Comprehensive Journal of Science
Volume (10), Issue (39), (March, 2026)
ISSN: 3014-6266

مجلة العلوم الشاملة
المجلد (10) العدد 39 مارس 2026
ردمد: 3014-6266

أثر الذكاء الاصطناعي في تحول الأداء التشغيلي في الموانئ البحرية

كميلة أبوزيد النعال
المعهد العالي لتقنيات علوم البحار زوارة
Kamilanaal99@gmail.com

The Impact of Artificial Intelligence on Transforming Operational Performance in Seaports

Kamila Abuzaid Al-Naal
Higher Institute of Marine Science and Technology, Zuwarah

تاريخ الاستلام:2026/01/02 –تاريخ المراجعة: 2026/01/20– تاريخ القبول: 2026/01/29– تاريخ للنشر:2026 /02/21

المستخلص

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل اثر الذكاء الاصطناعي في تحول الأداء التشغيلي في الموانئ البحرية في ظل التحديات المتزايدة للتجارة العالمية وتعقد سلاسل الإمداد. اعتمدت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي ذي الطابع النظري من خلال مراجعة الأدبيات وتحليل العلاقة بين تطبيقات الذكاء الاصطناعي وأبعاد الأداء التشغيلي مع التركيز على الكفاءة التشغيلية والاستدامة التشغيلية .وتوصلت الدراسة إلى إن تطبيقات الذكاء الاصطناعي مثل التحليل التنبؤي والجدولة الذكية وأنظمة دعم القرار تسهم في تقليل زمن الانتظار وتحسين استغلال الموارد وخفض التكاليف والانبعاث بما يدعم التحول نحو نموذج تشغيلي قائم على البيانات كما تبين أن فعالية هذا التحول ترتبط بتكامل البنية التحتية الرقمية وتوفير الكفاءات البشرية المؤهلة. وتوصي الدراسة بتبني استراتيجيات تحول رقمي شاملة لتعزيز القدرة التنافسية والاستدامة في الموانئ البحرية

الكلمات المفتاحية:

الذكاء الاصطناعي ، الأداء التشغيلي , الموانئ البحرية.

Abstract

This study aims to analyze the impact of artificial intelligence on the transformation of operational performance in seaports.amid the growing challenges of global trade and supply chain complexity The study adopts a descriptive -analytical theoretical approach through reviewing the literature and analyzing the relationship between Al applications and the dimensions operational performance with a focus on operational efficiency and operational sustainability.The study concludes that Al applications,such as predictive analytics, intelligent scheduling, and decision support systems contribute to reducing waiting time Improving resource utilization,and lowering costs and emissions thereby supporting the transition toward a data - driven operational model. lt further finds that the effectiveness of this transformation is linked to digital infrastructure integration and the availability of qualified human resources. The study recommends adopting comprehensive digital transformation strategies to enhance competitiveness and sustainability in seaports.

Keywords: Artificial intelligence, operational performance, seaports.

المقدمة

تشهد الموانئ البحرية في العصر الحديث تحولات متسارعة نتيجة التوسع في حركة التجارة العالمية , وازدياد حجم السفن وتعقد سلاسل الإمداد الأمر الذي فرض ضغوطا متزايدة على كفاءة الأداء التشغيلي للعمليات المينائية. وأصبحت النظم التقليدية في إدارة الموانئ أقل قدرة على مواكبة هذه المتغيرات مما أوجد حاجة ملحة إلى تبني حلول تقنية متقدمة قادرة على تحسين كفاءة التشغيل وتسريع إنجاز العمليات وتعزيز القدرة التنافسية للموانئ.

وفي هذا السياق برز الذكاء الاصطناعي بوصفه أحد أهم مرتكزات التحول الرقمي في قطاع النقل البحري لما يوفره من أدوات تحليل تنبؤية وأنظمة دعم القرار الذكية وتطبيقات اتمتة متقدمة تسهم في إعادة تشكيل أنماط إدارة العمليات المينائية. انطلاقا من ذلك تسعى هذه الدراسة إلى تحليل أثر الذكاء الاصطناعي في تحول الأداء التشغيلي للموانئ البحرية وبيان دوره في تحسين إدارة العمليات بما يعزز كفاءة التشغيل ويدعم تحقيق ميزة تنافسية مستدامة في بيئة مينائية تتسم بالتغير المستمر.

1. مشكلة الدراسة:

على الرغم من التطور التقني المتسارع الذي يشهده قطاع النقل البحري إلا إن . ما تزال العديد من الموانئ البحرية تعاني من انخفاض كفاءة الأداء التشغيلي وارتفاع التكاليف التشغيلية لإنجاز العمليات

وضعف استغلال الموارد الأمر الذي ينعكس سلبا على قدرتها التنافسية واستدامة أدائها وفي ظل تزايد حجم البيانات وتعقد العمليات المينائية برز الذكاء الاصطناعي كأداة واعدة لتحسين إدارة العمليات التشغيلية. غير أن درجة توظيفه في الموانئ البحرية ما يزال متفاوتا وغير واضح الأثر في كثير من السياقات. ومن هنا تنبع مشكلة الدراسة في محاولة تفسير وتحليل الذكاء الاصطناعي في تحول الأداء التشغيلي في الموانئ البحرية

تتمثل مشكلة الدراسة في السؤال الرئيسي التالي :

. إلى أي مدى يساهم الذكاء الاصطناعي في تحول الأداء التشغيلي في الموانئ البحرية؟

ويتفرع عنه

1. كيف يؤثر الذكاء الاصطناعي في تعزيز الكفاءة التشغيلية في الموانئ البحرية؟
2. ما دور الذكاء الاصطناعي في دعم الاستدامة التشغيلية في الموانئ البحرية؟

2 . فرضيات الدراسة:

الفرضية الرئيسية

استنادا إلى مشكلة الدراسة تفترض الدراسة الآتي:

ـ تساهم تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إحداث تحول إيجابي في الأداء التشغيلي للموانئ البحرية.

