

أثر تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في الحد من المخاطر
البشرية في المشاريع الهندسية: دراسة تطبيقية على شركة
أرامكو السعودية

إسم الطالب/ عبدالله خالد عوض طويلان

رقم الطالب/ ٢٥١٠٠١٧٢٨

كلية الإدارة – جامعة ميد أوشن

إشراف:

الدكتور/ الفيصل عبدالحميد محمد حسن

عضو هيئة التدريس – كلية الإدارة – جامعة ميد أوشن

العام الدراسي:

٢٠٢٥

الشكر والتقدير

قال جل جلاله وتقدست أسمائه في محكم كتابه العزيز: (ومن يشكر فإنما يشكر لنفسه)
لقمان ١٢

بسم الله والحمد لله الذي تتم بنعمته الصالحات وأحمد الله حمداً كثيراً ملئ السماوات والأرض
على كريم فضله وعونه لإتمام هذا البحث.

واتوجه بالشكر الجزيل والامتنان والعرفان الى كل من:

استاذتي والمشراف على البحث الدكتور / الفیصل عبدالحمید محمد حسن ، الذي كان لدعمه
ومساندته لي عظيم الأثر في إثراء هذا البحث وانهاؤه على الوجه الذي جاء عليه
وتوجيهه المستمر والمتواصل فجزاه الله عني خير الجزاء.

كما اتقدم بالشكر والثناء الى كل من مدني بيد المساعدة والدعاء لي.

عرفاناً بفضلهم وجزاهم الله عني خير الجزاء.

الى كل اساتذتي الكرام الذين مروا علي في جميع مراحل حياتي التعليمية.

فلجميع مني اصدق تحية وشكر وتقدير.

الباحث

الإهداء

إلى من علّمني كيف أقف بكل ثبات فوق الأرض..

أمي الموقرة

إلى روعي وقرة عيني ونبض فؤادي..

أبي العزيز

إلى أقرب الناس إلى نفسي..

أصدقائي المخلصين

إلى جميع من تلقّيت منهم النصح والدعم أهديكم خلاصة جهدي في عمل هذا
البحث

المستخلص

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل أثر تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في الحد من المخاطر البشرية داخل المشاريع الهندسية، مع التركيز على البيئة التشغيلية لشركة أرامكو السعودية بصفقتها واحدة من أكبر الشركات العالمية التي تتبنى التحول الرقمي في قطاع الطاقة والصناعة الهندسية. تتبع أهمية الدراسة من التزايد المستمر للتحديات المرتبطة بالمخاطر البشرية في مواقع العمل الهندسية، وما تفرضه طبيعة العمل من احتمالات وقوع أخطاء بشرية قد تؤدي إلى خسائر بشرية ومادية، الأمر الذي يجعل من التقنيات الذكية عنصراً محورياً لتحسين مستوى السلامة ورفع فاعلية التشغيل.

اعتمد البحث على المنهج الوصفي التحليلي من خلال جمع البيانات بواسطة استبيان موجّه إلى عينة من المهندسين والمشرفين ومتخصصي السلامة العاملين في مشاريع أرامكو. وتناول الاستبيان أربعة محاور رئيسية تتمثل في: مستوى معرفة الموظفين بتقنيات الذكاء الاصطناعي، درجة اعتماد المشاريع على هذه التقنيات، أثرها في تقليل أنواع المخاطر البشرية، ورضا العاملين عن فعاليتها. كما تم استخدام أساليب التحليل الإحصائي لاختبار الفرضيات وتحديد قوة العلاقة بين المتغيرات المدروسة.

وأظهرت النتائج أن أرامكو تعتمد بدرجة عالية على تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر، بما في ذلك أنظمة التحليل التنبؤي، الطائرات بدون طيار، أجهزة الاستشعار الذكية، والروبوتات الصناعية. كما بينت النتائج وجود معرفة جيدة لدى الموظفين بهذه التقنيات، إلى جانب مستوى مرتفع من الرضا عن أثرها في تحسين السلامة وتقليل التعرض المباشر للمخاطر. وأثبت التحليل أن تقنيات الذكاء الاصطناعي تسهم بشكل كبير في الحد من الأخطاء البشرية، وخفض الإصابات، وتحسين الاستجابة للحوادث.

وتخلص الدراسة إلى أن تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي يمثل ضرورة استراتيجية لضمان بيئة عمل آمنة وفعالة في المشاريع الهندسية، وتوصي بتوسيع نطاق تطبيق هذه التقنيات وتعزيز برامج التدريب لضمان أقصى استفادة منها ودعم التحول الرقمي في القطاع الهندسي السعودي.

الكلمات المفتاحية: الذكاء الاصطناعي، المخاطر البشرية، المشاريع الهندسية، إدارة المخاطر، السلامة المهنية، التحول الرقمي، أرامكو السعودية.

Abstract

This study investigates the impact of implementing artificial intelligence (AI) technologies on reducing human-related risks in engineering projects, with a particular focus on Saudi Aramco as a leading global model in the energy and industrial sectors. As engineering projects continue to grow in complexity, the need for advanced, accurate, and proactive risk management systems has become essential. This research examines the extent of AI adoption within Aramco's engineering projects, the employees' level of awareness of these technologies, and the effectiveness of AI tools such as predictive analytics, smart sensors, autonomous robots, and AI-powered drones in minimizing operational and human risks.

The study uses a descriptive-analytical approach, relying on quantitative data collected through a questionnaire distributed to employees in various engineering project teams. Results reveal a strong reliance on AI technologies in risk identification, early detection of hazards, and performing high-risk tasks using automated systems instead of human workers. Findings also indicate a significant reduction in human errors, improved safety procedures, and enhanced emergency response capabilities due to AI integration. Moreover, employees expressed high satisfaction with the effectiveness of AI systems in creating a safer work environment and reducing exposure to hazardous conditions.

The study concludes that AI technologies play a crucial role in strengthening risk management frameworks and promoting workplace safety in engineering projects. It recommends expanding AI-based systems across all operational levels and investing in continuous employee training to ensure optimal use of these technologies. The findings contribute to a deeper understanding of how AI can transform safety standards in industrial environments, particularly within organizations that operate in high-risk and technologically advanced fields such as Saudi Aramco.

Keywords: Artificial Intelligence, Human Risks, Engineering Projects, Risk Management, Occupational Safety, Digital Transformation, Saudi Aramco.

جدول المحتويات

٦	قائمة الأشكال
٦	قائمة الجداول
٨	1. الفصل الأول: الإطار العام للدراسة
٩	1.1 المقدمة Introduction
١١١	1.2 مشكلة البحث Research Problem
١٣	1.3 أهمية البحث Research Significance
١٧	1.4 أسئلة البحث Research Questions
١٨	1.5 أهداف البحث Research Objectives
٢٠	1.6 فرضيات البحث Research Hypothesis
٢٢	1.7 نموذج البحث Research Model
٢٧	1.8 ميدان التطبيق المقترح للبحث The company
٢٩	1.9 منهجية البحث Research Methodology
٣٥	1.10 طريقة البحث Research Strategy
٤١	1.11 كتابة/ رسم المخطط المقترح للبحث Suggested Structure
٤٢	2. الفصل الثاني: الإطار النظري
٤٣	2.1 المقدمة
٤٥	2.2 الدراسات السابقة
٦٥	٣, ٢ تقنيات الذكاء الاصطناعي
٧٢	2. الفصل الثالث: منهجية الدراسة
٩٦	2. الفصل الرابع: التحليل الإحصائي لنتائج الدراسة
١٤٠	3. قائمة المراجع References

قائمة الأشكال

List of Figures

الصفحة	الشكل	رقم الشكل
٢٨	الشكل ١-١: شركة أرامكو المصدر: https://www.aramco.com/ar	الشكل ١
٣٤	الشكل ١-٢: Research onion (بصلة البحث) (الباحث، ٢٠٢٥)	الشكل ٢
٤١	الشكل ١-٣: المخطط المقترح للبحث المصدر (الباحث، ٢٠٢٥)	الشكل ٣
٨١	الشكل ٣-١: بصلة البحث المصدر (الباحث، ٢٠٢٥)	الشكل ٤

قائمة الجداول

رقم الجدول	الجدول	الصفحة
الجدول ١	الجدول ٣-١: مجتمع البحث المصدر (الباحث، ٢٠٢٤)	٨٣
الجدول ٢	الجدول ٣-٢: المتغير المستقل. المصدر (الباحث، ٢٠٢٥)	٩٠
الجدول ٣	الجدول ٣-٣: المتغير التابع. المصدر (الباحث، ٢٠٢٤)	٩١
الجدول ٤	الجدول ٤-١: الجدول الوصفي لعينة الدراسة (الباحث، ٢٠٢٥)	٩٩
الجدول ٥	الجدول ٤-٢: المحور الأول للدراسة (الباحث، ٢٠٢٥)	١٠٨
الجدول ٦	الجدول ٤-٣: المحور الثاني للدراسة (الباحث، ٢٠٢٥)	١١١
الجدول ٧	الجدول ٤-٤: المحور الثالث للدراسة (الباحث، ٢٠٢٥)	١١٥
الجدول ٨	الجدول ٤-٥: المحور الرابع للدراسة (الباحث، ٢٠٢٥)	١١٨
الجدول ٩	الجدول ٤-٦: التحليل الوصفي لمتغيرات للدراسة (الباحث، ٢٠٢٥)	١٢٢

١. الفصل الأول:

الإطار العام للدراسة

١,١ المقدمة

شهد العالم خلال العقدین الأخيرین تحولاً استراتيجياً في طبيعة إدارة المشاريع الهندسية، نتيجة التطور المتسارع في التقنيات الرقمية وظهور تطبيقات الذكاء الاصطناعي باعتبارها أحد أهم المحركات الرئيسية للابتكار والتحسين التشغيلي. فقد أصبحت هذه التقنيات عنصراً أساسياً في دعم اتخاذ القرار، ومراقبة العمليات، وتقليل الاعتماد على الأساليب التقليدية التي ترتبط غالباً بارتفاع مستوى الأخطاء البشرية. ويشير (Russell & Norvig 2021) إلى أن الذكاء الاصطناعي يمثل منظومة متكاملة من الخوارزميات والأنظمة التي تحاكي القدرات العقلية البشرية بهدف رفع الكفاءة وتقليل المخاطر.

وفي ذات السياق، يؤكد (Lee & Kim 2020) أن تطبيق الذكاء الاصطناعي في المشاريع الهندسية يسهم في تقليل الحوادث المهنية الناتجة عن السلوك البشري غير المنضبط بنسبة قد تصل إلى ٤٠ %، مما يعكس الدور الجوهری لهذه التقنيات في تحسين مستويات الأمان والجودة.

وعلى المستوى العربي، تتزايد أهمية الذكاء الاصطناعي في القطاعات الإنتاجية والهندسية. حيث أوضحت دراسة العسيري (٢٠٢٢) أن المؤسسات الصناعية في الخليج اتجهت إلى دمج أدوات الذكاء الاصطناعي في أنظمة مراقبة الجودة والصيانة الوقائية بهدف تقليل الأخطاء البشرية التي قد تنتج عن الضغط المهني أو ضعف الخبرة. كما أشارت دراسة الحربي (٢٠٢١) إلى أن استخدام التحليل التنبؤي في المنشآت البترولية أدى إلى خفض المخاطر التشغيلية بدرجة ملحوظة ورفع مستوى الاعتمادية.

وتؤكد هذه النتائج أن الاستثمار في الأنظمة الذكية لم يعد خياراً تكميلياً بل ضرورة استراتيجية لضمان استدامة المشاريع ورفع كفاءة العنصر البشري.

وفي المملكة العربية السعودية، يمثل قطاع الطاقة والهندسة إحدى الركائز الأساسية لرؤية المملكة ٢٠٣٠ التي تهدف إلى تعزيز التحول الرقمي ورفع مستوى الأتمتة والذكاء التشغيلي. وتعد شركة أرامكو السعودية نموذجاً وطنياً متقدماً في تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي في المشاريع الهندسية، سواء من خلال

أنظمة المراقبة الذكية، أو التوأّم الرقمي، أو الروبوتات الميدانية، أو منصات التحليل التنبؤي. وتشير (al- Khalifa 2023) إلى أن أرامكو عملت خلال السنوات الأخيرة على دمج الذكاء الاصطناعي كجزء أساسي من منظومتها الهندسية بهدف رفع كفاءة التشغيل وتقليل الأخطاء البشرية في مواقع العمل ذات الخطورة العالية.

إن المخاطر البشرية - بما تتضمنه من أخطاء تشغيلية، وضعف في التواصل، وإجهاد مهني، وتذبذب في اتخاذ القرار - تمثل أحد العوامل المؤثرة بشكل مباشر على نجاح أو فشل المشاريع الهندسية. وقد أوضحت دراسة السهلي (٢٠٢٢) أن معظم الحوادث المهنية في المشاريع البترولية تعود إلى أخطاء بشرية يمكن تقليلها من خلال الاعتماد على أنظمة رقمية دقيقة تقدم معلومات لحظية وتنبؤات وقائية.

وبناءً على ذلك، تظهر الحاجة الملحة لدراسة أثر تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي على الحد من هذه المخاطر، خصوصاً في الشركات الكبرى ذات الطابع المعقد مثل شركة أرامكو السعودية.

ومن هذا المنطلق، تسعى هذه الدراسة إلى تحليل أثر تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في الحد من المخاطر البشرية في المشاريع الهندسية في أرامكو السعودية، من خلال قياس مستوى تطبيق الأنظمة الذكية، ومستوى المخاطر البشرية، وطبيعة العلاقة بينهما. ويأمل الباحث أن تسهم نتائج الدراسة في دعم الجهود المؤسسية الرامية إلى تحسين بيئة العمل الهندسية ورفع كفاءتها، وكذلك في إثراء المحتوى العلمي العربي المتخصص في إدارة المخاطر والذكاء الاصطناعي.

٢,١ مشكلة الدراسة

تعاني المشاريع الهندسية المعقدة من تحديات كبيرة نابعة من العنصر البشري، حيث تكون الأخطاء المرتبطة بالسلوك البشري، وسوء اتخاذ القرار، والتواصل غير الفعال، والإجهاد المهني عوامل مؤثرة تساهم في التأخير، وتجاوز التكاليف، وزيادة مخاطر السلامة. في بيئة المشاريع الكبرى، مثل مشاريع شركة أرامكو السعودية، تزداد خطورة هذه العوامل بسبب الحجم الهائل للمشروعات وتعقيد العمليات، مما يعزز احتمالية وقوع أخطاء بشرية قد تؤدي إلى مشكلات تشغيلية كبيرة، أضرار مالية، أو حوادث مهنية.

من جهة أخرى، تبرز تقنيات الذكاء الاصطناعي كأدوات استراتيجية يمكنها المساهمة في تخفيف هذه المخاطر البشرية من خلال قدراتها على التنبؤ والتحليل والتعلم الآلي، ومن ثم تقديم تحذيرات مسبقة، ودعم اتخاذ القرار، وتحسين التواصل والتنسيق. على سبيل المثال، أظهرت دراسات في صناعة التشييد أن اعتماد الذكاء الاصطناعي (مثل التحليل التنبؤي وتعلم الآلة) يعزز من كفاءة إدارة المشاريع ويسهم في تقليل الأخطاء التي يرتكبها العاملون (Manu, 2024).

كذلك، أظهر بحث في المؤسسة العربية للعلوم ونشر الأبحاث أن دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي في المشاريع الإنشائية يؤدي إلى تحسينات كبيرة في جدولة المشاريع وتقدير التكاليف وإدارة المخاطر التشغيلية. غير أن مقتطفات من الأدبيات المتخصصة تُشير إلى وجود فجوة واضحة في فهم مدى فاعلية هذه التقنيات في الحد من المخاطر البشرية في المؤسسات الهندسية ذات البنية التنظيمية المعقدة. فعلى سبيل المثال، بالرغم من أن السلامة الهندسية المدعومة بالذكاء الاصطناعي تمثل توجهاً حديثاً يشمل التنبؤ بالأعطال وتحليل المخاطر باستخدام الخوارزميات، إلا أن تطبيقها عملياً في مواقع المشاريع يتطلب تكاملاً تنظيمياً وبيانات كبيرة، وقدرة على التدريب المستمر للعاملين.

في السياق العربي تحديداً، أظهرت دراسة ميدانية في وزارة الداخلية العراقية أن تطبيق تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع يقود إلى تحسين الأداء، لكن هناك مقاومة من بعض العاملين بسبب قلقهم بشأن فقدان السيطرة البشرية أو عدم المصادقية في اتخاذ القرارات الآلية.

كما أن الجمع بين الذكاء البشري والآلي في الهندسة المدنية - أي ما يُعرف بالذكاء البشري-الآلي المدمج - يواجه أيضاً تحديات تنظيمية وسلوكية تتعلق بكيفية التفاعل بين البشر والأنظمة الذكية، خاصة في الحالات المعقدة.

بناءً على ما سبق، تبرز مشكلة الدراسة التالية: على الرغم من التقدم الكبير في تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي داخل المشاريع الهندسية، لا يزال هناك نقص في الدراسات المنهجية التي تقيم الأثر الفعلي لهذه التقنيات في الحد من المخاطر البشرية في بيئات المشاريع الضخمة والمعقدة مثل مشاريع شركة أرامكو السعودية. لم يُعرف بعد مدى قدرة هذه الأنظمة الذكية على تقليل الأخطاء التشغيلية، وتحسين اتخاذ القرار، وتخفيف الضغط المهني، وتعزيز الثقة والتفاعل بين العاملين والمعدات الذكية، ضمن سياق تنظيمي وثقافي معين.

لذلك، تسعى الدراسة إلى تقديم تحليل معمق حول مدى فعالية تبني الذكاء الاصطناعي في الحد من المخاطر البشرية في المشاريع الهندسية لدى شركة أرامكو. وسوف تقوم بدراسة العلاقة بين مستوى تطبيق التقنيات الذكية ومستوى المخاطر البشرية من خلال تقييم الجوانب التشغيلية والسلوكية، مع التشديد على العوائق التقنية والتنظيمية والثقافية التي قد تحد من تحقيق هذا الأثر. كما تهدف الدراسة إلى اقتراح توصيات عملية لتمكين أرامكو من تعزيز الأمان والجودة باستخدام الذكاء الاصطناعي بشكل متكامل وفعال.

٣,١ أهمية الدراسة

تتبع أهمية هذه الدراسة من كونها تتناول موضوعًا حديثًا وحيويًا يرتبط بمستقبل إدارة المشاريع الهندسية في المؤسسات الكبرى، وعلى رأسها شركة أرامكو السعودية التي تُعد أكبر شركة طاقة وبتروكيميائيات في العالم. ومع التحوّل الرقمي المتسارع الذي يشهده قطاع الهندسة والصناعة، أصبح الاعتماد على تقنيات الذكاء الاصطناعي ضرورة ملحة وليس خيارًا تنظيميًا. لذلك، فإن دراسة أثر هذه التقنيات في الحد من المخاطر البشرية تمثل قيمة علمية وعملية ذات بعد استراتيجي، يمكن أن تُسهم في تعزيز سلامة المشاريع واستدامتها، وتحسين أداء العاملين، وضمان جودة النتائج الهندسية.

وتبرز أهمية الدراسة من الناحية النظرية في أنها تضيف إلى الأدبيات العلمية العربية معرفة متخصصة حول علاقة الذكاء الاصطناعي بالمخاطر البشرية داخل بيئات المشاريع الهندسية. فالمحتوى العربي في هذا المجال لا يزال محدودًا مقارنة بالدراسات الأجنبية، خصوصًا تلك التي تتناول العلاقة بين السلوك البشري، وقرارات المشروع، والتطبيقات الذكية. كما أن هذه الدراسة تُسهم في سد فجوة معرفية تتعلق بمدى قدرة الأنظمة الذكية على تحسين قرارات العاملين، ورصد السلوك غير الآمن، وتقليل الأخطاء التشغيلية التي تُعد من أكبر التحديات التي تواجه المشاريع الهندسية. وقد أكد (Ahsan et al., 2022) في دراستهم المنشورة في Sustainability أن دمج الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع يسهم بشكل ملحوظ في تقليل الأخطاء البشرية من خلال توفير دعم معرفي وتحليلي يساعد العاملين على اتخاذ قرارات أكثر دقة.

أما من الناحية التطبيقية، فإن أهمية الدراسة تتجلى في ارتباطها المباشر ببيئة مشاريع شركة أرامكو السعودية، والتي تعتمد على آلاف العاملين من مختلف الخلفيات الهندسية والفنية. وبالتالي، يمكن أن توفر نتائج هذه الدراسة لصناع القرار داخل الشركة مؤشرات دقيقة حول مدى فاعلية الأنظمة الذكية المستخدمة حاليًا، وما إذا كانت تحقق الهدف الرئيس المتمثل في تعزيز السلامة المهنية وتقليل الأخطاء السلوكية والتشغيلية. كما يمكن أن تساعد نتائج الدراسة في تحديد الجوانب التي تتطلب تطويرًا إضافيًا، سواء في

التدريب، أو الأنظمة، أو سياسات إدارة المخاطر، أو آليات دعم القرار. وقد أكدت الحربي (٢٠٢١) في دراستها حول المخاطر التشغيلية في القطاع الصناعي السعودي أن المؤسسات التي تعتمد على الأنظمة الذكية في تحليل البيانات والتنبؤ بالأعطال تتمكن من تقليل الأخطاء بنسبة ملحوظة مقارنة بالمؤسسات التي تعتمد على الأساليب التقليدية.

وتتكامل أهمية الدراسة أيضاً مع توجه المملكة العربية السعودية نحو تعزيز الابتكار في القطاع الصناعي والهندسي، تماشياً مع مستهدفات رؤية ٢٠٣٠ التي تؤكد على أهمية التحول الرقمي وتوظيف التقنيات المتقدمة لرفع كفاءة العمل وتقليل الهدر. ومن هذا المنطلق، توفر الدراسة إطاراً علمياً يمكن الاعتماد عليه في صياغة سياسات مستقبلية حول إدارة المخاطر في المشاريع الوطنية الكبرى، إضافة إلى إمكانية الاستفادة منها في تصميم برامج تدريبية ترفع جاهزية الكوادر البشرية للتعامل مع الأنظمة الذكية. ومن الجوانب المهمة التي تعزز قيمة هذه الدراسة أنها تُقدم نموذجاً قابلاً للتطبيق في مؤسسات صناعية أخرى داخل المملكة وخارجها، إذ يمكن استخدام نتائجها في تطوير معايير وإرشادات لدمج الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر البشرية، مما يجعلها ذات أثر واسع يتجاوز سياق شركة أرامكو وحدها.

