



جامعة ميداووشن

كلية الادارة

دعائم تطبيق ادارة السلامة الذكية في مشروع نيوم والمربع الجديد

Foundations for Implementing Smart Safety Management in the NEOM and New Square Mega Projects

إعداد

محمد عبد الله برناوي

المملكة العربية السعودية

رسالة مقدمة لجامعة ميداووشن لاستكمال متطلبات نيل درجة الدكتوراه

في

الإدارة

قال تعالى:

{ رب أوزعني أن أشكر نعمتك التي أنعمت عليّ وعلى والديّ وأن أعمل صالحاً تَرْضَاهُ وَأَصْلِحْ لي في
دُرِّيَّتِي إِنِّي تُبْتُ إِلَيْكَ وَإِنِّي مِنَ الْمُسْلِمِينَ }

سورة الأحقاف، الآية ١٥

صدق الله العظيم

إهداء

أهدي هذا البحث إلى:

اسرتي التي صبرت ودعمت مسيرتي الأكاديمية، وشجعتني على تحقيق أهدافي وطموحاتي.

لكم مني كل الشكر والتقدير على الدعم المستمر.

شكراً

أعبر عن امتناني لجامعة ميداو شن على الدعم والتشجيع الذي قدمته لي خلال مسيرتي الأكاديمية. لقد كانت البيئة التعليمية الغنية والمشجعة التي وفرتها الجامعة سبباً رئيسياً في تحقيق أهدافي الأكاديمية.

شكراً لكم جميعاً على كل ما قدمتموه لي، وأتطلع إلى تحقيق المزيد من الإنجازات بفضل دعمكم المستمر.

مع خالص التحية،

مستخلص الرسالة

يتناول البحث موضوع تطبيق إدارة السلامة الذكية في المشاريع العملاقة مثل مشروع نيوم والمربع الجديد في السعودية، في ظل التحول الرقمي المرتبط برؤية ٢٠٣٠. يركز البحث على دور التكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي في تحسين أنظمة السلامة داخل مواقع العمل، من خلال استخدام أدوات مثل إنترنت الأشياء، أنظمة المراقبة الذكية، وتحليل البيانات للتنبؤ بالمخاطر قبل وقوعها.

دعائم تطبيق ادارة السلامة الذكية في مشروع نيوم والمربع الجديد.

كما يناقش البحث المشكلات التي تواجه أنظمة السلامة التقليدية مثل الاعتماد على الإجراءات الورقية، ضعف التنسيق بين فرق العمل، وقلة استخدام التقنيات الحديثة. لذلك يقترح الاعتماد على إدارة السلامة الذكية التي تعتمد على تحليل البيانات والأنظمة الرقمية لزيادة سرعة الاستجابة للحوادث وتقليل المخاطر.

دعائم تطبيق ادارة السلامة الذكية في مشروع نيوم والمربع الجديد.

وتهدف الدراسة إلى معرفة مدى تأثير التكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي على تطوير إدارة السلامة في هذه المشاريع، من خلال دراسة آراء مديري السلامة والمهندسين باستخدام استبيان وتحليل البيانات إحصائياً، للوصول إلى توصيات تساعد على تحسين بيئات العمل وتقليل الحوادث في المشاريع الكبرى.

The research discusses the application of smart safety management in mega projects such as NEOM and The New Square in Saudi Arabia within the framework of the digital transformation associated with Saudi Vision 2030. The study focuses on the role of digital technology and artificial

intelligence in improving safety systems at work sites through tools such as the Internet of Things (IoT), smart monitoring systems, and data analysis to predict risks before they occur.

The study also examines the challenges facing traditional safety management systems, including reliance on paper-based procedures, weak coordination between work teams, and limited use of modern technologies. Therefore, it highlights the importance of adopting smart safety management, which relies on digital systems and data analysis to enhance response speed to incidents and reduce workplace risks.

The research aims to identify the impact of digital technology and artificial intelligence on developing safety management in these projects by analyzing the perspectives of safety managers and engineers through questionnaires and statistical analysis, in order to provide recommendations that help improve work environments and reduce accidents in large-scale projects.

قائمة المحتويات

١	١ . صفحة الغلاف
٢	٢ . صفحة الآية القرآنية
٣	٣ . صفحة الإهداء

٤	صفحة الشكر والتقدير.....
٥	المستخلص
٥	(Abstract).....
٧	قائمة المحتويات.....
٧	الفصل الأول: المقدمة والإطار
٨	النظري.....
٨	الفصل
٢٦	الثاني.....
٩	الفصل
٧٤	الثالث.....
١٠	الفصل الرابع
١١	الفصل الخامس
١٢	المستخلص والتوصيات
١٣	المراجع
١٤	الملاحق

المقدمة

شهد العالم خلال العقدین الأخيرین تحولاً جذرياً في أساليب إدارة الأعمال والمشاريع نتيجة التطور السريع في التقنيات الرقمية والذكاء الاصطناعي. هذه التحولات لم تقتصر على تحسين الكفاءة التشغيلية فحسب، بل امتدت لتشمل مجالات حيوية مثل إدارة السلامة، التي تعد عنصراً أساسياً في نجاح المشاريع العملاقة. وفي المملكة العربية السعودية، ومع انطلاق رؤية ٢٠٣٠، برزت الحاجة إلى تبني أنظمة سلامة متطورة تعتمد على أحدث الابتكارات التقنية لضمان بيئات عمل آمنة ومستدامة. (Al-Kahtani, 2021)

تُعرف التكنولوجيا الرقمية بأنها مجموعة الأدوات والأنظمة التي تعتمد على الحوسبة، الاتصالات، ومعالجة البيانات لتحسين العمليات والإنتاجية. (Brennen & Kreiss, 2016) وقد أحدثت هذه التكنولوجيا ثورة في طريقة جمع وتحليل البيانات، مما أتاح للمؤسسات القدرة على اتخاذ قرارات أكثر دقة وسرعة. في سياق إدارة السلامة، توفر التكنولوجيا الرقمية إمكانيات متقدمة مثل أنظمة المراقبة الذكية، وأجهزة الاستشعار المتصلة بالإنترنت، ولوحات التحكم التفاعلية التي تعرض بيانات السلامة في الوقت الفعلي (Zhou et al., 2019).

كما أن تطبيقات إنترنت الأشياء (IoT) تمثل أحد أبرز مظاهر التكنولوجيا الرقمية في مجال السلامة، حيث يمكن من خلالها رصد الظروف البيئية في مواقع العمل، مثل درجة الحرارة، جودة الهواء، ومستويات الضوضاء، وإرسال تنبيهات فورية عند تجاوز الحدود المسموح بها. (Li et al., 2020) هذه القدرات تسهم في تقليل زمن الاستجابة للحوادث المحتملة، وتعزيز ثقافة الوقاية.

إضافة إلى ذلك، ساعدت التكنولوجيا الرقمية في تحسين التواصل بين فرق العمل، من خلال منصات إدارة المشاريع الرقمية التي تتيح مشاركة المعلومات والوثائق بشكل فوري، مما يقلل من الأخطاء الناتجة عن ضعف التنسيق. (Ghobakhloo, 2018) وهذا الجانب بالغ الأهمية في المشاريع العملاقة مثل نيوم والمربع الجديد، التي تتطلب تنسيقاً عالي المستوى بين مئات الفرق والمقاولين.

الذكاء الاصطناعي (AI) هو فرع من علوم الحاسوب يهدف إلى تطوير أنظمة قادرة على محاكاة القدرات الإدراكية للبشر، مثل التعلم، التحليل، واتخاذ القرار. (Russell & Norvig, 2021) في مجال إدارة السلامة، أصبح الذكاء الاصطناعي أداة لا غنى عنها لتحليل البيانات الضخمة الناتجة عن أنظمة المراقبة وأجهزة الاستشعار، واستخلاص أنماط يمكن أن تشير إلى مخاطر محتملة قبل وقوعها. (Zhang et al., 2021).

من أبرز تطبيقات الذكاء الاصطناعي في السلامة النماذج التنبؤية التي تعتمد على التعلم الآلي (Machine Learning) للتنبؤ بالحوادث بناءً على بيانات تاريخية وظروف تشغيلية حالية. (Kumar et al., 2020). هذه النماذج تساعد مديري السلامة على اتخاذ إجراءات وقائية استباقية، مما يقلل من احتمالية وقوع الحوادث.

كما أن تقنيات الرؤية الحاسوبية (Computer Vision) المدعومة بالذكاء الاصطناعي تُستخدم في تحليل الصور والفيديوهات من كاميرات المراقبة لاكتشاف السلوكيات غير الآمنة أو المخالفات في الوقت الفعلي. (Fang et al., 2018). هذا النوع من المراقبة الذكية يعزز قدرة فرق السلامة على التدخل السريع.

إضافة إلى ذلك، يمكن للذكاء الاصطناعي تحسين إدارة الأزمات من خلال أنظمة دعم القرار التي تقدم توصيات فورية للفرق الميدانية أثناء الحوادث، بناءً على تحليل شامل للبيانات المتاحة. (Zhou et al., 2020). هذه القدرات تجعل الذكاء الاصطناعي عنصراً محورياً في تطوير إدارة السلامة الذكية.

إدارة السلامة الذكية هي نهج متكامل يجمع بين التكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي بهدف تحسين معايير السلامة وتقليل المخاطر. (Chen et al., 2021) هذا النهج يعتمد على جمع البيانات الحية من مختلف مصادر المراقبة، تحليلها باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي، ثم تحويلها إلى إجراءات عملية على أرض الواقع.

من أهم خصائص إدارة السلامة الذكية أنها استباقية وليست تفاعلية فقط، أي أنها لا تنتظر وقوع الحوادث للتعامل معها، بل تعمل على التنبؤ بها ومنعها قبل حدوثها. (Li & Zhou, 2020) وهذا يتطلب بنية تحتية رقمية متكاملة تشمل أجهزة استشعار، شبكات اتصال عالية السرعة، ومنصات تحليل بيانات متقدمة.

كما أن إدارة السلامة الذكية تسهم في تعزيز ثقافة السلامة داخل المؤسسات، من خلال توفير بيانات شفافة وقابلة للقياس حول مؤشرات الأداء في مجال السلامة، مما يحفز العاملين على الالتزام بالإجراءات الوقائية (Wu et al., 2019). في المشاريع العملاقة مثل نيوم والمربع الجديد، يمكن لهذه الإدارة أن تقلل من معدلات الحوادث، وتحسن الكفاءة التشغيلية، وتدعم تحقيق أهداف الاستدامة.

إضافة إلى ذلك، فإن دمج إدارة السلامة الذكية في المشاريع الكبرى يتماشى مع توجهات رؤية السعودية ٢٠٣٠ التي تشجع على الابتكار والتحول الرقمي في جميع القطاعات، بما في ذلك قطاع البناء والتشييد (Saudi Vision 2030, 2020).

بناءً على ما سبق، يتضح أن التكنولوجيا الرقمية، الذكاء الاصطناعي، وإدارة السلامة الذكية تمثل ثلاث ركائز مترابطة يمكن أن تُحدث تحولاً نوعياً في معايير السلامة بالمشاريع العملاقة. ومن هنا، يهدف هذا البحث إلى استكشاف دعائم تطبيق إدارة السلامة الذكية في مشروع نيوم والمربع الجديد، وتحليل أثر استخدام هذه التقنيات في تحسين السلامة وتقليل المخاطر.

مشكلة الدراسة

تُعد إدارة السلامة المهنية من الركائز الأساسية التي تقوم عليها كفاءة واستدامة المشاريع العملاقة، حيث تمثل عنصراً حاسماً في حماية الموارد البشرية والمادية، وضمان استمرارية العمليات التشغيلية دون انقطاع أو خسائر جسيمة. وقد شهد هذا المجال تطوراً ملحوظاً في السنوات الأخيرة، خاصة مع ظهور مفاهيم حديثة ترتبط بالتحول الرقمي، والذي أصبح أحد المحركات الرئيسية لتطوير الأداء المؤسسي في مختلف القطاعات، لا سيما في المملكة العربية السعودية التي تتبنى توجهات استراتيجية طموحة في هذا المجال من خلال رؤية السعودية ٢٠٣٠.

وفي ظل هذا التحول، لم يعد مفهوم السلامة المهنية يقتصر على الإجراءات التقليدية التي تُتخذ بعد وقوع الحوادث، بل تطور ليشمل أنظمة ذكية تعتمد على استخدام التكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالمخاطر قبل حدوثها، وتحليل البيانات الضخمة الناتجة عن بيانات العمل المعقدة، بما يتيح اتخاذ قرارات دقيقة وسريعة تساهم في الحد من الحوادث وتقليل أثارها السلبية. ويُعرف هذا التوجه الحديث بمفهوم

"إدارة السلامة الذكية"، والذي يمثل نقلة نوعية من الإدارة التفاعلية إلى الإدارة الاستباقية (Zhou et al., 2019).

ومع ذلك، وعلى الرغم من الإمكانيات الكبيرة التي توفرها هذه التقنيات، فإن تطبيقها في الواقع العملي، خاصة في المشاريع العملاقة، لا يزال يواجه العديد من التحديات. فهذه المشاريع، مثل مشروع نيوم ومشروع المربع الجديد، تتسم بدرجة عالية من التعقيد، سواء من حيث حجم العمليات، أو تعدد الجهات المشاركة، أو تنوع المخاطر المرتبطة بها، وهو ما يجعل إدارة السلامة فيها أكثر صعوبة مقارنة بالمشاريع التقليدية.

وتتمثل إحدى أبرز الإشكاليات في وجود فجوة واضحة بين التطور التكنولوجي المتاح وبين مستوى التطبيق الفعلي داخل مواقع العمل، حيث لا تزال بعض المؤسسات تعتمد على أساليب تقليدية في إدارة السلامة، مثل النماذج الورقية والتقارير اليدوية، والتي تعاني من البطء في معالجة البيانات، وضعف القدرة على التنبؤ بالمخاطر، فضلاً عن محدودية دقتها في بيانات العمل الديناميكية. ويؤدي ذلك إلى تقليل فعالية أنظمة السلامة، وزيادة احتمالية وقوع الحوادث، خاصة في ظل غياب أنظمة إنذار مبكر تعتمد على التحليل الذكي للبيانات (Ghobakhloo, 2018).

كما أن التحديات لا تقتصر على الجانب التكنولوجي فقط، بل تمتد لتشمل أبعاداً تنظيمية وبشرية لا تقل أهمية، حيث تعاني بعض المؤسسات من ضعف التكامل بين الأنظمة الرقمية المختلفة، بالإضافة إلى نقص الكوادر المؤهلة القادرة على التعامل مع هذه التقنيات الحديثة. كما أن مقاومة التغيير من قبل بعض العاملين تمثل عائقاً أمام تبني أنظمة السلامة الذكية، خاصة في البيئات التي لم تتشكل فيها بعد ثقافة رقمية داعمة للابتكار (Li et al., 2020).

ومن ناحية أخرى، فإن الاعتماد المتزايد على التكنولوجيا في إدارة السلامة يطرح تحديات جديدة تتعلق بأمن المعلومات، وموثوقية الأنظمة، ومدى قدرتها على العمل بكفاءة في مختلف الظروف التشغيلية. كما أن التكلفة المرتفعة لتطبيق هذه التقنيات قد تمثل عائقاً أمام بعض الجهات، خاصة في المراحل الأولى من التحول الرقمي.

وبناءً على ما سبق، يمكن القول إن مشكلة الدراسة تتمحور حول وجود قصور في الفهم المتكامل للدعائم الأساسية التي تسهم في تطبيق إدارة السلامة الذكية في المشاريع العملاقة، خاصة في سياق التحول الرقمي

الذي تشهده المملكة العربية السعودية. كما تتجلى المشكلة في عدم وضوح الأدوار التي تلعبها التكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة أنظمة السلامة، بالإضافة إلى غياب إطار تطبيقي واضح يمكن من خلاله الاستفادة من هذه التقنيات بشكل فعال.

ومن هنا، تسعى هذه الدراسة إلى معالجة هذه الإشكالية من خلال تحليل شامل لمختلف العوامل المؤثرة في تطبيق إدارة السلامة الذكية، بما يسهم في تطوير نماذج تطبيقية يمكن الاستفادة منها في تحسين بيئات العمل، وتقليل المخاطر، وتعزيز الاستدامة في المشاريع العملاقة.

التساؤل الرئيسي :

ينطلق التساؤل الرئيسي لهذه الدراسة من الحاجة إلى بناء فهم علمي متكامل للإطار الذي يحكم تطبيق إدارة السلامة الذكية في المشاريع العملاقة، حيث تسعى الدراسة إلى الإجابة عن السؤال التالي:

ما دعائم تطبيق إدارة السلامة الذكية في مشروع نيوم والمربع الجديد؟

ويعكس هذا التساؤل توجهاً بحثياً يسعى إلى تحليل الأبعاد المتعددة التي تؤثر في نجاح تطبيق هذا النمط الحديث من إدارة السلامة، والتي تشمل الأبعاد التقنية المرتبطة بالبنية الرقمية، والأبعاد التنظيمية المرتبطة بالسياسات والإجراءات، بالإضافة إلى الأبعاد البشرية المرتبطة بسلوك العاملين وثقافة السلامة. كما يرتبط هذا التساؤل بشكل مباشر بأهداف التحول الرقمي التي تتبناها رؤية السعودية ٢٠٣٠، والتي تركز على رفع كفاءة الأداء وتعزيز الاستدامة التشغيلية في المشاريع الكبرى.

التساؤل الفرعي :

هل يلعب استخدام التكنولوجيا الرقمية دوراً في تطوير إدارة السلامة الذكية؟

ينبع هذا التساؤل من إدراك متزايد لأهمية التكنولوجيا الرقمية في تحسين كفاءة العمليات التشغيلية، حيث تتيح هذه التقنيات – مثل إنترنت الأشياء (IoT)، وأنظمة المراقبة الذكية، ولوحات التحكم الرقمية – إمكانيات متقدمة لجمع البيانات وتحليلها بشكل لحظي، مما يسهم في تحسين جودة المعلومات وسرعة اتخاذ القرار (Ghobakhloo, 2018).

كما تساعد هذه الأدوات في تعزيز التكامل بين فرق العمل المختلفة، وتقليل الفجوات التواصلية، وتوفير رؤية شاملة لمستوى المخاطر داخل بيئة العمل، الأمر الذي يؤدي إلى تقليل زمن الاستجابة للحوادث، ورفع

مستوى الكفاءة التشغيلية لأنظمة السلامة، خاصة في المشاريع التي تتسم بالتعقيد والتوسع الجغرافي (Zhou et al., 2019).

هل يسهم الذكاء الاصطناعي في تعزيز فعالية إدارة السلامة الذكية؟

يركز هذا التساؤل على استكشاف الدور المتنامي للذكاء الاصطناعي في تطوير أنظمة السلامة، حيث يمثل الذكاء الاصطناعي نقلة نوعية من الإدارة التفاعلية إلى الإدارة الاستباقية، من خلال قدرته على تحليل البيانات الضخمة واكتشاف الأنماط الخفية والتنبؤ بالمخاطر قبل وقوعها (Chen et al., 2021).

كما تتيح تقنيات مثل الرؤية الحاسوبية إمكانية مراقبة السلوكيات غير الآمنة في مواقع العمل، وتحليلها بشكل فوري، مما يساعد في اتخاذ إجراءات تصحيحية سريعة. إضافة إلى ذلك، تسهم خوارزميات التعلم الآلي في تحسين دقة القرارات وتقليل الأخطاء البشرية، وهو ما ينعكس بشكل مباشر على تقليل معدلات الحوادث ورفع مستوى السلامة المهنية (Fang et al., 2018).

إن الإجابة عن هذه التساؤلات لا تقتصر على الجانب النظري، بل تمتد لتوفير إطار عملي يمكن من خلاله فهم كيفية توظيف التكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي بشكل تكاملي لتطوير إدارة السلامة في المشاريع العملاقة، بما يسهم في بناء بيئات عمل أكثر أماناً وكفاءة واستدامة، ويعزز من قدرة المؤسسات على تحقيق التميز التشغيلي في ظل المنافسة العالمية.

أهداف الدراسة :

تسعى هذه الدراسة إلى تحقيق مجموعة متكاملة من الأهداف التي تجمع بين الجانب النظري والتطبيقي، وذلك في إطار السعي لفهم أعمق لكيفية تطبيق إدارة السلامة الذكية في المشاريع العملاقة، خاصة في ظل التحولات الرقمية التي يشهدها العالم، وبالأخص في المملكة العربية السعودية.

ويتمثل الهدف الرئيسي للدراسة في تحليل وتفسير الدلائل الأساسية التي تسهم في تطبيق إدارة السلامة الذكية، مع التركيز على دراسة النماذج التطبيقية في مشاريع كبرى مثل مشروع نيوم ومشروع المربع الجديد، وذلك بهدف الوصول إلى فهم شامل للعوامل التي تؤثر في نجاح هذا التطبيق.

ويندرج تحت هذا الهدف الرئيسي عدد من الأهداف الفرعية التي تسعى الدراسة إلى تحقيقها، والتي يمكن تفصيلها على النحو التالي:

التعرف على طبيعة التكنولوجيا الرقمية المستخدمة في إدارة السلامة، وتحليل مدى فاعليتها في تحسين الأداء وتقليل المخاطر.

دراسة دور الذكاء الاصطناعي في تطوير أنظمة السلامة، خاصة فيما يتعلق بالتنبؤ بالمخاطر واتخاذ القرارات.

تحليل التحديات التي تواجه تطبيق إدارة السلامة الذكية، سواء كانت تقنية أو تنظيمية أو بشرية.

تقييم مستوى الوعي لدى العاملين بأهمية استخدام التكنولوجيا في مجال السلامة.

تقديم توصيات عملية يمكن أن تسهم في تحسين تطبيق أنظمة السلامة الذكية في المشاريع العملاقة.

ولا تقتصر هذه الأهداف على الجانب الوصفي فقط، بل تمتد لتشمل التحليل والتفسير، بما يساعد في تقديم رؤية متكاملة يمكن الاعتماد عليها في تطوير السياسات والإجراءات المتعلقة بإدارة السلامة.

تسعى هذه الدراسة إلى تحقيق مجموعة من الأهداف العلمية والتطبيقية التي ترتبط ارتباطاً وثيقاً بمتطلبات التحول الرقمي في قطاع المشاريع العملاقة، خاصة في المملكة العربية السعودية، في ظل التوجهات الاستراتيجية التي تقودها رؤية السعودية ٢٠٣٠ نحو تبني التقنيات الحديثة وتحقيق التنمية المستدامة.

ويتمثل الهدف الرئيس للدراسة في تحليل دعائم تطبيق إدارة السلامة الذكية في المشاريع العملاقة، مع التركيز على نماذج تطبيقية مثل مشروع نيوم ومشروع المربع الجديد، وذلك من خلال استكشاف الأبعاد التقنية والتنظيمية والبشرية التي تسهم في نجاح هذا التطبيق.

وينفرع عن هذا الهدف العام مجموعة من الأهداف الفرعية التي تسعى الدراسة إلى تحقيقها، ومن أبرزها:

تحليل دور التكنولوجيا الرقمية في تحسين كفاءة أنظمة إدارة السلامة، ومدى إسهامها في دعم اتخاذ القرار القائم على البيانات.

استكشاف مدى فاعلية تطبيقات الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالمخاطر وتقليل الحوادث في بيئات العمل المعقدة.

تحديد التحديات التي تواجه تطبيق إدارة السلامة الذكية في المشاريع العملاقة، سواء كانت تقنية أو تنظيمية أو بشرية.

تقديم إطار علمي وتطبيقي يمكن من خلاله تعزيز تبني مفاهيم السلامة الذكية بما يتماشى مع أفضل الممارسات العالمية.

وتتبع أهمية هذه الأهداف من كونها لا تقتصر على التحليل النظري، بل تمتد إلى تقديم حلول عملية قابلة للتطبيق، بما يسهم في تحسين بيئات العمل ورفع كفاءة الأداء في المشاريع الكبرى (Zhou et al., 2019; Li et al., 2020).

أهمية الدراسة :

تكتسب هذه الدراسة أهمية كبيرة من طبيعة الموضوع الذي تتناوله، حيث تجمع بين مجالين من أهم المجالات المعاصرة، وهما إدارة السلامة المهنية والتكنولوجيا الرقمية، في ظل التحولات العالمية المتسارعة نحو الاقتصاد الرقمي، والذي أصبح يعتمد بشكل متزايد على توظيف التقنيات الحديثة في تحسين الأداء المؤسسي وتعزيز الكفاءة التشغيلية. ويزداد هذا الأمر أهمية في سياق المملكة العربية السعودية، التي تشهد طفرة تنموية غير مسبوقة في إطار رؤية السعودية ٢٠٣٠، والتي تسعى إلى تطوير مختلف القطاعات من خلال تبني الابتكار والتكنولوجيا الحديثة.

وتتبع الأهمية العلمية لهذه الدراسة من كونها تسهم في إثراء الأدبيات العربية في مجال إدارة السلامة الذكية، وهو مجال حديث نسبياً، ولم يحظَ بالقدر الكافي من الدراسات، خاصة في البيئة العربية. كما تقدم الدراسة إطاراً نظرياً متكاملًا يجمع بين الأبعاد التقنية والتنظيمية والبشرية، وهو ما يميزها عن العديد من الدراسات السابقة التي ركزت على جانب واحد فقط دون غيره.

أما من الناحية التطبيقية، فتتمثل أهمية الدراسة في تقديم نتائج يمكن الاستفادة منها بشكل مباشر في تحسين أنظمة السلامة داخل المشاريع العملاقة، مثل مشروع نيوم ومشروع المربع الجديد، حيث تساعد هذه النتائج في دعم صناع القرار من خلال توفير معلومات دقيقة قائمة على التحليل العلمي حول أفضل السبل لتطبيق أنظمة السلامة الذكية.

كما تسهم الدراسة في تعزيز الوعي بأهمية التحول من الأساليب التقليدية في إدارة السلامة إلى الأساليب الحديثة التي تعتمد على البيانات والتحليل الذكي، وهو ما يؤدي إلى تقليل معدلات الحوادث، وتحسين جودة

بيئة العمل، وزيادة الإنتاجية. ولا تقتصر هذه الفوائد على المستوى المؤسسي فقط، بل تمتد لتشمل الاقتصاد الوطني بشكل عام، من خلال تقليل الخسائر الناتجة عن الحوادث المهنية، وتحسين كفاءة استخدام الموارد. ومن ناحية أخرى، تبرز أهمية الدراسة في تناولها لموضوع الذكاء الاصطناعي كأحد المحركات الرئيسية لتطوير أنظمة السلامة، حيث يساهم في تقديم حلول مبتكرة تعتمد على التنبؤ بالمخاطر وتحليل السلوكيات، وهو ما يمثل نقلة نوعية في هذا المجال. كما أن الدراسة تسلط الضوء على التحديات التي قد تواجه تطبيق هذه التقنيات، مما يساعد في وضع استراتيجيات فعالة للتغلب عليها.

منهج الدراسة :

تعتمد هذه الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، باعتباره من أكثر المناهج ملاءمة لدراسة الظواهر المعاصرة التي تتسم بالتعقيد والتداخل بين عدة متغيرات، حيث يتيح هذا المنهج وصف الواقع كما هو قائم، وتحليله بصورة علمية دقيقة، بهدف استخلاص النتائج والتوصل إلى استنتاجات قابلة للتطبيق. ويُستخدم هذا المنهج في تحليل واقع تطبيق إدارة السلامة الذكية في المشاريع العملاقة، من خلال دراسة الأبعاد المختلفة المرتبطة بها، سواء كانت تقنية مثل استخدام الذكاء الاصطناعي وأنظمة المراقبة الرقمية، أو تنظيمية مثل السياسات والإجراءات، أو بشرية مثل سلوكيات العاملين وثقافة السلامة. كما يتيح المنهج الوصفي التحليلي إمكانية الربط بين النتائج النظرية والتطبيقات العملية، مما يساعد في تقديم توصيات مبنية على أسس علمية واضحة، تساهم في تطوير أنظمة السلامة في المشاريع الكبرى (Creswell, 2014).

حدود الدراسة :

تحدد هذه الدراسة بعدد من الحدود التي تساعد في توضيح نطاقها العلمي والتطبيقي، وتتمثل فيما يلي:

الحدود الموضوعية: تركز الدراسة على دعائم تطبيق إدارة السلامة الذكية، مع التركيز على دور التكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي في هذا المجال.

الحدود المكانية: تقتصر الدراسة على المشاريع العملاقة في المملكة العربية السعودية، وبشكل خاص مشروع نيوم ومشروع المربع الجديد.

الحدود الزمنية: تتناول الدراسة الفترة المعاصرة المرتبطة بمرحلة التحول الرقمي الحالية.

الحدود البشرية: تشمل العاملين والمسؤولين عن إدارة السلامة في هذه المشاريع. وتسهم هذه الحدود في تحديد الإطار العام للدراسة، وضمان تركيزها على الجوانب الأكثر ارتباطاً بموضوع البحث.

مصطلحات الدراسة :

- إدارة السلامة الذكية:

هي نظام متكامل يعتمد على استخدام التقنيات الرقمية والذكاء الاصطناعي في رصد المخاطر وتحليلها والتنبؤ بها، بهدف تقليل الحوادث وتحسين بيئة العمل (Zhou et al., 2019).

٢- التكنولوجيا الرقمية:

تشير إلى مجموعة الأدوات والأنظمة الإلكترونية التي تُستخدم في جمع البيانات ومعالجتها وتحليلها، مثل إنترنت الأشياء والأنظمة الذكية (Ghobakhloo, 2018).

٣- الذكاء الاصطناعي:

هو فرع من علوم الحاسوب يركز على تطوير أنظمة قادرة على محاكاة القدرات الذهنية البشرية، مثل التعلم واتخاذ القرار (Russell & Norvig, 2020).

فروض الدراسة :

الفرض الرئيسي: توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين استخدام التكنولوجيا الرقمية وتطبيق إدارة السلامة الذكية في المشاريع العملاقة.

فروض فرعية:

توجد علاقة بين استخدام الذكاء الاصطناعي وتحسين كفاءة إدارة السلامة.

توجد علاقة بين البنية التحتية الرقمية وفعالية أنظمة السلامة.

توجد فروق بين آراء العاملين حول تطبيق السلامة الذكية حسب الخبرة أو المؤهل.

تشير المعطيات النظرية والتطبيقية إلى أن التحولات الرقمية المتسارعة التي يشهدها العالم في الوقت الراهن قد أسهمت بشكل جوهري في إعادة تشكيل مفاهيم إدارة السلامة المهنية، حيث لم تعد هذه الإدارة تقتصر على الإجراءات التقليدية القائمة على الاستجابة للحوادث بعد وقوعها، بل تطورت لتصبح منظومة ذكية متكاملة تعتمد على التنبؤ بالمخاطر وتحليلها بشكل استباقي باستخدام التقنيات الحديثة. ويظهر هذا التحول بوضوح في سياق المملكة العربية السعودية، التي تتبنى توجهات استراتيجية طموحة من خلال رؤية السعودية ٢٠٣٠، والتي تهدف إلى تعزيز الكفاءة التشغيلية وتحقيق الاستدامة في مختلف القطاعات، وخاصة في المشاريع العملاقة التي تنسم بالتعقيد والتنوع في مصادر المخاطر. وفي هذا الإطار، برزت إدارة السلامة الذكية كأحد المفاهيم الحديثة التي تقوم على توظيف التكنولوجيا الرقمية، مثل إنترنت الأشياء وتحليل البيانات الضخمة، إلى جانب تقنيات الذكاء الاصطناعي، في جمع البيانات من بيئات العمل وتحليلها بشكل لحظي، بما يتيح التنبؤ بالمخاطر قبل وقوعها واتخاذ قرارات دقيقة تسهم في الحد من الحوادث وتقليل آثارها السلبية. كما أن هذه الأنظمة تسهم في تحسين كفاءة المراقبة، وتعزيز التكامل بين مختلف عناصر بيئة العمل، وتقليل الاعتماد على التدخل البشري في العمليات التي تنسم بالخطورة أو التعقيد. ومع ذلك، فإن تطبيق هذه النظم في الواقع العملي لا يخلو من التحديات، حيث تواجه المؤسسات مجموعة من المعوقات المرتبطة بارتفاع تكاليف التطبيق، وضعف البنية التحتية التقنية في بعض الحالات، بالإضافة إلى نقص الكوادر البشرية المؤهلة، ومقاومة التغيير التنظيمي، فضلاً عن القضايا المرتبطة بأمن المعلومات وخصوصية البيانات. ومن هنا تتضح الحاجة إلى تبني إطار متكامل يجمع بين الجوانب التقنية والتنظيمية والبشرية، بما يسهم في تحقيق الاستفادة القصوى من إمكانات التكنولوجيا الحديثة في مجال إدارة السلامة، خاصة في المشاريع الكبرى مثل مشروع نيوم ومشروع المربع الجديد، والتي تمثل نماذج رائدة لتطبيق مفاهيم التحول الرقمي. وبناءً على ذلك، تمثل هذه الدراسة محاولة علمية لفهم دعائم تطبيق إدارة السلامة الذكية، وتحليل العوامل المؤثرة في نجاحها، بما يسهم في تطوير بيئات عمل أكثر أماناً وكفاءة، ويدعم التوجه نحو تحقيق التنمية المستدامة في ظل الاقتصاد الرقمي (Zhou et al., 2019; Ghobakhloo, 2018; Li et al., 2020; Russell & Norvig, 2020; Hughes & Ferrett, 2020).

في ضوء التطورات التقنية الحديثة، أصبح من الضروري النظر إلى إدارة السلامة المهنية ليس فقط كعملية تنظيمية داخل بيئة العمل، بل كنظام متكامل يعتمد على التحليل الاستراتيجي للبيانات وتقييم المخاطر بشكل ديناميكي، مما يتيح للمؤسسات القدرة على التكيف السريع مع التغيرات الطارئة وتقليل احتمالية وقوع الحوادث (Choudhry et al., 2017). وتؤكد الدراسات أن دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي وإنترنت

الأشياء والتحليلات التنبؤية في بيئة العمل يساهم في خلق بيئة أكثر أماناً وفعالية، إذ تمكن هذه التقنيات من مراقبة العمليات بشكل مستمر، والتعرف على الأنماط التي قد تؤدي إلى المخاطر، وتحسين القرارات الإدارية في الوقت الفعلي (Fang et al., 2021). كما أن إدارة السلامة الذكية تعمل على تعزيز ثقافة السلامة بين العاملين من خلال برامج تدريبية تعتمد على محاكاة المخاطر وتطبيقات الواقع الافتراضي، ما يساهم في رفع وعي الموظفين وتحفيزهم على اتباع إجراءات السلامة بشكل مستمر (Wang et al., 2020). ومن الجدير بالذكر أن نجاح تطبيق هذه الأنظمة يعتمد بشكل أساسي على قدرة المؤسسة على دمج العناصر البشرية والتقنية، وضمان وجود كوادر مؤهلة للتعامل مع البيانات الضخمة وتحليلها، إضافة إلى تطوير سياسات واضحة لإدارة المخاطر الرقمية وحماية المعلومات (Bai et al., 2022). وبالتالي، يمكن النظر إلى إدارة السلامة الذكية كنموذج مستقبلي يحقق التوازن بين الابتكار التقني وفعالية الإجراءات الوقائية، بما يدعم الأهداف الاستراتيجية للمؤسسات ويساهم في تقليل التكاليف الناتجة عن الحوادث وتحسين أداء المشاريع الكبرى (Zhou et al., 2019). وعليه، فإن الدراسات المستقبلية توصي بضرورة تطوير أطر معيارية متكاملة لتطبيق إدارة السلامة الذكية، تشمل عناصر التقييم المستمر، والتدريب، والتحفيز التنظيمي، إلى جانب تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي لضمان استدامة النتائج وتحقيق أعلى مستويات الأمان والجودة في بيئة العمل (Ghobakhloo, 2018; Li et al., 2020).

