Initial Model for Simulation of a Seaport Using the Simio Methodology

Dr. Ayman Youssef*
Dr. Hatem Mahmoudi **
Shadia Dashar ***

(Received 6 / 7 / 2024. Accepted 30 / 4 / 2025)

□ ABSTRACT □

The port sector is considered a vital component in maritime trade and shipping, and therefore improving the performance of these ports is a crucial necessity.
Modern technology such as simio is used to create an initial model for simulating ports, which helps in understanding and analyzing the workflow of ports accurately. This model includes factors such as loading and unloading of cargo, storage management, and many other factors that affect the efficiency of the port.
This study aims to evaluate the performance of port operations using simio simulation technology, through analyzing the data and information provided by the initial model. The performance of different ports will be compared, and the factors affecting their efficiency will be identified, helping in making strategic decisions to improve port performance.
This article will be beneficial for stakeholders in the port sector, including port management and shipping companies, as it will help them better understand port performance and make strategic decisions to develop this sector. Additionally, it will serve as a starting point for the continuous improvement of port operations using the simio methodology and its further development.

Keywords: Container terminal, simio, simulation, initial model,3D model.

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

* **Associate Professor, Department of Design and Production Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Lattakia University, Lattakia, Syria.a61y61@hotmail.com**
** **Associate Professor, Department of Design and Production Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Lattakia University, Lattakia, Syria.hatemove1962@gmail.com**
*** **Postgraduate student (PHD), Department of Design and Production Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Lattakia University, Lattakia, Syria. UniversitShadiahdashar@gmail.com,Shadia.Dashar@tishreen.edu.sy**

نموذج أولي لمحاكاة ميناء بحري باستخدام منهجية simio

د. أيمن يوسف*

د. حاتم محمودي**

شاديه دشر***

(تاريخ الإيداع ٦ / ٧ / ٢٠٢٤. قُبِل للنشر في ٣٠/ ٤ / ٢٠٢٥)

☐ ملخّص ☐

يعتبر قطاع الموانئ من الأساسيات الحيوية في التجارة البحرية والنقل البحري، ولذلك يعد تحسين أداء هذه الموانئ ضرورة ملحة.

تستخدم التقنية الحديثة simio في إنشاء نموذج أولي لمحاكاة الميناء، والذي يسهم في فهم وتحليل سير عمل الموانئ بشكل دقيق. يتضمن هذا النموذج عوامل مثل تحميل وتفريغ البضائع، وإدارة التخزين، والعديد من العوامل الأخرى التي تؤثر في كفاءة الميناء.

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم أداء عمل الموانئ باستخدام تقنية محاكاة simio، وذلك من خلال تحليل البيانات والمعلومات التي يوفرها النموذج الأولي. ستتم مقارنة أداء الموانئ المختلفة وتحديد العوامل التي تؤثر في كفاءتها، مما يساعد على اتخاذ قرارات استراتيجية لتحسين أداء الموانئ.

ستكون هذه المقالة مفيدة لأصحاب المصلحة في قطاع الموانئ، بما في ذلك إدارة الموانئ وشركات الشحن، حيث ستساعدهم في فهم أفضل لأداء الموانئ واتخاذ قرارات استراتيجية لتطوير هذا القطاع. إضافة إلى إنها ستكون نقطة انطلاق لاستمرارية عملية تحسين عمل الموانئ باستخدام منهجية simio وتطويرها.

الكلمات المفتاحية: من محطة الحاويات، simio، محاكاة ، نموذج أولي، نموذج ثلاثي الأبعاد.

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

* أستاذ مساعد، قسم هندسة التصميم والإنتاج، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة اللاذقية، اللاذقية، سورية. a61y61@hotmail.com

**أستاذ مساعد، قسم هندسة التصميم والإنتاج ، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة اللاذقية، اللاذقية، سورية hatemove1962@gmail.com

*** طالبة دراسات عليا(دكتوراه)، قسم هندسة التصميم والإنتاج، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة اللاذقية، اللاذقية، سورية. shadiahdashar@gmail.Com ،Shadia.Dashar@tishreen.edu.sy

مقدمة:

تعد الموانئ بوابة رئيسية للتجارة البحرية وتلعب دوراً حاسماً في تسهيل حركة البضائع عبر الحدود. ومع زيادة حجم التجارة البحرية والطلب المتزايد على خدمات الموانئ، فإن إدارة الموانئ تواجه تحديات كبيرة في تلبية هذه التطلعات.

ويُعتبر تحسين أداء الموانئ ضرورة حتمية لضمان استدامة التجارة البحرية والاستفادة القصوى من فوائدها. فإدارة الموانئ الفعالة تسهم في تخفيض تكاليف الشحن وزمن التسليم، مما يزيد من جاذبية الموانئ للشركات وشحنات البضائع. بالإضافة إلى ذلك، تسهم إدارة الموانئ الجيدة في تعزيز سلاسل التوريد وتعزيز التجارة العالمية وفق المراجع[3-1].

يجب أن نلاحظ أن تحسين أداء الموانئ ليس مهمة سهلة، فإدارة الموانئ تتطلب تخطيطاً دقيقاً وتنظيماً فعّالاً، بالإضافة استخدام التكنولوجيا والابتكار في عملية الشحن وإدارة المخزون. كذلك، يجب على إدارات الموانئ التعامل مع قضايا الأمن والسلامة والحفاظ على رفع مستوى الخدمة وتحسين العمليات اللوجستية وفق المراجع [6-4] .

يُعد تقييم أداء الموانئ عملية حاسمة لضمان فعالية وكفاءة عمليات الموانئ، حيث تُعد تقنية محاكاة النظم الديناميكية المستندة إلى برنامج Simio أداة قوية لتحليل وتقييم أداء الموانئ، ويهدف هذا البحث إلى إنشاء نموذج أولي للمحاكاة الميتائية باستخدام تقنية Simio التي تعد نهجاً فعالاً لفهم وتحليل سير العمل في الموانئ، حيث يتم استخدام نظام محاكاة دقيق لإعادة إنشاء جميع عناصر الموانئ (المعدات والأرصفة ومواقع التخزين والبوابات) بشكل واقعي. يسهل استخدام برنامج Simio في إنشاء نموذج محاكاة دقيق يستطيع تصور جميع عمليات الموانئ، بدءً من وصول السفن وتفريغ البضائع، وصولاً إلى شحن البضائع وتقليل مدة رسو السفن. ويعد هذا البحث نقطة انطلاق لتطوير نماذج المحاكاة للموانئ وتحسين أداءها كما ورد في المرجعين [7,8] .

يتم تطوير النموذج الأولي للمحاكاة الميتائية باستخدام برنامجSimio ، والذي يوفر واجهة سهلة الاستخدام وقدرات قوية لإنشاء نماذج محاكاة دقيقة. ويتم تعريف جميع عناصر الموانئ المختلفة في النموذج، بدءاً من المسارات والأبواب، وصولاً إلى المعدات والعمال. ويتم تحديد خصائص كل عنصر بشكل منفصل، مثل سعة التحميل وسرعة التشغيل، لضمان دقة النتائج حسب المراجع [9-7] .