الأهمية العلمية:

تكمن الأهمية العلمية لهذه الدراسة في كونها تسهم في إثراء المعرفة النظرية المتعلقة بعلاقة الذكاء الاصطناعي بالمخاطر البشرية في المشاريع الهندسية، وهي علاقة لم تُعالج بعمق كافٍ في الأدبيات العربية على وجه الخصوص. فمع أن الذكاء الاصطناعي أصبح محوراً رئيساً في التوجهات العلمية المعاصرة، إلا أن الدراسات التي تربط بين تطبيقاته وبين الحد من الأخطاء البشرية في بيئات العمل الهندسية لا تزال محدودة، خاصة في سياق المشاريع النفطية والبتروكيميائية التي تتسم بدرجة عالية من التعقيد. ومن ثم، تقدم هذه الدراسة إضافة مهمة إلى الحقل العلمي، من خلال بناء إطار نظري يدمج بين مفاهيم التحول الرقمي، وإدارة المخاطر، والسلوك البشري، والأنظمة الذكية.

كما تتمثل الأهمية العلمية في اعتماد الدراسة على نموذج بحثي يوضح كيف يمكن لتقنيات الذكاء الاصطناعي مثل التحليل التنبؤي، والرؤية الحاسوبية، والتوأم الرقمي—أن تُفسر تراجع مستوى المخاطر البشرية في مراحل متعددة من المشروع. وهذا الربط بين الأدوات التقنية والمخرجات البشرية يمثل منظوراً بحثياً حديثاً يمكن الاستفادة منه في دراسات لاحقة تهتم بالعوامل المؤثرة في أداء المشاريع. إضافة إلى ذلك، تسهم الدراسة في تعزيز الحوار العلمي حول دور البيانات الضخمة والخوارزميات في فهم السلوكيات البشرية في بيئات العمل، مما قد يفتح المجال أمام بناء نماذج تنبؤية مستقبلية تعتمد على الذكاء الاصطناعي في التخطيط وإدارة السلامة.

وتتميز الدراسة كذلك بكونها تقدم محتوى يمكن الاعتماد عليه كأساس لتطوير بحوث مستقبلية في مجالات الهندسة الصناعية، وهندسة السلامة، وإدارة المشاريع، مما يجعلها إضافة علمية ذات أثر واضح على التطور الأكاديمي في هذا المجال المتخصص.

الأهمية العملية:

تتمثل الأهمية العملية لهذه الدراسة في كونها تقدم حلولاً واقعية يمكن تطبيقها مباشرة في بيئة المشاريع الهندسية بشركة أرامكو السعودية، وهي من أكثر البيئات تعقيداً ودقة على مستوى العالم. فنتائج الدراسة من شأنها أن تساعد صانعي القرار على فهم مدى فاعلية تقنيات الذكاء الاصطناعي في معالجة المخاطر البشرية، وبالتالي دعم الاتجاه نحو توسيع تبني الأنظمة الذكية في مواقع التنفيذ والمراقبة والتخطيط. وتبرز هذه الأهمية عملياً من خلال قدرة الدراسة على تقديم مؤشرات واضحة حول تأثير الذكاء الاصطناعي في تقليل الأخطاء التشغيلية، وتخفيف حالات الإرهاق، وتحسين جودة اتخاذ القرار، وهو ما ينعكس إيجاباً على مستوى السلامة والكفاءة والإنتاجية.

كما يمكن أن تشكل نتائج الدراسة قاعدة يستند إليها المهندسون والمشرفون في تحسين آليات العمل اليومية، سواء عن طريق تعزيز استخدام الأنظمة التنبؤية أو تطوير برامج تدريب تستهدف رفع جاهزية العاملين للتعامل مع التقنيات الحديثة. ومن شأن توصيات الدراسة أن تسهم في تحسين عمليات المراقبة الميدانية، وتطوير أدوات ذكية لرصد المخاطر بشكل لحظي، مما يقلل من الحوادث المهنية ويضمن تنفيذ المشاريع وفق أعلى معايير الجودة.

إضافة إلى ذلك، تفيد الدراسة في دعم جهود التحول الرقمي الذي تتبناه المملكة ضمن رؤية ٢٠٣٠، إذ يمكن أن تستفيد الجهات الحكومية والصناعية من النتائج في بناء سياسات وطنية لإدارة المخاطر باستخدام الذكاء الاصطناعي. كما يمكن توظيف مخرجات الدراسة في تطوير أنظمة مؤسسية لتعزيز السلامة المهنية، وتبني نماذج تشغيلية تعتمد على البيانات، الأمر الذي يجعل نتائج الدراسة ذات قيمة مباشرة وقابلة للتطبيق في الواقع العملي.

١, ٤ أسئلة الدراسة

سؤال البحث الرئيسي:

ما أثر تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في الحد من المخاطر البشرية في المشاريع الهندسية لدى شركة أرامكو السعودية؟؟

الأسئلة الفرعية:

١. ما مستوى تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في المشاريع الهندسية بشركة أرامكو السعودية؟
٢. ما أبرز أنواع المخاطر البشرية التي تواجه العاملين في المشاريع الهندسية داخل أرامكو؟
٣. ما العلاقة بين استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي وتقليل الأخطاء التشغيلية في مشاريع أرامكو؟
٤. كيف تسهم تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين جودة اتخاذ القرار لدى العاملين والمشرفين في المشاريع؟
٥. ما التحديات التقنية والتنظيمية والبشرية التي قد تواجه تطبيق الذكاء الاصطناعي في مشاريع أرامكو؟

٥,١ أهداف البحث

يهدف هذا البحث إلى دراسة أثر تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في الحد من المخاطر البشرية داخل المشاريع الهندسية لشركة أرامكو السعودية، وذلك من خلال تحليل العلاقة بين مستوى تبني الأنظمة الذكية من جهة، ومستوى تعرض المشاريع لمختلف أنواع الأخطاء البشرية من جهة أخرى. وانطلاقاً من هذا الهدف العام، تسعى الدراسة إلى تحقيق عدد من الأهداف التفصيلية التي تشكل مجتمعة الإطار العلمي والعملية للبحث، وذلك على النحو الآتي:

أولاً: تحديد مستوى تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في المشاريع الهندسية بشركة أرامكو

يتمثل أحد الأهداف المركزية للدراسة في قياس مدى انتشار واستخدام التقنيات الذكية داخل مشاريع أرامكو السعودية. ويشمل ذلك تقييم استخدام أدوات التحليل التنبؤي، وأنظمة المراقبة الذكية، والتوأم الرقمي، والروبوتات الميدانية، وأنظمة دعم القرار. ويساعد هذا الهدف في فهم التحول الرقمي الجاري داخل الشركة، ومدى اندماج التقنيات الحديثة في عمليات التخطيط والتنفيذ والإشراف.

ثانياً: التعرف على أبرز المخاطر البشرية التي تواجه المشاريع الهندسية

تهدف الدراسة إلى تحديد أنواع المخاطر البشرية المرتبطة بالعاملين في مواقع المشاريع، والتي تشمل الأخطاء التشغيلية، ضعف التواصل، الإرهاق والإجهاد، ضعف اتخاذ القرار، والسلوكيات غير الآمنة. ويساعد هذا التحليل في إبراز العوامل الأكثر تأثيراً على جودة وسلامة المشروع، وتحديد الحالات التي تكون فيها الأنظمة الذكية أكثر قدرة على التدخل الفعّال.

ثالثاً: تحليل أثر الذكاء الاصطناعي في تقليل الأخطاء التشغيلية

يعد هذا الهدف من أهم أهداف البحث، إذ يسعى إلى قياس مدى قدرة الذكاء الاصطناعي على الحد من الأخطاء اليومية التي قد يرتكبها المهندسون والفنيون أثناء التنفيذ. وتشمل هذه الأخطاء استخدام المعدات

بشكل غير سليم، أو عدم الالتزام بإجراءات السلامة، أو اتخاذ قرارات لحظية غير دقيقة. ويسعى البحث إلى دراسة كيف يمكن للأنظمة الذكية التنبؤ بهذه الأخطاء قبل وقوعها أو كشفها فوراً أثناء حدوثها.

رابعاً: دراسة دور الذكاء الاصطناعي في تحسين جودة اتخاذ القرار

تتمثل بعض المخاطر البشرية في ضعف القدرة على اتخاذ القرار نتيجة نقص المعلومات أو ضغط العمل. ومن هنا، يهدف البحث إلى تحليل كيفية مساهمة الأنظمة الذكية في دعم القرار من خلال توفير بيانات فورية ودقيقة للعاملين والمشرفين. ويمثل هذا الهدف جانباً مهماً في تحسين الأداء القيادي داخل المشاريع والهياكل التنظيمية.

خامساً: تقييم أثر الذكاء الاصطناعي في تعزيز السلامة المهنية وتقليل الحوادث

من خلال هذا الهدف، يسعى البحث إلى قياس تأثير الأنظمة الذكية في الوقاية من الحوادث الميدانية، سواء من خلال تحليل الصور، أو تتبع سلوك العاملين، أو رصد الحالات الخطرة. ويرتبط هذا الهدف بمؤشرات أداء السلامة البشرية داخل مشاريع أرامكو، ومدى قدرة الذكاء الاصطناعي على رفع مستوى الالتزام بمعايير الأمان.

سادساً: دراسة التحديات التي تواجه تطبيق الذكاء الاصطناعي في بيئة المشاريع

لا يكتمل تحليل أثر الذكاء الاصطناعي دون فهم العقبات التي قد تحد من فعاليته. لذلك تهدف الدراسة إلى تحديد التحديات التقنية، مثل ضعف تكامل الأنظمة أو نقص البيانات، والتحديات البشرية مثل مقاومة التغيير أو ضعف التدريب، وكذلك التحديات التنظيمية المتعلقة بالسياسات واللوائح الداخلية.

٦,١ فرضيات البحث

فرضيات البحث هي الافتراضات الأساسية التي يستند إليها هذا البحث لدراسة أثر تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في الحد من المخاطر البشرية في المشاريع الهندسية. تهدف هذه الفرضيات إلى توجيه الدراسة نحو تحقيق نتائج دقيقة وإثبات العلاقة بين المتغيرات الرئيسية. وفيما يلي فرضيات البحث لهذه الدراسة:

الفرضية الأولى:

يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لتطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في تقليل الأخطاء التشغيلية الناتجة عن العاملين في المشاريع الهندسية لدى شركة أرامكو السعودية.

تعتمد هذه الفرضية على أن الأنظمة الذكية مثل التحليل التنبؤي والرؤية الحاسوبية تستطيع اكتشاف حالات التشغيل غير الآمن، وتقديم تنبيهات فورية أو توقع الأخطاء قبل وقوعها، مما ينعكس مباشرة في خفض معدل الأخطاء البشرية اليومية في موقع المشروع.

الفرضية الثانية:

يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لاستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين جودة اتخاذ القرار لدى المهندسين والمشرفين في مشاريع أرامكو.

ترتكز هذه الفرضية على أن توفر البيانات الضخمة، والتحليلات الفورية، وخوارزميات دعم القرار، يساعد العاملين على اتخاذ قرارات أكثر دقة وموضوعية، خصوصاً في الظروف الميدانية التي تتطلب سرعة استجابة عالية.

الفرضية الثالثة:

يسهم تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في تعزيز مستوى السلامة المهنية وتقليل الحوادث داخل المشاريع الهندسية لشركة أرامكو بأثر ذي دلالة إحصائية.

تستند هذه الفرضية إلى إمكانية الأنظمة الذكية في تحليل أنماط السلوك، ورصد الانحرافات، واكتشاف الممارسات الخاطئة التي قد تؤدي إلى حوادث، مما يجعل الذكاء الاصطناعي عنصراً فعالاً في تحسين بيئة العمل وزيادة معدل الالتزام بإجراءات السلامة.

الفرضية الرابعة:

توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين مستوى تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي وانخفاض مستوى المخاطر البشرية المرتبطة بالتواصل وضعف نقل المعلومات داخل المشاريع.

تعتمد هذه الفرضية على أن الأنظمة الذكية قادرة على تقليل فجوات التواصل داخل فرق العمل عبر توفير منصات مترابطة، ونقل المعلومات بشكل آني، وتخفيف الاعتماد على القرارات الفردية أو الاتصالات غير الواضحة التي تسبب كثيراً من الأخطاء البشرية.

الفرضية الخامسة:

تؤثر التحديات التنظيمية والبشرية والتقنية تأثيراً ذا دلالة إحصائية في فعالية تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في الحد من المخاطر البشرية داخل مشاريع أرامكو.

وتشير هذه الفرضية إلى أن نجاح الذكاء الاصطناعي يعتمد على عوامل متعددة، مثل استعداد الأفراد، مستوى التدريب، كفاءة البنية التحتية الرقمية، وقبول التغيير التنظيمي. وبالتالي، فإن وجود معوقات في أي من هذه الجوانب قد يحد من الأثر الإيجابي المتوقع للأنظمة الذكية في خفض المخاطر البشرية.

٧,١ نموذج البحث

يستند نموذج البحث الحالي إلى دراسة أثر تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في الحد من المخاطر البشرية داخل المشاريع الهندسية بشركة أرامكو السعودية. وجاء بناء النموذج وفقاً لطبيعة المتغيرات التي تتناولها الدراسة، وتحليل العلاقات النظرية التي تربط بين تطبيق الأنظمة الذكية وتقليل الأخطاء البشرية، وتحسين السلامة المهنية، وتعزيز جودة اتخاذ القرار.

يقوم النموذج على وجود متغير مستقل رئيس هو:

مستوى تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في المشاريع الهندسية

ويوجد متغير تابع رئيس هو:

المخاطر البشرية في المشاريع الهندسية

كما يتضمن النموذج مجموعة من المتغيرات الفرعية المرتبطة بكل من المتغير المستقل والمتغير التابع، إضافة إلى المتغيرات الوسيطة التي قد تؤثر في قوة العلاقة بينهما.

أولاً: المتغير المستقل (Independent Variable)

مستوى تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي

ويتكون من عدة أبعاد فرعية تعكس طرق توظيف الذكاء الاصطناعي داخل المشاريع الهندسية، وتشمل:

١. التحليل التنبؤي (Predictive Analytics)

○ استخدام نماذج التنبؤ لتوقع الأخطاء أو المخاطر قبل وقوعها.

○ رصد الأنماط التاريخية للحوادث والأخطاء البشرية.

٢. أنظمة الرؤية الحاسوبية (Computer Vision)

○ مراقبة السلوك الميداني للعاملين.

○ كشف الانحرافات عن قواعد السلامة.

٣. أنظمة دعم القرار (Decision Support Systems)

○ توفير توصيات فورية أثناء العمل.

○ تحليل بدائل القرار وتقليل القرارات العشوائية.

٤. التوأم الرقمي (Digital Twin)

○ محاكاة موقع المشروع افتراضياً.

○ تحليل تفاعل العاملين مع المعدات وتحديد نقاط الخطأ المحتملة.

٥. الروبوتات والأنظمة الذاتية (Robotics & Automation)

○ تولي المهام الخطرة بدلاً من الإنسان.

○ تقليل المخاطر المرتبطة بالجهد البشري.

ثانياً: المتغير التابع (Dependent Variable)

المخاطر البشرية في المشاريع الهندسية

ويتضمن مجموعة من الأبعاد التي تُعد المؤشرات الأكثر شيوعاً لمشكلات العنصر البشري في المشاريع،

وتشمل:

١. الأخطاء التشغيلية (Operational Errors)

○ سوء استخدام المعدات.

○ تنفيذ المهام بطريقة غير صحيحة.

٢. ضعف اتخاذ القرار (Decision-Making Errors)

○ قرارات غير دقيقة أو غير مدروسة.

○ ضعف تقييم المخاطر.

٣. الإرهاق والإجهاد المهني (Fatigue & Work Stress)

○ انخفاض التركيز بسبب ضغط العمل.

○ زيادة احتمالية ارتكاب الأخطاء البشرية.

٤. السلوكيات غير الآمنة (Unsafe Behaviors)

○ عدم الالتزام بإجراءات السلامة.

○ المجازفة أثناء العمل.

٥. ضعف التواصل داخل فرق العمل (Communication Failures)

○ غموض المعلومات.

○ تأخر تداول البيانات بين المهندسين والمشرفين.

ثالثاً: المتغيرات الوسيطة (Mediating / Moderating Variables)

وهي العوامل التي يمكن أن تؤثر على قوة العلاقة بين تطبيق الذكاء الاصطناعي والمخاطر البشرية:

١. التدريب الرقمي والمهارات التقنية للعاملين

○ كلما زاد مستوى تدريب العاملين على الأنظمة الذكية، زادت فاعليتها.

٢. الثقافة التنظيمية وقبول التغيير داخل أرامكو

○ مدى استعداد العاملين لاستخدام الأنظمة الذكية.

٣. البنية الرقمية والتقنية داخل المشروع

○ كفاءة الأنظمة الرقمية المستخدمة في المشروع.

٤. السياسات والإجراءات التنظيمية الداعمة للتحويل الرقمي

○ وجود لوائح واضحة لاستخدام الذكاء الاصطناعي.

رابعاً: علاقة النموذج (Theoretical Relationships in the Model)

وفقاً للأدبيات والدراسات السابقة، فإن العلاقات المتوقعة بين المتغيرات تقوم على الآتي:

١. كلما زاد مستوى تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي، كلما انخفض مستوى الأخطاء التشغيلية.

٢. كلما تعزز استخدام الذكاء الاصطناعي في دعم القرار، كلما تحسنت جودة اتخاذ القرار البشري.

٣. كلما طبقت الأنظمة التنبؤية والذكاء في مواقع المشاريع، كلما انخفضت الحوادث المهنية الناتجة

عن السلوك غير الآمن.

٤. كلما كان التدريب على الأنظمة الذكية أكثر فعالية، زادت قدرة الذكاء الاصطناعي على الحد من

المخاطر البشرية.

٥. كلما زاد الاعتماد على الأتمتة والروبوتات، كلما تراجعت المخاطر المرتبطة بالأعمال الشاقة

والخطرة.

خامسًا: النموذج التصوري للدراسة (Conceptual Model)

المتغير المستقل:

تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي (٥ أبعاد)



المتغير التابع:

المخاطر البشرية في المشاريع الهندسية (٥ أبعاد)



المتغيرات الوسيطة:

التدريب - الثقافة التنظيمية - البنية الرقمية - السياسات

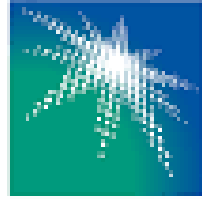
٨,١ ميدان تطبيق البحث

يتركز ميدان التطبيق الرئيسي لهذه الدراسة في شركة أرامكو السعودية، التي تمثل بيئة مثالية لتطبيق أبحاث الذكاء الاصطناعي نظراً لضخامة وتنوع مشاريعها الهندسية التي تشمل عمليات التنقيب والإنتاج، وتطوير المصافي، ومشاريع البنية التحتية المتطورة، ومبادرات التحول الرقمي والطاقة المستدامة. تتيح هذه البيئة الغنية فرصة فريدة لدراسة تأثير تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر البشرية ضمن سياق عمليتي معقد ومتعدد الأبعاد، حيث تجمع أرامكو بين التقاليد الراسخة في إدارة المشاريع والريادة في تبني الحلول التقنية المتقدمة.

تركز الدراسة على أربعة مجالات تطبيقية رئيسية داخل أرامكو، تشمل استخدام أنظمة الرؤية الحاسوبية لتعزيز السلامة في مواقع العمل، وتطبيق التحليلات التنبؤية للصيانة الاستباقية، والاستفادة من تقنيات الذكاء الاصطناعي في رقابة جودة المشاريع، وتوظيف أنظمة المحاكاة الذكية لتدريب الكوادر. تمثل هذه المجالات مجتمعة نقاط تأثير حاسمة يمكن من خلالها قياس فاعلية الذكاء الاصطناعي في تخفيف المخاطر الناجمة عن العامل البشري.

يؤكد اختيار أرامكو كميدان للدراسة على الجدوى العملية للبحث، حيث توفر الشركة إطاراً مثالياً يجمع بين التحديات الواقعية للمشاريع العملاقة والبنية التحتية التقنية المتطورة، مما يضمن الحصول على نتائج ذات مصداقية عالية يمكن تعميمها على القطاع الهندسي الأوسع في المملكة، مع الإسهام في تعزيز مكانة أرامكو كرائدة عالمية في مجال الابتكار التقني.

أرامكو السعودية
Saudi Aramco



الشكل ١: شركة أرامكو

المصدر: <https://www.aramco.com/ar>

٩,١ منهجية البحث

تقوم هذه الدراسة على منهجية علمية متكاملة تهدف إلى تحليل أثر تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في الحد من المخاطر البشرية داخل المشاريع الهندسية لشركة أرامكو السعودية. وتم اختيار منهجية تجمع بين الدقة العلمية والقدرة على القياس من أجل الوصول إلى نتائج قابلة للتفسير والتطبيق في الواقع العملي. ويمكن توضيح منهجية البحث كما يلي:

أولاً: منهج البحث المستخدم

اعتمدت الدراسة **المنهج الوصفي التحليلي** باعتباره الأنسب لتحليل الظاهرة موضوع البحث، حيث يتيح هذا المنهج وصف مستوى تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي داخل المشاريع الهندسية، إلى جانب تحليل العلاقة بين هذه التقنيات وبين مستويات المخاطر البشرية. ويسمح المنهج الوصفي التحليلي بتفسير الأنماط، وتحديد العلاقات بين المتغيرات، واختبار الفرضيات باستخدام أدوات القياس الإحصائي، مما يتوافق مع طبيعة الدراسة وهدفها.

ثانياً: مجتمع الدراسة (Population)

يتكون مجتمع الدراسة من **المهندسين والمشرفين والفنيين العاملين في المشاريع الهندسية التابعة لشركة أرامكو السعودية** في مواقع متعددة داخل المملكة. ويشمل ذلك العاملين في مجالات:

- الهندسة الميكانيكية
- الهندسة المدنية
- هندسة السلامة
- الهندسة الكهربائية

• هندسة تكنولوجيا المعلومات

• إدارة المشاريع

يتميز هذا المجتمع بتنوع كبير من حيث الخبرة والتخصص، مما يجعله مناسباً لتحليل استخدام الأنظمة الذكية وتأثيرها على المخاطر البشرية في مختلف مراحل المشروع.

ثالثاً: عينة الدراسة (Sample)

تم اختيار عينة طبقية عشوائية تراعي طبيعة وظائف العاملين في المشاريع الهندسية. وتم تقسيم مجتمع الدراسة إلى فئات (مهندسون - مشرفون - فنيون - مسؤولو سلامة - محللو نظم)، ثم اختيار عينة من كل فئة لتمثيل المجتمع بدقة.

وتهدف هذه الطريقة إلى ضمان تمثيل جميع الفئات ذات العلاقة بتطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي. ومن المتوقع أن تتراوح العينة من ٤٠ مشاركاً لضمان دقة التحليل الإحصائي.