في ضوء التحولات الرقمية والتقنية المتسارعة، أصبح من الضروري إعادة النظر في مفاهيم إدارة المخاطر والسلامة المهنية لتتجاوز النماذج التقليدية، وتتبنى مقاربة شاملة تربط بين الابتكار التكنولوجي وكفاءة الموارد البشرية. فالاعتماد على تقنيات الذكاء الاصطناعي، وإنترنت الأشياء، والتحليلات التنبؤية يتيح للمؤسسات القدرة على مراقبة بيئة العمل بشكل فوري، والتعرف على المخاطر قبل حدوثها، ما يعزز من قدرات الوقاية الاستباقية ويحد من الحوادث والإصابات (Ding et al., 2021). وتشير الدراسات إلى أن دمج نظم الإدارة الذكية للسلامة مع البيانات الضخمة يخلق نموذجاً ديناميكياً يمكنه التكيف مع المتغيرات البيئية والتقنية، بحيث يتمكن من تقييم المخاطر بشكل دوري، وتحليل الاتجاهات، وتقديم توصيات دقيقة للقيادات الإدارية (Kwak et al., 2020).

علاوة على ذلك، يلعب العنصر البشري دوراً محورياً في نجاح تطبيق هذه النظم، حيث يشير Ghobakhloo (2018) إلى أن تطوير الكفاءات البشرية للتعامل مع البيانات والتحليلات الذكية يعد من أهم عوامل استدامة إدارة السلامة الذكية، إذ تساهم القدرة على تفسير البيانات واتخاذ القرارات المبنية عليها

في تحسين ثقافة السلامة داخل المؤسسات. كما أن استخدام تقنيات الواقع الافتراضي والواقع المعزز في التدريب على المخاطر يسمح للموظفين بمحاكاة السيناريوهات الخطرة بطريقة آمنة، مما يزيد من وعيهم ويحفز سلوكيات السلامة الإيجابية (Wang et al., 2020).

ومن ناحية أخرى، فإن التطبيقات العملية لهذه النظم تظهر أهمية وضع أطر معيارية متكاملة تشمل تقييم الأداء، وإدارة البيانات، ومراقبة الالتزام بالإجراءات الوقائية، إلى جانب تطوير سياسات واضحة للسلامة الرقمية وحماية المعلومات (Bai et al., 2022). وتؤكد الدراسات الحديثة أن المؤسسات التي تعتمد على هذا النهج تشهد تحسناً كبيراً في كفاءة العمليات وتقليل التكاليف المرتبطة بالحوادث، بالإضافة إلى زيادة رضا العاملين ورفع مستوى الإنتاجية (Fang et al., 2021).

بالإضافة إلى ذلك، تبرز الحاجة إلى البحث المستمر والتطوير التكنولوجي لضمان تحديث النظم بما يتوافق مع المستجدات الصناعية والتقنية، حيث أن دمج تعلم الآلة والتحليلات الذكية في بيئة العمل يمكن أن يساهم في التنبؤ بالأنماط الخطرة وتحسين إدارة الموارد بشكل استراتيجي (Li et al., 2020). ومن هنا، يوصي الباحثون بضرورة تبني نموذج متكامل يجمع بين الابتكار التكنولوجي، تدريب الموارد البشرية، ووضع السياسات التنظيمية الداعمة للسلامة، لضمان تحقيق بيئة عمل آمنة ومستدامة على المدى الطويل (Zhou et al., 2019). وعليه، يمكن القول إن إدارة السلامة المهنية الذكية تمثل مستقبل إدارة المخاطر في المؤسسات الحديثة، حيث توفر منصة متكاملة للتفاعل بين التكنولوجيا، العنصر البشري، واستراتيجيات الإدارة، بما يعزز من القدرة التنافسية ويحقق الاستدامة المؤسسية (Choudhry et al., 2017).

تُظهر التحليلات الحديثة أن دمج نظم المعلومات الإدارية الذكية في بيئة العمل يساهم بشكل ملحوظ في تحسين دقة اتخاذ القرار، وتقليل الأخطاء البشرية المرتبطة بتقديرات المخاطر التقليدية (Huang et al., 2021). فالقدرة على جمع البيانات في الوقت الفعلي وتحليلها باستخدام تقنيات تعلم الآلة تمكن المدراء من تحديد أولويات التدخل، وإعادة تخصيص الموارد بشكل استراتيجي، مما يؤدي إلى تحسين فعالية الخطط الوقائية وتقليل احتمالية وقوع الحوادث (Zhang et al., 2020). كما أن التحول الرقمي في إدارة السلامة يفتح المجال أمام تصميم أنظمة ديناميكية تستطيع التكيف مع التغيرات المستمرة في بيئة العمل، بما يضمن استمرارية الأداء وتحقيق أهداف السلامة المؤسسية.

إضافة إلى ذلك، أصبح استخدام الأدوات التكنولوجية الحديثة في التدريب على السلامة أمراً حيوياً لرفع مستوى كفاءة الموظفين. فالواقع الافتراضي، الواقع المعزز، والمحاكاة التفاعلية تساعد على تقديم

سيناريوهات واقعية دون تعريض العاملين للخطر، وبالتالي تعزيز مهارات الاستجابة السريعة واتخاذ القرارات في المواقف الحرجة (Al-Mashaqbeh et al., 2022). وتشير الدراسات إلى أن التدريب الرقمي يقلل من معدل الحوادث بنسبة تصل إلى ٣٠% في المؤسسات التي تعتمد منهجيات مبتكرة في تطوير مهارات الموظفين، مقارنة بالبرامج التقليدية (Singh et al., 2020).

من منظور تنظيمي، يُعد تطوير ثقافة سلامة قائمة على البيانات والتحليل المستمر أحد العناصر الأساسية لضمان استدامة الإدارة الذكية للمخاطر. فالمؤسسات التي تُعزز ثقافة سلامة شاملة تشجع على الإبلاغ عن الحوادث الصغيرة، ومراجعة الإجراءات بشكل دوري، ودمج التغذية الراجعة في السياسات الداخلية، تحقق نتائج أفضل في تقليل المخاطر وتحسين الأداء العام (Mohammed et al., 2021). كما أن دمج تكنولوجيا المعلومات مع استراتيجيات الإدارة التقليدية يخلق نظاماً متكاملًا يجمع بين القدرة على التنبؤ بالمخاطر، تحسين أداء الموظفين، وضمان التزام العاملين بمعايير السلامة (Li et al., 2021).

بالنظر إلى الاتجاهات المستقبلية، يُتوقع أن تسهم الابتكارات في الذكاء الاصطناعي والتحليلات التنبؤية بشكل أكبر في تعزيز السلامة المهنية، عبر تطوير خوارزميات قادرة على التنبؤ بالأحداث الحرجة قبل وقوعها، واقتراح إجراءات وقائية مخصصة لكل بيئة عمل (Kumar et al., 2022). وهذا يفتح المجال أمام تصميم بيئات عمل ذكية متكاملة تجمع بين الاستشعار الرقمي، تحليل البيانات، والتدخل البشري المدروس، بحيث يتم تحسين الإنتاجية مع تقليل المخاطر بشكل مستدام.

تلعب نظم المراقبة الذكية دوراً محورياً في تعزيز السلامة المهنية، حيث توفر بيانات دقيقة عن سلوك الموظفين، الظروف البيئية، وحالة المعدات بشكل مستمر (Wang et al., 2021). هذه البيانات تمكن فرق الإدارة من التعرف على الأنماط الخطرة واتخاذ إجراءات تصحيحية قبل حدوث أي حادث، كما تساهم في تصميم سياسات وقائية تعتمد على الوقائع الحقيقية بدلاً من التقديرات التقليدية. علاوة على ذلك، فإن تحليل البيانات الكبيرة يسمح بتحديد المناطق الأكثر عرضة للمخاطر، مما يساعد على تخصيص الموارد البشرية والتقنية بشكل أمثل.

تعتمد فعالية أنظمة السلامة الذكية أيضاً على القدرة على دمج التكنولوجيا مع مهارات العاملين وخبراتهم، بحيث تصبح التكنولوجيا أداة داعمة لاتخاذ القرار وليست بديلاً عن العنصر البشري (Chen et al., 2020). فالتفاعل بين الموظفين وأنظمة المراقبة الذكية يخلق بيئة عمل أكثر أماناً، حيث يمكن للموظفين

المتمرسين تقديم التغذية الراجعة وتحسين استجابة النظام للمواقف المختلفة، ما يعزز من قابلية التنبؤ بالمخاطر ويقلل من معدل الحوادث.

من ناحية التدريب المستمر، يشير البحث إلى أن دمج محاكاة الواقع الافتراضي والواقع المعزز مع التعليم التقليدي يؤدي إلى نتائج أفضل في تطوير مهارات السلامة (Hosseini et al., 2021). فالتعرض المتكرر للسيناريوهات الافتراضية يمكّن الموظفين من اكتساب خبرة واسعة دون تعريضهم لمخاطر فعلية، كما يساهم في رفع مستوى الثقة بالنفس عند التعامل مع مواقف خطيرة. هذا النوع من التدريب يعزز القدرة على اتخاذ قرارات سريعة وصحيحة، ويقلل من الإجهاد الناتج عن المواقف الحرجة في بيئة العمل الواقعية. تلعب الثقافة التنظيمية دوراً أساسياً في نجاح تطبيق التقنيات الحديثة في السلامة المهنية. فالمؤسسات التي تشجع على التواصل المفتوح والإبلاغ عن الحوادث الصغيرة وتعزز التزام الموظفين بمعايير السلامة تحقق نتائج أفضل في تقليل المخاطر (Al-Jabari & Al-Harthi, 2021). كما أن دمج التكنولوجيا مع استراتيجيات الإدارة التقليدية يخلق بيئة متكاملة تدعم اتخاذ القرار المبني على الأدلة وتحسن مستوى الالتزام بالإجراءات الوقائية بين العاملين.

على صعيد التحديات، تواجه المؤسسات عدة عقبات عند تطبيق نظم السلامة الذكية، من أبرزها مقاومة التغيير من قبل الموظفين، التكلفة العالية لتقنيات المراقبة والتحليل، وصعوبة تكامل الأنظمة مع البنية التحتية الحالية (Lee et al., 2020). لذلك، من الضروري تبني استراتيجيات إدارة التغيير، وتوفير برامج تدريبية شاملة، بالإضافة إلى التخطيط المالي الدقيق لضمان استدامة النظم التقنية وتحقيق أقصى استفادة منها.

في ضوء ما سبق، يتضح أن الجمع بين التكنولوجيا الحديثة، التدريب المتقدم، والثقافة التنظيمية القوية يشكل قاعدة متينة لإدارة السلامة بشكل فعال ومستدام. فالتحليل الذكي للبيانات، والتنبؤ بالمخاطر، والتدريب التفاعلي، يساهم جميعها في خلق بيئات عمل أكثر أماناً، ويزيد من قدرة المؤسسات على مواجهة التحديات المستقبلية بكفاءة (Rao et al., 2022). وبذلك، يصبح الإطار النظري شاملاً لمفهوم الإدارة الذكية للسلامة، ويعكس الترابط بين الإنسان والتكنولوجيا لتحقيق بيئة عمل آمنة وفعّالة.

تشير الدراسات الحديثة إلى أن إدارة السلامة المهنية أصبحت تعتمد بشكل متزايد على دمج التكنولوجيا المتقدمة مع العنصر البشري لتعزيز بيئات العمل وتقليل المخاطر (Wang, Liu, & Chen, 2021).

فأنظمة المراقبة الذكية توفر بيانات دقيقة لحظية عن سلوك الموظفين، ظروف البيئة، وحالة المعدات، مما يمكن فرق الإدارة من التعرف على الأنماط الخطرة واتخاذ إجراءات تصحيحية فورية قبل حدوث أي حادث. كما يتيح تحليل البيانات الكبيرة تحديد المناطق الأكثر عرضة للمخاطر وتخصيص الموارد البشرية والتقنية بشكل أمثل، مما يعزز الكفاءة التشغيلية ويقلل من احتمالية وقوع الحوادث (Chen, Xu, & Zhang, 2020). وفي هذا السياق، يعد التفاعل بين الموظفين والنظم الذكية عنصراً جوهرياً، حيث يمكن للعاملين المتمرسين تقديم التغذية الراجعة وتحسين أداء النظام في التعامل مع المواقف المختلفة، مما يزيد من فعالية اتخاذ القرارات ويقلل من الأخطاء البشرية. ومن ناحية التدريب، أظهرت الأبحاث أن دمج محاكاة الواقع الافتراضي والواقع المعزز مع البرامج التعليمية التقليدية يساهم في تعزيز مهارات السلامة لدى الموظفين، ويزيد من قدرتهم على مواجهة السيناريوهات الحرجة بثقة وأمان، دون تعريضهم لمخاطر فعلية (Hosseini, Khosravi, & Rahmani, 2021). كما تلعب الثقافة التنظيمية دوراً أساسياً في نجاح تطبيق هذه النظم، حيث أظهرت الدراسات أن المؤسسات التي تعزز التواصل المفتوح، وتشجع على الإبلاغ عن الحوادث الصغيرة، وتبني معايير صارمة للسلامة، تحقق نتائج أفضل في تقليل المخاطر وتحسين التزام الموظفين بالإجراءات الوقائية (Al-Jabari & Al-Harthy, 2021). وعلى الرغم من ذلك، تواجه المؤسسات تحديات ملموسة عند تنفيذ هذه الأنظمة، مثل مقاومة التغيير، التكلفة العالية للتقنيات، وصعوبة تكامل الأنظمة مع البنية التحتية القائمة، مما يتطلب اعتماد استراتيجيات إدارة التغيير، وتوفير برامج تدريبية متكاملة، والتخطيط المالي الدقيق لضمان استدامة النظم التقنية وتحقيق أقصى استفادة منها (Lee, Kim, & Park, 2020). في ضوء هذه العوامل، يصبح الجمع بين التكنولوجيا المتقدمة، التدريب التفاعلي، والتحليل الذكي للبيانات، مع ثقافة تنظيمية داعمة، قاعدة متينة لإدارة السلامة بشكل فعال ومستدام، ويتيح للمؤسسات القدرة على التنبؤ بالمخاطر، تحسين بيانات العمل، وتعزيز سلامة الموظفين بشكل شامل ومستمر (Rao, Singh, & Kumar, 2022). وهكذا، يظهر الإطار النظري كخريطة متكاملة تربط بين الابتكار التكنولوجي، العنصر البشري، والتحديات المؤسسية، ليؤسس لمفهوم إدارة السلامة الذكية المستندة إلى الأدلة، مما يعكس التوجهات الحديثة في البحث التطبيقي ويعزز الفاعلية المؤسسية في بيئات العمل المعقدة والمتغيرة.

في ضوء ما سبق، يتضح أن إدارة السلامة المهنية لم تعد مجرد التزام شكلي أو مجموعة من القواعد التقليدية، بل أصبحت منظومة ديناميكية متكاملة تجمع بين التكنولوجيا المتقدمة، الخبرات البشرية، والتحليل الاستراتيجي للبيانات لضمان بيئات عمل آمنة وفعالة. فقد أظهرت الدراسات أن استخدام أنظمة المراقبة

الذكية، وتحليل البيانات الكبيرة، والتدريب التفاعلي بالواقع الافتراضي والواقع المعزز، يرفع من كفاءة العاملين، ويقلل من المخاطر، ويجعل اتخاذ القرارات أسرع وأكثر دقة (Wang, Liu, & Chen, 2021؛ Hosseini, Khosravi, & Rahmani, 2021). كما يتضح أن نجاح هذه الأنظمة لا يقتصر على الجانب التكنولوجي فقط، بل يتطلب أيضًا ثقافة مؤسسية داعمة، واستراتيجيات فعّالة لإدارة التغيير، وتعاونًا مستمرًا بين الفرق الإدارية والموظفين، لضمان استدامة الأداء والتحسين المستمر (AI- Jabari & Al-Harthy, 2021؛ Lee, Kim, & Park, 2020). ومع ذلك، فإن التحديات مثل مقاومة التغيير، وارتفاع تكاليف التقنية، وتعقيد تكامل النظم، تفرض على المؤسسات تبني أساليب مبتكرة للتغلب عليها، بما يشمل برامج التدريب المستمر، والتحفيز، وإعادة تصميم العمليات لتتلاءم مع المعايير الحديثة للسلامة (Chen, Xu, & Zhang, 2020). وبالنظر إلى هذه العوامل المتشابكة، يصبح من الضروري الانتقال في الفصل القادم إلى دراسة التطبيقات العملية لهذه النظم، وتحليل نتائجها في الواقع العملي، وقياس مدى تأثيرها على الأداء المؤسسي وفاعلية إدارة المخاطر. وسيتيح الفصل التالي استكشاف الأدوات التقنية، النماذج التطبيقية، وأفضل الممارسات التي تمكن المؤسسات من الانتقال من النظرية إلى التطبيق الفعلي، مع تقديم إطار واضح لتقييم النتائج وتحسين العمليات بشكل مستمر، مما يضع الأساس لتطوير استراتيجيات مستدامة لإدارة السلامة الذكية في بيئات العمل الحديثة.

الفصل الثاني: الإطار النظري والدراسات السابقة

أولاً: الإطار النظري

يُعد الإطار النظري الركيزة الأساسية التي يقوم عليها أي بحث علمي رصين، فهو البنية المفاهيمية التي تُنظّم الأفكار، وتُفسّر الظواهر، وتُقدّم الأسس العلمية التي يستند إليها الباحث في تحليل المتغيرات وفهم العلاقات بينها. وفي سياق هذا البحث، الذي يتناول دعائم تطبيق إدارة السلامة الذكية في المشاريع العملاقة مثل نيوم والمربع الجديد، تكتسب صياغة الإطار النظري أهمية استثنائية، نظرًا للطبيعة المتداخلة والمعقدة للمتغيرات الثلاثة التي يقوم عليها البحث، وهي التكنولوجيا الرقمية، والذكاء الاصطناعي، وإدارة السلامة الذكية. فهذه المتغيرات لا تعمل بمعزل عن بعضها، بل تتشابك في منظومة معرفية واحدة تعيد صياغة مفهوم إدارة المخاطر في بيئات العمل الحديثة، وتفتح آفاقًا جديدة لفهم التحديات والفرص التي تطرحها المشاريع العملاقة.

كما يُقدّم الإطار النظري خلفية موسّعة للأبعاد التي يتشكّل منها كل متغير، لا بوصفها نقاطاً متناثرة، بل كخيوط متشابكة ترسم ملامح المشهد العملي في مواقع العمل الكبرى. تتبدّى البنية التحتية الرقمية باعتبارها العمود الفقري الذي يهيئ للموقع القدرة على استقبال موجات البيانات دون انقطاع، فتوفّر الشبكات الموثوقة والأجهزة المحدثّة ومساحات التخزين والمعالجة الكافية القدرة على التقاط المؤشرات

البيئية والتشغيلية وإتاحتها للتحليل الفوري، ويظهر إنترنت الأشياء كطبقة حساسة تجعل السطح المادي للموقع قابلاً للقراءة؛ إذ تتحول الحرارة والرطوبة والغبار والضوضاء والاهتزازات إلى إشارات منتظمة، تتم معاييرها وصيانتها، وترسل تنبيهات مبكرة قبل بلوغ عتبات الخطورة. في الأفق نفسه يبرز تكامل المنصات باعتباره اللغة المشتركة التي تمنع ضياع المعنى بين المقاولين والجهات، فتوحد واجهات الإدخال وتسهل توحيد الأكواد والمصطلحات، وتقلل من التشويش الاتصالي الذي كثيراً ما يبذل الجهد والوقت. وتأتي جودة البيانات لتضبط نقاء الصورة التحليلية بفضل دقة وتمام وتزامن القياسات، فيما ترسي حوكمة البيانات والأمن السيبراني الأسس الأخلاقية والقانونية والمهنية لاستخدام آمن ومسؤول، مع تعريف واضح للأدوار والصلاحيات ومسارات الوصول والمراجعة الدورية. وفي ضوء هذه البيئة، يغدو الذكاء الاصطناعي أداة تحويل المعطيات إلى رؤى قابلة للتنفيذ؛ فالنماذج التنبؤية تُعيد قراءة التاريخ التشغيلي وظروف الحاضر لتقدير احتمالات وقوع الحوادث، والرؤية الحاسوبية تُنقي سيل الفيديو والصور لرصد سلوكيات غير آمنة فور ظهورها، وأنظمة دعم القرار تقترح مسارات تدخل مرجحة منطقياً زمن الأزمة، وتحليلات البيانات الضخمة تمزج بين النصوص والتقارير وإشارات الاستشعار لتشكيل قاعدة معرفية ثرية. ويكتسب هذا الذكاء مشروعته كلما ازدادت قابليته للتفسير ووضوح منطقه وخلوه من التحيز، بما يضمن قبول الفرق الميدانية ومواءمته لثقافة المؤسسة. أما إدارة السلامة الذكية فتتجسد كمنظومة تمسك بمفاصل الوقاية والقياس والاستجابة في آن واحد؛ فهي تُبكر بالإنذار قبل الوصول إلى العتبات الحرجة، وتحوّل المؤشرات إلى لغة مشتركة يمكن قراءتها أسبوعياً على لوحة واحدة، وتختبر جاهزيتها عبر تمارين وخطط واضحة لما قبل الحادث وأثناءه وبعده، وتشدّ عُرى التكامل بين المقاولين على مستوى البيانات والإجراءات، وتبني ثقافة سلامة رقمية تعيد توجيه السلوك اليومي نحو الالتزام القائم على الدليل. بهذا التصوّر، لا تبقى الأبعاد تفصيلات تقنية معزولة، بل تتحوّل إلى روافد متساندة تعمل معاً لخلق بيئة عمل ترى المخاطر قبل أن تتبدى، وتتعامل معها بسرعة وكياسة حين تقع، وتتعلم منها لتصبح أكثر جاهزية في الغد من اليوم.

تطلّ التكنولوجيا الرقمية في المشاريع العملاقة باعتبارها نسيجاً متداخلاً الطبقات يُنتج توقيتاً تشغيلياً مرناً وبيانات عالية الجودة ورؤية مشتركة للحظة العمل. تبدأ الحكاية ببنية اتصالية مُصمّمة لكي تعمل تحت أحمال مرتفعة وتغطّي مساحات شاسعة تتعدد فيها نقاط الوصول وتتفاوت فيها ظروف البيئة، ثم ترتفع إلى طبقة الاستشعار التي تمسح أفق الموقع في الزمن الحقيقي، فتكشف حساسية الحرارة وتبدّل الرطوبة وتراكب الغبار وارتفاع الضوضاء والاهتزاز، وتلتقط حركية المشاة والمركبات والرافعات، وترصد مظاهر

الالتزام بمعدات الوقاية، وتحوّل كل ذلك إلى إشارات منتظمة قابلة للدمج والتحليل. وفي لحظة الدمج، تتقدم منصات التكامل لتزيل التعارض بين مصادر البيانات، وتوحد القواميس والكودات والحقول، وتخلق لوحة مؤشرات واحدة تُقرأ على مستويات متعددة من القيادة إلى فرق الميدان، فتقلّل الأخطاء الناجمة عن سوء الاتصال، ويُساق الانتباه فوراً إلى الانحرافات التي تستدعي التدخل. عند هذه العتبة يصبح الحديث عن “جودة البيانات” حديثاً عن بنية معرفية تُصان بالمعايرة والاشتقاق السليم وتتبع السلاسل الزمنية، بحيث تُضبط الضوضاء وتُكبح القيم الشاذة، ويتحول القياس إلى مرآة صادقة لا تعكس الأوهام. ثم تأتي الحوكمة والأمن لتقول إن البيانات ليست ملكاً سائلاً، بل مسؤولية مشتركة تُدار بسياسات تُحدّد ما ينبغي جمعه وما لا ينبغي، وتُحدّد درجات السرية والصلاحيات وأطر التشفير وسجلات المراجعة ودورة حياة الاحتفاظ والإتلاف، لأن قرار السلامة لا يكون قوياً إلا بقدر قوة دليله. بهذه الكيفية لا تبقى الرقمنة زينة تقنية تُضاف إلى المشهد، بل شرطاً إنتاجياً يجعل كل مفصل في المنظومة يعمل بتوقيت واحد، فتغدو لحظة الخطر بؤرة مرئية يلتقي عندها نظر الإدارة وبصيرة الميدان.

لقد شهد العالم خلال العقدین الأخيرین تحولاً جذرياً في طريقة التعامل مع البيانات، وفي كيفية إدارة العمليات التشغيلية، وفي طبيعة المخاطر التي تواجه المشاريع العملاقة. فقد أدى التطور السريع في التقنيات الرقمية إلى ظهور بيانات عمل تعتمد على البيانات الحية، والتحليل اللحظي، والمراقبة المستمرة، مما جعل من التكنولوجيا الرقمية عنصراً محورياً في إدارة المشاريع. وفي الوقت نفسه، تطور الذكاء الاصطناعي من كونه مجرد أداة تحليلية إلى منظومة معرفية قادرة على التعلم والتكيف والتنبؤ، مما جعله عنصراً أساسياً في بناء أنظمة سلامة استباقية تعتمد على التحليل العميق للبيانات. ومع تزايد تعقيد المشاريع العملاقة، وارتفاع حجم القوى العاملة، وتنوع العمليات التشغيلية، أصبح من الضروري تطوير نموذج جديد لإدارة السلامة يجمع بين الرقمنة والذكاء الاصطناعي في إطار واحد، وهو ما أدى إلى ظهور مفهوم إدارة السلامة الذكية.

ويستند الإطار النظري لهذا البحث إلى فهم عميق لهذه التحولات، وإلى تحليل دقيق للأسس العلمية التي تقوم عليها التكنولوجيا الرقمية، والذكاء الاصطناعي، وإدارة السلامة الذكية. فالتكنولوجيا الرقمية تمثل الأساس الذي تُبنى عليه جميع ممارسات السلامة الحديثة، فهي التي توفر البيانات، وتضمن تدفق المعلومات، وتتيح مراقبة العمليات بشكل لحظي، وتمنح المؤسسات القدرة على تتبع الأنشطة التشغيلية بدقة غير مسبوقة. كما أن الذكاء الاصطناعي يمثل العقل التحليلي الذي يمنح البيانات قيمتها الحقيقية،

فهو الذي يحول البيانات الخام إلى معرفة قابلة للاستخدام، ويستخلص الأنماط الخفية، ويتنبأ بالمخاطر قبل وقوعها، ويقدم توصيات دقيقة تساعد في اتخاذ قرارات استباقية. أما إدارة السلامة الذكية، فهي الإطار الشامل الذي يجمع بين الرقمنة والذكاء الاصطناعي في منظومة واحدة تهدف إلى بناء بيئة عمل تعتمد على البيانات الحية، والتحليل اللحظي، والاستجابة السريعة.

ويهدف الإطار النظري في هذا البحث إلى تقديم رؤية شاملة لهذه المتغيرات الثلاثة، وإلى توضيح العلاقات بينها، وإلى بناء أساس علمي متين يساعد في فهم كيفية تطبيق إدارة السلامة الذكية في المشاريع العملاقة. كما يهدف إلى تحليل الأسس المفاهيمية التي تقوم عليها التكنولوجيا الرقمية، والذكاء الاصطناعي، وإدارة السلامة الذكية، وإلى توضيح كيف يمكن لهذه المتغيرات أن تعمل معاً لبناء منظومة سلامة متكاملة تعتمد على البيانات والتحليل المتقدم. ويهدف أيضاً إلى تقديم تفسير علمي للتحديات التي تواجه تطبيق إدارة السلامة الذكية في المشاريع العملاقة، وإلى تقديم إطار نظري يساعد في تطوير حلول عملية قابلة للتطبيق في السياق السعودي.

وتتضح أهمية هذا الإطار النظري أيضاً من كونه يربط بين التحولات العالمية في مجال إدارة السلامة وبين السياق المحلي للمشاريع العملاقة في المملكة العربية السعودية. فالمشاريع مثل نيوم والمربع الجديد تمثل بيئات مثالية لتطبيق إدارة السلامة الذكية، نظراً لاعتمادها على أحدث التقنيات، وتوفير بنية تحتية رقمية متقدمة، وتنوع العمليات التشغيلية، وكبر حجم القوى العاملة. غير أن تطبيق إدارة السلامة الذكية في هذه المشاريع يتطلب فهماً عميقاً للأسس العلمية التي تقوم عليها التكنولوجيا الرقمية، والذكاء الاصطناعي، وإدارة السلامة الذكية، كما يتطلب فهماً للتحديات الثقافية والتنظيمية التي تواجه تطبيق هذه المنظومة في السياق السعودي.

لا يجيء الذكاء الاصطناعي إلى موقع العمل بوصفه آلةً عالميةً تحل محل البشر، وإنما يأتي كآلية معرفية تستبطن خبرتهم وتوسع مجال رؤيتهم وتسرع استجاباتهم، إذ تعيد النماذج التنبؤية قراءة التاريخ التشغيلي وتفككه إلى أنماط زمنية وبيئية وسلوكية، ثم تقيس عليها لحظة الحاضر لتقدير احتمالات تشكل حادث إذا اجتمعت إشارات ضعيفة متفرقة لا يلتقطها النظر الموزع على مساحات واسعة. وتنهض الرؤية الحاسوبية، عبر مقاطع الفيديو والصور الثابتة، بدور الترجمان الذي ينقل العالم المرئي إلى دلالات قابلة للاستجابة، فتميز بين ارتداء سليم لمعدات الوقاية وآخر ناقص، وبين منطقة عمل محمية وأخرى مُفتحة، وبين مسار تشغيل آمن وآخر مُعرض للاختلاط، ثم تدفع أنظمة دعم القرار إلى مقدمة الحدث

عندما تتزاحم الأولويات تحت ضغط الزمن، فتُعِيد ترتيب التدخلات وفق شدة المخاطر وعدد المتأثرين وسرعة الانتشار وتوافر الموارد ومسارات الوصول. وبما أن الواقع ليس مختبراً معقماً، تتقدم تحليلات البيانات متعددة الأنماط لتزاحم بين النصوص الوصفية وتقارير التفتيش وإشارات الاستشعار ودلالات الفيديو، فتُخَفِّف مفارقات القراءة الأحادية وترفع احتمال القرار الصحيح في الوقت المناسب. ومع ذلك، فإن الذكاء، لكي يحظى بالقبول المؤسسي، لا بد أن يكون قابلاً للتفسير؛ فالنموذج الذي لا يفصح عن منطق يقوِّض الثقة ويضعف التعلم ويهدد المساءلة، ومن هنا تصبح قابلية التفسير، ومراجعة التحيز، والتصديق الدوري على الأداء تحت تغيرات الإضاءة والطقس والغبار والكثافة التشغيلية، جزءاً من ضمان الجودة وليست ملحقاتاً إجرائياً. هكذا يتشكل الذكاء هنا لا كمعارضة لخبرة الإنسان بل كامتداد لها، يُوسِّع مجاله ويُسرِّع حسّه ويُحصِّن قراره.

ومن خلال هذا الإطار النظري، يسعى البحث إلى تقديم رؤية شاملة تساعد في فهم كيفية دمج التكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي وإدارة السلامة الذكية في منظومة واحدة، وإلى تقديم تفسير علمي للعوامل التي تؤثر في نجاح تطبيق هذه المنظومة في المشاريع العملاقة، وإلى تقديم إطار نظري يساعد في تطوير حلول عملية قابلة للتطبيق في السياق السعودي. كما يسعى إلى تقديم إسهام علمي جديد يضيف إلى المعرفة في مجال إدارة السلامة، ويعزز القدرة على تطوير أنظمة سلامة استباقية تعتمد على البيانات والتحليل المتقدم، وتدعم أهداف رؤية السعودية ٢٠٣٠ في التحول الرقمي، ورفع مستوى السلامة، وتعزيز الاستدامة التشغيلية.

كما أصبحت التكنولوجيا الرقمية اليوم أحد الأعمدة الأساسية التي تقوم عليها المؤسسات الحديثة، ليس فقط بوصفها أدوات تقنية، بل باعتبارها منظومة معرفية وإدارية تعيد تشكيل طريقة التفكير في العمل، وتعيد صياغة العلاقات بين الأفراد والأنظمة والبيانات. وقد تعددت تعريفات التكنولوجيا الرقمية في الأدبيات العلمية، حيث ينظر إليها بعض الباحثين على أنها مجموعة من التقنيات القائمة على الحوسبة والاتصالات ومعالجة البيانات، بينما يراها آخرون تحولاً ثقافياً وإدارياً يعيد صياغة نماذج الأعمال التقليدية، ويخلق بيئات عمل تعتمد على البيانات والسرعة والمرونة. ويذهب اتجاه ثالث إلى اعتبار التكنولوجيا الرقمية إطاراً شاملاً يضم البنية التحتية الرقمية، والبرمجيات، والاتصال، والحوكمة، والبيانات، مما يجعلها منظومة متكاملة وليست مجرد أدوات.

وتتميز التكنولوجيا الرقمية بعدد من الخصائص التي تجعلها ذات تأثير مباشر على الأداء المؤسسي. فهي أولاً تتيح جمع البيانات بشكل لحظي من مصادر متعددة، مما يوفر رؤية شاملة ودقيقة للعمليات التشغيلية. وثانياً، تمتاز بقدرتها على تحليل البيانات باستخدام خوارزميات متقدمة، مما يساعد المؤسسات على اكتشاف الأنماط الخفية واتخاذ قرارات مبنية على الأدلة. وثالثاً، توفر التكنولوجيا الرقمية قنوات اتصال فورية وفعالة بين مختلف الأطراف داخل المؤسسة، مما يعزز التنسيق ويقلل من الأخطاء الناتجة عن ضعف التواصل. ورابعاً، تمتاز بمرونتها العالية وقابليتها للتوسع، مما يجعلها مناسبة للمشاريع العملاقة التي تتطلب إدارة معقدة وتنسيقاً مستمراً بين مئات الفرق والمقاولين. وخامساً، تمتاز بقدرتها على التكامل مع تقنيات أخرى مثل الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء، مما يجعلها حجر الأساس للتحويل الرقمي الشامل.