بعد إنشاء النموذج الأولي، يتم تطبيق مختلف سيناريوهات التشغيل على النظام لتقدير أداء الموانئ. يتضمن ذلك تحديد حجم عدد الحاويات، وزمن التحميل/التفريغ، وزمن رسو السفن، زمن عملية التخزين، وعدد الحاويات التي تغادر بوابات الميناء. يُستخدم برنامج Simio في تحليل البيانات المستخرجة من النموذج لتقدير أداء الموانئ واقتصرنا على ميناء حاويات فقط.

أهمية البحث وأهدافه:

يهدف البحث إلى تقييم أداء عمل الموانئ باستخدام تقنية محاكاة simio: إنشاء نموذج أولي للمحاكاة يعتبر أساس التطوير والدراسات للنماذج اللاحقة من المحاكاة، وتحليل وتقدير التأثيرات المتعلقة بعمل الموانئ على الإنتاجية والكفاءة والتكاليف واقتراح التحسينات والتغييرات اللازمة لتحسين أداء الموانئ بما يسهم في فهم أفضل لعمل الموانئ وتأثيره على سلاسة حركة البضائع والشحن ويساعد أيضاً في تطوير استراتيجيات جديدة لإدارة وتشغيل الموانئ بشكل فعال

بما يحقق تخفيض زمن التشغيل وزيادة الكفاءة في عمل الموانئ إضافة لذلك يوفر نموذج المحاكاة الأولي قابلية تطبيق في دراسات أخرى ذات صلة بعمل الموانئ وتحسين أدائها.

الدراسات السابقة:

الدراسة الأولى: قام Xiao Feng Yin وآخرون في عام ٢٠١١ بدراسة نظام الوكيل الموزع لتخطيط وجدولة الموانئ في سنغافورة. المرجع [1] يتناول اقتراح وتنفيذ نظام وكيل موزع لتخطيط وجدولة الموانئ، والذي تم بناؤه على رأس جدولة ديناميكية محسنة، وتم تنفيذه في هذا العمل (تم تشكيل نموذج رياضي وبرمجته باستخدام الخوارزمية الجينية مع تحديد عدد من الأرصفة وبعض الافتراضات لتسهيل عملية الدراسة). تم إثبات أن الوكلاء الأربعة، وهم مدير تخطيط الميناء، ووكيل مراقبة الرصيف، ووكيل تخصيص الناقل، ووكيل تخزين الساحة لنظام الوكيل الموزع، قادرون على التواصل والتعاون مع بعضهم البعض من أجل العمل على الجدول الزمني. لتخصيص الأرصفة ومتطلبات النقل للناقل.

مدير تخطيط الميناء قادر على الحفاظ على جميع المعلومات الضرورية في مصدر بيانات الجدولة لجدولة مرافق الموانئ وتوفير مكان للتفاوض والاتصال لوكيل مراقبة الرصيف، ووكيل تخصيص الناقل، ووكيل تخزين الساحة، لمشاركة المعلومات وحل تعارضاتهم تحت إشرافه. لقد أظهر المجدول الديناميكي المعزز GA لوكيل مراقبة الرصيف قدرته على العمل بفعالية على تخصيص الرصيف شبه الأمثل وجدول تحميل وتفريغ السفن. يمكن بعد ذلك توجيه المعلومات التي تم الحصول عليها إلى وكيل مراقبة الناقل للتحقق من توفر الناقل. أثبت وكيل تخزين الساحة أيضاً قدرته على توليد متطلبات نقل معقولة، أي الاحتياجات والنقص.

باستخدام المعلومات والجداول الزمنية المقدمة من وكيل مراقبة الرصيف وتخزين الساحة، يمكن إنشاء خطة تخصيص ساحة التخزين والجدول الزمني للشاحنة أو القطار لنقل الحاويات. تم توضيح قدرة إطار الوكيل الموزع باستخدام حالة الدراسة مع خمسة أرصفة و٤٢ سجل وصول سفينة.

- تم التوصل إلى أن جدولة الميناء المقترحة القائمة على الوكيل الموزع يمكن أن تنشئ بنجاح جداول لكل من وكلاء الأرصفة ووكلاء النواقل من الأرصفة إلى الساحات ونواقل ضمن الساحات التخزينية.

الدراسة الثانية: قام Agostino G. Bruzzone وآخرون في عام ٢٠١٣ بدراسة محاكاة ثلاثية الأبعاد كأداة تدريب في محطات الحاويات: محاكيTRAINPORTS في إيطاليا كما ورد في المرجع [2] توفر النمذجة والمحاكاة (M&S) أحد أفضل الحلول لتدريب الموظفين والمديرين في البيئات المعقدة. حيث توفر بديلاً واعداً لعمليات التدريب في العالم الحقيقي. يتيح نهج النمذجة والمحاكاة للتدريب للمتدربين تقييم وتحسين مهاراتهم في استخدام معدات العمل وكذلك تنفيذ العمليات في بيئات افتراضية آمنة. تصف المقالة بعناية محاكي TRAINPORTS لتدريب المشغلين في محطات الحاويات. يعيد محاكي TRAINPORTS إنشاء محطة حاويات Gioia Tauro ، وهي أهم ميناء لإعادة الشحن في منطقة جنوب البحر الأبيض المتوسط. يوفر محاكي TRAINPORTS للمتدربين إمكانيات متعددة من حيث معدات مناولة الحاويات (الناقل الجانبي(الحاضنات)Straddle Carrier ، رافعة الرصيف Quay Crane ، الشاحنة Truck، الشوكياتForklift إلخ) وتعريف سيناريوهات التدريب. بفضل البيئة الافتراضية، والرؤية متعددة الشاشات، وواجهات الأجهزة المتعددة ونظام الصوت، يشعر المتدربون بأنهم منغمسون في محطة الحاويات الحقيقية. يُعتبر اتحاد محاكي TRAINPORTS جزءاً من عائلة مبتكرة من أجهزة المحاكاة، المعروفة باسم ST VP (Simulation Team Virtual Port). تقدم هذه المقالة نظرة عامة على بنية TRAINPORTS، وتصف عملية تطوير

الاتحادات، كما تناقش أوضاع تشغيل أجهزة المحاكاة، بالإضافة إلى التحديات المتعلقة بعمليات التحقق والتحقق من الصحة، يوضح الشكل (١) هندسة TRAINPORTS.

الشكل(١): هندسة TRAINPORTS

حققت المحاكاة النتائج التالية:

- توفرت أوضاع تشغيلية متعددة: سيناريوهات التدريب التعاوني المعقدة، والعمليات التنافسية (حيث يمكن للفرق / الفرق المختلفة العمل بشكل متزامن لتحسين إنتاجيتها)، وخبرات التدريب المتقدمة للمشغلين الفرديين.
- يتطلب التحقق من التدريب والتحقق من صحته واعتماده تنفيذ أنشطة محددة مكرسة للتحقق من كل من النماذج المفاهيمية والمحوسبة.
- تم تنفيذ مرحلة VV&A (Verification, Validation and Accreditation) أيضاً بدعم من مشغلين لوجستيين حقيقيين صادقوا على إمكانات محاكي TRAINPORTS كأداة متقدمة لدعم تعريف السياسات وإعادة تصميم الإجراءات وإعادة هندسة البنية التحتية.