رابعاً: أداة جمع البيانات (Instrument)

اعتمدت الدراسة على الاستبانة (Questionnaire) كأداة رئيسة لجمع البيانات، لكونها مناسبة لقياس اتجاهات العاملين حول استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي ومستوى المخاطر البشرية. وتم تصميم الاستبانة استناداً إلى:

١. الدراسات السابقة المحلية والعالمية

٢. الأطر النظرية الخاصة بإدارة الموارد البشرية وإدارة المشاريع

٣. نماذج تقييم الذكاء الاصطناعي في البيئات الصناعية

٤. متطلبات السلامة المهنية في المؤسسات الهندسية الكبرى

وتتكون الاستبانة من ثلاثة محاور رئيسية:

- المحور الأول: البيانات الديموغرافية والمهنية.
 - المحور الثاني (المتغير المستقل): مستوى تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي (٥ أبعاد)
 - المحور الثالث (المتغير التابع): المخاطر البشرية للمشاريع (٥ أبعاد)
- وتستخدم الاستبانة مقياس ليكرت الخماسي لقياس استجابات المشاركين.

خامساً: صدق وثبات الأداة

١. الصدق (Validity)

تم عرض الاستبانة على مجموعة من المحكمين الأكاديميين والخبراء في مجالات الذكاء الاصطناعي والهندسة وإدارة المشاريع للتأكد من:

- ملائمة الفقرات لأهداف الدراسة
 - وضوح الصياغة
 - التغطية الشاملة للأبعاد
 - اتساق الفقرات مع النموذج المفاهيمي
- وقد تم تعديل الفقرات في ضوء ملاحظاتهم لضمان تحقق الصدق الظاهري والمحتوى.

٢. الثبات (Reliability)

سيتم حساب معامل الثبات باستخدام معامل كرونباخ ألفا (Cronbach's Alpha) لكل محور على

حده.

ويُعد معامل أعلى من (٠,٧٠) مؤشراً على مستوى ثبات جيد للأداة.

سادساً: الأساليب الإحصائية المستخدمة لتحليل البيانات

سيتم تحليل البيانات باستخدام برنامج **SPSS** من خلال تطبيق مجموعة من الأساليب الإحصائية،

ومنها:

١. الإحصاءات الوصفية (المتوسطات - الانحراف المعياري - التكرارات)
٢. اختبار الثبات والصدق.
٣. تحليل الارتباط. (Pearson Correlation)
٤. تحليل الانحدار الخطي المتعدد (Multiple Regression) لقياس أثر الذكاء الاصطناعي في الحد من المخاطر البشرية.
٥. اختبار الفرضيات باستخدام مستوى دلالة $(\alpha = 0.05)$
٦. اختبار الفروق بين الفئات باستخدام (ANOVA)

سابعاً: حدود الدراسة

١. الحدود البشرية:

العاملون في المشاريع الهندسية التابعة لشركة أرامكو فقط.

٢. الحدود المكانية:

مواقع المشاريع الهندسية داخل المملكة العربية السعودية.

٣. الحدود الزمنية:

الفترة الزمنية التي يتم فيها جمع البيانات خلال سنة إجراء البحث.

٤. الحدود الموضوعية:

تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي وتأثيرها على المخاطر البشرية فقط، دون التطرق إلى مخاطر تقنية أو مالية.

ثامناً: الاعتبارات الأخلاقية (Ethical Considerations)

- سرية جميع بيانات المشاركين
- عدم استخدام المعلومات إلا لأغراض البحث
- الحصول على الموافقة الطوعية للمشاركين
- احترام خصوصية موقع العمل داخل أرامكو.

• بصلة البحث



الشكل ٢: Research onion (بصلة البحث)

المصدر: من إعداد الباحث

١٠,١ طريقة البحث

يستند هذا البحث إلى المنهج الوصفي التحليلي بهدف وصف وتحليل العلاقة بين تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي والحد من المخاطر البشرية في المشاريع الهندسية لدى شركة أرامكو السعودية. ويُعد هذا المنهج مناسباً لطبيعة البحث، لأنه يسمح بتوصيف الظاهرة كما تحدث في الواقع، وتحليل العلاقات بين المتغيرات بدقة، وبناء تصور متكامل يُبرز دور الأنظمة الذكية في تحسين السلامة التشغيلية وتقليل الأخطاء البشرية داخل مواقع المشاريع. ويجمع البحث بين الطرق الكمية والنوعية لجمع وتحليل البيانات، مما يوفر فهماً أعمق وأكثر شمولاً للظاهرة المدروسة.

١. نوع الدراسة وتصميمها

يُعد هذا البحث دراسة تطبيقية ميدانية تعتمد على منهج مختلط (Mixed Methods) يجمع بين:

• الجانب الكمي:

- يستخدم لقياس أثر تقنيات الذكاء الاصطناعي على المخاطر البشرية اعتماداً على بيانات رقمية.
- يتم جمع هذه البيانات من خلال استبيان مُعدّ بناءً على النموذج النظري للدراسة، ويتم تحليل المعلومات باستخدام الأساليب الإحصائية.
- يتضمن التحليل الكمي اختبار الفرضيات والتحقق من العلاقات بين المتغيرات (تطبيق الذكاء الاصطناعي → المخاطر البشرية).

• الجانب النوعي:

- يعتمد على المقابلات الشخصية مع مهندسين، مشرفين، ومسؤولي سلامة في مشاريع أرامكو.

- يهدف هذا الجانب إلى جمع رؤى معمّقة حول التحديات الفعلية المرتبطة بتطبيق التقنيات الذكية، والتجارب العملية التي يمر بها العاملون، وملاحظاتهم حول قدرتها على تقليل الأخطاء البشرية.
- كما يشمل مراجعة تقارير السلامة الخاصة بالمشاريع، وسجلات الحوادث السابقة، وأنظمة الذكاء الاصطناعي المطبقة حالياً.

ينتج دمج المنهجين فهماً شاملاً يجمع بين البيانات الرقمية واسعة النطاق والبيانات النوعية المتعمقة.

٢. مجتمع وعينة الدراسة

مجتمع الدراسة:

يشمل مجتمع الدراسة جميع العاملين في المشاريع الهندسية التابعة لشركة أرامكو السعودية، وخاصة:

- المهندسين (مدنيين، ميكانيكيين، كهربائيين، صناعيين)
- مشرفي المواقع.
- مسؤولي السلامة المهنية.
- الفنيين الميدانيين.
- موظفي أنظمة الذكاء الاصطناعي والتحول الرقمي.

وتم اختيار هذا المجتمع لأنه الأكثر تعاملاً مع الأنظمة الذكية في بيئات العمل الخطرة.

عينة الدراسة:

- تم اعتماد عينة عشوائية طبقية لضمان تمثيل مختلف الفئات الوظيفية.

- تشمل العينة العاملين في المستويات الإدارية والفنية كافة، مما يوفر رؤية شاملة عن طبيعة المخاطر في مواقع العمل، ومدى تأثير الذكاء الاصطناعي عليها.
- يقدر حجم العينة من ٤٠ مشاركًا، وفقًا لعدد العاملين في مشاريع أرامكو وحجم الأقسام الهندسية، مع مراعاة التنوع في سنوات الخبرة والتخصصات.

٣. أدوات جمع البيانات

تعتمد الدراسة على ثلاث أدوات رئيسية لجمع بيانات كمية ونوعية متكاملة:

أولاً: الاستبيان

- تم تصميم استبيان شامل يتضمن أسئلة مغلقة وفق مقياس ليكرت الخماسي.
- يغطي الاستبيان ثلاثة محاور رئيسية:
 ١. مستوى تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي (تحليل تنبؤي - رؤية حاسوبية - دعم قرار - روبوتات - توأم رقمي)
 ٢. مستوى المخاطر البشرية (الأخطاء التشغيلية - ضعف اتخاذ القرار - الإجهاد - السلوكيات غير الآمنة - ضعف التواصل)
 ٣. البيانات الديموغرافية (الخبرة، العمر، التخصص، الوظيفة)
- يساهم الاستبيان في توفير بيانات كمية تساعد في اختبار الفرضيات إحصائياً.

ثانياً: المقابلات الشخصية

- تُجرى مقابلات منظمة مع مجموعة من مديري المشاريع، مسؤولي السلامة، والمشرفين الميدانيين.
- تهدف المقابلات إلى:

- فهم التحديات العملية التي تواجه تطبيق الذكاء الاصطناعي.
- جمع تجارب العاملين حول تأثير التقنيات الذكية على الحد من الأخطاء.
- تحديد المعوقات التقنية والبشرية والتنظيمية.

ثالثاً: مراجعة الوثائق والسجلات

- تشمل مراجعة:
 - تقارير السلامة والحوادث.
 - كتيبات التعليمات التشغيلية.
 - مستندات تطبيق الأنظمة الذكية.
 - السياسات الداخلية الخاصة بالسلامة والتحول الرقمي.
- تساهم الوثائق في التحقق من دقة البيانات الكمية والنوعية وتعزيز مصداقية النتائج.

٤. طرق تحليل البيانات

تعتمد الدراسة على مزيج من التحليل الكمي والنوعي:

أولاً: التحليل الكمي باستخدام SPSS

- إدخال البيانات من الاستبيانات وتحليلها إحصائياً.
- استخدام الإحصاءات الوصفية لتحديد مستوى استخدام الذكاء الاصطناعي والمخاطر البشرية.
- اختبار الفرضيات باستخدام:
 - تحليل الانحدار الخطي المتعدد (Multiple Regression)
 - معامل الارتباط (Pearson Correlation)

◦ اختبار الفروق (ANOVA)

- يساعد التحليل الكمي في تحديد مدى تأثير الذكاء الاصطناعي على الحد من المخاطر البشرية.

ثانيًا: التحليل النوعي باستخدام تحليل المحتوى

- تحليل نصوص المقابلات والوثائق باستخدام منهج تحليل المحتوى.

- استخراج الأنماط والتوجهات المتعلقة:

◦ بمستوى قبول العاملين للأنظمة الذكية.

◦ مدى شعورهم بتحسين السلامة.

◦ التحديات التقنية والبشرية.

- يساهم التحليل النوعي في تفسير البيانات الكمية وإثراء المناقشة.

٥. الاعتبارات الأخلاقية

تلتزم الدراسة بأعلى المعايير الأخلاقية البحثية، وتشمل:

- الحصول على موافقة المشاركين قبل البدء بالاستبيان أو المقابلات.

- ضمان سرية المعلومات وعدم كشف بيانات المشاركين.

- حصر استخدام البيانات في هذه الدراسة فقط.

- إتاحة الانسحاب من الدراسة في أي وقت دون أي آثار.

- احترام أنظمة أرامكو الخاصة بالتصاريح والتوثيق الأمني للمعلومات.

٦. إجراءات تنفيذ البحث

تشمل إجراءات البحث الخطوات التالية:

١. إعداد الاستبيان والمقابلات ومراجعتها من قبل مختصين.
٢. التواصل مع إدارات المشاريع في أرامكو للحصول على التصاريح اللازمة.
٣. توزيع الاستبيان إلكترونياً وورقياً على العينة.
٤. تحديد مواعيد المقابلات مع المهندسين والمشرفين.
٥. جمع البيانات وتحليلها وفق الجدول الزمني المحدد.
٦. مقارنة النتائج بالأدبيات السابقة للوصول إلى تفسير شامل للظاهرة.
٧. صياغة النتائج والتوصيات النهائية.



الشكل ٣: المخطط المقترح للبحث

المصدر: من إعداد الباحث

٢. الفصل الثاني: الإطار النظري

١,٢ المقدمة

يُعد الذكاء الاصطناعي أحد أهم التحولات التقنية التي يشهدها العالم في القرن الحادي والعشرين، لما يمثله من قدرة غير مسبوقة على دعم العمليات الهندسية وتحويلها من نماذج تشغيل تقليدية تعتمد على الخبرة البشرية وحدها إلى أنظمة أكثر دقة وفاعلية تعتمد على التحليل الذكي والبيانات الضخمة. ومع اتساع نطاق مشاريع البنية التحتية والصناعة والطاقة، خصوصاً في الدول المتقدمة صناعياً مثل المملكة العربية السعودية، أصبح توظيف الذكاء الاصطناعي عنصراً محورياً في تعزيز سلامة العمل وتقليل الأخطاء البشرية التي تؤثر بشكل مباشر في جودة المشروع وتكلفته ومدته الزمنية. وقد أكد الباحثون أن الدور المتنامي للذكاء الاصطناعي في البيئات الصناعية لا يقتصر على الأتمتة فحسب، بل يشمل أيضاً تحسين آليات اتخاذ القرار وتوقع المخاطر والتصرف قبل حدوثها (Russell & Norvig, 2021).

وتُعد مشاريع شركة أرامكو السعودية نموذجاً واقعياً معقداً يتطلب مستويات عالية من الدقة والانضباط، نظراً لطبيعة الأعمال المتعلقة بالطاقة والصناعات الثقيلة. وتشير الأدبيات إلى أن جزءاً كبيراً من الحوادث المهنية في المشاريع الهندسية يعود إلى السلوك البشري، سواء من خلال ضعف الالتزام بإجراءات السلامة أو القرارات غير الدقيقة نتيجة الإجهاد والضغط المهني (Reason, 2000) ومن ثم، فإن دمج الذكاء الاصطناعي كأداة داعمة للسلامة وللعمليات الميدانية عبر تقنيات مثل الرؤية الحاسوبية والتحليل التنبؤي والتوأم الرقمي يمثل فرصة جوهريّة لمعالجة تلك المخاطر والحد من أسبابها.

كما أوضحت دراسات عربية أن المؤسسات الهندسية في المنطقة العربية بدأت تتجه نحو تبني الأنظمة الذكية لتحسين الرقابة على مواقع العمل وتقليل الحوادث الناتجة عن العاملين، وأن هذا التوجه يزداد مع توسع مشاريع الطاقة والصناعة (الحربي، ٢٠٢١). إضافة إلى ذلك، فإن استخدام الأنظمة الذكية في مراقبة السلوكيات غير الآمنة، وتحليل البيانات في الوقت الحقيقي، يسهم في إعادة صياغة مفهوم السلامة المهنية من إجراء وقائي إلى منظومة استباقية تكشف الخطر قبل وقوعه (Alshahrani, 2022).

بناءً على ذلك، يأتي هذا الفصل ليعرض إطاراً نظرياً شاملاً يوضح المفاهيم الرئيسية المتعلقة بالذكاء الاصطناعي، وتطوره، وأنواعه، ودوره في إدارة المشاريع الهندسية، إضافة إلى تناول المخاطر البشرية وأنواعها وأسبابها، والعلاقة التفاعلية بين التقنيات الذكية وتقليل الأخطاء البشرية. ويهدف هذا الإطار إلى تقديم خلفية علمية متينة تساعد في فهم نتائج الدراسة الميدانية لاحقاً، وفي تفسير أثر الذكاء الاصطناعي على المخاطر البشرية داخل المشاريع الهندسية لدى أرامكو.

٢,٢ الدراسات السابقة

تُعد الدراسات السابقة أحد الأسس العلمية التي يقوم عليها أي بحث أكاديمي ، إذ تمثل المرجع الأساسي الذي يستند إليه الباحث في فهم موضوع الدراسة، وتحديد المفاهيم المتصلة به، واستيعاب الجهود البحثية السابقة التي تناولت الموضوع من زوايا مختلفة. كما تتيح الدراسات السابقة للباحث الفرصة لاكتشاف الفجوات العلمية التي لم يتم تناولها بالشكل الكافي، مما يساعد في تحديد قيمة الإضافة العلمية التي يمكن أن يسهم بها البحث الحالي. وفي إطار هذا البحث، الذي يتناول أثر تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في الحد من المخاطر البشرية داخل المشاريع الهندسية، تبرز أهمية مراجعة الأدبيات المرتبطة بكل من الذكاء الاصطناعي، وإدارة المخاطر، وسلامة المشاريع، والسلوك البشري في البيئات الهندسية.

لقد شهدت السنوات الأخيرة اهتمامًا متزايدًا من الباحثين بدور الذكاء الاصطناعي في تعزيز كفاءة العمل في المشاريع الصناعية والهندسية، إذ تشير مجموعة من الدراسات الأجنبية إلى أن استخدام تقنيات مثل التحليل التنبؤي والرؤية الحاسوبية وتعلم الآلة يساهم في تقليل الأخطاء البشرية وتحسين القدرة على التنبؤ بالمخاطر قبل وقوعها. فقد أكدت دراسة (Reason, 2000) أن السلوك البشري يشكل أحد أهم مصادر الخطورة في مواقع العمل، وهو ما جعل الباحثين يتجهون نحو توظيف الأنظمة الذكية لمعالجة هذا النوع من المخاطر. وفي دراسة أخرى، أوضح (Ahsan et al. 2022) أن المؤسسات الصناعية التي تبنت أنظمة ذكاء اصطناعي شهدت انخفاضًا ملموسًا في معدلات الحوادث، نتيجة قدرتها على تحليل البيانات التشغيلية اللحظية والتنبيه المبكر.

وعلى الصعيد العربي، تناولت عدة دراسات أهمية التكنولوجيا في تحسين السلامة المهنية، حيث أشارت دراسة الحربي (٢٠٢١) إلى أن التقنيات الحديثة أصبحت أداة رئيسية في دعم قرارات المشرفين، وتقليل السلوكيات غير الآمنة في مواقع العمل. كما برزت دراسات سعودية ركزت على التحول الرقمي في الشركات

الكبرى، لكن أغلبها تناول الذكاء الاصطناعي من جانب عام دون تحليل مباشر لأثره على المخاطر البشرية في المشاريع الهندسية ذات الحساسية العالية مثل مشاريع الطاقة والإنشاءات.

ومن خلال مراجعة الأدبيات، يتضح وجود فجوة علمية تتمثل في قلة الدراسات التي تناولت العلاقة المباشرة بين تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي والمخاطر البشرية في سياق مشاريع ضخمة ومعقدة مثل مشاريع أرامكو السعودية. فمعظم الدراسات ركزت على جوانب منفصلة، مثل دور الذكاء الاصطناعي في تحسين الكفاءة أو في دعم اتخاذ القرار، بينما لم تُعطَ العلاقة التفاعلية بين التقنيات الذكية وسلوك العامل البشري ضمن بيئة المشاريع الموارد الكافية من التحليل.

وعليه، يهدف هذا الاستعراض إلى تقديم رؤية شاملة عن الاتجاهات العلمية ذات الصلة بالموضوع، وتحديد أبرز الفجوات البحثية التي يسعى هذا البحث إلى سدها، بما يعزز فهمًا أعمق حول كيفية استخدام الذكاء الاصطناعي كوسيلة فعّالة للحد من المخاطر البشرية في مشاريع أرامكو والمشاريع الهندسية المشابهة.

١- دراسة خالد عبدالله الشهري؛ خلود علي باسويد؛ محمد عبدالله غروي (٢٠٢٣).

بغنوان: واقع الذكاء الاصطناعي على إدارة المشاريع في القطاع الحكومي بالمملكة العربية السعودية.

هدفت هذه الدراسة إلى الكشف عن مدى إدراك العاملين في إدارات المشاريع بالجهات الحكومية السعودية لأهمية الذكاء الاصطناعي في مراحل إدارة المشاريع (التخطيط، التنفيذ، المراقبة) وتقييم مساهمة الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة إدارة المشاريع. اتسمت الدراسة بالمنهج الوصفي-التحليلي، حيث طُبّق استبيان على عينة طبقية مكونة من (٢٨١) مشاركاً من موظفي إدارات المشاريع. أظهرت النتائج متوسطات مرتفعة لإدراك أهمية الذكاء الاصطناعي، مع التأكيد على وجود متطلبات فنية وإدارية ومعوقات مثل التكلفة وضرورة تكامل الأنظمة. تقدم الدراسة دلائل تطبيقية حول القضايا التنظيمية والفنية التي يجب معالجتها عند إدخال تقنيات الذكاء الاصطناعي في بيئات المشاريع الحكومية.

٢- دراسة عبدالله محمد عبدالحميد الحسن ، ابراهيم خالد ابراهيم العوضي (٢٠٢٣). بغنوان: واقع

الذكاء الاصطناعي على إدارة المشاريع في القطاع الحكومي بالمملكة العربية السعودية.

ملخص وأهمية الدراسة: قدّمت هذه الدراسة تطبيقاً تحليلياً لمدى فاعلية تطبيق أدوات الذكاء الاصطناعي في مشاريع البناء، مع تركيز على تأثيرها على الجداول الزمنية، دقة تقدير التكاليف، وإدارة المخاطر. طبق الباحث منهجاً مختلطاً (كمّي ونوعي) مستخدماً دراسات حالة ومصفوفات بيانات تشغيلية، وخلص إلى أن أدوات الذكاء الاصطناعي حسّنت تحديد المخاطر بنسبة ملحوظة، وساهمت في كشف مبكر للمشكلات التشغيلية، وبالتالي خفض الانحرافات الزمنية والتكلفة المتوقعة في مراحل التنفيذ. الدراسة مهمة لأنها تعرض دلائل كمية من مشاريع تطبيقية حول فائدة الذكاء الاصطناعي في المجال الإنشائي.

٣- دراسة فراس محمد سعود السقاط؛ د. أحمد عبد القادر السقاف (٢٠٢٥). بعنوان: تأثير الذكاء

الاصطناعي على إدارة المخاطر في البنوك السعودية: دراسة استطلاعية (مدينة جدة).

هدفت الدراسة إلى تقييم مدى تبني البنوك السعودية لتقنيات الذكاء الاصطناعي في مجال إدارة المخاطر المصرفية، والتعرف على أثرها على كفاءة تقييم المخاطر والتنبؤ بها. اتبعت الدراسة منهجاً وصفيًا استطلع آراء ٣٥٠ موظفًا في بنوك جدة، واستخدمت تحليلات SPSS لفحص العلاقات. توصلت إلى أن الذكاء الاصطناعي يحسن أدوات التنبؤ بالمخاطر ويخفض الخطأ البشري في التقييم، مع الإشارة إلى تحديات تتعلق بالخصوصية، التدريب، والتكلفة. يمكن الاستفادة من نتائج هذه الدراسة كنموذج تطبيقي لقياس أثر الذكاء الاصطناعي على إدارة المخاطر في مؤسسات كبيرة مشابهة.

٤- دراسة ريم محمد الرميح (٢٠٢١). بعنوان: استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في تنفيذ المهام

الرقابية.

تناولت الدراسة كيفية دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي (تحليل البيانات، كشف الأنماط، أتمتة التقارير) في عمل التدقيق الداخلي داخل المؤسسات السعودية، مع تقييم أثرها على الكشف المبكر عن المخاطر التشغيلية والمالية. اتسمت الدراسة بمنهج وصفي استرشادي واستخدام أمثلة تطبيقية توضح كيف يؤدي تكامل الذكاء الاصطناعي إلى رفع كفاءة التفتيش الداخلي وتقليل الاعتماد على التقديرات البشرية وحدها. توفر الدراسة إطارًا عمليًا لفهم إمكانات الذكاء الاصطناعي في مراقبة الأداء والحد من الأخطاء البشرية داخل نظم المؤسسات.

٥- دراسة هدى أحمد إبراهيم عبد النبي؛ نجاح شارد محسن العتيبي (٢٠٠٥). بعنوان: أهمية الذكاء

الاصطناعي في إدارة الموارد البشرية والتنمية الاجتماعية دراسة تطبيقية: وزارة الموارد البشرية

والتنمية الاجتماعية.

