Evaluating the Current Status of Latakia's International Container Terminal (LICT) using ARENA Software

Dr. Mohammad Alaa Adeen*
Samah Abdulwahab**

(Received 12 / 1 / 2023. Accepted 5 / 3 / 2023)

□ ABSTRACT □

Simulation is an essential way to represent the various operations within the sea container terminal to predict their behavior and evaluate their performance due to the important role of container transport within the logistics chains of shipping around the world. We provided a separate simulation model for the operations of the Lattakia International Container Terminal LICT in its current state using the ARENA 14.0 program. These operations include berths, gantry and mobile cranes, arriving and departing ships and the various changes in them and their impact on the outputs of the model, which include the times of ships staying in the port and waiting times. As a result, the mentioned times are relatively large and the terminal will not be able to meet the increasing demand for containers in the future**.**

Keywords: Latakia International Container Terminal (LICT), Discrete-Event Simulation Model (DES), Flowcharts, ARENA Simulation Software.

Copyright **:**Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

* **Associate Professor, Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria. E-mail: alaedeen@gmail.com.**
** **Postgraduate Student (Master), Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil, Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria. E-mail: Samahm.abdulwahab@gmail.com.**

تقييم الوضع الراهن لمحطة حاويات اللاذقية الدولية باستخدام برمجية ARENA

د. محمد علاء الدين*

سماح عبد الوهاب**

(تاريخ الإيداع 12 / 1 / 2023. قُبِل للنشر في 5/ 3 / 2023)

□ ملخّص □

تعتبر المحاكاة وسيلة أساسية لتمثيل العمليات المختلفة ضمن محطة الحاويات البحرية للتنبؤ بسلوكها وتقييم أدائها وذلك لدور النقل بالحاويات الهام ضمن السلاسل اللوجستية للنقل البحري حول العالم. قمنا بتقديم نموذج محاكاة منفصل لعمليات تشغيل محطة حاويات اللاذقيّة الدولية LICT بوضعها الحالي باستخدام برنامج ARENA 14.0، وتشمل هذه العمليات وضع الأرصفة، والرافعات الجسرية والمتحركة والسفن القادمة والمغادرة وتمت دراسة التغييرات المختلفة فيها وتأثيرها على المخرجات بالنموذج التي تشمل أوقات بقاء السفن ضمن المرفأ وأوقات الانتظار، ونتج أن الأوقات المذكورة كبيرة نسبياً ولن تكون المحطة قادرة على تلبية الطلب المتزايد على الحاويات في المستقبل.

الكلمات المفتاحية: محطة حاويات اللاذقيّة الدوليّة LICT، نموذج محاكاة منفصل، المخططات النهجية، برنامج ARENA.

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

* أستاذ مساعد-قسم الهندسة المائية والري – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقيّة – سورية.
E-mail: alaedeen@gmail.com.

** طالب دراسات عليا (ماجستير) -قسم الهندسة المائية والري – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقيّة – سورية.
E-mail: Samahm.abdulwahab@gmail.com

مقدمة:

يعتبر النقل البحري العمود الفقري للتجارة العالمية وشريان الحياة للاقتصاد العالمي، حيث يشكل الأداء التشغيلي للموانئ والروابط بينها شبكة النقل البحري، والتي لها تأثير هام على التجارة البحرية العالمية. يتم نقل أكثر من 80٪ من حجم التجارة الدولية– وهو ما يمثل 70٪ من قيمة هذه التجارة–عن طريق السفن ويتم تداولها عن طريق الموانئ البحرية حول العالم، وبالتالي، حظيت الأبحاث المتعلقة بشبكات النقل البحري وكذلك ربط الموانئ وإمكانية الوصول باهتمام متزايد في السنوات الأخيرة. [1]. أدى استخدام أنظمة الحاويات في النقل البحري التجاري إلى تحسن كبير في مؤشرات الأداء الرئيسية المتوقعة للنقل البحري عالمياً، حيث توفر حركة الشحن بالحاويات في جميع وسائط النقل، وهذا يجعل منها جزءاً حيوياً من الاقتصاد العالمي فلا يمكن استيراد وتصدير السلع الضرورية للمجتمع الدولي بدون حاويات الشحن[2] ، وقد تجاوز الحجم الإجمالي لتجارة الحاويات في عام 2016 /140/ مليون حاوية، وتم التعامل مع أكثر من 30 مليون حاوية من قبل أهم الموانئ، مثل شنغهاي وسنغافورة، وقد بلغ النمو في حجم التجارة بالحاويات أكثر من 40٪ في الفترة الممتدة بين عامي [2007–2016] م.[3] ، وأحدثت جائحة كوفيد– 19اضطراباً في النقل البحري، وتسببت الصدمة التي حدثت في النصف الأول من عام 2020 في انكماش التجارة البحرية بنسبة 3.8% واستطاعت تجارة الحاويات الصمود بمعدل انخفاض بلغ 1.1% فقط ، بيّد أنها انتعشت تدريجياً في النصف الثاني من ذلك العام وفي مطلع عام 2021 بعد ما أعاقته حالات التأخير المرتبطة بكوفيد–19 ويتوقع أن تزداد التجارة البحرية في عام 2021 بنسبة 4.3% [4],[5].