الدراسة الثالثة: قام Ningning Li وآخر في عام ٢٠١٧ تقييم سعة محطات الحاويات مع مراعاة مستوى خدمة الموانئ بناءً على المحاكاة في الصين كما ورد في المرجع [3] حيث إن السعة الإنتاجية هي الطاقة الإنتاجية لمؤسسة الموانئ في ظل بيئة غريبة ثابتة، وتلعب دوراً مهماً في التحكم في الإنتاج. وفقاً لتحليل العوامل المؤثرة في سعة الإنتاجية وخصائص نظام التشغيل، تقترح هذه المقالة نموذج محاكاة لنظام تشغيل محطة الحاويات بناءً على مستوى خدمة الميناء، باستخدام برنامج Arena. من خلال تغيير بارامترات الإدخال، يمكن الحصول على مخططات محاكاة مختلفة بهدف تحديد العلاقة بين مستوى خدمة الميناء وسعة الإنتاجية لمحطات الحاويات. وتم تقديم بعض الاقتراحات المعقولة لتحسين السعة الإنتاجية لمحطات الحاويات.

وتوصلوا إلى النتائج التالية:

- يزداد متوسط سعة نقل الرصيف لمحطات الحاويات بشكل كبير مع زيادة قيمة مستوى خدمة الميناء (AWT / AST) بالنظر إلى نفس عدد الأرصفة.
- رقم الرصيف المستمر n له تأثير كبير على متوسط سعة الرصيف لمحطات الحاويات. والترتيب المستمر من ٣ إلى ٥ أرصفة هو اقتصادي نسبياً ومعقول.

- يتم استنتاج سعة الإنتاجية النهائية الموصى بها من حيث نسبة زمن الانتظار إلى زمن الخدمة / AWT AST ، والتي تُستخدم لتقييم السعة المحطة وتحديد عدد الأرصفة الجديدة.
- يوفر نموذج المحاكاة الدعم الفني لمزيد من البحث المنهجي حول السعة الإنتاجية لمحطات الحاويات، ويمكن استخدامه أيضاً كدليل لتخطيط وتشغيل محطات الحاويات.

الدراسة الرابعة: قام D. N. Prayogo وآخرون في عام ٢٠١٧ تطوير تخطيط المستوى التكتيكي المتكامل في محطة الحاويات في أندونيسيا المرجع [4] يتناول محطات الحاويات التي تُعرف بأنها عبارة عن مناطق مقريبة من البحر ومناطق لساحات تخزين الحاويات. في المناطق الساحلية، هناك قراران للتخطيط على المستوى التكتيكي: على سبيل المثال: تخصيص الرصيف ومشاكل تخصيص رافعة الرصيف. وفي الوقت نفسه، في منطقة ساحة تخزين الحاويات، يؤخذ بعين الاعتبار تخطيط الساحات وتخصيص مساحة تخزين الحاويات لكل سفينة حاويات. هذه القرارات الثلاثة ذات المستوى التكتيكي مترابطة وتعتمد على بعضها البعض. تناقش هذه المقالة تطوير التخطيط المتكامل لهذه القرارات الثلاثة على المستوى التكتيكي في محطات الحاويات، حيث تتميز محطة الحاويات ببعض الخصائص على النحو التالي: مخطط رصيف مستمر مع وصول ديناميكي للسفن، التغير في وقت تخصيص روافع الرصيف للسفينة في مشكلة تخصيص رافعة رصيف محددة وتخطيط ساحة الحاوية متعددة الفترات من خلال الأخذ بعين الاعتبار وقت وصول الدورة المزدوجة لنمط تواتر السفينة وازدحام حركة المرور في الساحة. تم اعتبار التوازن بين متطلبات مالكي سفن الشحن ومديري محطات حاويات الموانئ هدفًا لنموذج التحسين هذا. بالإضافة إلى تقليل إجمالي تكلفة خدمة السفن في تخطيط الرصيف، وتقليل وقت خدمة روافع الرصيف الإجمالي للسفن بأكملها وتقليل مسافة التنقل الإجمالية لنقل الحاويات في منطقة ساحة الحاويات.

- يتم حل نموذج التخطيط التكتيكي المتكامل هذا باستخدام إطار عمل تكامل وظيفي مع بنية حلقة التغذية الخلفية. يتم استخدام المثال العددي كتوضيح لتطبيق نموذج قرار التخطيط المتكامل في محطة الحاويات التي يمكن أن تؤدي إلى حل جيد.

الدراسة الخامسة: قام Yuri Triska وآخرون في عام ٢٠٢٠ بدراسة اقتراح أسلوب قائم على المحاكاة لتقييم قدرة الموانئ والتخطيط للتوسع في البرازيل كما ورد في المرجع [5] الذي يتناول عملية تخطيط الموانئ، تعد الدراسات المتعلقة باختيار سعة الميناء ضرورية لتخصيص الموارد. على الرغم من أن المحاكاة هي طريقة تتيح التفصيل والمرونة لتحليل الأنظمة المعقدة مثل الموانئ والمحطات، وهي طريقة قوية لتقييم قدرة الموانئ على أساس المحاكاة وقادرة على تحليل عمليات الموانئ من عمليات الوصول الداخلية إلى الممرات المائية. ومع ذلك، تهدف هذه المقالة إلى اقتراح طريقة قائمة على المحاكاة لتقييم قدرة الموانئ والتخطيط للتوسع. يمكن للطريقة المقترحة ربط قيمة السعة بتكوين مورد معين و / أو الإشارة إلى تكوينات الموارد الأمثل لمخرجات الإنتاج المتوقعة المحددة. يمكن اختيار المعايير الاقتصادية أو التشغيلية لتخطيط القدرات. تعتمد هذه الطريقة على محاكاة مونت كارلو وتم اختبارها في نموذج محاكاة أحداث منفصل لمحطة الحاويات مستوحى من محطة حقيقية في جنوب البرازيل، حيث تم تقييم الأرصفة وفتحات التخزين وبوابات الشاحنات.

حدد العمل منظورين لتخطيط سعة الميناء، حيث يقوم أحدهما بربط إنتاجية حرجة معينة بإعداد الموارد (منظور العرض) وإعدادات الموارد الزميلة الأخرى بقيم نقل البضائع (منظور الطلب). إلى جانب ذلك، من أجل منظور الطلب، يمكن للمرء استخدام النهج الهندسي (بناءً على المؤشرات التشغيلية) أو النهج الاقتصادي (بناءً على تكاليف الميناء).

ومع ذلك، فإن النهج الاقتصادي لا ينطبق على منظور العرض، لأن قيمة الإنتاجية المثلى تفتقر إلى المعنى العملي وتتأثر بالتكاليف الثابتة.