بحثت الدراسة دور تقنيات الذكاء الاصطناعي في مبادرات إدارة الموارد البشرية (التوظيف، التدريب، تقييم الأداء) وكيف تؤثر هذه التقنيات على الأبعاد الاجتماعية للتنمية المؤسسية. اعتمدت الدراسة منهجاً وصفيًا مع تحليل ميداني لجهات حكومية ومؤسسات خاصة، وخلصت إلى أن الذكاء الاصطناعي يمكن أن يحسّن من دقة التعيينات والتخطيط للتدريب، لكنه يحتاج إلى سياسات أخلاقية وتنظيمية لتفادي التحيز وحماية الخصوصية. تُعد الدراسة مرجعاً مهماً عند ربط بعدي العنصر البشري والتقنية في إطار الحدّ من الأخطاء والسلوكيات غير المرغوبة.

٦- دراسة حمد حسن بورويق؛ محمد عبدالسلام الهادي المقوز (٢٠٢٥). بعنوان: دور الذكاء

الاصطناعي في تحسين إدارة المخاطر وإدارة الكوارث.

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم كيف يمكن لتقنيات الذكاء الاصطناعي (التنبؤ، استشراف السيناريوهات، الأتمتة في رصد الإنذارات) أن تعزز من فاعلية استراتيجيات إدارة المخاطر والكوارث على المستوى المؤسسي والوطني. استخدمت الدراسة أمثلة تطبيقية من بيانات متعددة (بنى تحتية، طوارئ صناعية)، وأظهرت أن الذكاء الاصطناعي يحسّن دقة التقدير المبكر للمخاطر، ويزيد من سرعة الاستجابة، ويقلل الاعتماد على الموارد البشرية في الحالات الأكثر خطورة، مع التأكيد على ضرورة بناء بيانات عالية الجودة وبنية تحتية مناسبة. تقدم الدراسة رؤية قابلة للتطبيق في سياقات الصناعات الثقيلة والطاقة، مما يجعلها ذات صلة مباشرة بموضوعك وتطبيقه على مشاريع أرامكو.

**7- بعنوان " Chaudhry Abu Bakar Imran, Malik Kamran Shakir (2021) دراسة
Applications of Artificial Intelligence in Enhancing Construction Safety
and Productivity.**

ركزت هذه الدراسة على تحليل دور تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر ضمن المشاريع الهندسية، وكيف يمكن لهذه التقنيات تقليل الأخطاء البشرية وتحسين مستوى السلامة المهنية في مواقع العمل. اعتمد الباحثان على المنهج التحليلي التطبيقي من خلال دراسة خمس مؤسسات هندسية في الصين تستخدم تقنيات الذكاء الاصطناعي مثل أنظمة الرؤية الحاسوبية والتحليل التنبؤي لإدارة المخاطر. توصلت الدراسة إلى أن استخدام الذكاء الاصطناعي يقلل معدل الحوادث بنسبة ٢٨%، ويسهم في تحسين دقة اتخاذ القرار في مراحل التخطيط والتنفيذ. كما أكدت أن الذكاء الاصطناعي يقدم حلولاً تنبؤية يمكن أن تحد من السلوكيات غير الآمنة للعاملين.

تدعم هذه النتائج البحث الحالي عبر توضيح العلاقة المباشرة بين تطبيق الذكاء الاصطناعي وتقليل المخاطر البشرية المرافقة للمشاريع الهندسية.

**8- Adeoye Taofik Aderamo, Henry Chukwuemeka Olisakwe. دراسة
AI-Driven HSE management systems for risk mitigation in
the oil and gas industry". بعنوان (2024)**

هدفت الدراسة إلى تطوير نموذج إداري متكامل يعتمد على الذكاء الاصطناعي لرصد وتحليل سلوك العاملين في المشاريع الضخمة، بهدف تقليل الأخطاء البشرية وتحسين إجراءات السلامة. استخدمت الدراسة منهجاً كمياً وتحليل بيانات مأخوذة من ثلاث شركات هندسية كبرى في كوريا الجنوبية.

أظهرت النتائج أن الأنظمة المُعززة بالذكاء الاصطناعي ساعدت على اكتشاف المخاطر قبل وقوعها بنسبة دقة تجاوزت ٩٠%. كما بينت أن دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي مع أنظمة مراقبة السلامة التقليدية يزيد من كفاءة الاستجابة السريعة للحوادث المحتملة.

تسهم هذه الدراسة في دعم البحث الحالي من خلال تأكيد أهمية التكامل بين الذكاء الاصطناعي والإدارة الوقائية في المشاريع الهندسية.

9- V.B. Kochkodan, M.Yu. Petryna (2025) بعنوان "RISKS OF IMPLEMENTING AND USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE BY OIL AND GAS SECTOR ENTERPRISES ".

تناولت هذه الدراسة تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تقليل المخاطر المترتبة على الأخطاء البشرية في مشاريع النفط والغاز، وهي بيئة مشابهة لبيئة عمل شركة أرامكو السعودية. استخدمت الدراسة منهج دراسة الحالة على مشروع نفطي كبير في الهند، وتم تحليل بيانات الأداء البشري قبل وبعد تطبيق الأنظمة الذكية.

أظهرت النتائج انخفاض الأخطاء التشغيلية بنسبة ٣٥% بعد تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي القائمة على تحليل البيانات اللحظية والمراقبة عبر المستشعرات. كما خلصت إلى أن الذكاء الاصطناعي يسهم في تدريب الكوادر البشرية بشكل واقعي عبر البيئات الافتراضية التي تحاكي المخاطر الفعلية.

تبرز أهمية هذه الدراسة في كونها تُظهر التأثير الإيجابي المباشر لتقنيات الذكاء الاصطناعي في خفض الأخطاء البشرية ضمن البيئات الصناعية عالية الخطورة.

10- Bagas Permad, Dwiki Raharjo Saputra (2025). بعنوان "Integrating Artificial Intelligence in Risk Assessment to Enhance Workplace Safety Protocols ".

ركزت الدراسة على توظيف تقنيات التعلم الآلي ضمن أنظمة تقييم المخاطر في المشاريع الهندسية التحتية الكبرى. هدفت إلى تحديد قدرة الخوارزميات الذكية على التنبؤ بالعوامل البشرية التي قد تزيد من احتمالية وقوع الحوادث.

أشارت النتائج إلى أن التعلم الآلي يعزز من القدرة على تحديد مؤشرات المخاطر المبكرة بدقة تصل إلى ٩٢%، ما يساعد مديري المشاريع في اتخاذ إجراءات تصحيحية استباقية. كما أكدت الدراسة على أهمية تدريب المهندسين لتفسير مخرجات الذكاء الاصطناعي واستخدامها بفعالية في الميدان.

يساعد هذا البحث في توضيح كيف يمكن للذكاء الاصطناعي أن يعمل كأداة داعمة للقرار في بيئات تنفيذ المشاريع ذات التعقيد التشغيلي العالي.

التعقيب على البحوث والدراسات السابقة

تُظهر مراجعة الدراسات السابقة أن موضوع تطبيق الذكاء الاصطناعي في المشاريع الهندسية، خاصة في بيئات عالية الخطورة مثل قطاع النفط والطاقة، يمثل محورًا بحثيًا متناميًا يجمع بين الجوانب التقنية والإدارية والبشرية. أسهمت الدراسات العربية والأجنبية التي تمت مراجعتها في بلورة فهم متكامل حول قدرة النظم الذكية على تقليل الخطأ البشري وتحسين إدارة المخاطر، مع إبراز تحديات التطبيق ضمن البيئات المؤسسية المختلفة.

١- الإسهامات التي قدمتها الدراسات السابقة

في ضوء الدراسات العربية والأجنبية التي تناولت موضوع أثر الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع وتقليل المخاطر البشرية، يمكن حصر الإسهامات التي قدمتها هذه الدراسات السابقة في النقاط التالية:

الإسهامات التي قدمتها الدراسات السابقة

أولاً: الإسهامات على المستوى العربي

١. تحديد واقع تطبيق الذكاء الاصطناعي في المؤسسات الحكومية

قدّمت دراسة الشهري وباسويد وغروي (٢٠٢٣) إسهامًا مهمًا في تحليل مستوى الوعي والإدراك لدى العاملين في إدارات المشاريع الحكومية تجاه الذكاء الاصطناعي، وأوضحت أن هناك تقبلاً متزايداً لتقنيات الذكاء الاصطناعي في مراحل التخطيط والتنفيذ والمراقبة، لكنها كشفت أيضًا عن وجود تحديات فنية وإدارية يحتاج صانع القرار لمعالجتها، مثل تكاليف التطبيق وضعف تكامل الأنظمة.

٢. تقديم أدلة كمية على فاعلية الذكاء الاصطناعي في مشاريع البناء

أسهمت دراسة الحسن والعوضي (٢٠٢٣) في الربط بين تطبيق أدوات الذكاء الاصطناعي والمخرجات التشغيلية الواقعية للمشاريع الهندسية. وأثبتت الدراسة بالأرقام أن الذكاء الاصطناعي حسن من دقة تقدير التكاليف وساعد على الكشف المبكر عن المشكلات التشغيلية، وهو ما يمثل دعماً مباشراً لأهمية الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر وتحقيق الكفاءة الزمنية والمالية.

٣. توسيع نطاق الدراسة نحو القطاع المصرفي وإدارة المخاطر المؤسسية

أضافت دراسة السقاط والسقاف (٢٠٢٥) بعداً تطبيقياً جديداً عبر دراسة أثر الذكاء الاصطناعي في تقليل الخطأ البشري داخل القطاع المالي. أظهرت نتائجها أن تقنيات الذكاء الاصطناعي تعزز قدرة المؤسسات على التنبؤ بالمخاطر وتزيد من فعالية اتخاذ القرار، مما يمكن استثماره كنموذج لمشاريع هندسية تعتمد على تحليل المخاطر والبيانات التشغيلية.

٤. الربط بين الذكاء الاصطناعي والمهام الرقابية والحوكمة المؤسسية

قدّمت دراسة الرميح (٢٠٢١) إسهاماً نوعياً بإبراز كيف يمكن للذكاء الاصطناعي أن يعيد صياغة أعمال الرقابة والتدقيق الداخلي، من خلال تحليل البيانات واكتشاف الأنماط والحد من تدخل العنصر البشري في مراحل الفحص المتكررة. وهذا يساهم في دعم الاتجاه نحو تقليل الأخطاء البشرية في السياقات الإدارية والتنفيذية.

٥. دمج الذكاء الاصطناعي في تطوير الموارد البشرية

أسهمت دراسة عبدالنبي والعتيبي (٢٠٠٥) في إبراز البعد الإنساني والتنموي لتقنيات الذكاء الاصطناعي، من خلال ربطها بممارسات التوظيف والتدريب والتقييم داخل المؤسسات. وأكدت على

أهمية السياسات الأخلاقية وحوكمة التقنية عند معالجة قضايا التحيز والخطأ في الخوارزميات .وهذه
الإضافة تساعد الباحثين على إدراك التوازن المطلوب بين استخدام التقنية والمحافظة على القيم المؤسسية.

٦. تعزيز فهم دور الذكاء الاصطناعي في إدارة الكوارث والبيئات عالية المخاطر

أوضحت دراسة بورويق والمقوز (٢٠٢٥) الإمكانيات التطبيقية للذكاء الاصطناعي في دعم
استراتيجيات إدارة المخاطر الوطنية والمؤسسية، مبينة أن توظيف الذكاء الاصطناعي للتنبؤ والاستجابة
يحسن سرعة التعامل مع الأزمات ويقلل اعتماد المؤسسات على التدخلات البشرية المباشرة. ويُعد هذا
الإسهام ذا صلة وثيقة بمشروعات أرامكو الصناعية.

ثانياً: الإسهامات على المستوى الأجنبي

٧. تحليل دور الذكاء الاصطناعي في خفض معدلات الحوادث بالمشاريع الهندسية

توصلت دراسة Chaudhry & Malik (2021) إلى أدلة تجريبية تثبت أن تقنيات الذكاء
الاصطناعي تساهم في تقليل الحوادث بنسبة ٢٨% في مواقع البناء من خلال التحليل التنبؤي والمراقبة
الذكية، ما يدعم فكرة الذكاء الاصطناعي كأداة وقائية فعالة.

٨. تقديم نموذج تشغيلي متكامل لإدارة السلامة في قطاع النفط والغاز

أسهمت دراسة Adeoye & Olisakwe (2024) في بناء نموذج متقدم يعتمد على الذكاء
الاصطناعي لرصد سلوك العاملين وتحليل البيانات التشغيلية. أثبتت الدراسة أن الأنظمة الذكية رفعت دقة
التنبؤ بالمخاطر إلى حدود تفوق ٩٠%، ما يُعد دعماً علمياً مباشراً لتطبيق هذه التقنيات في بيئات
صناعية مشابهة لأرامكو.

٩. تقييم مخاطر الاعتماد على الذكاء الاصطناعي في الصناعات الثقيلة

قدّمت دراسة Kochkodan & Petryna (2025) رؤية مغايرة ركزت على تحليل مخاطر الاعتماد الزائد على التقنيات الذكية في مشاريع النفط والغاز، مؤكدة ضرورة الموازنة بين الذكاء الاصطناعي والرقابة البشرية، ومبينة أن الدمج الفعّال بين الطرفين يقلل الأخطاء التشغيلية بنسبة ٣٥.٠%.

١٠. تعزيز القدرة التنبؤية لإدارة المخاطر من خلال التعلم الآلي

بيّنت دراسة Permad & Saputra (2025) أثر خوارزميات التعلم الآلي في الكشف المبكر عن العوامل المؤدية للحوادث بدقة ٩٢.٠%. هذه النتيجة تؤكد إمكان بناء أنظمة وقائية تعتمد على البيانات والذكاء الاصطناعي لتحسين اتخاذ القرار في المشاريع الهندسية المعقدة.

خلاصة الإسهامات العامة

- توخّدت الدراسات على أهمية الذكاء الاصطناعي كعامل حاسم في الحد من الأخطاء البشرية وتحسين إدارة المخاطر في القطاعات المختلفة.
- أظهرت الأدلة أن دمج الذكاء الاصطناعي في العمليات الإدارية والفنية يُحسّن كفاءة الأداء، دقة التنبؤ، واستباق المخاطر.
- قدّمت الدراسات العربية منظوراً سياقياً يرتبط بواقع المملكة العربية السعودية، في حين وفّرت الدراسات الأجنبية خبرات تطبيقية يمكن الاستفادة منها وتكييفها حسب بيئة العمل في الشركات الكبرى كمثال شركة أرامكو السعودية.
- رصدت بعض الدراسات الحاجة المستمرة إلى التكامل بين العنصر البشري والنظم الذكية لضمان الاستخدام المسؤول للذكاء الاصطناعي وتفادي آثاره الجانبية التنظيمية.

٢- تحديد الجوانب المشتركة وتنوع الأساليب

يتّضح من التحليل أن الدراسات استخدمت مناهج متنوعة جمعت بين التحليل الوصفي والدراسات التطبيقية والمناهج المختلطة، ما أتاح فهمًا متوازنًا للجوانب التقنية والسلوكية معًا. كما أجمعت الدراسات على أن نجاح تطبيق الذكاء الاصطناعي يرتبط بمدى جاهزية البنية التحتية الرقمية ومستوى تدريب العنصر البشري وتبنيه لهذه التقنية. ومن الملاحظ أن معظم الدراسات سواء العربية أو الأجنبية ركزت على دور الذكاء الاصطناعي في تحسين دقة التنبؤ بالمخاطر وتعزيز الوقاية، مما يعكس توافقًا نظريًا حول جدوى هذه التقنيات في الحد من الأخطاء البشرية.

٣- تحليل الفجوات البحثية وتحديد النقاط غير المدروسة

رغم ثراء الأدبيات، كشفت المراجعة عن فجوات بحثية مهمة لا تزال بحاجة إلى تعميق، ومن أبرزها:

- غياب دراسات ميدانية موسّعة ضمن شركات النفط العربية الكبرى مثل أرامكو لقياس الأثر العملي لأنظمة الذكاء الاصطناعي على سلامة العاملين.
- محدودية الأبحاث التي تربط بين العامل البشري والآلي في إطار تشاركي بدلاً من التركيز على الأتمتة الكاملة.
- قلة الدراسات التي تُعالج تأثير الثقافة التنظيمية على تبني الذكاء الاصطناعي وإدماجه في إدارة المشاريع الهندسية.
- النقص النسبي في الأبحاث التي تقيس الأثر الاقتصادي للتقنيات الذكية على كفاءة إدارة المخاطر في المدى الطويل.

٤- الاستفادة من الدراسات السابقة لتوجيه الدراسة الحالية

استناداً إلى ما سبق، يمكن للدراسة الحالية أن تسد هذه الفجوات عبر تحليل شامل لتجربة شركة أرامكو السعودية كنموذج تطبيقي في توظيف الذكاء الاصطناعي داخل بيئة صناعية معقدة تعتمد على العنصر البشري بدرجة كبيرة. كما تتجه الدراسة إلى تقييم الجوانب التنظيمية والتقنية التي تُمكن من تحويل أنظمة الذكاء الاصطناعي إلى أدوات استراتيجية لإدارة المخاطر البشرية بفعالية، مع استحضار نتائج الدراسات الدولية التي أثبتت الأثر الإيجابي الملموس للتقنيات الذكية في مجالات مماثلة.

٥- التوصيات المستخلصة من التعقيب على الدراسات

من خلال مراجعة وتعقيب الدراسات السابقة، يمكن تقديم توصيات تساعد الباحثين المستقبليين في بناء أبحاث أكثر شمولية وتركيزاً، ومن أهم هذه التوصيات:

- ضرورة تكثيف الدراسات التطبيقية داخل شركات الطاقة والنفط في المملكة لتقييم الأثر الواقعي لتقنيات الذكاء الاصطناعي على إدارة الأمان الصناعي.
- الاهتمام بتطوير برامج تدريبية للعاملين تعزز من قدرتهم على التفاعل مع الأنظمة الذكية.
- تبني منهج تكاملي يجمع بين الذكاء الاصطناعي والتحليل السلوكي للعاملين ضمن بيئات العمل الخطرة.
- بناء قواعد بيانات وطنية عن المخاطر التشغيلية يمكن للذكاء الاصطناعي تحليلها لأغراض التنبؤ والاستباق.
- دراسة جدوى استخدام الذكاء الاصطناعي في تقييم كفاءة مقاولي المشاريع الهندسية قبل وأثناء التنفيذ لتقليل الأخطاء البشرية.

أهمية إجراء الدراسات السابقة:

تعد مراجعة الدراسات السابقة خطوة أساسية في إعداد أي بحث علمي، حيث تساهم في بناء قاعدة معرفية قوية تدعم فهم الباحث للموضوع وتوجهه في تحليل المشكلة البحثية. تتمثل أهمية إجراء الدراسات السابقة فيما يلي:

١. **بناء أساس علمي متين:** تساعد الدراسات السابقة في توفير إطار نظري متين يعتمد عليه الباحث لفهم الموضوع بشكل شامل، حيث تقدم معلومات أساسية عن المفاهيم الرئيسة والمصطلحات المستخدمة والنظريات التي طُورت حول الموضوع. هذا الأساس النظري يساهم في تحديد طبيعة العلاقة بين المتغيرات وتوجيه الباحث نحو الأساليب المناسبة لدراسة الظاهرة.

٢. **تحديد الفجوات البحثية:** من خلال مراجعة الدراسات السابقة، يمكن للباحث تحديد ما إذا كانت هناك جوانب أو زوايا لم يتم التطرق إليها بعد، مما يساعده على اختيار موضوع بحث جديد يساهم في سد هذه الفجوات. ويُعتبر هذا العنصر من أهم الدوافع التي تقود البحث العلمي نحو تقديم إضافة حقيقية للمعرفة.

٣. **توجيه تصميم البحث وأدواته:** توفر الدراسات السابقة للباحث تصوراً واضحاً حول المناهج والأساليب التي تم استخدامها سابقاً، مما يساعده على اختيار المنهج الأنسب والأدوات المناسبة لجمع البيانات. كما يمكن أن يستفيد من تجارب الباحثين الآخرين في تطوير أدوات جديدة أو تحسين الأدوات الحالية بناءً على النتائج التي توصلت إليها الدراسات السابقة.

٤. **تحقيق التكامل مع الأدبيات العلمية:** من خلال مراجعة الدراسات السابقة، يمكن للباحث وضع دراسته في سياق أوسع ضمن الأدبيات العلمية. وهذا يساهم في تعزيز مكانة البحث وتكامله مع مجهودات

الباحثين الآخرين، مما يجعل الدراسة جزءًا من سلسلة مترابطة من الأبحاث العلمية التي تسهم في تطوير المعرفة العلمية.

٥. **توضيح أهمية البحث وتوجيه فرضياته:** تتيح الدراسات السابقة للباحث التعرف على النتائج والتوصيات التي توصل إليها الباحثون السابقون، مما يمكنه من بناء فرضيات علمية تعتمد على أساس معرفي سابق، وبالتالي يكون البحث أكثر دقة وموضوعية في توجيهه وفي صياغة الأسئلة البحثية. كما تساهم هذه المعرفة في توضيح أهمية البحث وتقديمه بشكل مقنع للقارئ.

٦. **تقليل تكرار الجهود البحثية:** من خلال استعراض الدراسات السابقة، يتجنب الباحث تكرار الجهود في دراسة موضوعات تم تناولها بالفعل بإسهاب، مما يساعد على توجيه الجهد البحثي نحو الموضوعات التي تحتاج إلى دراسة جديدة أو إلى تعمق أكبر، وبالتالي تعزيز كفاءة البحث العلمي.

٧. **دعم مصداقية البحث:** تساهم مراجعة الدراسات السابقة في تعزيز مصداقية البحث، حيث يبني الباحث دراسته على أساس علمي مبني على أبحاث موثوقة. ويؤدي ذلك إلى دعم النتائج التي يتوصل إليها الباحث ويجعلها أكثر قبولاً من الناحية الأكاديمية.

باختصار، تُعد مراجعة الدراسات السابقة عملية جوهرية تتيح للباحث فحص وتقييم الأبحاث التي أجريت سابقًا، مما يعزز من جودة البحث ويضمن تقديم إضافة علمية تسهم في تطور المعرفة بشكل فعال ومدرّوس.

٣,٢ متغيرات البحث:

تُعد متغيرات البحث من الركائز الأساسية التي يقوم عليها أي عمل علمي، إذ تمثل العناصر المركزية التي يسعى الباحث إلى دراستها وتحليل العلاقات المتبادلة بينها. وفي هذه الدراسة التي تركز على تحليل أثر تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في الحد من المخاطر البشرية في المشاريع الهندسية، يمكن تحديد ثلاثة أنواع رئيسية من المتغيرات: المتغيرات المستقلة، المتغيرات التابعة، والمتغيرات الوسيطة، التي تمثل العوامل التي تؤثر في قوة واتجاه العلاقة بين المتغيرات الأساسية.