كما تطورت الآليات والأجهزة المستخدمة في محطات الحاويات حول العالم مع تزايد الاعتماد على النقل البحري بشكل كبير منذ نشوء نظام النقل بالحاويات. ومع مرور الوقت، تم استخدام معدات أحدث وأسرع وأكثر كفاءة، وأصبح تشغيل محطات الحاويات أكثر تعقيداً من حيث التصميم والتشغيل، حيث أصبحت المحاكاة جزء لا يتجزأ من أعمال البحث والتطوير في عمليات محطات الحاويات. فالحجم الهائل للمرافق وتعقيد المعدات المستخدمة جعل من الصعب التنبؤ بكيفية عمل المحطة ضمن مخططات وصيغ محددة، حيث أصبحت آليات وتقنيات التحكم بالسلوك الديناميكي للمعدات أكثر صعوبة لأداء عملية التحليل والمعايرة، ما يستلزم وجود أداة معينة يمكنها التعامل مع عملية التكرار في محاكاة سلوك المحطة. يتم تطبيق تقنيات نمذجة المحاكاة على نطاق واسع في عمليات تخطيط محطة الحاويات والتحليل التشغيلي لأنظمة مناولة الحاويات، بحيث أصبحت هذه النماذج ضرورة لا يمكن الاستغناء عنها كأدوات دعم القرار خلال تخطيط ونمذجة عمليات محطة الحاويات. [6],[7].

أهمية البحث وأهدافه:

نظراً للتقدم المذهل في نقل البضائع بالحاويات وتحديات الوضع الراهن لابد من إدخال المحاكاة البرمجية لتصوير الوضع الهندسي الحالي لمحطة حاويات اللاذقيّة الدولية وكافة التجهيزات المستخدمة في عمليات رسو السفن القادمة للمرفأ، وتحميل/تفريغ الحاويات ونقلها من الرصيف للمحطة وذلك من خلال تطوير نموذج محاكاة باستخدام برمجية ARENA 14 المعتمدة على مبدأ الحدث المنفصل بالمحاكاة.

طرائق البحث ومواده:

- **منطقة البحث:**

تقع محطة حاويات اللاذّقية الدّولية في الجزء الشمالي من الساحل السوري، على خط طول 35.319° وخط عرض 35.455 °. تضم خمسة أرصفة بطول إجمالي 800 م، وعمق (11.8 – 13.3) م، وخلفها مساحة برية بحدود 70 هكتار. وطاقة استيعابية 16000 حاوية مليئة و11500 حاوية فارغة. (الشكل 1).

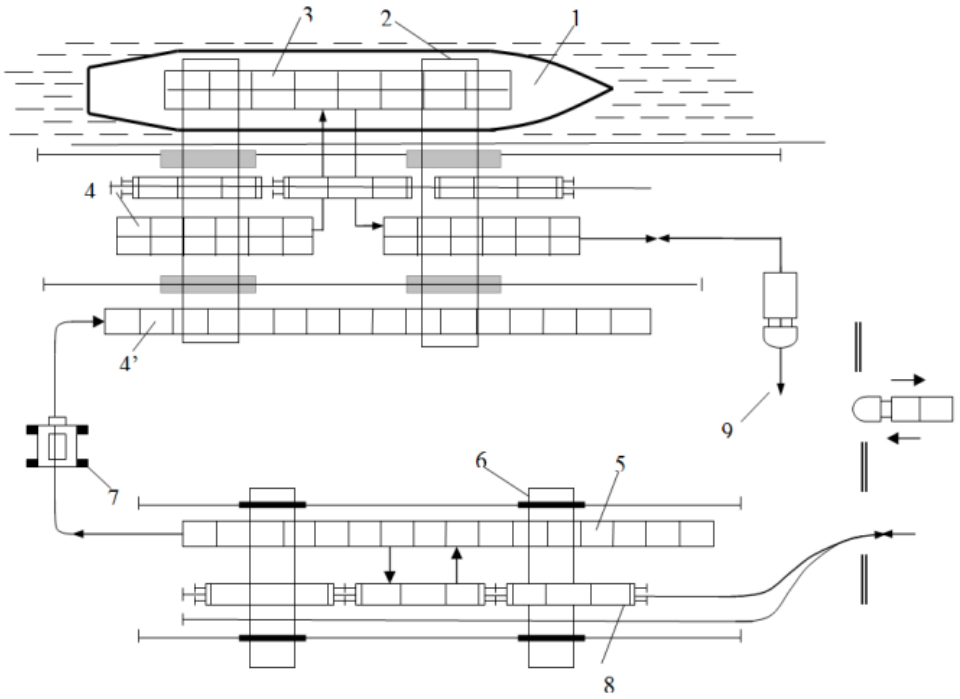
الشكل 1: مسقط عام لمحطة حاويات اللاذقية.

