The North African Journal of Scientific Publishing (NAJSP)
مجلة شمال إفريقيا للنشر العلمي (NAJSP)
E-ISSN: 2959-4820
Volume 2, Issue 4, October - December 2024
Page No: 183-193
Website: https://najsp.com/index.php/home/index
SJIFactor 2024: 5.49 معامل التأثير العربي (AIF) 2023: 0.63 ISI 2024: 0.696

التحديات والفرص للذكاء الاصطناعي في الموانئ البحرية

أسماء الطاهر الخبولي*
*قسم الهندسة البيئية، كلية هندسة النفط والغاز، جامعة الزاوية، الزاوية، ليبيا

Challenges and Opportunities for Artificial Intelligence in Seaports

Asmaa Altahir Alkhubouli*,
*Environmental Engineering Department, Faculty of Oil and Gas Engineering, University of Zawia, Zawia, Libya

*Corresponding author	a.alkhubouli@zu.edu.ly	*المؤلف المراسل
تاريخ النشر: 2024-12-6 تاريخ القبول: 2024-10-26 تاريخ الاستلام: 2024-08-23

الملخص

تتناول هذه الدراسة أهمية الذكاء الاصطناعي كأداة استراتيجية لتحسين كفاءة العمليات في الموانئ البحرية، التي تعد محورًا رئيسيًا للتجارة الدولية. في ظل النمو المتزايد للتجارة العالمية، تُعتبر الموانئ البحرية من العوامل الأساسية التي تسهم في حركة البضائع عبر القارات. يشهد العالم تحولًا رقميًا سريعًا، حيث أصبح من الضروري على الموانئ أن تتبنى تقنيات حديثة لضمان قدرتها التنافسية وتحقيق أقصى قدر من الكفاءة في العمليات التشغيلية. يستعرض هذا البحث تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الموانئ، مثل الأتمتة التي تسهم في تحسين سير العمل وتقليل الاعتماد على التدخل البشري، مما يزيد من سرعة وكفاءة عمليات التحميل والتفريغ. كما يناقش تحليل البيانات الضخمة الذي يساهم في تحسين إدارة تدفق الشحنات، وتنظيم العمليات بشكل أفضل، بالإضافة إلى تقنيات التنبؤ التي تساعد في إجراء الصيانة التنبؤية للأنظمة والمعدات، مما يقلل من الأعطال غير المتوقعة ويحسن من استخدام الموارد المتاحة. ومع ذلك، تواجه الموانئ تحديات كبيرة في تطبيق الذكاء الاصطناعي، مثل التكلفة العالية لتطوير البنية التحتية التكنولوجية اللازمة لهذه التقنيات. بالإضافة إلى نقص الكوادر المؤهلة لتطبيق هذه التقنيات بشكل فعّال، مما يتطلب استثمارًا مستمرًا في تدريب وتطوير المهارات البشرية. علاوة على ذلك، تُعتبر قضايا الأمان السيبراني من التحديات الرئيسية، حيث قد تتعرض الأنظمة الذكية للهجمات التي تؤثر في كفاءتها وأمان البيانات. من جهة أخرى، تفتح تطبيقات الذكاء الاصطناعي العديد من الفرص لتحسين كفاءة الموانئ، ليس فقط من خلال زيادة الإنتاجية، بل أيضًا في تعزيز الاستدامة البيئية. فمع استخدام الذكاء الاصطناعي، يمكن تقليل انبعاثات الكربون الناتجة عن العمليات، وتحسين استخدام الطاقة، مما يساهم في تحقيق أهداف التنمية المستدامة .تهدف هذه الدراسة إلى تقديم توصيات عملية لتحسين كفاءة الموانئ البحرية في العالم العربي، بما يواكب التحولات الرقمية. تتضمن هذه التوصيات ضرورة الاستثمار في البنية التحتية الرقمية الحديثة، مع توفير برامج تدريبية مخصصة للكوادر البشرية لتطوير مهاراتهم في التعامل مع الأنظمة الذكية. كما تسلط الدراسة الضوء على أهمية تعزيز التعاون بين الموانئ العربية والدولية لتبادل الخبرات وأفضل الممارسات.

الكلمات المفتاحية: الذكاء الصناعي، كفاءه العمليات، البحوث البحرية، القانون السيبراني.

Abstract

This study addresses the importance of Artificial Intelligence (AI) as a strategic tool for improving operational efficiency in seaports, which are a central hub for international trade. With the rapid growth of global trade, seaports are considered vital elements that facilitate the movement of goods across continents. The world is experiencing a rapid digital transformation, and it has become essential for ports to adopt modern technologies to ensure their competitiveness and achieve the highest levels of efficiency in their operations. This research reviews AI applications in ports, such as automation, which helps improve workflow and reduce reliance on human intervention, thus increasing the speed and efficiency of loading and unloading processes. It also discusses big data analysis, which aids in better managing cargo flow and organizing operations more effectively, along with predictive technologies that help with predictive maintenance of systems and equipment, thereby reducing unexpected failures and improving resource utilization. However, ports face significant challenges in implementing AI, such as the high cost of developing the necessary technological infrastructure. Additionally, there is a shortage of qualified personnel to effectively implement these technologies, requiring continuous investment in training and skill development. Furthermore, cybersecurity issues are one of the major challenges, as AI systems may be vulnerable to attacks that affect their efficiency and data security. On the other hand, AI applications offer many opportunities to improve port efficiency, not only by increasing productivity but also by enhancing environmental sustainability. By utilizing AI, carbon emissions resulting from operations can be reduced, and energy usage can be optimized, contributing to the achievement of sustainable development goals. The aim of this study is to provide practical recommendations for improving the efficiency of seaports in the Arab world in line with digital transformations. These recommendations include the necessity of investing in modern digital infrastructure, providing specialized training programs for human resources to develop their skills in dealing with smart systems, and enhancing cooperation between Arab and international ports to exchange experiences and best practices

Keywords: Artificial Intelligence, Operational Efficiency, Marine Research, Cyber Law.