النتائج والمناقشة:

- ستساعد النتائج مخططي الموانئ في قرارات تكوين الموارد، مثل وقت إنشاء رصيف جديد أو الحصول على معدات جديدة في الساحة.
- يتيح الإجراء المقترح لمنظور العرض توفير قيمة تعبر عن تلبية الطلب من خلال إعداد مورد معين.
- يمكن استخدام هذه القيمة كمؤشر تشغيلي يوجه ضرورة توسيع المحطة. بالإضافة إلى ذلك، إذا قرر مخطط الميناء وضع نموذج محاكاة بنطاق محدود، يمكن لقيمة السعة أن توجه تطوير تخطيط التوسيع جنبًا إلى جنب مع تحليل منفصل آخر لأجزاء مختلفة من نظام الميناء.
- تتيح إجراءات منظور الطلب تطوير تخطيط توسع لميناء أو محطة.
- يمكن تطبيق تخطيط التوسيع على المحطات القائمة أو المحطات الجديدة، في الحالة الأخيرة مع الأخذ في الاعتبار الإعداد الأولي بموارد قليلة.
- إمكانية تطبيق هذا العمل في التخطيط المتوسط والطويل الأجل للموانئ والمحطات.
- يمكن لمخططي الموانئ استخدام الطريقة للإرشاد عند تنفيذ التحسينات في المحطات، مثل: بناء الأرصفة والهياكل الأخرى، اقتناء معدات الموانئ، توظيف العمالة، والتغيرات الأخرى في المجاري المائية.
- إمكانية للتطبيق في التخطيط قصير المدى، عند تقييم تأثير التحسينات التشغيلية (مثل التغييرات في جدولة الرصيف وتعيين الشاحنات) في قيم السعة أو تخطيط التوسع في المحطة.

طرائق البحث ومواده:

- اختيار المفاهيم والنظريات التي تعزز فهم أداء عمل الموانئ وتقنية محاكاة simio.
- تطبيق تقنية محاكاة simio: تم القيام بإنشاء نموذج أولي للمحاكاة باستخدام تقنية محاكاة simio.

١- برنامج محاكاة simio:

تُعَد simio برمجية محاكاة قوية وشاملة تستخدم لنمذجة وتحليل العمليات المعقدة. تتيح simio إنشاء نماذج محاكاة دقيقة للأنظمة الديناميكية، بما في ذلك الموانئ البحرية وفق المرجع[9] .

١-١ فوائد استخدام simio في محاكاة الموانئ البحرية:

لبرنامج simio فوائد متعددة في محاكاة الموانئ البحرية كما تم ذكر بعضها في المرجعين [8,9] ، نذكر منها:

- تسهيل فهم عمليات الموانئ وتحليل أدائها.
- تقديم منصة لتجربة سيناريوهات مختلفة وتقييم تأثيرها على أداء الموانئ.
- تحسين التخطيط والجدولة لعمليات الشحن والتفريغ والتخزين في الموانئ.
- تقديم رؤى قابلة للاستغلال حول كفاءة استخدام المعدات والإنسان في الموانئ.
- تعزز اتخاذ القرارات الإدارية بشأن التطورات المستقبلية للموانئ.

٢-١ منهجية عمل محاكاة simio:

لإنشاء نموذج محاكاة أولي لميناء بحري باستخدام Simio كما ورد في المرجعين[8,9]، وفق الخطوات التالية:

١. تعريف المتغيرات والبيانات الأساسية: مثل عدد السفن، وأوزان الشحنات، وأوقات التحميل والتفريغ.
٢. إضافة سلاسل زمنية: لتحديد أوقات الوصول والتحميل والتفريغ للسفن والشحنات.
٣. إضافة الأحداث: مثل وصول السفن، وبدء التحميل، وانتهاء التفريغ.
٤. تعيين المعايير والمؤشرات: من أجل قياس أداء النظام، مثل زمن انتظار السفن، وزمن التحميل والتفريغ.
٥. تشغيل المحاكاة: باستخدام Simio، ومن ثم جمع البيانات حول أداء النظام.
٦. تقديم التقارير: حول أداء النظام، مثل زمن انتظار السفن أو كفاءة استخدام الأرصفة.

بشكل عام، يجب أخذ جوانب مثل توزيع السفن في الميناء، وتوقيت العمليات، وكفاءة الآلات في الاعتبار.

٢- توصيف منطقة الدراسة:

يعد ميناء اللاذقية بوابة استراتيجية اقتصادية هامة لسوريا كونه صلة الوصل لربط أوروبا مع آسيا، ويتم العمل منذ إنشاءه على تطويره وتحديثه ومده بأفضل وأحدث الآليات والمعدات ورفع مستوى الكفاءة للعمل.

٢-١- توصيف المحور المدروس:

أجريت هذه الدراسة على الميناء البحر (حالة الدراسة ميناء اللاذقية (محطة الحاويات)) وتم محاكاة العمليات اللوجستية التي تتم بدءاً من الأرصفة وصولاً إلى مناطق استلام البضائع في الساحات وخروج الحاويات من البوابات.

حيث تم اختيار عدد السفن وفق برنامج simio والتي تمثلها كيانات النموذج (Model Entity) التي تنتقل من المصدر إلى الخادم، ثم تنتقل عبر الخادم حتى وصولها إلى مكان استلام الحاويات (sink) الذي يمثل في مشروعنا ساحات التخزين أو مستودعات.

٢-١-٢ بيانات حالة الدراسة:

تم جمع بيانات عن رحلة سفينة تتضمن تفريغ ٢٣٧ حاوية مختلفة الأحجام مع أوزانها وكافة المعلومات المتعلقة بها وفق جدول (١) الذي يعرض بعض البيانات (أرقام الحاويات وحجمها وأوزانها وأماكن تموضعها في عنابر السفينة وتواريخ تفريغها من السفينة على الرصيف)، ثم تم تحديد عدد المعدات العاملة في هذه الرحلة وفق ما يلي:

٢ روافع رصيف، ٤ شاحنات ساحة، ٢ روافع ساحة، ساحة واحدة للتخزين، بوابة واحدة

وتم تحديد عملية الميناء بحالة تفريغ وخروج الحاويات من البوابات فقط.

الجدول (١) بعض بيانات الرحلة التي تمت دراستها

Container No	FULL	SzTp2	WGT	Mode	Status	Ship Loc (D)	Discharging Date
UETU2213455	F	22G0	30180	Import	Stacking	390402	25/11/2023 11:03:35
CMAU2712884	F	22G0	23330	Import	Stacking	390106	25/11/2023 10:30:32
CMAU0479032	F	22G0	29440	Import	Stacking	390204	25/11/2023 10:53:05
CMAU0166233	F	22G0	29500	Import	Stacking	390302	25/11/2023 11:15:18
CMAU4641157	F	45G0	29490	Import	Stacking	380108	25/11/2023 09:34:39
CMAU5359451	F	45G0	31000	Import	Stacking	380408	25/11/2023 10:19:24
CMAU3633389	F	45G0	27580	Import	Stacking	380410	25/11/2023 09:31:47
ARKU2315287	F	22G0	27200	Import	Stacking	411082	25/11/2023 10:07:24
ARKU2231988	F	22G0	8120	Import	Stacking	370206	25/11/2023 10:24:51
MSKU1161664	F	45G0	19700	Import	Stacking	440682	25/11/2023 11:36:32
SEKU4317682	F	45G0	29700	Import	Stacking	380208	25/11/2023 09:39:52
CMAU0784400	F	22G0	29310	Import	Stacking	370104	25/11/2023 13:40:39
MRSU4571318	F	45G0	18200	Import	Stacking	440282	25/11/2023 12:04:37
MRSU6487079	F	45G0	17100	Import	Stacking	440288	25/11/2023 11:24:06
CMAU1499780	F	22G0	29540	Import	Stacking	390404	25/11/2023 10:59:44
SUDU7550230	F	22G0	6610	Import	Stacking	390206	25/11/2023 10:24:52
CMAU1989597	F	22G0	27290	Import	Stacking	370106	25/11/2023 10:30:31
CSOU4102128	F	45G0	27720	Import	Stacking	380110	25/11/2023 09:24:33
MRSU6354076	F	45G0	19300	Import	Stacking	440482	25/11/2023 11:59:22
CMAU2020865	F	22G0	30190	Import	Stacking	370402	25/11/2023 13:50:57