- **محاكاة الحدث المنفصل Discrete–Event Simulation Modeling (DES):**

تُعرّف محاكاة الحدث المنفصل Discrete–Event Simulation Model (DES) بأنها محاكاة لتشغيل عمليات النظام كتسلسل زمني منفصل للأحداث بحيث يقع كل حدث في عملية معينة ويمثل تغييراً في حالة النظام، وتستخدم لنمذجة أنظمة العالم الحقيقي التي يمكن أن تتحلل إلى مجموعة من العمليات المنفصلة منطقياً والتي تتقدم بشكل مستقل عبر الزمن (على عكس الأنظمة المستمرة حيث تكون تغيرات الحالة مستمرة)، بحيث يمكن تمرير نتيجة هذا الحدث إلى عملية أخرى أو أكثر. قد يؤدي محتوى النتيجة إلى توليد أحداث جديدة لتتم معالجتها في وقت منطقي محدد في المستقبل. [8]، [9].

محطة الحاويات هي نظام معقد يعمل بكفاءة فقط عندما يكون تخطيطه مصمم على نحو يؤمن سلاسة عمليات التحميل والتفريغ من السفن، ويمكن تمثيل عملية الشحن ضمن محطة حاويات بحرية نموذجية تتكون من رصيف وأماكن تخزين برية دائمة ومؤقتة (الشكل 2)، وفق سلسلة من العمليات تبدأ من السفن البحرية (1) التي

وصلت إلى الرصيف بحيث يتم تفريغ وتحميل الحاويات (3) (بكافة أنواعها المستوردة أو المصدّرة) بواسطة رافعات الرصيف (2). تعتمد سعة النقل عبر محطة الحاويات البحرية على عدد رافعات الرصيف وقدرة المناولة. توفر رافعات الرصيف نقلاً مباشراً بين السفن والمركبات الموجودة على الجانب البري من المرفأ (عربات السكك الحديدية (8)والشاحنات(9)) بالإضافة لنقل الحمولات الموجودة على متن هذه المركبات إلى السفن، كما يوجد على الرصيف مجموعة الحاويات (4, 4'). تنتظر الحاويات قبل المغادرة بسفينة أخرى أو للسكك الحديدية أو الشاحنة في منطقة التخزين (5). تخدم هذه المنطقة رافعات جسرية مثبتة على السكك الحديدية (6). يمكن تخزين الحاوية في محطة الحاويات في منطقة تخزين متتالية واحدة أو أكثر. يتم التعامل مع الحاويات بين منطقة التخزين المؤقتة قرب الرصيف ومنطقة التخزين الدائمة عن طريق حاملات بالتعليق straddle carriersأو ستّافة reach stacker أو مقطورة هيكلية Container chassis (7). [10]



الشكل 2: الهيكل النموذجي لمحطة الحاويات البحرية [10]

- **بناء نموذج المحاكاة للمحطة باستخدام برنامج ARENA:**

تم تطوير النموذج المستخدم لمحاكاة الأنشطة داخل محطة حاويات اللاذقية بالاعتماد على برنامج ARENA 14 وهو أحد أهم البرمجيات التي تعتمد نظام محاكاة الحدث المنفصل يسمح البرنامج بتطوير نموذج منطقي باستخدام كتل منطقية ذات وظائف محددة، ويوفر وصولاً إلى لغة محاكاة أساسية تسمى SIMAN من خلال بيئة تسمح ببناء النماذج باستخدام منهجية مخطط السحب والإفلات. [11],[12] .تعتمد محطة حاويات اللاذقيّة لتحميل وتفريغ الحاويات من/إلى السفن على 4 رافعات جسرية (Gantry Crane) أساسية متمركزة على الرصيفين(14و15)، ورافعتينMHC

متحركتين مزودين بلاقط على باقي الأرصفة. كما يتم التعامل مع الحاويات داخل المحطة بالاعتماد على عدد من الحاملات والستّافات والناقلات الشوكية FORK LIFT.