الفرضيات الفرعية

1. يساهم الذكاء الاصطناعي في تعزيز الكفاءة التشغيلية في الموانئ البحرية.
2. يساهم الذكاء الاصطناعي في دعم الاستدامة التشغيلية في الموانئ البحرية

3 . أهداف الدراسة:

يهدف البحث إلى تحقيق ما يأتي:

1 . تحليل دور الذكاء الاصطناعي في إحداث تحول الأداء التشغيلي للموانئ البحرية.

2 . توضيح إسهام تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة إدارة العمليات المينائية .

3 . بيان اثر الذكاء الاصطناعي في تعزيز الاستدامة التشغيلية للموانئ البحرية.

4 . أهمية الدراسة:

تستمد هذه الدراسة أهميتها من الأهمية المتزايدة للموضوع الذكاء الاصطناعي بوصفه أحد أهم مرتكزات التحول الرقمي في قطاع النقل البحري ومن الحاجة إلى فهم أعمق لأثره في تحول الأداء التشغيلي في الموانئ البحرية وتبرز أهميته في الجوانب التالية:

1 . تسهم الدراسة في إثراء الأدبيات العربية المتعلقة بتطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة العمليات المينائية من خلال تقديم تحليل نظري يربط بين التقنيات الذكية وأبعاد الأداء التشغيلي.

2. توفر الدراسة إطارا تحليليا يمكن أن تستفيد منه إدارات الموانئ في توظيف الذكاء الاصطناعي بما يعزز الكفاءة التشغيلية ويدعم الاستدامة .

3. تسليط الضوء على دور الذكاء الاصطناعي في تحقيق الميزة تنافسية مستدامة في بيئة مينائية تتسم بالتغيير والتعقيد.

4. تمهد الدراسة لإجراء بحوث ميدانية وإحصائية تقيس اثر التطبيقات الذكاء الاصطناعي في بيئات مينائية مختلفة.

5 . منهج الدراسة:

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي من خلال تحليل الأدبيات العلمية والدراسات السابقة المتعلقة بتطبيقات الذكاء الاصطناعي في الموانئ البحرية وتستند الدراسة إلى مراجعة المصادر العلمية والتقارير المتخصصة. دون ألّلجوء إلى جمع البيانات والتحليل الإحصائي.

6 . حدود الدراسة:

1. **الحدود الموضوعية:** اقتصرت الدراسة على أثر تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تحول الأداء التشغيلي للموانئ البحرية مع التركيز على كفاءة إدارة العمليات التشغيلية المينائية والاستدامة .

2 . **الحدود المكانية** : تناولت الدراسة على الموانئ البحرية بصفة عامة دون تخصيص ميناء أو دولة بعينها.

3 . **الحدود الزمنية:** استندت الدراسة على الأدبيات والدراسات الصادرة خلال السنوات الحديثة التي تناولت تطبيقات الذكاء الاصطناعي في قطاع الموانئ البحرية.

الدراسات السابقة

تناولت العديد من الدراسات موضوع الذكاء الاصطناعي في الموانئ البحرية من زوايا متعددة وركزت في مجملها على التحول الرقمي وكفاءة العمليات, وتطوير الأداء التشغيلي مع تفاوت في عمق الربط بين الجوانب التقنية و المؤشرات التشغيلية على المستوى الدولي أشارت تقارير (2019,2020), UNCTAD . إلى إن توظيف التقنيات الذكية بما فيها تطبيقات الذكاء الاصطناعي يسهم في تحسين الكفاءة التشغيلية للموانئ من خلال تقليل زمن بقاء السفن وتحسين إدارة الأرصفة وتعزيز انسيابية سلاسل الإمداد البحرية كما أكدت إن التحول نحو الموانئ الذكية أصبح عاملا حاسما في تعزيز التنافسية المينائية عالميا.

بينت دراسات (2020) World Bank . إن تحسين الأداء التشغيلي للموانئ لم يعد يعتمد على التوسع في البنية التحتية فقط بل على تبني أنظمة ذكية قادرة على دعم اتخاذ القرار التشغيلي وإدارة الموارد بكفاءة أعلى خاصة في البيئات التشغيلية المعقدة.

دراسة (2021) Rodrigue , Nooteboom . فقد ركزت على التحول في نماذج إدارة الموانئ في ظل الرقمنة موضحة إن الاعتماد على البيانات والتحليل الذكي يسهم في رفع إنتاجية الموانئ وتحسين مؤشرات الأداء التشغيلي ,

دراسة Heilig وآخرون (2017) .أشارت إلى إن التقنيات الذكية ومنها الذكاء الاصطناعي تمثل عنصرا أساسيا في تطوير إدارة العمليات المينائية وتقلل تكاليف التشغيلية .