وتتجلى تطبيقات التكنولوجيا الرقمية في مجال السلامة المهنية من خلال أنظمة المراقبة الذكية التي تتيح متابعة بيئة العمل لحظة بلحظة عبر كاميرات وأجهزة استشعار متصلة، مما يعزز القدرة على اكتشاف المخاطر فور ظهورها. كما تسهم تقنيات إنترنت الأشياء في رصد الظروف البيئية مثل الحرارة وجودة الهواء ومستويات الضوضاء، وإرسال تنبيهات فورية عند تجاوز الحدود المسموح بها، الأمر الذي يقلل من احتمالية وقوع الحوادث. وتوفر لوحات التحكم التفاعلية بيئة رقمية متكاملة لعرض بيانات السلامة في الوقت الفعلي، مما يساعد مديري المشاريع على اتخاذ قرارات سريعة وفعالة. أما المنصات الرقمية لإدارة المشاريع، فتسهم في توحيد قنوات التواصل بين الفرق المختلفة، وتقليل الأخطاء الناتجة عن ضعف التنسيق، وتعزيز الشفافية في تبادل المعلومات.

ولا يقتصر أثر التكنولوجيا الرقمية على تحسين العمليات التشغيلية، بل يمتد ليشمل الأداء المؤسسي ككل. فهي تسهم في رفع مستوى الكفاءة، وتقليل الأخطاء البشرية، وتحسين جودة القرارات، وتعزيز القدرة على الاستجابة للمخاطر. كما تساعد في بناء ثقافة مؤسسية قائمة على البيانات، وتدعم الابتكار، وتزيد من القدرة التنافسية للمؤسسات. وفي المشاريع العملاقة مثل نيوم والمربع الجديد، تمثل التكنولوجيا الرقمية عنصراً أساسياً في إدارة التعقيد، وضمان التنسيق بين آلاف العاملين والمقاولين، وتحقيق مستويات عالية من السلامة والجودة.

ورغم هذه المزايا، تواجه التكنولوجيا الرقمية تحديات ومخاطر متعددة، من أبرزها ارتفاع تكاليف البنية التحتية اللازمة لتطبيقها، والحاجة المستمرة إلى تدريب العاملين على استخدام الأنظمة الحديثة، إضافة

إلى مخاطر الأمن السيبراني المرتبطة بحماية البيانات الحساسة من الاختراق أو التعطيل. كما قد يؤدي سوء إدارة البيانات أو ضعف تكامل الأنظمة إلى نتائج عكسية، مثل تضارب المعلومات أو فقدانها، مما يؤثر سلبيًا على الأداء المؤسسي. وتبرز أيضًا تحديات تتعلق بالحوكمة الرقمية، وحماية الخصوصية، وضمان الامتثال للمعايير الدولية، مما يجعل تطبيق التكنولوجيا الرقمية عملية معقدة تتطلب تخطيطًا دقيقًا واستثمارًا طويل الأمد.

ويمثل الذكاء الاصطناعي أحد أهم التطورات التقنية الحديثة، ويُعرف بأنه قدرة الأنظمة الحاسوبية على محاكاة القدرات الإدراكية للبشر مثل التعلم والتحليل واتخاذ القرار. وقد تعددت تعريفاته في الأدبيات، إذ ينظر إليه البعض على أنه مجموعة من الخوارزميات القادرة على التعلم من البيانات، بينما يراه آخرون نظامًا معرفيًا قادرًا على التفاعل مع البيئة، والتكيف مع المتغيرات، واتخاذ قرارات مستقلة. ويشير اتجاه ثالث إلى أن الذكاء الاصطناعي يمثل مرحلة جديدة من التطور التكنولوجي، حيث تنتقل الآلة من كونها أداة تنفيذية إلى شريك معرفي قادر على دعم الإنسان في اتخاذ القرارات.

ويمتاز الذكاء الاصطناعي بخصائص متعددة، من أبرزها القدرة على معالجة كميات ضخمة من البيانات، واستخلاص الأنماط الخفية، وتقديم تنبؤات دقيقة تساعد المؤسسات على اتخاذ قرارات استباقية. كما يمتاز بقدرته على التعلم المستمر من البيانات، وتحسين أدائه بمرور الوقت، مما يجعله أداة فعالة في البيئات التشغيلية المعقدة. ويتميز أيضًا بالقدرة على الأتمتة الذكية، حيث يمكنه تنفيذ مهام معقدة دون تدخل بشري، مما يقلل من الأخطاء، ويرفع من مستوى الكفاءة.

وتتعدد تطبيقات الذكاء الاصطناعي في مجال إدارة السلامة، حيث تُستخدم النماذج التنبؤية للتنبؤ بالحوادث بناءً على بيانات تاريخية وظروف تشغيلية حالية، مما يساعد على اتخاذ إجراءات وقائية قبل وقوع الحوادث. كما تُستخدم تقنيات الرؤية الحاسوبية في تحليل الصور والفيديوهات لاكتشاف السلوكيات غير الآمنة في الوقت الفعلي، مما يعزز من قدرة فرق السلامة على التدخل السريع. وتوفر أنظمة دعم القرار توصيات فورية للفرق الميدانية أثناء الأزمات، بينما يساهم تحليل البيانات الضخمة في استخلاص أنماط تشير إلى مخاطر محتملة، مما يرفع من مستوى الوعي بالمخاطر داخل المؤسسة.

تتشكل إدارة السلامة الذكية كروية حاكمة تُعيد تعريف العلاقة بين التنبؤ والقرار والسلوك في قلب العمل اليومي، فهي تُدرّب المنظومة على الإنصات إلى الإشارات الصغيرة التي تُنذر بالخطر قبل اكتماله، وتحول الإنذار من حدث مزعج إلى ممارسة يومية تحمي الوقت والموارد والأرواح. وفي هذا الأفق يتحول

القياس إلى لغة مشتركة تُقرأ دورياً على لوحة واحدة تُظهر الشعور الحقيقي للموقع: أين ترتفع الحرارة وأين يتكاثف الغبار وأين يتباطأ الامتثال وأين يتكرّر شبه الحادث. وعندما تقع الأحداث رغم الوقاية، تُختبر الجاهزية العملية والاستجابة الرشيدة التي لا تُقاس ببلاغة الخطة الورقية بل بزمان الوصول إلى بؤرة الخطر، ودقة توزيع الأدوار، ووضوح قنوات الاتصال، وحجم الضرر الذي جرى اتّقاؤه، وسرعة العودة إلى الوضع الآمن. وإذا تعدد المقاولون وتتشابك المهام، يصبح التكامل التشغيلي مسألة سلامة قبل أن يكون مسألة إدارة؛ لأن فشل التزامن يحوّل حادثاً صغيراً إلى سلسلة أعطال متراكمة، بينما تُحوّل المنظومة الموحّدة نفس الحادث إلى واقعة محدودة قابلة للاحتواء. وتبقى الثقافة الرقمية للسلامة هي الجهاز المناعي الذي يمنح هذه الرؤية حياةً يومية؛ فهي التي تُعلي من شأن الدليل، وتُربي على قراءة المؤشر، وتحوّل الاجتماع الصباحي إلى ورشة تفسير ومعايرة، فيغدو السلوك منقاداً للبرهان لا مدفوعاً بالانطباع، وتصبح السلامة عادة عمل لا لافتة تحذير.

ويؤثر الذكاء الاصطناعي بشكل مباشر على الأداء المؤسسي، حيث يساهم في تحسين دقة القرارات، وتقليل معدلات الحوادث، ورفع مستوى الاستجابة للآزمات، وتعزيز القدرة على إدارة المخاطر بشكل استباقي. كما يساعد في بناء ثقافة مؤسسية قائمة على التحليل، ويعزز من القدرة التنافسية للمؤسسات، ويدعم الابتكار، ويقلل من التكاليف التشغيلية. وفي المشاريع العملاقة، يمثل الذكاء الاصطناعي عنصراً محورياً في إدارة التعقيد، وتحسين التنسيق، وضمان مستويات عالية من السلامة والجودة.

ورغم هذه الفوائد، يواجه الذكاء الاصطناعي تحديات عدة، من أبرزها الحاجة إلى بيانات ضخمة ودقيقة لضمان فعالية النماذج، وصعوبة تفسير بعض النماذج المعقدة التي تُعرف بالصندوق الأسود، إضافة إلى مقاومة بعض العاملين للتغيير واعتماد الأنظمة الذكية. كما قد يؤدي الاعتماد المفرط على الأنظمة الذكية إلى إضعاف دور العنصر البشري إذا لم يتم دمج التقنيات بطريقة متوازنة. وتبرز أيضاً تحديات تتعلق بالأخلاقيات، والشفافية، والحوكمة، مما يجعل تطبيق الذكاء الاصطناعي عملية معقدة تتطلب تخطيطاً دقيقاً وإدارة فعالة للتغيير.

وتُعد إدارة السلامة الذكية نهجاً متكاملاً يجمع بين التكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي بهدف تحسين معايير السلامة وتقليل المخاطر. وتتميز إدارة السلامة الذكية بخصائص متعددة، من أبرزها قدرتها على التنبؤ بالمخاطر قبل وقوعها، واعتمادها على البيانات الحية بدلاً من التقارير الورقية، وقدرتها على

توفير مؤشرات أداء دقيقة وقابلة للقياس. كما تمتاز بكونها استباقية وليست تفاعلية، حيث تعتمد على منع الحوادث قبل وقوعها، بدلاً من الاكتفاء بالتعامل معها بعد حدوثها. وتدعم إدارة السلامة الذكية ثقافة السلامة داخل المؤسسات من خلال تعزيز الوعي بالمخاطر، وتوفير بيانات شفافة تساعد العاملين على الالتزام بالإجراءات الوقائية.

وتتجلى تطبيقات إدارة السلامة الذكية في استخدام أنظمة مراقبة متقدمة، وتحليل بيانات السلامة بشكل لحظي، وتوظيف الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالحوادث، وتطوير خطط استجابة فورية تعتمد على البيانات. وتنعكس هذه التطبيقات على الأداء المؤسسي من خلال رفع مستوى الجاهزية، وتحسين التنسيق بين الفرق، وتعزيز القدرة على اتخاذ قرارات دقيقة مبنية على البيانات، وتقليل معدلات الحوادث، وتحسين الكفاءة التشغيلية، ودعم الابتكار والتحول الرقمي.

ورغم هذه المزايا، تواجه إدارة السلامة الذكية تحديات عدة، من أبرزها الحاجة إلى تكامل الأنظمة الرقمية والذكاء الاصطناعي، ومقاومة التغيير من قبل بعض الإدارات التقليدية، وارتفاع تكاليف التطبيق في المراحل الأولى. كما قد تواجه المؤسسات صعوبات في توحيد البيانات وتطوير سياسات واضحة لحكمتها، إضافة إلى الحاجة إلى تدريب مستمر للعاملين لضمان الاستخدام الأمثل للتقنيات الحديثة. وتبرز أيضاً تحديات تتعلق بالخصوصية، والأمن السيبراني، والامتثال للمعايير الدولية، مما يجعل تطبيق إدارة السلامة الذكية عملية معقدة تتطلب تخطيطاً دقيقاً واستثماراً طويلاً الأمد.

يمتد تأثير التكنولوجيا الرقمية إلى ما هو أبعد من حدود المؤسسات الفردية، إذ أصبحت جزءاً من منظومة عالمية متكاملة تعيد تشكيل الاقتصاد العالمي، وتؤثر في طبيعة العمل، وتعيد تعريف مفهوم الكفاءة والإنتاجية. ففي السياق العالمي، تشير تقارير المنظمات الدولية إلى أن التحول الرقمي أصبح شرطاً أساسياً لبقاء المؤسسات في بيئة تتسم بالتنافسية العالية، والتغير السريع، والاعتماد المتزايد على البيانات. وقد أدى هذا التحول إلى ظهور نماذج أعمال جديدة تعتمد على الأتمتة، والتحليل المتقدم، والتكامل بين الأنظمة، مما جعل التكنولوجيا الرقمية عنصراً حاسماً في تحقيق التفوق المؤسسي.

وتستند التكنولوجيا الرقمية إلى مجموعة من الأسس النظرية التي تفسر دورها في تحسين الأداء المؤسسي. من أبرز هذه الأسس نظرية النظم، التي تنظر إلى المؤسسة باعتبارها نظاماً متكاملًا يعتمد

على تدفق المعلومات بين مكوناته المختلفة، مما يجعل التكنولوجيا الرقمية أداة أساسية لتعزيز هذا التدفق. كما تستند إلى نظرية المعلومات، التي تؤكد أن جودة القرارات تعتمد على جودة المعلومات المتاحة، وهو ما توفره التكنولوجيا الرقمية من خلال جمع البيانات وتحليلها بشكل لحظي. وتستند أيضًا إلى نظرية الابتكار، التي ترى أن المؤسسات التي تتبنى التقنيات الحديثة تكون أكثر قدرة على التكيف مع التغيرات، وأكثر قدرة على تحقيق ميزة تنافسية مستدامة.

وفي السياق التطبيقي، أثبتت التكنولوجيا الرقمية فعاليتها في مشاريع عالمية مشابهة للمشاريع العملاقة في المملكة. ففي مشروع "سمارت سيتي" في سنغافورة، تم استخدام أنظمة مراقبة ذكية تعتمد على إنترنت الأشياء لرصد حركة المرور، وجودة الهواء، ومستويات الضوضاء، مما أدى إلى تحسين جودة الحياة وتقليل الحوادث. وفي مشروع "مدينة مصدر" في الإمارات، تم استخدام تقنيات رقمية متقدمة لإدارة الطاقة، والنفائات، والسلامة، مما ساهم في بناء بيئة عمل آمنة ومستدامة. وتُظهر هذه الأمثلة أن التكنولوجيا الرقمية ليست مجرد خيار، بل ضرورة لتحقيق مستويات عالية من الكفاءة والسلامة في المشاريع العملاقة.

ورغم هذه الفوائد، تواجه التكنولوجيا الرقمية مخاطر تنظيمية وسلوكية، من أبرزها مقاومة التغيير من قبل العاملين، وصعوبة دمج الأنظمة الرقمية مع الأنظمة التقليدية، وغياب سياسات واضحة لحوكمة البيانات. كما تواجه تحديات مستقبلية تتعلق بالتطور السريع للتقنيات، مما يتطلب تحديثًا مستمرًا للبنية التحتية، وتطويرًا مستمرًا للمهارات، وضمانًا مستمرًا للأمن السيبراني. وتبرز أيضًا تحديات تتعلق بالاعتماد المتزايد على البيانات، مما يجعل المؤسسات عرضة لمخاطر فقدان البيانات أو إساءة استخدامها.

ويمثل الذكاء الاصطناعي امتدادًا طبيعيًا للتكنولوجيا الرقمية، حيث يعتمد على البيانات التي توفرها الأنظمة الرقمية، ويستخدمها لتطوير نماذج تنبؤية، وتحليل الأنماط، واتخاذ القرارات. ويستند الذكاء الاصطناعي إلى مجموعة من الأسس النظرية، من أبرزها نظرية التعلم الآلي، التي ترى أن الأنظمة يمكن أن تتعلم من البيانات وتحسن أدائها بمرور الوقت، ونظرية المعرفة، التي تدرس كيفية تمثيل المعرفة داخل الأنظمة الذكية، ونظرية اتخاذ القرار، التي تدرس كيفية اتخاذ القرارات في ظل عدم اليقين.

وفي السياق العالمي، أصبح الذكاء الاصطناعي جزءاً أساسياً من استراتيجيات الدول المتقدمة، حيث تستخدمه المؤسسات لتحسين الإنتاجية، وتقليل التكاليف، وتحسين جودة الخدمات. ففي الولايات المتحدة، تستخدم شركات البناء الذكاء الاصطناعي لتحليل بيانات السلامة، والتنبؤ بالحوادث، وتطوير خطط استجابة فعالة. وفي اليابان، تستخدم شركات الهندسة الروبوتات الذكية لمراقبة مواقع العمل، وتحليل المخاطر، وتقديم توصيات فورية للفرق الميدانية. وتُظهر هذه الأمثلة أن الذكاء الاصطناعي أصبح عنصراً أساسياً في إدارة السلامة في المشاريع العملاقة.

ويمتد أثر الذكاء الاصطناعي إلى الأداء المؤسسي من خلال تحسين دقة القرارات، وتقليل الأخطاء، وتعزيز القدرة على التنبؤ بالمخاطر. كما يساعد في تحسين إدارة الأزمات، وتعزيز القدرة على الاستجابة، ودعم الابتكار، مما يجعل المؤسسات أكثر قدرة على التكيف مع التغيرات. وفي المشاريع العملاقة مثل نيوم والمربع الجديد، يمثل الذكاء الاصطناعي عنصراً محورياً في إدارة التعقيد، وتحسين التنسيق، وضمان مستويات عالية من السلامة والجودة.

ورغم هذه الفوائد، يواجه الذكاء الاصطناعي مخاطر متعددة، من أبرزها الاعتماد المفرط على الأنظمة الذكية، مما قد يؤدي إلى إضعاف دور العنصر البشري، وصعوبة تفسير بعض النماذج المعقدة، مما قد يؤدي إلى اتخاذ قرارات غير دقيقة. كما يواجه تحديات تتعلق بالأخلاقيات، والشفافية، والحوكمة، مما يجعل تطبيقه عملية معقدة تتطلب تخطيطاً دقيقاً وإدارة فعالة للتغيير.

ويمثل التكامل بين التكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي وإدارة السلامة الذكية أحد أهم الجوانب التي تميز المشاريع العملاقة في العصر الحديث. فالتكنولوجيا الرقمية توفر البيانات، والذكاء الاصطناعي يحللها، وإدارة السلامة الذكية تستخدمها لاتخاذ قرارات استباقية. ويؤدي هذا التكامل إلى بناء نظام سلامة متكامل قادر على التنبؤ بالمخاطر، وتحليلها، والاستجابة لها، مما يجعل بيئة العمل أكثر أماناً واستدامة.

وفي السياق السعودي، يمثل هذا التكامل جزءاً أساسياً من رؤية المملكة ٢٠٣٠، التي تهدف إلى بناء اقتصاد قائم على المعرفة، وتعزيز الابتكار، وتحسين جودة الحياة. وفي مشاريع مثل نيوم والمربع الجديد، يمثل هذا التكامل عنصراً أساسياً في تحقيق الأهداف الاستراتيجية، وضمان تنفيذ المشاريع وفق أعلى معايير الجودة والسلامة. وتُظهر التجارب العالمية أن المؤسسات التي تعتمد على هذا التكامل تكون أكثر قدرة على التكيف مع التغيرات، وأكثر قدرة على تحقيق ميزة تنافسية مستدامة.

ويمتد أثر هذا التكامل إلى الجوانب التنظيمية والسلوكية، حيث يساعد في بناء ثقافة مؤسسية قائمة على البيانات، ويعزز الوعي بالمخاطر، ويشجع العاملين على الالتزام بالإجراءات الوقائية. كما يساعد في تحسين التنسيق بين الفرق، وتعزيز الشفافية، وتقليل الأخطاء، مما يؤدي إلى تحسين الأداء المؤسسي ككل.

وتواجه المؤسسات التي تعتمد على هذا التكامل تحديات متعددة، من أبرزها الحاجة إلى تطوير سياسات واضحة لحوكمة البيانات، وضمان الامتثال للمعايير الدولية، وتطوير مهارات العاملين، وضمان الأمن السيبراني. كما تواجه تحديات تتعلق بالتغيير الثقافي، حيث يتطلب هذا التكامل تغييراً في طريقة التفكير، وتغييراً في طريقة العمل، وتغييراً في طريقة اتخاذ القرارات.

يمتد تأثير إدارة السلامة الذكية إلى مستويات أكثر عمقاً تتجاوز حدود العمليات التشغيلية اليومية، لتشمل الأبعاد الاستراتيجية والتنظيمية والثقافية داخل المؤسسات. فإدارة السلامة الذكية لا تُعنى فقط بتقليل الحوادث أو تحسين الاستجابة للمخاطر، بل تسهم في إعادة تشكيل الثقافة المؤسسية، وتعزيز الوعي بالمخاطر، وتطوير بيئة عمل قائمة على الشفافية والمساءلة. ويُعد هذا التحول جزءاً من الاتجاه العالمي نحو بناء مؤسسات مرنة وقادرة على التكيف مع التغيرات السريعة في بيئات العمل، خاصة في المشاريع العملاقة التي تتسم بالتعقيد والتنوع.

وتستند إدارة السلامة الذكية إلى مجموعة من الأسس الفلسفية التي ترى أن السلامة ليست مجرد التزام تنظيمي، بل هي قيمة مؤسسية ترتبط بالمسؤولية الاجتماعية، والاستدامة، والحوكمة. وتؤكد هذه الأسس أن المؤسسات التي تستثمر في السلامة الذكية لا تحمي موظفيها فحسب، بل تحمي سمعتها، وتقلل من تكاليف الحوادث، وتزيد من قدرتها على جذب الكفاءات، وتعزز من قدرتها التنافسية. كما تستند إلى مبادئ الهندسة البشرية التي ترى أن الأنظمة يجب أن تُصمم بطريقة تراعي قدرات الإنسان وحدوده، مما يجعل التكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي أدوات أساسية في بناء بيئات عمل آمنة.

وفي السياق العالمي، أصبحت إدارة السلامة الذكية جزءاً من استراتيجيات الدول المتقدمة، حيث تستخدم المؤسسات أنظمة مراقبة ذكية، وتحليل بيانات متقدم، ونماذج تنبؤية، لتحسين السلامة، وتقليل الحوادث، وتحسين الكفاءة التشغيلية. ففي أوروبا، تعتمد شركات البناء الكبرى على أنظمة مراقبة تعتمد على الذكاء الاصطناعي لتحليل سلوك العمال، واكتشاف السلوكيات غير الآمنة، وتقديم توصيات فورية. وفي الولايات المتحدة، تستخدم شركات النفط والغاز أنظمة استشعار متقدمة لرصد الظروف البيئية، وتحليل البيانات،

وتطوير خطط استجابة فعالة. وفي آسيا، تعتمد شركات الهندسة على الروبوتات الذكية لمراقبة مواقع العمل، وتحليل المخاطر، وتقديم توصيات فورية للفرق الميدانية.

ويمتد أثر إدارة السلامة الذكية إلى الأداء المؤسسي من خلال تحسين الكفاءة التشغيلية، وتقليل معدلات الحوادث، وتحسين جودة القرارات، وتعزيز القدرة على التنبؤ بالمخاطر. كما تساعد في تحسين إدارة الموارد، وتقليل الهدر، وتعزيز الشفافية، مما يؤدي إلى تحسين الأداء المالي والتشغيلي للمؤسسة. وفي المشاريع العملاقة مثل نيوم والمربع الجديد، يمثل هذا الأثر عنصرًا حاسمًا في تحقيق الأهداف الاستراتيجية، وضمان تنفيذ المشاريع وفق أعلى معايير الجودة والسلامة.

وتواجه المؤسسات التي تعتمد على إدارة السلامة الذكية تحديات متعددة، من أبرزها الحاجة إلى تطوير سياسات واضحة لحوكمة البيانات، وضمان الامتثال للمعايير الدولية، وتطوير مهارات العاملين، وضمان الأمن السيبراني. كما تواجه تحديات تتعلق بالتغيير الثقافي، حيث يتطلب هذا التكامل تغييرًا في طريقة التفكير، وتغييرًا في طريقة العمل، وتغييرًا في طريقة اتخاذ القرارات. وتبرز أيضًا تحديات تتعلق بالخصوصية، حيث تتطلب إدارة السلامة الذكية جمع بيانات حساسة، مما يجعل حماية هذه البيانات ضرورة أساسية.

ويمثل التكامل بين التكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي وإدارة السلامة الذكية أحد أهم الجوانب التي تميز المشاريع العملاقة في العصر الحديث. فالتكنولوجيا الرقمية توفر البيانات، والذكاء الاصطناعي يحللها، وإدارة السلامة الذكية تستخدمها لاتخاذ قرارات استباقية. ويؤدي هذا التكامل إلى بناء نظام سلامة متكامل قادر على التنبؤ بالمخاطر، وتحليلها، والاستجابة لها، مما يجعل بيئة العمل أكثر أمانًا واستدامة. ويُعد هذا التكامل جزءًا أساسيًا من رؤية المملكة ٢٠٣٠، التي تهدف إلى بناء اقتصاد قائم على المعرفة، وتعزيز الابتكار، وتحسين جودة الحياة.

ويمتد أثر هذا التكامل إلى الجوانب التنظيمية والسلوكية، حيث يساعد في بناء ثقافة مؤسسية قائمة على البيانات، ويعزز الوعي بالمخاطر، ويشجع العاملين على الالتزام بالإجراءات الوقائية. كما يساعد في تحسين التنسيق بين الفرق، وتعزيز الشفافية، وتقليل الأخطاء، مما يؤدي إلى تحسين الأداء المؤسسي ككل. وفي المشاريع العملاقة مثل نيوم والمربع الجديد، يمثل هذا التكامل عنصرًا أساسيًا في تحقيق الأهداف الاستراتيجية، وضمان تنفيذ المشاريع وفق أعلى معايير الجودة والسلامة.

وتواجه المؤسسات التي تعتمد على هذا التكامل تحديات متعددة، من أبرزها الحاجة إلى تطوير سياسات واضحة لحوكمة البيانات، وضمان الامتثال للمعايير الدولية، وتطوير مهارات العاملين، وضمان الأمن السيبراني. كما تواجه تحديات تتعلق بالتغيير الثقافي، حيث يتطلب هذا التكامل تغييراً في طريقة التفكير، وتغييراً في طريقة العمل، وتغييراً في طريقة اتخاذ القرارات. وتبرز أيضاً تحديات تتعلق بالخصوصية، حيث تتطلب إدارة السلامة الذكية جمع بيانات حساسة، مما يجعل حماية هذه البيانات ضرورة أساسية. ويمثل هذا التكامل بين التكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي وإدارة السلامة الذكية خطوة أساسية نحو بناء مؤسسات قادرة على التكيف مع التغيرات السريعة في بيئات العمل، وقادرة على تحقيق مستويات عالية من الكفاءة والسلامة والجودة. وفي المشاريع العملاقة مثل نيوم والمربع الجديد، يمثل هذا التكامل عنصراً أساسياً في تحقيق الأهداف الاستراتيجية، وضمان تنفيذ المشاريع وفق أعلى معايير الجودة والسلامة.

يمتد تأثير التكامل بين التكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي وإدارة السلامة الذكية إلى مستويات أكثر تعقيداً تتعلق بالحوكمة المؤسسية، وإدارة التغيير، والقدرة على بناء بيئات عمل مستدامة. فالمؤسسات التي تتبنى هذا التكامل لا تكتفي بتحسين عملياتها التشغيلية، بل تعيد صياغة نماذج عملها، وتعيد تعريف أدوار العاملين، وتطور آليات جديدة لاتخاذ القرار تعتمد على البيانات والتحليل المتقدم. ويُعد هذا التحول جزءاً من الاتجاه العالمي نحو بناء مؤسسات تعتمد على المعرفة، وتستخدم التكنولوجيا كأداة استراتيجية لتعزيز القدرة التنافسية.

وتشير الأدبيات الحديثة إلى أن المؤسسات التي تعتمد على التكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي في إدارة السلامة تحقق مستويات أعلى من النضج التنظيمي، حيث تصبح قادرة على التنبؤ بالمخاطر، وتحليلها، والاستجابة لها بشكل استباقي. كما تصبح قادرة على بناء ثقافة مؤسسية قائمة على الشفافية والمساءلة، مما يعزز من التزام العاملين بالإجراءات الوقائية، ويقلل من السلوكيات غير الآمنة. وتؤكد الدراسات أن المؤسسات التي تعتمد على هذا التكامل تحقق انخفاضاً كبيراً في معدلات الحوادث، وتحسناً ملحوظاً في الكفاءة التشغيلية، وزيادة في رضا العاملين، وتحسناً في الأداء المالي.

ويمتد أثر هذا التكامل إلى الجوانب الاستراتيجية، حيث يساعد المؤسسات على تحسين التخطيط، وتعزيز القدرة على التنبؤ، ودعم اتخاذ القرارات المبنية على البيانات. كما يساعد في تحسين إدارة الموارد، وتقليل الهدر، وتعزيز الشفافية، مما يؤدي إلى تحسين الأداء المالي والتشغيلي للمؤسسة. وفي المشاريع العملاقة مثل نيوم والمربع الجديد، يمثل هذا التكامل عنصرًا أساسيًا في تحقيق الأهداف الاستراتيجية، وضمان تنفيذ المشاريع وفق أعلى معايير الجودة والسلامة.

وتشير التجارب العالمية إلى أن المؤسسات التي تعتمد على هذا التكامل تكون أكثر قدرة على التكيف مع التغيرات، وأكثر قدرة على تحقيق ميزة تنافسية مستدامة. ففي أوروبا، تعتمد شركات البناء الكبرى على أنظمة مراقبة تعتمد على الذكاء الاصطناعي لتحليل سلوك العمال، واكتشاف السلوكيات غير الآمنة، وتقديم توصيات فورية. وفي الولايات المتحدة، تستخدم شركات النفط والغاز أنظمة استشعار متقدمة لرصد الظروف البيئية، وتحليل البيانات، وتطوير خطط استجابة فعالة. وفي آسيا، تعتمد شركات الهندسة على الروبوتات الذكية لمراقبة مواقع العمل، وتحليل المخاطر، وتقديم توصيات فورية للفرق الميدانية.

ويمتد أثر هذا التكامل إلى الجوانب التنظيمية والسلوكية، حيث يساعد في بناء ثقافة مؤسسية قائمة على البيانات، ويعزز الوعي بالمخاطر، ويشجع العاملين على الالتزام بالإجراءات الوقائية. كما يساعد في تحسين التنسيق بين الفرق، وتعزيز الشفافية، وتقليل الأخطاء، مما يؤدي إلى تحسين الأداء المؤسسي ككل. وفي المشاريع العملاقة مثل نيوم والمربع الجديد، يمثل هذا التكامل عنصرًا أساسيًا في تحقيق الأهداف الاستراتيجية، وضمان تنفيذ المشاريع وفق أعلى معايير الجودة والسلامة.

وتواجه المؤسسات التي تعتمد على هذا التكامل تحديات متعددة، من أبرزها الحاجة إلى تطوير سياسات واضحة لحوكمة البيانات، وضمان الامتثال للمعايير الدولية، وتطوير مهارات العاملين، وضمان الأمن السيبراني. كما تواجه تحديات تتعلق بالتغيير الثقافي، حيث يتطلب هذا التكامل تغييرًا في طريقة التفكير، وتغييرًا في طريقة العمل، وتغييرًا في طريقة اتخاذ القرارات. وتبرز أيضًا تحديات تتعلق بالخصوصية، حيث تتطلب إدارة السلامة الذكية جمع بيانات حساسة، مما يجعل حماية هذه البيانات ضرورة أساسية.

ويمثل هذا التكامل بين التكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي وإدارة السلامة الذكية خطوة أساسية نحو بناء مؤسسات قادرة على التكيف مع التغيرات السريعة في بيئات العمل، وقادرة على تحقيق مستويات عالية من الكفاءة والسلامة والجودة. وفي المشاريع العملاقة مثل نيوم والمربع الجديد، يمثل هذا التكامل

عنصرًا أساسيًا في تحقيق الأهداف الاستراتيجية، وضمان تنفيذ المشاريع وفق أعلى معايير الجودة والسلامة.

يمتد تأثير التكامل بين التكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي وإدارة السلامة الذكية إلى مستويات أكثر عمقًا تتعلق بالحوكمة المؤسسية، وإدارة التغيير، والقدرة على بناء بيئات عمل مستدامة. فالمؤسسات التي تتبنى هذا التكامل لا تكتفي بتحسين عملياتها التشغيلية، بل تعيد صياغة نماذج عملها، وتعيد تعريف أدوار العاملين، وتطور آليات جديدة لاتخاذ القرار تعتمد على البيانات والتحليل المتقدم. ويُعد هذا التحول جزءًا من الاتجاه العالمي نحو بناء مؤسسات تعتمد على المعرفة، وتستخدم التكنولوجيا كأداة استراتيجية لتعزيز القدرة التنافسية.

وتشير الأدبيات الحديثة إلى أن المؤسسات التي تعتمد على التكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي في إدارة السلامة تحقق مستويات أعلى من النضج التنظيمي، حيث تصبح قادرة على التنبؤ بالمخاطر، وتحليلها، والاستجابة لها بشكل استباقي. كما تصبح قادرة على بناء ثقافة مؤسسية قائمة على الشفافية والمساءلة، مما يعزز من التزام العاملين بالإجراءات الوقائية، ويقلل من السلوكيات غير الآمنة. وتؤكد الدراسات أن المؤسسات التي تعتمد على هذا التكامل تحقق انخفاضًا كبيرًا في معدلات الحوادث، وتحسنًا ملحوظًا في الكفاءة التشغيلية، وزيادة في رضا العاملين، وتحسنًا في الأداء المالي.

ويمتد أثر هذا التكامل إلى الجوانب الاستراتيجية، حيث يساعد المؤسسات على تحسين التخطيط، وتعزيز القدرة على التنبؤ، ودعم اتخاذ القرارات المبنية على البيانات. كما يساعد في تحسين إدارة الموارد، وتقليل الهدر، وتعزيز الشفافية، مما يؤدي إلى تحسين الأداء المالي والتشغيلي للمؤسسة. وفي المشاريع العملاقة مثل نيوم والمربع الجديد، يمثل هذا التكامل عنصرًا أساسيًا في تحقيق الأهداف الاستراتيجية، وضمان تنفيذ المشاريع وفق أعلى معايير الجودة والسلامة.

وتشير التجارب العالمية إلى أن المؤسسات التي تعتمد على هذا التكامل تكون أكثر قدرة على التكيف مع التغيرات، وأكثر قدرة على تحقيق ميزة تنافسية مستدامة. ففي أوروبا، تعتمد شركات البناء الكبرى على أنظمة مراقبة تعتمد على الذكاء الاصطناعي لتحليل سلوك العمال، واكتشاف السلوكيات غير الآمنة، وتقديم توصيات فورية. وفي الولايات المتحدة، تستخدم شركات النفط والغاز أنظمة استشعار متقدمة

لرصد الظروف البيئية، وتحليل البيانات، وتطوير خطط استجابة فعالة. وفي آسيا، تعتمد شركات الهندسة على الروبوتات الذكية لمراقبة مواقع العمل، وتحليل المخاطر، وتقديم توصيات فورية للفرق الميدانية.

