دور الذكاء الاصطناعي في تعزيز كفاءة الموانئ البحرية في العصر الرقمي

هيام كمال أحمد القويري

قسم الحاسوب، كلية الاداب والعلوم / مسلاته، جامعة المرقب، الخمس، ليبيا

الملخص

يتناول هذا البحث دراسة تاثير الذكاء الاصطناعي على تحسين كفاءة الموانئ البحرية في العصر الرقمي، مع التركيز على التطبيقات الحديثة لهذه التقنية ودورها في تعزيز الاستدامة والسلامة التشغيلية. يهدف البحث إلى تحليل دور الذكاء الاصطناعي في معالجة التحديات التشغيلية التي تواجه الموانئ البحرية من خلال تحسين إدارة العمليات، تقليل التكاليف، وتقليل الانبعاثات الكربونية. كما تم استعراض دور التنمية البشرية والتشريعات الدولية والمحلية في دعم التحول الرقمي في هذا القطاع. وقد تم استخدام المنهج الوصفي التحليلي وذلك لتحليل الادبيات السابقة وتقارير الاداء المتعلقة بتطبيقات الذكاء الاصطناعي في الموانئ البحرية في عدة دول. وتم اعتماده لتقديم توصيات استراتيجية مستقبلية لتطوير الحلول الذكية وتحقيق التنمية المستدامة، وقد خلص البحث إلى ان استخدام الذكاء الاصطناعي يُمكن ان يحدث نقلة نوعية في تشغيل الموانئ البحرية من خلال تحسين العمليات التشغيلية، تعزيز سلامة العمليات، ودعم الاستدامة البيئية. كما تؤكد النتائج على اهميه الاستثمار في تطوير البنية التحتية الرقمية وبرامج التدريب لتمكين القوى العاملة من الإستفادة الكاملة من هذه التقنيات.

الكلمات المفتاحية: الذكاء الاصطناعي, الموانئ البحرية, التحول الرقمي, الكفاءة التشغيلية, التنمية المستدامة

The Role of Artificial Intelligence in Enhancing the Efficiency of Seaports in the Digital Age

Hiyam Kamal Ahmed ALquwayri

Computer Department, Faculty of Arts and Science Msallata,, University,of Elmergib Al-Khums,Libya

Abstract

This research studies the impact of artificial intelligence on improving the efficiency of seaports in the digital age, with a focus on modern applications of this technology and its role in enhancing sustainability and operational safety. The study aims to analyze the role of artificial intelligence in addressing the operational challenges facing seaports by improving operations management, reducing costs, and reducing carbon emissions. The role of human development and international and local legislation in supporting digital transformation in this sector was also reviewed. This approach was used to analyze previous literature and performance reports related to artificial intelligence applications in seaports.

It was adopted to provide future strategic recommendations for developing smart solutions and achieving sustainable development.

The results indicate that the use of artificial intelligence can bring about a qualitative shift in the operation of seaports by improving operational processes, enhancing operational safety, and supporting environmental sustainability. The study also emphasizes the importance of investing in developing digital infrastructure and training programs to enable the workforce to fully benefit from these technologies.

Keywords: Artificial intelligence, seaports, digital transformation, operational efficiency, sustainable development.

المقدمة

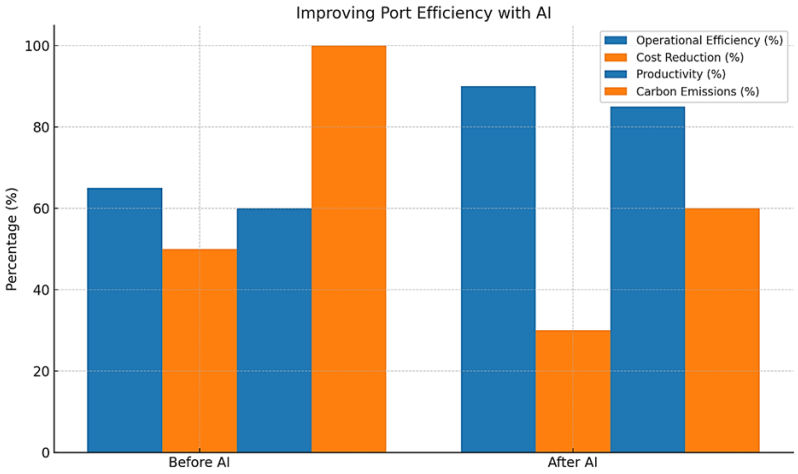
تعتبر الموانئ البحرية الركيزة الاساسية في سلاسل الامداد العالمية، فتلعب الدور الاستراتيجي لمساعدة الاقتصاد الدولي وتحقيق التنمية المستدامة. وتظهر التقارير الحديثة ان التوجه نحو الرقمنة وتبني تقنيات الذكاء الاصطناعي امر ضروري لتحسين كفاءة تشغيل وإدارة الموانئ البحرية، وايضاً تعزيز تنافسيتها في ظل التحديات المتزايدة في العصر الرقمي. فقد اثبتت الدراسات ان تطبيقات الذكاء الاصطناعي، مثل تحليل البيانات الضخمة، والنماذج التنبؤية، التي تساهم بشكل ملحوظ في تحسين العمليات التشغيلية، وتقليل التكاليف، وزيادة الانتاجية (Abu Ghazaleh, 2023; Ngo et al., 2024).

ويواجه القطاع البحري تحديات معقدة تتعلق بالإندماج الرقمي مثل: ضعف البنية التحتية التكنولوجية، وغياب السياسات الموحدة التي تدعم تبني هذه التقنيات. وتبين الدراسات ان تحسين كفاءة سلاسل الامداد البحرية يتطلب تكاملاً بين الذكاء الاصطناعي والاستراتيجيات الادارية الحديثة، وهو ما يعكسه نموذج الموانئ الذكية المستدامة (Clemente et al., 2023). فعلى سبيل المثال، اثبتت الموانئ في منطقة اسيا والمحيط الهادي قدرتها على تحقيق تقدم كبير في عمليات الرقمنة من خلال مبادرات التحول الذكي (United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, 2024).

علاوة على ذلك، يعد استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي عاملًا مهم في تعزيز كفاءة العمليات التشغيلية، ولا سيما من خلال تطبيقات مثل انظمة تفريغ السفن الاوتوماتيكية، وتحليل بيانات حركة السفن، وتحسين إدارة المواقف في الموانئ (Ngo et al., 2024; Lee et al., 2023). كما ان توظيف الذكاء الاصطناعي لدعم استدامة الموانئ من خلال تقليل الانبعاثات الكربونية واستخدام تقنيات الطاقة المتجددة يشكل توجهًا عالميًا لتحسين الاثر البيئي للقطاع (González-Cancelas et al., 2019; Clemente et al., 2023).

بالاضافة الي ان التنمية البشرية تُعد عنصرًا حاسمًا في دعم تبني هذه التقنيات. وقد اشارة دراسات حديثة الى ان نقص المهارات التكنولوجية يمثل عائقًا رئيسيًاًامام التحول

الرقمي في الموانئ البحرية، مما يستدعي ضرورة وضع برامج تدريبية تهدف الى تعزيز الكفاءات البشرية في هذا المجال (Gazar et al., **2024**).



رسم توضيحي 1 يظهر الرسم البياني تأثير استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي على كفاءة الموانئ البحرية عبر اربعة معايير رئيسية: الكفاءة التشغيلية، تقليل التكاليف، الانتاجية، والانبعاثات الكربونية. يوضح التحليل زيادة ملحوظة في الكفاءة والانتاجية، بالاضافة الى انخفاض التكاليف . المصدر(2023) .Abu Ghazaleh, M

بناءً على ما سبق، يسعى هذا البحث إلى استكشاف تأثير الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة تشغيل وادارة الموانئ البحرية، مع تسليط الضوء على الاتجاهات الحديثة في تطوير هذه الموانئ، ودور التنمية البشرية والتشريعات المحلية والدولية في تحقيق الاستدامة وتعزيز السلامة البحرية. كما تهدف إلى تقديم توصيات مبنية على البيانات لدعم صناع القرار في تطبيق حلول مبتكرة قائمة على الذكاء الاصطناعي لتحسين اداء الموانئ وتعزيز تنافسيتها في الاقتصاد العالمي.

مشكلة البحث:

مع التطور السريع للتقنيات الرقمية والذكاء الاصطناعي، تواجه الموانئ البحرية تحديات كبيرة في تحسين كفاءتها التشغيلية ومواكبة متطلبات العصر الرقمي. فعلى الرغم من الإمكانات الكبيرة التي يوفرها الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة العمليات، وتقليل التكاليف، وتعزيز الاستدامة البيئية، إلا أن تطبيقه الفعلي في الموانئ البحرية لا يزال يواجه عقبات تتعلق بالبنية التحتية التكنولوجية، والكفاءات البشرية، والتشريعات

الداعمة. لذلك، تبرز المشكلة في الحاجة إلى دراسة كيفية تأثير الذكاء الاصطناعي على كفاءة تشغيل وإدارة الموانئ البحرية، وكيف يمكن لهذه التقنيات أن تسهم في تحسين إدارة العمليات البحرية وتعزيز تكاملها مع سلاسل الامداد العالمي.

أهداف البحث:

1- **تحليل تاثير الذكاء الاصطناعي على كفاءة تشغيل الموانئ البحرية، وذلك من خلال:** دراسة دور الذكاء الاصطناعي في تحسين العمليات التشغيلية، مثل تخصيص الموارد وتقليل اوقات الانتظار، و تقييم تطبيق تقنيات تحليل البيانات والنماذج التنبؤية في تحسين اداء الموانئ.

2- **استكشاف دور الذكاء الاصطناعي في تعزيز الاستدامة البيئية:** بدراسة كيفية استخدام الذكاء الاصطناعي في تقليل الانبعاثات الكربونية وتحسين كفاءة استهلاك الطاقة في الموانئ الذكية، والتركيز على الاستدامة البيئية من خلال استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي وانترنت الاشياء.

3- تقييم تاثير الذكاء الاصطناعي على إدارة اللوجستيات البحرية:

وذلك بتحليل دور تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة تدفق الشحنات وسلاسل الامداد وتخصيص مساحات الشحن بفعالية.

4- **استكشاف الاتجاهات الحديثة لتطوير الموانئ الذكية:** عن طريق تقييم دور التوئمة الرقمية والصيانة التنبؤية في تعزيز اداء الموانئ االذكية، ودراسة التكامل بين تقنيات الذكاء الاصطناعي والبنية التحتية الرقمية في هذه الموانئ.

5- **تحليل التحديات التي تواجه تطبيق الذكاء الاصطناعي:** وذلك بتحديد العقبات المرتبطة بالبنية التحتية ونقص الكفاءات التكنولوجية وتقديم حلول مقترحة لتخطي تحديات التكامل الرقمي والتمويل اللازم لتطبيق التقنيات الحديثة.

6- تقديم توصيات لدعم التحول الرقمي في الموانئ البحرية.

الأسئلة البحثية:

1- كيف تُسهم تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة تشغيل الموانئ البحرية؟
2- ما دور الذكاء الاصطناعي في تعزيز الاستدامة البيئية في الموانئ البحرية؟
3- كيف يدعم الذكاء الاصطناعي إدارة سلاسل الامداد واللوجستيات البحرية؟
4- ما هي الاتجاهات الحديثة لتطوير الموانئ الذكية بإستخدام الذكاء الاصطناعي؟
5- ما التحديات التي تواجه الموانئ البحرية عند تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي؟

6- ما هي الدروس المستفادة من تجارب العراق واندونيسيا في تطبيق الذكاء الاصطناعي لتحسين كفاءة الموانئ؟

فرضيات البحث:

1- يمكن لتقنيات الذكاء الاصطناعي، مثل النماذج التنبؤية وتحليل البيانات الضخمة، تحسين كفاءة العمليات التشغيلية وتقليل اوقات انتظار السفن في الموانئ البحرية كما تساهم في تقليل الاخطاء التشغيلية وزيادة دقة تخصيص الموارد.

2- استخدام انظمة الذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة يُمكن ان يعزز استدامة العمليات البحرية ويقلل من التأثيرات البيئية السلبية وذلك من خلال تقليل الانبعاثات الكربونية وتحسين كفاءة استهلاك الطاقة.