المقدمة

تعتبر الموانئ البحرية من الركائز الأساسية في الاقتصاد العالمي، حيث تشكل المنفذ الرئيسي لحركة التجارة الدولية. وفقًا للتقارير، تمر أكثر من 80% من التجارة العالمية عبر الموانئ البحرية، مما يجعلها عنصرًا حيويًا في تسهيل تدفق السلع والموارد بين الدول. في عصر العولمة والتحولات الرقمية السريعة، تزداد أهمية تحسين كفاءة هذه الموانئ لمواكبة التحديات المتزايدة في الحجم والقدرة الإنتاجية [2,1].

تواجه الموانئ البحرية العديد من التحديات التي تؤثر في كفاءتها، مثل الازدحام في العمليات، وارتفاع التكاليف التشغيلية، والحاجة إلى تحسين سرعة الأداء. كما تزداد الضغوط المتعلقة بالاستدامة البيئية، حيث يتطلب الأمر تقليل الانبعاثات الكربونية وتحقيق العمليات المستدامة دون التأثير على الإنتاجية. في هذا السياق، يظهر الذكاء الاصطناعي كأداة استراتيجية يمكنها تقديم حلول مبتكرة لهذه التحديات، من خلال تعزيز الأتمتة وتحليل البيانات الضخمة والتنبؤ بالاحتياجات المستقبلية [4,3].

يعزز الذكاء الاصطناعي من القدرة التنافسية للموانئ عن طريق تحسين أداء العمليات التشغيلية. على سبيل المثال، يمكن تطبيق تقنيات الأتمتة لزيادة سرعة التفريغ والشحن، مما يقلل من التأخير ويزيد من كفاءة استخدام الأرصفة. بالإضافة إلى ذلك، يمكن الاستفادة من تحليل البيانات الضخمة لتحسين تخطيط حركة الشحنات وتقليل الازدحام، مما يسهم في تقليل الوقت والتكاليف[5].

تتمثل أهمية هذه الدراسة في استكشاف دور الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة العمليات داخل الموانئ البحرية، وتحليل الفرص والتحديات المرتبطة بتطبيق هذه التقنيات. كما تهدف الدراسة إلى تقديم توصيات عملية للموانئ العربية لمواكبة هذه التحولات الرقمية وتعزيز الاستدامة الاقتصادية والبيئية. تركز الدراسة بشكل خاص على التحديات التي قد تواجه الموانئ العربية في تطبيق هذه التقنيات، مثل نقص الخبرات والتكلفة العالية، وتستعرض الفرص التي توفرها هذه التطبيقات لتطوير البنية التحتية الرقمية [6].

من خلال هذا البحث، نهدف إلى تسليط الضوء على كيفية استفادة الموانئ البحرية من تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحقيق أداء أفضل، وتقليل التكاليف، وتعزيز الاستدامة البيئية، مما يسهم في تعزيز مكانتها على المستوى الدولي.

مشكلة الدراسة

تكمن مشكلة الدراسة في تحديات تطبيق الذكاء الاصطناعي في الموانئ البحرية، وهو ما يؤثر على كفاءة العمليات التشغيلية وتكلفتها. على الرغم من التطور الكبير في تقنيات الذكاء الاصطناعي، إلا أن هناك العديد من التحديات التي تواجه الموانئ في تبني هذه التقنيات بشكل فعال. ومن أبرز هذه التحديات:

- ارتفاع تكاليف الاستثمار: تطبيق الذكاء الاصطناعي يتطلب بنية تحتية متطورة وأجهزة وأنظمة مكلفة، مما يشكل عبئًا ماليًا على الموانئ، خصوصًا في الدول النامية.
- نقص الكوادر البشرية المتخصصة: رغم التقدم التكنولوجي، لا تزال العديد من الموانئ تفتقر إلى الكوادر المدربة التي تمتلك المهارات اللازمة لتشغيل وصيانة الأنظمة الذكية.
- الأمن السيبراني وحماية البيانات: نظرًا لاعتماد الذكاء الاصطناعي على الأنظمة الرقمية، فإن هذه الموانئ تتعرض لمخاطر الأمن السيبراني، بما في ذلك هجمات القرصنة واختراق البيانات.

أهداف الدراسة

- تحليل تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الموانئ البحرية: دراسة استخدام الأتمتة، الذكاء الاصطناعي في تحليل البيانات الضخمة، وتقنيات التنبؤ لتحسين الأداء.
- استكشاف التحديات المرتبطة بتطبيق الذكاء الاصطناعي في الموانئ: من خلال البحث في مشكلات التكلفة، نقص الكوادر، والمشكلات الأمنية.
- تحديد الفرص المستقبلية: التي توفرها تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة الموانئ وتقليل التكاليف.

منهج الدراسة

تعتمد الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي المقارن، الذي يهدف إلى وصف وتحليل الوضع الراهن لتطبيقات الذكاء الاصطناعي في الموانئ البحرية. حيث يتم جمع البيانات من خلال الأدبيات العلمية، التقارير المتعلقة بالموانئ البحرية، والدراسات السابقة. كما سيتم مقارنة الموانئ التي تستخدم تقنيات الذكاء الاصطناعي بالموانئ التي لا تستخدمها، وذلك من خلال تحليل الأداء التشغيلي والتقني في كلا النوعين من الموانئ.

مفهوم الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته في الموانئ البحرية

الذكاء الاصطناعي (AI) هو مجال من مجالات علوم الكمبيوتر الذي يهدف إلى تطوير أنظمة قادرة على محاكاة القدرات الذهنية للبشر مثل التفكير، التعلم، واتخاذ القرارات. يعتمد الذكاء الاصطناعي على مجموعة من التقنيات المتطورة مثل التعلم الآلي (Machine Learning) والشبكات العصبية الاصطناعية، مما يمكّن الأنظمة من معالجة البيانات بشكل غير تقليدي وفعّال. في السنوات الأخيرة، أصبح الذكاء الاصطناعي أداة استراتيجية في العديد من الصناعات، بما في ذلك النقل البحري، حيث يمثل حلاً مبتكرًا لتحسين كفاءة العمليات وزيادة الإنتاجية [7].