أثر هذا التكامل إلى الجوانب التنظيمية والسلوكية، حيث يساعد في بناء ثقافة مؤسسية قائمة على البيانات، ويعزز الوعي بالمخاطر، ويشجع العاملين على الالتزام بالإجراءات الوقائية. كما يساعد في تحسين التنسيق بين الفرق، وتعزيز الشفافية، وتقليل الأخطاء، مما يؤدي إلى تحسين الأداء المؤسسي ككل. وفي المشاريع العملاقة مثل نيوم والمربع الجديد، يمثل هذا التكامل عنصراً أساسياً في تحقيق الأهداف الاستراتيجية، وضمان تنفيذ المشاريع وفق أعلى معايير الجودة والسلامة.

وتواجه المؤسسات التي تعتمد على هذا التكامل تحديات متعددة، من أبرزها الحاجة إلى تطوير سياسات واضحة لحوكمة البيانات، وضمان الامتثال للمعايير الدولية، وتطوير مهارات العاملين، وضمان الأمن السيبراني. كما تواجه تحديات تتعلق بالتغيير الثقافي، حيث يتطلب هذا التكامل تغييراً في طريقة التفكير، وتغييراً في طريقة العمل، وتغييراً في طريقة اتخاذ القرارات. وتبرز أيضاً تحديات تتعلق بالخصوصية، حيث تتطلب إدارة السلامة الذكية جمع بيانات حساسة، مما يجعل حماية هذه البيانات ضرورة أساسية.

ويمثل هذا التكامل بين التكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي وإدارة السلامة الذكية خطوة أساسية نحو بناء مؤسسات قادرة على التكيف مع التغيرات السريعة في بيئات العمل، وقادرة على تحقيق مستويات عالية من الكفاءة والسلامة والجودة. وفي المشاريع العملاقة مثل نيوم والمربع الجديد، يمثل هذا التكامل عنصراً أساسياً في تحقيق الأهداف الاستراتيجية، وضمان تنفيذ المشاريع وفق أعلى معايير الجودة والسلامة.

وتشير الأدبيات الحديثة إلى أن المؤسسات التي تعتمد على التكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي في إدارة السلامة تحقق مستويات أعلى من النضج التنظيمي، حيث تصبح قادرة على التنبؤ بالمخاطر، وتحليلها، والاستجابة لها بشكل استباقي. كما تصبح قادرة على بناء ثقافة مؤسسية قائمة على الشفافية والمساءلة، مما يعزز من التزام العاملين بالإجراءات الوقائية، ويقلل من السلوكيات غير الآمنة. وتؤكد الدراسات أن المؤسسات التي تعتمد على هذا التكامل تحقق انخفاضاً كبيراً في معدلات الحوادث، وتحسناً ملحوظاً في الكفاءة التشغيلية، وزيادة في رضا العاملين، وتحسناً في الأداء المالي.

كما أثر هذا التكامل إلى الجوانب الاستراتيجية، حيث يساعد المؤسسات على تحسين التخطيط، وتعزيز القدرة على التنبؤ، ودعم اتخاذ القرارات المبنية على البيانات. كما يساعد في تحسين إدارة الموارد، وتقليل الهدر، وتعزيز الشفافية، مما يؤدي إلى تحسين الأداء المالي والتشغيلي للمؤسسة. وفي المشاريع العملاقة مثل نيوم والمربع الجديد، يمثل هذا التكامل عنصرًا أساسيًا في تحقيق الأهداف الاستراتيجية، وضمان تنفيذ المشاريع وفق أعلى معايير الجودة والسلامة.

وتشير التجارب العالمية إلى أن المؤسسات التي تعتمد على هذا التكامل تكون أكثر قدرة على التكيف مع التغيرات، وأكثر قدرة على تحقيق ميزة تنافسية مستدامة. ففي أوروبا، تعتمد شركات البناء الكبرى على أنظمة مراقبة تعتمد على الذكاء الاصطناعي لتحليل سلوك العمال، واكتشاف السلوكيات غير الآمنة، وتقديم توصيات فورية. وفي الولايات المتحدة، تستخدم شركات النفط والغاز أنظمة استشعار متقدمة لرصد الظروف البيئية، وتحليل البيانات، وتطوير خطط استجابة فعالة. وفي آسيا، تعتمد شركات الهندسة على الروبوتات الذكية لمراقبة مواقع العمل، وتحليل المخاطر، وتقديم توصيات فورية للفرق الميدانية.

إن أثر هذا التكامل إلى الجوانب التنظيمية والسلوكية، حيث يساعد في بناء ثقافة مؤسسية قائمة على البيانات، ويعزز الوعي بالمخاطر، ويشجع العاملين على الالتزام بالإجراءات الوقائية. كما يساعد في تحسين التنسيق بين الفرق، وتعزيز الشفافية، وتقليل الأخطاء، مما يؤدي إلى تحسين الأداء المؤسسي ككل. وفي المشاريع العملاقة مثل نيوم والمربع الجديد، يمثل هذا التكامل عنصرًا أساسيًا في تحقيق الأهداف الاستراتيجية، وضمان تنفيذ المشاريع وفق أعلى معايير الجودة والسلامة.

وتواجه المؤسسات التي تعتمد على هذا التكامل تحديات متعددة، من أبرزها الحاجة إلى تطوير سياسات واضحة لحوكمة البيانات، وضمان الامتثال للمعايير الدولية، وتطوير مهارات العاملين، وضمان الأمن السيبراني. كما تواجه تحديات تتعلق بالتغيير الثقافي، حيث يتطلب هذا التكامل تغييرًا في طريقة التفكير، وتغييرًا في طريقة العمل، وتغييرًا في طريقة اتخاذ القرارات. وتبرز أيضًا تحديات تتعلق بالخصوصية، حيث تتطلب إدارة السلامة الذكية جمع بيانات حساسة، مما يجعل حماية هذه البيانات ضرورة أساسية.

ويمثل هذا التكامل بين التكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي وإدارة السلامة الذكية خطوة أساسية نحو بناء مؤسسات قادرة على التكيف مع التغيرات السريعة في بيئات العمل، وقادرة على تحقيق مستويات عالية من الكفاءة والسلامة والجودة. وفي المشاريع العملاقة مثل نيوم والمربع الجديد، يمثل هذا التكامل

عنصرًا أساسيًا في تحقيق الأهداف الاستراتيجية، وضمان تنفيذ المشاريع وفق أعلى معايير الجودة والسلامة.

يمتد تأثير التكامل بين التكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي وإدارة السلامة الذكية إلى مستويات أكثر عمقًا تتعلق بالتحول المؤسسي الشامل، حيث لا يقتصر دوره على تحسين العمليات التشغيلية أو تعزيز القدرة على التنبؤ بالمخاطر، بل يتجاوز ذلك ليعيد تشكيل البنية التنظيمية للمؤسسات، ويؤثر في طريقة توزيع الأدوار والمسؤوليات، ويغير من طبيعة العلاقات بين العاملين والأنظمة، ويخلق نموذجًا جديدًا للحوكمة يعتمد على البيانات والشفافية والسرعة في اتخاذ القرار. ويُعد هذا التحول جزءًا من الاتجاه العالمي نحو بناء مؤسسات مرنة وقادرة على التكيف مع التغيرات السريعة في بيئات العمل، خاصة في المشاريع العملاقة التي تتسم بالتعقيد والتنوع.

وتشير الأدبيات الحديثة إلى أن المؤسسات التي تعتمد على التكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي في إدارة السلامة تحقق مستويات أعلى من النضج التنظيمي، حيث تصبح قادرة على التنبؤ بالمخاطر، وتحليلها، والاستجابة لها بشكل استباقي. كما تصبح قادرة على بناء ثقافة مؤسسية قائمة على الشفافية والمساءلة، مما يعزز من التزام العاملين بالإجراءات الوقائية، ويقلل من السلوكيات غير الآمنة. وتؤكد الدراسات أن المؤسسات التي تعتمد على هذا التكامل تحقق انخفاضًا كبيرًا في معدلات الحوادث، وتحسنًا ملحوظًا في الكفاءة التشغيلية، وزيادة في رضا العاملين، وتحسنًا في الأداء المالي.

ويُظهر التحليل أيضًا أن هذه المتغيرات الثلاثة لها تأثير مباشر على الأداء المؤسسي، حيث تسهم في تحسين الكفاءة التشغيلية، وتقليل الأخطاء، وتحسين جودة القرارات، وتعزيز القدرة على التنبؤ بالمخاطر، وتحسين إدارة الموارد، وتعزيز الشفافية، مما يؤدي إلى تحسين الأداء المالي والتشغيلي للمؤسسة. وفي المشاريع العملاقة مثل نيوم والمربع الجديد، يمثل هذا التكامل عنصرًا أساسيًا في تحقيق الأهداف الاستراتيجية، وضمان تنفيذ المشاريع وفق أعلى معايير الجودة والسلامة.

وفي ضوء ما سبق، يمكن القول إن التكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي وإدارة السلامة الذكية تمثل عناصر أساسية في بناء مؤسسات قادرة على التكيف مع التغيرات، وقادرة على تحقيق مستويات عالية من الكفاءة والسلامة والجودة. ويُعد هذا التكامل جزءًا أساسيًا من رؤية المملكة ٢٠٣٠، التي تهدف إلى بناء اقتصاد قائم على المعرفة، وتعزيز الابتكار، وتحسين جودة الحياة. ويُعد هذا الفصل أساسًا نظريًا مهمًا لفهم دور هذه المتغيرات في تحسين إدارة السلامة في المشاريع العملاقة، ويشكل قاعدة قوية

للانتقال إلى الفصل الثالث الذي يتناول الدراسات السابقة، ثم الفصل الرابع الذي يتناول المنهجية، وصولاً إلى تحليل النتائج في الفصول اللاحقة.

لا تنعقد ثمار الرقمنة والذكاء الاصطناعي في فراغ مؤسسي، لأن البيانات من دون حوكمة تتبدد، ولأن المؤشرات من دون ثقافة لا تُغيّر السلوك. إن سياسات حوكمة البيانات التي تُحدّد ما يُجمع وكيف يُثبت ومن يملك حق النفاذ وتحت أي شروط، وتضع أطر التشفير وسجلات المراجعة ودورة حياة الاحتفاظ والإتلاف، لا تُعد تفاصيل إجرائية، بل هي الضامن لصحة القياس ونزاهة الدلالة وعدالة المساءلة. وعلى الضفة السلوكية، تُعد ثقافة السلامة الرقمية البيئة التي تمنح المؤشر شرعية التأثير، إذ يتحوّل الإنذار إلى موردٍ معرفي، وتتحوّل لوحة المؤشرات إلى منصة قرار، ويتحوّل النقاش من لوم الأشخاص إلى تحليل الظواهر ومعالجة الأسباب الجذرية. وحين يلتقي هذا النسق الحاكم بذلك النسق الثقافي، تنشأ منظومة قادرة على تحويل الإشارات الضعيفة إلى أفعال وقائية محسوسة، وعلى تحويل الدرس المرّ إلى تحسين دائم، فتغدو السلامة الذكية صفة مؤسسية لا مجهوداً ظرفياً.

تُظهر المعالجة الشاملة لموضوع البحث، بما يتضمنه من إطار نظري متين واستعراض موسّع للدراسات السابقة وتحليل معمّق للمشكلات والظواهر السلبية في مشاريع عملاقة مثل نيوم والمربع الجديد، أن إدارة السلامة الذكية لم تعد خياراً تنظيمياً أو تقنية إضافية يمكن تبنيها أو الاستغناء عنها، بل أصبحت ضرورة استراتيجية تفرضها طبيعة المشاريع الحديثة وتعقيداتها المتزايدة. فقد كشفت الدراسة، من خلال تحليل الأدبيات العلمية، أن التكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي وإدارة السلامة الذكية تشكل منظومة مترابطة لا يمكن فصل عناصرها، وأن أي محاولة لفهم أحد هذه المتغيرات بمعزل عن الآخر ستؤدي إلى رؤية ناقصة لا تعكس الواقع الحقيقي لبيئات العمل المعاصرة.

لقد أظهرت الأدلة العلمية أن التكنولوجيا الرقمية تمثل الأساس الذي تُبنى عليه جميع ممارسات السلامة الحديثة، فهي التي توفر البيانات، وتضمن تدفق المعلومات، وتتيح مراقبة العمليات بشكل لحظي، وتمنح المؤسسات القدرة على تتبع الأنشطة التشغيلية بدقة غير مسبوقة. كما كشفت الدراسات أن الذكاء الاصطناعي يمثل العقل التحليلي الذي يمنح البيانات قيمتها الحقيقية، فهو الذي يحول البيانات الخام إلى

معرفة قابلة للاستخدام، ويستخلص الأنماط الخفية، ويتنبأ بالمخاطر قبل وقوعها، ويقدم توصيات دقيقة تساعد في اتخاذ قرارات استباقية. أما إدارة السلامة الذكية، فقد تبين أنها الإطار الشامل الذي يجمع بين الرقمنة والذكاء الاصطناعي في منظومة واحدة تهدف إلى بناء بيئة عمل تعتمد على البيانات الحية، والتحليل اللحظي، والاستجابة السريعة.

ومن خلال هذا التكامل، يتضح أن إدارة السلامة الذكية ليست مجرد تطوير للإجراءات التقليدية، بل هي تحول استراتيجي يعيد صياغة دور السلامة داخل المؤسسة، ويجعلها جزءاً من منظومة اتخاذ القرار، ويعزز القدرة على التنبؤ بالمخاطر، ويقلل من احتمالية وقوع الحوادث، ويدعم الاستدامة التشغيلية. كما يتضح أن إدارة السلامة الذكية تعتمد على التكامل بين التقنيات الرقمية والذكاء الاصطناعي، وأن هذا التكامل هو الذي يمنحها قوتها وفعاليتها، ويجعلها قادرة على التعامل مع التعقيد المتزايد في بيئات العمل الحديثة.

وقد كشفت الدراسة أيضاً أن المشاريع العملاقة مثل نيوم والمربع الجديد تمثل بيئات مثالية لتطبيق إدارة السلامة الذكية، نظراً لاعتمادها على أحدث التقنيات، وتوفر بنية تحتية رقمية متقدمة، وتنوع العمليات التشغيلية، وكبر حجم القوى العاملة. غير أن الدراسة أظهرت أيضاً أن تطبيق إدارة السلامة الذكية في هذه المشاريع يواجه مجموعة من التحديات، مثل مقاومة التغيير، ونقص التدريب، وتشتت البيانات، وضعف التكامل بين المقاولين، والاعتماد المفرط على الأساليب التقليدية، وغياب أنظمة الإنذار المبكر، وضعف الثقافة التنظيمية المتعلقة بالسلامة. وقد تبين أن هذه التحديات لا يمكن التغلب عليها إلا من خلال تبني إطار شامل لإدارة السلامة الذكية يعتمد على البيانات والتحليل المتقدم، ويعزز التكامل بين الفرق، ويوفر تدريباً مستمراً للعاملين، ويضمن وجود بنية تحتية رقمية قوية.

ومن خلال هذا التحليل، يتضح أن الدراسة الحالية تقدم إسهاماً علمياً مهماً يتمثل في دمج التكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي وإدارة السلامة الذكية في إطار واحد، وتقديم رؤية شاملة لكيفية تطبيق هذا الإطار في المشاريع العملاقة، وتقديم حلول عملية للتحديات التي تواجه تطبيق إدارة السلامة الذكية في السياق السعودي. كما يتضح أن الدراسة تدعم أهداف رؤية السعودية 2030 في التحول الرقمي، ورفع مستوى السلامة، وتعزيز الاستدامة التشغيلية، وبناء بيئات عمل أكثر أماناً وكفاءة واستدامة.

وتؤكد هذه الخاتمة أن إدارة السلامة الذكية ليست مجرد مفهوم نظري أو تقنية مستقبلية، بل هي واقع عملي يفرض نفسه بقوة في المشاريع العملاقة، وأن المؤسسات التي لا تتبنى هذا التحول ستواجه

مخاطر تشغيلية أعلى، وتحديات أكبر في إدارة القوى العاملة، وصعوبة في تحقيق الاستدامة التشغيلية . كما تؤكد أن الدراسة الحالية تمثل خطوة مهمة نحو بناء إطار علمي وتطبيقي يساعد في تطوير أنظمة سلامة استباقية تعتمد على البيانات والتحليل المتقدم، وتدعم نجاح المشاريع الوطنية الكبرى، وتعزز مكانة المملكة كقائدة في تبني التقنيات الحديثة في إدارة المشاريع.

المشكلات والظواهر السلبية التي يعاني منها مجتمع البحث

تُعد دراسة المشكلات والظواهر السلبية التي يعاني منها مجتمع البحث في المشاريع العملاقة خطوة أساسية لفهم السياق الحقيقي الذي تعمل فيه منظومات السلامة التقليدية، ولتفسير الأسباب العميقة التي تجعل هذه المنظومات عاجزة عن مواكبة التعقيد المتزايد في بيئات العمل الحديثة. فالمشاريع العملاقة مثل نيوم والمربع الجديد لا تمثل مجرد مواقع إنشائية ضخمة، بل هي بيئات تشغيلية معقدة تتداخل فيها التكنولوجيا مع السلوك البشري، وتتقاطع فيها مسؤوليات عشرات المقاولين، وتتغير فيها الظروف التشغيلية بوتيرة سريعة، مما يجعل أي خلل في إدارة السلامة التقليدية يتضخم أثره ويؤدي إلى مخاطر مضاعفة. ومن هنا تأتي أهمية تحليل المشكلات التي يعاني منها مجتمع البحث، ليس بوصفها عوائق إجرائية فحسب، بل باعتبارها مؤشرات على فجوة معرفية وتنظيمية وتقنية تتطلب إعادة بناء شاملة لمنظومة السلامة.

إن فهم هذه المشكلات يتطلب النظر إليها في سياقها الواسع، حيث تتداخل العوامل التنظيمية مع التحديات التقنية، وتتقاطع السلوكيات الفردية مع محدودية الأدوات المتاحة، وتتفاعل ثقافة السلامة مع مستوى النضج الرقمي للمؤسسة. فالمشكلات التي تبدو في ظاهرها بسيطة، مثل الاعتماد على الورق أو ضعف التكامل بين المقاولين، تخفي وراءها منظومة كاملة من التحديات المتعلقة بجودة البيانات، وسرعة اتخاذ القرار، وفعالية التواصل، وقدرة المؤسسة على التنبؤ بالمخاطر. كما أن الظواهر السلبية التي تظهر في مواقع العمل، مثل ضعف الالتزام أو تكرار السلوكيات غير الآمنة، ليست مجرد أخطاء فردية، بل هي انعكاس لغياب أنظمة ذكية قادرة على الرصد اللحظي والتحليل العميق.

وتزداد أهمية هذا التحليل عندما نضعه في إطار المشاريع العملاقة التي تعتمد عليها المملكة في تحقيق رؤيتها المستقبلية، حيث تمثل هذه المشاريع نموذجًا جديدًا لإدارة العمليات، يعتمد على الابتكار والتقنيات المتقدمة، ويستلزم مستوى عاليًا من السلامة يتناسب مع حجم الاستثمار وتعقيد البنية التشغيلية. ومن ثم، فإن تحليل المشكلات والظواهر السلبية ليس مجرد خطوة تشخيصية، بل هو مدخل أساسي لبناء منظومة سلامة ذكية قادرة على تجاوز هذه التحديات، وتحويل نقاط الضعف إلى فرص للتحسين، ودعم التحول الرقمي الذي تسعى إليه المملكة في مختلف القطاعات.

تؤكد قيمة هذا البناء النظري حين يوضع في سياقه الطبيعي داخل المشاريع العملاقة التي تتسم باتساع المساحات وتعدد المقاولين وتنوع اللغات والمستويات المهنية وتقلب الظروف البيئية بوتيرة لا تهدأ، كما هو الحال في مشروع نيوم والمربع الجديد. ففي هذه البيئات لا يتسامح الواقع مع العفوية، لأن الخطأ الصغير تحت كثافة النشاط يتحول سريعًا إلى ضرر كبير؛ لذلك تصبح البيانات اللحظية وتكامل المنصات وصرامة الحوكمة لوازم تشغيلية لا رفاهية بحثية، وتُختبر قدرة الذكاء الاصطناعي على التنبؤ والاكتشاف لا في المختبرات، بل تحت نورٍ يتبدل، وغبارٍ يتكاثف، وجدولٍ زمني مشحون، وكثافة بشرية ومعدّاتية ترتفع وتنخفض. هنا تغدو إدارة السلامة الذكية لغة العمل اليومية، وتتحول المؤشرات إلى جسر ثقة بين الإدارة والميدان، ويصبح التعلم المؤسسي مشروعًا دائمًا لا ملحقًا بعد حادث، وبذلك تُزرع في جسد المشروع مناعة معرفية تتفوّى بمرور الوقت وتُنقص من هشاشته أمام المفاجآت.

يواجه مجتمع البحث في المشاريع العملاقة مثل نيوم والمربع الجديد مجموعة معقدة من المشكلات والظواهر السلبية التي تكشف بوضوح عن محدودية الأساليب التقليدية في إدارة السلامة، وتبرز الحاجة الملحة إلى تبني إدارة السلامة الذكية كخيار استراتيجي لا يمكن تأجيله. فعلى الرغم من التطور الهائل في حجم المشاريع وتعقيدها، لا يزال جزء كبير من العمليات المتعلقة بالسلامة يعتمد على الإجراءات الورقية التقليدية في تسجيل الحوادث وإعداد التقارير، وهو ما يؤدي إلى بطء شديد في جمع البيانات وتحليلها، ويضعف القدرة على اتخاذ قرارات فورية في مواقع العمل التي تتطلب استجابة لحظية. إن الاعتماد على الورق في بيانات عمل ديناميكية وسريعة التغير يجعل المعلومات عرضة للضياع أو التأخير أو التناقض،

ويخلق فجوة زمنية خطيرة بين وقوع الحادث وتوثيقه وتحليله، وهي فجوة قد تكون كافية لتفاقم المخاطر أو تكرارها، خصوصاً في المشاريع التي تضم آلاف العمال وتعمل على مدار الساعة.

ويزداد الوضع تعقيداً مع ضعف التكامل بين المقاولين والجهات المختلفة داخل المشروع، حيث تتعدد مصادر البيانات وتتنوع طرق التوثيق، مما يؤدي إلى تشتت المعلومات وتكرار الأخطاء وسوء التنسيق. فالمشاريع العملاقة تضم عشرات المقاولين من خلفيات مختلفة، ولكل منهم أساليبه الخاصة في التوثيق وإدارة البيانات، مما يجعل من الصعب بناء صورة موحدة وشاملة عن حالة السلامة في الموقع. هذا التشتت لا يؤثر فقط على جودة البيانات، بل ينعكس أيضاً على قدرة الإدارة على اتخاذ قرارات دقيقة مبنية على معلومات متكاملة، ويؤدي إلى فجوات معرفية قد تتسبب في وقوع حوادث كان بالإمكان تجنبها لو توفرت بيانات موحدة ومتراصة. كما أن غياب منصة رقمية موحدة يجعل من الصعب تتبع الحوادث عبر الزمن، أو تحليل الاتجاهات، أو تحديد المقاولين الأكثر التزاماً أو الأكثر تسبباً في المخاطر.

وتظهر أيضاً مشكلة القصور في استخدام التقنيات الحديثة، إذ لا تزال بعض فرق السلامة تعتمد على أساليب تقليدية في المراقبة الميدانية، ولا تستفيد من إمكانيات إنترنت الأشياء أو الذكاء الاصطناعي في رصد المخاطر أو التنبؤ بها. فبدلاً من استخدام أجهزة استشعار قادرة على قياس مستويات الضوضاء والحرارة والاهتزازات وجودة الهواء بشكل لحظي، تعتمد بعض الفرق على الملاحظة البشرية أو القياسات اليدوية، وهي أساليب لا توفر الدقة المطلوبة ولا القدرة على الرصد المستمر. وينتج عن ذلك تأخر في التحقيقات الميدانية، حيث تُجرى غالباً بأساليب وصفية لا تعتمد على أدوات تحليل رقمية أو نماذج تنبؤية، مما يحد من القدرة على تحديد الأسباب الجذرية للحوادث بدقة، ويجعل التحقيقات عرضة للتقديرات الشخصية أو التفسيرات غير العلمية، وهو ما يؤدي إلى تكرار الحوادث نفسها دون معالجة حقيقية لجذورها.

كما يعاني مجتمع البحث من ضعف في ثقافة السلامة لدى بعض العاملين، حيث يُنظر إلى إجراءات السلامة باعتبارها عبئاً إدارياً أو عائقاً أمام سرعة الإنجاز، مما يؤدي إلى ضعف الالتزام وتكرار السلوكيات غير الآمنة. وتزداد هذه المشكلة تعقيداً في المشاريع التي تضم عمالة متعددة الجنسيات، حيث تختلف الخلفيات الثقافية ومستويات الوعي بالسلامة، مما يجعل من الصعب توحيد السلوكيات أو ضمان الالتزام الكامل بالإجراءات. وفي ظل غياب أنظمة ذكية قادرة على مراقبة السلوكيات غير الآمنة بشكل

لحظي، يصبح من الصعب اكتشاف هذه السلوكيات قبل أن تتحول إلى حوادث فعلية، خصوصًا في المواقع التي تمتد على مساحات واسعة ويصعب مراقبتها يدويًا.

وتزداد التحديات مع ارتفاع معدلات المخاطر البيئية في مواقع العمل، مثل الضوضاء والغبار والحرارة والاهتزازات، في ظل محدودية أدوات الرصد الفوري لهذه المتغيرات. فالمشاريع العملاقة غالبًا ما تُقام في بيئات صحراوية أو مفتوحة، تتغير فيها الظروف المناخية بسرعة، مما يجعل من الضروري وجود أنظمة مراقبة لحظية قادرة على رصد التغيرات البيئية وإطلاق إنذارات مبكرة. ومع غياب هذه الأنظمة، يصبح العمال عرضة لمخاطر صحية ومهنية قد لا يتم اكتشافها إلا بعد فوات الأوان، كما أن غياب البيانات البيئية الدقيقة يجعل من الصعب تقييم المخاطر أو اتخاذ إجراءات وقائية فعالة.

ويضاف إلى ذلك نقص التدريب المتخصص في استخدام الأنظمة الرقمية الحديثة، مما يجعل بعض العاملين غير قادرين على التعامل مع أدوات التحليل الذكي أو أنظمة المراقبة الرقمية. فإدارة السلامة الذكية لا تعتمد فقط على التكنولوجيا، بل تتطلب أيضًا مهارات بشرية قادرة على فهم البيانات وتحليلها واتخاذ قرارات مبنية على الأدلة. ومع غياب التدريب الكافي، تصبح التكنولوجيا مجرد أدوات غير مستغلة، ولا تحقق الفائدة المرجوة منها، بل قد تتحول إلى عبء إضافي على الفرق الميدانية التي لا تمتلك الخبرة اللازمة لاستخدامها.

وتبرز كذلك مشكلة تشتت البيانات وصعوبة تحليلها نتيجة تعدد مصادرها واختلاف صيغها، مما يجعل عملية التحليل اليدوي معقدة وغير دقيقة، ويضعف القدرة على التنبؤ بالمخاطر. فالمشاريع العملاقة تنتج كميات هائلة من البيانات يوميًا، تشمل تقارير الحوادث، وبيانات الاستشعار، وسجلات المعدات، وتقارير التفتيش، وغيرها. ومع غياب أنظمة ذكية قادرة على دمج هذه البيانات وتحليلها بشكل موحد، يصبح من الصعب استخراج الأنماط أو التنبؤ بالمخاطر المستقبلية، مما يؤدي إلى قرارات غير دقيقة أو متأخرة.

كما تعاني بعض المواقع من ضعف أنظمة الإنذار المبكر التي تعتمد على تقنيات تقليدية لا توفر بيانات لحظية ولا تتيح التنبؤ بالمخاطر قبل وقوعها. فبدلاً من استخدام أنظمة تعتمد على الذكاء الاصطناعي لتحليل البيانات وإطلاق إنذارات استباقية، تعتمد بعض المواقع على إنذارات تعتمد على حدود ثابتة أو قياسات يدوية، وهي أنظمة لا تتناسب مع طبيعة المشاريع العملاقة التي تتطلب استجابة سريعة ودقيقة.

وتظهر أيضاً تحديات مرتبطة بالأمن السيبراني، حيث يؤدي غياب سياسات قوية لحماية البيانات إلى زيادة احتمالات الاختراق أو تعطيل الأنظمة الرقمية. فإدارة السلامة الذكية تعتمد على تدفق مستمر للبيانات بين أجهزة الاستشعار والمنصات الرقمية، وأي اختراق أو تعطيل لهذه الأنظمة قد يؤدي إلى توقف عمليات المراقبة أو فقدان البيانات، مما يعرض العمال والمعدات لمخاطر كبيرة، ويؤثر على استمرارية العمل.

ويضاف إلى ذلك عدم وجود مؤشرات أداء دقيقة للسلامة في بعض الإدارات، حيث تعتمد على مؤشرات تقليدية لا تعكس الأداء الحقيقي ولا تساعد في اتخاذ قرارات مبنية على البيانات. فالمؤشرات التقليدية غالباً ما تركز على عدد الحوادث المسجلة، دون تحليل العوامل المسببة أو السلوكيات الخطرة أو الظروف البيئية، مما يجعلها غير كافية لتقييم الأداء أو تحسينه.

كما يؤدي تنوع العمالة واختلاف اللغات والثقافات إلى صعوبات في التواصل وفهم تعليمات السلامة، وهو ما يزيد من احتمالية وقوع الحوادث. فالمشاريع العملاقة تضم عمالاً من عشرات الجنسيات، ولكل منهم لغته وثقافته ومستوى وعيه بالسلامة، مما يجعل من الضروري وجود أنظمة ذكية قادرة على تقديم تعليمات مخصصة، أو مراقبة السلوكيات غير الآمنة، أو توفير تدريب تفاعلي يعتمد على الذكاء الاصطناعي.

وتؤكد هذه المشكلات مجتمعة أن الأساليب التقليدية في إدارة السلامة لم تعد قادرة على تلبية احتياجات المشاريع العملاقة، وأن هناك حاجة ملحة لتبني إدارة السلامة الذكية القائمة على التكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي، بما يعزز القدرة على التنبؤ بالمخاطر، وتحسين الاستجابة، ورفع مستوى السلامة في بيئات العمل المعقدة. فإدارة السلامة الذكية ليست مجرد خيار تقني، بل هي ضرورة استراتيجية لضمان استدامة المشاريع، وحماية العاملين، وتحقيق أهداف رؤية السعودية ٢٠٣٠.

يتضح من التحليل الموسع للمشكلات والظواهر السلبية التي يعاني منها مجتمع البحث في المشاريع العملاقة أن الأساليب التقليدية في إدارة السلامة لم تعد قادرة على تلبية احتياجات بيئات العمل الحديثة، وأن الفجوة بين الواقع التشغيلي ومتطلبات السلامة تتسع كلما ازدادت المشاريع تعقيداً وتنوعاً. فقد

كشفت الدراسة أن الاعتماد على الورق، وتشتت البيانات، وضعف التكامل بين المقاولين، والقصور في استخدام التقنيات الحديثة، ليست مجرد عوائق إدارية، بل هي مظاهر لغياب منظومة متكاملة قادرة على جمع البيانات وتحليلها واتخاذ قرارات استباقية مبنية على الأدلة. كما تبين أن ضعف ثقافة السلامة، وتعدد اللغات، ونقص التدريب، وغياب أنظمة الإنذار المبكر، تمثل تحديات جوهرية تعيق قدرة المؤسسات على بناء بيئة عمل آمنة ومستدامة.

ومن خلال هذا التحليل، يتضح أن معالجة هذه المشكلات لا يمكن أن تتم من خلال تحسينات جزئية أو حلول تقليدية، بل تتطلب تحولاً جذرياً في فلسفة إدارة السلامة، يقوم على تبني إدارة السلامة الذكية كمنظومة شاملة تعتمد على التكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي في جمع البيانات وتحليلها والتنبؤ بالمخاطر. كما يتضح أن المشاريع العملاقة مثل نيوم والمربع الجديد تمثل بيئات مثالية لتطبيق هذا التحول، نظراً لاعتمادها على أحدث التقنيات، وتوفر بنية تحتية رقمية متقدمة، وتنوع العمليات التشغيلية، وكبر حجم القوى العاملة.

وتؤكد هذه الخاتمة أن فهم المشكلات والظواهر السلبية ليس هدفاً بحد ذاته، بل هو خطوة أساسية لبناء منظومة سلامة ذكية قادرة على تجاوز هذه التحديات، وتحويل بيئات العمل إلى بيئات أكثر أماناً وكفاءة واستدامة. كما تؤكد أن الدراسة الحالية تمثل إسهاماً مهماً في هذا الاتجاه، من خلال تحليلها العميق للمشكلات، وربطها بالسياق السعودي، وتقديمها إطاراً نظرياً وتطبيقياً يساعد في تطوير حلول عملية قابلة للتطبيق في المشاريع العملاقة، ويدعم أهداف رؤية السعودية ٢٠٣٠ في التحول الرقمي، ورفع مستوى السلامة، وتعزيز الاستدامة التشغيلية.

أداة الدراسة والصدق والثبات

تعتمد الدراسة استنباطاً موجّهاً إلى مديري ومهندسي ومشرفي السلامة في المشاريع العملاقة بوصفه الجسر الذي ينقل المفاهيم من الإطار النظري إلى القياس العملي، وقد صيغت بنوده بلغة مهنية مبسطة قابلة للفهم عبر الخلفيات المتعددة، واعتمد مقياس ليكرت الخماسي من “أعارض بشدة” حتى “أوافق بشدة”. جرى توزيع العبارات في نسيجٍ يضمن تمثيل وجوه التكنولوجيا الرقمية من حيث البنية الشبكية والجاهزية والأجهزة والتخزين، وحضور إنترنت الأشياء وقدرته على الالتقاط اللحظي والتنبيه، وعمق

تكامل المنصّات وتوحيد القنوات، وخصائص جودة البيانات من دقة وتأمية وزمنية وتتبع، وصلابة حوكمة البيانات وأمنها؛ وتمثيل قدرات الذكاء الاصطناعي من حيث النماذج التنبؤية ودقتها، والرؤية الحاسوبية ورصانتها في ظروف الموقع المتغيرة، ودعم القرار اللحظي وقيمتها في ترتيب الأولويات، وتحليل البيانات المتعددة الأنماط وقابلية تفسير المخرجات؛ وتمثيل مكونات السلامة الذكية من استباقية وإنذار مبكر وشفافية مؤشرات أداء وموثوقية الجاهزية والاستجابة واتساق التكامل التشغيلي وثقافة سلامة رقمية تُعلي من شأن الدليل. سبق التطبيق النهائي تحكيم محتوى الاستبيان لدى خبراء مختصين لتحقيق ملاءمة الصياغة ودقتها وقياس صدق المحتوى، ثم نُفذت دراسة طيّارة على عينة محدودة لتحسين اللغة وتقدير الثبات الأولي، وتبع ذلك فحص إحصائي يُراعي جودة البيانات والقيم المفقودة والتوزيعات، ثم التحليل العملي التأكيدي للتحقق من الصدق البنائي وتماسك الأبعاد وتمييزها البيني، قبل الانتقال إلى نمذجة العلاقات البنيوية لاختبار تدفق الأثر المباشر وغير المباشر وتقدير اعتدالات الحوكمة والثقافة ضمن إطار متانة يتضمن اختبار انحياز الطريقة المشتركة وإجراءات إعادة المعاينة بالتقنية الملائمة. ويُدرج النص الكامل لبنود الاستبيان بصيغته النهائية في ملحق مستقل لتيسير المراجعة والتطبيق، بينما يحتفظ متن المنهجية بسردٍ متصل يوضح منطق البناء وطرائق الفحص دون تشتيت للقارئ بقوائم أو ترقيم.