يصف النموذج المدروس (الشكل 3) وصول السفينة إلى الميناء والانتظار في طابور ليتوفر رصيف فارغ وفي حال توفر رصيف ستتحرك السفينة تبعاً لحمولتها لتبدأ بعدها إجراءات الرسو على الرصيف المحقق لشرط الحمولة. عندما يتم تأمين السفينة على الرصيف تبدأ عملية التفريغ والتحميل للحاويات التي تتم بواسطة الرافعات الموجودة على الرصيف مباشرة المذكورة سابقاً، وعند الانتهاء تغادر السفينة المحطة. لم تؤخذ في الاعتبار أنشطة المناولة داخل المحطة، باستثناء عملية التحميل / التفريغ، ضمن نموذج المحاكاة المدروس حيث أن عملية تحديد هذه الأنشطة صعبة لأنها تعتمد على استراتيجية إدارة المحطة. وهي غير مُقيدة لتدفق عبور الحاويات عبر المحطة.

قمنا بإدخال مجموعة من المتغيرات للنموذج بالاعتماد على بيانات نقل حقيقية للسفن الواردة إلى المحطة بسنة 2009 عندما كانت القدرة التشغيلية للمرفأ بأقصاها [13] [14]، وذلك بتحويلها لتوابع إحصائية وهي كالتالي:

- يتبع زمن الوصول للسفن Arrival Time التوزيع الطبيعي بمتوسط حسابي (26.0839 hour) وانحراف معياري(20.8331 hour) .
- يتبع عدد الحاويات أيضاً التوزيع الطبيعي بمتوسط حسابي (851.2456 hour) وانحراف معياري(665.2978hour)، ويعتمد العدد الإجمالي للحاويات التي سيتم تفريغها من السفينة أو تحميلها على حجم السفينة.

إن زمن التحميل والتفريغ متغير حسب حمولة السفينة والرافعة المستخدمة، والوقت الذي تستغرقه السفينة لمغادرة الرصيف لا يتأثر بموقع الرصيف بالميناء بالإضافة أن الوقت الذي تستغرقه السفينة للرسو أو مغادرة المرسى يختلف فيما يتعلق بنوع السفينة. لم يؤخذ في الاعتبار ضمن المحاكاة أعطال المعدات الميكانيكية للمحطة، وتم اعتماد متغيرات المحاكاة ضمن البرنامج:

- عدد التكرارات المستقلة الإحصائية: 10 تكرار.
- وقت المحاكاة: 2 شهر.
- وقت تشغيل المحطة: 24 ساعة.

النتائج والمناقشة:

أعطى تشغيل نموذج المحاكاة تقرير يبين متوسط الوقت الإجمالي (Average VA Time) الذي تستغرقه السفن ضمن المحطة للقيام بكافة العمليات من رسو وتحميل وتفريغ ومغادرة، ومتوسط وقت الانتظار الإجمالي للسفن (Average) Wait Time)، بالإضافة لمتوسط العدد الإجمالي للحاويات المحملة والمفرّغة ضمن المحطة. تشير تقارير البرنامج إلى الحد الأدنى والحد الأقصى للقيم التي تمت ملاحظتها وعمود نصف العرض Half-Width الذي يدل على فاصل ثقة confidence interval مئوي للإحصائيات الناتجة بمقدار 95% لكافة التكرارات المحددة للنموذج (في نموذجنا 10 تكرارات). [15]، والنتائج موضحة بالجدولين (2,1):