وعلى المستوى العربي أوضحت المنظمة العربية للنقل البحري (2019) إن إدماج التقنيات الذكية في الموانئ العربية يسهم في تقليل الاختناقات التشغيلية وتحسين جودة الخدمات المينائية.

وأشارت تقارير المنظمة العربية للتنمية الإدارية (2020) إلى إن الذكاء الاصطناعي في الإدارة التشغيلية يدعم كفاءة الأداء المؤسسي يعزز جودة الخدمات.

إلا إن الدراسات التطبيقية المتخصصة في البيئة المينائية لا تزال محدودة مما يعزز الفجوة البحثية التي يسعى هذا البحث إلى معالجتها .وبالرغم من أهمية هذه الدراسات نلاحظ إن معظمها ركزت إما على الجوانب التقنية للذكاء الاصطناعي أو

على الأداء التشغيلي كل على حدة في حين جاءت الدراسة الحالية لسد فجوة بحثية من خلال الربط التحليلي المباشر بين تطبيقات الذكاء الاصطناعي وتحول الأداء التشغيلي للموانئ البحرية في إطار متكامل.

الإطار النظري

ينقسم الإطار النظري إلى محورين رئيسين :

المحور الأول: الذكاء الاصطناعي والأداء التشغيلي:

أولا . مفهوم الذكاء الاصطناعي:

يعد الذكاء الاصطناعي أحد فروع علوم الحاسوب يهدف إلى تصميم أنظمة وبرمجيات قادرة على محاكاة القدرات الذهنية البشرية مثل التعلم والتحليل والاستنتاج واتخاذ القرار.

وقد عرف Russell & Norvig (2021) الذكاء الاصطناعي بأنه دراسة وتصميم العوامل الذكية التي تدرك بيئتها وتتخذ إجراءات تعظم فرص تحقيق أهدافها .

ويعتمد الذكاء الاصطناعي على مجموعة من التقنيات المتقدمة من أبرزها تعلم الآلة والشبكات العصبية الاصطناعية وتحليل البيانات الضخمة والتي تمكن الأنظمة من معالجة كميات كبيرة من البيانات واستخلاص أنماط ومعارف تدعم تحسين الأداء والكفاءة. وقد أسهم الذكاء الاصطناعي في تحولات جوهرية في مختلف القطاعات. لما يوفره من حلول ذكية تعزز سرعة الأداء ودقته وتقلل الاعتماد على التدخل البشري .

وهو أحد فروع علم الحاسوب وإحدى الركائز الأساسية التي تقوم عليها صناعة التكنولوجيا في العصر الحالي.

ويعرف الذكاء الاصطناعي بأنه دراسة وبناء وكلاء ذكيين يمكنهم إدراك البيئة المحيطة والتفاعل معها بطريقة تحقق أفضل أداء ممكن .(Russell .S .& Norvig .P . 2021)

وفي السياق نفسه أشار. John McCarthy.(2007) إلى إن الذكاء الاصطناعي يركز على تطوير الآلات القادرة على تنفيذ المهام التي تتطلب عادة مستوى من الذكاء البشري, مؤكدا إن جوهر الذكاء الاصطناعي يمكن في القدرة على التعلم الذاتي واتخاذ القرار المستقل.

و من منظور مؤسسي وتنموي تناولت OECD(2019) الذكاء الاصطناعي باعتباره أداة إستراتيجية تسهم في تحسين الكفاءة التشغيلية للمؤسسات وتعزيز جودة الخدمات من خلال تحليل البيانات الضخمة والتنبؤ واتخاذ القرارات المبنية على المعرفة

كما أوضحت المنظمة العربية للتنمية الإدارية(2021) أن الذكاء الاصطناعي يمثل أحد المحركات الرئيسية للتحول الرقمي في المؤسسات الحديثة لما لها من دور في رفع كفاءة الأداء وتقليل التكاليف التشغيلية وتحسين استغلال الموارد.

ثانيا . أهداف الذكاء الاصطناعي:

يهدف الذكاء الاصطناعي في إدارة العمليات بما يسهم في تحسين فعاليات العمليات المينائية في بيئات تشغيلية تتسم بالتعقيد (المنظمة العربية للتنمية الإدارية 2021) إلى التالي:

1. رفع كفاءة الأداء التشغيلي وتقليل زمن انجاز العمليات من خلال التحليل الذكي للبيانات التشغيلية بما يسهم في تحسين جدولة الأرصفة وتقليل زمن انتظار السفن وتسريع عمليات الشحن والتفريغ.

2. تعزيز كفاءة استغلال الموارد ودعم اتخاذ القرار التشغيلي وتحقيق الاستخدام الأمثل للموارد البشرية والمادية داخل الموانئ إلى جانب دعم متخذي القرار من خلال أدوات تحليلية وتنبؤية تساعد على التعامل مع التعقيد التشغيلي .

3 . خفض التكاليف التشغيلية وتحقيق استدامة الأداء ألمينائي عبر تطبيقات الصيانة التنبؤية وتحسين إدارة الأصول بما يسهم في رفع كفاءة الإنفاق وتحقيق استدامة الأداء التشغيلي على المدى الطويل .