3- تسهم تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة تدفق الشحنات وسلاسل الإمداد من خلال التنبؤ الدقيق بحركة السفن والبضائع، مما يحسن دقة جدولة عمليات الشحن والتفريغ ويعزز كفاءة العمليات اللوجستية.

4- يسهم تكامل الذكاء الاصطناعي مع البنية التحتية الرقمية في تعزيز التحول الرقمي ورفع تنافسية الموانئ الذكية مما يحسن إستجابة الموانئ للطلب وزيادة الكفاءة التشغيلية.

5- نقص المهارات التقنية والبنية التحتية الرقمية يشكلان تحديًا رئيسيًاً امام تبني الذكاء الاصطناعي في الموانئ البحرية كما يمكن لتكاليف الاستثمار المرتفعة ان تعيق تطبيق انظمة الذكاء الاصطناعي في الموانئ ذات الموارد المحدودة.

6- يمكن الاستفادة من تجارب الدول في تطبيق الذكاء الاصطناعي في الموانئ البحرية حيث أظهرت تجربة ميناء الفاو الكبير في العراق ان تطبيق انظمة الذكاء الاصطناعي يمكن ان يؤدي الى تقليل وقت انتظار السفن بنسبة كبيرة وزيادة الكفاءة التشغيلية، بالإضافة إلى تجربة الموانئ الاندونيسية في استخدام انظمة الذكاء الاصطناعي لتحليل حركة السفن والتي اثبتت فعاليتها في تحسين الكفاءة التشغيلية وتعزيز الاستدامة البيئية.

7- استخدام الذكاء الاصطناعي في مراقبة العمليات البحرية يساهم في تحسين كفاءة الموارد وتقليل النفايات الناتجة عن العمليات التشغيلية، وتحسين استدامة الموانئ من خلال تقليل استهلاك الطاقة والانبعاثات الكربونية.

منهجية البحث:

تم استخدام منهج وصفي تحليلي لدراسة تطبيق الذكاء الاصطناعي وتأثيره على كفاءة الموانئ وذلك لتحليل تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الموانئ البحرية وتاثيرها على تحسين الكفاءة التشغيلية والاستدامة.

يقوم المنهج على دراسة البيانات والنتائج المستخلصة من الدراسات السابقة وذلك بالرجوع الى الابحاث الاكاديمية المنشورة التي تناقش تأثير الذكاء الاصطناعي والطاقة المتجددة على الكفاءة التشغيلية والاستدامة في الموانئ البحرية وتحليل التقارير الحكومية المتعلقة بتطوير الموانئ وتحولها الرقمي، اضافة الى التشريعات البيئية الدولية التي تؤثر على عمليات الموانئ بالاستفادة من تجربة كلاً من ميناء الفاو الكبير بالعراق والموانئ الاندونيسية لفهم اوجه استخدام الذكاء الاصطناعي في تحسين العمليات البحرية، وقد تم التركيز على وضع اطار عمل لتطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي وحلول الطاقة المتجددة لتحقيق التنمية المستدامة والحد من المخاطر التشغيلية لتقديم توصيات حول تطوير الحلول الذكية في الموانئ البحرية.

1- مقدمة الى الذكاء الاصطناعي في الموانئ البحرية

1.1- تعريف الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته في الموانئ البحرية:

الذكاء الاصطناعي (AI) هو تقنية تعتمد على الانظمة الذكية لتحليل البيانات، اتخاذ القرارات، والتنبؤ بالمشكلات المستقبلية بناءً على انماط البيانات السابقة. يُستخدم الذكاء الاصطناعي في الموانء البحرية لتحسين إدارة العمليات من خلال تطبيقات متعددة تشمل تحليل البيانات الضخمة، النماذج التنبؤية، واتمتة العمليات التشغيلية.

وفقًا لدراسة(2023) Abu Ghazaleh ، يلعب الذكاء الاصطناعي دورًا اساسيًا في تحسين عمليات الشحن والتفريغ، حيث تعتمد الموانئ الذكية على خوارزميات تحليل البيانات للتنبؤ بحركة السفن، تخصيص الارصفة، وتقليل اوقات الانتظار. كما تسهم انظمة الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة الموارد من خلال مراقبة حركة الشحنات وتوفير حلول دقيقة وسريعة لمشاكل الإزدحام.

بالإضافة الى ذلك، تستخدم الموانئ تقنيات انترنت الاشياء (IoT) مع انظمة الذكاء الاصطناعي لتكامل البيانات من الاجهزة والمستشعرات المختلفة، مما يُمكن المشغلين من مراقبة الانشطة التشغيلية في الوقت الفعلي وتحليل الأداء بشكل دقيق. كما اشارت دراسة Gazar et al. (2024) إلى أن الذكاء الاصطناعي يساعد في تحسين عمليات اللوجستيات من خلال إدارة سلاسل الامداد بكفاءة عالية، مما يؤدي الى تقليل الاخطاء التشغيلية وزيادة الانتاجية.

2.1- اهمية الذكاء الاصطناعي في تعزيز الكفاءة التشغيلية والاستدامة: يُعد الذكاء الاصطناعي احد الأدوات الأساسية لتعزيز الكفاءة التشغيلية في الموانئ البحرية، حيث يُمكنه معالجة كميات ضخمة من البيانات وتحليلها بسرعة عالية لاتخاذ قرارات دقيقة.

على سبيل المثال، اظهرت دراسات حديثة ان استخدام الذكاء الاصطناعي في تخصيص الموارد مثل الارصفة والمساحات التخزينية ادى الى تحسين تدفق حركة السفن وتقليل التاخيرات بنسبة تصل الى 30%، مما يعزز من القدرة التنافسية للموانئ في السوق الدولي.(Abu Ghazaleh, 2023)

من جهة اخرى، يلعب الذكاء الاصطناعي دورًا مهمًا في تحقيق الاستدامة البيئية. يمكن للأنظمة الذكية تقليل استهلاك الطاقة والانبعاثات الكربونية من خلال تحسين كفاءة استهلاك الوقود وإدارة الموارد البيئية. وفقًا لـ Gazar et al. (2024)، تسهم تقنيات الذكاء الاصطناعي في مراقبة الانبعاثات الناتجة عن عمليات النقل البحري وتقديم توصيات لتحسين الاداء البيئي، مما يجعل العمليات التشغيلية اكثر توافقًا مع معايير الاستدامة العالمية.

الجدول [1] يُظهر الجوانب المختلفة التي يعزز فيها الذكاء الاصطناعي كفاءة العمليات التشغيلية للموانئ

الجانب	الوصف
تحسين تخصيص الموارد	الذكاء الاصطناعي يساعد في تخصيص الارصفة والمساحات التخزينية بناءً على تحليل بيانات الوقت الفعلي.
تقليل اوقات الانتظار	انظمة الذكاء الاصطناعي تساهم في تحسين جدولة السفن وتقليل وقت انتظارها بنسبة تصل الى 30% .
تحليل البيانات الضخمة	تحليل البيانات يساعد في التنبؤ بالطلب وتحسين إدارة حركة السفن والشحنات.
إدارة الازمات التشغيلية	الذكاء الاصطناعي يوفر تنبؤات دقيقة تساعد في التعامل مع الاعطال وتقليل التوقفات غير المخطط لها.
تعزيز استدامة العمليات	تحسين كفاءة استهلاك الطاقة وتقليل الانبعاثات الكربونية من خلال مراقبة الموارد البيئية.
زيادة سرعة اتخاذ القرارات	الانظمة الذكية تقدم حلولًا سريعة وفعّالة بناءً على بيانات التشغيل في الزمن الفعلي.
تقليل الاخطاء التشغيلية	استخدام الذكاء الاصطناعي يقلل من الاعتماد على العمل اليدوي ويزيد من دقة العمليات التشغيلية.

يظهر مما سبق ان الذكاء الاصطناعي يُعتبر حجر الزاوية في تطوير الموانئ البحرية وتحقيق كفاءة تشغيلية عالية. بفضل تطبيقاته المتنوعة، يمكن للموانئ ان تصبح اكثر استجابة للتحديات الحديثة وتعزز استدامتها البيئية، مما يجعل الذكاء الاصطناعي استثمارًا حيويًا لدعم التحول الرقمي في هذا القطاع الحيوي (Abu Ghazaleh, 2023; Gazar et al., 2024).

2- دور الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة تشغيل الموانئ

يعد الذكاء الاصطناعي (AI) احد العوامل الاساسية في تحسين كفاءة تشغيل الموانئ، حيث تساهم تطبيقات الذكاء الاصطناعي بشكل كبير في تعزيز الاداء التشغيلي وتحسين إدارة العمليات اللوجستية. يتضح ذلك من خلال عدة تطبيقات رئيسية مثل تحليل البيانات الضخمة والنماذج التنبؤية التي تمثل محاور رئيسية في استخدام الذكاء الاصطناعي في تحسين الموانئ.

1.2- تطبيقات تحليل البيانات الضخمة والنماذج التنبؤية:

تحليل البيانات الضخمة يُعتبر احد التطبيقات الجوهرية للذكاء الاصطناعي في الموانئ، حيث يُستخدم لمعالجة وتحليل كميات هائلة من البيانات التي تُجمع من انظمة الموانئ المختلفة مثل تتبع السفن، والحركة اللوجستية، والبيانات البيئية. يُمكن من خلال هذه التحليلات التنبؤ بالاحتياجات المستقبلية وتحسين اتخاذ القرارات التشغيلية.

على سبيل المثال، تعتمد العديد من الموانئ العالمية على النماذج التنبؤية المدعومة بالذكاء الاصطناعي لتحسين عمليات تحميل وتفريغ السفن وتوزيع الحاويات بما يتوافق مع تغيرات الظروف البحرية والمناخية. يتم تطوير هذه النماذج عبر تقنيات مثل التعلم الآلي (Machine Learning) والذكاء الاصطناعي العميق (Deep AI) التي تساعد في تحديد الانماط والتوجهات التي قد تكون غير واضحة باستخدام الاساليب التقليدية.

ووفقًا لدراسة Ali (2024)، تُظهر النتائج ان استخدام الذكاء الاصطناعي لتحليل البيانات الضخمة وتحقيق التنبؤات الدقيقة قد ادى الى تحسينات ملحوظة في سرعة وكفاءة عمليات الشحن والتفريغ في الموانئ. حيث يُمكن من خلال هذه التقنيات تحديد اوقات الذروة وتقليل فترات الانتظار في ارصفة الموانئ، مما يساهم في زيادة الانتاجية وتقليل التكاليف التشغيلية.

حيث خلصت الدراسة إلى النتائج الرئيسية التالية:

تحليل البيانات الضخمة: في الموانئ، تتراكم كميات ضخمة من البيانات المتعلقة بحركة السفن، شحن الحاويات، الأحوال الجوية، واوقات الانتظار. تقنيات الذكاء الاصطناعي، مثل التعلم الالي، تُستخدم لتحليل هذه البيانات واستخلاص الانماط التي يصعب ملاحظتها باستخدام الاساليب التقليدية. على سبيل المثال، يمكن اكتشاف الانماط المتعلقة بأوقات الذروة او المشكلات المحتملة التي تؤثر على سير العمليات.

التنبؤات الدقيقة: تُتيح النماذج التنبؤية المدعومة بالذكاء الاصطناعي للموانئ التنبؤ بالاتجاهات المستقبلية بناءً على البيانات التاريخية. مثلًا، يمكن للنماذج التنبؤية ان تحدد اوقات الذروة في حركة السفن او التحميل، وبالتالي تساعد الموانئ على الاستعداد لهذه

الفترات بشكل افضل. هذا يُسهم في تخصيص الموارد بكفاءة اعلى وتحسين الجدولة الزمنية.

تحسين سرعة وكفاءة عمليات الشحن والتفريغ: من خلال تحليل البيانات التنبؤية، يُمكن للموانئ تعديل خطط العمليات بشكل ديناميكي. على سبيل المثال، اذا كانت التنبؤات تشير الى فترة ازدحام في الارصفة، يمكن تعديل جدول وصول السفن او تحديد الارصفة الامثل لتحميل وتفريغ الحاويات. هذا يؤدي الى تسريع العمليات وتقليل فترات الانتظار.