٢-١-٣ معايير عمل حالة الدراسة:

بعد الاطلاع على آلية العمل في الميناء البحري وتحديد الاستراتيجية العامة لقياس أداء العمل وفق معيار قيمة إنتاجية روافع الرصيف ومدة التخزين في الساحة، تم إنشاء نموذج محاكاة أولي بسيط ودراسة النتائج ومقارنتها مع البيانات الحقيقية.

النتائج والمناقشة:

١- إنشاء النموذج الأولي:

تم تشكيل نموذج أولي للعملية اللوجستية ضمن الميناء بدءاً من وصول السفينة وانتهاءً بالبوابة، حيث كانت مناولة الحاويات ونقلها تم في اتجاه واحد (حالة تفريغ) فقط بشكل مبسط لدراسة كفاءة نقل الحاويات وتقليل زمن التفريغ للسفينة.

تم تحديد رحلة سفينة التي تحوي ٢٣٧ حاوية فقط وفق الجدول (١) وتم إدخاله على برنامج simio متضمن البيانات المذكورة سابقاً من أرقام الحاويات وأوزانها ونوعها وتاريخ تفريغها، حيث تم إدخالها ضمن البرنامج وفق الشكل (٢):

Table1

Import: [CSV Data Importer2], Bound to CSV: , Use headers = True, Separator = ','
Data has not been imported or is of an unknown age

	Container No	FULL	Sz Tp2	WGT	Mode	Status	Ship Loc(D)	Discharging Date
1	UETU2213455	F	22G0	30180	Import	Stacking	390402	25/11/2023 11:03:35
2	CMAU2712884	F	22G0	23330	Import	Stacking	390106	25/11/2023 10:30:32
3	CMAU0479032	F	22G0	29440	Import	Stacking	390204	25/11/2023 10:53:05
4	CMAU0166233	F	22G0	29500	Import	Stacking	390302	25/11/2023 11:15:18
5	CMAU4641157	F	45G0	29490	Import	Stacking	380108	25/11/2023 09:34:39
6	CMAU5359451	F	45G0	31000	Import	Stacking	380408	25/11/2023 10:19:24
7	CMAU3633389	F	45G0	27580	Import	Stacking	380410	25/11/2023 09:31:47
8	ARKU2315287	F	22G0	27200	Import	Stacking	411082	25/11/2023 10:07:24
9	ARKU2231988	F	22G0	8120	Import	Stacking	370206	25/11/2023 10:24:51
10	MSKU1161664	F	45G0	19700	Import	Stacking	440682	25/11/2023 11:36:32
11	SEKU4317682	F	45G0	29700	Import	Stacking	380208	25/11/2023 09:39:52
12	CMAU0784400	F	22G0	29310	Import	Stacking	370104	25/11/2023 13:40:39
13	MRSU4571318	F	45G0	18200	Import	Stacking	440282	25/11/2023 12:04:37
14	MRSU6487079	F	45G0	17100	Import	Stacking	440288	25/11/2023 11:24:06
15	CMAU1499780	F	22G0	29540	Import	Stacking	390404	25/11/2023 10:59:44
16	SUDU7550230	F	22G0	6610	Import	Stacking	390206	25/11/2023 10:24:52
17	CMAU1989597	F	22G0	27290	Import	Stacking	370106	25/11/2023 10:30:31
18	CSOU4102128	F	45G0	27720	Import	Stacking	380110	25/11/2023 09:24:33

الشكل (٢) أعداد الحاويات وبياناتها ضمن برنامج simio

تم ضبط خصائص model entity التي تمثل الحاويات على container counterوضبط directions.

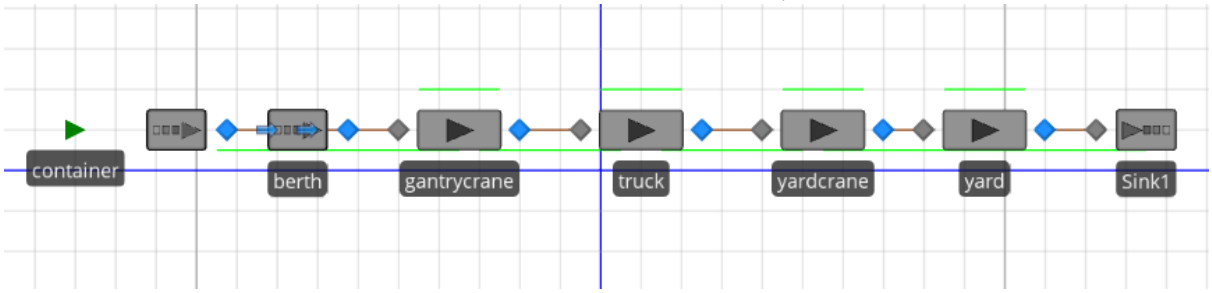
ثم تم الانتقال إلى نموذج simio وتشكيل النموذج باختيار الكائنات (objects) من المكتبة القياسية (standard library) وفق ما يلي:

Source المصدر ويمثل الرصيف والسفن

Server الخادم التي يمثل الآليات والمعدات (server1 يمثل روافع الرصيف وserver2 يمثل الشاحنات و server3 يمثل روافع الساحة server4 يمثل الساحة)

Sink منطقة البوابات.

وتم ربطها معاً عن طريق روابط النظام وهي paths و connector .