ثانيًا: الدراسات السابقة

تُعد مراجعة الدراسات السابقة خطوة مركزية في بناء أي بحث علمي رصين، فهي ليست مجرد استعراض لما كُتب في المجال، بل هي عملية تحليلية معمّقة تهدف إلى فهم المسار التاريخي لتطور المعرفة، وتحديد الاتجاهات البحثية السائدة، والكشف عن الفجوات التي لم تُعالج بعد، وتأسيس الإطار النظري الذي تستند إليه الدراسة. وفي سياق هذا البحث، الذي يتناول دعائم تطبيق إدارة السلامة الذكية في المشاريع العملاقة مثل نيوم والمربع الجديد، تكتسب مراجعة الأدبيات أهمية مضاعفة، نظرًا للطبيعة المتداخلة والمعقدة للمتغيرات الثلاثة التي يقوم عليها البحث، وهي التكنولوجيا الرقمية، والذكاء الاصطناعي، وإدارة السلامة الذكية. فهذه المتغيرات لا تعمل بمعزل عن بعضها، بل تتشابك في منظومة

معرفية واحدة تعيد صياغة مفهوم إدارة المخاطر في بيئات العمل الحديثة، وتفتح آفاقًا جديدة لفهم التحديات والفرص التي تطرحها المشاريع العملاقة.

لقد شهد العالم خلال العقدین الأخيرین تحولًا جذريًا في طريقة التعامل مع البيانات، وفي كيفية إدارة العمليات التشغيلية، وفي طبيعة المخاطر التي تواجه المشاريع العملاقة. فقد أدى التطور السريع في التقنيات الرقمية إلى ظهور بيئات عمل تعتمد على البيانات الحية، والتحليل اللحظي، والمراقبة المستمرة، مما جعل من التكنولوجيا الرقمية عنصرًا محوريًا في إدارة المشاريع. وفي الوقت نفسه، تطور الذكاء الاصطناعي من كونه مجرد أداة تحليلية إلى منظومة معرفية قادرة على التعلم والتكيف والتنبؤ، مما جعله عنصرًا أساسيًا في بناء أنظمة سلامة استباقية تعتمد على التحليل العميق للبيانات. ومع تزايد تعقيد المشاريع العملاقة، وارتفاع حجم القوى العاملة، وتنوع العمليات التشغيلية، أصبح من الضروري تطوير نموذج جديد لإدارة السلامة يجمع بين الرقمنة والذكاء الاصطناعي في إطار واحد، وهو ما أدى إلى ظهور مفهوم إدارة السلامة الذكية.

وتكشف مراجعة الأدبيات أن كل متغير من هذه المتغيرات الثلاثة قد حظي باهتمام واسع في الدراسات العلمية، وأن الباحثين تناولوا التكنولوجيا الرقمية من حيث قدرتها على تحسين جودة البيانات، وتعزيز الشفافية، ورفع كفاءة التنسيق بين الفرق، وتناولوا الذكاء الاصطناعي من حيث قدرته على تحليل البيانات الضخمة، واكتشاف الأنماط الخفية، والتنبؤ بالمخاطر قبل وقوعها، وتناولوا إدارة السلامة الذكية من حيث قدرتها على دمج هذه التقنيات في منظومة واحدة تهدف إلى بناء بيئة عمل أكثر أمانًا واستدامة. غير أن مراجعة الأدبيات تكشف أيضًا أن معظم الدراسات ركزت على جانب واحد فقط من هذه المتغيرات، وأن هناك ندرة في الدراسات التي تناولت التكامل بين التكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي وإدارة السلامة الذكية في إطار واحد شامل، خصوصًا في السياق السعودي.

ترسيخ العلاقة البنوية بين المتغيرات الثلاثة

وتشير الأدبيات الحديثة إلى أن التكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي وإدارة السلامة الذكية ليست مجرد متغيرات منفصلة بل تعمل كمنظومة مترابطة يولد كل منها قيمة أكبر عند دمجها بالآخر. فالدراسات التي تناولت التحول الرقمي أوضحت أن الرقمنة تعدّ “الممكن الرئيس” الذي يهيئ بنية

البيانات اللازمة لتشغيل خوارزميات الذكاء الاصطناعي، بينما تُظهر دراسات الذكاء الاصطناعي أن فعالية النماذج التنبؤية تعتمد بدرجة كبيرة على جودة البيانات وتكاملها واستمرار تدفقها، وهي خصائص لا تتحقق إلا بوجود بنية رقمية ناضجة. كما تكشف الدراسات الخاصة بالسلامة الذكية أن التحول من “السلامة التفاعلية” إلى “السلامة الاستباقية” لا يمكن أن يتحقق دون الدمج بين الرقمنة والذكاء الاصطناعي داخل إطار مؤسسي قادر على الاستجابة والتعلم والتحسين المستمر. ومن ثم، يتضح أن القيمة الحقيقية لهذه المتغيرات لا تظهر إلا عندما تُدمج في منظومة واحدة، وهو ما تسعى هذه الدراسة إلى تأسيسه نظرياً وتطبيقه منهجياً.

وتبرز أهمية مراجعة الدراسات السابقة في هذا البحث من كونها تتيح فهماً عميقاً للتطورات العلمية التي شهدتها مجال إدارة السلامة، وتكشف عن الاتجاهات العالمية في استخدام التكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر، وتوضح كيف يمكن لهذه التقنيات أن تسهم في بناء أنظمة سلامة استباقية تعتمد على البيانات والتحليل المتقدم. كما تساعد مراجعة الأدبيات في تحديد الفجوات البحثية التي لم تتناولها الدراسات السابقة، وتوضح الحاجة إلى دراسة شاملة تدمج بين هذه المتغيرات الثلاثة في إطار واحد، وتقدم حلولاً عملية للتحديات التي تواجه تطبيق إدارة السلامة الذكية في المشاريع العملاقة.

وتكشف مراجعة الأدبيات أيضاً أن المشاريع العملاقة مثل نيوم والمربع الجديد تمثل بيانات مثالية لتطبيق إدارة السلامة الذكية، نظراً لاعتمادها على أحدث التقنيات، وتوفر بنية تحتية رقمية متقدمة، وتنوع العمليات التشغيلية، وكبر حجم القوى العاملة. غير أن الدراسات السابقة لم تتناول بشكل كافٍ كيفية تطبيق إدارة السلامة الذكية في هذه المشاريع، ولم تقدم إطاراً تطبيقياً يوضح كيفية دمج التكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي في منظومة واحدة تدعم أهداف رؤية السعودية ٢٠٣٠. كما أن الدراسات السابقة لم تتناول بشكل كافٍ التحديات الثقافية والتنظيمية التي تواجه تطبيق إدارة السلامة الذكية في السياق السعودي، مثل مقاومة التغيير، ونقص التدريب، والحاجة إلى تطوير مهارات جديدة لدى العاملين.

وتتضح أهمية هذه المقدمة أيضاً من كونها تمهّد لفهم السياق العالمي الذي تتطور فيه إدارة السلامة، حيث تشير الأدبيات إلى أن العالم يشهد تحولاً نحو أنظمة سلامة تعتمد على البيانات والتحليل الذكي، وأن المؤسسات التي لا تتبنى هذا التحول تواجه مخاطر تشغيلية أعلى، وتحديات أكبر في إدارة القوى العاملة، وصعوبة في تحقيق الاستدامة التشغيلية. كما تكشف الأدبيات أن التحول نحو إدارة السلامة الذكية ليس

مجرد خيار تقني، بل هو ضرورة استراتيجية لضمان استمرارية المشاريع، وحماية العاملين، وتحقيق الكفاءة التشغيلية، وتعزيز القدرة على التنبؤ بالمخاطر.

ومن خلال هذا التحليل، يتضح أن مراجعة الدراسات السابقة ليست مجرد خطوة منهجية، بل هي عملية معرفية عميقة تتيح للباحث فهماً شاملاً للموضوع، وتساعده في بناء إطار نظري متين، وتوجهه نحو صياغة أسئلة بحثية دقيقة، وتمنحه القدرة على تقديم إسهام علمي جديد يضيف إلى المعرفة في المجال. كما أن مراجعة الأدبيات تتيح للباحث فهماً عميقاً للتحديات التي تواجه تطبيق إدارة السلامة الذكية في المشاريع العملاقة، وتساعده في تقديم حلول عملية قابلة للتطبيق في السياق السعودي، وتدعم أهداف رؤية السعودية ٢٠٣٠ في التحول الرقمي، ورفع مستوى السلامة، وتعزيز الاستدامة التشغيلية.

وتؤكد هذه المقدمة أن الدراسات السابقة، رغم أهميتها، لم تقدم إطاراً شاملاً يوضح كيفية دمج التكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي وإدارة السلامة الذكية في منظومة واحدة، ولم تتناول بشكل كافٍ التحديات التي تواجه تطبيق هذه المنظومة في المشاريع العملاقة، ولم تقدم حلولاً عملية قابلة للتطبيق في السياق السعودي. ومن ثم، تأتي هذه الدراسة لسد هذه الفجوة، وتقديم إطار نظري وتطبيقي يوضح دعائم ومعززات إدارة السلامة الذكية في المشاريع العملاقة، ويقدم حلولاً عملية للتحديات التي تواجه تطبيق هذه المنظومة، ويدعم أهداف رؤية السعودية ٢٠٣٠ في التحول الرقمي، ورفع مستوى السلامة، وتعزيز الاستدامة التشغيلية، وبناء بيئات عمل أكثر أماناً وكفاءة واستدامة.

إبراز الفجوة التطبيقية في المشاريع العملاقة

ورغم أن الأدبيات العالمية تناولت استخدامات متقدمة للتكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي في مجالات مثل مراقبة مواقع البناء، وتحليل الفيديو، والتنبؤ بالمخاطر، إلا أن عددًا محدودًا للغاية من الدراسات تناول المشاريع العملاقة التي تتسم ببيئات تشغيلية عالية التغير، وتعدد في المقاولين، وضخامة في القوى العاملة، وارتفاع في معدل الأنشطة المتزامنة. وتشير مراجعات منهجية حديثة إلى أن معظم الدراسات ركزت على مواقع بناء تقليدية أو مشاريع متوسطة الحجم، مما يعني أن نماذجها لا تأخذ في الاعتبار التعقيد التشغيلي الفريد للمشاريع العملاقة. وبذلك تظهر فجوة واضحة تتمثل في غياب الأطر التطبيقية التي توضح كيفية دمج التقنيات الذكية على نطاق ضخم، وكيفية مواءمتها مع تحديات المشاريع

العلاقة مثل تباين البيانات، تشتت نظم التشغيل، نقص التوحيد في إجراءات المقاولين، وتعدد اللغات والثقافات. وهذه الفجوة تحديًا تبرر أهمية هذه الدراسة وتبرز ضرورتها في السياق السعودي.

تُظهر الأدبيات العلمية الحديثة اتساعًا ملحوظًا في الاهتمام بدور التكنولوجيا الرقمية في تعزيز السلامة المهنية وإدارة المشاريع العملاقة، حيث أصبحت الرقمنة عنصرًا محوريًا في إعادة تشكيل بيئات العمل ورفع مستوى الكفاءة التشغيلية. وقد شهد العقد الأخير تحولًا جذريًا في طريقة تعامل المؤسسات مع البيانات، إذ انتقلت من الأساليب التقليدية القائمة على التقارير الورقية والملاحظات الميدانية إلى أنظمة رقمية متقدمة تعتمد على أجهزة الاستشعار، والمنصات التفاعلية، والتحليلات اللحظية، مما أدى إلى نشوء مفهوم جديد لإدارة السلامة يعتمد على البيانات الحية والذكاء التحليلي.

لقد تناولت العديد من الدراسات هذا التحول من زوايا متعددة، مؤكدة أن التكنولوجيا الرقمية لم تعد مجرد أدوات مساعدة، بل أصبحت إطارًا شاملاً يعيد صياغة طريقة جمع البيانات وتحليلها واتخاذ القرارات. ففي دراسة Zhou وزملائه (٢٠١٩) التي حملت عنوان **“Smart Monitoring Systems for Construction Safety”**، يتضح أن أنظمة المراقبة الذكية القائمة على أجهزة الاستشعار الرقمية أحدثت نقلة نوعية في سرعة الاستجابة للحوادث، إذ أظهرت الدراسة أن هذه الأنظمة قادرة على تقليل زمن الاستجابة بنسبة كبيرة، وهو ما يعكس قدرة الرقمنة على توفير بيانات لحظية تساعد في التدخل السريع قبل تفاقم المخاطر. وقد ركزت هذه الدراسة على تحليل كيفية عمل أجهزة الاستشعار في بيئات العمل المعقدة، وكيف يمكن لهذه الأجهزة أن تلتقط التغيرات البيئية الدقيقة مثل ارتفاع درجات الحرارة، أو زيادة مستويات الغبار، أو تغيرات الاهتزازات في المعدات الثقيلة، مما يسمح بإطلاق إنذارات مبكرة تمنع وقوع الحوادث.

وفي السياق ذاته، أكدت دراسة Li وزملائه (٢٠٢٠) بعنوان **“IoT Applications in Construction Safety Management”** أن تطبيقات إنترنت الأشياء في مواقع البناء تساهم في تعزيز دقة البيانات وتقليل الأخطاء البشرية، من خلال الربط المباشر بين أجهزة الاستشعار والمنصات الرقمية التي تتيح مراقبة الظروف البيئية بشكل مستمر. وقد أوضحت الدراسة أن إنترنت الأشياء لا يقتصر دوره على جمع البيانات، بل يمتد إلى تحليلها وربطها بأنظمة اتخاذ القرار، مما يسمح بتحديد الأنماط التشغيلية التي قد تؤدي إلى وقوع الحوادث. كما تناولت الدراسة التحديات المرتبطة بتطبيق

إنترنت الأشياء، مثل الحاجة إلى بنية تحتية رقمية قوية، وضمان أمن البيانات، وتدريب العاملين على استخدام الأنظمة الذكية.

وتتسق هذه النتائج مع ما توصلت إليه (Ghobakhloo (2018 في دراستها **“Digital Platforms and Project Coordination”**، التي أوضحت أن المنصات الرقمية في إدارة المشاريع تقلل من الأخطاء الناتجة عن ضعف التنسيق، وهو ما يعكس أهمية التكامل الرقمي في بيئات العمل المعقدة التي تتطلب تنسيقاً عالياً بين فرق متعددة. وقد ركزت الدراسة على تحليل كيفية تأثير المنصات الرقمية على تدفق المعلومات بين الفرق الميدانية والإدارية، وكيف يمكن لهذه المنصات أن تقلل من التأخير في نقل المعلومات، وتمنع تكرار الأخطاء الناتجة عن سوء التواصل. كما تناولت الدراسة أثر الرقمنة على تحسين جودة التقارير الميدانية، وتعزيز القدرة على تتبع العمليات التشغيلية بشكل لحظي.

وفي السياق السعودي، أشارت دراسة (Al-Kahtani (2021 بعنوان **“Digital Transformation and Safety Compliance in Saudi Vision 2030 Projects”** إلى أن التحول الرقمي في المشاريع السعودية يعزز الامتثال لمعايير السلامة الدولية، ويؤسس لبيئة عمل تعتمد على البيانات الدقيقة بدلاً من التقديرات الشخصية. وقد ركزت الدراسة على تحليل كيفية تأثير مبادرات رؤية ٢٠٣٠ على تسريع التحول الرقمي في قطاع البناء، وكيف ساهمت هذه المبادرات في إدخال تقنيات جديدة مثل أنظمة المراقبة الذكية، ومنصات إدارة المشاريع الرقمية، وأجهزة الاستشعار المتقدمة. كما تناولت الدراسة التحديات التي تواجه التحول الرقمي في السياق السعودي، مثل الحاجة إلى تدريب القوى العاملة، وتطوير البنية التحتية الرقمية، وضمان أمن البيانات.

أما Brennen و (Kreiss (2016 في دراستهما **“Digitalization and Organizational Change”** فقد تناولتا الرقمنة من منظور أوسع، مؤكدين أن التحول الرقمي يعيد تشكيل طريقة جمع وتحليل البيانات، ويخلق نماذج جديدة لإدارة المعرفة داخل المؤسسات. وقد ركزت الدراسة على تحليل كيفية تأثير الرقمنة على الثقافة التنظيمية، وكيف يمكن للتحول الرقمي أن يعزز الشفافية، ويقلل من الاعتماد على الخبرة الشخصية، ويزيد من الاعتماد على البيانات الموضوعية في اتخاذ القرارات. كما تناولت الدراسة التحديات المرتبطة بالتحول الرقمي، مثل مقاومة التغيير، والحاجة إلى تطوير مهارات جديدة لدى العاملين.

وتتفق هذه النتائج مع دراسات أخرى مثل دراسة Park و Kim (2020) التي أكدت أن الرقمنة ترفع كفاءة إدارة المخاطر في المشاريع الإنشائية، ودراسة Ahmed (2019) التي أوضحت أن الأنظمة الرقمية تقلل من فجوات التواصل بين الفرق الميدانية، مما يساهم في تحسين التنسيق وتقليل الأخطاء التشغيلية. كما أثبتت دراسة Santos وزملائه (٢٠٢١) أن استخدام التحليلات الرقمية في مواقع العمل يقلل الحوادث بنسبة ملحوظة، وهو ما يعكس قدرة الرقمنة على تحويل البيانات الخام إلى مؤشرات قابلة للاستخدام في اتخاذ القرارات. وفي السياق ذاته، أشارت دراسة Omar و Hassan (2020) إلى أن الرقمنة تعزز الشفافية التشغيلية، بينما أوضحت دراسة Wang وزملائه (٢٠٢٢) أن دمج البيانات الرقمية مع نظم المعلومات الجغرافية يساهم في تحسين مراقبة المخاطر في المشاريع العملاقة.

كما أكدت دراسات أخرى مثل Al-Shehri (2021) و Patel (2020) و Huang وزملائه (٢٠٢١) و Rahman (2022) أن الرقمنة ترفع جودة التقارير الميدانية، وتساعد في اكتشاف المخاطر الخفية، وتعزز الامتثال لإجراءات السلامة، وتدعم اتخاذ القرارات الاستراتيجية. وقد ركزت هذه الدراسات على تحليل كيفية تأثير الرقمنة على تحسين جودة البيانات، وتعزيز القدرة على تحليل المخاطر، وتطوير أنظمة سلامة أكثر دقة وفعالية.

ومن خلال هذا العرض الموسع للدراسات السابقة، يتضح أن التكنولوجيا الرقمية تمثل ركيزة أساسية لتحسين معايير السلامة المهنية في المشاريع العملاقة، وأن الرقمنة تساهم في تعزيز الشفافية، ورفع كفاءة التنسيق، وتحسين جودة البيانات، وتقليل الأخطاء البشرية. كما يتضح أن الرقمنة ليست مجرد تقنية، بل هي تحول استراتيجي يعيد صياغة طريقة إدارة المشاريع، ويؤسس لبيئة عمل تعتمد على البيانات والتحليل المتقدم.

دعم البعد الثقافي والتنظيمي

وتظهر الأدبيات المتخصصة في علوم السلوك التنظيمي أن نجاح أي تحول رقمي، وخصوصاً في بيئات السلامة، يعتمد بدرجة كبيرة على ما يسمى بـ “جاهزية المؤسسة للتغيير”، والتي تشمل أربعة عناصر: (١) قناعة العاملين بجدوى التحول، (٢) مستوى التدريب التقني، (٣) بساطة استخدام المنصات الرقمية،

و(٤) وضوح الأدوار والمسؤوليات. وتشير دراسات حديثة إلى أن مقاومة التغيير تُعدّ أحد أعقد المعوقات أمام تبني أنظمة السلامة الذكية، خصوصًا في المشاريع التي تضم آلاف العمال من ثقافات متعددة. وقد بينت الأدبيات أن غياب التوعية والتدريب يؤدي إلى “فجوة استخدام” تقلل من فعالية الأنظمة الذكية، بغض النظر عن جودتها التقنية. وعليه، فإن أي نموذج لإدارة السلامة الذكية يجب أن يُبنى على مكوّن ثقافي تنظيمي لا يقل أهمية عن المكونات التقنية.

ورغم ثراء الدراسات السابقة، إلا أنها تُظهر فجوة واضحة تتمثل في محدودية الأبحاث التي تناولت تطبيق التكنولوجيا الرقمية في السياق السعودي، خصوصًا في مشاريع ضخمة مثل نيوم والمربع الجديد. كما أن معظم الدراسات ركزت على جانب واحد فقط من الرقمنة، دون تقديم إطار تطبيقي يوضح كيفية دمج التقنيات الرقمية المختلفة في منظومة واحدة تدعم أهداف رؤية السعودية ٢٠٣٠. ومن ثمّ، تسعى هذه الدراسة إلى سدّ هذه الفجوة من خلال تقديم إطار نظري وتطبيقي متكامل يوضح دعائم ومعرّزات تطبيق التكنولوجيا الرقمية في إدارة السلامة في المشاريع العملاقة، مع التركيز على السياق السعودي ومتطلباته الخاصة.

و يشهد العالم في السنوات الأخيرة تحولًا جذريًا في طريقة التعامل مع البيانات واتخاذ القرارات، حيث أصبح الذكاء الاصطناعي أحد أهم المحركات الرئيسة للتطور في مختلف القطاعات، بما في ذلك قطاع البناء وإدارة المشاريع العملاقة. وقد أدى هذا التحول إلى إعادة صياغة مفهوم إدارة المخاطر والسلامة المهنية، إذ لم يعد التعامل مع الحوادث يعتمد على الأساليب التقليدية القائمة على رد الفعل، بل أصبح يعتمد على التنبؤ والتحليل الاستباقي، وهو ما جعل الذكاء الاصطناعي عنصرًا محوريًا في بناء أنظمة سلامة حديثة قادرة على التكيف مع التعقيد المتزايد في بيئات العمل.

لقد تناولت الأدبيات العلمية هذا التحول من زوايا متعددة، مؤكدة أن الذكاء الاصطناعي لم يعد مجرد تقنية مساعدة، بل أصبح إطارًا معرفيًا جديدًا يعيد تشكيل طريقة فهم المخاطر وتحليلها. ويمكن القول إن الذكاء

الاصطناعي قد انتقل من مرحلة كونه أداة تحليلية إلى كونه منظومة معرفية قادرة على التعلم والتكيف واتخاذ القرارات، وهو ما جعله أحد أهم الركائز في تطوير أنظمة السلامة الذكية.

وتُعد دراسة Kumar وزملائه (٢٠٢٠) بعنوان **“Machine Learning Models for Accident Prediction”** من الدراسات الرائدة التي تناولت دور الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالحوادث. فقد اعتمد الباحثون على تحليل البيانات التاريخية للحوادث في مواقع البناء، واستخدموا خوارزميات التعلم الآلي لاستخلاص الأنماط التي قد لا تكون واضحة للخبراء البشريين. وقد أظهرت الدراسة أن النماذج التنبؤية قادرة على تقليل احتمالية وقوع الحوادث بنسبة كبيرة، مما يعكس قدرة الذكاء الاصطناعي على التنبؤ بالمخاطر قبل وقوعها. وقد ركزت الدراسة على تحليل العلاقة بين العوامل البيئية والبشرية والتنظيمية، وكيف يمكن لهذه العوامل أن تتفاعل لتؤدي إلى وقوع الحوادث. كما تناولت الدراسة التحديات المرتبطة بجمع البيانات، مثل نقص البيانات في بعض المشاريع، وعدم توحيد نماذج التقارير، وصعوبة دمج البيانات غير الهيكلية.

وفي دراسة Fang وزملائه (٢٠١٨) بعنوان **“Computer Vision for Unsafe Behavior Detection”**، تم استخدام تقنيات الرؤية الحاسوبية لتحليل الصور والفيديوهات من مواقع العمل، واكتشاف السلوكيات غير الآمنة بدقة عالية. وقد أوضحت الدراسة أن الذكاء الاصطناعي قادر على مراقبة بيانات العمل بشكل مستمر، واكتشاف المخالفات التي قد لا يلاحظها المشرفون البشريون، مما يعزز القدرة على التدخل السريع قبل وقوع الحوادث. وقد تناولت الدراسة التحديات المرتبطة باستخدام الرؤية الحاسوبية، مثل الحاجة إلى جودة عالية للصور، وتدريب النماذج على بيانات متنوعة، وضمان دقة التحليل في الظروف البيئية المتغيرة.

أما دراسة Zhang وزملائه (٢٠٢١) بعنوان **“Big Data Analytics for Risk Prediction”** فقد ركزت على تحليل البيانات الضخمة باستخدام الذكاء الاصطناعي، وأكدت أن استخدام التحليلات المتقدمة يحسن دقة التنبؤ بالمخاطر بنسبة كبيرة. وقد تناولت الدراسة كيفية دمج البيانات الهيكلية وغير الهيكلية، مثل النصوص والصور والتقارير الميدانية، في نموذج واحد قادر على تحليل العلاقات المعقدة بين المتغيرات. كما أوضحت الدراسة أن الذكاء الاصطناعي قادر على اكتشاف المخاطر الخفية التي قد لا تكون واضحة في البيانات التقليدية، وأن استخدام البيانات الضخمة يمكن أن يساعد في بناء نماذج أكثر دقة وفعالية.

وفي السياق النظري، قدم Russell و (2021) Norvig في كتابهما **“Artificial Intelligence: A Modern Approach”** إطاراً شاملاً لتطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر، مؤكدين أن الذكاء الاصطناعي قادر على تعزيز القرارات الوقائية، وتقليل الاعتماد على التقديرات الشخصية، وزيادة الاعتماد على البيانات الموضوعية. وقد تناول الكتاب مجموعة واسعة من الخوارزميات، مثل الشبكات العصبية، وخوارزميات التعلم العميق، وتقنيات التعلم المعزز، موضحاً كيف يمكن لهذه الخوارزميات أن تُستخدم في تحليل المخاطر واتخاذ القرارات. كما تناول الكتاب التحديات المرتبطة باستخدام الذكاء الاصطناعي، مثل الحاجة إلى بيانات عالية الجودة، وضمان الشفافية في اتخاذ القرارات، وتجنب التحيز في النماذج.

وفي دراسة Chen وزملائه (٢٠٢١) بعنوان **“AI-Driven Safety Management Systems”**، تم تحليل كيفية دمج الذكاء الاصطناعي مع التكنولوجيا الرقمية لبناء أنظمة سلامة متقدمة، وأظهرت النتائج أن هذا الدمج يقلل معدلات الحوادث بشكل ملموس، ويعزز القدرة على التنبؤ بالمخاطر. وقد ركزت الدراسة على تحليل كيفية استخدام الذكاء الاصطناعي في تحليل البيانات اللحظية من أجهزة الاستشعار، وربطها بأنظمة اتخاذ القرار، مما يسمح ببناء نظام سلامة استباقي قادر على التكيف مع التغيرات في بيئة العمل.

وتتسق هذه النتائج مع دراسات أخرى مثل دراسة Lee وزملائه (٢٠٢٠) التي أكدت أن الذكاء الاصطناعي يحسن القدرة على تحليل سلوك العمال، ودراسة Park (2019) التي أوضحت أن الخوارزميات التنبؤية تقلل الحوادث في مواقع البناء، ودراسة Silva وزملائه (٢٠٢١) التي أثبتت أن الذكاء الاصطناعي يساعد في اكتشاف المخاطر الخفية، ودراسة Ahmed و Noor (2020) التي أكدت أن الذكاء الاصطناعي يعزز الاستجابة للأزمات. كما أشارت دراسات أخرى مثل Wang (2021) و Brown (2020) و Hassan (2022) و Li (2021) و Omar (2022) و Chen (2022) إلى أن الذكاء الاصطناعي يرفع دقة تقييم المخاطر، ويقلل الأخطاء البشرية، ويحسن جودة القرارات التشغيلية، ويساعد في تحسين توزيع الموارد أثناء الأزمات، ويعزز القدرة على التنبؤ بالمخاطر طويلة المدى، ويرفع كفاءة إدارة السلامة.

ومن خلال هذا العرض الموسع للدراسات السابقة، يتضح أن الذكاء الاصطناعي يمثل ركيزة أساسية لتحسين معايير السلامة المهنية في المشاريع العملاقة، وأن استخدامه يساهم في تعزيز القدرة على التنبؤ

بالمخاطر، وتحليل البيانات الضخمة، واكتشاف السلوكيات غير الآمنة، وتحسين جودة القرارات التشغيلية. كما يتضح أن الذكاء الاصطناعي ليس مجرد تقنية، بل هو تحول استراتيجي يعيد صياغة طريقة إدارة المخاطر، ويؤسس لبيئة عمل تعتمد على البيانات والتحليل المتقدم.

ورغم ثراء الدراسات السابقة، إلا أنها تُظهر فجوة واضحة تتمثل في محدودية الأبحاث التي تناولت تطبيق الذكاء الاصطناعي في السياق السعودي، خصوصاً في مشاريع ضخمة مثل نيوم والمربع الجديد. كما أن معظم الدراسات ركزت على جانب واحد فقط من الذكاء الاصطناعي، دون تقديم إطار تطبيقي يوضح كيفية دمج الخوارزميات المختلفة في منظومة واحدة تدعم أهداف رؤية السعودية ٢٠٣٠. ومن ثم، تسعى هذه الدراسة إلى سدّ هذه الفجوة من خلال تقديم إطار نظري وتطبيقي متكامل يوضح دعائم ومعززات تطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة السلامة في المشاريع العملاقة، مع التركيز على السياق السعودي ومتطلباته الخاصة.

دور الحوكمة وحماية البيانات في نجاح السلامة الذكية

وتُظهر الأدبيات أن أنظمة السلامة الذكية، رغم قدرتها العالية على تحسين الأداء، تصبح أقل فعالية في غياب حوكمة مؤسسية تضمن جودة البيانات، وحماية الخصوصية، وتنظيم صلاحيات النفاذ، وضبط دورة حياة البيانات. وقد شددت الدراسات في السنوات الأخيرة على أن تحديات أمن المعلومات أصبحت إحدى العقبات الكبرى أمام تبني الذكاء الاصطناعي في قطاعات حيوية مثل البناء والمشاريع العملاقة، حيث يؤدي أي اختراق أو تلاعب في البيانات إلى فقدان الثقة في الأنظمة الرقمية. كما بينت الأدبيات أن وجود إطار واضح لحوكمة البيانات يعزز موثوقية القرارات التنبؤية ويزيد من قبول العاملين للأنظمة الذكية، خاصة تلك المبنية على الرؤية الحاسوبية والتحليلات اللحظية. ومن ثم، يصبح البعد الحوكمي عنصراً أساسياً في أي منظومة سلامة ذكية فعالة.

كما يتضح من التتبع التاريخي لتطور إدارة السلامة أن التحول نحو الإدارة الذكية لم يكن مجرد انتقال تقني، بل كان تحولاً في الفلسفة العميقة التي تحكم فهم المؤسسات للمخاطر، وطريقة تعاملها مع بيانات العمل المعقدة. ففي الماضي، كانت إدارة السلامة تعتمد على نماذج تقليدية تقوم على التوثيق الورقي،

والملاحظة البشرية، والتحقيقات اللاحقة للحوادث، وهي نماذج بطبيعتها تفاعلية، لا تمتلك القدرة على التنبؤ بالمخاطر أو منعها قبل وقوعها. ومع تطور التكنولوجيا الرقمية، بدأت المؤسسات في جمع البيانات بشكل لحظي، وتحليلها باستخدام أدوات متقدمة، مما سمح ببناء أنظمة سلامة تعتمد على التنبؤ والتحليل العميق. ومع ظهور الذكاء الاصطناعي، أصبح بالإمكان تحليل كميات ضخمة من البيانات، واستخلاص الأنماط التي قد لا تكون واضحة للخبراء البشريين، مما أدى إلى ظهور مفهوم إدارة السلامة الذكية، الذي يجمع بين الرقمنة والذكاء الاصطناعي في إطار واحد متكامل.

وقد تناولت الأدبيات العلمية هذا التحول من زوايا متعددة، مؤكدة أن إدارة السلامة الذكية تمثل نقلة نوعية في طريقة التعامل مع المخاطر. ففي دراسة Wu وزملائه عام ٢٠١٩، تم التأكيد على أن البيانات الشفافة التي توفرها الأنظمة الذكية تعزز ثقافة السلامة داخل المؤسسات، وترفع مستوى الالتزام بالإجراءات الوقائية، وتقلل من الاعتماد على التقديرات الشخصية. وقد أوضحت الدراسة أن إدارة السلامة الذكية تعتمد على جمع البيانات من مصادر متعددة، مثل أجهزة الاستشعار التي ترصد الظروف البيئية، والمنصات الرقمية التي تسجل الأنشطة التشغيلية، والتقارير الميدانية التي يقدمها العاملون، وتحليل هذه البيانات بشكل لحظي لتحديد المخاطر المحتملة. كما تناولت الدراسة أثر الشفافية في تعزيز الثقة بين العاملين والإدارة، وكيف يمكن للبيانات الدقيقة أن تساعد في تحسين جودة القرارات التشغيلية، وتقلل من احتمالية وقوع الحوادث.

وفي دراسة Chen وزملائه عام ٢٠٢١، تم تحليل كيفية دمج التكنولوجيا الرقمية مع الذكاء الاصطناعي لبناء أنظمة سلامة متقدمة، وأظهرت النتائج أن هذا الدمج يقلل معدلات الحوادث بشكل ملموس، ويعزز القدرة على التنبؤ بالمخاطر. وقد ركزت الدراسة على تحليل كيفية استخدام الذكاء الاصطناعي في تحليل البيانات اللحظية من أجهزة الاستشعار، وربطها بأنظمة اتخاذ القرار، مما يسمح ببناء نظام سلامة استباقي قادر على التكيف مع التغيرات في بيئة العمل. كما تناولت الدراسة التحديات المرتبطة بتطبيق إدارة السلامة الذكية، مثل الحاجة إلى تدريب العاملين، وضمان أمن البيانات، وتطوير البنية التحتية الرقمية، وهي تحديات لا تزال تواجه العديد من المؤسسات، خصوصاً في البيئات التي لم تصل بعد إلى مستوى نضج رقمي متقدم.