ثالثا . خصائص تقنيات الذكاء الاصطناعي في الإدارة:

تتميز تقنيات الذكاء الاصطناعي في الإدارة بقدرتها على تحليل البيانات الضخمة ودعم اتخاذ القرار الرشيد من خلال نماذج ذكية قادرة على التنبؤ والتخطيط بكفاءة بما يتجاوز قدرات الأساليب الإدارية التقليدية (Russell & Norvig , 2021)

كما تعتمد هذه التقنيات على التعلم الذاتي والتكيف المستمر مما يسهم في تحسين الأداء الإداري مع مرور الوقت (Nilsson, 2014)

تؤدي تقنيات الذكاء الاصطناعي دورا مهما في اتمتة العمليات الإدارية وتقليل الأخطاء البشرية ورفع كفاءة استغلال الموارد وهو ما أكدته الأدبيات العربية الحديثة في مجال الإدارة الذكية والتحول الرقمي. (المنظمة العربية للتنمية الإدارية. 2020)

رابعا : مفهوم الأداء التشغيلي في الموانئ البحرية

يمثل الأداء التشغيلي في الموانئ البحرية الإطار الذي تقاس من خلاله كفاءة إدارة العمليات المرتبطة بحركة السفن والبضائع ويعكس قدرة الميناء على تحقيق انسيابية تدفق الحاويات وتقليل زمن بقاء السفن وخفض تكاليف المناولة .ولم يعد تقييم الأداء مقتصرا على حجم التداول بل أصبح مرتبطا بمستوى التكامل مع سلاسل الإمداد العالمية ودرجة التنسيق بين الأنشطة التشغيلية المختلفة وفي هذا السياق يؤكد Jean–Paul Rodrigue (2020) إن الميناء المعاصر يعمل كعقدة لوجستية ضمن شبكة نقل مترابطة ما يجعل تحسين كفاءة العمليات شرطا أساسيا لتعزيز موقعه التنافسي.

وتقاس أبعاد الأداء التشغيلي عبر مؤشرات مثل زمن دوران السفن ,إنتاجية الأرصفة و معدل استغلال المعدات وزمن الانتظار, وهي مؤشرات تعكس مستوى الكفاءة والمرونة التشغيلية. وانطلاقا من ذلك فأن أي تطوير في أدوات إدارة العمليات وعلى رأسها تطبيقات الذكاء الاصطناعي . يفترض أن ينعكس إيجابا على هذه المؤشرات سواء من خلال تحسين دقة التنبؤ أو دعم اتخاذ القرار أو اتمتة العمليات وعليه. يشكل الأداء التشغيلي المتغير التابع الذي يمكن من خلاله قياس اثر توظيف الذكاء الاصطناعي في بيئة الموانئ البحرية.

المحور الثاني: الذكاء الاصطناعي وتحول الأداء التشغيلي للموانئ البحرية:

يسهم الذكاء الاصطناعي في إحداث تحول ملحوظ في الأداء التشغيلي للموانئ البحرية من خلال تحسين إدارة العمليات التشغيلية والتنبؤ بأوقات وصول السفن وتنظيم عمليات الشحن والتفريغ وتطبيق الصيانة التنبؤية للمعدات كما يعزز من مستويات الأمن والسلامة عبر أنظمة المراقبة الذكية ويساعد في خفض التكاليف التشغيلية وتحقيق الاستدامة البيئية مما يدعم التحول نحو الموانئ الذكية.

أولا . الطبيعة التشغيلية المعقدة للموانئ البحرية:

تعد الموانئ البحرية من أكثر النظم التشغيلية تعقيدا ضمن منظومة سلاسل الإمداد العالمية , حيث تمثل نقطة التقاء رئيسية بين أنماط النقل المختلفة وتضطلع بدور محوري في حركة التجارة الدولية وتدفق السلع بين الدول ويعود هذا التعقيد إلى الطبيعة . متعدد الوظائف للموانئ والتي تجمع بين الأنشطة التشغيلية اللوجستية والإدارية و التنظيمية في بيئة واحدة مترابطة. وتشير التقارير الدولية أن الموانئ تواجه ضغوطا متزايدة لتحسين الكفاءة التشغيلية في ظل التحول الرقمي وتسارع التجارة البحرية العالمية(UNCTAD. 2020).

وتتسم العمليات التشغيلية داخل الموانئ البحرية بتنوعها وتداخلها, إذ تشمل جدولة وصول السفن وإدارة الأرصفة وعمليات الشحن والتفريغ , ومناولة الحاويات والبضائع العامة , والتخزين , والنقل الداخلي , إضافة إلى إجراءات التفتيش الجمركي والأمني . ويتطلب هذا التنوع مستوى عاليا من التنسيق الزمني والمكاني بين الموارد البشرية, المعدات, والبنية التحتية, مما يجعل إي خلل بسيط قادرا على التأثير في الأداء التشغيلي الكلي للميناء (Alderton , P.M. 2008).

كما تتأثر كفاءة الموانئ البحرية بعدد من العوامل الخارجية غير قابلة للتحكم المباشر, مثل تقلبات حركة التجارة العالمية, والتغيرات المناخية, ومتطلبات السلامة البحرية, و الالتزامات التنظيمية الدولية, وهو ما يزيد من درجة عدم اليقين في البيئة التشغيلية ويجعل عملية التخطيط واتخاذ القرار أكثر تعقيدا (World Bank 2020) .

وتتميز الموانئ الحديثة كذلك بارتفاع كثافة رأس المال واعتمادها على معدات متقدمة وتقنيات تشغيلية معقدة مثل الرافعات العملاقة وأنظمة إدارة المحطات الأمر الذي يفرض تحديات كبيرة في مجالات الصيانة والتشغيل المستمر وتقليل الأعطال. كما إن تعدد أصحاب المصلحة مثل سلطات الموانئ وشركات الملاحة ومشغلي المحطات والجهات الحكومية يضيف بعدا مؤسسيا معقدا لعملية التنسيق واتخاذ القرار (OECD 2019).