تحديد اوقات الذروة وتقليل فترات الانتظار: من خلال التنبؤ باوقات الذروة بناءً على تحليل البيانات، يمكن للموانئ تهيئة استراتيجيات للحد من التكدس في الارصفة. على سبيل المثال، يمكن تحسين توزيع الحاويات وتوقيت الانشطة اللوجستية بما يقلل من اوقات الانتظار للسفن ويعزز سرعة الدوران.

زيادة الانتاجية وتقليل التكاليف: من خلال هذه التحسينات، تتسارع عمليات الشحن والتفريغ مما يؤدي الى زيادة الانتاجية الاجمالية للميناء. علاوة على ذلك، تقليل اوقات الانتظار والاعطال غير المتوقعة يُسهم في خفض التكاليف التشغيلية المرتبطة بالتاخيرات او التوقفات غير المخططة.

بالإضافة إلى ذلك، يمكن لتطبيقات الذكاء الاصطناعي تحسين صيانة المعدات في الموانئ، من خلال تقنيات الصيانة التنبؤية التي تعتمد على تحليل البيانات لاستشراف الاعطال المستقبلية وبالتالي تقليل فترات التوقف غير المخطط لها. في هذا السياق، تبرز اهمية التكامل بين الذكاء الاصطناعي وانترنت الاشياء (IoT) في مراقبة الحالة الفنية للمعدات في الوقت الحقيقي.

2.2- تحسين تخصيص الموارد وتقليل اوقات انتظار السفن:

ان تخصيص الموارد بكفاءة يُعد من التحديات الرئيسية التي تواجه إدارة الموانئ، ويشكل الذكاء الاصطناعي الاداة الامثل للتغلب على هذه التحديات وتحسين سير العمليات. يشمل تخصيص الموارد تحديد الوقت المثالي لاستخدام الارصفة، توزيع الرافعات والمركبات المتنقلة، وتخطيط عمليات الشحن والتفريغ بما يتماشى مع حركة السفن وحجم البضائع.(2023) .Lee, H., Chatterjee, I., & Cho, G

أ-تخصيص الارصفة والمعدات المتنقلة:

- **التنبؤ بالاوقات المثلى لتخصيص الارصفة:** يعتمد الذكاء الاصطناعي على تحليل البيانات الكبيرة التي يتم جمعها من انظمة تتبع السفن، حركة الحاويات، واحوال

الطقس. تُستخدم تقنيات التعلم الالي لتوقع فترات الذروة في وصول السفن الى الموانئ، وتحديد الارصفة الاكثر استخدامًا في هذه الفترات. هذا يمكن ان يؤدي الى تخصيص الارصفة في الوقت الانسب لتقليل التكدس وتقليل فترات الانتظار للسفن.

- **إدارة الرافعات والمعدات المتنقلة:** يُساعد الذكاء الاصطناعي ايضًا في تحسين توزيع المعدات المتنقلة (مثل الرافعات الشوكية، الحافلات البحرية) وفقًا للطلب المتوقع. من خلال التنبؤ بالحجم الكلي للحاويات التي سيتم تحميلها وتفريغها، يمكن تخصيص الموارد بشكل اكثر دقة، وبالتالي تقليل فترات الانتظار التي قد تنجم عن نقص المعدات.

ب- التنبؤ بتوقيتات الوصول والمغادرة:

- **تحسين التنسيق بين السفن والموانئ:** يتم جمع البيانات المتعلقة بحركة السفن، مثل توقيتات وصولها وتقديرات سرعة إبحارها، ويتم استخدامها لبناء نماذج تنبؤية. على سبيل المثال، إذا كانت السفينة قادمة من ميناء اخر وكانت سرعة إبحارها منخفضة، فإن النماذج التنبؤية قد تشير الى الحاجة لتعديل جداول الارصفة لتتناسب مع موعد وصولها الفعلي.
- **ادارة حركة السفن في الوقت الفعلي:** يتضمن الذكاء الاصطناعي ايضًا مراقبة حركة السفن في الوقت الفعلي باستخدام انظمة تحديد المواقع العالمية (GPS) والمستشعرات. هذا يسمح للموانئ بتعديل جداول الوصول والتفريغ للسفن بناءً على المتغيرات اللحظية مثل حالة البحر، والظروف الجوية، واوقات التاخير غير المتوقعة.

ج-تقليل اوقات انتظار السفن:

التقليل من وقت الانتظار بين السفن: باستخدام الذكاء الاصطناعي، يمكن تحسين التدفق الزمني للسفن داخل الميناء بشكل كبير. على سبيل المثال، يتم تحديد اولويات تفريغ السفن بناءً على توافر المساحة في الارصفة وتوقع حركة السفن القادمة. هذا يمكن ان يُخفض من فترات الانتظار التي قد تصل الى ساعات او حتى ايام في بعض الموانئ

إستخدام النماذج التنبؤية لادارة اوقات الانتظار: تُستخدم النماذج التنبؤية لتوقع اوقات الانتظار بدقة اكبر، حيث يمكن تقليص فترات التاخير في نقل الحاويات من خلال التنبؤ بوقت وصول السفينة وتوقيت افراغها بناءً على البيانات المتاحة.

د-الفوائد الاقتصادية والبيئية:

تقليل التكاليف التشغيلية: من خلال تحسين تخصيص الموارد وتقليل اوقات الانتظار، تقل التكاليف المتعلقة بتشغيل المعدات، وصيانة الارصفة، والوقود المستخدم في السفن.

علاوة على ذلك، يؤدي تحسين الجدولة الى تقليل تكاليف التاخير والتوقف غير المخطط له، مما يساهم في زيادة كفاءة العمليات التشغيلية.

التقليل من الانبعاثات الكربونية: تحسين تخصيص السفن والمعدات يقلل من الحاجة لتشغيل معدات اضافية او التحميل الزائد، مما يساهم في تقليل الانبعاثات البيئية الناتجة عن تشغيل السفن والمركبات المتنقلة.

ه-تطوير نظم الذكاء الاصطناعي في الموانئ الذكية:

الموانئ الذكية: تعد الموانئ الذكية من ابرز المجالات التي يُمكن تطبيق الذكاء الاصطناعي فيها. يُسهم الذكاء الاصطناعي في تحويل الموانئ الى مراكز تشغيلية اكثر تطورًا، حيث تُدمج تقنيات مثل انترنت الاشياء (IoT) ، التحليلات البيانية الكبيرة، والذكاء الاصطناعي لتوفير تجربة تشغيل اكثر مرونة وكفاءة.

التفاعل بين الانظمة الذكية: تُمكن الانظمة الذكية من التعاون المتكامل بين مختلف وحدات الميناء، مثل تخصيص الارصفة، التنبؤ بالحركة، وادارة الشحنات، بهدف تحسين اداء الميناء ككل. يشمل ذلك استخدام الذكاء الاصطناعي في التخطيط الديناميكي الذي يتكيف مع الظروف المتغيرة في الوقت الفعلي.

3-الذكاء الاصطناعي ودوره في تعزيز الاستدامة البيئية للموانئ:

يُعد الذكاء الاصطناعي (AI) من الادوات الفعالة التي تُسهم في تعزيز الاستدامة البيئية للموانئ، حيث يُمكن استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحسين إدارة الموارد وتقليل التأثيرات البيئية السلبية. احد ابرز التطبيقات التي يمكن من خلالها تعزيز الاستدامة البيئية هو إدارة الطاقة الذكية، والتي تهدف الى تقليل الانبعاثات الكربونية وتحسين كفاءة استخدام الطاقة في العمليات المينائية.

.Clemente, D., Cabral, T., Rosa-Santos, P., & Taveira-Pinto, F (2023)

1.3- تقليل الانبعاثات الكربونية من خلال ادارة الطاقة الذكية:

أ-إدارة استهلاك الطاقة باستخدام الذكاء الاصطناعي:يعتمد الذكاء الاصطناعي على تحليل البيانات الكبيرة التي تُجمع من انظمة الموانئ المختلفة مثل انظمة الطاقة الشمسية، الاجهزة الكهربائية، والانظمة اللوجستية. من خلال هذه البيانات، يمكن للذكاء الاصطناعي التنبؤ باحتياجات الطاقة في الوقت الفعلي وضبط استهلاك الطاقة بشكل ديناميكي. على سبيل المثال، يمكن للميناء استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي لإدارة

استهلاك الطاقة في وقت الذروة، مما يساعد في تقليل الضغط على الشبكات الكهربائية وتخفيف الحاجة الى الطاقة الاحفورية.

ب-تحسين تخصيص الطاقة المتجددة: يساعد الذكاء الاصطناعي ايضًا في تحسين الاستفادة من مصادر الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية والرياح. باستخدام الذكاء الاصطناعي، يمكن تحديد الاوقات المثلى لاستخدام الطاقة المتجددة بناءً على الظروف البيئية مثل سرعة الرياح أو شدة الشمس. هذا يساهم في تقليل الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية ويخفض من الانبعاثات الكربونية الناتجة عن حرق الوقود الاحفوري.

ج-تقنيات الصيانة التنبؤية للمعدات: تساهم تقنيات الصيانة التنبؤية المدعومة بالذكاء الاصطناعي في تقليل الحاجة الى الاصلاحات الطارئة وتحسين كفاءة تشغيل المعدات. على سبيل المثال، يمكن للموانئ استخدام الذكاء الاصطناعي لمراقبة حالة المحركات الكهربائية وانظمة الطاقة في الوقت الفعلي، مما يتيح الكشف المبكر عن الاعطال قبل حدوثها. هذا يقلل من الانبعاثات الناتجة عن استهلاك الطاقة الزايد او فشل المعدات.

د-التحسين الديناميكي لاستهلاك الوقود في النقل البحري: بإستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي، يمكن تحسين استهلاك الوقود في عمليات النقل البحري داخل الميناء. عبر تحليل البيانات المتعلقة بحركة السفن والمركبات البرية داخل الميناء، يمكن للذكاء الاصطناعي التنبؤ باوقات تاخير السفن او زيادة الطلب على الوقود وتوجيه السفن الى الارصفة الاكثر كفاءة لتقليل استهلاك الوقود وبالتالي الانبعاثات الكربونية.

ه-الفوائد البيئية والاقتصادية لإدارة الطاقة الذكية:

- **تقليل الانبعاثات الكربونية:** باستخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة الذكية، يمكن للموانئ تقليل الانبعاثات الكربونية الناتجة عن استهلاك الوقود الاحفوري. هذا يساهم في تقليل التأثيرات السلبية على البيئة ويعزز من إلتزام الموانئ بالمعايير البيئية العالمية المتعلقة بالحد من التلوث.
- **تحسين الكفاءة التشغيلية وتقليل التكاليف:** الإدارة الذكية للطاقة لا تقتصر على الفوائد البيئية فحسب، بل تؤدي ايضًا الى تحسين الكفاءة التشغيلية وتقليل التكاليف. على سبيل المثال، من خلال تقليل استهلاك الطاقة في الاوقات غير الضرورية وتحسين استخدام الطاقة المتجددة، يمكن للموانئ تحقيق وفورات اقتصادية ملحوظة على المدى الطويل.

• **تعزيز استدامة العمليات:** من خلال دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة، يُمكن للموانئ تعزيز استدامة عملياتها وزيادة القدرة على التعامل مع التحديات البيئية المستقبلية. هذا يُساعد الموانئ على التكيف مع التغيرات المناخية وزيادة الكفاءة في التعامل مع الموارد المتاحة.

4-دعم ممارسات صديقة للبيئة باستخدام تقنيات انترنت الاشياء والحوسبة السحابية:

تُعد ممارسات الاستدامة البيئية جزءًا اساسيًا من تحسين كفاءة عمليات الموانئ وتقليل تأثيراتها السلبية على البيئة، من بين ابرز التقنيات التي تساهم في تعزيز هذه الممارسات تقنية انترنت الاشياء (IoT) والحوسبة السحابية، اللتان تتيحان للموانئ القدرة على مراقبة وتحليل البيانات البيئية بشكل اكثر دقة وفعالية. تساهم هذه التقنيات في تحسين إدارة الموارد وتدعيم استراتيجيات خضراء تسعى لتحقيق كفاءة اكبر في استخدام الطاقة وتقليل التلوث.

González-Cancelas, N., Molina Serrano, B., & Soler-Flores, F. (2019).