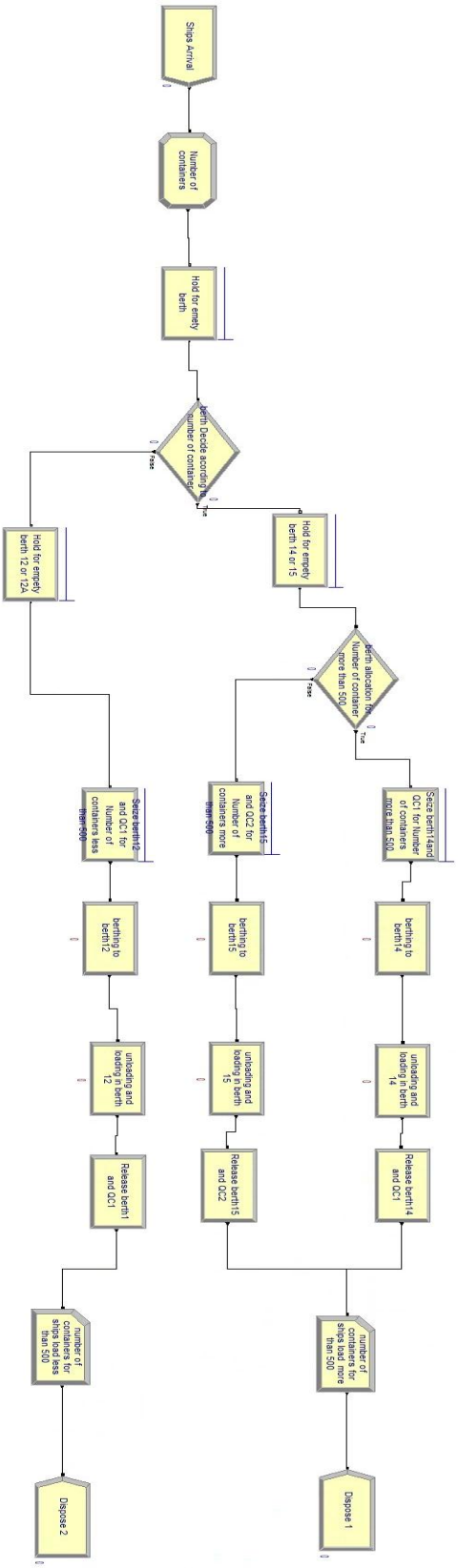
الجدول 1: متوسط الوقت الإجمالي الذي تستغرقه السفن ضمن المحطة خلال فترة المحاكاة

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
VA Time (hour) الوقت الكلي للسفن	49.8209	4.14	41.2035	59.2079
Wait Time (hour) وقت الانتظار للسفن	299.93	51.94	138.51	377.37

الجدول 2: متوسط العدد الإجمالي للحاويات ضمن المحطة خلال فترة المحاكاة

	Average	Half Width
عدد الحاويات المحملة/المُفرغة على الأرصفة (15,14)	23929	2230
عدد الحاويات المحملة/المُفرغة على باقي الأرصفة	367	720

تعكس النتائج التي تم الحصول عليها عن طريق محاكاة سمات الأداء للمحطة الحالية الرابط بين حجم تدفق إدخال الحاويات في المحطة، والفترة المطلوبة للتعامل مع الحاويات داخل المحطة. قِيسَ وقت بقاء سفن الحاويات ضمن الميناء بما يعادل 16.8 ساعة وفق إحصائيات مؤتمر الأمم المتحدة للتجارة والتنمية (الأونكتاد) لعام 2019 [16]، ومقارنة بذلك يعتبر الوقت الكلي الناتج من المحاكاة الذي تحتاجه السفينة للبقاء ضمن المحطة كبير نسبياً ضمن فترة المحاكاة وكذلك وقت انتظار السفن ضمن طابور لحين توفر رصيف فارغ أو خلال عملية التحميل والتفريغ من قبل الرافعات كافة وهذا غير مقبول ضمن عمل المحطة لتقوم بكافة الأنشطة اللوجستية الأساسية لضمان عملها بالكفاءة المطلوبة، حيث يشير الزمن الأقصر لبقاء السفن ضمن الميناء لكفاءته وقدرته التنافسية التجارية. تعتبر هذه النتائج مهمة في عملية تطوير خطط الإدارة التي تضعها إدارات الموانئ وفي عملية صنع القرار.



الشكل 3: المخطط الانسيابي flowchart لمحطة حاويات اللاذقيّة باستخدام برنامج ARENA.