الموانئ البحرية تعد من النقاط الحيوية في التجارة العالمية، حيث يتم من خلالها تداول نسبة كبيرة من السلع بين البلدان. ولكن مع تزايد حجم التجارة الدولية وتنوع العمليات اللوجستية، برزت الحاجة إلى تحسين أداء الموانئ باستخدام تقنيات حديثة. هنا يظهر دور الذكاء الاصطناعي في تعزيز هذه الكفاءة، عبر استخدامه في العديد من التطبيقات المهمة. يشمل ذلك أتمتة العمليات مثل تحميل وتفريغ السفن، مما

يسهم في تسريع سير العمل وتقليل الأخطاء البشرية. كما يُستخدم في تحليل البيانات الضخمة التي يتم جمعها في الموانئ، مثل بيانات حركة السفن، الطقس، وحالة الحمولات، لتوفير رؤى تساعد في تحسين الجداول الزمنية وتقليل التكاليف [7].

يسهم الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالأعطال المحتملة في المعدات من خلال تحليل البيانات التاريخية، مما يتيح إجراء صيانة استباقية ويقلل من تعطل الأنظمة. وفي مجال اللوجستيات، يمكن تحسين تدفق السفن والحاويات داخل الميناء باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي، مما يسهم في زيادة الكفاءة وتقليل الوقت المستغرق في الميناء. أخيرًا، يعزز الذكاء الاصطناعي من الأمان في الموانئ من خلال تحسين الأنظمة الأمنية، مثل مراقبة الحركة باستخدام كاميرات ذكية للكشف عن الأنشطة غير القانونية.

تعريف الذكاء الاصطناعي

الذكاء الاصطناعي (AI) هو فرع من فروع علوم الكمبيوتر يهدف إلى إنشاء أنظمة قادرة على محاكاة الذكاء البشري. يتضمن ذلك القدرة على التعلم، التكيف، التحليل، واتخاذ القرارات بناءً على البيانات المتاحة. يعتمد الذكاء الاصطناعي على مجموعة من الأساليب والتقنيات مثل التعلم الآلي (Machine Learning)، والشبكات العصبية الاصطناعية، ومعالجة اللغة الطبيعية، والرؤية الحاسوبية. من خلال هذه التقنيات، يمكن للأجهزة والأنظمة القيام بمهام كانت تتطلب في الماضي تدخلًا بشريًا، مثل التعرف على الأنماط، التنبؤ بالمستقبل، وتحليل البيانات الضخمة [9,8].

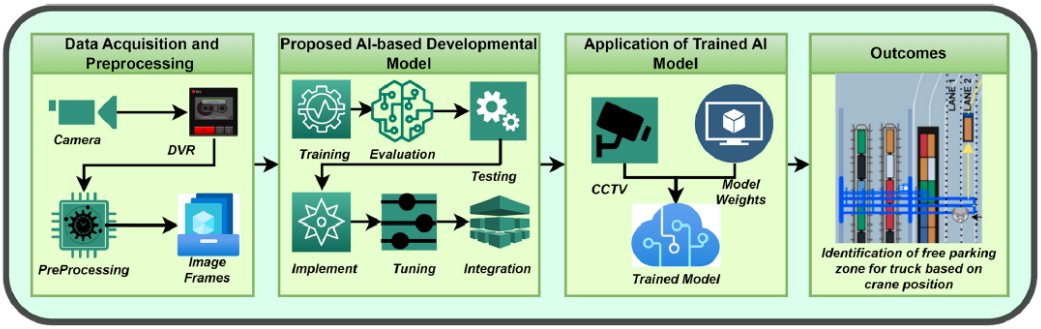
الهدف الرئيسي من استخدام الذكاء الاصطناعي في مختلف الصناعات هو تحسين الكفاءة وتقليل التكاليف من خلال أتمتة العمليات وتحسين اتخاذ القرارات. في السياق الصناعي، يمكن للذكاء الاصطناعي تحسين العمليات من خلال أتمتة المهام المتكررة والمعقدة، تحسين تخصيص الموارد، وتقليل الأخطاء البشرية. بالإضافة إلى ذلك، يمكن للذكاء الاصطناعي استخدام البيانات الكبيرة لتحليل الأنماط واستخلاص رؤى تدعم اتخاذ القرارات الاستراتيجية.

تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الموانئ

تعد الموانئ البحرية من العناصر الحيوية في التجارة العالمية، حيث تشكل محورًا رئيسيًا في حركة السلع بين الدول. مع التطور السريع في مجالات التكنولوجيا، أصبح الذكاء الاصطناعي أحد الأدوات الفعالة في تحسين كفاءة العمليات في الموانئ البحرية. هناك العديد من التطبيقات التي يتيحها الذكاء الاصطناعي في هذا القطاع، مما يسهم في تحسين الأداء، تقليل التكاليف، وتعزيز الأمان. من أبرز التطبيقات في الموانئ البحرية هو الأتمتة، حيث تُستخدم أنظمة الذكاء الاصطناعي لأتمتة عمليات تحميل وتفريغ الحاويات. تتيح هذه الأنظمة تقليل الحاجة للتدخل البشري في العمليات الدقيقة، مما يزيد من سرعة التنفيذ ويقلل من الأخطاء البشرية [11,10].