١- المتغيرات المستقلة

المتغيرات المستقلة في هذه الدراسة تتمثل في تقنيات الذكاء الاصطناعي وأنماط تطبيقها في المشاريع الهندسية، وهي العوامل المفترضة التي تؤثر بصورة مباشرة في الحد من المخاطر البشرية داخل المؤسسات الصناعية الكبرى مثل شركة أرامكو السعودية.

• تقنيات الذكاء الاصطناعي:

يقصد بها منظومة من الخوارزميات والأنظمة الذكية القادرة على تحليل البيانات التشغيلية والتنبؤ بالمخاطر وتحسين اتخاذ القرارات. تشمل هذه التقنيات التعلم الآلي، والرؤية الحاسوبية، وتحليل البيانات الضخمة، وأنظمة المراقبة الذكية. تهدف هذه التقنيات إلى المساهمة في أتمتة العمليات وتقليل تدخل العنصر البشري في البيئات الخطرة. ويُفترض أن يؤدي تطبيق الذكاء الاصطناعي إلى رفع مستويات الدقة في رصد المخاطر وتوقع الأعطال والانحرافات التشغيلية، مما يقلل من الأخطاء البشرية ويحسن إجراءات السلامة المهنية.

• تطبيق الذكاء الاصطناعي في المشاريع الهندسية:

يتجسد هذا التطبيق في دمج الأنظمة الذكية بعمليات التصميم، التخطيط، التنفيذ، والمراقبة داخل المشاريع، مثل استخدام الطائرات المسيرة للرقابة الميدانية، أو الأنظمة التنبؤية لرصد الأعطال. يعتبر هذا المتغير عنصراً جوهرياً في الدراسة، إذ يُفترض أن تطبيق الذكاء الاصطناعي بشكل فعال يسهم في تحسين كفاءة تنفيذ المشاريع وانخفاض معدلات المخاطر البشرية الناتجة عن القرارات اليدوية أو الممارسات غير الدقيقة.

١ - المتغير التابع

المتغير التابع في هذه الدراسة هو الحد من المخاطر البشرية، وهو النتيجة التي يسعى الباحث إلى قياسها وتحليل مدى تأثيرها بعملية تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي.

• الحد من المخاطر البشرية:

يعبر هذا المتغير عن مستوى تقليل الأخطاء أو الحوادث أو الإصابات الناتجة عن تدخل العنصر البشري في مراحل العمل الهندسي المختلفة. وتُقاس هذه المخاطر من خلال مؤشرات مثل عدد الحوادث التشغيلية، ومستوى دقة القرارات، وكفاءة الاستجابة للمخاطر، ومعدلات الأمان الوظيفي للعاملين. وتشير الدراسات السابقة إلى أن استخدام الذكاء الاصطناعي في تحليل البيانات الميدانية واتخاذ القرارات التنبؤية يسهم في رفع درجة ضبط المخاطر وتقليل نسبة الخطأ البشري.

في سياق هذه الدراسة، سيتم قياس مدى فاعلية الذكاء الاصطناعي في تحقيق نتائج ملموسة تسهم في رفع السلامة التشغيلية داخل المشاريع التابعة لشركة أرامكو، بما ينعكس على الاداء العام للمشروعات وكفاءة استخدام الموارد.

المتغيرات الوسيطة تمثل مجموعة العوامل التي قد تؤثر على العلاقة بين تقنيات الذكاء الاصطناعي (المتغير المستقل) والحد من المخاطر البشرية (المتغير التابع). وهي عناصر تنظيمية وفنية وبشرية تحدد مدى نجاح العلاقة بين التطبيق العملي للذكاء الاصطناعي وتحقيق النتائج المرجوة.

• العوامل التقنية:

تشمل مستوى تطور البنية التحتية التكنولوجية في المؤسسة، ونوعية الأنظمة والبرمجيات المستخدمة، ومدى تكاملها مع الأنظمة التشغيلية الحالية بالمشاريع. ضعف التكامل أو محدودية البيانات يمكن أن يقللا من فاعلية الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالمخاطر أو الاستجابة لها.

• العوامل البشرية:

تتضمن وعي العاملين بأهمية التقنية الجديدة، واستعدادهم لتبنيها والتفاعل معها، إضافة إلى مستوى تدريبهم على استخدام الأنظمة الذكية. مقاومة التغيير أو ضعف القدرات التقنية لدى الكوادر البشرية قد يقلل من فعالية الذكاء الاصطناعي ويحد من فوائده التشغيلية.

• العوامل الإدارية والتنظيمية:

تشمل سياسات المؤسسة في مجال التحول الرقمي، ومستوى الدعم الإداري والتمويلي لتطبيق التقنيات الحديثة، وقدرتها على وضع ضوابط تنظيمية ومعايير للسلامة الرقمية والذكاء الصناعي. وجود قيادات مؤمنة بالتحول الذكي يساهم في تطبيق ناجح ومستدام للذكاء الاصطناعي في عمليات إدارة المخاطر.

تظهر أهمية هذه المتغيرات الوسيطة في كونها عوامل محورية قد تعزز أو تضعف العلاقة بين تقنيات الذكاء الاصطناعي والحد من المخاطر البشرية. فعلى سبيل المثال، قد يؤدي ضعف التدريب أو نقص

البيانات التشغيلية إلى تقليل كفاءة الذكاء الصناعي في اكتشاف المخاطر مبكرًا، بينما ترفع جاهزية الأنظمة ومستوى الوعي المهني من فاعلية هذه التقنيات في تحقيق النتائج المرجوة.

يُعد تحديد متغيرات البحث بدقة خطوة أساسية لتحقيق أهداف الدراسة، إذ يسهم في توضيح نطاق البحث ويُمكن الباحث من اختبار الفرضيات بشكل واقعي ومنهجي. وتركز هذه الدراسة على تحليل العلاقة بين تقنيات الذكاء الاصطناعي بوصفها مدخلًا تكنولوجيًا حديثًا، وبين الحد من المخاطر البشرية كمؤشر لفاعلية الأداء في المشاريع الهندسية الضخمة، مع استحضار أثر العوامل التنظيمية والبشرية كمتغيرات وسيطة تسهم في رسم الصورة الكاملة لتطبيق الذكاء الاصطناعي في بيئة الصناعة النفطية السعودية..

٤,٢ تقنيات الذكاء الاصطناعي

تعريف تقنيات الذكاء الاصطناعي

يشير مفهوم الذكاء الاصطناعي إلى قدرة الأنظمة الرقمية على أداء مهام تتطلب عادةً ذكاءً بشرياً كالتعلم، الفهم، اتخاذ القرار، والتفاعل التلقائي مع البيئة (عبدالرحمن، ٢٠٢٠). ويُعرّف الذكاء الاصطناعي في المجال الصناعي والهندسي بأنه مجموعة من التقنيات والخوارزميات المحوسبة القادرة على تحليل كميات ضخمة من البيانات التشغيلية، واستخراج أنماط وسلوكيات تساعد المؤسسات على التنبؤ بالمشكلات واتخاذ قرارات وقائية تقلل من الأخطاء البشرية (Aderamo & Olisakwe, 2024). ويمثل الذكاء الاصطناعي في المشاريع الهندسية أداة استراتيجية لدعم اتخاذ القرار، من خلال أنظمة متقدمة قادرة على محاكاة قدرات التفكير البشري في تحليل المخاطر والظروف التشغيلية في بيئات معقدة كقطاع النفط والطاقة (Kochkodan & Petryna, 2025).

تطور تقنيات الذكاء الاصطناعي

بدأ المفهوم الأكاديمي للذكاء الاصطناعي في خمسينيات القرن العشرين مع الأبحاث الأولى في جامعة ستانفورد التي ركزت على البرمجة المنطقية والتعلم الآلي. وفي سبعينيات وثمانينيات القرن الماضي، تزايد الاهتمام بالأنظمة الخبيرة في المؤسسات الصناعية لتحليل البيانات واتخاذ قرارات تشغيلية آلية. ومع تطور تقنيات الحوسبة والبيانات الضخمة في التسعينيات والعقد الأول من الألفية الثالثة، أصبح الذكاء الاصطناعي عنصراً أساسياً في العمليات الصناعية.

وفي السنوات الأخيرة، تسارعت تطبيقاته بفضل التطور في خوارزميات التعلم العميق وشبكات الأعصاب الصناعية، ما مكّن المؤسسات من استخدام أنظمة قادرة على المراقبة الذكية، التنبؤ بالأعطال، وتحليل السلوك البشري لموظفي الميدان بدقة متناهية (Zhang & Liu, 2019).

وقد تبنت العديد من شركات النفط الكبرى مثل شل وأرامكو تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر التشغيلية لتحسين السلامة وتقليل الحوادث (Permad & Saputra, 2025).

أبعاد تقنيات الذكاء الاصطناعي

يمكن تحديد الأبعاد الأساسية لتقنيات الذكاء الاصطناعي في المشاريع الهندسية كما يلي:

١. **البعد التقني**: يشمل أنظمة التعلم الآلي، والرؤية الحاسوبية، والتحليل التنبؤي، والحوسبة السحابية التي تدعم اتخاذ القرار الفوري.

٢. **البعد التشغيلي**: يتعلق بتطبيق الذكاء الاصطناعي في تحسين الكفاءة التشغيلية للمشاريع، وتقليل الأخطاء البشرية أثناء التنفيذ، وتعزيز سرعة الاستجابة للمخاطر.

٣. **البعد البشري**: يشير إلى دمج الذكاء الاصطناعي في ثقافة العمل اليومية وتحسين التفاعل بين الإنسان والآلة، بحيث يدعم الأنظمة دون أن يستبدلها بالكامل.

٤. **البعد الأمني**: يرتبط بحماية البيانات التشغيلية وضمان الخصوصية وسلامة الأنظمة من الهجمات السيبرانية، خصوصاً في البيئات الصناعية الحساسة.

٥. **البعد الاقتصادي**: يعكس الأثر المالي لتبني الذكاء الاصطناعي على تقليل تكلفة الحوادث، وتحسين كفاءة الإنفاق، وزيادة العائد على الاستثمار.

نظريات تطبيق الذكاء الاصطناعي

هناك مجموعة من النظريات التي تفسر إطار استخدام الذكاء الاصطناعي داخل المؤسسات

الصناعية:

١. نظرية النظم: **socio-technical systems theory** تؤكد على التفاعل المتوازن بين النظام التقني والبشري، بحيث يحقق الذكاء الاصطناعي أعلى فاعلية عند دمجها مع العنصر الإنساني في بيئة عمل متكاملة (Bostrom, 2016).

٢. نظرية اتخاذ القرار المدعوم بالذكاء التنبؤي: **(Predictive Decision Theory)** تنص على أن الذكاء الاصطناعي يمكن أن يعزز جودة القرارات عبر تحليل البيانات وتحويلها إلى مؤشرات مستقبلية تقلل احتمالية الخطأ البشري (Nguyen, 2023).

٣. نظرية الابتكار التكنولوجي: **(Technological Innovation Theory)** تشرح أن نجاح تطبيق الذكاء الاصطناعي يعتمد على استعداد المؤسسة لتبني التغيير، وتحديث بنيتها التقنية والإدارية لدعم الابتكار المستمر (Rogers, 2003).

أهمية تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي

تبرز أهمية الذكاء الاصطناعي في كونه وسيلة فعالة لرفع كفاءة الأداء وزيادة موثوقية العمليات التشغيلية في المشاريع الهندسية.

إذ يساهم في التنبؤ بالمخاطر قبل وقوعها، وتقليل التدخل البشري في البيئات عالية الخطورة مثل المصافي النفطية ومحطات الطاقة. كما يعزز من سرعة اتخاذ القرار من خلال جمع وتحليل البيانات الزمنية الفورية.

وقد أوضحت دراسة Adeoye & Olisakwe (2024) أن استخدام أنظمة الذكاء الاصطناعي في مراقبة السلامة التشغيلية ساهم في خفض معدل الحوادث بنسبة 35%، وزيادة الاستجابة للطوارئ بنسبة 40%. وبناءً على ذلك، فإن تبني الذكاء الاصطناعي يعد خطوة استراتيجية تساعد المؤسسات الكبرى مثل أرامكو السعودية على تحقيق مستويات متقدمة من السلامة والاستدامة التشغيلية والتميز التقني (Nguyen, 2023).

٥,٢ إدارة المخاطر البشرية في المشاريع الهندسية

تعريف إدارة المخاطر البشرية

تُعرّف إدارة المخاطر البشرية بأنها مجموعة الإجراءات والعمليات التي تهدف إلى تحديد، وتحليل، وتقليل المخاطر المتعلقة بالأخطاء والسلوكيات البشرية في بيئات العمل. وهي تمثل فرعاً متخصصاً من إدارة المخاطر المؤسسية، يركز على الإنسان كأحد أبرز مصادر الخطأ أو الخطر. (Burke, 2018) وفي المشاريع الهندسية، تُعنى إدارة المخاطر البشرية بتقليل احتمالات وقوع الحوادث الناتجة عن التفاعل البشري مع الأنظمة التقنية، من خلال التدريب، والتحليل السلوكي، والمراقبة المستمرة لأنماط الأداء في بيئات العمل. (Patel & Thomas, 2020)

تطور مفهوم إدارة المخاطر البشرية

بدأ الاهتمام بإدارة المخاطر البشرية منذ منتصف القرن العشرين بعد سلسلة من الحوادث الصناعية الكبرى مثل انفجار مصفاة تكساس عام ١٩٤٧، مما دفع المؤسسات إلى إدخال أساليب تحليل الأخطاء البشرية في إدارة السلامة.

ومع مطلع القرن الحادي والعشرين، تطور المفهوم ليشمل التكامل بين التحليل السلوكي والأنظمة الذكية القادرة على المراقبة التنبؤية والتصحيح الآلي.

واليوم، أصبحت إدارة المخاطر البشرية تعتمد بشكل مباشر على الذكاء الاصطناعي الذي يمكن المؤسسات من تحليل أنماط التصرف البشري بدقة والتنبؤ بمواطن الخطر قبل حدوثها (Zhang & Liu, 2019).

أبعاد إدارة المخاطر البشرية

١. **البعد الوقائي**: يهدف إلى وضع خطط وإجراءات استباقية لتقليل احتمالية وقوع الخطأ البشري عبر

التدريب والرقابة المستمرة.

٢. **البعد التحليلي**: يعتمد على جمع البيانات التشغيلية وتحليل سلوكيات العاملين للكشف عن الأنماط

المتكررة التي تزيد من احتمالية المخاطر.

٣. **البعد التقني**: يشمل استخدام الأنظمة الذكية، وأجهزة الاستشعار، والتطبيقات الرقمية لمراقبة بيئة

العمل وتحديد الحالات غير الآمنة.

٤. **البعد التنظيمي**: يتعلق بإنشاء ثقافة مؤسسية داعمة للسلامة المهنية، وتعزيز المسؤولية الفردية في

الالتزام بالإجراءات الوقائية.

نظريات إدارة المخاطر البشرية

١. **نظرية الخطأ البشري (Human Error Theory)**: طورها Reason (1990) وتفترض أن

الأخطاء البشرية تنشأ من تفاعل بين العوامل الشخصية والتنظيمية والبيئية، ويجب التعامل معها

عبر نظم مرنة وليس عبر العقاب.

٢. **نظرية الثقافة الأمنية (Safety Culture Theory)**: تشير إلى أن مستوى الأمان داخل

المؤسسة مرتبط بدرجة الوعي والثقافة التنظيمية التي تولي أهمية لتجنب المخاطر وإدارتها بفاعلية

(Cooper, 2000).

٣. **نظرية الأنظمة الاجتماعية التقنية (Socio-technical Systems Theory)**: توضح أن

المخاطر البشرية لا يمكن عزلها عن التكنولوجيا المستخدمة، وأن التكامل بين الإنسان والنظام

التقني هو الحل الأمثل لتقليل الأخطاء.

أهمية إدارة المخاطر البشرية

تلعب إدارة المخاطر البشرية دورًا محوريًا في حماية الأرواح وضمان استمرارية العمليات في المشاريع الهندسية المعقدة. فوفقًا لدراسة Kochkodan & Petryna (2025) فإن تبني أنظمة المراقبة الذكية القائمة على تحليل الأداء يُسهم في خفض الأخطاء بنسبة ٣٥% في قطاع النفط والغاز. كما تسهم الإدارة الفعالة للمخاطر البشرية في تعزيز السلامة المهنية، وتقليل الخسائر المالية الناتجة عن الحوادث، وزيادة ثقة العملاء والمستثمرين في قدرة المؤسسة على ضمان بيئة عمل آمنة وفعالة.

الحد من المخاطر البشرية باستخدام الذكاء الاصطناعي

يُشير الحد من المخاطر البشرية باستخدام الذكاء الاصطناعي إلى تطبيق الحلول والخوارزميات الذكية لتحليل سلوك العاملين وتوقع الحالات التي قد تؤدي إلى أخطاء أو مخاطر، ومن ثم اتخاذ إجراءات تصحيحية تلقائية قبل وقوع الحدث. (Adeoye & Olisakwe, 2024). ويتمثل الهدف الأساسي في تحويل عملية إدارة المخاطر من نظام قائم على الاستجابة بعد الحادث إلى نظام تنبؤي استباقي يعتمد على البيانات.

تطبيقات المفهوم في المشاريع الهندسية

- استخدام تحليل الصور والفيديو عبر تقنيات الرؤية الحاسوبية لمراقبة التزام العاملين بإجراءات السلامة.
- تطوير أنظمة إنذار مبكر تعتمد على البيانات الحركية وأجهزة الاستشعار لتحديد الحالات غير الآمنة.
- توظيف الخوارزميات التنبؤية في تحليل البلاغات التشغيلية للتنبؤ بالأعطال قبل وقوعها.
- استخدام المساعدات الذكية لدعم اتخاذ القرار الميداني وتقديم الإرشادات الفورية للعاملين في البيئات الحساسة.

أهمية الحد من المخاطر البشرية عبر الذكاء الاصطناعي

تُعد هذه الممارسات من أهم الركائز في بناء مشاريع هندسية آمنة وفعالة، إذ تسهم في تقليل الاعتماد على العامل البشري في اتخاذ القرارات الحرجة، وتعمل على تقليل احتمالات الخطأ بنسبة كبيرة. وتشير نتائج دراسة Permad & Saputra (2025) إلى أن استخدام أنظمة الذكاء الاصطناعي في تقييم المخاطر ساهم في تحقيق دقة تصل إلى ٩٢% في التنبؤ بالحوادث المهنية، ما يعزز الموثوقية التشغيلية ويضمن استدامة الأداء في مؤسسات الطاقة الكبرى.

٣. الفصل الثالث :منهجية الدراسة

١,٣ مقدمة

يُعد تحديد منهجية الدراسة خطوة محورية في أي بحث علمي، إذ تمثل الإطار المنهجي الذي يستند إليه الباحث في جمع البيانات وتحليلها وتفسير نتائجها بما يضمن الوصول إلى استنتاجات دقيقة وموثوقة. وفي ضوء التطور المتسارع لتقنيات الذكاء الاصطناعي وتزايد استخدامها في المشاريع الهندسية داخل المملكة العربية السعودية، تبرز الحاجة إلى دراسة منهجية معمقة تستكشف تأثير هذه التقنيات في الحد من المخاطر البشرية، ولا سيما في المشاريع ذات الحساسية العالية مثل مشاريع شركة أرامكو. ومن هذا المنطلق، يهدف هذا الفصل إلى عرض منهجية البحث المتبعة والآليات التي اعتمد عليها الباحث في فحص العلاقات بين المتغيرات المدروسة، وتحديد الأدوات والإجراءات التي تضمن دقة النتائج وموثوقيتها. وتستند منهجية هذا البحث إلى المنهج الوصفي التحليلي، الذي يُعد من أكثر المناهج ملائمة لدراسة الظواهر الاجتماعية والهندسية المعقدة، إذ يسمح بوصف الظاهرة بدقة من جهة، وتحليل العلاقات بين المتغيرات من جهة أخرى. وقد تم اختيار هذا المنهج نظرًا لملاءمته لطبيعة الموضوع، وارتباطه بتحليل أثر تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي على الحد من المخاطر البشرية داخل المشاريع الهندسية. وتقوم الدراسة كذلك على المزج بين الأسلوبين الكمي والنوعي بهدف الوصول إلى فهم أكثر عمقًا للظاهرة، وتحقيق تكامل بين القياسات الرقمية المستمدة من أدوات البحث، والرؤى النوعية التي تعكس خبرات العاملين في المجال. ويتناول هذا الفصل وصفًا تفصيليًا لطبيعة الدراسة وتصميمها، إضافة إلى تحديد مجتمع الدراسة وعينتها، وشرح أدوات جمع البيانات المستخدمة، سواء الاستبيان أو المقابلات أو مراجعة الوثائق. كما يستعرض الفصل الإجراءات المتبعة في تطبيق أدوات البحث، والخطوات المتخذة لضمان الصدق والثبات وموثوقية البيانات. ويُختتم الفصل بتوضيح الأساليب الإحصائية والنوعية المتبعة في تحليل البيانات، وبيان الاعتبارات الأخلاقية التي التزمت بها الدراسة أثناء جمع المعلومات ومعالجتها.

المنهجية المستخدمة في الدراسة:

تقوم هذه الدراسة على منهجية علمية متكاملة تهدف إلى تحليل أثر تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في الحد من المخاطر البشرية في المشاريع الهندسية، مع التركيز على تطبيق ذلك في مشاريع شركة أرامكو السعودية. ونظرًا لطبيعة الموضوع وتشعب متغيراته، تم الاستناد إلى منهجيات متعددة تجمع بين الجانب الوصفي والتحليلي، وبين الأسلوبين الكمي والنوعي، بما يسمح بفهم شامل وواقعي للظاهرة محل الدراسة.

أولاً: المنهج المستخدم في الدراسة

اعتمدت الدراسة على **المنهج الوصفي التحليلي**، وهو منهج يُعنى بوصف الظاهرة كما هي على أرض الواقع، ثم تحليل العلاقات والارتباطات بين المتغيرات، وتفسير نتائجها بطريقة علمية منهجية. ويعد هذا المنهج الأنسب لموضوع الدراسة لعدة أسباب، أهمها:

١. **ملاءمته لدراسة الظواهر المعاصرة المرتبطة بالتقنيات الحديثة**، والتي تتطلب وصفًا دقيقًا لكيفية

تطبيقها في بيئات العمل.

٢. **قدرته على تحليل العلاقات بين تطبيقات الذكاء الاصطناعي وبين مستويات المخاطر البشرية**،

مما يتيح فهماً متعمقاً للأثر الناتج.

٣. **مرونته في التعامل مع البيانات الكمية والنوعية**، وهو ما تحتاجه هذه الدراسة لإبراز الجوانب

الإحصائية والسلوكية في الوقت ذاته.

وبما أن الذكاء الاصطناعي يمثل منظومة تقنية تعتمد على البيانات، بينما المخاطر البشرية ترتبط

بالسلوكيات والأخطاء والإجراءات التشغيلية، فإن المزج بين الوصف والتحليل يمثل خيارًا علميًا دقيقًا لفحص

العلاقة المعقدة بين هذين البعدين.