وفي ضوء ما سبق تصنف الموانئ البحرية كنظم تشغيلية ديناميكية ومعقدة تتطلب أساليب إدارية وتقنية متقدمة قادرة على التعامل مع حجم العمليات الكبيرة. وتدفق البيانات المستمرة, وتسارع وتيرة العمل. بما يسهم في تحسين الكفاءة التشغيلية وضمان استدامة الأداء وهو ما يفسر التوجه المتزايد نحو توظيف التقنيات الذكية والذكاء الاصطناعي في إدارتها (UNCTAD 2021).

ثانيا . الذكاء الاصطناعي: الإطار المفاهيمي والتطبيقي في قطاع النقل البحري

يعد الذكاء الاصطناعي احد ابرز التحولات التقنية في القرن الحادي والعشرين. حيث يعرف بأنه علم تصميم الأنظمة القادرة على إدراك بيئتها وتحليل البيانات و اتخاذ قرارات تعظم من تحقيق أهداف محددة وقد عرف كل من Stuart Peter Norvig and Russell (2021)

في كتابهما A modern approach Artificial Intelligence الذكاء الاصطناعي بأنه دراسة العوامل الذكية التي تتفاعل مع بيئتها بشكل عقلاني اعتمادا على خوارزميات التعلم والاستدلال واتخاذ القرار ويؤسس هذا التعريف لفهم الذكاء الاصطناعي بوصفه نظاما داعما للإدارة و اتخاذ القرار وليس مجرد أداة تقنية معزولة .

وفي سياق النقل البحري تشير تقارير (UNCTAD 2021) إلى إن التحول الرقمي في قطاع الموانئ يتجه نحو تبني أنظمة تحليل البيانات الضخمة والتنبؤ بحركة السفن وأتمتة العمليات , بما يسهم في تقليل زمن الانتظار ورفع كفاءة المناولة , ويعكس هذا التوجه انتقال الموانئ من نماذج تشغيل تقليدية إلى نماذج قائمة على البيانات والتحليل الذي الأمر الذي يجعل الذكاء الاصطناعي أداة إستراتيجية لإحداث تحول نوعي في أداء التشغيل.

وانطلاقا من ذلك فإن توظيف تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الموانئ البحرية لا ينظر إليه باعتباره خيارا تقنيا فحسب بل كمدخل إداري يعزز الكفاءة التشغيلية ويدعم القدرة التنافسية ويمهد لتحقيق الاستدامة في بيئة تشغيلية تتسم بالتعقيد والتغير المستمر.

ثالثا . تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة العمليات المينائية :

شهدت إدارة العمليات المينائية تحولا نوعيا مع توظيف الذكاء الاصطناعي في تخطيط الموارد وتحسين تدفق العمليات ومن أبرز التطبيقات أنظمة التنبؤ بحركة السفن وإحجام الحاويات باستخدام خوارزميات التعلم الآلي. مما يسهم في تحسين تخطيط الأرصفة وتقليل أوقات الانتظار (Notteboom& Rodrigue 2005)

كما تستخدم تقنيات التحليل التنبؤ في إدارة الطاقة الاستيعابية للساحات والمخازن بما يرفع كفاءة استخدام الموارد ويقلل الاختناقات التشغيلية .(Talley, 2012)

وتبرز تطبيقات الذكاء الاصطناعي في اتمتة مناولة الحاويات وتشغيل الرافعات الذكية عبر أنظمة تحكم مدعومة بالبيانات وهو ما يسهم في رفع الإنتاجية وتقليل الأخطاء البشرية (Heilig , Lalla- Ruiz& VoB ,2017), كذلك تستخدم تقنيات

الرؤية الحاسوبية و انترنت الأشياء في مراقبة العمليات وتعزيز السلامة التشغيلية مما ينعكس إيجابا على جودة الأداء واستدامته.Russell &Norvig, 2021)

وعلى المستوى الاستراتيجي, تدعم أنظمة الذكاء الاصطناعي اتخاذ القرار التشغيلي الفوري من خلال تحليل البيانات اللحظية وتقديم بدائل مثلى لإدارة حركة السفن والمعدات. (Russell &Norvig, 2021)

وفي السياق العربي تشير تقارير المنظمة العربية للتنمية الإدارية (2021) إلى أن تبني الحلول الذكية في الموانئ يسهم في تحسين الكفاءة التشغيلية وتعزيز القدرة التنافسية للموانئ العربية في ظل التحول الرقمي العالمي.

وبذلك تمثل تطبيقات الذكاء الاصطناعي أداة إستراتيجية لإدارة التعقيد التشغيلي في الموانئ البحرية , وتحقيق التكامل بين الكفاءة التشغيلية والاستدامة.