كما يُستخدم الذكاء الاصطناعي في تحليل البيانات الضخمة، حيث يتم جمع بيانات ضخمة من حركة السفن، مواعيد الوصول والمغادرة، الطقس، وحالة المياه. باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي مثل التعلم الآلي (Machine Learning) والتنبؤ بالطلب، يمكن للموانئ تحسين الجداول الزمنية للسفن وتقليل فترات الانتظار، مما يزيد من كفاءة استغلال الموارد. تُعتبر تقنيات التنبؤ بالصيانة من أبرز تطبيقات الذكاء الاصطناعي أيضًا. من خلال تحليل بيانات المعدات في الموانئ، مثل الرافعات والآلات الثقيلة، يمكن للأنظمة الذكية التنبؤ بالعطل قبل حدوثه، مما يسمح بالقيام بأعمال الصيانة الوقائية في الوقت المناسب، مما يساهم في تقليل فترات التوقف عن العمل [13,12].

تعد الرؤية الحاسوبية أيضًا من التطبيقات المهمة في الموانئ، حيث تستخدم كاميرات وأجهزة استشعار لرصد حركة السفن، وتحديد مواقع الحاويات، ومراقبة الشحنات. تساهم هذه التقنيات في تحسين الأمان داخل الميناء، وتسهيل العمليات اللوجستية بشكل عام. شكل (1) تمثيل تخطيطي للإطار المقترح لتحديد المسار الأمثل وموضع وقوف الشاحنات الحاوية بناءً على موضع الرافعة.



شكل (1): تمثيل تخطيطي للإطار المقترح لتحديد المسار الأمثل وموضع وقوف الشاحنات الحاوية بناءً على موضع الرافعة.

تحديات تطبيق الذكاء الاصطناعي في الموانئ البحرية

رغم الفوائد الكبيرة التي يقدمها الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة العمليات في الموانئ البحرية، إلا أن تطبيقه يواجه عدة تحديات تقنية، بشرية، ومالية. وفيما يلي أبرز التحديات التي قد تعرقل تنفيذ هذه التقنيات في الموانئ [14-17].

- **التكلفة العالية للبنية التحتية**

من أبرز التحديات التي تواجه تطبيق الذكاء الاصطناعي في الموانئ البحرية هو التكلفة المرتفعة للاستثمار في البنية التحتية اللازمة. تشمل هذه التكلفة شراء الأجهزة المتطورة مثل أجهزة الاستشعار والكاميرات الذكية، بالإضافة إلى تطوير البرمجيات والأنظمة الذكية. لا سيما في الموانئ التي تعمل بكفاءة محدودة أو التي تحتاج إلى تحديثات كبيرة، فإن هذه التكاليف قد تكون عبئًا كبيرًا على الميزانية، مما يحد من سرعة تبني التقنيات الحديثة.

- **نقص الكوادر المتخصصة**

تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي يتطلب كوادر بشرية ذات مهارات عالية في مجالات مثل تحليل البيانات، البرمجة، والهندسة الصناعية. في العديد من الموانئ، لا يتوفر العدد الكافي من المتخصصين القادرين على تطوير وصيانة الأنظمة الذكية. هذا النقص في الكوادر المدربة يعوق قدرة الموانئ على تنفيذ مشاريع الذكاء الاصطناعي بشكل فعال. ومن هنا تظهر الحاجة الملحة للاستثمار في تدريب وتأهيل العاملين في الموانئ لضمان قدرتهم على التفاعل مع التقنيات الحديثة.

- **الأمن السيبراني**

تعتبر مخاطر الأمان السيبراني من أكبر التحديات التي تواجه تطبيق الذكاء الاصطناعي في الموانئ البحرية. مع اعتماد الأنظمة الذكية على البيانات الضخمة والاتصالات بين الأجهزة، تصبح الموانئ أكثر عرضة للهجمات الإلكترونية. هذه الهجمات قد تؤدي إلى تعطيل الأنظمة الذكية، مما يؤثر بشكل كبير على سير العمليات ويسبب خسائر مالية ضخمة. كما أن تهديدات مثل سرقة البيانات أو التلاعب في سجلات الشحن قد تؤدي إلى أضرار جسيمة للموانئ. لذا، فإن تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في الموانئ يتطلب استراتيجيات فعالة لتعزيز الأمن السيبراني وحماية الأنظمة من التهديدات الخارجية.

- **التحديات التنظيمية والقانونية**

يواجه تطبيق الذكاء الاصطناعي في الموانئ أيضًا تحديات تتعلق بالجوانب التنظيمية والقانونية. إذ إن التشريعات واللوائح المتعلقة باستخدام هذه التقنيات قد تكون غير كافية أو قديمة في بعض البلدان. يحتاج القطاع إلى إطار تنظيمي شامل يحدد المعايير اللازمة لضمان تطبيق آمن وفعال للذكاء الاصطناعي في الموانئ. بالإضافة إلى ذلك، فإن المسائل القانونية المتعلقة بحقوق البيانات، الخصوصية، والمسؤولية عن الأعطال قد تثير تعقيدات تتطلب حلول قانونية مبتكرة.

- **تكامل الأنظمة القديمة مع التقنيات الحديثة**

الكثير من الموانئ حول العالم لا تزال تعتمد على أنظمة تقليدية لإدارة العمليات مثل التحكم في حركة السفن وتحميل الحاويات. تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في هذه الموانئ يتطلب دمج هذه الأنظمة

القديمة مع الأنظمة الحديثة المعتمدة على الذكاء الاصطناعي، وهو ما يمثل تحديًا تقنيًا كبيرًا. يتطلب هذا التكامل تطوير حلول متكاملة تسهل انتقال العمليات من الأنظمة القديمة إلى الأنظمة الذكية، مما قد يتطلب وقتًا وجهدًا إضافيًا.