ثانيًا: النهج الكمي والنوعي في الدراسة

اتبعت الدراسة نهجًا مزدوجًا يجمع بين:

١. النهج الكمي

ويتمثل في الاعتماد على البيانات الرقمية الناتجة من الاستبيانات الموجهة إلى العاملين في مشاريع أرامكو، بهدف قياس مستوى تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي، ومستوى المخاطر البشرية، ومدى التأثير بينهما. ويساعد هذا النهج في:

- قياس المتغيرات بدقة.
- اختبار فرضيات البحث إحصائيًا.
- التوصل إلى نتائج كمية قابلة للتعميم النسبي.

٢. النهج النوعي

ويتضمن مقابلات شبه منظمة مع عدد من المهندسين والمشرفين ومديري المشاريع داخل أرامكو. يهدف هذا النهج إلى:

- فهم أعمق للتحديات الميدانية.
 - جمع رؤى وخبرات عملية حول أثر الذكاء الاصطناعي على السلامة.
 - تفسير بعض النتائج الكمية من خلال خبرات واقعية.
- يعتبر الجمع بين المنهجين ميزة أساسية تضمن تغطية الزوايا التقنية والسلوكية والإدارية للموضوع، مما يثري التحليل ويزيد من مصداقيته.

ثالثاً: مبررات اختيار المنهجية

جاء اختيار هذه المنهجية متعددة الأساليب لعدة مبررات علمية:

١. تعدد أبعاد الموضوع بين تقني وسلوكي وإداري.
٢. الحاجة إلى بيانات ميدانية موثوقة تمثل الواقع داخل مشاريع أرامكو.
٣. ضرورة تحليل العلاقات الإحصائية بين المتغيرات وفقاً لفرضيات الدراسة.
٤. تعزيز قوة النتائج من خلال دمج التحليل الكمي الدقيق مع الوصف النوعي المتعمق.

رابعاً: خطوات تنفيذ المنهجية

شملت منهجية الدراسة الخطوات التالية:

١. تحديد مشكلة الدراسة وصياغة أسئلتها وفرضياتها بدقة.
٢. تصميم أدوات جمع البيانات بما يشمل الاستبيان والمقابلات.
٣. تحديد مجتمع الدراسة المتمثل في العاملين في مشاريع أرامكو (مهندسين، مشرفين، فنيين، مديري مشاريع).
٤. اختيار عينة ممثلة بطريقة عشوائية طبقية لضمان تمثيل مختلف فئات العاملين.
٥. جمع البيانات الكمية من خلال توزيع الاستبيانات إلكترونياً.
٦. جمع البيانات النوعية من خلال مقابلات مباشرة مع عينة مختارة من الخبراء والمهندسين.
٧. تحليل البيانات باستخدام برنامج SPSS والتحليل النوعي للمقابلات.
٨. استخلاص النتائج وربطها بالإطار النظري والدراسات السابقة.

خامساً: ضمانات الجودة البحثية

حرصت الدراسة على الالتزام بمعايير الجودة والموثوقية من خلال:

- اختبار صدق وثبات أدوات البحث باستخدام معامل كرونباخ ألفا.
- مراجعة أداة الاستبيان من قبل خبراء ومتخصصين لضمان مناسبتها.
- الالتزام بالأخلاقيات البحثية عبر الحفاظ على سرية المشاركين، والحصول على موافقتهم، وعدم استخدام البيانات إلا لأغراض البحث العلمي.

٢,٣ التعريفات الإجرائية لمتغيرات البحث

تهدف التعريفات الإجرائية إلى تحديد المعاني الدقيقة للمتغيرات المستخدمة في الدراسة، بما يضمن قياسها بطريقة واضحة وموضوعية، ويسمح بإمكانية تكرار البحث وتطبيق نتائجه. ونظرًا لأن موضوع الدراسة يتناول أثر تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في الحد من المخاطر البشرية داخل المشاريع الهندسية لدى شركة أرامكو السعودية، فقد تم وضع تعريفات إجرائية تفصيلية للمتغيرات الرئيسة والفرعية، وبيان كيفية قياس كل منها داخل الإطار التطبيقي للدراسة.

أولاً: المتغير المستقل – تقنيات الذكاء الاصطناعي

يشير المتغير المستقل في هذه الدراسة إلى جميع الأنظمة والأدوات والخوارزميات المعتمدة على الذكاء الاصطناعي والتي تُستخدم في مشاريع أرامكو بهدف تحسين العمليات الهندسية وتقليل الأخطاء البشرية. ولأغراض القياس، يتم تعريف “تقنيات الذكاء الاصطناعي” إجرائيًا بأنها: مجموعة من التطبيقات والأدوات الرقمية التي تعمل على تحليل البيانات، والتنبؤ بالمخاطر، ومراقبة العمليات بصورة آلية، وتقديم حلول داعمة للقرار الهندسي، ويتم قياسها من خلال استجابات أفراد العينة على أسئلة الاستبيان المخصصة لكل محور من محاور الذكاء الاصطناعي.

وقد تم تقسيم هذا المتغير إلى أربعة أبعاد رئيسة يمكن قياسها ميدانيًا:

١. أنظمة الرؤية الحاسوبية: (Computer Vision)

ويُقصد بها الخوارزميات التي تستخدم الكاميرات وأجهزة الاستشعار لتحليل الصور والفيديوهات في موقع المشروع، بهدف كشف السلوكيات غير الآمنة، أو رصد المخالفات التشغيلية، أو تحديد مواقع المخاطر. ويتم قياس هذا البعد عبر مجموعة من البنود التي تقيّم مدى استخدام الرؤية الحاسوبية في المواقع، ودورها في خفض الحوادث الناجمة عن الإهمال أو التجاوزات.

٢. التحليل التنبؤي: (Predictive Analytics)

وهو قدرة الأنظمة الذكية على توقع الأخطاء والمشكلات المستقبلية بناءً على البيانات التاريخية واللحظية، مثل توقع انهيار المعدات، أو ارتفاع احتمالية الحوادث، أو زيادة ضغط العمل على موظفين محددين. ويتم قياسه إجرائيًا من خلال حلقة من الأسئلة التي تقيس مدى اعتماد أرامكو على التنبؤ الآلي في إدارة المشاريع، ومستوى دقته وتأثيره على الحد من الأخطاء البشرية.

٣. التوأم الرقمي: (Digital Twin)

ويُعرف بأنه النموذج الرقمي الذي يمثل الصورة الواقعية للمشروع أو المعدات، ويتيح مراقبة العمليات في الوقت الحقيقي. إجرائيًا، يُقاس هذا البعد من خلال البنود التي تُعنى بتحديد درجة استخدام التوأم الرقمي، ومدى مساهمته في تحسين التحكم الهندسي وتقليل أخطاء التشغيل الناجمة عن القرارات البشرية.

٤. الروبوتات الذكية وأتمتة العمليات: (Smart Robotics & Automation)

ويُقصد بها الأنظمة الآلية التي تقوم بمهام معينة كانت تتطلب تدخلًا بشريًا مباشرًا، بما في ذلك التفقيش، القياس، جمع العينات، أو تنفيذ أعمال خطيرة. ويتم قياس هذا البعد بناءً على الاستخدام الفعلي للروبوتات في موقع المشروع، وتأثير ذلك على حماية العاملين وتقليل تعرضهم للمخاطر.

ثانيًا: المتغير التابع - المخاطر البشرية في المشاريع الهندسية

يُعد المتغير التابع في هذا البحث هو "المخاطر البشرية"، والتي تُعرّف بأنها مجموعة السلوكيات والأخطاء والقرارات غير السليمة التي تصدر عن العاملين في المشاريع الهندسية، وتؤدي إلى وقوع حوادث أو خسائر أو خلل في العمليات التشغيلية داخل مشاريع أرامكو.

ولأغراض القياس العلمي، فقد تم تعريف "المخاطر البشرية" إجرائيًا بأنها:

مستوى السلوكيات أو التصرفات أو القرارات البشرية التي تسهم في زيادة احتمالية وقوع الأخطاء أو الحوادث أو الأعطال التشغيلية، ويتم قياسها من خلال إجابات المشاركين على بنود الاستبيان المخصصة لكل نوع من أنواع المخاطر.

ويتفرع هذا المتغير إلى ثلاثة أبعاد رئيسية:

١. الأخطاء التشغيلية: (Operational Errors)

وتشمل جميع الأخطاء الناجمة عن التنفيذ غير السليم للإجراءات مثل العمل دون اتباع تعليمات السلامة، أو تشغيل المعدات بطريقة غير صحيحة، أو عدم الالتزام بالإجراءات القياسية. يتم قياس هذا البعد من خلال مؤشرات تشير إلى معدل الأخطاء التشغيلية وتكرارها ومدى ارتباطها بتدخل العنصر البشري.

٢. السلوكيات غير الآمنة: (Unsafe Behaviors)

وتشمل أي تصرفات يتبناها العاملون في موقع المشروع قد تؤدي إلى وقوع حوادث، مثل تجاوز تعليمات الوقاية، عدم استخدام المعدات الواقية، أو مخالفة قواعد الأمن والسلامة. ويتم قياسها عبر بنود مباشرة تقيس مدى انتشار هذه السلوكيات وأسبابها وتأثيرها على الأداء العام.

٣. ضعف اتخاذ القرار: (Poor Decision-Making)

وهو أحد أهم أسباب الحوادث البشرية، ويشمل التأخر في اتخاذ قرارات مهمة، اتخاذ قرارات غير دقيقة، أو اتخاذ قرارات مخالفة للمعايير الهندسية. ويتم قياس هذا البعد من خلال بنود تقيس تقييم العاملين لكفاءة عملية اتخاذ القرار داخل فرق العمل، ودور الضغوط أو ضعف التدريب أو نقص المعلومات في التأثير على تلك القرارات.

ثالثاً: المتغيرات الضابطة

لضمان دقة التحليل وعدم تأثير العوامل الخارجية على العلاقة بين المتغير المستقل والمتغير التابع،

تم ضبط عدة متغيرات، منها:

- سنوات الخبرة الوظيفية.
- نوع الوظيفة الهندسية.
- مستوى التعليم.
- طبيعة المشروع (نفطي، إنشائي، صناعي).
- درجة التعرض للعوامل الخطرة.

إجرائياً، يتم قياس هذه المتغيرات عبر أسئلة تصنيفية ضمن الاستبيان، وتم استخدامها أثناء التحليل

الإحصائي لضبط تأثيراتها.

رابعاً: التكامل بين المتغيرات في البناء الإجرائي

تم تصميم الأدوات بحيث تربط بين متغيرات الذكاء الاصطناعي وبين المخاطر البشرية بصورة تسمح

بقياس أثر كل تقنية بشكل مستقل ثم بشكل تكاملي. على سبيل المثال:

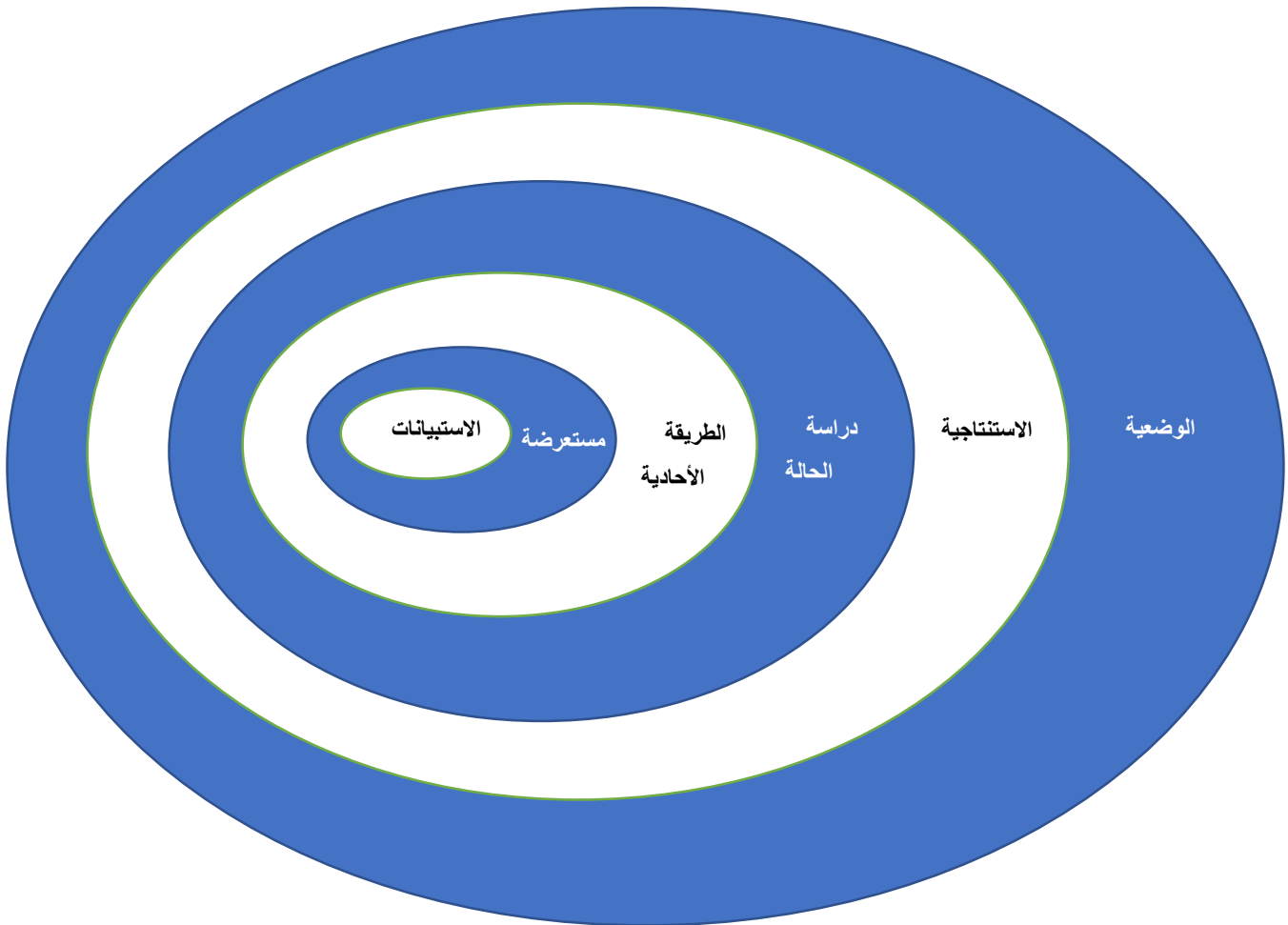
- تأثير الرؤية الحاسوبية على السلوكيات غير الآمنة.
- تأثير التحليل التنبؤي على الأخطاء التشغيلية.
- تأثير الروبوتات الذكية على تعرض العمال للمخاطر المباشرة.

وبهذا تُسهم التعريفات الإجرائية في ضمان وضوح مفهوم كل متغير، وتحقيق قياس دقيق يمكن الاعتماد

عليه في اختبار الفرضيات واستخلاص النتائج.

٣,٣ تصميم البحث

- فلسفة البحث : الوضعية
- منهج البحث : استنتاجي
- استراتيجية البحث : دراسة الحالة
- اختيار البحث : الطريقة الأحادية
- الأفق الزمني : مستعرضة
- تقنيات جمع وتحليل البيانات : الاستبيانات



الشكل (٤): بصلة البحث

٤,٣ مجتمع البحث وطرق وتقنيات أخذ العينة

يوضح هذا الفصل منهجية البحث المستخدمة في التحقيق حول " أثر تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في الحد من المخاطر البشرية في المشاريع الهندسية: دراسة تطبيقية على شركة أرامكو السعودية". ويعرض بالتفصيل التعريفات الإجرائية لمتغيرات البحث، وتصميم البحث، ومجتمع البحث وطرق وتقنيات أخذ العينات، وطرق جمع البيانات، وأنواع البيانات، وطرق وإجراءات تحليل البيانات.

١,٤,٣ مجتمع البحث

يُقصد بمجتمع البحث المجموعة الكلية من الأفراد الذين ينطبق عليهم موضوع الدراسة، والذين يسعى الباحث إلى فهم خصائصهم وتحليل آرائهم واستخلاص النتائج المتعلقة بمتغيرات البحث. وفي هذه الدراسة، يتمثل مجتمع البحث في جميع العاملين في المشاريع الهندسية التابعة لشركة أرامكو السعودية، وهي من أكبر الشركات العالمية المتخصصة في صناعة النفط والغاز وإدارة المشاريع الضخمة في مجالات الطاقة والبنية التحتية.

ويتسم مجتمع البحث في شركة أرامكو بالتنوع الكبير في الفئات المهنية؛ إذ يضم مهندسين، مشرفين ميدانيين، فنيين، مديري مشاريع، منسقي سلامة، متخصصين في الجودة، وتقنيين يعملون مباشرة في مواقع المشاريع. كما يمتد مجتمع البحث عبر مواقع هندسية مختلفة داخل المملكة تشمل المناطق الشرقية والغربية والوسطى، مما يعكس بيئة عمل واسعة ومتكاملة تتبنى التكنولوجيا الحديثة وتواجه تحديات تشغيلية تستدعي تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي للحد من المخاطر البشرية.

ويتمتع موظفو شركة أرامكو بخبرة مهنية عالية تجعلهم مصدرًا غنيًا للبيانات التي يمكن من خلالها قياس أثر تقنيات الذكاء الاصطناعي على السلوكيات الميدانية ومستوى الحوادث والأخطاء البشرية. كما يضم مجتمع البحث مستويات متعددة من الإدارة تشمل الإدارة العليا، والإدارة الوسطى، والعاملين التنفيذيين، مما يسمح بإجراء تحليل شامل للمتغيرات عبر طبقات تشغيلية وإدارية مختلفة.

جدول رقم (٢) مجتمع البحث

القطاع او اسم الشركة	التصنيفات	عدد الموظفين
شركة أرامكو	الإدارة العليا	١
	الإدارة الوسطي	٩
	الموظفين	٣٠

أهمية تحديد مجتمع البحث

يساعد تحديد مجتمع البحث بدقة في ضمان تمثيل جميع الفئات المرتبطة مباشرة بموضوع الدراسة، ويتيح للباحث جمع بيانات واقعية تدعم دقة الاستنتاجات العلمية. ويسهم ذلك في الحد من التحيز، ويضمن أن النتائج المتوصل إليها تعكس فعليًا تأثير تقنيات الذكاء الاصطناعي في بيئة مشاريع أرامكو، خاصة فيما يتعلق بالمخاطر البشرية. كذلك، يتيح هذا التحديد اختيار عينة مناسبة تمكن من تعميم نتائج الدراسة على المجتمع الكلي بدرجة عالية من الموثوقية.

٢,٤,٣ حجم مجتمع البحث وتوزيعه

نظرًا لضخامة مشاريع أرامكو وتنوع مواقعها الهندسية، فإن حجم مجتمع البحث يُعد كبيرًا ومتوزعًا جغرافيًا. ويضم المجتمع آلاف العاملين بين مهندسين وفنيين وإداريين في مشاريع البنية التحتية، التكرير، خطوط الأنابيب، محطات المعالجة، منصات الحفر، ومشاريع الطاقة المتجددة. لن يستطيع البحث تغطية مجتمع الشركة الهائل، وسوف تكون العينة صغيرة بالنسبة إلى حجم مجتمع البحث. ويختلف حجم الفرق حسب طبيعة المشروع، مما يعزز التباين المطلوب في جمع بيانات شاملة تعكس مستويات مختلفة من تطبيق الذكاء الاصطناعي والمخاطر البشرية.

٣,٤,٣ طرق وتقنيات أخذ العينة

نظرًا لكبر حجم المجتمع وصعوبة دراسة جميع أفرادها، استخدمت الدراسة تقنيات علمية في أخذ العينة بهدف الحصول على بيانات دقيقة وواسعة التمثيل. وفيما يلي أهم طرق أخذ العينات التي تمت مراجعتها واختيار الأنسب منها للدراسة.

١- العينة العشوائية البسيطة

تعتمد هذه الطريقة على اختيار أفراد العينة عشوائيًا بحيث تكون جميع مفردات المجتمع ذات فرصة متساوية في الاختيار. وتعد فعالة في حالة الرغبة في أخذ تمثيل عام لموظفي أرامكو دون التركيز على اختلاف المستويات الوظيفية. إلا أن استخدامها محدود في هذه الدراسة نظرًا لعدم أخذ التباينات الوظيفية والتخصصية في الاعتبار.

٢- العينة العشوائية الطبقية

تُعد العينة الطبقية الأكثر ملاءمة لهذه الدراسة نظرًا لتنوع مجتمع البحث داخل شركة أرامكو. وتقوم هذه الطريقة على تقسيم المجتمع إلى طبقات متجانسة مثل:

- المهندسون (مدني، ميكانيكي، كهربائي، أجهزة تحكم)

- مشرفو المواقع.

- الفنيون.

- مدراء المشاريع.

- منسقو السلامة والجودة.

يتم بعد ذلك اختيار عينة عشوائية من كل طبقة بنسبة تتناسب مع حجمها، مما يضمن تمثيلًا حقيقيًا لكافة الفئات المؤثرة في المخاطر البشرية واستخدام الذكاء الاصطناعي. وتُعد هذه الطريقة الأمثل لأنها:

- تقلل من التحيز.
- توفر تمثيلًا دقيقًا لمتغيرات المشاريع.
- تعكس اختلاف مستويات الخبرة والممارسات في مواقع العمل.

٣- العينة العشوائية العنقودية

تُستخدم عندما يكون المجتمع موزعًا جغرافيًا على مواقع متباعدة. ويمكن تطبيقها من خلال اختيار بعض مواقع مشاريع أرامكو كعناقيد كاملة، ثم دراسة جميع العاملين داخل هذه العناقيد. إلا أنها قد تُقصي بعض الاختلافات الوظيفية، مما يقلل من دقتها في دراستنا.

٤- العينة الغير عشوائية (العمدية)

تكون مفيدة في المقابلات النوعية مع خبراء مختصين مثل مديري المشاريع أو قادة السلامة الذين يمتلكون معرفة عميقة بتطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي. استخدمت هذه الطريقة في جزء من الدراسة النوعية للحصول على رؤى معمقة.

٥- العينة العشوائية النظامية

يمكن استخدامها لاختيار أفراد العينة من قوائم الموظفين بشكل دوري (مثل اختيار كل عاشر موظف). ورغم سهولتها، إلا أنها قد تتأثر بأي تحيز في ترتيب القائمة نفسها، ولذلك لم تكن الطريقة الرئيسية.

٦- العينة الحصصية

تُستخدم عندما يرغب الباحث في تمثيل خصائص معينة داخل المجتمع، مثل الجنس أو الخبرة أو التخصص. يمكن استخدامها كطريقة مساعدة في حالة عدم توافر بيانات كاملة عن المجتمع.

٤,٤,٣ اختيار الطريقة الأنسب للدراسة

تم اختيار العينة العشوائية الطبقية كطريقة رئيسية لجمع البيانات الكمية، نظرًا لأنها:

- تُمثّل جميع الفئات الهندسية داخل أرامكو.