1.4- **تقنيات انترنت الاشياء (IoT) في دعم الاستدامة البيئية:**

أ- مراقبة الموارد البيئية بشكل مستمر: يُمكن لتقنيات انترنت الاشياء ان تجمع البيانات من الاجهزة والمستشعرات المنتشرة عبر الميناء، مثل اجهزة استشعار جودة الهواء، ومستشعرات مستويات التلوث، واجهزة قياس استهلاك الطاقة. توفر هذه الاجهزة مراقبة مستمرة للوضع البيئي للميناء، مما يساعد في اتخاذ قرارات فورية بشان تحسين الاداء البيئي.

ب- إدارة استهلاك الطاقة: يُتيح IoT مراقبة استهلاك الطاقة في الميناء بشكل دقيق، من خلال اجهزة استشعار ذكية يمكنها تتبع استهلاك الطاقة في مختلف الاجهزة والمعدات. بناءً على البيانات المتاحة، يُمكن تعديل استراتيجيات التشغيل لتقليل الاستهلاك غير الضروري للطاقة، مما يؤدي الى تقليل الانبعاثات الكربونية وتحقيق استدامة بيئية اكبر.

ج- تحسين التفاعل بين الانظمة البيئية المختلفة: تُسهم اجهزة انترنت الاشياء في ربط مختلف الانظمة البيئية في الميناء مثل إدارة حركة السفن، الشحن والتفريغ، واستهلاك الوقود. يتيح هذا التكامل بين الانظمة امكانية التحسين الشامل للممارسات البيئية في الميناء.

2.4- الحوسبة السحابية ودورها في تعزيز الاستدامة البيئية:

أ- التخزين والمعالجة البيئية بكفاءة: من خلال تقنيات الحوسبة السحابية، يُمكن تخزين وتحليل البيانات البيئيةالتي يتم جمعها بواسطة اجهزة انترنت الاشياء على منصات سحابية متطورة. هذه المنصات تسمح بإجراء تحليلات متقدمة على البيانات البيئية بشكل سريع وفعّال، مما يساعد في اتخاذ قرارات افضل بشأن تقليل الانبعاثات وتحسين الاداء البيئي.

ب- مشاركة البيانات بين الموانئ والشركات اللوجستية: بإستخدام الحوسبة السحابية، يمكن للموانئ تبادل البيانات البيئية مع الشركات اللوجستية، بما في ذلك تلك التي تدير السفن والشاحنات. يمكن لهذا التعاون تحسين استراتيجيات النقل والشحن في الميناء بشكل يعزز من الاداء البيئي ويقلل من التلوث الناتج عن حركة المركبات والسفن.

ج-التحليل التنبؤي: بإستخدام الحوسبة السحابية، يُمكن تطوير نماذج تنبؤية لتحديد الاثار البيئية المستقبلية استنادًا الى البيانات المتاحة، مثل تقدير زيادة مستويات التلوث او اوقات الذروة في استهلاك الطاقة. يمكن ان يساعد هذا التنبؤ في اتخاذ التدابير الوقايية لتقليل هذه الاثار.

3.4- تطبيقات تكامل IoT و Cloud Computing لتحقيق الاستدامة البيئية:

أ- إدارة ذكية للنفايات والموارد الطبيعية: يمكن للموانئ الاستفادة من تكامل تقنيات IoTمع الحوسبة السحابية لتحسين عملية إدارة النفايات وتقليل الفاقد. على سبيل المثال، من خلال تتبع استخدام الموارد الطبيعية مثل المياه والمواد الخام، يمكن ان تقوم الانظمة السحابية بتوجيه الموظفين لإتخاذ اجراءات فور حدوث اي نقص او فاقد في الموارد.

ب- تعزيز النقل المستدام: يمكن لتقنيات IoT و الحوسبة السحابية تحسين كفاءة إدارة النقل البحري والبري داخل الموانئ. من خلال تتبع حركة السفن والشاحنات في الوقت الفعلي، يمكن تقليل المسافات غير الضرورية، مما يؤدي الى تقليل استهلاك الوقود والانبعاثات الكربونية.

ج- تحسين الجوانب البيئية في التخزين اللوجستي: في عمليات الشحن والتخزين، يمكن لتقنيات IoT تحديد ظروف التخزين المثلى (مثل درجات الحرارة والرطوبة) لتقليل فقدان البضائع او المواد القابلة للتحلل، مما يساهم في تقليل الهدر البيئي.

5- الفوائد البيئية والاقتصادية:

1.5- تقليل الانبعاثات الكربونية وتحقيق الاستدامة: من خلال استخدام IoT والحوسبة السحابية لتحسين إدارة الطاقة والنقل، يمكن للموانئ تقليل الانبعاثات

الكربونية بشكل كبير. هذا يُساهم في تحسين الاداء البيئي للموانئ مما يساعدها على التوافق مع المعايير البيئية العالمية.

2.5-خفض التكاليف التشغيلية: من خلال تحسين استخدام الموارد وتقليل الهدر، يُمكن للموانئ تحقيق وفورات كبيرة في التكاليف التشغيلية، مما يجعل الاستثمارات في هذه التقنيات اكثر جدوى اقتصادية.

3.5-دعم الابتكار المستدام: تمهد هذه التقنيات الطريق لتطوير حلول مبتكرة في قطاع النقل البحري واللوجستيات المستدامة، مما يسهم في تحسين صورة الميناء ككيان يلتزم بالاستدامة ويستثمر في المستقبل.

6- الاتجاهات الحديثة في تطوير الموانئ الذكية :

يُعد تطوير الموانئ الذكية من ابرز الاتجاهات الحديثة التي تسعى العديد من الموانئ العالمية لتحقيقها من اجل تحسين الكفاءة التشغيلية، وتعزيز الاستدامة البيئية، ورفع مستوى الامان. يشمل هذا التطور عدة تقنيات مبتكرة، منها التوئمة الرقمية و الصيانة التنبؤية، التي تلعب دورًا محوريًا في تحسين العمليات وجعل الموانئ اكثر فاعلية وذكاءً.

United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific. (2024).

1.6- التوئمة الرقمية في الموانئ الذكية: التوئمة الرقمية هي نماذج افتراضية تُحاكي الانظمة الفيزيائية في الموانئ وتعمل في الوقت الحقيقي بإستخدام البيانات الحية. يتيح ذلك للموانئ تتبع وتعديل جميع جوانب التشغيل، مثل حركة السفن، الشحن والتفريغ، استخدام الموارد، وحالة المعدات، من خلال تكنولوجيا متقدمة تجمع بين انترنت الاشياء(IoT)، الحوسبة السحابية، والذكاء الاصطناعي.

أ- محاكاة وتحليل العمليات: بإستخدام التوئمة الرقمية، يمكن إنشاء نسخ إفتراضية للميناء بالكامل بما في ذلك الأرصفة، السفن، المعدات، واسطول النقل. يمكن للمسؤولين عن الميناء استخدام هذه التوئمة لمراقبة جميع العمليات في الوقت الفعلي وتحليلها لتحديد المشكلات المحتملة او الفرص لتحسين الكفاءة.

ب- تحسين إتخاذ القرارات: توفر التوئمة الرقمية رؤى دقيقة تساعد في اتخاذ قرارات افضل، مثل تحسين تخصيص الموارد او تحديد الاوقات المثلى للتحميل والتفريغ. كما يمكن استخدامها لتحسين استراتيجيات التحكم في حركة السفن وتقليل اوقات الانتظار.

ج- محاكاة السيناريوهات المستقبلية: من خلال التوئمة الرقمية، يمكن اختبار مختلف السيناريوهات المستقبلية مثل زيادة حجم حركة السفن او تاخير العمليات، وتقييم تاثير

هذه التغييرات على النظام باكمله. هذه المحاكاة تتيح للموانئ الاستعداد المسبق لاي تحديات قد تطرا.

2.6- الصيانة التنبؤية في الموانئ الذكية: الصيانة التنبؤية هي تقنية تستخدم بيانات الاستشعار الحية وتحليل البيانات الكبيرة للتنبؤ بالاعطال المحتملة في المعدات، مما يساعد في تقليل الاعطال غير المخطط لها وتحسين اوقات التشغيل.

أ- رصد المعدات بشكل مستمر: تُمكّن تقنيات الصيانة التنبؤية الموانئ من مراقبة حالة المعدات بشكل مستمر بإستخدام اجهزة الاستشعار الذكية. يمكن لهذه الاجهزة مراقبة مؤشرات الأداء مثل درجات الحرارة، الاهتزازات، ومدة التشغيل للمعدات مثل الرافعات أو محطات الطاقة، لتحديد الاضرار أوالاعطال في وقت مبكر.

ب- تحليل البيانات والتنبؤ بالاعطال: بإستخدام الذكاء الاصطناعي والتحليل التنبؤي، يمكن تحليل البيانات المجمعة من معدات الميناء لتحديد الأنماط التي قد تشير إلى أن احد الاجهزة على وشك التعطل. هذا التنبؤ يسمح للميناء باتخاذ تدابير مسبقة مثل الصيانة أو الاستبدال، مما يقلل من التوقفات غير المتوقعة ويعزز من الكفاءة التشغيلية.

ج- تقليل التكاليف وتحسين الأداء: من خلال تنفيذ الصيانة التنبؤية، يمكن للموانئ تقليل التكاليف المرتبطة بالصيانة التصحيحية، حيث يتم تحديد الاعطال المحتملة ومعالجتها قبل ان تؤدي الى توقفات مكلفة او تأثير سلبي على العمليات. علاوة على ذلك، يعزز هذا النظام من الأداء العام للميناء ويضمن استمرارية العمليات.

3.6- التكامل بين التوايم الرقمية والصيانة التنبؤية: إن تكامل التوئمة الرقمية مع تقنيات الصيانة التنبؤية يقدم فائدة إضافية في تحسين أداء الموانئ الذكية. فمن خلال هذه التقنيات المتكاملة يمكن:

أ- مراقبة دقيقة للأصول: التوئمة الرقمية تتيح للموانئ مراقبة اداء المعدات في الوقت الفعلي، بينما توفر الصيانة التنبؤية القدرة على التنبؤ بالمشاكل قبل حدوثها. هذا التكامل يسمح بإتخاذ قرارات اكثر دقة في تحديد متى واين يحتاج الميناء الى إجراء الصيانة.

ب- تحسين الكفاءة والفعالية: من خلال التنبؤ بمشكلات المعدات في وقت مبكر ومحاكاتها في التوئمة الرقمية، يمكن للموانئ إتخاذ إجراءات في الوقت المناسب للتأكد من أن العمليات تتم بسلاسة وفعالية دون انقطاع.

ج- التحكم الأمثل في الموارد: يساعد دمج التوئمة الرقمية والصيانة التنبؤية في تخصيص الموارد بشكل اكثر فعالية، مما يساهم في تحسين الجدولة وتقليل التأخير والتكلفة.

4.6- الفوائد البيئية والاقتصادية:

أ-تحسين الكفاءة التشغيلية: بإستخدام هذه التقنيات المتقدمة، يمكن للموانئ تقليل اوقات التوقف غير المخطط لها وتحسين اداء المعدات، مما يؤدي الى تعزيز الكفاءة التشغيلية وتحقيق وفورات اقتصادية.

ب- الاستدامة البيئية: من خلال تقليل الاعطال وتحسين العمليات، تساهم هذه التقنيات في تقليل الانبعاثات الناجمة عن الاستخدام غير الفعال للطاقة او النقل. كما يمكن تحسين استهلاك الموارد وتقليل الهدر البيئي.

ج- التكامل مع الانظمة الذكية الاخرى: التكامل بين التوئمة الرقمية والصيانة التنبؤية مع انظمة الذكاء الاصطناعي وانترنت الاشياء يعزز من قدرة الميناء على التكيف مع التغيرات البيئية والمتطلبات التشغيلية.

7- التحول الرقمي ودوره في تحسين الكفاءة التشغيلية:

يعد التحول الرقمي احد المحركات الرئيسية لتطوير وتحسين الكفاءة التشغيلية في مختلف الصناعات، بما في ذلك قطاع الموانئ. يشمل التحول الرقمي استخدام التقنيات الحديثة مثل الذكاء الاصطناعي (AI)، تحليل البيانات الكبيرة، انترنت الاشياء (IoT)، والحوسبة السحابية لإحداث تغييرات جوهرية في كيفية تشغيل الموانئ، مما يعزز من الكفاءة، ويقلل التكاليف، ويزيد من سرعة العمليات. Alkhubouli, A. A. (2024).