الفرص المستقبلية للذكاء الاصطناعي في الموانئ البحرية

تعد الموانئ البحرية أحد الركائز الأساسية في حركة التجارة العالمية، وقد شهدت في السنوات الأخيرة تحولات كبيرة بفضل التقنيات الحديثة، وعلى رأسها الذكاء الاصطناعي. تقدم هذه التقنيات العديد من الفرص التي يمكن أن تحدث تحولًا جذريًا في إدارة وتشغيل الموانئ البحرية [15-18]. في المستقبل، يتوقع أن تسهم تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تحسين الأداء وزيادة الكفاءة، مما يعزز من قدرة الموانئ على التكيف مع التحديات العالمية المتزايدة.

- **تحسين الإنتاجية وتقليل التكاليف**

يُعد تحسين الكفاءة التشغيلية من أهم الفوائد التي تقدمها تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الموانئ البحرية. يمكن للأتمتة، مثل الروبوتات الذكية في تحميل وتفريغ الحاويات، تقليل الحاجة إلى العمالة البشرية، مما يسهم في تقليص التكاليف التشغيلية وزيادة سرعة العمليات. كما أن تحليل البيانات الضخمة يمكن أن يساعد في تحسين إدارة الحركة والتخزين، مما يساهم في تقليل الفترات الزمنية اللازمة للعمليات ويعزز من قدرة الموانئ على استقبال المزيد من السفن.

- **إدارة وتحليل البيانات الضخمة**

مع زيادة حجم التجارة العالمية، تصبح البيانات الضخمة تحديًا وفرصة في نفس الوقت. يمكن للذكاء الاصطناعي تحليل هذه البيانات بشكل أسرع وأكثر دقة، مما يساعد في تحسين اتخاذ القرارات في الوقت الحقيقي. على سبيل المثال، يمكن استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحليل حركة السفن والتنبؤ بالمشكلات المحتملة، مثل الزحام أو الأعطال، مما يساعد على اتخاذ تدابير استباقية لتقليل التأثيرات السلبية.

- **الاستدامة البيئية**

تُعتبر الاستدامة البيئية أحد أهم المحاور التي يمكن أن يسهم فيها الذكاء الاصطناعي. يمكن لتقنيات الذكاء الاصطناعي تحسين كفاءة استخدام الموارد في الموانئ، مثل الطاقة والمياه، عبر مراقبة استهلاك هذه الموارد في الوقت الحقيقي وتحسين توزيعها. كما يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي لتحسين عملية تفريغ الحاويات وترتيبها في الميناء بشكل يقلل من الانبعاثات الغازية من السفن والشاحنات.

- **تعزيز الأمن والسلامة**

يعد الذكاء الاصطناعي أداة قوية في تعزيز أمن الموانئ البحرية. من خلال أنظمة المراقبة الذكية، يمكن للموانئ تحديد المخاطر بشكل أسرع وأكثر دقة، مثل الأنشطة المشبوهة أو التسريبات المحتملة. يمكن أيضًا للذكاء الاصطناعي استخدام الخوارزميات لتحليل الصور والفيديوهات من الكاميرات الأمنية، مما يسهم في تحسين الكشف عن التهديدات الأمنية في وقت مبكر.

- **التنافسية الدولية**

مع تزايد المنافسة بين الموانئ العالمية، أصبح من الضروري أن تستثمر الموانئ في التقنيات الحديثة لتحسين قدرتها التنافسية. يمكن للذكاء الاصطناعي تعزيز قدرة الموانئ على توفير خدمات أسرع وأكثر كفاءة، مما يجعلها أكثر جذبًا للمستثمرين وشركات الشحن. علاوة على ذلك، يتيح الذكاء الاصطناعي للموانئ تحسين استخدام المساحات والموارد، مما يساهم في زيادة قدرة الموانئ على استيعاب المزيد من الحاويات.

- **التنبؤ بالأعطال والصيانة الوقائية**

من خلال تقنيات الذكاء الاصطناعي مثل التعلم الآلي، يمكن للموانئ التنبؤ بالأعطال المحتملة في المعدات والبنية التحتية، مما يسمح لها بتنفيذ الصيانة الوقائية قبل حدوث الأعطال الفعلية. هذا يسهم في تقليل التوقفات غير المخطط لها ويحسن الكفاءة التشغيلية للموانئ.

- **التفاعل مع التقنيات الأخرى**

في المستقبل، سيعتمد الذكاء الاصطناعي بشكل متزايد على التفاعل مع تقنيات أخرى مثل الإنترنت الأشياء (IoT) وتقنيات الجيل الخامس .(5G) هذا التعاون سيسهم في تحسين ربط الأجهزة الذكية في الموانئ، مما يعزز القدرة على جمع وتحليل البيانات بشكل أكثر فاعلية، ويسهم في تحسين العمليات التشغيلية.

- **تعزيز التعاون بين الموانئ**

يمكن للذكاء الاصطناعي أن يسهم في تعزيز التعاون بين الموانئ المختلفة من خلال مشاركة البيانات وتحليلها بشكل مشترك. هذا التعاون يمكن أن يؤدي إلى تحسين تدفق التجارة بين الموانئ، وتبادل الخبرات التقنية، وتطبيق أفضل الممارسات في عمليات التشغيل.

تطبيق الموانئ البحرية لذكاء الاصطناعي

تشير عبارة "تطبيق الموانئ البحرية للذكاء الاصطناعي" إلى استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة ضمن منظومة الموانئ والمرافق البحرية، بهدف تحسين كفاءة العمليات التشغيلية، وتعزيز القدرة على التنبؤ بالأحداث، وتقليل التكاليف، وتعزيز السلامة والأمن، والرفع من مستوى تنافسية الميناء عالميًا. جدول (1) يوضح البلدان التي تستخدم الذكاء الاصطناعي. وفيما يلي بعض الجوانب المحتملة لتوظيف الذكاء الاصطناعي في الموانئ البحرية [17-20] :

- **إدارة الحركة الملاحية والأرصفة:**

تستخدم خوارزميات التعلّم الآلي ونماذج التنبؤ في جدولة عمليات رسو السفن ومغادرتها، مما يضمن تقليل التأخير وتحسين استغلال الأرصفة. كما يمكن لتقنيات الرؤية الحاسوبية التعرّف على أنواع السفن وحجمها ومحتوياتها، مما يساعد في توجيهها للمكان المناسب وتحسين انسيابية الحركة.