- تسمح بدراسة الاختلاف بين مستويات وظيفية مختلفة.

- تعطي نتائج دقيقة وقابلة للتعميم.

أما الدراسة النوعية (المقابلات) فقد اعتمدت على العينة العمدية لضمان اختيار أصحاب الخبرة والمعرفة الدقيقة بالموضوع.

عدد الأشخاص المشاركين في الاستبيان

بلغ إجمالي عدد المشاركين في الاستبيان ٤٠ موظفًا، موزعين على مختلف الأقسام كما هو موضح

أعلاه. تم تصميم الاستبيان للحصول على ردود شاملة ومعمقة حول أثر تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي

في الحد من المخاطر البشرية في المشاريع الهندسية: دراسة تطبيقية على شركة أرامكو السعودية.

عينة البحث	حجم العينة
نستهدف الموظفين في شركة ارامكو	٤٠ موظف

المصدر: الباحث (٢٠٢٥)

٥,٣ طريقة وتقنيات أخذ العينة

تم استخدام أسلوب أخذ العينات الاحتمالية في هذه الدراسة، مما يضمن أن كل فرد في مجتمع البحث لديه فرصة متساوية ليكون جزءًا من العينة. تحديدًا، تم استخدام طريقة أخذ العينات العشوائية البسيطة، حيث تم اختيار الأفراد بشكل عشوائي من بين جميع الموظفين في الشركة دون تمييز أو تحيز. هذه الطريقة تساعد في تحقيق تمثيل عادل لمجتمع البحث وتضمن أن النتائج يمكن تعميمها بشكل موثوق على المجتمع الأكبر.

٦,٣ طرق جمع البيانات

سيتم تحليل البيانات التي تم جمعها إحصائيًا. يتضمن التحليل الإحصائي تحديد البيانات الأولية وتحليلها وتحويلها إلى معلومات مفيدة. سيساعد هذا المنهج على كشف العلاقات الأساسية بين المتغير المستقل (تقنيات الذكاء الاصطناعي) والمتغير التابع (المخاطر البشرية في المشاريع الهندسية) في شركة أرامكو.

١,٦,٣ المتغير المستقل (تقنيات الذكاء الاصطناعي)

يُعد الذكاء الاصطناعي المتغير المستقل الرئيس في هذه الدراسة، نظرًا للدور المحوري الذي تلعبه تقنياته في تطوير العمليات التشغيلية داخل المشاريع الهندسية في شركة أرامكو. وتشهد الشركة، مثل باقي المؤسسات الصناعية العالمية، تحولًا جذريًا نحو رقمنة بيئات العمل بهدف تقليل الأخطاء البشرية وتعزيز السلامة وتحسين إدارة العمليات. ويأتي اختيار هذا المتغير انعكاسًا لأهمية الذكاء الاصطناعي في إعادة تشكيل أنظمة التشغيل واتخاذ القرار، خصوصًا في البيئات عالية المخاطر مثل مشاريع النفط والغاز.

يُقاس المتغير المستقل في هذه الدراسة من خلال مجموعة من الأبعاد التطبيقية التي تعكس استخدامات الذكاء الاصطناعي داخل مشاريع أرامكو، وتشمل:

١. الأنظمة التنبؤية وتحليل البيانات Predictive Analytics

تركّز هذه الأنظمة على تحليل الكم الهائل من البيانات التشغيلية المتعلقة بالمعدات والمواقع الهندسية، بهدف التنبؤ بالأعطال قبل حدوثها. وتُعد هذه الأنظمة أحد أهم الأدوات التي تسهم في خفض المخاطر البشرية عبر تقليل حالات التدخل اليدوي المفاجئ، والحد من وقوع الحوادث الناتجة عن الأعطال غير المتوقعة.

٢. الرؤية الحاسوبية Computer Vision

تستخدم أنظمة الرؤية الحاسوبية لتحليل الصور والفيديوهات التي تلتقطها كاميرات المراقبة في مواقع المشاريع. وتُعد هذه التقنية من أكثر الأدوات فعالية في كشف السلوكيات غير الآمنة وتحديد موقع المخاطر، مثل عدم ارتداء معدات الحماية أو الاقتراب من مناطق خطرة.

يساهم هذا البعد في تعزيز إجراءات السلامة وتقليل الأخطاء البشرية الناتجة عن ضعف الانتباه أو عدم الالتزام بإجراءات الأمن.

٣. الروبوتات الذكية Smart Robotics

تستخدم أرامكو روبوتات متطورة لتنفيذ عمليات الفحص والصيانة في المناطق صعبة الوصول، مما يقلل من حاجة العمال إلى التواجد في بيئات عالية الخطورة. تشمل المهام التي تؤديها الروبوتات:

- فحص خطوط الأنابيب
- الكشف عن التسربات
- تنظيف الخزانات
- تنفيذ عمليات تدخل خطرة

يسهم هذا في الحد من تعرض العمال للمخاطر المباشرة، وبالتالي تقليل الحوادث البشرية.

٤. التوأم الرقمي Digital Twin

يُعد التوأم الرقمي أحد أكثر التقنيات تقدماً، حيث يُنشئ نموذجاً افتراضياً كاملاً لمواقع المشاريع الهندسية ليحاكي واقع التشغيل الحقيقي. يسمح ذلك بتجربة السيناريوهات المحتملة قبل تنفيذها فعلياً، مما يقلل من الأخطاء البشرية أثناء التخطيط أو التنفيذ. كما يساعد على تحسين اتخاذ القرار ودعم العمليات التشغيلية.

جدول رقم (٢) المتغير المستقل

المتغير	الأبعاد	عدد العناصر	المرجع
الذكاء الاصطناعي	الأنظمة التنبؤية وتحليل البيانات	٤	تعامرة (٢٠١٧)
	الرؤية الحاسوبية	٣	
	الروبوتات الذكية	٣	
	التوأم الرقمي	٣	
	المجموع	١٣	

بواسطة الباحث (٢٠٢٥)

٢,٦,٣ المتغير التابع (المخاطر البشرية في المشاريع الهندسية)

يمثل المتغير التابع في هذه الدراسة مستوى المخاطر البشرية التي يتعرض لها العاملون في المشاريع الهندسية داخل شركة أرامكو. ويُقصد بالمخاطر البشرية جميع الأخطاء أو السلوكيات التي يقوم بها الموظفون وقد تؤدي إلى وقوع حوادث أو تعطل العمليات. ونظرًا لكون المشاريع النفطية من أكثر القطاعات حساسية للمخاطر، فإن خفض الأخطاء البشرية يُعد ضرورة استراتيجية.

يتم قياس المتغير التابع من خلال أربعة أبعاد رئيسية تمثل العوامل المؤثرة في حوادث العمل:

١. الأخطاء التشغيلية Operational Errors

تشمل الأخطاء الناتجة عن سوء استخدام المعدات، أو ضعف الفهم الفني، أو اتخاذ قرارات خاطئة أثناء التشغيل. يُعد هذا البعد من أكثر مصادر الحوادث في المواقع الصناعية.

٢. السلوكيات غير الآمنة Unsafe Behaviors

تتضمن السلوكيات التي يقوم بها العمال بشكل يخالف إجراءات السلامة، مثل:

• عدم ارتداء معدات الوقاية

• الاقتراب من مناطق غير مأمونة

• تجاوز حدود التشغيل

يُسهّم هذا البعد في كشف السلوكيات التي يمكن للذكاء الاصطناعي الحد منها عبر أنظمة المراقبة والتحذير.

٣. ضعف اتخاذ القرار Decision-Making Weakness

يرتبط هذا البعد بمدى قدرة العاملين والمشرفين على اتخاذ قرارات صحيحة وسريعة في بيئات العمل الديناميكية. وتساعد تقنيات الذكاء الاصطناعي في دعم القرار عبر توفير بيانات دقيقة وفورية.

٤. الإجهاد والعبء الذهني Human Stress & Cognitive Load

تشير هذه الفئة إلى الضغوط التي تؤثر على تركيز العامل وقدرته على الأداء، مثل بيئة العمل المرهقة أو التعرض المستمر للخطر، مما يرفع احتمال الخطأ البشري.

جدول رقم (٣) المتغير التابع

المتغير	الأبعاد	عدد العناصر	المرجع
المخاطر البشرية	الأخطاء التشغيلية	٤	قادري (٢٠١٩)
	السلوكيات غير الآمنة	٣	
	ضعف اتخاذ القرار	٣	
	الإجهاد والعبء الذهني	٣	
	المجموع	١٣	

بواسطة الباحث (٢٠٢٥)

٧,٣ طرق قياس المتغيرات

الاستبانة الخاصة بالمتغير المستقل

اعتمد الباحث على استبانة مبنية على نماذج عالمية في قياس تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي مثل استبانة *Schatsky, 2020*، وقام بتعديلها لتناسب بيئة أرامكو.

تتضمن الاستبانة ١٣ بنداً موزعة على أربعة أبعاد، وتُقاس باستخدام مقياس ليكرت الخماسي.

الاستبانة الخاصة بالمتغير التابع

اعتمد الباحث في بناء استبانة المخاطر البشرية على مرجع *Reason (2016)* الخاص بتحليل الأخطاء البشرية، مع تكييف البنود لتناسب بيانات المشاريع الهندسية داخل أرامكو.

٣,٧ أنواع البيانات

أولاً: البيانات الأولية

تشمل:

١. الاستبيان

وُزعت على المهندسين والمشرفين في مشاريع أرامكو، وتضم أسئلة لقياس:

- مستوى تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي

- مستوى المخاطر البشرية

٢. المقابلات شبه المهيكلة

لتعميق التحليل وشرح أسباب النتائج الكمية.

٣. الملاحظة المباشرة

من خلال زيارة مواقع عمل وملاحظة الإجراءات التشغيلية.

ثانيًا: البيانات الثانوية

وتشمل:

- كتب متخصصة في الذكاء الاصطناعي وإدارة المخاطر
- مقالات علمية منشورة في مجلات هندسية
- تقارير أرامكو السنوية حول الأمن والسلامة
- دراسات سابقة عربية وأجنبية حول المخاطر البشرية والتحول الرقمي

٨,٣ طرق وإجراءات تحليل البيانات

في هذه الدراسة، تم استخدام مجموعة من الأساليب والإجراءات الإحصائية لتحليل البيانات بهدف الوصول إلى نتائج دقيقة وموثوقة تعكس أثر تقنيات الذكاء الاصطناعي على الحد من المخاطر البشرية في المشاريع الهندسية داخل شركة أرامكو. بدأت عملية التحليل بمرحلة تنظيف البيانات (Data Cleaning)، والتي شملت التأكد من اكتمال الاستبيانات، ومعالجة القيم المفقودة، والتحقق من اتساق الإجابات لضمان جودة قاعدة البيانات المستخدمة في التحليل.

بعد ذلك، تم استخدام الإحصاءات الوصفية (Descriptive Statistics) مثل المتوسطات، والانحراف المعياري، والنسب المئوية، وذلك لتوصيف خصائص العينة وفهم الاتجاهات العامة للبيانات. كما تم تطبيق معامل الثبات (كرونباخ ألفا) لقياس مدى موثوقية أدوات القياس، وضمان اتساق بنود الاستبيان المتعلقة بكل من المتغير المستقل والمتغير التابع.

تبع ذلك استخدام تحليل الارتباط (Correlation Analysis) للكشف عن طبيعة العلاقة بين تقنيات الذكاء الاصطناعي والمخاطر البشرية. كما تم الاعتماد على الانحدار الخطي المتعدد (Multiple Regression) لقياس مدى تأثير أبعاد الذكاء الاصطناعي مجتمعة على تقليل المخاطر البشرية، وتحديد الأبعاد الأكثر تأثيرًا.

وأخيرًا، تم استخدام تحليل الفرضيات الإحصائية عبر اختبار (T-Test) و (ANOVA) عند الحاجة، وذلك لتفسير الفروق بين المجموعات. أسهمت هذه الإجراءات في تقديم تحليل منهجي شامل يدعم استخلاص نتائج دقيقة وتوصيات مبنية على بيانات علمية.

الخاتمة

ختامًا، يُظهر هذا الفصل أهمية المنهجية البحثية بوصفها الأساس الذي تقوم عليه الدراسة العلمية، حيث تم من خلاله تحديد الأدوات والإجراءات اللازمة لفهم أثر تقنيات الذكاء الاصطناعي في الحد من المخاطر البشرية في المشاريع الهندسية داخل شركة أرامكو. وقد تناول الفصل شرحًا تفصيليًا للمنهجية المعتمدة، بما في ذلك تصميم البحث، وتعريف المتغيرات الإجرائية، وطرق جمع البيانات، وتقنيات أخذ العينات، بالإضافة إلى الإجراءات المتبعة في تحليل البيانات. أسهم هذا التكامل المنهجي في ضمان بناء إطار بحثي رصين يتيح التعمق في دراسة العلاقات بين المتغير المستقل ممثلًا في تقنيات الذكاء الاصطناعي، والمتغير التابع المتمثل في المخاطر البشرية في المشاريع الهندسية.

كما أبرز الفصل دور البيانات الأولية والثانوية في دعم الباحث للحصول على معلومات شاملة ومعالجة موضوع الدراسة من زوايا متعددة، مما يسهم في تعزيز مصداقية النتائج التي سيتم التوصل إليها لاحقًا. ويُعد استخدام التحليل الإحصائي المتقدم خطوة جوهرية لفهم التأثيرات المختلفة وللتأكد من صحة الفرضيات المطروحة.

وبذلك، يمهد هذا الفصل الطريق للانتقال إلى الفصول التالية، حيث سيتم عرض النتائج وتحليلها ومناقشتها في ضوء الإطار النظري والدراسات السابقة، مما يساعد في الوصول إلى استنتاجات واضحة وتوصيات عملية تسهم في دعم جهود تقليل المخاطر البشرية وتعزيز الاعتماد على تقنيات الذكاء الاصطناعي في المشاريع الهندسية داخل أرامكو.

٤. الفصل الرابع : التحليل الإحصائي لنتائج الدراسة

١,٤ المقدمة

يتناول هذا الفصل عرضاً لنتائج الدراسة الميدانية التي تم تحليلها إحصائياً باستخدام البرامج الإحصائية SPSS الإصدار ٢٨. يركز الفصل الحالي على التحليل الإحصائي الذي يتضمن الإحصاء الوصفي للعينه محل الدراسة، بهدف تقديم فهم عميق للبيانات التي تم جمعها. كما يتناول الفصل اختبار صدق وثبات الاستبيانات المستخدمة في جمع البيانات، وذلك لضمان دقة وموثوقية النتائج المستخلصة من عينة الدراسة الحالية.

لضمان صحة الفرضيات ومدى ملاءمة النموذج، تم استخدام تحليل الانحدار الخطي البسيط كأداة رئيسية في اختبار العلاقات بين المتغيرات المستقلة والمتغيرات التابعة. يساعد هذا التحليل على فهم تأثير تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في الحد من المخاطر البشرية في المشاريع الهندسية في شركة ارامكو بالسعودية. كما تم الاعتماد على تحليل البيانات باستخدام SPSS الإصدار ٢٨ لتحقيق دقة عالية في النتائج وتقديم توصيات مبنية على أسس علمية قوية.

٢,٤ خصائص عينة الدراسة

• تم توزيع مفردات عينة الدراسة وفقا للجنس - الفئة العمرية - عدد سنوات الخبرة - طبيعة العمل والمستوى التعليمي.

• تم حساب التكرارات والنسب المئوية لأفراد عينة الدراسة وتتمثل في المعلومات الديموغرافية التي تشمل:

O الجنس يشمل (ذكر، أنثى)

O الفئة العمرية تشمل (أقل من 25 سنة ، من 25 إلى 35 سنة، أكثر من 45 سنة)

O عدد سنوات الخبرة تشمل (أقل من 5 سنوات ,من 5 إلى 9 سنوات ,من 10 إلى 14 سنة)

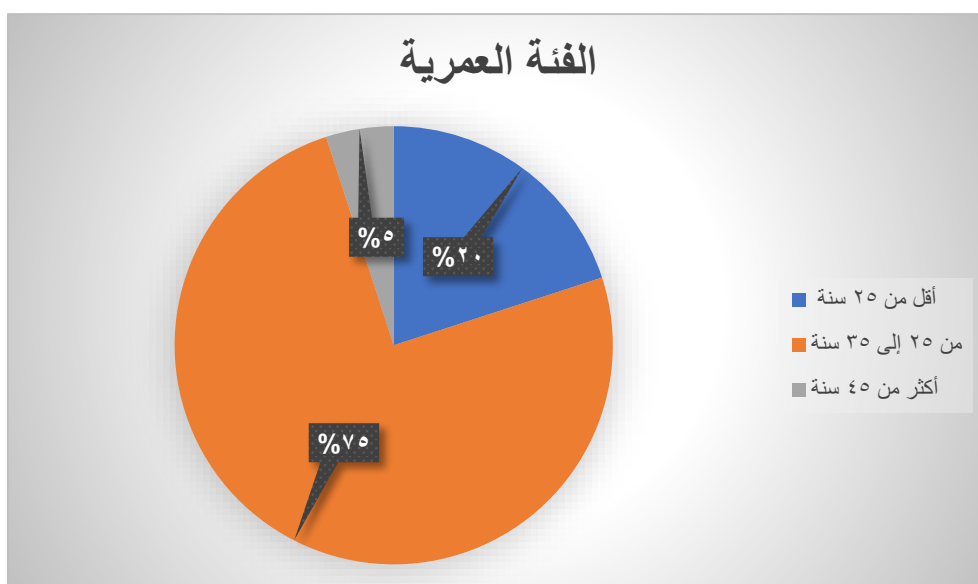
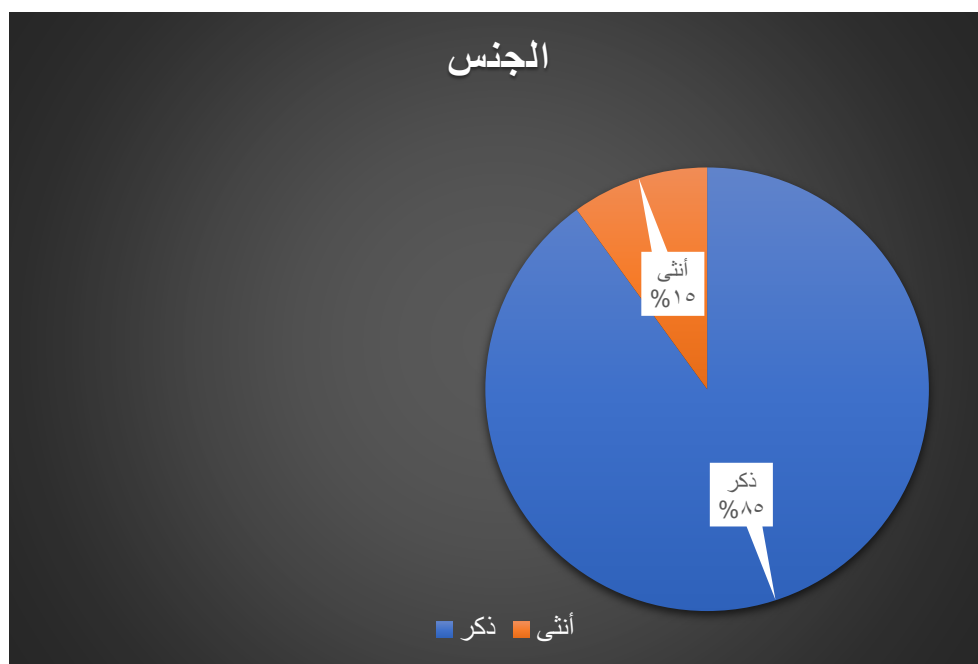
O المستوى الإداري يشمل (الإدارة التشغيلية / الإدارة الوسطى / الإدارة العليا)

O المستوى التعليمي يشمل (دبلوم / بكالوريوس / ماجستير)

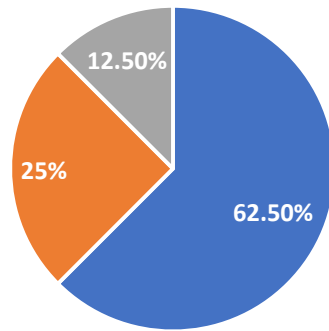
• الجدول الوصفي لعينة الدراسة

المتغير	فئات المتغير	العدد	نسبة العينة الإجمالية
الجنس	ذكر	٣٤	%٨٥
	أنثى	٦	%١٥
	الإجمالي	٤٠	%١٠٠
الفئة العمرية	أقل من ٢٥ سنة	٨	%٢٠
	من ٢٥ إلى ٣٥ سنة	٣٠	%٧٥
	أكثر من ٤٥ سنة	٢	%٥
	الإجمالي	٤٠	%١٠٠
عدد سنوات الخبرة	أقل من ٥ سنوات	٢٥	%٦٢,٥
	من ٥ إلى ٩ سنوات	١٠	%٢٥
	من ١٠ إلى ١٤ سنة	٥	%١٢,٥
	الإجمالي	٤٠	%١٠٠
المستوى التعليمي	دبلوم	١٠	%٢٥
	بكالوريوس	٢٥	%٦٢,٥
	ماجستير	٥	%١٢,٥
	الإجمالي	٤٠	%١٠٠
المستوى الإداري	الادارة التشغيلية	٣٠	%٧٥
	الادارة الوسطى	٩	%٢٢,٥
	الادارة العليا	١	%٢,٥
	الإجمالي	١٠	%١٠٠

• رسم توضيحي لكل فقرة من الأسئلة الشخصية لعينة الدراسة

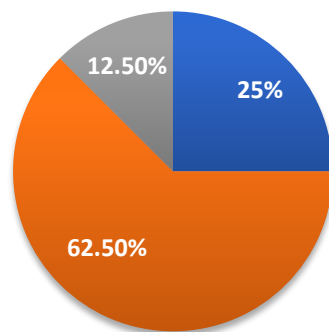


سنوات الخبرة



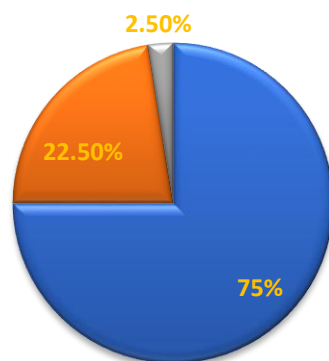
■ أقل من ٥ سنوات ■ من ٥ إلى ٩ سنوات ■ من ١٠ إلى ١٤ سنة

المستوى التعليمي



■ دبلوم ■ بكالوريوس ■ ماجستير

المستوى الإداري



■ الإدارة التشغيلية ■ الإدارة الوسطى ■ الإدارة العليا

٣,٤ قياس صدق وثبات أدوات الدراسة

من أجل التحقق من صدق وثبات المقاييس المستخدمة في الدراسة ,تم اختبار صدق الاتساق الداخلي للاستبيانات المستخدمة لقياس متغيرات الدراسة، بالإضافة إلى قياس الصدق التقاربي عن طريق قياس متوسط التباين المستخرج Average Variance Extracted AVE.