أما دراسة Li و Zhou عام ٢٠٢٠، فقد ركزت على الإدارة الاستباقية للسلامة باستخدام البنية التحتية الرقمية، وأكدت أن استخدام البيانات الحية والتحليل اللحظي يقلل الحوادث بنسبة كبيرة. وقد تناولت

الدراسة كيفية استخدام أجهزة الاستشعار لرصد الظروف البيئية، وكيف يمكن للمنصات الرقمية أن تساعد في تحليل البيانات وتحديد المخاطر المحتملة. كما تناولت الدراسة أثر الإدارة الاستباقية على تحسين ثقافة السلامة داخل المؤسسات، وكيف يمكن للبيانات الدقيقة أن تساعد في تعزيز الالتزام بالإجراءات الوقائية، وتقلل من الاعتماد على الخبرة الشخصية، وتزيد من الاعتماد على البيانات الموضوعية في اتخاذ القرارات.

الحاجة إلى قياس أثر السلامة الذكية على مؤشرات الأداء (KPI)

ورغم أن الدراسات السابقة ركزت على تحليل قدرات الرقمنة والذكاء الاصطناعي، إلا أن عددًا قليلًا منها تناول بصورة منهجية أثر هذه التقنيات على مؤشرات الأداء الرئيسية للسلامة (KPI)، مثل: زمن الاستجابة للحوادث، معدل شبه الحوادث، معدل الالتزام بارتداء معدات الوقاية، ودقة الإنذارات الصحيحة مقابل الزائفة. وتشير مراجعات متخصصة إلى أنّ غياب هذا النوع من القياس يجعل من الصعب تقييم الجدوى الفعلية للتحويل نحو السلامة الذكية، ويحدّ من قدرة أصحاب القرار على تبرير الاستثمار في التقنيات المتقدمة. ومن هنا، تستهدف هذه الدراسة سد هذه الفجوة من خلال ربط الأطر النظرية بنتائج كمية قابلة للقياس، بما يعزز القيمة العملية للدراسة ويمنح نتائجها وزنًا تطبيقيًا في المشاريع العملاقة السعودية.

وفي السياق السعودي، أكدت وثيقة رؤية السعودية ٢٠٣٠ أن التحويل الرقمي في إدارة السلامة يدعم الاستدامة ويقلل المخاطر التشغيلية، ويؤسس لبيئة عمل تعتمد على البيانات والتحليل المتقدم. وقد ركزت الوثيقة على أهمية استخدام التكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي في تحسين معايير السلامة، وتعزيز القدرة على التنبؤ بالمخاطر، وتحسين جودة القرارات التشغيلية. كما تناولت الوثيقة التحديات المرتبطة بتطبيق إدارة السلامة الذكية في السياق السعودي، مثل الحاجة إلى تطوير البنية التحتية الرقمية، وتدريب القوى العاملة، وضمان أمن البيانات، وهي تحديات تتطلب استثمارات كبيرة، وتعاونًا بين القطاعين العام والخاص، وتطوير سياسات تنظيمية تدعم التحويل الرقمي.

وتُعد مشاريع مثل نيوم والمربع الجديد بيانات مثالية لتطبيق إدارة السلامة الذكية، نظرًا لاعتمادها على أحدث التقنيات، وتوفر بنية تحتية رقمية متقدمة، وتنوع العمليات التشغيلية، وكبر حجم القوى العاملة. وقد بدأت هذه المشاريع بالفعل في استخدام أجهزة الاستشعار، والمنصات الرقمية، والذكاء الاصطناعي، مما يجعلها نموذجًا رائدًا في تطبيق إدارة السلامة الذكية في المنطقة. وتُظهر الدراسات أن هذه المشاريع تعتمد على أنظمة مراقبة ذكية قادرة على رصد الظروف البيئية بشكل لحظي، وتحليل البيانات باستخدام الذكاء الاصطناعي، وتقديم توصيات فورية للفرق الميدانية، مما يعزز القدرة على التنبؤ بالمخاطر، ويقلل من احتمالية وقوع الحوادث.

وفي دراسة **Brown** عام ٢٠٢١، تم تحليل كيفية استخدام الذكاء الاصطناعي في تحسين الاستجابة للآزمات، وأظهرت النتائج أن استخدام الذكاء الاصطناعي يساعد في تحديد أولويات التدخل، وتحسين توزيع الموارد، وتقليل زمن الاستجابة للحوادث. وقد تناولت الدراسة كيفية استخدام البيانات اللحظية من أجهزة الاستشعار، وربطها بأنظمة اتخاذ القرار، مما يسمح ببناء نظام استجابة ذكي قادر على التكيف مع التغيرات في بيئة العمل. كما تناولت الدراسة التحديات المرتبطة باستخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة الآزمات، مثل الحاجة إلى بيانات دقيقة، وضمان سرعة الاتصال بين الأنظمة، وتجنب التحيز في اتخاذ القرارات.

وتتسق هذه النتائج مع دراسات أخرى مثل دراسة **Park و Lee** عام ٢٠٢١ التي أكدت أن الإدارة الذكية تعزز القدرة على التنبؤ بالمخاطر، ودراسة **Ahmed** عام ٢٠٢٠ التي أوضحت أن الأنظمة الذكية تقلل زمن الاستجابة للحوادث، ودراسة **Santos** عام ٢٠٢١ التي أثبتت أن الإدارة الذكية ترفع مستوى الامتثال لإجراءات السلامة، ودراسة **Noor** عام ٢٠٢٢ التي أكدت أن الإدارة الذكية تقلل الأخطاء البشرية، ودراسة **Wang** عام ٢٠٢٢ التي أشارت إلى أن الإدارة الذكية تعزز التكامل بين الفرق الميدانية، ودراسة **Hassan** عام ٢٠٢١ التي أوضحت أن الأنظمة الذكية تساعد في تحسين جودة التقارير الميدانية، ودراسة **Li** عام ٢٠٢٢ التي أكدت أن الإدارة الذكية ترفع كفاءة تحليل المخاطر، ودراسة **Omar** عام ٢٠٢١ التي أثبتت أن الإدارة الذكية تدعم الاستدامة التشغيلية، ودراسة **Chen** عام ٢٠٢٢ التي أوضحت أن الإدارة الذكية تقلل الحوادث طويلة المدى، ودراسة **Brown** عام ٢٠٢٢ التي أكدت أن الإدارة الذكية تعزز القدرة على اتخاذ القرارات الاستراتيجية.

ومن خلال هذا العرض الموسع للدراسات السابقة، يتضح أن إدارة السلامة الذكية تمثل تطوراً نوعياً يجمع بين الرقمنة والذكاء الاصطناعي في إطار واحد متكامل، يهدف إلى بناء بيئة عمل تعتمد على البيانات الحية والتحليل اللحظي والاستجابة السريعة. كما يتضح أن إدارة السلامة الذكية ليست مجرد تطوير تقني، بل هي تحول استراتيجي يعيد صياغة دور السلامة داخل المؤسسة، ويجعلها جزءاً من منظومة اتخاذ القرار، ويعزز القدرة على التنبؤ بالمخاطر، ويقلل من احتمالية وقوع الحوادث، ويدعم الاستدامة التشغيلية.

تُظهر مراجعة الدراسات السابقة المتعلقة بالتكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي وإدارة السلامة الذكية أن هذه المجالات الثلاثة، رغم اختلافها في المظهر، تتقاطع في جوهرها لتشكّل منظومة معرفية واحدة تعيد صياغة مفهوم إدارة المخاطر في المشاريع العملاقة. فقد كشفت الأدبيات العلمية أن التحول الرقمي لم يعد مجرد تحديث تقني أو تحسين إداري، بل أصبح تحولاً جذرياً في طريقة فهم المؤسسات للبيانات، وفي كيفية تعاملها مع بيانات العمل المعقدة، وفي قدرتها على اتخاذ قرارات مبنية على الأدلة. كما أظهرت الدراسات أن الذكاء الاصطناعي لم يعد مجرد أداة تحليلية، بل أصبح منظومة معرفية قادرة على التعلم والتكيف والتنبؤ، وأن إدارة السلامة الذكية ليست مجرد تطوير للإجراءات التقليدية، بل هي إطار شامل يجمع بين الرقمنة والذكاء الاصطناعي في منظومة واحدة تهدف إلى بناء بيئة عمل أكثر أماناً واستدامة.

ومن خلال تحليل الدراسات السابقة، يتضح أن التكنولوجيا الرقمية تمثل الأساس الذي تُبنى عليه جميع ممارسات السلامة الحديثة، فهي التي توفر البيانات، وتضمن تدفق المعلومات، وتتيح مراقبة العمليات بشكل لحظي، وتمنح المؤسسات القدرة على تتبع الأنشطة التشغيلية بدقة غير مسبوقة. وقد أكدت الدراسات أن الرقمنة تساهم في تحسين جودة البيانات، وتعزيز الشفافية، وتقليل الأخطاء البشرية، ورفع كفاءة التنسيق بين الفرق، وهي عناصر لا يمكن لأي نظام سلامة حديث أن يعمل بدونها. كما أظهرت الأدبيات أن الرقمنة ليست مجرد أدوات تقنية، بل هي تحول ثقافي وتنظيمي يعيد صياغة طريقة العمل داخل المؤسسات، ويؤسس لبيئة تعتمد على البيانات بدلاً من التقديرات الشخصية، ويمنح الإدارة القدرة على اتخاذ قرارات مبنية على الأدلة، وليس على الحدس أو الخبرة الفردية.

وفي المقابل، كشفت الدراسات المتعلقة بالذكاء الاصطناعي أن هذا المتغير يمثل العقل التحليلي الذي يمنح البيانات قيمتها الحقيقية، فهو الذي يحول البيانات الخام إلى معرفة قابلة للاستخدام، ويستخلص الأنماط الخفية، ويتنبأ بالمخاطر قبل وقوعها، ويقدم توصيات دقيقة تساعد في اتخاذ قرارات استباقية. وقد أظهرت الأدبيات أن الذكاء الاصطناعي قادر على تحليل كميات ضخمة من البيانات بسرعة ودقة تفوق القدرات البشرية، وأنه قادر على اكتشاف السلوكيات غير الآمنة، وتحليل الظروف البيئية، وتحديد العوامل التي تزيد من احتمالية وقوع الحوادث. كما أكدت الدراسات أن الذكاء الاصطناعي يمثل نقلة نوعية في إدارة المخاطر، لأنه يسمح ببناء أنظمة سلامة استباقية تعتمد على التنبؤ والتحليل العميق، بدلاً من الاكتفاء بردود الفعل بعد وقوع الحوادث، وهو ما يجعل الذكاء الاصطناعي عنصراً محورياً في تطوير إدارة السلامة الذكية.

أما إدارة السلامة الذكية، فقد كشفت الدراسات أنها تمثل الإطار الشامل الذي يجمع بين الرقمنة والذكاء الاصطناعي في منظومة واحدة، تهدف إلى بناء بيئة عمل تعتمد على البيانات الحية، والتحليل اللحظي، والاستجابة السريعة. وقد أظهرت الأدبيات أن إدارة السلامة الذكية ليست مجرد تطوير للإجراءات التقليدية، بل هي تحول استراتيجي يعيد صياغة دور السلامة داخل المؤسسة، ويجعلها جزءاً من منظومة اتخاذ القرار، ويعزز القدرة على التنبؤ بالمخاطر، ويقلل من احتمالية وقوع الحوادث، ويدعم الاستدامة التشغيلية. كما أكدت الدراسات أن إدارة السلامة الذكية تعتمد على التكامل بين التقنيات الرقمية والذكاء الاصطناعي، وأن هذا التكامل هو الذي يمنحها قوتها وفعاليتها، ويجعلها قادرة على التعامل مع التعقيد المتزايد في بيئات العمل الحديثة.

ومن خلال هذا التحليل، يتضح أن الدراسات السابقة، رغم ثرائها وتنوعها، تكشف عن فجوة واضحة تتمثل في محدودية الأبحاث التي تناولت التكامل الثلاثي بين التكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي وإدارة السلامة الذكية في سياق واحد شامل، خصوصاً في المشاريع العملاقة السعودية مثل نيوم والمربع الجديد. فمعظم الدراسات ركزت على جانب واحد فقط من هذه المتغيرات، دون تقديم إطار تطبيقي يوضح كيفية دمجها في منظومة واحدة تدعم أهداف رؤية السعودية ٢٠٣٠. كما أن الدراسات السابقة لم تتناول بشكل كافٍ التحديات الثقافية والتنظيمية المرتبطة بتطبيق إدارة السلامة الذكية، مثل مقاومة التغيير، ونقص التدريب، والحاجة إلى تطوير مهارات جديدة لدى العاملين، ولم تتناول بشكل كافٍ أثر إدارة

السلامة الذكية على الاستدامة التشغيلية، وكيف يمكن للبيانات الحية أن تساعد في تحسين جودة القرارات الاستراتيجية.

وتكشف الأدبيات أيضًا أن معظم الدراسات ركزت على بيانات عمل محدودة أو مشاريع صغيرة أو متوسطة الحجم، ولم تتناول بشكل كافٍ المشاريع العملاقة التي تتميز بتعقيد كبير، وتنوع في العمليات التشغيلية، وتعدد في المقاولين، وتغير مستمر في الظروف البيئية. كما أن الدراسات السابقة لم تتناول بشكل كافٍ السياق السعودي، الذي يتميز بخصوصية ثقافية وتنظيمية، وبمشاريع عملاقة تعتمد على أحدث التقنيات، وتضم آلاف العمال من خلفيات مختلفة، مما يجعل من الضروري وجود إطار نظري وتطبيقي يوضح كيفية تطبيق إدارة السلامة الذكية في هذا السياق.

ومن خلال هذا التحليل، يتضح أن هناك حاجة ملحة إلى دراسة شاملة تدمج بين التكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي وإدارة السلامة الذكية في إطار واحد، وتوضح كيف يمكن لهذه المتغيرات أن تعمل معًا لبناء منظومة سلامة متكاملة في المشاريع العملاقة، وتقدم حلولاً عملية للتحديات التي تواجه تطبيق إدارة السلامة الذكية في السياق السعودي. كما يتضح أن هناك حاجة إلى دراسة تركز على مشاريع مثل نيوم والمربع الجديد، لأنها تمثل بيانات مثالية لتطبيق إدارة السلامة الذكية، وتوفر فرصة فريدة لدراسة كيفية عمل هذه المنظومة في بيانات عمل معقدة ومتغيرة، وتقدم نموذجًا يمكن تعميمه على مشاريع أخرى داخل المملكة وخارجها.

وتؤكد هذه الخاتمة أن الدراسات السابقة، رغم أهميتها، لم تقدم إطارًا شاملاً يوضح كيفية دمج التكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي وإدارة السلامة الذكية في منظومة واحدة، ولم تتناول بشكل كافٍ التحديات التي تواجه تطبيق هذه المنظومة في المشاريع العملاقة، ولم تقدم حلولاً عملية قابلة للتطبيق في السياق السعودي. ومن ثم، تأتي هذه الدراسة لسد هذه الفجوة، وتقديم إطار نظري وتطبيقي يوضح دعائم ومعززات إدارة السلامة الذكية في المشاريع العملاقة، ويقدم حلولاً عملية للتحديات التي تواجه تطبيق هذه المنظومة، ويدعم أهداف رؤية السعودية ٢٠٣٠ في التحول الرقمي، ورفع مستوى السلامة، وتعزيز الاستدامة التشغيلية، وبناء بيانات عمل أكثر أمانًا وكفاءة واستدامة، بما يضمن نجاح المشاريع الوطنية الكبرى، ويعزز مكانة المملكة كقائدة في تبني التقنيات الحديثة في إدارة المشاريع.

الفجوات البحثية.

إن تحليل الفجوات البحثية في مجال التكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي وإدارة السلامة الذكية لا يُعد مجرد خطوة منهجية تقليدية، بل يمثل عملية معرفية عميقة تكشف عن المساحات التي لم تُستكشف بعد، وتوضح أين تقف المعرفة العلمية اليوم، وإلى أين يجب أن تتجه في المستقبل. فالفجوات البحثية ليست مجرد نقص في الدراسات، بل هي انعكاس لعدم اكتمال الصورة العلمية، ولوجود أسئلة لم تُطرح بعد، أو ظواهر لم تُفسر تفسيرًا كافيًا، أو تحديات لم تُعالج بالعمق المطلوب. وفي سياق المشاريع العملاقة مثل نيوم والمربع الجديد، تزداد أهمية دراسة الفجوات البحثية، لأن هذه المشاريع تمثل بيئات تشغيلية غير مسبوقة من حيث الحجم والتعقيد والتنوع التقني، مما يجعل من الضروري وجود إطار علمي قادر على مواكبة هذا التطور، وتقديم حلول عملية تتناسب مع طبيعة هذه المشاريع.

إن مراجعة الأدبيات تكشف أن التطور السريع في التقنيات الرقمية والذكاء الاصطناعي لم يواكبه تطور مماثل في الدراسات التي تربط هذه التقنيات بإدارة السلامة في المشاريع العملاقة. فبينما ركزت العديد من الدراسات على التحول الرقمي في المؤسسات، أو على تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تحليل البيانات، أو على تطوير أنظمة السلامة التقليدية، إلا أن الدراسات التي تناولت التكامل بين هذه المتغيرات الثلاثة في إطار واحد لا تزال محدودة للغاية. كما أن معظم الدراسات ركزت على بيئات صناعية تقليدية أو مشاريع صغيرة ومتوسطة الحجم، ولم تتناول بشكل كافٍ التعقيد التشغيلي الذي يميز المشاريع العملاقة، حيث تتداخل فيها العمليات، وتتعدد فيها الجهات المنفذة، وتتغير فيها الظروف التشغيلية بوتيرة سريعة، مما يجعل من الضروري وجود منظومة سلامة ذكية قادرة على التعامل مع هذا التعقيد.

وتزداد الفجوة وضوحًا في السياق السعودي، حيث تشهد المملكة طفرة غير مسبوقة في المشاريع العملاقة التي تعتمد على أحدث التقنيات، مثل نيوم والمربع الجديد، ورغم ذلك لا تزال الأدبيات العلمية تفتقر إلى دراسات معمقة تتناول كيفية تطبيق إدارة السلامة الذكية في هذه المشاريع، أو تدرس التحديات الثقافية والتنظيمية التي تواجه تطبيق هذه المنظومة في بيئة عمل متعددة الجنسيات. كما أن الدراسات السابقة لم تتناول بشكل كافٍ تأثير العوامل البشرية، مثل مقاومة التغيير، وضعف ثقافة السلامة، وتعدد اللغات، ونقص التدريب، على نجاح تطبيق إدارة السلامة الذكية، رغم أن هذه العوامل تمثل تحديات جوهرية في المشاريع العملاقة.

ومن هنا تأتي أهمية هذه الفقرة، التي تهدف إلى تحليل الفجوات البحثية بشكل معمق، وتوضيح أسبابها، وتفسير آثارها، وبيان كيف يمكن للدراسة الحالية أن تسد هذه الفجوات، وتقدم إضافة علمية حقيقية في مجال إدارة السلامة الذكية.

تكشف مراجعة الأدبيات العلمية المتعلقة بالتكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي وإدارة السلامة الذكية عن وجود فجوات بحثية واضحة، سواء على المستوى العالمي أو في السياق المحلي، مما يؤكد الحاجة الملحة إلى دراسات أكثر عمقاً وشمولاً تتناول التكامل بين هذه المتغيرات في بيئات العمل المعقدة. فعلى الرغم من كثافة الدراسات التي تناولت كل متغير على حدة، إلا أن معظمها ظل محصوراً في نطاق ضيق، يركز إما على التحول الرقمي بوصفه عملية تقنية، أو على الذكاء الاصطناعي بوصفه أداة تحليلية، أو على إدارة السلامة بوصفها منظومة تنظيمية، دون أن يقدم رؤية متكاملة توضح كيف يمكن لهذه العناصر أن تعمل معاً في إطار واحد يعزز القدرة على التنبؤ بالمخاطر ورفع مستوى السلامة في المشاريع العملاقة.

كما أن العديد من الدراسات ركزت على بيانات صناعية تقليدية أو مشاريع صغيرة ومتوسطة الحجم، ولم تتناول بشكل كافٍ التعقيد التشغيلي الذي يميز المشاريع العملاقة، حيث تتداخل فيها العمليات، وتتعدد فيها الجهات المنفذة، وتتغير فيها الظروف التشغيلية بوتيرة سريعة، مما يجعل من الضروري وجود منظومة سلامة ذكية قادرة على التعامل مع هذا التعقيد. وتزداد هذه الفجوة وضوحاً في السياق السعودي، حيث تشهد المملكة طفرة غير مسبوقة في المشاريع العملاقة التي تعتمد على أحدث التقنيات، مثل نيوم والمربع الجديد، ورغم ذلك لا تزال الأدبيات العلمية تفتقر إلى دراسات معمقة تتناول كيفية تطبيق إدارة السلامة الذكية في هذه المشاريع، أو تدرس التحديات الثقافية والتنظيمية التي تواجه تطبيق هذه المنظومة في بيئة عمل متعددة الجنسيات.

وتبرز الفجوة البحثية أيضاً في محدودية الدراسات التي تناولت جودة البيانات في بيئات العمل المعقدة، وكيفية التعامل مع تشتت البيانات وتعدد مصادرها، أو كيفية بناء منصات رقمية موحدة قادرة على دمج البيانات وتحليلها بشكل لحظي. كما أن الأدبيات العلمية لم تتناول بشكل كافٍ دور الذكاء الاصطناعي في تحليل البيانات البيئية والسلوكية في المشاريع العملاقة، أو كيفية استخدام النماذج التنبؤية في تحسين الاستجابة للمخاطر، أو كيفية بناء أنظمة إنذار مبكر تعتمد على التحليل الذكي للبيانات. ورغم وجود

دراسات تناولت الذكاء الاصطناعي في مجالات أخرى، إلا أن تطبيقه في إدارة السلامة لا يزال محدودًا، وغالبًا ما يركز على حالات دراسية صغيرة أو تجارب مخبرية، دون أن يقدم نماذج قابلة للتطبيق في المشاريع العملاقة.

كما تكشف الأدبيات عن فجوة واضحة في الدراسات التي تناولت التكامل بين الفرق الميدانية والأنظمة الرقمية، أو كيفية بناء ثقافة سلامة تعتمد على البيانات والتحليل الذكي، أو كيفية تدريب العاملين على استخدام الأنظمة الرقمية الحديثة. ورغم أن العديد من الدراسات تناولت التدريب التقليدي، إلا أن التدريب على الأنظمة الذكية لا يزال مجالًا ناشئًا يحتاج إلى مزيد من البحث. كما أن الأدبيات لا تزال تفتقر إلى دراسات تتناول الأمن السيبراني في سياق إدارة السلامة الذكية، رغم أن حماية البيانات تمثل عنصرًا أساسيًا في نجاح أي منظومة رقمية.

وتتضح الفجوة البحثية أيضًا في غياب الدراسات التي تربط بين إدارة السلامة الذكية والاستدامة التشغيلية، رغم أن المشاريع العملاقة تعتمد بشكل كبير على استمرارية العمليات، وأن أي خلل في منظومة السلامة قد يؤدي إلى توقف العمل أو خسائر مالية كبيرة. كما أن الأدبيات لم تتناول بشكل كافٍ كيفية استخدام البيانات الحية في تحسين جودة القرارات الاستراتيجية، أو كيفية دمج أنظمة السلامة الذكية مع أنظمة إدارة المشاريع، أو كيفية بناء نماذج تنبؤية قادرة على تحليل المخاطر طويلة المدى.

وتكشف الأدبيات أيضًا عن فجوة في الدراسات التي تناولت تأثير الثقافة التنظيمية على نجاح تطبيق إدارة السلامة الذكية، رغم أن الثقافة تمثل عنصرًا حاسمًا في تبني أي تقنية جديدة. كما أن الدراسات لم تتناول بشكل كافٍ كيفية التعامل مع مقاومة التغيير، أو كيفية بناء ثقافة تعتمد على البيانات والتحليل الذكي، أو كيفية تعزيز الالتزام بإجراءات السلامة في بيئات عمل متعددة الجنسيات.

ومن خلال هذا التحليل، يتضح أن الفجوات البحثية ليست مجرد نقص في الدراسات، بل هي انعكاس لحاجة حقيقية إلى تطوير إطار نظري وتطبيقي يوضح كيفية دمج التكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي وإدارة السلامة الذكية في منظومة واحدة، وكيفية تطبيق هذا الإطار في المشاريع العملاقة، وكيفية التغلب على التحديات الثقافية والتنظيمية والتقنية التي تواجه تطبيقه في السياق السعودي. كما يتضح أن الدراسة الحالية تأتي لسد هذه الفجوة، من خلال تقديم رؤية شاملة لدعائم ومعززات إدارة السلامة الذكية، وتحليل التحديات التي تواجه تطبيقها، وتقديم حلول عملية قابلة للتطبيق في المشاريع العملاقة،

ودعم أهداف رؤية السعودية ٢٠٣٠ في التحول الرقمي، ورفع مستوى السلامة، وتعزيز الاستدامة التشغيلية.

يتضح من التحليل الموسع للفجوات البحثية أن المجال لا يزال بحاجة إلى دراسات أكثر عمقاً وشمولاً تتناول التكامل بين التكنولوجيا الرقمية والذكاء الاصطناعي وإدارة السلامة الذكية في إطار واحد، وأن معظم الدراسات السابقة، رغم أهميتها، لم تقدم رؤية متكاملة توضح كيفية تطبيق هذا التكامل في المشاريع العملاقة، ولم تتناول بشكل كافٍ التحديات الثقافية والتنظيمية والتقنية التي تواجه تطبيق إدارة السلامة الذكية في السياق السعودي. كما يتضح أن المشاريع العملاقة مثل نيوم والمربع الجديد تمثل بيئات مثالية لدراسة كيفية تطبيق إدارة السلامة الذكية، نظرًا لاعتمادها على أحدث التقنيات، وتوفر بنية تحتية رقمية متقدمة، وتنوع العمليات التشغيلية، وكبر حجم القوى العاملة.

وتؤكد هذه الخاتمة أن الدراسة الحالية تأتي في الوقت المناسب لسد فجوة معرفية حقيقية، من خلال تقديم إطار نظري وتطبيقي يوضح دعائم ومعززات إدارة السلامة الذكية، وتحليل التحديات التي تواجه تطبيقها، وتقديم حلول عملية قابلة للتطبيق في المشاريع العملاقة، ودعم أهداف رؤية السعودية ٢٠٣٠ في التحول الرقمي، ورفع مستوى السلامة، وتعزيز الاستدامة التشغيلية. كما تؤكد أن فهم الفجوات البحثية ليس مجرد خطوة منهجية، بل هو أساس لبناء دراسة قوية، متماسكة، قادرة على تقديم إضافة علمية حقيقية، وتطوير منظومات سلامة أكثر ذكاءً وفاعلية في بيئات العمل الحديثة، بما يضمن نجاح المشاريع الوطنية الكبرى، ويعزز مكانة المملكة كقائدة في تبني التقنيات الحديثة في إدارة المشاريع.

الفصل الثالث : الطريقة والإجراءات المنهجية

تمهيد

يعد تحديد المنهجية العلمية للدراسة من أهم المراحل التي يمر بها البحث العلمي، حيث تمثل الإطار المنظم الذي يستند إليه الباحث في جمع البيانات وتحليلها وتفسيرها. وتساعد المنهجية العلمية في توضيح الأساليب والإجراءات التي يعتمد عليها الباحث في دراسة المشكلة البحثية، كما تساهم في تحقيق أهداف الدراسة والإجابة عن تساؤلاتها بصورة علمية دقيقة.

وتسعى هذه الدراسة إلى التعرف على دعائم تطبيق إدارة السلامة الذكية في مشروع نيوم والمربع الجديد، وذلك في ظل التحول الرقمي المتسارع الذي يشهده قطاع البناء والمشاريع العملاقة، وخاصة في المملكة العربية السعودية في إطار رؤية المملكة ٢٠٣٠. وقد أدى التطور التكنولوجي في السنوات الأخيرة إلى ظهور العديد من التقنيات الحديثة مثل الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء وتحليل البيانات الضخمة، والتي أصبحت لها دور مهم في تحسين أنظمة السلامة المهنية داخل مواقع العمل (برناوي، ٢٠٢٥)

ونظرًا لأهمية السلامة المهنية في المشاريع الكبرى، خاصة تلك التي تضم أعدادًا كبيرة من العمال والمهندسين وتستخدم معدات وتقنيات متطورة، فقد أصبح من الضروري تطوير أنظمة السلامة التقليدية والانتقال إلى أنظمة السلامة الذكية التي تعتمد على التكنولوجيا الرقمية في مراقبة بيئة العمل والتنبؤ بالمخاطر قبل وقوعها.

وفي هذا الفصل سيتم عرض منهجية الدراسة والإجراءات التي تم اتباعها في تنفيذ البحث، وذلك من خلال توضيح منهج البحث، مجتمع الدراسة وعينتها، أدوات جمع البيانات، متغيرات الدراسة، إجراءات تنفيذ الدراسة، إضافة إلى الأساليب الإحصائية المستخدمة في تحليل البيانات (جاد السيد، ٢٠٢٤)

منهج البحث

يعرف منهج البحث بأنه الأسلوب العلمي المنظم الذي يتبعه الباحث من أجل دراسة مشكلة معينة وتحليلها والوصول إلى نتائج علمية دقيقة يمكن تعميمها والاستفادة منها في تطوير المعرفة الإنسانية. ويختلف اختيار المنهج العلمي باختلاف طبيعة الدراسة وأهدافها ونوعية البيانات التي يسعى الباحث إلى جمعها وتحليلها وقد اعتمدت هذه الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، والذي يعد من أكثر المناهج استخدامًا في الدراسات الإدارية والهندسية والاجتماعية، حيث يهدف إلى وصف الظاهرة محل الدراسة وصفًا دقيقًا وتحليلها وتفسير العلاقات بين متغيراتها المختلفة.

ويقوم المنهج الوصفي على جمع البيانات المتعلقة بالظاهرة المدروسة من مصادر مختلفة، ثم تنظيمها وتحليلها باستخدام الأساليب العلمية المناسبة، وذلك بهدف الوصول إلى نتائج تساعد في فهم الظاهرة وتفسيرها واقتراح الحلول المناسبة للمشكلات المرتبطة بها (برناوي ، ٢٠٢٥)

وقد تم اختيار هذا المنهج نظرًا لملاءمته لطبيعة الدراسة الحالية التي تهدف إلى دراسة واقع تطبيق إدارة السلامة الذكية في المشاريع الكبرى، وتحليل مدى تأثير استخدام التقنيات الحديثة في تحسين مستوى السلامة المهنية داخل مواقع العمل.

كما يسمح المنهج الوصفي التحليلي بدراسة العلاقة بين استخدام التقنيات الذكية مثل الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء وأنظمة المراقبة الذكية وبين مستوى السلامة المهنية في المشاريع الكبرى، مما يساعد في تحديد أهم العوامل التي تسهم في نجاح تطبيق أنظمة السلامة الذكية (توفيق ، ٢٠٢٢)

ومن خلال هذا المنهج يمكن كذلك التعرف على التحديات التي تواجه تطبيق هذه الأنظمة في المشاريع العملاقة، إضافة إلى تحديد المتطلبات الأساسية اللازمة لتطبيق إدارة السلامة الذكية بصورة فعالة.

مجتمع الدراسة

يقصد بمجتمع الدراسة جميع الأفراد أو المؤسسات التي تنطبق عليها خصائص الدراسة، والتي يسعى الباحث إلى تعميم نتائج البحث عليها. ويعد تحديد مجتمع الدراسة خطوة أساسية في أي بحث علمي، حيث يساعد على تحديد الفئة المستهدفة التي سيتم جمع البيانات منها (الشمايله ، ٢٠٢٤)

ويتكون مجتمع الدراسة في هذا البحث من العاملين في مجال السلامة والصحة المهنية في المشاريع الإنشائية الكبرى، وخاصة المشاريع المرتبطة برؤية المملكة العربية السعودية ٢٠٣٠، مثل مشروع نيوم ومشروع المربع الجديد.

وتعد هذه المشاريع من أكبر المشاريع العمرانية في العالم، حيث تعتمد على استخدام أحدث التقنيات الرقمية وأنظمة الإدارة الحديثة، الأمر الذي يتطلب تطبيق أنظمة متطورة لإدارة السلامة المهنية داخل مواقع العمل ويشمل مجتمع الدراسة عددًا من الفئات المهنية المرتبطة بإدارة السلامة في المشاريع الكبرى، ومن أبرز هذه الفئات:

(Park, J., & Kang, S. (2024))

مهندسو السلامة والصحة المهنية

مديرو المشاريع الإنشائية

مشرفو مواقع العمل

المتخصصون في إدارة المخاطر المهنية

الخبراء في مجال التحول الرقمي وتطبيق التقنيات الذكية في المشاريع

ويعود اختيار هذه الفئات إلى دورها المباشر في تطبيق أنظمة السلامة داخل مواقع العمل، إضافة إلى امتلاكها الخبرة العملية والمعرفة المهنية التي تمكنها من تقييم فعالية استخدام التقنيات الحديثة في إدارة السلامة المهنية.

كما أن العاملين في هذه المجالات يمثلون المصدر الأساسي للمعلومات المتعلقة بواقع تطبيق أنظمة السلامة الذكية في المشاريع الكبرى، مما يجعلهم الفئة الأنسب لجمع البيانات المتعلقة بموضوع الدراسة

(Huang, Y., Chen, Z., & Liu, M2022)

عينة الدراسة

نظرًا لصعوبة دراسة جميع أفراد مجتمع الدراسة بسبب اتساعه وتنوعه، فقد تم الاعتماد على أسلوب العينة في جمع البيانات، حيث تم اختيار مجموعة من الأفراد الذين يمثلون مجتمع الدراسة تمثيلًا مناسبًا

وقد تم اختيار عينة عشوائية من العاملين في مجال السلامة المهنية في المشاريع الإنشائية الكبرى، وذلك بهدف الحصول على بيانات تعكس آراء المتخصصين حول مدى تطبيق أنظمة السلامة الذكية داخل مواقع العمل (العويضي، ٢٠١٤).

وتتكون عينة الدراسة من مجموعة من المهندسين والمشرفين والمتخصصين في مجال السلامة والصحة المهنية، والذين يعملون في مشاريع إنشائية مختلفة، بما في ذلك المشاريع المرتبطة برؤية المملكة العربية السعودية ٢٠٣٠.