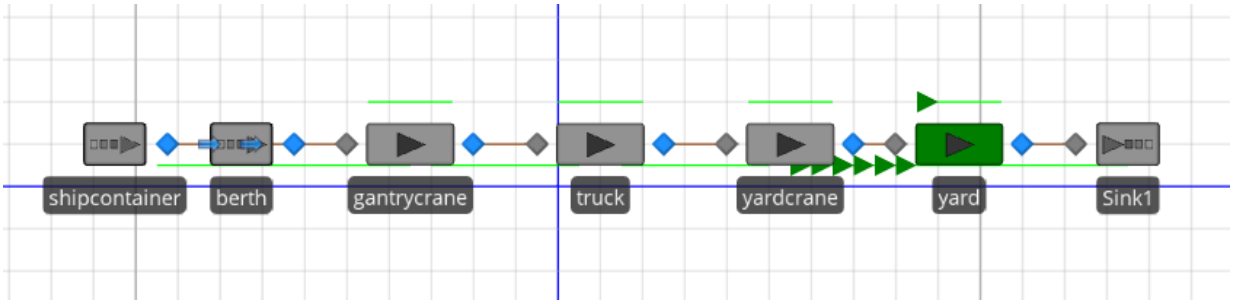
الشكل (٣) نموذج أولي يمثل تسلسل العمليات اللوجستية ضمن محطة الحاويات وفق simio

٢- خصائص النموذج:

في المرحلة التالية تم ضبط خصائص النموذج وربطه مع بيانات الجدول، ثم ضبط خصائص كل كائن (object) وفق (زمن الوصول وزمن الخدمة وعدد المعدات) وربط البيانات جميعها معاً مع المصدر والكيان والخوادم التي تمثل كل منهما (السفن والأرصفة والمعدات (روافع الرصيف وشاحنات الساحة وروافع الساحة)) ضمن نافذة الخصائص الخاصة بكل object.

بالإضافة إلى ضبط زمن التداخل (الذي يمثل زمن تداخل العمل على الأرصفة بالتزامن مع وصول السفن إلى الميناء) بمتغيرات عشوائية أسية بالنسبة للأرصفة والسفن ويساوي ١ دقيقة، بالنسبة لحركة الحاوية وزمن معالجة العملية ضمن الساحات يساوي ٤ دقائق، أي تبقى الحاوية خلال هذا الزمن ضمن الساحات قبل أن يتم نقلها إلى البوابات وزمن معالجة العملية بمتغيرات عشوائية ثلاثية (0.5,0.5,1) دقيقة، بالنسبة للمعدات العاملة مع تحديد ٢ روافع رصيف و٤ شاحنات ساحة و٢ روافع الساحة وساحة واحدة، بينما التحول في الزمن transfer in time ثابت ويساوي ٢ دقيقة بالنسبة لsink التي تمثل البوابة.

بعد تحديد أهم الخصائص هذه وبالإضافة إلى تحديد سعة العظمى ٢٣٧ حاوية وربطها مع جدول البيانات التي تم إدخاله مسبقاً وتحديد سعة ١ حاوية لكل آلية وحددنا زمن وردية واحدة (٨ ساعات فقط) (تم تخصيص النموذج دون مخاطر العمل والتوقفات الممكن حدوثها) نقوم بتشغيل النموذج وفق الشكل (٤).



الشكل (٤) النموذج أولي خلال تشغيله

٣- نتائج التشغيل:

خلال زمن الوردية (٨ ساعات)، تم الانتهاء من عملية تفريغ السفينة بالكامل. النتائج كانت كما يلي:

- متوسط عدد الحاويات ضمن النظام: ١١٦ حاوية.
- العدد الأعظمي للحاويات: ١٨٠ حاوية.
- عدد الحاويات التي عبرت خارج البوابات: ١٢٢ حاوية.
- معدل زمن انتظار الحاويات: ١٠ دقائق.
- معدل إنتاجية روافع الرصيف: ٢٤ حاوية في الساعة.

هذه النتائج تشير إلى كفاءة جيدة في عملية التفريغ والنقل.

٤- تحليل التجريب:

في تقنية المحاكاة هذه تم التأكد من النتائج التي تم الحصول عليها وموثوقيتها عن طريق إجراء تحليل تجريبي ضمن النظام نفسه وتحديد سيناريو تكراري وفق الشكل (٥) تم تحديد سيناريوهين:

- السيناريو الأول بتكرار ١٠ مرات
- السيناريو الثاني بتكرار ٥٠ مرة

مع الحفاظ على خصائص النموذج نفسها درجة الثقة ٩٥% وفترة warm-up التي تمثل فترة مهمة بالتخلص من الوضع السكوني للنظام وتحضير النظام للعمل مساوية ٠ وفق الشكل (٦)

Scenario			Replications		Controls		
	Name	Status	Required	Completed	containercount	dentisation	shipcontainer_RunEndingAddOnProcess
▸	Scenario1	Completed	10	10 of 10	237	2	Model_shipcontainer_RunEnding
	Scenario2	Completed	50	50 of 50	237	2	Model_shipcontainer_RunEnding
*							

الشكل (٥) سيناريوهات العمل التجريبي لنموذج عمل محطة الحاويات وفق simio

Properties: Experiment1 (Experiment)

Analysis	
Warm-up Period	0
Units	Hours
Default Replications	10
Confidence Level	95%
Upper Percentile	75%
Lower Percentile	25%
Primary Response	
Advanced Options	
Concurrent Replication Li...	0
Replication Runner	InProcess
Distribute Runs	False
Generate Statistics	True
General	
Name	Experiment1

الشكل (٦) خصائص مرحلة التجريب

بعد تشغيل السيناريوهات تم الحصول على النتائج التالية:

في السيناريو الأول كان متوسط عدد الحاويات في النظام ١٢٣ حاوية والعدد الأعظمي ١٨٢ حاوية وعدد الحاويات التي خرجت من البوابة ١١٤ حاوية بمعدل إنتاجية أعظمي لروافع الرصيف ٢٥ حاوية في الساعة.

في السيناريو الثاني المتوسط بلغ ١٢٢ حاوية والعدد الأعظمي ١٨٠ حاوية وعدد الحاويات التي عبرت البوابة ١١٦ حاوية ومعدل إنتاجية أعظمي لروافع الرصيف بلغت ٢٦ حاوية في الساعة.

- تظهر النتائج أن النموذج الأولي قد حقق كفاءة جيدة في تفريغ الحاويات ونقلها. تشير معدلات الإنتاجية العالية لروافع الرصيف إلى فعالية العمليات اللوجستية. كما أن الفروقات الطفيفة بين السيناريوهات المختلفة تعكس استقرار النظام وقدرته على التعامل مع الأحمال المتغيرة.
- يمكن أن تكون هذه النتائج نقطة انطلاق لتحسين العمليات اللوجستية في ميناء اللاذقية، من خلال تحليل أعمق للزمن المستغرق في كل مرحلة من مراحل العملية وتحديد النقاط التي يمكن تحسينها لزيادة الكفاءة وتقليل زمن الانتظار.