- **الصيانة التنبؤية للمعدّات:**

يتيح الذكاء الاصطناعي تحليل البيانات الآنية والتاريخية للمعدات (مثل الرافعات والأنظمة اللوجستية) للتنبؤ بأعطال محتملة وتنفيذ عمليات الصيانة الوقائية في الوقت المناسب. هذا يقلل من فترات التوقف المفاجئ ويطيل عمر المعدات.

- **الأمن والسلامة:**

يمكن لأنظمة التحليل الذكية الكشف عن نشاطات غير اعتيادية داخل الميناء، سواء كانت محاولات تهريب أو حوادث أمنية، وتنبيه الطواقم الأمنية فورًا. كما يمكن للتحليلات البصرية والرادارية المدعّمة بالذكاء الاصطناعي كشف العوائق والحوادث المحتملة وتحسين استجابات فرق الطوارئ.

- **إدارة سلاسل الإمداد:**

بفضل الذكاء الاصطناعي يمكن تحسين تدفّق البضائع وتتبعها وتحسين إدارة المخزون وجدولة عمليات التفريغ والتحميل. كما يمكن تحديد المسارات الأنسب للشحن وتقدير أوقات الوصول بدقة أعلى، مما يقلل من زمن الانتظار ويسهل تنسيق عمليات النقل البري والبحري.

- **تقليل استهلاك الطاقة والانبعاثات:**

يمكن لاستخدام الذكاء الاصطناعي التنبؤ باستهلاك الطاقة وتحسينه من خلال توجيه المعدات والأضواء والآليات للعمل بأعلى كفاءة ممكنة. وهذا يساهم في الحد من الانبعاثات الملوّثة والامتثال للمعايير البيئية المتنامية. باختصار، يوفّر تطبيق الذكاء الاصطناعي في الموانئ البحرية فرصًا واسعة لتحسين العمليات التشغيلية، وتعزيز الأمان والاستدامة، وزيادة القدرة التنافسية، بما يتناسب مع التطورات المتسارعة في قطاع النقل واللوجستيات.

جدول (1): يوضح البلدان التي تستخدم الذكاء الاصطناعي.

البلد	الميناء	استخدام الذكاء الاصطناعي
الصين	ميناء شنغهاي	نعم (أتمتة وتحليل بيانات)
هولندا	ميناء روتردام	نعم (أتمتة، تحليلات بيانات ضخمة)
الإمارات العربية المتحدة	ميناء جبل علي	نعم (أتمتة وتكنولوجيا الذكاء الاصطناعي)
سنغافورة	ميناء سنغافورة	نعم (أتمتة وتحليل بيانات ضخمة)
اليابان	ميناء كاواساكي	نعم (أتمتة، تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي)
كوريا الجنوبية	ميناء بوسان	نعم (تحليل البيانات الضخمة)
الولايات المتحدة الأمريكية	ميناء لوس أنجلوس	نعم (أتمتة وتحليل بيانات)
مصر	ميناء الإسكندرية	لا (لا توجد تطبيقات كبيرة للذكاء الاصطناعي حتى الآن)
ليبيا	ميناء طرابلس	لا (لا توجد تطبيقات للذكاء الاصطناعي بشكل موسع)
مصر	ميناء بورسعيد	لا (لا توجد تطبيقات موسعة حتى الآن)
الهند	ميناء مومباي	لا (أقل استخدام للذكاء الاصطناعي مقارنة بالدول الأخرى)
المكسيك	ميناء مانزانيلو	لا (أقل استخدام لتقنيات الذكاء الاصطناعي)
البرازيل	ميناء سانتوس	لا (لا توجد تطبيقات كبيرة للذكاء الاصطناعي)
إندونيسيا	ميناء جاكرتا	لا (أقل اعتماد على الذكاء الاصطناعي)

الخاتمة

في الختام، تؤكد هذه الدراسة على الأهمية المتزايدة لتطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في الموانئ البحرية، حيث يمثل الذكاء الاصطناعي أداة قوية لتحسين الكفاءة التشغيلية، وتقليل التكاليف، وتعزيز السلامة. من خلال الأتمتة وتحليل البيانات الضخمة، أصبح من الممكن تحقيق تقدم كبير في العمليات اللوجستية للموانئ، مما يساعد على زيادة الإنتاجية وتحسين استدامة البيئة. على الرغم من الفوائد الكبيرة لهذه التقنيات، إلا أن الموانئ البحرية تواجه العديد من التحديات التي تشمل التكلفة العالية للبنية التحتية، ونقص الكوادر المتخصصة، وكذلك مشكلات الأمان السيبراني. لذلك، فإن تطبيق الذكاء الاصطناعي يتطلب استثمارات مالية ضخمة وتطوير مهارات العاملين في الموانئ. من ناحية أخرى، تشير الدراسة إلى وجود فرص واعدة في المستقبل حيث يمكن للموانئ التي تعتمد على الذكاء الاصطناعي تعزيز قدرتها التنافسية على الصعيدين المحلي والدولي، مع تحسين أدائها في التخفيف من التلوث وتحقيق الأهداف البيئية. بناءً على النتائج والتوصيات التي تم التوصل إليها، يجب على الموانئ التي لم تطبق تقنيات الذكاء الاصطناعي أن تبدأ في التفكير في استراتيجيات تدريجية لتبني هذه التقنيات، سواء من خلال الاستثمارات الحكومية أو من خلال التعاون مع القطاع الخاص والمجتمع الدولي. كما يجب أن تولي الموانئ اهتمامًا خاصًا بتدريب الكوادر البشرية لضمان استفادة كاملة من هذه التقنيات الحديثة.