وقد روعي في اختيار العينة أن تكون متنوعة من حيث

سنوات الخبرة المهنية

المسمى الوظيفي

طبيعة العمل داخل المشروع

وذلك من أجل الحصول على بيانات أكثر دقة وشمولاً تساعد في تحليل موضوع الدراسة بصورة علمية

كما تم توزيع الاستبيان على أفراد العينة باستخدام وسائل مختلفة مثل الاستبيانات الإلكترونية أو النماذج الورقية، وذلك بهدف تسهيل عملية جمع البيانات والوصول إلى أكبر عدد ممكن من المشاركين في الدراسة (Johnson, R. (2019)).

خصائص عينة الدراسة

تعد دراسة خصائص عينة البحث من الخطوات المهمة في الدراسات العلمية، حيث تساعد في التعرف على السمات العامة للمشاركين في الدراسة، كما تسهم في تفسير النتائج التي يتم التوصل إليها في ضوء هذه الخصائص. وتشمل خصائص عينة الدراسة مجموعة من المتغيرات الديموغرافية والمهنية التي تعكس طبيعة الأفراد المشاركين في الدراسة

(Zhou, J., Li, H., & Zhang, L2019)

وقد اشتملت عينة الدراسة في هذا البحث على عدد من العاملين في مجال السلامة والصحة المهنية في المشاريع الإنشائية الكبرى، حيث تم اختيارهم من بين المهندسين والمشرفين والمتخصصين في إدارة السلامة داخل مواقع العمل.

ومن بين أهم الخصائص التي تم دراستها في عينة البحث ما يلي (الحربي ، ٢٠١٩)

أولاً: المسمى الوظيفي

يعد المسمى الوظيفي من العوامل المهمة التي يمكن أن تؤثر في آراء أفراد العينة حول موضوع الدراسة، حيث يختلف مستوى المعرفة والخبرة في مجال السلامة المهنية باختلاف طبيعة العمل والمسؤوليات الوظيفية.

وقد تضمنت عينة الدراسة عدداً من المسميات الوظيفية المختلفة، من بينها : (العويضي ، ٢٠١٤)

مهندسو السلامة والصحة المهنية

مديرو المشاريع

مشرفو مواقع العمل

مهندسو التنفيذ

متخصصو إدارة المخاطر

ويساعد تنوع المسميات الوظيفية في الحصول على رؤية شاملة حول واقع تطبيق أنظمة السلامة الذكية داخل المشاريع الكبرى، حيث يساهم كل فئة من هذه الفئات بخبرتها المهنية في تقييم فعالية هذه الأنظمة

ثانياً: سنوات الخبرة (الزهراني ، ٢٠٢١)

تعد سنوات الخبرة من العوامل المؤثرة في مستوى معرفة العاملين بإجراءات السلامة المهنية، حيث تزداد خبرة العاملين بمرور الوقت نتيجة تعرضهم لمواقف وخبرات عملية مختلفة داخل مواقع العمل.

وقد شملت عينة الدراسة أفراداً من مستويات خبرة مختلفة، مما ساعد في الحصول على بيانات متنوعة تعكس وجهات نظر متعددة حول موضوع الدراسة. وقد تم تقسيم سنوات الخبرة إلى عدة فئات مثل :

أقل من خمس سنوات

من خمس إلى عشر سنوات

من عشر إلى خمس عشرة سنة

أكثر من خمس عشرة سنة

ويتيح هذا التنوع في سنوات الخبرة إمكانية تحليل الفروق بين آراء المشاركين في الدراسة، حيث يمكن أن تختلف وجهات النظر حول تطبيق التقنيات الذكية في إدارة السلامة بين العاملين الجدد والعاملين ذوي الخبرة الطويلة.

(السلمي . ٢٠٢٠)

ثالثاً: المؤهل العلمي

يعد المؤهل العلمي من العوامل المهمة التي يمكن أن تؤثر في مستوى معرفة العاملين بالتقنيات الحديثة المستخدمة في إدارة السلامة المهنية. فكلما ارتفع المستوى التعليمي للعاملين زادت قدرتهم على فهم الأنظمة التقنية الحديثة والتعامل معها بكفاءة.

وقد تضمنت عينة الدراسة أفراداً من مستويات تعليمية مختلفة، من بينها : (الشمري ، ٢٠٢٢)

درجة البكالوريوس

درجة الماجستير

الدورات المهنية المتخصصة في السلامة المهنية

ويعكس هذا التنوع في المؤهلات العلمية طبيعة القوى العاملة في المشاريع الكبرى، حيث يعمل فيها أفراد من تخصصات علمية ومهنية مختلفة . (السلمي ، ٢٠٢٠)

أهمية استخدام التقنيات الحديثة في إدارة السلامة

شهدت السنوات الأخيرة تطوراً كبيراً في استخدام التقنيات الرقمية في مختلف المجالات، ومن بينها مجال إدارة السلامة المهنية في المشاريع الكبرى. وقد أصبح الاعتماد على الأنظمة الذكية من أهم الاتجاهات

الحديثة التي تسعى المؤسسات إلى تطبيقها من أجل تحسين مستوى السلامة وتقليل المخاطر داخل مواقع العمل.

وتساعد التقنيات الحديثة مثل الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء وتحليل البيانات الضخمة في تطوير أنظمة السلامة المهنية من خلال توفير معلومات دقيقة وفورية حول حالة بيئة العمل، مما يساهم في اتخاذ القرارات المناسبة في الوقت المناسب.

كما تساهم هذه التقنيات في تحسين قدرة المؤسسات على التنبؤ بالمخاطر قبل وقوعها، وذلك من خلال تحليل البيانات المتعلقة بالحوادث السابقة أو الظروف البيئية داخل مواقع العمل . (المطيري ، ٢٠٢١)

دور إنترنت الأشياء في تحسين السلامة المهنية

يعد إنترنت الأشياء من أهم التقنيات الحديثة التي يتم استخدامها في إدارة السلامة داخل المشاريع الكبرى، حيث يعتمد على ربط الأجهزة والمعدات المختلفة بشبكة الإنترنت، مما يسمح بتبادل البيانات والمعلومات بشكل مستمر.

وتتيح هذه التقنية إمكانية استخدام أجهزة استشعار ذكية داخل مواقع العمل لمراقبة مجموعة من العوامل البيئية مثل

(العنزي ، ٢٠٢٠)

درجة الحرارة

مستوى الغازات الخطرة

مستوى الضوضاء

حركة المعدات الثقيلة

وتقوم هذه الأجهزة بإرسال البيانات بشكل مباشر إلى أنظمة المراقبة المركزية، مما يساعد في اكتشاف أي خطر محتمل قبل أن يتسبب في وقوع حادث.

كما يمكن استخدام إنترنت الأشياء في تتبع حركة العمال داخل مواقع العمل، وذلك من خلال استخدام بطاقات ذكية أو أجهزة تتبع، مما يساعد في ضمان التزام العمال بإجراءات السلامة . (المنظمة الدولية للعمل، ٢٠٢١)

دور الذكاء الاصطناعي في إدارة السلامة

يلعب الذكاء الاصطناعي دوراً مهماً في تطوير أنظمة السلامة المهنية في المشاريع الكبرى، حيث يمكن استخدامه في تحليل البيانات المتعلقة بالحوادث والمخاطر المهنية

وتساعد تقنيات الذكاء الاصطناعي في التعرف على الأنماط المتكررة للحوادث داخل مواقع العمل، مما يساهم في التنبؤ بالمخاطر المحتملة واتخاذ الإجراءات الوقائية اللازمة

كما يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي في تحليل الصور الملتقطة بواسطة الكاميرات الذكية داخل مواقع العمل، وذلك من أجل اكتشاف السلوكيات غير الآمنة مثل عدم ارتداء معدات الوقاية الشخصية أو الاقتراب من المناطق الخطرة

وتسهم هذه الأنظمة في تقليل الاعتماد على المراقبة البشرية التقليدية، حيث تقوم الأنظمة الذكية بمراقبة بيئة العمل بشكل مستمر وإصدار التنبيهات في حال اكتشاف أي خطر محتمل. (منظمة العمل الدولية ، ٢٠١٩)

أدوات جمع البيانات

تعد أدوات جمع البيانات من العناصر الأساسية في البحث العلمي، حيث يعتمد عليها الباحث في الحصول على المعلومات اللازمة التي تساعد في دراسة المشكلة البحثية وتحليلها. وتختلف أدوات جمع البيانات باختلاف طبيعة الدراسة وأهدافها، فقد يستخدم الباحث الاستبيانات أو المقابلات أو الملاحظة أو تحليل الوثائق والبيانات

وقد اعتمدت هذه الدراسة على الاستبيان كأداة رئيسية لجمع البيانات من أفراد عينة الدراسة، وذلك نظراً لملاءمته لطبيعة البحث، حيث يسمح بجمع بيانات كمية من عدد كبير من المبحوثين في وقت قصير، كما يسهل عملية تحليل البيانات باستخدام الأساليب الإحصائية المختلفة (منظمة العمل الدولية ، ٢٠١٩)

ويعد الاستبيان من أكثر أدوات البحث استخدامًا في الدراسات الوصفية، حيث يتضمن مجموعة من الأسئلة أو العبارات التي يجيب عنها المبحوثون وفق مقياس محدد، مما يساعد الباحث في قياس اتجاهات وآراء أفراد العينة حول موضوع الدراسة.

وقد تم تصميم الاستبيان بعد مراجعة عدد من الدراسات السابقة والأدبيات العلمية المرتبطة بموضوع إدارة السلامة المهنية والتقنيات الذكية المستخدمة في المشاريع الكبرى. كما تم الاستفادة من بعض المقاييس المستخدمة في الدراسات التي تناولت موضوع التحول الرقمي في إدارة المشاريع (إبراهيم ، ٢٠٢٠) وقد روعي في تصميم الاستبيان أن تكون عباراته واضحة ومباشرة، وأن تعكس الأبعاد الأساسية لموضوع الدراسة، وذلك بهدف الحصول على بيانات دقيقة يمكن الاعتماد عليها في تحليل نتائج البحث.

تصميم الاستبيان

تم تصميم الاستبيان بحيث يتكون من مجموعة من المحاور التي تهدف إلى قياس مستوى تطبيق إدارة السلامة الذكية في المشاريع الكبرى، إضافة إلى التعرف على دور التقنيات الحديثة في تحسين مستوى السلامة المهنية داخل مواقع العمل.

وقد تضمن الاستبيان مجموعة من الأقسام الرئيسية، وهي كما يلي: (توفيق وآخرون ، ٢٠٢٢)

القسم الأول: البيانات الديموغرافية

:يهدف هذا القسم إلى التعرف على الخصائص الشخصية والمهنية لأفراد العينة، ومن بين هذه الخصائص

المسمى الوظيفي

سنوات الخبرة

المؤهل العلمي

مجال العمل داخل المشروع

وتساعد هذه البيانات في تقديم صورة واضحة عن خصائص أفراد العينة، كما يمكن استخدامها في تحليل (Ghafoor, K., Curran 2021 الفروق بين آراء) المشاركين في الدراسة

القسم الثاني: استخدام التقنيات الذكية في إدارة السلامة

(Abraham, A., Zhang, Y., & Prasad, S. (2024))

:يهدف هذا القسم إلى قياس مدى استخدام التقنيات الحديثة في إدارة السلامة داخل المشاريع الكبرى، مثل

استخدام إنترنت الأشياء في مراقبة مواقع العمل

استخدام الكاميرات الذكية وأنظمة المراقبة المتطورة

استخدام تطبيقات الهواتف الذكية في متابعة إجراءات السلامة

استخدام الأنظمة الرقمية في تسجيل الحوادث وتحليلها

القسم الثالث: دور الذكاء الاصطناعي في إدارة السلامة

يتناول هذا القسم دور تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين أنظمة السلامة المهنية، ومن بين العبارات التي يتضمنها هذا القسم .

(Tang, X.,2020)

استخدام الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالمخاطر المهنية

(Barros, D.2024)

تحليل البيانات المتعلقة بالحوادث السابقة

تحسين عملية اتخاذ القرار في إدارة المخاطر

دعم أنظمة الإنذار المبكر داخل مواقع العمل

القسم الرابع: التحديات التي تواجه تطبيق إدارة السلامة الذكية

يركز هذا القسم على التعرف على أهم التحديات التي قد تعيق تطبيق أنظمة السلامة الذكية في المشاريع الكبرى، ومن أبرز هذه التحديات :

ارتفاع تكلفة التقنيات الحديثة

نقص الكوادر المؤهلة لاستخدام الأنظمة الذكية

ضعف البنية التحتية الرقمية في بعض المشاريع

مقاومة التغيير من قبل بعض العاملين

(Barros, D.2024)

مقياس الاستبيان

تم استخدام مقياس ليكرت الخماسي في تصميم الاستبيان، حيث يطلب من المبحوثين تحديد درجة موافقتهم :على العبارات الواردة في الاستبيان وفق خمسة مستويات، وهي (برناوي ، ٢٠٢٥)

أوافق بشدة

أوافق

محايد

لا أوافق

لا أوافق بشدة

ويعد مقياس ليكرت من أكثر المقاييس استخداماً في الدراسات الاجتماعية والإدارية، حيث يساعد في قياس اتجاهات الأفراد وآرائهم بصورة دقيقة

كما يسهل هذا المقياس عملية تحويل الإجابات إلى بيانات رقمية يمكن تحليلها باستخدام البرامج الإحصائية المختلفة.

صدق أداة الدراسة

يقصد بصدق أداة الدراسة مدى قدرتها على قياس ما وضعت لقياسه بالفعل. ويعد الصدق من أهم الخصائص العلمية التي يجب توافرها في أدوات البحث العلمي

وقد تم التحقق من صدق الاستبيان من خلال عرضه على مجموعة من المحكمين والمتخصصين في مجالات:

إدارة السلامة المهنية

إدارة المشاريع

البحث العلمي (يونس ، ٢٠١٩)

حيث قام المحكمون بمراجعة عبارات الاستبيان والتأكد من وضوحها ومدى ارتباطها بموضوع الدراسة، كما تم تعديل بعض العبارات بناءً على ملاحظاتهم واقتراحاتهم

.وقد ساهمت هذه العملية في تحسين جودة الاستبيان وضمان ملاءمته لأهداف الدراسة

ثبات أداة الدراسة (إبراهيم ، ٢٠٢٠)

يقصد بثبات أداة الدراسة مدى قدرتها على إعطاء نتائج متقاربة في حال تطبيقها أكثر من مرة في ظروف متشابهة.

وللتأكد من ثبات الاستبيان، تم إجراء اختبار الثبات باستخدام معامل ألفا كرونباخ، وهو من أكثر الأساليب الإحصائية استخداماً في قياس ثبات الاستبيانات.

وقد أظهرت نتائج الاختبار أن قيمة معامل الثبات كانت مرتفعة، مما يدل على أن أداة الدراسة تتمتع بدرجة جيدة من الثبات ويمكن الاعتماد عليها في جمع البيانات وتحليلها (مطلق ' ٢٠١٧)

متغيرات الدراسة

تتضمن هذه الدراسة مجموعة من المتغيرات التي تساعد في تحليل العلاقة بين استخدام التقنيات الذكية ومستوى السلامة المهنية داخل المشاريع الكبرى

وتنقسم متغيرات الدراسة إلى نوعين رئيسيين

المتغيرات المستقلة: (العويضي ، ٢٠١٤)

وهي المتغيرات التي تؤثر في غيرها من المتغيرات، وتشمل في هذه الدراسة

استخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة السلامة

استخدام إنترنت الأشياء في مراقبة بيئة العمل

استخدام أنظمة المراقبة الذكية

استخدام تحليل البيانات في التنبؤ بالمخاطر

المتغيرات التابعة

وهي المتغيرات التي تتأثر بالمتغيرات المستقلة، وتشمل: (الحربي ، ٢٠١٩)

مستوى السلامة المهنية في مواقع العمل

تقليل الحوادث المهنية

تحسين سرعة الاستجابة للطوارئ

رفع كفاءة إدارة المخاطر

دعائم تطبيق إدارة السلامة الذكية في المشاريع العملاقة (الشمري ، ٢٠٢٢)

مع التوسع الكبير في تنفيذ المشاريع العملاقة في المملكة العربية السعودية، أصبح من الضروري تطوير أنظمة إدارة السلامة المهنية بما يتوافق مع طبيعة هذه المشاريع وحجم المخاطر المحتملة فيها. وتعد مشاريع مثل نيوم والمربع الجديد من أبرز المشاريع التي تعتمد على أحدث التقنيات الرقمية وأنظمة الإدارة الذكية، الأمر الذي يتطلب تطبيق نظم متطورة لإدارة السلامة المهنية داخل مواقع العمل.

ويقصد بدعائم تطبيق إدارة السلامة الذكية مجموعة الأسس والعوامل التي تسهم في نجاح تطبيق الأنظمة الذكية في إدارة السلامة داخل المشاريع الكبرى. وتشمل هذه الدعائم مجموعة من الجوانب التقنية والتنظيمية والبشرية التي تعمل معاً من أجل تحقيق بيئة عمل آمنة وتقليل المخاطر المهنية.

وتتعدد هذه الدعائم لتشمل البنية التحتية الرقمية، وتوافر التقنيات الحديثة، وتدريب العاملين، إضافة إلى وجود أنظمة فعالة لإدارة المخاطر وتحليل البيانات

البنية التحتية الرقمية كدعامة أساسية لتطبيق السلامة الذكية (المنظمه الدوليه للعمل ، ٢٠٢١)

تعد البنية التحتية الرقمية من أهم العوامل التي تسهم في نجاح تطبيق إدارة السلامة الذكية في المشاريع الكبرى. فوجود شبكات اتصال قوية وأنظمة معلومات متطورة يساعد في تشغيل التقنيات الذكية بكفاءة عالية داخل مواقع العمل.

وفي المشاريع العملاقة مثل مشروع نيوم، يتم الاعتماد على بنية تحتية رقمية متطورة تشمل شبكات الإنترنت عالية السرعة وأنظمة الاتصالات الذكية، الأمر الذي يتيح إمكانية استخدام التقنيات الحديثة مثل إنترنت الأشياء والذكاء الاصطناعي في إدارة العمليات المختلفة داخل المشروع.

كما تساعد هذه البنية التحتية في ربط مختلف الأنظمة والأجهزة داخل موقع العمل، مما يسمح بتبادل البيانات والمعلومات بشكل سريع ودقيق. ويؤدي ذلك إلى تحسين قدرة إدارة المشروع على مراقبة بيئة العمل والتعامل مع المخاطر المحتملة بشكل فعال (المنظمة الدولية للعمل ، ٢٠٢١)

دور التقنيات الذكية في تطوير أنظمة السلامة

تشهد أنظمة إدارة السلامة في الوقت الحالي تحولاً كبيراً نتيجة استخدام التقنيات الذكية التي تعتمد على تحليل البيانات والذكاء الاصطناعي. وتساعد هذه التقنيات في تطوير طرق جديدة لمراقبة بيئة العمل والتنبؤ بالمخاطر قبل وقوعها.

ومن بين أهم التقنيات التي يتم استخدامها في إدارة السلامة الذكية في المشاريع الكبرى ما يلي (المطيري . ٢٠٢١)

-إنترنت الأشياء

تعد تقنية إنترنت الأشياء من التقنيات الحديثة التي يتم استخدامها في مراقبة مواقع العمل من خلال استخدام أجهزة استشعار متصلة بشبكة الإنترنت. وتقوم هذه الأجهزة بجمع البيانات المتعلقة ببيئة العمل مثل درجة الحرارة ومستويات الغازات الخطرة وحركة المعدات.

وتساعد هذه البيانات في اكتشاف أي خطر محتمل قبل وقوعه، مما يسمح باتخاذ الإجراءات الوقائية اللازمة لحماية العاملين داخل موقع العمل.

-الذكاء الاصطناعي (إبراهيم . ٢٠٢٠)

يسهم الذكاء الاصطناعي في تحسين أنظمة إدارة السلامة من خلال تحليل كميات كبيرة من البيانات المتعلقة بالحوادث والمخاطر المهنية. ويمكن استخدام هذه البيانات في التنبؤ بالمخاطر المحتملة واقتراح الإجراءات المناسبة للحد منها.

كما يمكن استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحليل الصور الملتقطة بواسطة الكاميرات الذكية داخل مواقع العمل، وذلك من أجل اكتشاف السلوكيات غير الآمنة مثل عدم استخدام معدات الوقاية الشخصية

-الطائرات بدون طيار

تستخدم الطائرات بدون طيار في مراقبة مواقع العمل الكبيرة التي يصعب الوصول إليها بسهولة. حيث يمكن استخدام هذه الطائرات في تصوير مواقع العمل ومتابعة سير العمليات المختلفة داخل المشروع

كما تساعد الطائرات بدون طيار في اكتشاف المخاطر المحتملة في المناطق المرتفعة أو الخطرة، مما يساهم في تحسين مستوى السلامة داخل مواقع العمل (منظمة العمل الدولية ، ٢٠١٩)

تطبيق إدارة السلامة الذكية في مشروع نيوم

يعد مشروع نيوم من أكبر المشاريع المستقبلية في العالم، حيث يهدف إلى إنشاء مدينة ذكية تعتمد بشكل كبير على التكنولوجيا الرقمية والابتكار. ويشمل المشروع العديد من القطاعات مثل الطاقة والنقل والصناعة والتكنولوجيا

وفي إطار هذا المشروع الضخم، يتم الاعتماد على أنظمة متطورة لإدارة السلامة المهنية، حيث يتم استخدام التقنيات الذكية في مراقبة مواقع العمل وتحليل البيانات المتعلقة بالمخاطر (خليفة ، ٢٠١٩)

ومن بين أبرز الممارسات التي يمكن تطبيقها في إدارة السلامة الذكية في مشروع نيوم-

-استخدام أنظمة المراقبة الذكية داخل مواقع العمل

-استخدام أجهزة الاستشعار لمراقبة الظروف البيئية

-استخدام الذكاء الاصطناعي في تحليل بيانات الحوادث

-استخدام التطبيقات الرقمية في متابعة إجراءات السلامة

وتساعد هذه الأنظمة في تقليل المخاطر المهنية وتحسين مستوى السلامة داخل المشروع (الخالدي ، ٢٠١٤)

تطبيق إدارة السلامة الذكية في مشروع المربع الجديد (برناوي ، ٢٠٢٥)

يعد مشروع المربع الجديد أحد المشاريع العمرانية الكبرى في مدينة الرياض، حيث يهدف إلى تطوير منطقة حضرية متكاملة تعتمد على أحدث التقنيات الحديثة في التخطيط العمراني وإدارة الخدمات. ويتطلب تنفيذ مثل هذه المشاريع الضخمة تطبيق أنظمة متطورة لإدارة السلامة المهنية، وذلك نظرًا لوجود عدد كبير من العمال والمعدات الثقيلة داخل مواقع العمل (جاد السيد ، ٢٠٢٤)

ويمكن تطبيق إدارة السلامة الذكية في مشروع المربع الجديد من خلال استخدام مجموعة من التقنيات الحديثة مثل

-أنظمة المراقبة الذكية

-أجهزة الاستشعار لمراقبة بيئة العمل

-أنظمة تحليل البيانات للتنبؤ بالمخاطر

-استخدام التطبيقات الرقمية لإدارة الحوادث

وتساعد هذه التقنيات في تحسين كفاءة إدارة السلامة داخل المشروع وتقليل احتمالات وقوع الحوادث (جاد السيد ، ٢٠٢٤)

التحديات التي تواجه تطبيق إدارة السلامة الذكية (توفيق ، ٢٠٢٢)

على الرغم من الفوائد الكبيرة التي توفرها أنظمة السلامة الذكية، إلا أن هناك مجموعة من التحديات التي قد تواجه المؤسسات عند محاولة تطبيق هذه الأنظمة في المشاريع الكبرى ومن أبرز هذه التحديات :

-ارتفاع تكلفة التقنيات الحديثة

-الحاجة إلى تدريب العاملين على استخدام الأنظمة الذكية

-صعوبة دمج الأنظمة الجديدة مع الأنظمة التقليدية

-الحاجة إلى بنية تحتية رقمية متطورة

ومع ذلك، فإن التغلب على هذه التحديات يمكن أن يسهم في تحقيق فوائد كبيرة على المدى الطويل، حيث تساعد أنظمة السلامة الذكية في تقليل الحوادث وتحسين كفاءة العمل داخل المشاريع. (مصطفى محمد ، ٢٠٢٢)

ومع التطور الكبير في مجال التكنولوجيا والتحول الرقمي، أصبح تطبيق الأنظمة الذكية في إدارة السلامة المهنية أحد الاتجاهات الحديثة التي تسعى المؤسسات الكبرى إلى تبنيها من أجل تحسين مستوى السلامة داخل مواقع العمل. ويظهر هذا التوجه بشكل واضح في المشاريع العملاقة التي يتم تنفيذها في المملكة العربية السعودية، مثل مشروع نيوم ومشروع المربع الجديد، حيث تعتمد هذه المشاريع على أحدث التقنيات الرقمية في إدارة العمليات المختلفة (الشمايله ، ٢٠٢٤)

وتعد إدارة السلامة الذكية أحد المفاهيم الحديثة التي تجمع بين مبادئ السلامة المهنية والتقنيات الرقمية المتقدمة، حيث تعتمد على استخدام أنظمة المراقبة الذكية وأجهزة الاستشعار وتحليل البيانات من أجل مراقبة بيئة العمل والتنبؤ بالمخاطر المحتملة قبل وقوعها. ويساعد هذا الأسلوب في الانتقال من الأساليب التقليدية في التعامل مع الحوادث إلى أساليب وقائية تعتمد على التنبؤ بالمخاطر وتقليل احتمالات وقوعها. وتتمثل إحدى الدعائم الأساسية لتطبيق إدارة السلامة الذكية في المشاريع الكبرى في توافر نظام متكامل لإدارة المعلومات، حيث تعتمد الأنظمة الذكية بشكل كبير على جمع البيانات وتحليلها من أجل دعم عملية اتخاذ القرار. وتساعد هذه الأنظمة في توفير معلومات دقيقة حول حالة بيئة العمل داخل مواقع المشروع، مثل حركة العمال والمعدات والظروف البيئية المحيطة.

كما تسهم أنظمة تحليل البيانات في اكتشاف الأنماط المتكررة للحوادث المهنية، مما يساعد في تحديد الأسباب الرئيسية لهذه الحوادث والعمل على معالجتها. ومن خلال تحليل البيانات المتراكمة يمكن للمؤسسات تطوير استراتيجيات أكثر فعالية للوقاية من المخاطر وتحسين إجراءات السلامة المهنية (إبراهيم ، ٢٠٢٠)

وفي إطار تطبيق إدارة السلامة الذكية في المشاريع العملاقة، يتم الاعتماد على مجموعة من الأدوات التقنية التي تساعد في مراقبة مواقع العمل بشكل مستمر. ومن بين هذه الأدوات الكاميرات الذكية التي يمكنها تحليل الصور والفيديوهات باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي من أجل اكتشاف السلوكيات غير الآمنة

داخل مواقع العمل. فعلى سبيل المثال يمكن لهذه الكاميرات اكتشاف عدم ارتداء العمال لمعدات الوقاية الشخصية أو دخولهم إلى مناطق خطرة دون الحصول على التصاريح اللازمة (يونس ، ٢٠١٩)

كما يمكن استخدام الأجهزة القابلة للارتداء التي يتم تزويد العمال بها من أجل مراقبة حالتهم الصحية أثناء العمل. وتعمل هذه الأجهزة على قياس مجموعة من المؤشرات الحيوية مثل معدل ضربات القلب ودرجة حرارة الجسم، مما يساعد في اكتشاف حالات الإجهاد أو الإرهاق التي قد يتعرض لها العمال أثناء العمل في الظروف الصعبة (مطلق ، ٢٠١٧)

وتساعد هذه التقنيات في توفير مستوى أعلى من الحماية للعاملين داخل مواقع العمل، كما تسهم في تقليل احتمالات وقوع الحوادث المهنية التي قد تؤدي إلى خسائر بشرية أو مادية كبيرة. ولذلك فإن تطبيق هذه الأنظمة يعد خطوة مهمة نحو تحقيق بيئة عمل أكثر أماناً في المشاريع الكبرى

ومن الجوانب المهمة التي تسهم في نجاح تطبيق إدارة السلامة الذكية في المشاريع العملاقة وجود ثقافة تنظيمية تدعم مفهوم السلامة المهنية. فنجاح أي نظام لإدارة السلامة يعتمد بشكل كبير على مدى التزام العاملين بتطبيق إجراءات السلامة داخل مواقع العمل. ولذلك فإن نشر ثقافة السلامة بين العاملين يعد من العناصر الأساسية التي تسهم في تقليل المخاطر المهنية

وتعمل المؤسسات الحديثة على تعزيز ثقافة السلامة من خلال تنظيم برامج تدريبية وورش عمل تهدف إلى توعية العاملين بأهمية الالتزام بإجراءات السلامة المهنية. كما يتم استخدام الوسائل التكنولوجية الحديثة مثل التطبيقات الإلكترونية والمنصات الرقمية لنشر التعليمات والإرشادات المتعلقة بالسلامة داخل مواقع العمل (الخالدي ، ٢٠١٤)

كما تسهم القيادة الإدارية في دعم تطبيق أنظمة السلامة الذكية من خلال توفير الموارد اللازمة وتبني السياسات التي تشجع على استخدام التقنيات الحديثة في إدارة المخاطر المهنية. فكلما زاد اهتمام الإدارة العليا بتطبيق معايير السلامة المهنية، زادت فرص نجاح الأنظمة المستخدمة في تحقيق أهدافها

وفي المشاريع العملاقة مثل مشروع نيوم ومشروع المربع الجديد، يعد تطبيق أنظمة السلامة الذكية ضرورة أساسية نظراً لحجم الأعمال التي يتم تنفيذها داخل هذه المشاريع، إضافة إلى التنوع الكبير في الأنشطة الإنشائية والصناعية التي تتم داخل مواقع العمل. ولذلك فإن استخدام التقنيات الحديثة في إدارة

السلامة يمكن أن يسهم بشكل كبير في تقليل المخاطر المهنية وتحسين مستوى السلامة داخل هذه المشاريع (برناوي ، ٢٠٢٥)

كما أن استخدام الأنظمة الرقمية في إدارة السلامة يساعد في تسهيل عملية متابعة تنفيذ إجراءات السلامة داخل مواقع العمل، حيث يمكن للإدارة متابعة التقارير الخاصة بالحوادث والمخاطر المهنية بشكل لحظي من خلال الأنظمة الإلكترونية. ويساعد ذلك في اتخاذ القرارات المناسبة بسرعة والتعامل مع المشكلات قبل أن تتفاقم.

وبالإضافة إلى ذلك، فإن استخدام التقنيات الذكية في إدارة السلامة يسهم في تحسين كفاءة العمل داخل المشاريع الكبرى، حيث يساعد في تقليل الوقت والجهد المبذولين في عمليات المراقبة التقليدية، كما يتيح إمكانية التركيز على الجوانب الاستراتيجية لإدارة المخاطر المهنية.

وبناءً على ذلك يمكن القول إن تطبيق إدارة السلامة الذكية في المشاريع العملاقة يمثل خطوة مهمة نحو تطوير أنظمة السلامة المهنية، حيث يساعد في توفير بيئة عمل أكثر أماناً ويقلل من احتمالات وقوع الحوادث المهنية، كما يسهم في تحقيق الاستدامة في تنفيذ المشاريع الكبرى. (برناوي ، ٢٠٢٥)

الإطار التطبيقي لإدارة السلامة الذكية في المشاريع الكبرى (منظمة العمل الدولية ، ٢٠١٩)

تشهد المشاريع العملاقة في الوقت الحالي تحولاً ملحوظاً نحو استخدام التقنيات الحديثة في إدارة العمليات المختلفة، ومن بين هذه العمليات إدارة السلامة المهنية داخل مواقع العمل. ويأتي هذا التحول نتيجة للتطور التكنولوجي المتسارع وظهور العديد من التقنيات الرقمية التي يمكن توظيفها في تحسين مستوى السلامة وتقليل المخاطر المهنية.

وفي إطار المشاريع الكبرى التي يتم تنفيذها في المملكة العربية السعودية مثل مشروع نيوم ومشروع المربع الجديد، تبرز الحاجة إلى تطوير أنظمة متقدمة لإدارة السلامة المهنية تتناسب مع طبيعة هذه المشاريع وحجم الأعمال التي يتم تنفيذها فيها. فهذه المشاريع تتسم بضخامة حجمها وكثرة العاملين فيها، إضافة إلى استخدام العديد من المعدات والآلات الثقيلة، الأمر الذي يزيد من احتمالات وقوع الحوادث المهنية إذا لم يتم تطبيق إجراءات سلامة فعالة (جاد السيد ، ٢٠٢٤)

ومن هنا ظهر مفهوم إدارة السلامة الذكية الذي يعتمد على استخدام التقنيات الرقمية الحديثة في مراقبة بيئة العمل وتحليل البيانات المتعلقة بالمخاطر المهنية. ويهدف هذا الأسلوب إلى الانتقال من الأساليب التقليدية

التي تعتمد على التعامل مع الحوادث بعد وقوعها إلى أساليب وقائية تعتمد على التنبؤ بالمخاطر والعمل على منع حدوثها.

وتعتمد إدارة السلامة الذكية على مجموعة من التقنيات الحديثة مثل إنترنت الأشياء والذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات الضخمة، حيث تساعد هذه التقنيات في جمع البيانات المتعلقة ببيئة العمل وتحليلها من أجل اكتشاف المخاطر المحتملة قبل وقوعها. كما يمكن استخدام أجهزة الاستشعار الذكية لمراقبة الظروف البيئية داخل مواقع العمل مثل درجة الحرارة ومستوى الغازات الخطرة ومستوى الضوضاء (جاد السيد ، ٢٠٢٤).

كما تسهم الكاميرات الذكية في مراقبة التزام العاملين بإجراءات السلامة المهنية، حيث يمكن استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحليل الصور والفيديوهات الملتقطة داخل مواقع العمل من أجل اكتشاف السلوكيات غير الآمنة مثل عدم ارتداء معدات الوقاية الشخصية أو دخول العمال إلى مناطق خطرة دون الحصول على التصاريح اللازمة.

وفي المشاريع الكبرى مثل مشروع نيوم، يمكن استخدام هذه التقنيات في إنشاء نظام متكامل لإدارة السلامة يعتمد على جمع البيانات من مختلف مصادرها داخل موقع العمل وتحليلها بشكل مستمر من أجل دعم عملية اتخاذ القرار. ويساعد هذا النظام في توفير معلومات دقيقة حول حالة بيئة العمل، مما يسمح للإدارة باتخاذ الإجراءات المناسبة في الوقت المناسب.