٥- إنشاء نموذج ثلاثي الأبعاد:

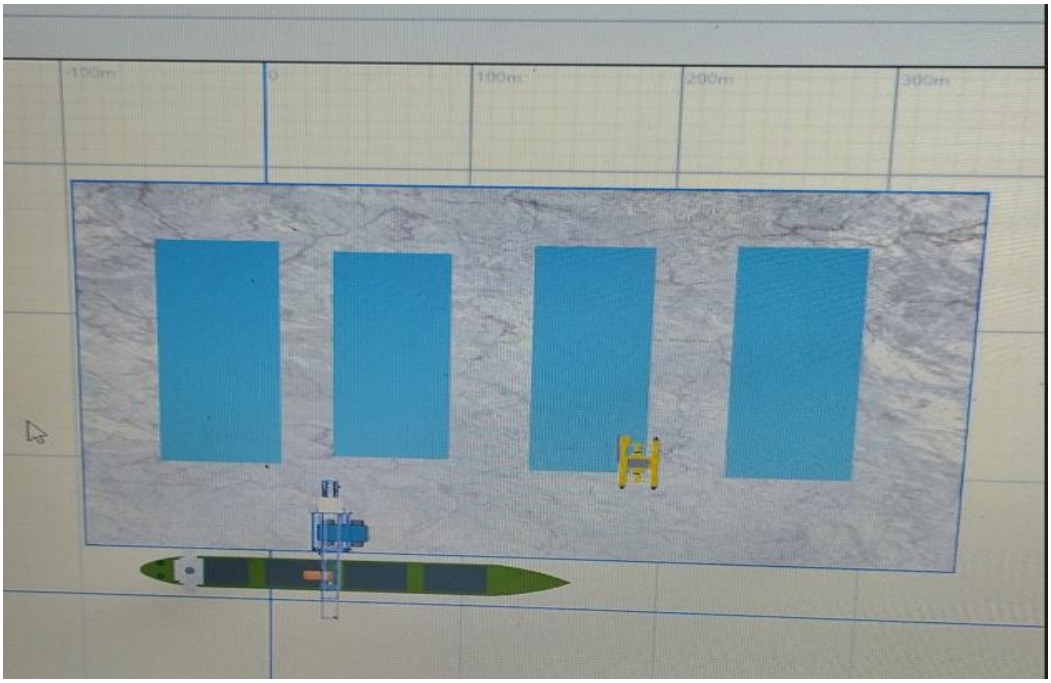
تم تشكيل نموذج ثلاثي الأبعاد يحاكي النموذج الأولي الذي تم إنشاؤه مسبقاً، حيث تم ربط بياناته مع النموذج D٣ بشكل متكامل. تم التركيز على تجربة سفينة حاويات تحتوي على حاوية واحدة، مع استخدام المعدات الحديثة المتطورة، والتي تشمل:

• رافعة رصيف واحدة: تم تصميمها لتفريغ الحاويات من السفينة.

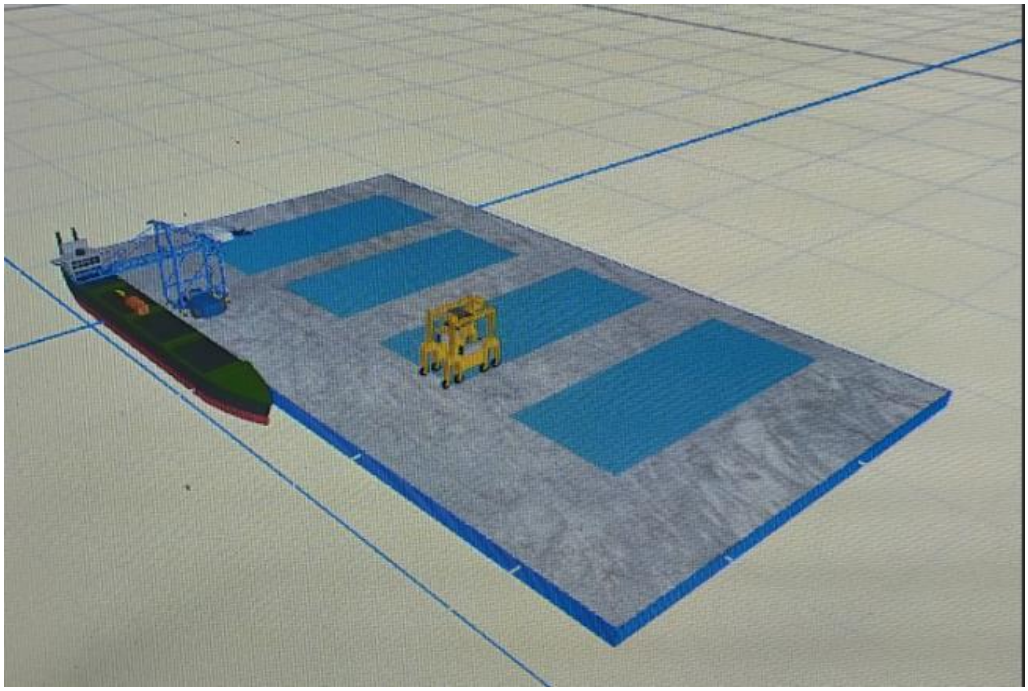
• شاحنة ساحة واحدة: لنقل الحاويات إلى ساحة التخزين.

• رافعة ساحة واحدة: لنقل الحاويات داخل الساحة.

تم تقسيم ساحة الحاويات بشكل مبدئي إلى أربع كتل، مما يسهل تنظيم الحاويات ويعزز الكفاءة التشغيلية. كما تم استخدام الرسومات التوضيحية (٧) 2D و(٨)3D لتقديم تصور أفضل عن النموذج:



الشكل (٧) نموذج ثلاثي الأبعاد لميناء بحري 2D



الشكل (٨) نموذج ثلاثي الأبعاد لميناء بحري 3D

- تشغيل النموذج

تم ربط العمليات المختلفة في النموذج D٣ وتشغيلها، حيث تم محاكاة عملية تفريغ الحاويات ونقلها عبر الشاحنة إلى ساحة التخزين. أظهرت التجربة أن النموذج يعمل بكفاءة، مع تقليل زمن الانتظار وزيادة الإنتاجية.

- من خلال إنشاء النموذج ثلاثي الأبعاد، تم تحقيق فهم أعمق لعمليات الميناء، مما يتيح للمعنيين اتخاذ قرارات مدروسة لتحسين الأداء العام. تم تسجيل نتائج إيجابية تتعلق بتقليل زمن الانتظار وزيادة كفاءة العمليات، مما يعكس قدرة النموذج على تقديم رؤى قيمة لتحسين إدارة الموانئ.

مناقشة النتائج:

١- موثوقية النموذج: هذا التقارب الكبير بين نتائج النموذج الأولية ونتائج التجريب والموثوقية التي بلغت ٩٥% من النتائج يدل على صحة النموذج الذي تم إنشاؤه ومرونة هذا النظام العامل بشكل كبير جداً حيث تم السماح لنظام simio بتحديد بعض البارامترات بشكل افتراضي (يعمل وفق نظام ذكاء اصطناعي تسمح له بفرض بارامترات افتراضية مناسبة لنموذج المحاكاة المطلوب) وحقق نتائج جيدة ودقيقة جداً بالنسبة لحساب إنتاجية روافع الرصيف التي تعد العامل الرئيسي في تحديد مستوى كفاءة وفعالية الميناء وفترة تخزين قصيرة للحاويات ضمن الساحة، مما يدعم هذا الاستنتاج.

٢- مقارنة الإنتاجية: عند مقارنة النتائج مع النتائج الحقيقة حيث بلغت قيمة الإنتاجية لروافع الرصيف ١٨ حاوية في الساعة أخذة بعين الاعتبار كافة الظروف الطقس وأعطال معدات في الحالة الحقيقية وبذلك تكون منخفضة بمقدار ٢٥ % عن قيمتها ضمن نظام المحاكاة، كما أظهرت عملية التخزين في الواقع أنها تستغرق وقتاً أطول مما تم تحديده ضمن المحاكاة، مما يشير إلى وجود عوامل إضافية تؤثر على الأداء في الظروف الحقيقية.