الاستنتاجات والتوصيات:

في حالة محطات الحاويات البحرية من المهم تقدير سعة الرصيف لرسو السفن القادمة خلال مرحلة التخطيط الأولي أو التخطيط العملي للعمليات اللوجستية في المحطة، ويعتبر ذلك من العمليات المعقدة كونه يأخذ في الاعتبار التفاعل متعدد التدفقات والوصول غير المنتظم للسفن والمركبات البرية. لهذا تعد محاكاة الحدث المنفصل مع تحليل المدخلات كافة كنظام قائمة انتظار(queue) تقنية فعالة حيث يسمح نموذج المحاكاة بتقدير سمات خدمة الجودة عند تقييمها بتوزيعات مختلفة لتدفقات وصول الحاويات في محطة الحاويات البحرية ولوقت المعالجة الكامل داخل المحطة.

بيّن تطوير نموذج محاكاة منفصل في برنامج ARENA لحالة محطة حاويات اللاذقيّة الدولية أن محطة حاويات اللاذقيّة بوضعها الحالي لن تكون قادرة على تلبية الطلب الأكبر على الحاويات في المستقبل البعيد بسبب معدلات الاستخدام المرتفعة، وإجمالي أوقات الإقامة الكبيرة وأوقات الانتظار لغالبية السفن.

يمكن تعديل النموذج الحالي بإدخال متغيرات إضافية إلى النموذج مثل دراسة تأثير وصول الشاحنات أو القطارات على عملية التحميل، أو كيف تعمل سياسات التكديس على تحسين (أو عدم تحسين) فعالية محطة الحاويات، كما يمكن العمل على تطوير العمليات التشغيلية للمحطة من خلال وضع عدة سيناريوهات تشغيل نموذجية للمحطة لتقليل متوسط زمن تسليم البضائع وزيادة الإنتاجية السنوية لمحطة الحاويات إلى أقصى حد ممكن وبالتالي زيادة حركة الملاحة(الصادرات والواردات والترانزيت) وخصوصاً في فترة إعادة الاعمار و زيادة الدخل القومي من خلال تطوير المنافسة مع مختلف مرافئ الحوض الشرقي للبحر المتوسط.

References:

1- Lin, P.-C.; Kuo, S.-Y.; Chang, J.-H. *The direct and spillover effects of liner shipping connectivity on merchandise trade*. Marit. Bus.Rev. 2020, 5, 159–173.

2- Lau, Y.-Y.; Ducruet, César. Y. Ng, Adolf; F, Xiaowen. *Across the Waves: A Bibliometric Analysis of Container Shipping Research since the 1960s*. Maritime Policy & Management 44.2017, NO.06, 667–684.

3- UNCTAD (2017), *Review of Maritime Transpor*t, Geneva: United Conference on Trade and Development.

4- UNCTAD (2020), *Review of Maritime Transpor*t, Geneva: United Conference on Trade and Development

5- UNCTAD (2021), *Review of Maritime Transpor*t, Geneva: United Conference on Trade and Development

6- ANGELOUDIS, P; BELL, M. *A review of container terminal simulation models*. MARIT. POL. MGMT., SEPTEMBER 2011, VOL. 38, NO0.5, 523–540.

7- KOTACHI, M; RABADI, G; OBEID, M. *Simulation Modeling and Analysis of Complex Port Operations with Multimodal Transportation.* Procedia Computer Science. 2013, 229 – 234.

8- VARGA, A. *Discrete Event Simulation System Version 3.2*. MARCH 2005.

9- ROBINSON, S. *Discrete Event Simulation: From the Pioneers to the Present, What Next.* Journal of the Operational Research Society.2005, 56, 619-629.

10- RUSCĂ, A; POPA, M; ROȘCA, E; ROȘCA, M; RUSCĂ, *A. Simulation Model for Maritime Container Terminal*. TRANSPORT PROBLEMS.2018, Vol 13, ISS10, 48-54.

11- KELTON, D; SADOWSKI, R; ZUPICK, N. *Simulation with Arena.* 6nd, ed., McGraw-Hill Education, New York, 2015.

12- MENG, Q; WENG, J; SUYI, L. *Impact Analysis of Mega Vessels on Container Terminal Operations*. Transportation Research Procedia. 2017, 187-204.

13-JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA), *Textbook on Port Administration & Management Appendices.* Technical Cooperation for the Modernization of Cargo Transportation Project in the Syrian Arab Republic. November 2009.

14-JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA), *Textbook on Port Administration & Management.* Technical Cooperation for the Modernization of Cargo Transportation Project in the Syrian Arab Republic. November 2009.

15- ALTOIK, T; MELAMED, B. *Simulation Modeling and Analysis with Arena.* Academic Press. 2007.

16- UNCTAD (2019), *Review of Maritime Transpor*t, Geneva: United Conference on Trade and Development