1.7- التحول الرقمي في تحسين عمليات الموانئ :

أ- إدارة الحركة والموانئ الذكية: من خلال التحول الرقمي، يمكن للموانئ تحسين تنظيم حركة السفن والشاحنات داخل الميناء. بإستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي وانترنت الاشياء، يمكن تتبع السفن والشاحنات في الوقت الفعلي، مما يؤدي الى تحسين استخدام الارصفة وتقليل اوقات الانتظار.

ب-اتمتة العمليات: تعد الاتمتة جزءًا رئيسيًا في التحول الرقمي في الموانئ، حيث يتم استخدام الروبوتات والانظمة الذكية لاتمتة العمليات اليومية مثل الشحن والتفريغ. يساهم هذا في تقليل الحاجة الى التدخل البشري، مما يسرع العمليات ويزيد من دقتها.

ج-التحليل التنبؤي لتحسين الجدولة: باستخدام التحليل التنبؤي المدعوم بالبيانات الكبيرة، يمكن للموانئ التنبؤ بحركة السفن وتحديد اوقات الذروة والتقليل من اوقات التوقف غير المخطط لها، هذا يؤدي الى تحسين الجداول الزمنية للعمل وتقليل التكاليف.

2.7- تحسين كفاءة الموارد وتقليل التكاليف

أ- إدارة ذكية للطاقة والموارد: من خلال استخدام تقنيات التحول الرقمي، يمكن للموانئ مراقبة استهلاك الطاقة والمياه والموارد الاخرى في الوقت الفعلي. يُمكن باستخدام انظمة استشعار متطورة وتحليل البيانات، تحديد فرص لتقليل الفاقد وتحقيق استخدام اكثر كفاءة لهذه الموارد.

ب- الصيانة التنبؤية وتجنب الاعطال: باستخدام تقنيات الصيانة التنبؤية المدعومة بالذكاء الاصطناعي، يمكن للموانئ تحديد المشاكل في المعدات قبل حدوثها، مما يقلل من التوقفات غير المخطط لها ويحسن الكفاءة التشغيلية. تساهم هذه التقنيات في توفير الوقت والموارد، وتساعد على الحفاظ على المعدات في حالة مثالية.

ج- خفض التكاليف التشغيلية: من خلال اتمتة العمليات وتحسين إدارة الموارد، يمكن للموانئ تقليل التكاليف التشغيلية بشكل كبير. كما ان تقليل اوقات الانتظار وتجنب الاعطال غير المخطط لها يسهم في تقليل النفقات المتعلقة بالاصلاحات، مما يعود بالفائدة الاقتصادية على الموانئ.

3.7-تحسين تجربة العملاء وتسهيل التعاملات التجارية

أ- التفاعل الرقمي مع العملاء: يمكن للتحول الرقمي تحسين تجربة العملاء من خلال توفير منصات الكترونية تتيح للعملاء تتبع شحناتهم، وطلب الخدمات، والتفاعل مع انظمة الميناء بشكل اسرع واكثر دقة. كما يمكن استخدام هذه المنصات لتوفير معلومات في الوقت الفعلي حول حالة السفن والشحنات.

ب- التحويل الرقمي للوثائق: من خلال التحول الرقمي، يمكن تقليل الاستخدام الورقي والاعتماد على النظام الالكتروني لادارة المستندات والتراخيص، مما يحسن من سرعة تنفيذ المعاملات ويساهم في تبسيط الاجراءات.

ج- التحسين المستمر للعمليات: بإستخدام تقنيات التحليل البياني وذكاء الاعمال، يمكن للموانئ الحصول على رؤى دقيقة حول العمليات المختلفة، مما يتيح لهم تحسين هذه العمليات بشكل مستمر.

8- تجارب دولية في تطبيق الذكاء الاصطناعي في الموانئ

تعد تجارب تطبيق الذكاء الاصطناعي في الموانئ بمثابة محكاة عالمية على مستوى الكفاءة التشغيلية والاستدامة البيئية. هذه التجارب تساهم في تحسين جودة الخدمات، تسريع العمليات، وتقليل التكاليف التشغيلية من خلال استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي المتقدمة مثل التحليل البياني الكبير، التعلم الالي، التوئمة الرقمية، والاتمتة الذكية. في

هذا السياق، سنستعرض احد التجارب البارزة على المستوى الاقليمي، وهي تجربة العراق في تطبيق الذكاء الاصطناعي في ميناء الفاو الكبير.(Ali, A. K. (2024 .

1.8-تجربة العراق: ميناء الفاو الكبير:

يعد ميناء الفاو الكبير من اهم المشروعات المستقبلية التي تهدف الى تعزيز قدرة العراق التصديرية وتحسين البنية التحتية البحرية في المنطقة. يتم تطبيق الذكاء الاصطناعي في ميناء الفاو بشكل متقدم لتحسين كفاءة العمليات اللوجستية، وزيادة الانتاجية، وتقليل التكاليف، بما يعزز قدرة الميناء على المنافسة في الاسواق العالمية.

1.1.8-تطبيقات الذكاء الاصطناعي في ميناء الفاو الكبير

أ- إدارة حركة السفن: يتم استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحليل البيانات المتعلقة بحركة السفن في الميناء، مما يساعد في تنظيم عملية وصول السفن وترتيبها حسب الأولوية. يتيح ذلك تقليل فترات الانتظار، وتحسين تخصيص الأرصفة، وكذلك تقليل التأخيرات في عمليات الشحن والتفريغ.

ب- التحليل التنبؤي: بفضل التعلم الآلي، يتم استخدام الانظمة التنبؤية في ميناء الفاو لتحديد اوقات الذروة بناءً على تحليل البيانات التاريخية لحركة السفن. تساهم هذه التقنيات في تحسين إدارة الجدولة وتقليل اوقات التوقف غير المخطط لها، مما يعزز الانتاجية ويخفض التكاليف التشغيلية.

ج- اتمتة العمليات: تم استخدام تقنيات الاتمتة المدعومة بالذكاء الاصطناعي في عملية الشحن والتفريغ، مما يقلل من الحاجة للتدخل البشري ويزيد من سرعة ودقة العمليات. يساهم هذا في تحسين الكفاءة وتقليل الاخطاء البشرية التي قد تؤدي الى تعطل العمليات أو تأخرها.

د- تحسين إدارة الموارد: من خلال تحليل البيانات الضخمة، يتم تحسين تخصيص الموارد مثل الرافعات والشاحنات داخل الميناء. يساهم هذا في تقليل الفاقد وتحقيق الاستخدام الأمثل للأدوات المتاحة، مما يزيد من كفاءة العمل ويقلل من التكاليف المرتبطة بتشغيل الميناء.

2.1.8-تحسين الكفاءة التشغيلية وتحقيق الاستدامة

أ- تقليل الانبعاثات الكربونية: يتم تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحليل استهلاك الطاقة في الميناء، مما يسهم في تحسين استراتيجيات الإدارة البيئية وتقليل انبعاثات الكربون الناتجة عن العمليات المختلفة. من خلال استخدام الادوات الذكية، يمكن للميناء تحسين كفاءة استخدام الطاقة، وبالتالي تقليل الاثار البيئية.

ب- إدارة الطاقة الذكية: يساعد الذكاء الاصطناعي في إدارة استخدام الطاقة داخل الميناء من خلال تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحليل البيانات واكتشاف الانماط في استهلاك الطاقة، يساهم هذا في تقليل الفاقد وتحقيق اداء بيئي مستدام.

3.1.8-النتائج والفوائد

أ- زيادة الانتاجية: اظهرت التجربة ان تطبيق الذكاء الاصطناعي في ميناء الفاو ادى الى تحسينات ملحوظة في الانتاجية. تم تحسين سرعة التعامل مع السفن، وزيادة عدد الحمولات التي يمكن التعامل معها يوميًا.

ب- خفض التكاليف: تساهم تقنيات الذكاء الاصطناعي في تقليل التكاليف التشغيلية من خلال تقليل الحاجة للتدخل البشري في العمليات، وتحسين تخصيص الموارد، وتقليل فترات الانتظار والتاخير.

ج- تحقيق التنافسية: بفضل تحسين الاداء والكفاءة، اصبح ميناء الفاو قادرًا على التنافس بشكل اكبر مع الموانئ العالمية، مما يعزز دوره كمحور رئيسي في التجارة الاقليمية والدولية.

شكل 1 ميناء الفاو الكبير هو ميناء عراقي في شبه جزيرة الفاو جنوب محافظة البصرة

2.8- تجربة اندونيسيا:

في اطار الاتجاهات العالمية لتطوير الموانئ باستخدام الذكاء الاصطناعي، قامت اندونيسيا بتطبيق عدد من التقنيات المتقدمة في الموانئ الذكية بهدف تحسين الكفاءة التشغيلية، تعزيز الاستدامة البيئية، وزيادة قدرة الموانئ على التكيف مع التحديات الحديثة. يُعد هذا التطبيق جزءًا من استراتيجية طويلة الامد لإعادة هيكلة وتحسين البنية التحتية البحرية في اندونيسيا، بهدف جعل الموانئ الاندونيسية من اكثر الموانئ تقدمًا في العالم.

Safuan, S., & Syafira, A. (2024).

تسعى اندونيسيا لتطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في مختلف موانيها، لا سيما في ميناء تانجونغ بريوك، احد الموانئ الكبرى في البلاد، حيث تم استخدام الموانئ الذكية لتحسين الاداء التشغيلي، تقليل التكاليف، وزيادة سرعة حركة البضائع. اظهرت التجربة ان تطبيق الذكاء الاصطناعي في الموانئ الذكية في اندونيسيا كان له تأثير كبير على تحسين الكفاءة وتقليل الوقت اللازم لإنجاز العمليات المختلفة.

1.2.8-استخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة حركة السفن

في اطار تطبيق الذكاء الاصطناعي، يتم في موانئ اندونيسيا استخدام الانظمة الذكية لإدارة حركة السفن. هذه الانظمة تعتمد على تحليل البيانات الكبيرة و النماذج التنبؤية لضبط حركة السفن في الوقت الفعلي. بدلا من الاعتماد على الجداول الزمنية التقليدية، توفر هذه الانظمة تقديرات دقيقة للوقت الذي ستصل فيه السفن وتوقيت الرسو، مما يساهم في تقليل فترات الانتظار وزيادة فعالية استغلال الارصفة.

2.2.8- التحليل التنبؤي وتحسين الجداول الزمنية

يساهم التحليل التنبؤي في تحسين الجداول الزمنية للموانئ، حيث يتم الاعتماد على تقنيات التعلم الألي لتحليل البيانات المتعلقة بحركة السفن وحجم الشحنات. هذا التحليل التنبؤي يوفر رؤى دقيقة حول توقيت الذروة، ويساعد في تخصيص الموارد بشكل اكثر كفاءة، مما يقلل من أوقات الانتظار ويزيد من سرعة المعاملات.

3.2.8- الاتمتة الذكية في الشحن والتفريغ

ادى استخدام الاتمتة الذكية الى تسريع العمليات في موانئ اندونيسيا، خاصة في عملية الشحن والتفريغ. من خلال الروبوتات وانظمة التحكم الالي، اصبحت الموانئ قادرة

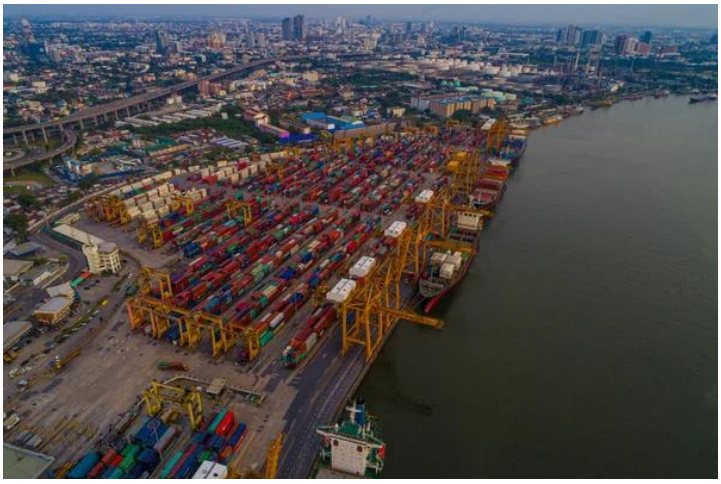
على التعامل مع الحمولات الكبيرة بسرعة ودقة، مع تقليل الحاجة الى التدخل البشري. تساعد هذه الانظمة في تقليل الاخطاء البشرية وتحسين سرعة العمليات، مما يؤدي الى زيادة الانتاجية وتقليل التكاليف التشغيلية.