رابعا ـ اثر الذكاء الاصطناعي في تعزيز الكفاءة والاستدامة التشغيلية للموانئ البحرية:

يسهم الذكاء الاصطناعي في تعزيز الكفاءة الاستدامة التشغيلية من خلال تحسين استخدام الموارد وتقليل الهدر في الوقت والتكلفة عبر التحليل التنبؤي وأتمتة العمليات. إذ تمكن خوارزميات التعلم الآلي من تحسين جدولة السفن وتخصيص جدولة السفن وتخصيص المعدات مما يقلل من زمن الانتظار ويرفع الإنتاجية التشغيلية (Slack ,et ,al .2019) كما تدعم أنظمة اتخاذ القرار الذكي الإدارة في اختيار البدائل المثلى استنادا إلى تحليل البيانات اللحظية, الأمر الذي يعزز سرعة الاستجابة ودقة التنفيذ(Russell &Norvig, 2021)

أما على مستوى الاستدامة التشغيلية, وتساهم تطبيقات الذكاء الاصطناعي في مراقبة استهلاك الطاقة وتحسين تشغيل المعدات بما يؤدي إلى خفض الانبعاثات وتقليل الأثر البيئي للعمليات المينائية وهو ما يتماشى مع توجهات التحول الرقمي الأخضر التي أكدت عليها تقارير (International Maritime Organization 2022)

كما تشير الأدبيات العربية إلى إن تبني الحلول الذكية يدعم الاستخدام الرشيد للموارد ويعزز الاستدامة على المدى الطويل (المنظمة العربية للتنمية الإدارية 2021)

وعليه فأن الذكاء الاصطناعي يمثل أداة إستراتيجية لا تقتصر على رفع الكفاءة التشغيلية فحسب, بل تمتد لتدعيم الاستدامة وتحقيق التوازن بين الأداء الاقتصادي والاعتبارات البيئية .

تحليل الأثر في تعزيز الكفاءة والاستدامة التشغيلية من خلال:

1. أثره في تحسين الإنتاجية وتقليل زمن الانتظار:

يسهم توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في الموانئ البحرية في تحسين الإنتاجية من خلال تعزيز كفاءة جدولة السفن وتخصيص الموارد وتقليل فترات التعطيل التشغيلية كما تمكن أنظمة التحليل ألتنبؤي ودعم القرار الذكي من تقليل الاختناقات وتحسين انسيابية العمليات داخل الميناء وينعكس ذلك مباشرة في خفض زمن انتظار السفن ورفع معدل دورانها مما يعزز الطاقة الاستيعابية والقدرة التنافسية للميناء

2 . أثره في خفض التكاليف التشغيلية:

. يسهم توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في خفض التكاليف التشغيلية بالموانئ البحرية من خلال تحسين استغلال الموارد وتقليل الهدر في الوقت والطاقة والمعدات كما تساعد أنظمة التحليل ألتنبئي على تقليل الأعطال غير المخططة وخفض تكاليف الصيانة عبر الصيانة الاستباقية ويؤدي تحسين الجدولة وتقليص زمن الانتظار إلى تقليل تكاليف التشغيل المباشرة و غير المباشرة بما يعزز الكفاءة المالية والاستدامة التشغيلية للميناء.

3 . أثره في دعم الاستدامة البيئية والتنافسية:

يسهم توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في دعم الاستدامة البيئية بالموانئ البحرية من خلال تحسين كفاءة استهلاك الطاقة وتقليل الانبعاثات الناتجة عن أوقات الانتظار وتشغيل المعدات. كما تساعد أنظمة التحليل الذكي في تحسين تخطيط حركة السفن وتقليل الازدحام مما يحد من استهلاك الوقود و الانبعاثات الكربونية إضافة إلى ذلك تمكن تقنيات المراقبة والتحليل اللحظي من إدارة الموارد بكفاءة أعلى بما يعزز التوازن بين الأداء التشغيلي والحفاظ على البيئة.

المنهجية:

اعتمدت هذه الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي ذي الطابع النظري بهدف تحليل اثر تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تحول الأداء التشغيلي في الموانئ البحرية, في ضوء الفرضيات ويستند هذا المنهج إلى مراجعة الأدبيات العلمية ذات الصلة وتحليل المحتوى النظري لاستخلاص أبعاد العلاقة بين المتغيرات محل الدراسة.

أولا : طبيعة الدراسة :

تندرج الدراسة ضمن البحوث النظرية التحليلية التي تسعى إلى اختيار الفرضيات من خلال التحليل المفاهيمي والمقارن للأدبيات دون الاعتماد على أدوات جمع بيانات ميدانية أو تحليل إحصائي ويهدف ذلك إلى بناء إطار تفسيري يوضح طبيعة إسهام الذكاء الاصطناعي في إحداث تحول في الأداء التشغيلي في الموانئ البحرية.

ثانيا: متغيرات الدراسة:

استنادا إلى الفرضيات تم تحديد الأتي:

المتغير المستقل: تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة العمليات المينائية .

المتغير التابع: الأداء التشغيلي في الموانئ البحرية بأبعاد المتمثلة في الكفاءة التشغيلية والاستدامة التشغيلية .

وقد جرى تحليل العلاقة بين هذه المتغيرات في ضوء ما ورد في الأدبيات الدولية التحول الرقمي في الموانئ المنشورة في مجلة Maritime Policy Management

ثالثا: أسلوب اختيار الفرضيات:

تم اختيار الفرضيات بصورة تحليلية من خلال:

1. تحليل التطبيقات الرئيسية للذكاء الاصطناعي في الموانئ البحرية .
2. ربط كل تطبيق بأحد أبعاد الأداء التشغيلي (الكفاءة الاستدامة).
3. مقارنة ما توصلت إليه الأدبيات حول اثر هذه التطبيقات في تحسين زمن الانجاز واستغلال الموارد. وتقليل التكاليف وخفض الانبعاثات. وبناء على ذلك تم استخلاص نتائج تدعم الفرضيات :

رابعا : مصادر البيانات :

اعتمدت الدراسة على مصادر ثانوية تمثلت في:

1. تقارير دولية صادرة عن United Nations Conference on Trade and Development.
2. تقارير World Bank المتعلقة بأداء الموانئ.
3. كتب وأبحاث علمية متخصصة في إدارة العمليات والتحول الرقمي في الموانئ البحرية.

