruk C.B. (1999) *Merchant Shipping. Technical Notes,* Delft, The Netherlands.

Ligteringen H. (2000) *Ports and Terminals,* TU Delft Univ., The Netherlands.

PIANC (1997) *Approach Channel a Guide for Design,* Report of Working Group II-30, Brussels, Belgium.

Van den Doel M. (1993) *Port Planning and Design,* Technical Notes, The Netherlands.

USACE (1984) *Shore Protection Manual (SPM),* Department of the Army, U.S. Corps of Engineers, Washington, DC 20314 - USA.

UNCTAD (1985) *Port Development, a Handbook for Planners in Developing Countries,* New York, USA.

A Collective Overview on the Modern Trends in Containerization and Construction of Container Handling Hop Ports

M. A. Khalifa
20 Lahon Street, Alexandria, Egypt
coastportcop@yahoo.com

Abstract. Recently, there is a very rapid international development in the field of cargo handling via containers. That is the reason for the given name of *(time of containerization)* to this century to be valid. This article deals with a collective overview for some modern trends related to containers and handling via their hop handling ports. It dealt with some main engineering, economic and navigational aspects related to this important industry and its handling ports. These aspects are many as (wave agitation/calmness studies in port basins via using the mathematical models, throughput forecast for the handled cargo, some technical and economic features related to planning, design and construction of ports, selection among the proposed port layout alternatives (via Multi-Criteria Analysis, MCA), operational aspects for container handling, construction aspects and port development via dredging and reclamation works.