4.2.8- تحسين استدامة الموانئ باستخدام الذكاء الاصطناعي

تساهم تقنيات الذكاء الاصطناعي ايضًا في تحسين الاستدامة البيئية في موانئ اندونيسيا. عبر إدارة الطاقة الذكية وتحليل البيانات المتعلقة بإستخدام الطاقة في الميناء، يمكن تحديد الفرص لتقليل استهلاك الطاقة وتحقيق استدامة بيئية اكبر. علاوة على ذلك، تم استخدام انظمة الذكاء الاصطناعي للمساعدة في مراقبة انبعاثات الكربون الناتجة عن العمليات المختلفة في الميناء، مما يساهم في تحقيق اهداف التنمية المستدامة في القطاع البحري.

5.2.8- تعزيز الشفافية وتحسين تجربة العملاء

من خلال تطبيق التقنيات الرقمية، توفر الموانئ الذكية في اندونيسيا خدمات افضل للعملاء، حيث تم تطوير منصات رقمية تتيح للعملاء تتبع شحناتهم في الوقت الفعلي والحصول على تحديثات دقيقة بشأن حالة السفن. كما تسهم هذه الانظمة في تسهيل التعاملات التجارية وتقليل البيروقراطية، مما يعزز الشفافية ويسهل العمليات التجارية الدولية.



شكل2 ميناء تانجونغ بريوك

6.2.8- النتائج والفوائد

أ- زيادة الانتاجية: اظهرت تجربة الموانئ الذكية في اندونيسيا تحسنًا كبيرًا في الانتاجية، حيث تم تسريع العمليات وتقليل اوقات الانتظار.

ب- خفض التكاليف التشغيلية: ساعد تطبيق الاتمتة والتحليل التنبؤي في تقليل التكاليف، حيث تم تحسين تخصيص الموارد وتقليل الاخطاء البشرية.

ج- تحقيق استدامة بيئية: ساهم الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة استخدام الطاقة وتقليل الانبعاثات الكربونية، مما يعزز من الجهود البيئية في اندونيسيا.

9- التحديات التي تواجه تطبيق الذكاء الاصطناعي في الموانئ

على الرغم من الفوائد المتعددة التي يمكن ان يقدمها الذكاء الاصطناعي في تطوير موانئ العالم وتحسين كفاءتها التشغيلية، إلا أن هناك العديد من التحديات التقنية واللوجستية التي قد تعرقل تطبيق هذه التقنيات في بعض المناطق. من بين هذه التحديات، يعد ضعف البنية التحتية الرقمية و نقص الكفاءات التكنولوجية من ابرز العوامل التي تؤثر سلبًا على تطبيق الذكاء الاصطناعي في الموانئ. Gazar, O. A. E. K. E., Auda, H., & Youssif, A. A. (2024).

1.9-ضعف البنية التحتية الرقمية ونقص الكفاءات التكنولوجية

تعد البنية التحتية الرقمية احد العناصر الاساسية لنجاح تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في الموانئ. بدون بنية تحتية قوية تدعم الشبكات عالية السرعة، وانظمة الحوسبة السحابية المتطورة، والاتصال المتكامل بين مختلف الاجهزة، يصبح من الصعب تحقيق الفائدة المرجوة من الذكاء الاصطناعي في إدارة العمليات. البيانات الضخمة التي يتم جمعها في الموانئ بحاجة الى تخزين وتحليل في بيئات رقمية متقدمة، وهو ما يتطلب بنية تحتية مؤهلة لهذا الغرض.

حيث أن الأنظمة القديمة في بعض الموانئ قد تكون غير قادرة على التفاعل مع التقنيات الحديثة مثل التعلم الالي والتحليل التنبؤي بسبب القيود في قدرة المعالجة أو عدم التوافق مع الانظمة الحديثة. كذلك إنقطاع الانترنت أو السرعات البطيئة في الشبكات قد يؤثر على قدرة الموانئ في إدارة البيانات بشكل فعال، مما يؤدي الى ضعف التواصل بين الانظمة المختلفة داخل الميناء وبين الموانئ الاخرى على مستوى العالم.

2.9- نقص الكفاءات التكنولوجية

تطبيق الذكاء الاصطناعي في الموانئ يتطلب توافر خبرات تكنولوجية متقدمة يمكنها التعامل مع تقنيات معقدة مثل التحليل البياني الكبير، التعلم العميق، والروبوتات الذكية.

في العديد من الموانئ، يعاني القطاع البحري من نقص في الكفاءات البشرية المؤهلة لإدارة هذه الانظمة والتفاعل معها بشكل فعال.

أ- ندرة المهندسين المتخصصين في الذكاء الاصطناعي في قطاع الموانئ يمكن ان تحد من قدرة هذه الموانئ على تبني التقنيات الحديثة بشكل فعال.

ب- الإفتقار إلى التدريب الكافي للعاملين في الموانئ حول كيفية استخدام التقنيات الذكية قد يؤدي الى ضعف الاستفادة من الأنظمة الجديدة. كما أن المعارف المتخصصة في الذكاء الاصطناعي قد تكون غير متاحة او غير محدثة بما يتماشى مع التطورات السريعة في هذا المجال.

ج- مقاومة التغيير من قبل الموظفين العاملين في الموانئ، والذين قد يكونون معتادين على الأنظمة التقليدية، قد تشكل تحدياً اضافيًا في عملية دمج التقنيات الرقمية المتقدمة في بيئة العمل.

3.9- التأثيرات الاقتصادية والمخاوف المالية

من العوامل التي قد تعوق تطبيق الذكاء الاصطناعي في الموانئ ايضًاً، هو التكلفة المرتفعة لتحديث البنية التحتية الرقمية او لتدريب الموظفين على التقنيات الحديثة. قد تواجَه بعض الموانئ صعوبة في تخصيص الميزانيات الكافية لشراء وتحديث الاجهزة والبرمجيات اللازمة لتنفيذ الذكاء الاصطناعي. كما ان التكلفة الاولية لتطبيق الانظمة الذكية قد تكون مرتفعة للغاية مقارنة بالتحسينات المحتملة في الكفاءة.

4.9- القضايا الامنية وحماية البيانات

يؤدي توظيف الذكاء الاصطناعي الى تبادل كميات ضخمة من البيانات عبر الشبكات الالكترونية، مما يزيد من التهديدات الامنية المتعلقة بحماية المعلومات الحساسة. ان فقدان البيانات الخاصة او التعرض لهجمات الكترونية قد يؤدي الى عواقب وخيمة على العمليات داخل الموانئ، مما يثير قلقًا بشان إعتماد تقنيات الذكاء الاصطناعي دون ضمانات امنية قوية.

5.9- التحديات القانونية والتنظيمية

يعد تطبيق الذكاء الاصطناعي في الموانئ ايضًا من التحديات القانونية والتنظيمية، حيث تفتقر بعض الدول إلى تشريعات واضحة بشأن كيفية استخدام هذه التقنيات. من الممكن ان تكون هناك مخاوف من الاعتماد على الذكاء الاصطناعي في اتخاذ القرارات التشغيلية الهامة دون تدخل بشري، وهو ما قد يثير تساؤلات حول الشفافية والمسؤولية القانونية في حال حدوث اخطاء او مشاكل.

6.9-التكاليف المرتفعة لتطوير الانظمة الرقمية وصيانتها

من ابرز التحديات التي تواجه تطبيق الذكاء الاصطناعي في الموانئ هي التكاليف المرتفعة المتعلقة بتطوير الانظمة الرقمية وصيانتها.

هذه التكاليف تشكل عقبة رئيسية امام العديد من الموانئ، خاصة في الدول النامية او الموانئ ذات البنية التحتية المحدودة. بالاضافة الى التكاليف المالية المباشرة لتطوير وتنفيذ الانظمة الرقمية، هناك ايضًا التكاليف المستمرة المرتبطة بصيانة هذه الانظمة، مما يجعل بعض الموانئ مترددة في تبني هذه التقنيات المتقدمة .Alkhubouli, A. A. (2024).

أ-تكاليف تطوير الانظمة الرقمية تتطلب الانظمة الرقمية المتقدمة التي تدعم الذكاء الاصطناعي استثمارًا كبيرًا في البنية التحتية. يشمل ذلك شراء الاجهزة الحديثة مثل الخوادم والشبكات المتقدمة، بالاضافة الى البرمجيات المتخصصة التي تدعم تقنيات مثل التحليل البياني الكبير و التعلم الالي. هذه التقنيات تحتاج الى ميزانية كبيرة لتطوير الانظمة المناسبة التي تتكامل مع العمليات اليومية في الميناء.

إن الاستثمار في تكنولوجيا المعلومات قد يشمل تحديث الانظمة القديمة الى انظمة قادرة على دعم الذكاء الاصطناعي بشكل فعال، إلا أن شراء البرمجيات المتقدمة والتطبيقات التي تعتمد على الذكاء الاصطناعي من الشركات المتخصصة قد يرفع من التكاليف بشكل ملحوظ.

ب- تكاليف الصيانة المستمرة تعتبر صيانة الانظمة الرقمية من الجوانب الاخرى التي تمثل عبئا ماليًا كبيرًا. بمجرد تطوير الانظمة وتنفيذها، تصبح الصيانة الدورية ضرورية لضمان استمرار الاداء العالي وتحديث الانظمة لمواكبة التطورات التكنولوجية السريعة.

حيث أن الصيانة البرمجية، مثل تحديثات البرمجيات، تصحيح الاخطاء، والتحقق من الامان، تتطلب موارد بشرية متخصصة، مما يضيف عبئا ماليًا اضافيًا.

كذلكصيانة الاجهزة المتقدمة، مثل الخوادم والشبكات، تستدعي استثمارات ضخمة في المعدات و فرق فنية مؤهلة، وهو ما يزيد من التكاليف التشغيلية للموانئ.

ج-التكاليف المرتبطة بالتدريب وتطوير المهارات يعتبر تدريب الموظفين العاملين في الموانئ على استخدام الانظمة الرقمية المتقدمة جزءًا من التكاليف المرتبطة بالتطوير الرقمي. يتطلب تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي وجود كفاءات بشرية مؤهلة لإدارة وتشغيل الانظمة بشكل فعال. هذا يفرض على الموانئ استثمارًا مستمرًا في برامج

تدريب وتعليم الموظفين على التعامل مع التقنيات الجديدة، وهو ما يتطلب ميزانيات اضافية.

د-التأثيرات الاقتصادية على الميزانيات الحكومية والخاصة قد تواجه الموانئ العامة والخاصة صعوبة في تخصيص ميزانية لتطوير الانظمة الرقمية بسبب الضغوط الاقتصادية او الحاجة الى تخصيص الموارد لمشاريع اخرى ذات اولوية. في بعض الحالات، قد تُعطى الاولوية للمشاريع التي تؤثر بشكل مباشر على التدفق التجاري او الربحية على حساب الاستثمار في تقنيات الذكاء الاصطناعي.

10- دور الذكاء الاصطناعي في ادارة اللوجستيات وسلاسل الامداد

يُعد الذكاء الاصطناعي (AI) من ابرز العوامل المحورية في تحسين إدارة اللوجستيات وسلاسل الامداد، حيث يمكنه احداث تحول كبير في الطريقة التي تتم بها إدارة العمليات وتحسين تدفق الشحنات وجدولة العمليات. في سياق الموانئ، يعتبر تحسين العمليات اللوجستية اساسيًا لتقليل التكاليف التشغيلية وزيادة الكفاءة، وتحقيق انسيابية تدفق البضائع بين الموانئ ومرافق التخزين والنقل . Ngo, C.-H., Lee, S.-J., Kim, C., & Dinh, M.-C. (2024).

1.10- تحسين تدفق الشحنات : تتمثل احدى ابرز تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة تدفق الشحنات عبر تحسين التنبؤ بالاحتياجات التشغيلية واللوجستية. وفقًا لدراسة Ngo et al. (2024)، يمكن للذكاء الاصطناعي تحليل البيانات الكبيرة المتعلقة بالشحنات القادمة، والموانئ المزدحمة، وظروف الطقس، وانماط الحركة في الوقت الفعلي لتوجيه الشحنات بشكل اكثر كفاءة.