التحليل والمناقشة:

في ضوء الإطار النظري والفرضيات المطروحة يهدف هذا القسم إلى تحليل اثر تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تحول الأداء التشغيلي في الموانئ البحرية من خلال ربط التطبيقات التقنية بأبعاد الأداء التشغيلي المتمثلة في الكفاءة والاستدامة.

تشير الأدبيات إلى إن تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة العمليات المينائية أدى إلى إعادة تشكيل أنماط التشغيل التقليدية من خلال الاعتماد على التحليل التنبؤي و الأتمتة الذكية وأنظمة دعم القرار. وقد أظهرت الدراسات المنشورة في مجلة Maritime Policy & Management إن الرقمنة المتقدمة تسهم في تقليل زمن بقاء السفن وتحسين كفاءة المناولة.

كما تؤكد تقارير United Nations Conference on Trade and Development

إن الموانئ التي تبنت حلول رقمية متقدمة استطاعت تحسين تدفق العمليات وتقليل الاختناقات التشغيلية مما يعكس تحولا في طبيعة الأداء من إدارة تقليدية قائمة على التنبؤ والتحليل.

وعليه تدعم الأدلة النظرية الفرضية الرئيسية القائلة بأن الذكاء الاصطناعي يسهم في إحداث تحول في الأداء التشغيلي.

أولا: مناقشة الفرضية الأولى التي تنص

ـ يسهم الذكاء الاصطناعي في تعزيز الكفاءة التشغيلية في الموانئ البحرية

يتجلى اثر الذكاء الاصطناعي في الكفاءة التشغيلية من خلال تحسين جدولة السفن وإدارة الأرصفة وتحسين وتوزيع الموارد وتشير تقارير World Bank إلى أن التحول الرقمي يرتبط بتحسن مؤشرات زمن الانجاز وإنتاجية الأرصفة.

كما إن تطبيقات التحليل التنبؤي تقلل من فترات الانتظار وتحد من الهدر في استخدام المعدات مما ينعكس مباشرة على رفع كفاءة التشغيل وبذلك يمكن القول إن الأدبيات تدعم الفرضية المتعلقة بتعزيز الكفاءة التشغيلية.

ثانيا: مناقشة الفرضية الثانية التي تنص

ـ يسهم الذكاء الاصطناعي في دعم الاستدامة التشغيلية في الموانئ البحرية.

تسهم الأنظمة الذكية في تحسين استهلاك الطاقة وتقليل الانبعاثات وتعزيز الاستخدام الأمثل للموارد وهو ما يرتبط بمفهوم الاستدامة التشغيلية وقد بينت الدراسات المتعلقة بالتحول الرقمي في الموانئ إن الأتمتة الذكية تسهم في تقليل استهلاك الوقود وتقليل الانبعاثات الناتجة عن فترات الانتظار .

كما إن إدارة البيانات الضخمة تمكن من تحسين التخطيط التشغيلي على المدى الطويل مما يعزز الاستدامة من خلال تقليل التكاليف البيئية والتشغيلية وعليه تدعم النتائج النظرية الفرضية الثانية .

خلاصة المناقشة:

يتضح من التحليل إن تطبيقات الذكاء الاصطناعي لا يقتصر على تحسين جزئي في العمليات بل تسهم في إحداث تحول شامل في طبيعة الأداء التشغيلي من خلال الانتقال من نماذج تشغيل تقليدية إلى نماذج ذكية قائمة على البيانات والتحليل التنبؤي بما يعزز الكفاءة والاستدامة معا.

الخاتمة

خلصت هذه الدراسة إلى أن الذكاء الاصطناعي يمثل أحد ركيزة أساسية في تحول الأداء التشغيلي في الموانئ البحرية من خلال دوره في تعزيز الكفاءة التشغيلية ودعم الاستدامة . أكد التحليل إن الانتقال نحو نموذج تشغيلي قائم على البيانات يتطلب تكاملا بين البنية التحتية الرقمية والقدرات البشرية والرؤية الاستراتيجية للتحول الرقمي . وعليه فأن تبني تطبيقات الذكاء الاصطناعي يعد خيارا استراتيجيا لتعزيز القدرة التنافسية وتحقيق تشغيل أكثر كفاءة واستدامة في الموانئ البحرية

النتائج والتوصيات:

أولا، النتائج:

في ضوء التحليل النظري للأدبيات المتعلقة بتطبيقات الذكاء الاصطناعي في الموانئ البحرية توصلت الدراسة إلى مجموعة من النتائج على النحو التالي:

1. يسهم الذكاء الاصطناعي في إحداث تحول نوعي في الأداء التشغيلي من خلال الانتقال من أنماط تشغيل تقليدية تعتمد على الاستجابة إلى نماذج تشغيل ذكية قائمة على التحليل التنبؤي وإدارة البيانات .

2 . يعزز الذكاء الاصطناعي الكفاءة التشغيلية عبر تحسين جدولة السفن وتقليل زمن الانتظار ورفع إنتاجية الأرصفة وتحسين استغلال الموارد التشغيلية .