النتائج

النتائج الرئيسية لهذه الدراسة حول تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الموانئ البحرية تشير إلى مجموعة من النتائج المهمة التي تلخص الفوائد والتحديات المرتبطة بتطبيق هذه التقنيات في هذا القطاع الحيوي. فيما يلي أبرز النتائج:

1. **تحسين الكفاءة التشغيلية**

أظهرت الدراسة أن تطبيق الذكاء الاصطناعي في الموانئ البحرية ساهم بشكل كبير في تحسين الكفاءة التشغيلية. من خلال الأتمتة وتحليل البيانات الضخمة، تم تسريع العمليات وتقليل الأخطاء البشرية، مما أدى إلى زيادة الإنتاجية وتقليل التكاليف.

2. **تقليل فترات الانتظار**

استخدم الذكاء الاصطناعي في العديد من الموانئ لتقليل فترات الانتظار للسفن والحاويات، من خلال تطبيق تقنيات التنبؤ لحركة السفن، مما أسهم في تحسين استغلال الوقت وتقليل التكدس.

3. **تحسين سلامة العمليات**

أظهرت الدراسة أن الذكاء الاصطناعي يساعد في تعزيز سلامة العمليات داخل الموانئ من خلال المراقبة الذكية للأمن، بما في ذلك استخدام الكاميرات الذكية وأجهزة الاستشعار لمراقبة حركة السفن والحاويات بشكل مستمر.

4. **التحديات المالية والبنية التحتية**

من أبرز التحديات التي تم رصدها هي التكلفة العالية لتنفيذ تقنيات الذكاء الاصطناعي. العديد من الموانئ الصغيرة والمتوسطة تواجه صعوبة في تأمين التمويل اللازم لتحديث بنيتها التحتية التقنية وتطبيق الأنظمة الذكية.

5. **نقص الكوادر المتخصصة**

أبرزت الدراسة أيضًا أن أحد العوامل التي تعيق تطبيق الذكاء الاصطناعي في الموانئ هو نقص الكوادر البشرية المدربة على التعامل مع هذه التقنيات. يتطلب نجاح هذه الأنظمة وجود فريق من المتخصصين في الذكاء الاصطناعي لتحليل البيانات وتطوير الأنظمة.

6. **فرص استدامة بيئية**

لوحظ أن تطبيق الذكاء الاصطناعي يساهم في تحسين الاستدامة البيئية للموانئ البحرية، خاصة في تقليل الانبعاثات الكربونية الناتجة عن العمليات اللوجستية وتحسين استخدام الطاقة المتجددة من خلال التحليل الذكي للبيانات البيئية.

7. **دور الذكاء الاصطناعي في التنافسية**

أظهرت الدراسة أن الموانئ التي تبنت تقنيات الذكاء الاصطناعي أظهرت قدرة أكبر على المنافسة في الأسواق العالمية، حيث استطاعت تقليل التكاليف التشغيلية وزيادة الكفاءة مقارنةً بالموانئ التي لم تعتمد هذه التقنيات.

8. **التوسع المستقبلي**

كانت هناك دلائل على أن التقنيات الحديثة مثل الذكاء الاصطناعي ستتوسع بشكل أكبر في المستقبل في الموانئ البحرية، مما سيمكن هذه الموانئ من استيعاب المزيد من الحاويات والسفن بتكلفة أقل وبأداء أعلى.

9. **التعاون بين الموانئ**

كما تم التأكيد على أهمية التعاون بين الموانئ المحلية والدولية لتبادل الخبرات والمعرفة حول أفضل ممارسات استخدام الذكاء الاصطناعي، مما يساعد على تحقيق تحسن جماعي في كفاءة عمليات الشحن والتفريغ.

التوصيات

تعتبر تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الموانئ البحرية من الأدوات القوية التي تسهم في تحسين الكفاءة التشغيلية. ومن خلال التوصيات التالية، يمكن تعزيز أداء الموانئ وزيادة قدرتها على المنافسة في ظل التطور التكنولوجي السريع:

1. **استثمار في البنية التحتية الرقمية :**يجب على الموانئ استثمار المزيد في تطوير بنية تحتية رقمية متقدمة، تشمل تحديث شبكات الاتصال، أنظمة الحوسبة السحابية، والأجهزة الذكية اللازمة لتفعيل تقنيات الذكاء الاصطناعي. ذلك يتطلب توفير تمويل مخصص لهذا الغرض بالتعاون مع القطاع الخاص أو الحكومات.
2. **تدريب الكوادر البشرية :**يعد تدريب الموظفين على استخدام الأنظمة الذكية أحد العوامل الأساسية لنجاح تطبيق الذكاء الاصطناعي في الموانئ. يجب تطوير برامج تدريبية متخصصة لتنمية مهارات الكوادر البشرية في التعامل مع هذه التقنيات المتقدمة.

3. **تعزيز التعاون بين الموانئ :**تشجع توصيات الدراسة على تعزيز التعاون بين الموانئ المحلية والدولية لتبادل الخبرات والمعرفة في تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي. يمكن تحقيق ذلك من خلال إنشاء منصات مشتركة للبحث والتطوير، وتبادل أفضل الممارسات بين الموانئ التي طبقت الذكاء الاصطناعي وتلك التي لم تطبقه بعد.
4. **تحقيق الاستدامة البيئية :**يجب أن تتبنى الموانئ تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحسين استدامتها البيئية من خلال تقليل الانبعاثات، استخدام الطاقة المتجددة، وتحسين كفاءة العمليات اللوجستية. على الموانئ أن تستخدم هذه التقنيات لتحليل البيانات المتعلقة بالحركة البحرية والظروف البيئية في الوقت الفعلي.
5. **تطوير حلول أتمتة مرنة :**على الموانئ تبني حلول أتمتة مرنة يمكن تكييفها مع احتياجات السوق المتغيرة. يجب استكشاف تطبيقات الذكاء الاصطناعي التي تدعم الأتمتة في عمليات تحميل وتفريغ الحاويات، توجيه السفن، وتحليل تدفق الحركة لضمان سرعة وكفاءة أكبر.
6. **تحقيق التكامل بين الأنظمة :**لضمان النجاح الكامل، من الضروري أن تكون الأنظمة الذكية في الموانئ متكاملة بشكل جيد مع الأنظمة الأخرى. يساهم هذا التكامل في تبادل البيانات بين الأقسام المختلفة مثل الجمارك، الأمن، والخدمات اللوجستية لتحسين العمليات بشكل عام.
7. **تشجيع البحث والتطوير :**ينبغي أن تركز الموانئ على تعزيز الأنشطة البحثية والتطويرية المتعلقة بالذكاء الاصطناعي وتطبيقاته في العمليات البحرية. يجب أن تكون هذه الأبحاث موجهة نحو إيجاد حلول مبتكرة لتحسين الكفاءة التشغيلية وتقليل التكاليف.