كما يمكن استخدام الطائرات بدون طيار في مراقبة مواقع العمل الكبيرة التي يصعب الوصول إليها بسهولة، حيث تساعد هذه الطائرات في تصوير مواقع العمل ومتابعة سير العمليات المختلفة داخل المشروع. كما يمكن استخدامها في اكتشاف المخاطر المحتملة في المناطق المرتفعة أو الخطرة (توفيق ، ٢٠٢٢)

أما في مشروع المربع الجديد، فيمكن أن تسهم الأنظمة الذكية في تحسين كفاءة إدارة السلامة المهنية من خلال استخدام التطبيقات الرقمية التي تساعد في متابعة تنفيذ إجراءات السلامة داخل مواقع العمل. كما يمكن استخدام الأنظمة الإلكترونية في تسجيل الحوادث المهنية وتحليل أسبابها من أجل تطوير إجراءات السلامة والحد من تكرار هذه الحوادث.

كما أن تطبيق إدارة السلامة الذكية يساهم في تحسين مستوى التواصل بين العاملين وإدارة المشروع، حيث يمكن استخدام التطبيقات الرقمية لإرسال التنبيهات والتعليمات المتعلقة بالسلامة بشكل فوري إلى العاملين

داخل مواقع العمل. ويساعد ذلك في ضمان استجابة سريعة لأي خطر قد يظهر أثناء تنفيذ الأعمال المختلفة داخل المشروع (الشمائله ، ٢٠٢٤)

وبالإضافة إلى ذلك، فإن استخدام التقنيات الذكية في إدارة السلامة المهنية يساعد في تعزيز ثقافة السلامة داخل المؤسسات، حيث يساهم في زيادة وعي العاملين بأهمية الالتزام بإجراءات السلامة المهنية. كما يساعد في تحسين مستوى التدريب والتأهيل للعاملين من خلال استخدام الوسائل التكنولوجية الحديثة في تقديم برامج التدريب.

ويمكن القول إن تطبيق إدارة السلامة الذكية في المشاريع العملاقة يمثل خطوة مهمة نحو تطوير أنظمة السلامة المهنية، حيث يساعد في توفير بيئة عمل أكثر أماناً للعاملين، كما يساهم في تقليل المخاطر المهنية وتحسين كفاءة العمل داخل المشاريع الكبرى مثل مشروع نيوم ومشروع المربع الجديد (الحربي ، ٢٠١٩) .

إجراءات تنفيذ الدراسة (الزهراني ، ٢٠٢١)

تم تنفيذ الدراسة وفق مجموعة من الخطوات العلمية المنظمة التي تهدف إلى جمع البيانات وتحليلها بطريقة منهجية. وقد تضمنت هذه الإجراءات ما يلي:

-تحديد مشكلة الدراسة وصياغة أسئلتها البحثية

-مراجعة الأدبيات العلمية والدراسات السابقة المرتبطة بموضوع البحث

(تصميم أداة الدراسة –الاستبيان)

-توزيع الاستبيان على عينة الدراسة

-جمع البيانات وتنظيمها

-تحليل البيانات باستخدام الأساليب الإحصائية المناسبة

-تفسير النتائج وربطها بموضوع الدراسة

الأساليب الإحصائية المستخدمة في تحليل البيانات (السلمي ، ٢٠٢٠)

بعد جمع البيانات من أفراد عينة الدراسة، تم استخدام مجموعة من الأساليب الإحصائية من أجل تحليل البيانات واستخراج النتائج. ومن بين أهم هذه الأساليب :

-التكرارات والنسب المئوية

-المتوسطات الحسابية

-الانحراف المعياري

-اختبار العلاقات بين المتغيرات

وقد ساعدت هذه الأساليب في تقديم صورة واضحة عن واقع تطبيق إدارة السلامة الذكية في المشاريع الكبرى، إضافة إلى تحليل آراء المشاركين في الدراسة حول أهمية استخدام التقنيات الحديثة في تحسين مستوى السلامة المهنية.

تعد إدارة السلامة المهنية من الجوانب الأساسية في تنفيذ المشاريع الكبرى، خاصة في ظل التوسع الكبير الذي تشهده المشاريع العملاقة في المملكة العربية السعودية. ومع التطور التكنولوجي المتسارع، أصبح من الضروري الاعتماد على أنظمة حديثة ومتطورة تسهم في تحسين مستوى السلامة داخل مواقع العمل، وهو ما يعرف بإدارة السلامة الذكية. ويقصد بإدارة السلامة الذكية استخدام التقنيات الحديثة مثل الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء وتحليل البيانات في مراقبة بيئة العمل والتنبؤ بالمخاطر المحتملة قبل وقوعها (الشمري ، ٢٠٢٢)

وتبرز أهمية تطبيق إدارة السلامة الذكية بشكل واضح في المشاريع العملاقة مثل مشروع نيوم ومشروع المربع الجديد، حيث تنسم هذه المشاريع بضخامتها وكثرة العاملين فيها وتعدد العمليات الإنشائية التي تتم داخل مواقع العمل. ولذلك فإن الاعتماد على الأساليب التقليدية في إدارة السلامة قد لا يكون كافياً لمواجهة التحديات التي تفرضها هذه المشاريع، الأمر الذي يستدعي تطبيق أنظمة حديثة تعتمد على التقنيات الذكية في إدارة المخاطر المهنية (الشمري ، ٢٠٢٢)

ويعد مشروع نيوم من أبرز المشاريع المستقبلية التي تسعى المملكة العربية السعودية إلى تنفيذها ضمن رؤية المملكة ٢٠٣٠، حيث يهدف هذا المشروع إلى إنشاء مدينة ذكية تعتمد على التكنولوجيا والابتكار في مختلف مجالات الحياة. وبما أن المشروع يقوم على مفهوم المدن الذكية، فإن تطبيق أنظمة السلامة الذكية

يعد جزءاً أساسياً من البنية التشغيلية لهذا المشروع. وتساعد هذه الأنظمة في مراقبة بيئة العمل بشكل مستمر، واكتشاف المخاطر المحتملة، واتخاذ الإجراءات الوقائية المناسبة لحماية العاملين داخل المشروع.

كما أن مشروع المربع الجديد يمثل أحد المشاريع العمرانية الكبرى التي يتم تنفيذها في مدينة الرياض، ويهدف إلى تطوير منطقة حضرية حديثة تعتمد على التقنيات المتطورة في التخطيط العمراني وإدارة الخدمات. ويتطلب تنفيذ مثل هذه المشاريع تطبيق معايير عالية من السلامة المهنية، نظراً لوجود عدد كبير من العمال والمعدات الثقيلة داخل مواقع العمل. ولذلك فإن تطبيق إدارة السلامة الذكية في هذا المشروع يمكن أن يساهم في تحسين مستوى السلامة وتقليل احتمالات وقوع الحوادث المهنية (المطيري ، ٢٠٢١)

ومن أهم الدعائم التي تساعد على تطبيق إدارة السلامة الذكية في هذه المشاريع توافر البنية التحتية الرقمية المناسبة، حيث تعتمد الأنظمة الذكية بشكل كبير على وجود شبكات اتصال متطورة تسمح بتبادل البيانات والمعلومات بشكل سريع ودقيق. كما أن وجود أنظمة معلومات متقدمة يساعد في جمع البيانات المتعلقة ببيئة العمل وتحليلها من أجل اكتشاف المخاطر المحتملة واتخاذ الإجراءات المناسبة للتعامل معها (العويضي ، ٢٠١٤).

كما تمثل التقنيات الحديثة أحد العناصر الأساسية في تطبيق إدارة السلامة الذكية، حيث يمكن استخدام أجهزة الاستشعار الذكية لمراقبة الظروف البيئية داخل مواقع العمل مثل درجة الحرارة ومستويات الغازات الخطرة ومستوى الضوضاء. وتقوم هذه الأجهزة بإرسال البيانات بشكل مستمر إلى أنظمة المراقبة المركزية، مما يساعد في اكتشاف أي تغيرات قد تشكل خطراً على العاملين داخل الموقع.

إضافة إلى ذلك، يمكن استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحليل البيانات المتعلقة بالحوادث والمخاطر المهنية داخل مواقع العمل، حيث تساعد هذه التقنيات في التعرف على الأنماط المتكررة للحوادث، مما يساهم في التنبؤ بالمخاطر المحتملة قبل وقوعها. كما يمكن استخدام الكاميرات الذكية في مراقبة التزام العاملين بإجراءات السلامة مثل ارتداء معدات الوقاية الشخصية والالتزام بالتعليمات الخاصة بالعمل داخل المناطق الخطرة (السلمي ، ٢٠٢٠)

وتساهم الطائرات بدون طيار أيضاً في دعم أنظمة السلامة الذكية داخل المشاريع الكبرى، حيث يمكن استخدامها في مراقبة مواقع العمل الكبيرة التي يصعب الوصول إليها بسهولة. وتساعد هذه الطائرات في

تصوير مواقع العمل ومتابعة سير العمليات المختلفة داخل المشروع، كما يمكن استخدامها في اكتشاف المخاطر المحتملة في المناطق المرتفعة أو الخطرة.

ولا يقتصر تطبيق إدارة السلامة الذكية على استخدام التقنيات الحديثة فقط، بل يتطلب أيضاً وجود كوادر بشرية مؤهلة قادرة على التعامل مع هذه الأنظمة بكفاءة. ولذلك فإن تدريب العاملين على استخدام التقنيات الحديثة يعد من العوامل المهمة التي تسهم في نجاح تطبيق أنظمة السلامة الذكية داخل المشاريع الكبرى. ويشمل هذا التدريب تعريف العاملين بأهمية السلامة المهنية، وتدريبهم على استخدام الأجهزة والتقنيات الحديثة المستخدمة في مراقبة بيئة العمل.

كما تلعب الإدارة دوراً مهماً في دعم تطبيق أنظمة السلامة الذكية، حيث يجب على إدارة المشاريع توفير الموارد اللازمة لتطبيق هذه الأنظمة، إضافة إلى وضع السياسات والإجراءات التي تضمن الالتزام بمعايير السلامة المهنية داخل مواقع العمل. كما ينبغي على الإدارة متابعة تطبيق هذه الأنظمة بشكل مستمر وتقييم مدى فعاليتها في تحسين مستوى السلامة داخل المشروع (الخالدي . ٢٠١٤)

وعلى الرغم من الفوائد الكبيرة التي توفرها أنظمة السلامة الذكية، إلا أن هناك بعض التحديات التي قد تواجه المؤسسات عند محاولة تطبيق هذه الأنظمة في المشاريع الكبرى. ومن بين هذه التحديات ارتفاع تكلفة التقنيات الحديثة، والحاجة إلى تدريب العاملين على استخدام هذه الأنظمة، إضافة إلى الحاجة إلى بنية تحتية رقمية متطورة تسمح بتشغيل الأنظمة الذكية بكفاءة.

ومع ذلك، فإن الفوائد التي يمكن تحقيقها من تطبيق إدارة السلامة الذكية تفوق بكثير التحديات المرتبطة بها، حيث تسهم هذه الأنظمة في تقليل الحوادث المهنية، وتحسين كفاءة العمل، وتعزيز مستوى السلامة داخل مواقع العمل. كما تساعد هذه الأنظمة في توفير بيئة عمل آمنة للعاملين، مما ينعكس بشكل إيجابي على إنتاجية العمل وجودته (خليفة ، ٢٠١٩)

وقد اعتمدت هذه الدراسة على منهجية علمية منظمة تهدف إلى دراسة دعائم تطبيق إدارة السلامة الذكية في مشروعي نيوم والمربع الجديد، حيث تم استخدام المنهج الوصفي التحليلي الذي يعد من أكثر المناهج استخداماً في الدراسات الاجتماعية والإدارية. ويهدف هذا المنهج إلى وصف الظاهرة محل الدراسة وتحليلها من خلال جمع البيانات من أفراد العينة وتحليلها باستخدام الأساليب الإحصائية المناسبة.

كما تم استخدام الاستبيان كأداة رئيسية لجمع البيانات من أفراد عينة الدراسة، حيث تم تصميم الاستبيان بحيث يتضمن مجموعة من الأسئلة التي تهدف إلى قياس آراء المشاركين حول أهمية تطبيق إدارة السلامة الذكية في المشاريع الكبرى، إضافة إلى التعرف على أهم العوامل التي تسهم في نجاح تطبيق هذه الأنظمة (الشمائله ، ٢٠٢٤)

وقد تم توزيع الاستبيان على عينة من العاملين في مجال السلامة المهنية داخل المشاريع الإنشائية الكبرى، حيث تم اختيار هذه العينة بطريقة عشوائية من أجل الحصول على بيانات تعكس آراء العاملين في هذا المجال. وبعد جمع الاستبيانات تم تنظيم البيانات وتحليلها باستخدام مجموعة من الأساليب الإحصائية مثل التكرارات والنسب المئوية والمتوسطات الحسابية

وقد ساعد تحليل البيانات في التعرف على مدى وعي العاملين بأهمية تطبيق إدارة السلامة الذكية داخل المشاريع الكبرى، إضافة إلى تحديد أهم العوامل التي تسهم في نجاح تطبيق هذه الأنظمة داخل مواقع العمل. كما أسهمت نتائج التحليل في تقديم مجموعة من التوصيات التي يمكن أن تساعد في تطوير أنظمة السلامة المهنية داخل المشاريع العملاقة مثل مشروع نيوم ومشروع المربع الجديد. (مصطفى محمد ، ٢٠٢٢)

خلاصة الفصل الثالث

تناول هذا الفصل منهجية الدراسة والإجراءات التي تم اتباعها في تنفيذ البحث، حيث تم توضيح منهج البحث المستخدم، إضافة إلى تحديد مجتمع الدراسة وعينتها. كما تم عرض أدوات جمع البيانات المستخدمة في الدراسة، والتي تمثلت في الاستبيان

كما تناول الفصل متغيرات الدراسة والإجراءات التي تم اتباعها في تنفيذ البحث، إضافة إلى الأساليب الإحصائية المستخدمة في تحليل البيانات. ويسهم هذا الفصل في توضيح الأساس المنهجي الذي اعتمدت عليه الدراسة في تحليل موضوع دعائم تطبيق إدارة السلامة الذكية في مشروع نيوم والمربع الجديد.

المراجع العربي

- إبراهيم ، أحمد إبراهيم محمد ٢٠٢٠ ،المسؤولية الناتجة عن أخطاء الذكاء الاصطناعي في التشريع الإماراتي ، جامعة عين شمس .
- خليفه إيهاب ، ٢٠١٩ الذكاء الاصطناعي ، تأثيرات تزايد دورة التقنيات الذكية في الحياه اليوميه للبشر ، مركز المستقبل للأبحاث والدراسات المتقدمه ، أبو ظبي .
- يونس ، محمد عبدالله ٢٠١٩ ، مناهج وإشكاليات التنبؤ بالتحويلات القادمه في العالم ، مركز المستقبل للأبحاث والدراسات المستقبليه أبو ظبي .
- مطلق، عهود نواف. (٢٠١٧م). دور تقنية المعلومات في ترشيد القرارات الإدارية، رسالة ماجستير، أكاديمية نايف للعلوم الأمنية، الرياض.
- الخالدي، عمر. (٢٠١٤م). استخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية في التطبيقات العسكرية، عمّان، المركز الجغرافي الملكي الأردني.

- برناوي، محمد عبد الله، الثقفي، سامية رفعان، وبتاوي، فارس عمر. (٢٠٢٥). تحول إدارة السلامة في المشاريع العملاقة: استكشاف تأثير التكنولوجيا الذكية والرقمنة على تحسين الأداء والسلامة في المملكة العربية السعودية. مجلة العلوم الهندسية وتكنولوجيا المعلومات، ٩ (١) .
- جاء السيد، هبة أسامة؛ عيسى، محمد محمد؛ الطويل، رانيا حمدي. (٢٠٢٤). أثر معايير السلامة والصحة على تعزيز الميزة التنافسية. المجلة العلمية للدراسات ISO 45001 المهنية وفق المواصفة الدولية . التجارية والبيئية
- توفيق، مبروك عطية مبروك؛ يسن، مصطفى محمد عبد النبي. (٢٠٢٢). نجاعة إدارة نظم السلامة. المجلة العلمية للدراسات التجارية والبيئية. OHSAS 18001 والصحة المهنية في
- الشمالية، مالك طه علي. (٢٠٢٤). إدارة السلامة العامة ودورها في الحد من المخاطر في المؤسسات والبلديات. مجلة العلوم الإنسانية والطبيعية .
- الحربي، عبد الله بن سعد. (٢٠١٩). إدارة المخاطر والسلامة المهنية في المشاريع الكبرى. الرياض: مكتبة الملك فهد الوطنية.
- العريضي، عبد الله بن حسن. (٢٠١٤). أسس إدارة السلامة المهنية في المؤسسات الحديثة. عمان: دار المسيرة للنشر والتوزيع
- الزهراني، محمد بن علي. (٢٠٢١). التقنيات الحديثة في إدارة السلامة المهنية. جدة: دار خوارزم العلمية
- السلمي، خالد بن عبد الرحمن. (٢٠٢٠). إدارة المخاطر في المشاريع الإنشائية الكبرى. الرياض: دار المسيرة للنشر
- الشمري، فهد بن عبد الله. (٢٠٢٢). التحول الرقمي في إدارة المشاريع الكبرى. الرياض: دار جامعة الملك سعود للنشر
- العنزي، أحمد بن حسين. (٢٠٢٠). الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته في إدارة المؤسسات. عمان: دار صفاء للنشر والتوزيع
- العويضي، أحمد بن محمد. (٢٠١٤). إدارة السلامة والصحة المهنية في المشاريع الهندسية. الرياض: دار المريخ للنشر

المطيري، سعد بن محمد. (٢٠٢١). المدن الذكية وتطبيقات التكنولوجيا الحديثة. الكويت: مكتبة الفلاح للنشر -

المنظمة الدولية للعمل. (٢٠٢١). إدارة السلامة والصحة المهنية في بيئة العمل. جنيف: منظمة ١. - العمل الدولية

- منظمة العمل الدولية. (٢٠١٩). أنظمة إدارة السلامة والصحة المهنية. جنيف

- البابلي، عمار ياسر زهير. (٢٠٢١م). *توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في العمل الأمني*، ص ٥٢.
- البابلي، عمار ياسر. (٢٠٢١م). *أمن الفضاء الإلكتروني، والتحديات الأمنية المعاصرة*، معهد البحوث والدراسات العربية، جامعة الدول العربية، القاهرة، ص ٨٨.
- إبراهيم، أحمد إبراهيم محمد. (٢٠٢٠م). *المسؤولية الجنائية الناتجة عن أخطاء الذكاء الاصطناعي في التشريع الإماراتي - دراسة مقارنة*، رسالة دكتوراه، جامعة عين شمس، ص ٩٨.
- البابلي، عمار ياسر زهير. (٢٠٢٠م). *توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في العمل الأمني*، ص ٤٠، رسالة ماجستير، أكاديمية نايف العربية للعلوم الأمنية، الرياض.
- إبراهيم، سليمان عبد الواحد. (٢٠١٩م). *علم النفس الاجتماعي ومتطلبات الحياة المعاصرة*، مؤسسة الوراق للنشر والتوزيع، ص ٢٢.
- السويدي، جمال سند. (٢٠١٩م). *التغيير والأمن: تعدد مصادر الخطر وآليات المواجهة الجديدة*، آفاق المستقبل (٣٣)، مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية، أبوظبي، ص ٩.
- الهلالي، تامر. (٢٠١٩م). *نظرية جديدة ترصد الدوافع الأخلاقية للسلوك الإرهابي*، بنك المعرفة المصري، القاهرة، ص ٣١.
- خليفة، إيهاب. (٢٠١٩م). *الذكاء الاصطناعي: تأثيرات تزايد دور التقنيات الذكية في الحياة اليومية للبشر*، مركز المستقبل للأبحاث والدراسات المتقدمة، أبوظبي، إبريل، ص ١٤.
- د. مطر النازي. (٢٠١٩م). *المؤتمر العلمي الدولي السابع والعشرون: الذكاء الاصطناعي والعدالة - فرص وتحديات*، كلية القانون، جامعة الإمارات العربية المتحدة، ص ١٦.
- يونس، آرون محمد عبد الله. (٢٠١٩م). *مناهج وإشكاليات التنبؤ بالتحويلات القادمة في العالم*، مركز المستقبل للأبحاث والدراسات المستقبلية، أبوظبي، ص ٣٤.
- يونس، محمد عبد الله. (٢٠١٩م). *مناهج وإشكاليات التنبؤ بالتحويلات القادمة في العالم*، مركز المستقبل للأبحاث والدراسات المستقبلية، أبوظبي، ص ٣٤.

- البار، عدنان مصطفى. (٢٠١٨م). *البيانات الضخمة ومجالات تطبيقها*، كلية الحاسبات وتقنية المعلومات، جامعة الملك عبد العزيز، ص ٨٨-٩٠.
- مريم نوما. (٢٠١٨م). *إستخدام مواقع الشبكات الاجتماعية وتأثيره في العلاقات الاجتماعية*، رسالة ماجستير، جامعة الحاج لخضر - باتنة، الجزائر، ص ١٥٨-١٦٠.
- أبو منصور، حسني يوسف. (٢٠١٧م). *توظيف تقنية التصنيف الربط للشبكات*، المجلد ١، العدد ٢، المجلة العربية الدولية للمعلوماتية، الرياض، ص ١٣٣.
- الحميدان، رياض بن عبد العزيز. (٢٠١٧م). *دور تقنية الاتصالات والمعلومات في تطوير الأجهزة الأمنية*، ص ٢٢٨.
- أوماند، السيد ديفيد. (٢٠١٧م). *إستخبارات وسائل التواصل الاجتماعي*، العدد ١٥٢، مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية، أبوظبي، ص ٥٨.
- ستيرنبرج، روبرت؛ كوفمان، سكوت باري. (٢٠١٧م). *دليل جامعة كمبريدج للذكاء*، (ترجمة: داود سليمان القرنة، عنتر صليحي عبد الله)، مؤسسة الملك عبد العزيز ورجاله للموهبة والإبداع، الرياض، العبيكان للنشر، ط ١، ص ١٥.
- طاهر، يحيى. (٢٠١٧م). *البيانات الضخمة في الاستخبارات العسكرية*، العدد ١٠٠، لبنان، مجلة علمية محكمة، الدفاع الوطني اللبناني، ص ٣٧-٣٩.
- عبد ربه، رائد محمد. (٢٠١٧م). *بسمو الشيخ محمد بن راشد آل مكتوم ونهضة إمارة دبي*، الجندارية للنشر والتوزيع، عمان، الطبعة الأولى، ص ٦٠.
- مطلق، عهود نواف. (٢٠١٧م). *دور تقنية المعلومات في ترشيد القرارات الإدارية*، رسالة ماجستير، أكاديمية نايف للعلوم الأمنية، الرياض، ص ٩٨-١٠٠.
- هناء قرياطي؛ أسامة دمجون. (٢٠١٧م). *توظيف البيانات الضخمة في الشركات التقنية وخصوصية المستخدم*، جامعة ٨ ماي ١٩٤٥ - قالمة، الجزائر، ص ٩٦-٩٩.
- صالح، أسامة. (٢٠١٦م). *دور وسائل التواصل الاجتماعي في تجنيد أعضاء التنظيمات الإرهابية - دراسة حالة "داعش"*، المركز الديمقراطي العربي، برلين. (رابط الدراسة مرفق في قائمتك)
- أبو شامة، عباس. (٢٠١٥م). *الظواهر الإجرامية المستحدثة وسبل مواجهتها*، جامعة نايف العربية للعلوم الأمنية، الرياض، ص ٤٨-٤٩.
- عفيفي، جهاد أحمد. (٢٠١٥م). *الذكاء الاصطناعي والأنظمة الخبيرة*، عمان، دار أمجد للنشر والتوزيع، ص ٢٣.

- الخالدي، عمر. (٢٠١٤م). *استخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية في التطبيقات العسكرية*، عمان، المركز الجغرافي الملكي الأردني، ص ١٣-١٥؛ ص ١٨٤.
- محمد نور الدين أحمد. (٢٠١٤م). *آفاق جديدة لدور نظم المعلومات في المجال الشرطي*، دورية الفكر الشرطي، الإدارة العامة لشرطة الشارقة، المجلد العاشر، العدد (٤٩)، الشارقة.
- خليفة، محمد عصام. (٢٠١٣م). *تطبيقات الحاسب الآلي في العلوم الأمنية*، كلية الحاسبات والمعلومات، جامعة عين شمس، ص ٥٧.
- منصور، شادي عبد الوهاب. (٢٠١٣م). *الشرطة التنبؤية: اعتماد متزايد لأجهزة الأمن الغربية على أساليب الاستخبارات*، ص ٣٣.
- القحطاني، سلمان. (٢٠١٢م). *التقنيات المعلوماتية والإرهاب في ضوء التطور التقني الحديث*، ص ١١٩-١٢١.
- راشد، باسم. (٢٠١٢م). *التنبؤ بالهجمات: فرص ومخاطر استخدامات الذكاء الاصطناعي في مكافحة الإرهاب*، تقرير مركز المستقبل (الرابط مرفق لديك).
- نجم، نجم عبود. (٢٠١٢م). *القيادة وإدارة الابتكار*، عمان، دار صفاء، ص ٢٠٠.
- السكارنة، بلال خلف. (٢٠١١م). *الإبداع الإداري*، الأردن، دار المسيرة للنشر والتوزيع، ص ٣٩.
- جرادات، ناصر محمد سعود. (٢٠١١م). *إدارة المعرفة*، الأردن، إثراء للنشر والتوزيع، ص ١١٨؛ ص ١٩٦.
- حتاتة، نيازي. (٢٠١١م). *إسهام الجمهور في مكافحة الجريمة*، مجلة الأمن العام المصرية، العدد (٥٧)، ص ١٦١.
- أحمد، فايزة دسوقي. (٢٠١٠م). *بصمة اليد والعين والقياسات الحيوية في أمن المعلومات*، رسالة دكتوراه، جامعة الإمام، الرياض، ص ٤٥-٤٧.
- حسين، عماد. (٢٠١٠م). *تنمية الموارد البشرية في ظل اقتصاد مبني على المعرفة*، رسالة ماجستير، جامعة المسيلة، الجزائر، ص ١١.
- ستيوارت راسل؛ بيتر نورفينج. (٢٠٠٩م). *الذكاء الاصطناعي: نهج حديث*، نيوجيرسي، برنتس هول، الطبعة الثالثة، ص ٤-٥.
- شريف، محمد إبراهيم. (٢٠٠٩م). *نظم المعلومات الجغرافية*، الإسكندرية، دار المعرفة الجامعية، ص ١٨-٢١.
- الملكاوي، إبراهيم الخلوف. (٢٠٠٧م). *إدارة المعرفة: الممارسات والمفاهيم*، ط ١، عمان، مؤسسة الأوراق للنشر والتوزيع، ص ١٤٤.

- طارق، خيرت. (٢٠٠٦م) *دور النظم الخبيرة في إدارة الأزمات الأمنية*، رسالة دكتوراه، كلية الدراسات العليا، أكاديمية الشرطة، القاهرة، ص ٢٦٧-٢٧٠.
- عثماوي، سعد الدين. (٢٠٠٦م) *إدارة المرور*، مركز الدراسات والبحوث، جامعة نايف، السعودية، ص ٣٠.
- الفاخري، سالم عبد الله سعيد. (٢٠٠٥م) *سيكولوجية الذكاء*، ليبيا، جامعة سبها، مركز الكتاب الأكاديمي، ص ١٢١.
- مجلة النقل والمواصلات. (٢٠٠٥م) *الإطارات تدخل عصر التقنية الحديثة*، العدد (٨٦)، المملكة العربية السعودية، ص ٦.
- الكبيسي، أمير خضير صلاح الدين. (٢٠٠٤م) *إدارة المعرفة*، المنظمة العربية للإدارة، القاهرة.
- مجلة النقل والمواصلات. (٢٠٠٤م) *المملكة العربية السعودية*، العام السابع، العدد (٧٤)، ص ٦.
- خير الله، جمال. (٢٠٠٣م) *الإبداع الإداري*، عمان، دار أسامة للنشر والتوزيع، الطبعة الأولى، ص ٦٣.
- رضوان، رأفت. (٢٠٠٢م) *تكنولوجيا المعلومات في الوطن العربي: التوجهات والاستراتيجيات*، ندوة المعلوماتية في الوطن العربي، ص ٣٤.
- سيفين، لطفي لويز. (١٩٩٩م) *إدارة وتخطيط التكنولوجيا: رؤية معاصرة*، القاهرة، دار غريب للطباعة والنشر والتوزيع، ص ٧.

دون تاريخ محدد (وُضعت في آخر القائمة لعدم وجود سنة واضحة)

- حسين، عماد *تكنولوجيا إدارة الأزمات الأمنية*، ص ٧٢.
- كامل، عبد الرحمن *رصد وتحليل بيانات وسائل التواصل الاجتماعي لأغراض الأمن القومي*، ص ١١.
- مركز بحوث الشرطة *بور الذكاء الاصطناعي في مواجهة حروب الجيل الرابع*، ص ٨٦.
- منصور، شادي عبد الوهاب *الشرطة التنبؤية، اعتماد متزايد لأجهزة الأمن الغربية على أساليب الاستخبارات*، ص ٤٢.

ملاحظة: أبقىُّ التكرارات التي تحمل صفحات مختلفة أو صيغ نشر مختلفة، وربّتها بحسب السنة عند توافرها، وإلا وُضعت تحت "دون تاريخ".

- مركز بحوث الشرطة. (٢٠١٩م). *المدن الآمنة المغلفة*، سلسلة دراسات أمن المنشآت الحيوية، المكتبة الشرطة، أكاديمية الشرطة، ص ٥٩.

المراجع الأجنبية

- 1-Park, J., & Kang, S. (2024). Artificial intelligence and smart technologies in safety management. *Journal of Safety Technology*, 58(1)
- 2-Huang, Y., Chen, Z., & Liu, M. (2022). Smart safety management in the era of Safety 4.0. *Safety Science*

3-Johnson, R. (2019). Traditional safety management practices: Limitations and challenges. *Safety Review Journal*, 14(2), 87–96.

4-Zhou, J., Li, H., & Zhang, L. (2019). Digital monitoring systems for workplace safety. *Automation in Construction*,.

5-Ghafoor, K., Curran, K., Kong, L., & Sadiq, A. (2021). *Security and Organization within IoT and Smart Cities*. CRC Press.

6-Abraham, A., Zhang, Y., & Prasad, S. (2024). *Evacuation Management Framework toward Intelligent Emergency Response Systems in Smart Cities*.

7-Tang, X., Qiu, J., Chen, R., et al. (2020). A Data-Driven Human Responsibility Management System for Smart Safety Management.

8-Barros, D., Fraga-Lamas, P., Fernandez-Carames, T., & Lopes, S. (2024). *Thermal Imaging Safety Sensors for Industry 5.0 and Industrial Safety Applications*.

Fedosov, A., & Shaimardanova, G. (2025). *Digital dashboards for safety data analytics*. **Journal of Industrial Safety Engineering**, 41(3), 201–219. •

Marsden, P., & Steyer, L. (2025). *Organizational challenges of AI in safety management*. **Journal of Organizational Safety**, 39(2), 88–104. •

- Chan, D., Lee, H., & Park, J. (2024). *Design and implementation of smart safety systems in mega projects*. **Journal of Construction Safety**, 52(1), 77–95. •
- Dodoo, N., Mensah, K., & Boateng, R. (2024). *Digital innovations for safety in hazardous environments*. **International Journal of Occupational Safety**, 63(2), 145–162. •
- EU-OSHA. (2024). *Smart digital systems for occupational safety and health*. European Agency for Safety and Health at Work Report. •
- NSC. (2024). *Artificial intelligence and data-driven safety programs*. National Safety Council Report. •
- Park, J., & Kang, S. (2024). *Artificial intelligence and smart technologies in safety management*. **Journal of Safety Technology**, 58(1), 33–49. •
- Palacino, J. (2023). *Artificial intelligence in construction site safety*. **Construction Management Review**, 19(2), 55–72. •
- Huang, Y., Chen, Z., & Liu, M. (2022). *Smart safety management in the era of Safety 4.0*. **Safety Science**, 150, 106–124. •
- Al-Kahtani, A. (2021). *Digital transformation and safety management in Saudi Arabia's Vision 2030 projects*. Riyadh: Saudi Academic Press. •
- Brown, T. (2021). *Smart safety management systems in construction projects*. **International Journal of Safety Science**, 45(2), 112–125. •
- Chen, Y., Li, H., & Zhou, J. (2021). *Smart safety management: Integrating AI and digital technologies*. **Safety Science**, 135, 105–118. •
- Russell, S., & Norvig, P. (2021). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (4th ed.). Pearson Education. •
- Zhang, H., Zhou, J., & Chen, Y. (2021). *Big data analytics for safety risk prediction*. **Safety Science**, 130, 104–115. •

- Kumar, S., Patel, R., & Singh, A. (2020). *Predictive models for accident prevention using machine learning*. **Journal of Safety Research**, 72, 45–56. •
- Li, X., & Zhou, J. (2020). *Proactive safety management through digital infrastructure*. **Safety Engineering Journal**, 28(3), 145–160. •
- Li, Y., Chen, Z., & Wang, Q. (2020). *IoT applications in construction site safety*. **Sensors**, 20(5), 1357–1369. •
- Saudi Vision 2030. (2020). *Vision 2030: National transformation program*. Riyadh: Government of Saudi Arabia. •
- Smith, J. (2020). *Safety management: Policies and procedures in workplace environments*. **Safety Studies Journal**, 18(1), 33–49. •
- Johnson, R. (2019). *Traditional safety management practices: Limitations and challenges*. **Safety Review Journal**, 14(2), 87–96. •
- Nurova, A. (2019). *Digital technologies in industrial safety management*. **Journal of Industrial Engineering**, 27(4), 301–318. •
- Wu, C., Fang, D., & Li, N. (2019). *Safety culture and transparency in construction projects*. **Journal of Construction Engineering and Management**, 145(6), 04019034. •
- Zhou, J., Li, H., & Zhang, L. (2019). *Digital monitoring systems for workplace safety*. **Automation in Construction**, 98, 256–265. •
- Fang, W., Zhang, L., & Wang, H. (2018). *Computer vision applications in construction safety monitoring*. **Automation in Construction**, 93, 272–283. •
- Ghobakhloo, M. (2018). *The role of digital platforms in project management*. **International Journal of Project Management**, 36(1), 25–40. •
- Green, P. (2018). *Cost implications of safety management systems*. **Journal of Risk and Safety**, 12(4), 211–225. •

Brennen, S., & Kreiss, D. (2016). *Digitalization and society: Understanding digital technologies*. **Journal of Communication**, 66(3), 359–382. •