3 . يدعم الذكاء الاصطناعي الاستدامة التشغيلية من خلال تحسين استهلاك الطاقة وتقليل الانبعاثات وتعزيز الاستخدام الأمثل للأصول والمعدات.

4 . ترتبط فعالية تطبيقات الذكاء الاصطناعي بمدى تكاملها مع البنية التحتية الرقمية للميناء ووجود بيئة تنظيمية وتقنية داعمة للتحول الرقمي .

5 . يمثل الذكاء الاصطناعي ركيزة إستراتيجية لتعزيز الميزة التنافسية للموانئ البحرية في ظل بيئة تشغيلية تتسم بالغير والتعقيد.

ثانيا:التوصيات:

في ضوء النتائج التي توصلت إليها الدراسة يمكن تقديم التوصيات الآتية:

1. تبني إستراتيجية واضحة للتحول الرقمي في الموانئ البحرية تتضمن إدماج تطبيقات الذكاء الاصطناعي ضمن الخطط التشغيلية طويلة المدى.

2 . تطوير البنية التحتية الرقمية للموانئ لضمان تكامل الأنظمة الذكية مع أنظمة إدارة العمليات والمعلومات .

3 . تعزيز استخدام أنظمة التحليل التنبؤي والجدولة الذكية لتحسين إدارة الأرصفة وتقليل زمن انتظار السفن.

4 . الاستثمار في بناء القدرات البشرية من خلال تدريب الكوادر التشغيلية على إدارة وتشغيل التقنيات الذكية .

5 . توظيف تطبيقات الذكاء الاصطناعي لدعم الاستدامة التشغيلية عبر تحسين استهلاك الطاقة وتقليل الانبعاثات وتعزيز كفاءة استخدام الموارد.

6 . تشجيع التعاون بين إدارات الموانئ ومؤسسات البحث العلمي لتطوير نماذج تطبيقية ملائمة لخصوصية البيئة المينائية العربية.

المراجع

أولا: المراجع العربية

1. المنظمة العربية للتنمية الإدارية (2019) إدارة الأداء المؤسسي ومؤشرات قياسه في المنظمات الحديثة التقرير السنوي جامعة الدول العربية . القاهرة .
2. المنظمة العربية للتنمية الإدارية (2020). الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته في الإدارة الحديثة . التقرير السنوي جامعة الدول العربية.القاهرة.
3. المنظمة العربية للتنمية الإدارية (2021) إدارة الأداء المؤسسي وتحسين الكفاءة التشغيلية القاهرة : التقرير السنوي جامعة الدول العربية
4. المنظمة العربية للتنمية الإدارية (2021) تطوير الموانئ العربية في ظل التحول الرقمي التقرير السنوي جامعة الدول العربية, القاهرة.
5. المنظمة العربية للتنمية الإدارية (2019) إدارة الأداء المؤسسي ومؤشرات قياسه في المنظمات الحديثة التقرير السنوي جامعة الدول العربية . القاهرة

6. المنظمة العربية للتنمية الإدارية (2019) إدارة الأداء المؤسسي ومؤشرات قياسه في المنظمات الحديثة التقرير السنوي جامعة الدول العربية . القاهرة .

ثانيا : المراجع الأجنبية

1. Alderton , P.M.(2008). Port management and operations (2nd ed.). Lloyd‹s Practical Shipping Series .Informa Law from Routledga
2. International Maritime Organization (2022),Title of the document.
3. Jay Heizer & Barry Render (2019) Principles of Operations Management. Pearson
4. John McCarthy.(2007). What is Artificial Intelligence? Stanford University.
5. Leonhard Heilig , E, Eva Lalla -Ruiz, E,& Stefan VoB ,S.(2017) . Digital transformation in maritime ports: Analysis and a game theoretic framework Netnomics: Economic Research and Electronic Networking 18(2_3), 227_254.
6. Nigel Slack,N,& Alistair Brandon =Jones .A (2019) Operations Management (8th ed.). Pearson
7. Nils J .Nilsson.(2014). Principles of Artificial Intelligence Morgan Kaufmann
8. OECD (2019) Artificial Intelligence in Society . OECD Publishing.
9. OECD.(2018).Productivity and performance in public sector organizations. Paris : OECD Publishing
10. Patrick Alderton, P.M.(2008). Port management and operations (2nd ed.). Lloyd‹s Practical Shipping Guides Routledga.
11. Rodrigue .J.-P(2020).The geography of transport systems(5th ed).Routledge
12. Russell, S .& Norvig, p.(2021) Artificial Intelligence; A modern approach(4th ed.).Pearson. Education
13. Stuart Russell,& Peter Norvig, (2021). Artificial Intelligence: A Modern Approach (4th ed.). pearson.
14. Talley ,W ,K ,(2012) , Port Economics Routledge.
15. Theo Nooteboo, T.E, & Jean - paul Rodrigue ,J.- P (2005). Port regionalization: Towards a new phase in port development Maritime Policy & Management 32(3) 297_ 313
16. UNCTAD .(2020).Review of in maritime transport 2020 United Nations
17. UNCTAD.(2021).Digitalization .in, Maritime ,Transport :Ensuring Opportunities for Developing Countries .United Nations.
18. World Bank.(2020) .Port Reform Toolkit Module on Port Performance and Digitalization Washington , DC.