٣- تحليل الإجراءات اللوجستية: من خلال تحليل النتائج التي تم الحصول عليها لوحظ أنه الأخذ بعين الاعتبار بعض الإجراءات الخاصة بالعمل ضمن النظام بما يخص عملية تفريغ سفينة والإجراءات العامة للعمليات اللوجستية لكن وفق تحديد افتراضي للقيم من قبل البرنامج نفسه لذلك تعتبر هذه النتائج جيدة وتؤخذ بعين الاعتبار لاستمرار وتطوير النموذج وأخذ جميع العوامل بعين الاعتبار ومقارنتها مع النتائج المذكورة.

٤- توضيح العمليات: ساعد النموذج ثلاثي الأبعاد في توضيح العمليات ورؤيتها بوضوح ، مما يمكّن الفرق المعنية من تحسين الأداء ومناقشة المشكلات المحتملة وإيجاد الحلول المناسبة لها.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

بناءً على النتائج التي تم الحصول عليها نستنتج:

١- دقة المحاكاة: قدمت عملية المحاكاة نتائج دقيقة وجيدة ضمن الظروف المناسبة بدون الأخذ بعين الاعتبار مخاطر وتوقفات وفق هذه التقنية المتطورة بالذكاء الاصطناعي وفق بارامترات تم تحديدها وبارامترات افتراضية محددة من قبل نظام simio تناسب نموذج محاكاة عمليات الميناء. وتعكس هذه التقنية قدرة نظام Simio على تحديد بارامترات مناسبة لنموذج محاكاة عمليات الميناء.

٢- تحسين الأداء: رفع مستوى الخدمة والأداء وفعالية العمليات اللوجستية في الميناء البحري من خلال معدلات إنتاجية روافع الرصيف وفترة التخزين:

٥- حيث بلغت متوسط الإنتاجية للروافع ٢٤ حاوية في الساعة وهي نتيجة جيدة.

٦- وحققت فترة تخزين قصيرة لعدد كبير للحاويات حيث بلغت عدد الحاويات التي خرجت من الميناء ١٢٢ حاوية خلال فترة تشغيل الميناء.

٣- أساس التطوير المستقبلي: تُعد هذه النتائج أساس الدراسات والتطورات للنموذج الأولي مستقبلاً ونقطة انطلاق لتحسين تخطيط وتصميم الموانئ البحرية وعملياتها اللوجستية كونها نتائج النموذج المثالي لإداء العمليات، بما فيها عملية التخزين التي ستساعد دراسة العوامل والمعايير المهمة ضمن الميناء لجعل ميناء اللاذقية تحديداً ميناء مناولة فقط، مما يُساهم في رفع مستوى الخدمة والكفاءة ضمنه.

٤- تطوير نماذج متقدمة: يساعد النموذج الأولي في إنشاء نماذج ثلاثية الأبعاد أكثر تطور وتعقيد وإجراء دراستها الافتراضية وتطبيق الرقمنة الحاسوبية باستخدام خوارزميات الذكاء الاصطناعي على الحاسب قبل تطبيقها على الواقع الحقيقي.

التوصيات:

١- استخدام simio كمنهجية قياس: اتخاذ عمليات المحاكاة وفق simio منهجية لقياس أداء الميناء وتخطيطه وتطويره ودراسة كافة الظروف والتغيرات الممكنة في حال تغيير خصائص objects التي تمثل البنى التحتية للميناء وعملياته اللوجستية. هذا سيمكن من تحسين الأداء العام وتحديد نقاط الضعف والقوة في العمليات.

٢- تطوير المحاكاة ثلاثية الأبعاد (D٣): العمل على المحاكاة ثلاثية الابعاد 3D وفق هذه التقنية وبشكل أكثر تعقيداً للعمليات ضمن الميناء انطلاقاً من هذا النموذج الأولي البسيط. مما يسمح بمحاكاة العمليات المختلفة داخل الميناء بشكل دقيق. يمكن أن تتضمن هذه النماذج تفاصيل إضافية مثل حركة المركبات، تفاعلات العمال، وتوزيع الحاويات، مما يسهم في تحسين فهم العمليات اللوجستية.

٣- أساس لتطوير نماذج أكثر تعقيداً: يُعتبر هذا النموذج الأولي نقطة انطلاق قوية لتطوير نماذج أكثر تعقيداً لمحاكاة الموانئ البحرية. يجب استخدام هذه الدراسة كأساس لدراسة كافة التغيرات والعوامل المؤثرة في العمليات اللوجستية، مما يساعد على تحسين الكفاءة وتقليل التكاليف. ينبغي أن تشمل الدراسات المستقبلية تحليل السيناريوهات المختلفة وتقييم تأثيرها على الأداء العام للميناء.

٤- تدريب الكوادر البشرية: من المهم توفير التدريب المناسب للكوادر البشرية على استخدام تقنيات المحاكاة المتقدمة، مما يعزز من قدرتهم على تحليل البيانات واتخاذ القرارات المدروسة لتحسين الأداء.

References:

[1] X. F.Yin, L. P. Khoo,& C. H. Chen, A distributed agent system for port planning and scheduling. *Advanced Engineering Informatics*, *25*(3), 403-412. (2011).

[2] A. G Bruzzone., & F. Longo, 3D simulation as training tool in container terminals: The TRAINPORTS simulator. *Journal of Manufacturing systems*, *32*(1), 85-98. (2013).

[3] N. Li , J. Yu, G. Tang , D. Li , & Y. Zhang, Container Terminals Capacity Evaluation Considering Port Service Level Based On Simulation. In *ECMS* (pp. 197-203). (2017).

[4] D. N. Prayogo, & A. Hidayatno, Development of integrated tactical level planning in container terminal. In *2017 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)* (pp. 1013-1017). IEEE. (2017).

[5] Y. Triska, E. M. Frazzon, & V. M. D. Silva, Proposition of a simulation-based method for port capacity assessment and expansion planning. *Simulation Modelling Practice and Theory*, *103*, 102098. (2020).

[6] B. D. Sarkar, & R.Shankar, Understanding the barriers of port logistics for effective operation in the Industry 4.0 era: Data-driven decision making. *International Journal of Information Management Data Insights*, *1*(2), 100031. (2021).
[7] M. Shahbakhsh, G. R. Emad, & S. Cahoon, Industrial revolutions and transition of the maritime industry: The case of Seafarer's role in autonomous shipping. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, *38*(1), 10-18. (2022).
[8] Z. Raza, J. Woxenius, C. A.Vural, & M.Lind, Digital transformation of maritime logistics: Exploring trends in the liner shipping segment. *Computers in Industry*, *145*, 103811. (2023).
[9] J.S.Smith and D.T.Sturrock." Simio and Simulation - Modeling, Analysis, Applications - 6th Edition",*August 1, 2021 (Last Revision: October 16, 2023).*