أ- التنبؤ بالازمات: بإستخدام تقنيات التعلم الآلي و الذكاء الاصطناعي، يمكن للموانئ التنبؤ بالفترات التي تشهد زيادة في حجم الشحنات او احتمالية حدوث ازدحام في الأرصفة، مما يسمح بإعادة جدولة وتحسين توزيع الموارد.

ب- التوزيع الذكي للشحنات: من خلال تحليل البيانات المتعلقة بانماط حركة السفن، يمكن للأنظمة الذكية تخصيص الأرصفة وفقًا للاولويات بشكل يساهم في تسريع عمليات الشحن والتفريغ، وبالتالي زيادة الانتاجية وتقليل فترات الانتظار.

ج- تحليل الاتجاهات التاريخية: يسمح الذكاء الاصطناعي بتحليل البيانات التاريخية وتحديد الانماط التي تؤدي الى الازدحام، مما يساعد في اعداد خطط اكثر فاعلية لمواجهة الزيادة المفاجئة في تدفق الشحنات.

2.10-جدولة العمليات : احد المجالات الهامة في اللوجستيات هو جدولة العمليات في الموانئ بشكل يتناسب مع تدفق الشحنات ومرافق النقل المتاحة. يمكن للذكاء الاصطناعي تسريع هذه العملية من خلال:

أ- التخطيط الذكي للموارد: تقوم انظمة الذكاء الاصطناعي بمراقبة البيانات الزمنية الخاصة بحركة السفن والانشطة في الميناء لتحديد افضل الفترات لتوزيع الشحنات على الارصفة. تساعد هذه الانظمة في تقليل فترات الانتظار، مما يؤدي الى زيادة كفاءة استخدام الموارد البشرية والالات.

ب- ادارة الجدول الزمني الذكي: يمكن للذكاء الاصطناعي ان يحسن من التنظيم الزمني للانشطة اليومية مثل تحميل وتفريغ السفن، وزيارة الشحنات للموانئ، وتنسيقها بشكل يضمن اقل فترات تاخير وتحقيق اقصى استفادة من الوقت المتاح.

ج- الاستجابة في الوقت الفعلي: تعتمد بعض انظمة الذكاء الاصطناعي على التحليل الفوري للبيانات، ما يسمح لها بتعديل الجداول بشكل ديناميكي استجابة لتغييرات غير متوقعة مثل الطقس السيئ أو التأخيرات في وصول الشحنات، وبالتالي تقليل التأثيرات السلبية على العمليات.

3.10-تطبيقات تحليل البيانات في ادارة سلاسل الامداد البحرية

يعد تحليل البيانات احد الادوات الرئيسية التي يسهم بها الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة سلاسل الامداد البحرية. من خلال تحليل البيانات الكبيرة التي يتم جمعها من مختلف المصادر مثل السفن، والموانئ، ومرافق التخزين، يمكن تحسين اتخاذ القرارات وتنسيق العمليات بشكل فعال. وفقًا لدراسة(Gazar et al. (2023 ، يُظهر استخدام تقنيات تحليل البيانات فوائد ملموسة في تحسين تدفق البضائع وتقليل التأخيرات وزيادة الكفاءة في سلاسل الامداد البحرية Gazar, O. A. E. K. E., Auda, H., & . Youssif, A. A. (2023).

أ- تحليل البيانات في التنبؤ بالطلب وحجم الشحنات :من خلال تحليل البيانات الضخمة، يمكن للموانئ والشركات البحرية تحديد الانماط المستقبلية لحركة الشحنات وبالتالي التنبؤ بحجم الشحنات المطلوبة في فترات معينة. تساعد هذه التنبؤات في اعداد الجداول الزمنية بشكل دقيق وتخصيص الموارد المتاحة بكفاءة.

ب- التنبؤ بالفجوات بين العرض والطلب: يمكن للانظمة الذكية الاستفادة من البيانات التاريخية للتنبؤ بالاوقات التي قد تشهد زيادة كبيرة في الطلب على النقل البحري او نقص في الشحنات، مما يسمح بتخطيط مسبق لتخصيص السفن والموارد بشكل مثالي.

ج- إدارة المخزون: من خلال تحليل بيانات الامداد في الوقت الفعلي، يمكن للموانئ تحسين عمليات ادارة المخزون عن طريق ضمان ان البضائع تصل الى المكان الصحيح في الوقت المناسب، مما يقلل من مستويات المخزون الزائد ويحسن الاستجابة لمتطلبات السوق.

د- تحسين توزيع الموارد في الموانئ : يساعد تحليل البيانات ايضًا في تحسين توزيع الموارد داخل الموانئ عن طريق فهم تدفق الشحنات في الوقت الفعلي. يتم جمع البيانات من مختلف الانظمة في الميناء مثل اجهزة التتبع وحركة السفن والمركبات، مما يتيح للذكاء الاصطناعي تحسين تنظيم الانشطة وضمان اقصى استفادة من الموارد المتاحة.

ه-تحليل تدفق السفن: بإستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي، يمكن تحليل البيانات المتعلقة بحركة السفن في الموانئ لتحديد أوقات الذروة والاوقات التي تشهد ازدحامًا، وبالتالي يتم توجيه السفن والموارد البشرية بشكل فعال لتقليل فترات الانتظار وتحسين سرعة الشحن والتفريغ.

و-إدارة الارصفة بشكل ذكي: يمكن استخدام البيانات لتخصيص الارصفة المتاحة بطريقة اكثر كفاءة وفقًا لأوقات وصول السفن وحجم الشحنات، مما يقلل من وقت إيقاف السفن في الأرصفة ويزيد من قدرة الميناء على التعامل مع المزيد من السفن.

ز-تعزيز كفاءة اتخاذ القرارات وتحسين الرؤية الشاملة: من خلال تحليل البيانات المتكاملة من مختلف مراحل سلسلة الامداد البحرية، يوفر الذكاء الاصطناعي رؤية شاملة حول حالة العمليات في الوقت الفعلي. هذه الرؤية تمكن فرق العمل من اتخاذ قرارات سريعة وفعالة بخصوص التوزيع اللوجستي، إدارة الازمات، وتعديل الجداول بناءً على التغيرات الطارئة في العمليات.

ح-تحليل البيانات في الوقت الفعلي : يسمح بتقديم تقارير مفصلة حول تقدم الشحنات، مما يساعد في اتخاذ قرارات استباقية مثل اعادة جدولة الشحنات او تعديل مسارات السفن بناءً على البيانات المتاحة.

ت- تحسين التكامل بين الانظمة المختلفة: يتيح تحليل البيانات التكامل بين الانظمة المختلفة داخل سلسلة الامداد البحرية، مثل انظمة تتبع السفن، وانظمة إدارة الارصفة، و انظمة التخزين. من خلال دمج هذه البيانات، يمكن تحسين التفاعل بين الانظمة لضمان سير العمليات بشكل سلس وفعال.

11- تعزيز التنمية البشرية لمواكبة التحول الرقمي في الموانئ

مع التحول الرقمي السريع الذي يشهده قطاع الموانئ، يصبح من الضروري تعزيز التنمية البشرية لتواكب هذه التغيرات التكنولوجية المتسارعة. يتمثل هذا في تدريب

القوى العاملة على التعامل مع التكنولوجيا الحديثة واستخدام الأدوات الرقمية المتطورة التي تعتمد على الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات الكبيرة. وفقًا لدراسة Gazar et al. (2024)، يُعتبر التدريب المستمر والمكثف للقوى العاملة في الموانئ من العوامل الاساسية لضمان نجاح التحول الرقمي وتحقيق اقصى استفادة من الانظمة الرقمية الحديثة.

1.11-تدريب القوى العاملة على التعامل مع التكنولوجيا الحديث

أ- التدريب على استخدام الانظمة الرقمية المتقدمة: يتطلب التحول الرقمي في الموانئ إدخال انظمة تكنولوجية جديدة مثل انظمة ادارة الشحنات، والذكاء الاصطناعي، وتحليل البيانات الضخمة. من اجل ضمان توظيف فعال لهذه الانظمة، يجب على العاملين في الموانئ تلقي تدريبات خاصة لتمكينهم من فهم كيفية استخدام الادوات الرقمية بكفاءة.

ب-التدريب على البرمجيات المتقدمة: يشمل تدريب العاملين على استخدام البرمجيات المتطورة التي تدير عمليات الميناء، مثل انظمة تتبع الشحنات، وانظمة الجدولة الذكية، والادوات التحليلية التي تدعم اتخاذ القرارات في الوقت الفعلي.

ج-التدريب على تقنيات الذكاء الاصطناعي: يتعين تدريب القوى العاملة على كيفية استخدام التعلم الآلي والذكاء الاصطناعي لتحليل البيانات، والتنبؤ بتدفق الشحنات، وتحسين الجداول الزمنية، وبالتالي زيادة كفاءة العمليات في الموانئ.

2.11-تحسين المهارات الرقمية للقوى العاملة

نظرا لان التحول الرقمي يتطلب مهارات متقدمة في التكنولوجيا، يجب ان يتضمن التدريب تحسين المهارات الرقمية لدى العاملين في الموانئ، بحيث يتمكنون من التعامل مع الادوات التقنية بشكل سلس، مما يضمن رفع الكفاءة وتحقيق النتايج المرجوة.

أ-التدريب على تقنيات الحوسبة السحابية: تزداد اهمية الحوسبة السحابية في الموانئ، حيث تسهم في تسهيل الوصول الى البيانات في الوقت الفعلي. من خلال التدريب المتخصص، يمكن للعاملين ان يصبحوا اكثر قدرة على التعامل مع هذه التقنيات بشكل فعال.

ب-تعزيز مهارات التحليل البياني: يمكن للعاملين تعلم كيفية تحليل البيانات الضخمة التي يتم جمعها في الموانئ من خلال برامج تدريبية تستهدف مهارات التحليل البياني والتفسير الصحيح للبيانات لتحسين اتخاذ القرارات.

ج-تطوير ثقافة العمل الرقمية: من اجل مواكبة التحول الرقمي، يجب تعزيز ثقافة العمل الرقمية في الموانئ، بحيث يتمكن العاملون من تبني التكنولوجيا بشكل سلس ويشعرون بالراحة في التعامل مع التحديثات التقنية. يشمل ذلك:

•**التحفيز على الابتكار التكنولوجي:** من خلال تدريب العاملين على التفكير الابتكاري واستخدام التقنيات الحديثة لايجاد حلول جديدة للمشاكل اللوجستية.

•**دورات توعوية عن اهمية التحول الرقمي:** ضمان ان العاملين يفهمون فوائد التحول الرقمي على المدى الطويل، ليس فقط في تحسين الكفاءة، ولكن ايضًا في تحسين القدرة التنافسية للموانئ على المستوى العالمي.

د-تعزيز الشراكات مع المؤسسات التعليمية والتدريبية: تعتبر الشراكات مع المؤسسات التعليمية والمراكز التدريبية من العوامل الحيوية في ضمان استدامة التعليم والتدريب. من خلال التعاون مع الجامعات والمؤسسات التعليمية، يمكن توفير برامج تدريبية معتمدة تتماشى مع احدث التوجهات التقنية في صناعة النقل البحري.

12-دور التنمية البشرية في تعزيز الكفاءة التشغيلية في الموانئ

تعد التنمية البشرية احد العوامل الرئيسية التي تسهم في تعزيز الكفاءة التشغيلية في الموانئ، حيث يُعتبر العامل البشري اساسًا في تحقيق اقصى استفادة من التقنيات الحديثة وإدارة العمليات المعقدة في الموانئ. وفقًا لدراسة(2020) .Pavlić Skender et al ، يُظهر ان تحسين المهارات المهنية و التدريب المتخصص للقوى العاملة في الموانئ يعد من الأدوات الاساسية لزيادة الانتاجية وتحقيق الكفاءة التشغيلية المستدامة.

1.12-تعزيز مهارات القوى العاملة وتدريبها المستمر: من اجل تحقيق الكفاءة التشغيلية في الموانئ، يعتبر تدريب القوى العاملة على التقنيات الحديثة والانظمة الرقمية خطوة اساسية. العاملون الذين يمتلكون مهارات متقدمة في التعامل مع الادوات الرقمية والانظمة الذكية يمكنهم تحسين جودة الاداء في الميناء، مما يؤدي الى تقليل التكاليف وزيادة الانتاجية.