المراجع:

[1] H. Lee, I. Chatterjee, and G. Cho, “AI-powered intelligent seaport mobility: Enhancing container drayage efficiency through computer vision and deep learning,” *Appl. Sci. (Basel)*, vol. 13, no. 22, p. 12214, 2023.

[2] H. Lee, I. Chatterjee, and G. Cho, “A systematic review of computer vision and AI in parking space allocation in a seaport,” *Appl. Sci. (Basel)*, vol. 13, no. 18, p. 10254, 2023.

[3] G. H. Dinh, H. T. Pham, L. C. Nguyen, H. Q. Dang, and N. D. K. Pham, “Leveraging artificial intelligence to enhance port operation efficiency,” *Pol. Marit. Res.*, vol. 31, no. 2, pp. 140–155, 2024.

[4] I. Makarova, P. Buyvol, E. Mukhametdinov, and A. Boyko, “The construction of seaports in the Arctic: Prospects and environmental consequences,” *J. Mar. Sci. Eng.*, vol. 11, no. 10, p. 1902, 2023.

[5] D. Clemente, T. Cabral, P. Rosa-Santos, and F. Taveira-Pinto, “Blue seaports: The smart, sustainable and electrified ports of the future,” *Smart Cities*, vol. 6, no. 3, pp. 1560–1588, 2023.

[6] S. Filom, A. M. Amiri, and S. Razavi, “Applications of machine learning methods in port operations – A systematic literature review,” *Transp. Res. Part E: Logist. Trans. Rev.*, vol. 161, no. 102722, p. 102722, 2022.

[7] P. Kovalishin *et al.*, “Using Artificial Intelligence (AI) methods for effectively responding to climate change at marine ports,” *J. Int. Marit. Saf. Environ. Aff. Shipp.*, vol. 7, no. 1, 2023.

[8] A. Alzahrani, I. Petri, Y. Rezgui, and A. Ghoroghi, “Decarbonisation of seaports: A review and directions for future research,” *Energy Strat. Rev.*, vol. 38, no. 100727, p. 100727, 2021.

[9] L. J. Kondratowicz, “Methodological solutions for increased efficiency of modelling and simulation of seaports and inland freight terminals,” *Marit. Policy Manage.*, vol. 19, no. 2, pp. 157–164, 1992.

[10] M. Jović, E. Tijan, D. Brčić, and A. Pucihar, “Digitalization in maritime transport and seaports: Bibliometric, content and thematic analysis,” *J. Mar. Sci. Eng.*, vol. 10, no. 4, p. 486, 2022.
[11] W. Lehmacher, M. Lind, J. Poikonen, J. Meseguer, and J. L. Cárcel Cervera, “Reducing port city congestion through data analysis, simulation, and artificial intelligence to improve the well-being of citizens,” *Journal of Mega Infrastructure & Sustainable Development*, vol. 2, no. sup1, pp. 65–82, 2022.
[12] M. Khaleel, A. A. Ahmed, and A. Alsharif, “Artificial Intelligence in Engineering,” *Brilliance*, vol. 3, no. 1, pp. 32–42, 2023.
[13] Y. Triska, E. M. Frazzon, V. M. D. Silva, and L. Heilig, “Smart port terminals: conceptual framework, maturity modeling and research agenda,” *Marit. Policy Manage.*, vol. 51, no. 2, pp. 259–282, 2024.
[14] B. B. Szymanowska, A. Kozłowski, J. Dąbrowski, and H. Klimek, “Seaport innovation trends: Global insights,” *Mar. Policy*, vol. 152, no. 105585, p. 105585, 2023.
[15] C. Durán, C. Fernández-Campusano, R. Carrasco, and E. Carrillo, “DMLBC: Dependable machine learning for seaports using blockchain technology,” *J. King Saud Univ. - Comput. Inf. Sci.*, vol. 36, no. 1, p. 101918, 2024.
[16] S.-Y. Kuo, X.-R. Huang, and L.-B. Chen, “Smart ports: Sustainable smart business port operation schemes based on the Artificial Intelligence of Things and blockchain technologies,” *IEEE Potentials*, vol. 41, no. 6, pp. 32–37, Nov.-Dec 2022.
[17] G. Xiao, Y. Wang, R. Wu, J. Li, and Z. Cai, “Sustainable maritime transport: A review of intelligent shipping technology and green port construction applications,” *J. Mar. Sci. Eng.*, vol. 12, no. 10, p. 1728, 2024.
[18] R. Wolniak and K. Stecuła, “Artificial intelligence in smart cities—applications, barriers, and future directions: A review,” *Smart Cities*, vol. 7, no. 3, pp. 1346–1389, 2024.
[19] M. Sadiq *et al.*, “Future greener seaports: A review of new infrastructure, challenges, and energy efficiency measures,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 75568–75587, 2021.
[20] M. Kovač, “Autonomous AI, smart seaports, and supply chain management,” in *Regulating Artificial Intelligence in Industry*, London: Routledge, 2021, pp. 127–137.