2.12-التدريب على نظم ادارة الموانئ: يمكن تحسين فعالية الموانئ من خلال برامج تدريبية متخصصة في استخدام انظمة إدارة الشحنات، و تحليل البيانات الضخمة، والذكاء الاصطناعي. هذه الانظمة تساهم في تحسين تخصيص الموارد، مثل تخصيص الارصفة، وتنظيم حركة السفن، مما يعزز الكفاءة التشغيلية.

3.12-التدريب على العمل الجماعي والتنسيق بين الفرق: تلعب التنسيقات بين الفرق داخل الموانئ دورًا حيويًا في تحسين الكفاءة. التدريب على العمل الجماعي، وإدارة الوقت، وتوزيع المهام بشكل فعال يمكن ان يقلل من الفترات المهدورة ويعزز الانتاجية.

4.12-تطوير ثقافة الاداء العالي :يعد تطوير ثقافة الاداء العالي في بيئة العمل من العناصر الاساسية التي تعزز الكفاءة التشغيلية في الموانئ ويشمل ذلك:

أ-التحفيز على الابتكار: تشجيع العاملين على البحث عن حلول مبتكرة للمشاكل اليومية التي تواجه الموانئ مثل الازدحام، و التأخيرات، و تحسين تخصيص الموارد.

ب-الإلتزام بالمعايير العالمية: ضمان ان القوى العاملة مدربة على اتباع افضل الممارسات و المعايير العالمية في الاداء، مما يضمن تحقيق الكفاءة في العمليات وتحقيق اعلى مستويات الجودة.

5.12-تاثير الكفاءات البشرية في تعزيز الانتاجية: تؤثر الكفاءات البشرية في الموانئ بشكل مباشر على الانتاجية. من خلال تدريب العاملين على المهارات التكنولوجية والفنية، يمكن تحسين جميع جوانب سلسلة الامداد البحرية، بدءًا من إدارة الشحنات وصولا إلى المراقبة البيئية. يمكن ان تؤدي زيادة الكفاءة البشرية إلى:

أ-تقليل فترات الانتظار: العاملون المدربون على كيفية ادارة حركة السفن بفعالية يمكن ان يقللوا من اوقات الانتظار، مما يؤدي الى تحسين استغلال الارصفة وتقليل تكاليف التشغيل.

ب-تحسين التنسيق بين الاطراف المختلفة: يتمثل التحدي الكبير في الموانئ في تنسيق العمليات بين الإدارات المختلفة. من خلال تدريب العاملين على العمل التعاوني، يمكن تقليل الوقت المهدور وضمان تحقيق الكفاءة الشاملة.

6.12-تبني اساليب القيادة الفعالة

اساليب القيادة الفعالة تعد من العوامل الرئيسية في تحسين الاداء في الموانئ. فالقيادة الحكيمة تساهم في:

أ- تحفيز الفرق على تحسين الاداء وتطوير مهاراتهم.

ب- تعزيز التواصل بين العاملين والادارة، مما يساعد في تسريع عملية اتخاذ القرارات وتقليل الفجوات في عمليات الميناء.

النتائج:

إن استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة الموانئ يساهم في مواكبة التوجهات العالمية في تطوير الموانئ الذكية وتحسين قدرتها على التفاعل مع التطورات المستقبلية في التكنولوجيا والنقل البحري، مما ينتج عنه:

1- زيادة الكفاءة التشغيلية للموانئ.

2-تحسين الاستدامة البيئية وتقليل الانبعاثات.

3-تحسين سلاسل الامداد البحرية.

4-تعزيز النمو الاقتصادي من خلال رفع الانتاجية وتقليل التكاليف.

5- أن التوسع في تبني تقنيات التحول الرقمي يضمن التطور المستدام للموانئ.

التوصيات

بناءً على النتائج والتحليل السابق، يمكن تقديم مجموعة من التوصيات التي تهدف الى تعزيز فعالية تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الموانئ وتحقيق التحسينات المستدامة في الكفاءة التشغيلية، والاستدامة البيئية، والتنمية البشرية. وتشمل هذه التوصيات:

1-تحسين البنية التحتية الرقمية في الموانئ

- الاستثمار في تحديث البنية التحتية الرقمية: من الضروري ان تقوم الموانئ بتحديث انظمتها الرقمية والبنية التحتية التكنولوجية لتوفير بيئة ملائمة لتطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي.
- توفير شبكات اتصالات قوية وانظمة بيانات موثوقة لضمان تسريع وتحسين نقل البيانات، مما يسهم في تحسين التحليل التنبؤي واتخاذ القرارات الذكية.

2-تدريب القوى العاملة على التقنيات الحديثة

- تطوير برامج تدريبية مستمرة للقوى العاملة في الموانئ لتمكينهم من التعامل مع الانظمة الذكية و تحليل البيانات.
- تخصيص برامج تدريبية متقدمة حول استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي، مثل تحليل البيانات الضخمة، النمذجة التنبؤية، وإدارة الطاقة الذكية، مما يساهم في زيادة انتاجية الموظفين وتعزيز الكفاءة التشغيلية.

3-تعزيز التعاون بين القطاعين العام والخاص

- تشجيع التعاون بين الموانئ وشركات التكنولوجيا المتخصصة في الذكاء الاصطناعي والانظمة الرقمية، لتطوير حلول مبتكرة وتخصيص الانظمة بما يتناسب مع احتياجات كل ميناء.
- إقامة شراكات دولية لتبادل الخبرات والمعرفة حول افضل التطبيقات والابتكارات في مجال الموانئ الذكية.

4-تعزيز الاستدامة البيئية من خلال التقنيات الذكية

- تطبيق حلول الطاقة المستدامة وانظمة الطاقة الذكية التي تعتمد على الذكاء الاصطناعي لتحسين استهلاك الطاقة في الموانئ وتقليل الانبعاثات الكربونية.
- اعتماد تقنيات انترنت الاشياء (IoT) لمراقبة ومتابعة مستويات التلوث واستهلاك الطاقة في الوقت الفعلي، مما يسهم في تعزيز استدامة الموانئ من خلال تقليل الاثر البيئي.

5-تحقيق تحول رقمي شامل في جميع العمليات المينائية

- تبني التحول الرقمي في جميع جوانب العمليات المينائية، بما في ذلك إدارة الشحنات، الجدولة، وإدارة الارصفة.
- الاستفادة من التوئمة الرقمية والانظمة الذكية لتعزيز الصيانة التنبؤية وتحقيق اقصى استفادة من الموارد المتاحة.

6-تحسين إدارة سلاسل الامداد البحرية

- تحسين عمليات تتبع الشحنات باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحليل تدفق الشحنات في الموانئ وتوجيهها بشكل اكثر فعالية لتقليل فترات الانتظار.
- إعداد انظمة لتحسين التنسيق بين الموانئ والمصانع والشركات اللوجستية في سلاسل الامداد البحرية، مما يساهم في تقليل التكاليف وتعزيز سرعة استجابة السوق.

7-التركيز على الابتكار المستمر في تكنولوجيا الموانئ

- تشجيع البحث والتطوير في مجال تكنولوجيا الموانئ الذكية، بما في ذلك الذكاء الاصطناعي، التعلم الالي، و الروبوتات الذكية لتحسين عمليات الشحن والتفريغ.
- الاستثمار في تقنيات المستقبل مثل التئمةم الرقمية والمركبات ذاتية القيادة لتعزيز الكفاءة وزيادة قدرة الموانئ على التعامل مع حجم الشحنات المتزايد.

8-توفير التمويل اللازم لتطوير الانظمة الرقمية

تخصيص ميزانيات مناسبة لتطوير الانظمة الرقمية، مع التركيز على صيانة الانظمة وضمان استمراريتها. يجب ان يشمل ذلك تحسين التقنيات المتاحة للميناء وكذلك الاستثمار في انظمة الامان السيبراني لحماية البيانات.

9-مواكبة التوجهات العالمية في تطوير الموانئ الذكية

مواكبة الاتجاهات العالمية في الذكاء الاصطناعي والتكنولوجيا البحرية لضمان تكامل الموانئ مع سلاسل الامداد العالمية، بما يسهم في رفع القدرة التنافسية.

10-تحقيق اطر تنظيمية لدعم التحول الرقمي

- وضع اطر تنظيمية تدعم استخدام الذكاء الاصطناعي والتقنيات الحديثة في الموانئ، مع تحديد معايير واضحة لسلامة البيانات وحمايتها من الهجمات الالكترونية.
- تطوير سياسات تدعم الابتكار وتحفيز الاستثمار في البحث والتطوير لتحقيق اهداف التحول الرقمي المستدام.

المراجع:

[1]Abu Ghazaleh, M. (2023). Smartening up ports digitalization with artificial intelligence (AI): A study of artificial intelligence business drivers of smart port digitalization. Management and Economics Review, 8(1), 78-97. https://doi.org/10.24818/mer/2023.02-06

[2]Gazar, O. A. E. K. E., Auda, H., & Youssif, A. A. A. (2024). The role of applying artificial intelligence in improving supply chain management and sustainability: Evidence from Egypt ports. International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences, 9(5), 1145-1162. https://doi.org/10.33889/IJMEMS.2024.9.5.060

[3]Gazar, O. A. E. K. E., Auda, H., & Youssif, A. A. (2023). A review of artificial intelligence and its role in the ports and maritime supply chain. International Journal of Accounting and Management Sciences, 2(3). https://doi.org/10.56830/IJAMS07202302

[4]Safuan, S., & Syafira, A. (2024). Artificial intelligence in Indonesian ports: Opportunities and challenges. International Journal of Accounting and Management Sciences, 13(2), 1145-1162. https://doi.org/10.7225/toms.v13.n02.w07

[5]United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific. (2024). Study on smart port reforms and port digitalization in Asia and the Pacific.

[6]Alkhubouli, A. A. (2024). Challenges and opportunities for artificial intelligence in seaports. North African Journal of Scientific Publishing (NAJSP), 2(4), 183-193. https://najsp.com/index.php/home/index

[7]Ali, A. K. (2024). The role of artificial intelligence systems in enhancing the competitiveness of Iraqi ports: A case study of the Grand Port of Al-Faw. Al-Bayan Center for Planning and Studies. https://bayancenter.org

[8]Lee, H., Chatterjee, I., & Cho, G. (2023). A systematic review of computer vision and AI in parking space allocation in a seaport.

Applied Sciences, 13(18), 10254. https://doi.org/10.3390/app131810254

[9]Ngo, C.-H., Lee, S.-J., Kim, C., & Dinh, M.-C. (2024). Design of an AI model for a fully automatic grab-type ship unloader system. Journal of Marine Science and Engineering, 12(2), 326. https://doi.org/10.3390/jmse12020326

[10] Clemente, D., Cabral, T., Rosa-Santos, P., & Taveira-Pinto, F. (2023). Blue seaports: The smart, sustainable and electrified ports of the future. Smart Cities, 6(3), 560-1588. https://doi.org/10.3390/smartcities6030074

[11] Pavlić Skender, H., Ribarić, E., & Jović, M. (2020). An overview of modern technologies in leading global seaports. Review Article. University of Rijeka, Faculty of Economics and Business & University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies. ISSN 0554-6397.

[12] González-Cancelas, N., Molina Serrano, B., & Soler-Flores, F. (2019). Seaport sustainable: Use of artificial intelligence to evaluate liquid natural gas utilization in short sea shipping. Transportation Journal, 58(3), 197-221. https://doi.org/10.5325/transportationj.58.3.0197

[13] Alekseev, A. A., Popov, V. V., & Boran-Keshishyan, A. L. (2021). Artificial intelligence for data collection and application of the probabilistic-logistic method in ship traffic control systems of seaports. Journal of Physics: Conference Series, 2061(1), 012106. https://doi.org/10.1088/1742-6596/2061/1/012106

[14] Dinh, G. H., Pham, H. T., Nguyen, L. C., Dang, H. Q., & Pham, N. D. K. (2024). Leveraging artificial intelligence to enhance port operation efficiency. Polish Maritime Research, 31(2), 140-155. https://doi.org/10.2478/pomr-2024-0030