بينما تم قياس الثبات للمقاييس المستخدمة في الدراسة عن طريق قياس قيمة ألفا كرونباخ Cronbach's alpha , من خلال نموذج المعادلة البنائية Structural equation modeling , باستخدام برنامج التحليل الإحصائي SPSS بالإصدار 28 الفقرات والجداول التالية توضح ذلك. SEM

١,٣,٤ صدق المقاييس المستخدمة في الدراسة

تم اختبار صدق الاتساق الداخلي للمقاييس المستخدمة في قياس متغيرات الدراسة ,بالإضافة إلى قياس الصدق التقاربي عن طريق قياس متوسط التباين المستخرج Average Variance Extracted.

صدق الاتساق الداخلي : يقصد به مدي اتساق كل عبارة من عبارات الاستبانة للمتغير الذي تنتمي إليه، لذا قامت الباحثة بقياس الاتساق الداخلي للاستبانات من خلال حساب معاملات الارتباط بين درجة كل عبارة والدرجة الكلية للمتغير التي تنتمي إليه . وفقا لدراسة Kaiser (1974) معامل الارتباط أقل من 0.5 يتم حذفه من الاستبانة.

الصدق التقاربي Convergent Validity: يتم قياس متوسط التباين بين العبارات التي تقيس نفس المقياس ,وذلك عن طريق احتساب متوسط التباين المستخرج AVE التي يجب ان تكون قيمتها أكبر من 0.5 وفقا ل Hair et al (2006).

الجدول التالية توضح النتائج الاحصائية الخاصة بمعاملات الارتباط الانحراف المعياري , قيمة T المحسوبة , وقيمة P value , بين درجة كل عبارة والدرجة الكلية للمتغير لقياس صدق الاتساق الداخلي للاستبانات . كذلك احتساب قيمة متوسط التباين المستخرج AVE لقياس الصدق التقاربي للاستبانات وذلك من خلال نموذج المعادلة البنائية SPSS بالإصدار , 28 كما يلي:

٤,٤ نتائج الدراسة ومناقشتها

• توصيف عينة الدراسة

- فيما يلي التحليل التفصيلي للجدول السابق الذي يوضح توزيع العينة بناءً على عدة متغيرات ديموغرافية، وهي الجنس، الفئة العمرية، عدد سنوات الخبرة، المستوى التعليمي، والمستوى الإداري. تم جمع هذه البيانات من عينة مكونة من ٤٠ مشاركاً، مما يوفر نظرة تفصيلية حول التوزيع الديموغرافي للعينة وخصائصها.

١- الجنس

- عدد الذكور : يوجد في العينة ٣٤ مشاركاً من الذكور، مما يشكل ٨٥ % من العينة.
- عدد الإناث : هناك ٦ مشاركات من الإناث، ويشكلن ١٥ % من العينة.
- يشير هذا التوزيع إلى أن العينة يغلب عليها الذكور، مما قد يعكس طبيعة بيئة العمل في شركة المراعي أو القطاع المدروس. يمثل الذكور الأغلبية الواضحة في العينة، وهو ما قد يؤثر على تفسيرات النتائج بناءً على الفروق بين الجنسين.

٢- الفئة العمرية

- أقل من ٢٥ سنة : تحتوي العينة على ٨ مشاركين تقل أعمارهم عن ٢٥ سنة، وهم يمثلون ٢٠ % من العينة.
- من ٢٥ إلى ٣٥ سنة : يمثل العدد الأكبر من المشاركين الفئة العمرية بين ٢٥ و ٣٥ سنة، ويشكلون ٣٠ مشاركاً، وهو ما يعادل ٧٥ % من العينة.
- أكثر من ٤٥ سنة : تضم العينة ٢ مشاركين فقط تزيد أعمارهم عن ٤٥ سنة، مما يشكل ٥ % من العينة.

- يعكس التوزيع العمري للعيينة تركيزًا كبيرًا في الفئة العمرية من ٢٥ إلى ٣٥ سنة، وهي فئة غالبًا ما تكون في مرحلة التطور الوظيفي والنشاط العالي في بيئة العمل. يمكن لهذا التوزيع أن يكون مؤشرًا على التركيبة العمرية السائدة في الشركة، حيث تبرز الفئة الشابة كأغلبية، مما قد يؤثر على مستوى الديناميكية والابتكار في المؤسسة.

٣- عدد سنوات الخبرة

- أقل من ٥ سنوات : الأغلبية في العينة تمتلك خبرة تقل عن ٥ سنوات، حيث يشكلون ٢٥ مشاركًا، بما يعادل ٦٢.٠ % من العينة.
- من ٥ إلى ٩ سنوات : هناك ١٠ مشاركين لديهم خبرة تتراوح بين ٥ و ٩ سنوات، ويمثلون ٢٥.٠ % من العينة.
- من ١٠ إلى ١٤ سنة : فقط ٥ مشاركين يمتلكون خبرة بين ١٠ و ١٤ سنة، مما يشكل ١٢.٥ % من العينة.
- يشير هذا التوزيع إلى أن معظم أفراد العينة يتمتعون بخبرة وظيفية محدودة، إذ أن الغالبية العظمى تقل خبرتهم عن ٥ سنوات. من الممكن أن يعكس هذا التوزيع وجود نسبة كبيرة من الموظفين الشباب أو حديثي الانضمام للشركة. وقد يؤثر هذا العامل على بعض المتغيرات مثل الرضا الوظيفي، والالتزام المؤسسي، والرغبة في الاستمرار بالعمل.

٤- المستوى التعليمي

- دبلوم : يوجد ١٠ مشاركين حاصلين على مؤهل الدبلوم، ويمثلون ٢٥.٠ % من العينة.
- بكالوريوس : أغلبية العينة تحمل مؤهل البكالوريوس، حيث بلغ عددهم ٢٥ مشاركًا، ويشكلون ٦٢.٥ % من العينة.
- ماجستير : يوجد ٥ مشاركين حاصلين على درجة الماجستير، مما يمثل ١٢.٥ % من العينة.

- يعكس هذا التوزيع أن مستوى التعليم السائد بين أفراد العينة هو درجة البكالوريوس، وهو أمر شائع في البيئات المهنية التي تتطلب مهارات تقنية وإدارية. يمكن لهذا المستوى التعليمي أن يكون مؤثراً في تحليل الاستعداد للتعامل مع تقنيات الإدارة الإلكترونية وفهم سياسات تنمية الموارد البشرية، حيث أن مستوى التعليم قد يؤثر على قدرة الأفراد على استيعاب المفاهيم الإدارية الحديثة.

٥- المستوى الإداري

- الإدارة التشغيلية: يشكل العاملون في الإدارة التشغيلية الأغلبية، حيث يوجد ٣٠ مشاركاً، يمثلون ٧٥ % من العينة.
- الإدارة الوسطى : تشمل الإدارة الوسطى ٩ مشاركين، مما يشكل ٢٢,٥ % من العينة.
- الإدارة العليا : هناك مشارك واحد فقط من الإدارة العليا، وهو ما يمثل ٢,٥ % من العينة.
- يظهر هذا التوزيع تركيزاً كبيراً على المستويات التشغيلية والإدارية الوسيطة، مما يعني أن الغالبية من العينة هم من العاملين الذين يتعاملون مع العمليات اليومية في الشركة، بينما يقل عدد المشاركين من المستويات الإدارية العليا. قد يؤثر هذا التوزيع على النتائج المتعلقة بالقرارات الاستراتيجية، حيث أن التركيز على المستويات التنفيذية يوفر رؤية أعمق حول كيفية تطبيق الإدارة الإلكترونية وتنمية الموارد البشرية على المستوى اليومي.

• تحليل إجمالي

- بناءً على التحليل التفصيلي لفئات المتغيرات في العينة، يمكن استنتاج ما يلي:
- التفوق العددي للذكور في العينة يعكس هيمنة الذكور في البيئة الوظيفية المدروسة، مما قد يؤثر على تفسيرات بعض النتائج المرتبطة بالجنس.
- الفئة العمرية السائدة هي من ٢٥ إلى ٣٥ سنة، مما يدل على قوة عاملة شابة نسبياً، والتي من المتوقع أن تكون أكثر تقبلاً للتقنيات الحديثة في تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي.

- الأغلبية لديها خبرة أقل من ٥ سنوات، مما يشير إلى أن الشركة قد تكون قد استقطبت حديثاً مجموعة كبيرة من الموظفين الجدد، أو أن هيكل التوظيف في الشركة يعزز توظيف الأفراد ذوي الخبرة المحدودة.
- مستوى التعليم السائد هو البكالوريوس، مما يوفر للعينة فهماً جيداً للمتطلبات الأساسية لتقنيات الذكاء الاصطناعي، ويعزز من استيعابهم لأهمية تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي.
- التركيز على المستويات التشغيلية، مما يعكس رؤية عميقة في العمليات اليومية ويعطي فرصة لتحليل تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي على مستوى العمليات الفعلية أكثر من الاستراتيجية.
- يقدم هذا التوزيع قاعدة متينة لتحليل النتائج وفهم كيفية تأثير المتغيرات المستقلة مثل تقنيات الذكاء الاصطناعي على الحد من المخاطر البشرية في شركة ارامكو.

١,٤,٤ تحليل نتائج الدراسة الميدانية

المحور الأول: مستوى معرفة الموظفين بتقنيات الذكاء الاصطناعي المستخدمة في مشاريع أرامكو الهندسية

م	العناصر	موافق بشدة	موافق	محايد	غير موافق	غير موافق بشدة
١	لدي معرفة كافية بمفهوم تقنيات الذكاء الاصطناعي ودورها في تنفيذ المشاريع الهندسية داخل شركة أرامكو.	%٥	%٢٠	%٤٥	%٢٦	%٤
٢	أعرف الأنظمة الذكية المستخدمة في رصد المخاطر مثل أنظمة التحليل التنبؤي وأنظمة مراقبة السلامة المعتمدة على الذكاء الاصطناعي.	%١٠	%٢٠	%٤٠	%٢٥	%٥
٣	أملك معرفة جيدة بطرق عمل الروبوتات الصناعية والأنظمة المؤتمتة المستخدمة في مواقع العمل الهندسية.	%٢٥	%٢٠	%٤٥	%٥	%٥
٤	أستطيع التمييز بين أنواع تقنيات الذكاء الاصطناعي المستخدمة في المشاريع، مثل الطائرات بدون طيار، وأجهزة الاستشعار الذكية، وخوارزميات الكشف المبكر.	%٤٠	%٣٠	%١٥	%١٠	%٥
٥	أدرك آليات عمل أنظمة تحليل البيانات الضخمة التي تساعد في التنبؤ بالمخاطر البشرية قبل وقوعها.	%٣٠	%٥٠	%١٥	%٥	٠
٦	لدي فهم واضح لكيفية استخدام الذكاء الاصطناعي في تحسين إجراءات السلامة وتقليل الأخطاء البشرية في المشاريع الهندسية.	%٤٠	%٤٠	%١٥	%٥	٠

يوضح الجدول مدى معرفة الموظفين في مشاريع أرامكو بتقنيات الذكاء الاصطناعي وأدواتها المختلفة.

وتكشف النتائج عن تباين في مستويات المعرفة بين الموظفين، مما يعكس اختلاف الخبرات والاحتكاك

العملي بهذه التقنيات. وفيما يلي تحليل مفصل لكافة البنود:

١. لدي معرفة كافية بمفهوم تقنيات الذكاء الاصطناعي ودورها في تنفيذ المشاريع الهندسية داخل شركة أرامكو.

تشير النتائج إلى أن ٢٥ % فقط من المبحوثين يوافقون أو يوافقون بشدة على امتلاكهم معرفة كافية بالمفهوم العام للذكاء الاصطناعي، مقابل ٣ % غير موافقين و ٤٥ % محايدين. يوضح ذلك وجود نقص نسبي في الوعي المفاهيمي لدى غالبية الموظفين، حيث إن نسبة المحايدين المرتفعة تعكس ضعف المعرفة أو عدم الاحتكاك المباشر بالتطبيقات الذكية.

٢. أعرف الأنظمة الذكية المستخدمة في رصد المخاطر مثل أنظمة التحليل التنبؤي وأنظمة مراقبة السلامة .

أفاد ٣٠ % من المشاركين بأن لديهم معرفة بهذه الأنظمة، بينما أظهر ٢٥ % عدم معرفة و ٤٠ % كانوا محايدين. تشير هذه النتائج إلى محدودية إلمام الموظفين بالتقنيات المتقدمة المعنية بإدارة المخاطر، رغم أهميتها الكبيرة في البيئة الهندسية لشركة أرامكو.

٤. أملك معرفة جيدة بطرق عمل الروبوتات الصناعية والأنظمة المؤتمتة المستخدمة في مواقع العمل. شهد هذا البند ارتفاعاً واضحاً في المعرفة، حيث عبر ٤٥ % عن الموافقة الشديدة أو الموافقة، مقابل ١٠ % فقط غير موافقين. تعكس هذه النسبة أن الروبوتات الصناعية أصبحت أكثر انتشاراً في مشاريع أرامكو، وأن الموظفين باتوا أكثر خبرة في التعامل معها.

٥. أستطيع التمييز بين أنواع تقنيات الذكاء الاصطناعي المستخدمة في المشاريع.

أظهر هذا البند أعلى مستويات المعرفة؛ إذ بلغت نسبة الموافقة الشديدة والموافقة ٧٠ %، وهو مؤشر على وعي مرتفع بالتقنيات المستخدمة عملياً مثل الطائرات بدون طيار وأجهزة الاستشعار الذكية. كما أن نسبة غير الموافقين بلغت ١٥ % فقط، مما يدل على فهم مناسب لدى الغالبية لهذه التقنيات.

٥. أدرك آليات عمل أنظمة تحليل البيانات الضخمة المستخدمة في التنبؤ بالمخاطر .

وُجد أن ٨٠ % من المشاركين لديهم معرفة بهذه الأنظمة (موافق بشدة ٣٠%، موافق ٥٠%)، وهي نسبة مرتفعة تعكس الاهتمام المتزايد لدى أرامكو ببيانات السلامة والتحليل التنبؤي. عدم وجود أي نسبة “غير موافق بشدة” يشير إلى غياب الرفض أو عدم الفهم الكامل لهذا الجانب.

٦. لدي فهم واضح لكيفية استخدام الذكاء الاصطناعي في تحسين إجراءات السلامة وتقليل الأخطاء البشرية .

بلغت نسبة الموافقة والموافقة الشديدة ٨٠%، وهي من أعلى النسب في المحور، مما يدل على إدراك جيد لأهمية الذكاء الاصطناعي في تعزيز السلامة الهندسية وتقليل المخاطر البشرية. ينسجم هذا مع مبادرات أرامكو التي تسعى لتبني أنظمة ذكية في إدارة السلامة والمخاطر.

الخلاصة العامة للمحور

تشير النتائج إلى أن معرفة الموظفين بتقنيات الذكاء الاصطناعي تتراوح بين متوسطة إلى مرتفعة، مع تميز واضح في البنود المتعلقة بالتطبيق العملي مثل الروبوتات، وتحليل البيانات، وأنظمة السلامة الذكية. بينما تظهر معرفة أقل في البنود النظرية أو المفاهيمية.

هذا يعكس أن برامج التدريب في أرامكو تركز أكثر على التطبيقات التقنية الفعلية، بينما تحتاج إلى تعزيز فهم الموظفين للمفاهيم النظرية والأسس العلمية للذكاء الاصطناعي.

المحور الثاني: درجة اعتماد مشاريع أرامكو على تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر البشرية

م	العناصر	موافق بشدة	موافق	محايد	غير موافق	غير موافق بشدة
١	تعتمد المشاريع الهندسية في أرامكو على أنظمة الذكاء الاصطناعي لرصد المخاطر البشرية بشكل مستمر ودقيق.	%٤٠	%٤٠	%١٠	%١٠	٠
٢	تستخدم المشاريع أنظمة تحليل تنبؤي معتمدة على الذكاء الاصطناعي للتنبؤ بالحوادث المحتملة قبل وقوعها.	%٥٥	%٣٠	%١٠	٠	%٥
٣	يتم الاعتماد على أجهزة استشعار ذكية لجمع البيانات المتعلقة بسلامة العاملين في مواقع المشاريع.	%٥٠	%٢٥	%١٥	%٥	%٥
٤	تستفيد المشاريع من الطائرات بدون طيار المدعومة بالذكاء الاصطناعي لمراقبة المناطق الخطرة وتقليل تعرض العاملين للمخاطر المباشرة.	%٤٠	%٣٠	%٢٠	%١٠	٠
٥	تعتمد مشاريع أرامكو على روبوتات أو أنظمة مؤتمتة للقيام بالمهام عالية الخطورة بدلاً من العمال البشر.	%٤٥	%٣٠	%٢٠	%٥	٠

يعرض الجدول مستوى اعتماد مشاريع أرامكو الهندسية على تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر البشرية. وتوضح النسب وجود توجه قوي داخل الشركة نحو دمج الأنظمة الذكية لحماية العاملين وتقليل الأخطاء البشرية. وفيما يلي شرح تفصيلي لنتائج كل بند على حدة:

١. اعتماد المشاريع الهندسية في أرامكو على أنظمة الذكاء الاصطناعي لرصد المخاطر البشرية بشكل مستمر ودقيق

تشير نتائج الجدول إلى أن ٤٠ % من المشاركين يوافقون بشدة و ٤٠ % يوافقون على أن المشاريع الهندسية داخل أرامكو تعتمد بالفعل على أنظمة ذكاء اصطناعي لرصد المخاطر البشرية بصورة مستمرة ودقيقة، وبذلك تبلغ نسبة الموافقة الكلية ٨٠ %. وتعكس هذه النتيجة أن الشركة قد وصلت إلى مستوى

متقدم في تبني تقنيات الرصد الذكي التي تعمل على تحليل حركة العاملين، وتحديد السلوكيات الخطرة، وإصدار تنبيهات فورية قبل وقوع الحوادث.

كما تُظهر نسبة ١٠ % فقط من المحايدين و ١٠ % غير موافقين وجود فوارق بسيطة بين المشاريع أو بين مستويات الموظفين في مدى الاحتكاك بهذه الأنظمة. لكن النسبة المنخفضة لعدم الموافقة تؤكد أن هذه التقنية أصبحت جزءًا أساسيًا من منظومة إدارة السلامة في أرامكو، وبخاصة في المواقع ذات الحساسية العالية مثل المنشآت النفطية ومواقع الحفر والصيانة.

٢. استخدام المشاريع أنظمة تحليل تنبؤي معتمدة على الذكاء الاصطناعي للتنبؤ بالحوادث المحتملة قبل وقوعها

يبين الجدول أن ٥٥ % من الموظفين يوافقون بشدة و ٣٠ % يوافقون على استخدام أنظمة التحليل التنبؤي، مما يجعل نسبة القبول الإجمالية ٨٥ % وتعد هذه النتيجة مؤشرًا قويًا على تبني أرامكو لأنظمة الذكاء الاصطناعي القادرة على معالجة البيانات الضخمة والتنبؤ بالحوادث قبل حدوثها، مثل التنبؤ بانهايار المعدات، أو اكتشاف تعب العاملين، أو توقع التسربات والانبعاثات.

وتُظهر نسبة ١٠ % من المحايدين أن جزءًا من الموظفين لا يحتك مباشرة بهذه الأنظمة أو لا يعرف تفاصيل عملها، بينما بلغت نسبة غير الموافقين بشدة ٥ % فقط، ما يدل على أن تطبيق هذه الأنظمة واسع ومتقدم لكنه قد لا يكون مفعلاً بالقدر نفسه في كل المواقع أو لجميع الفرق الهندسية.

٣. الاعتماد على أجهزة استشعار ذكية لجمع البيانات المتعلقة بسلامة العاملين في مواقع المشاريع تشير نتائج الجدول إلى أن ٥٠ % من المشاركين يوافقون بشدة و ٢٥ % يوافقون على وجود اعتماد واضح على أجهزة الاستشعار الذكية في مشاريع أرامكو، لتصل نسبة الموافقة الإجمالية إلى ٧٥ % ويؤكد ذلك أن أنظمة الاستشعار أصبحت جزءًا رئيسيًا في بنية السلامة التشغيلية داخل المواقع الهندسية، حيث تُستخدم لرصد عوامل مثل جودة الهواء، درجات الحرارة، مستويات الاهتزاز، وسلوك العاملين.

وجود ١٥% محايدون قد يعكس أن بعض العاملين لا يتعاملون مباشرة مع هذه الأجهزة بحكم طبيعة مهامهم، بينما تُظهر نسبة ١٠% غير موافقين (٥% غير موافق + ٥% غير موافق بشدة) أن استخدام هذه التكنولوجيا قد لا يكون منتشرًا بشكل كامل في جميع المشاريع أو قد يختلف من موقع لآخر. ومع ذلك، فإن ارتفاع نسبة الموافقة يشير إلى تقدم كبير في تبني الحلول الذكية لتقليل المخاطر البشرية المرتبطة بالعمل.

٤. الاستفادة من الطائرات بدون طيار المدعومة بالذكاء الاصطناعي لمراقبة المناطق الخطرة وتقليل تعرض العاملين للمخاطر المباشرة

تُظهر النتائج أن ٤٠% من الموظفين يوافقون بشدة و ٣٠% يوافقون على استخدام الطائرات بدون طيار المزودة بأنظمة ذكاء اصطناعي في مشاريع أرامكو، مما يشير إلى نسبة موافقة مرتفعة بلغت ٧٠% وتدل هذه النسبة على أن الشركة تعتمد بصورة واضحة على الطائرات المسيّرة في تنفيذ المهام الخطرة مثل مراقبة خطوط الأنابيب، وفحص الأبراج العالية، ومسح المواقع ذات الخطورة العالية.

كما تكشف نسبة ٢٠% من المحايدين عن وجود تفاوت في استخدام هذه التقنية بين المشاريع، بينما أظهرت نسبة ١٠% غير موافقين عدم انتشار التكنولوجيا في بعض المناطق أو تأخر توظيفها في بعض الأنشطة. وتشير هذه البيانات عمومًا إلى أن الطائرات بدون طيار أصبحت أداة مهمة في دعم سلامة العاملين، وتحقيق هدف الشركة في تقليل مخاطر التعرض المباشر للمواقع الخطرة.

٥. اعتماد مشاريع أرامكو على روبوتات أو أنظمة مؤتمتة للقيام بالمهام عالية الخطورة بدلاً من العمال البشر

توضح النتائج أن ٤٥% من المشاركين يوافقون بشدة و ٣٠% يوافقون على استخدام الروبوتات والأنظمة المؤتمتة في أرامكو، مما يجعل نسبة الموافقة الإجمالية ٧٥% وتعكس هذه النسبة اعتمادًا قويًا على الروبوتات في المهام التي تشكل تهديدًا مباشرًا للعاملين، مثل اللحام في بيئات شديدة الحرارة، معالجة المواد الكيميائية، أو فحص المنشآت الداخلية الضيقة.

في المقابل، بلغت نسبة ٢٠% من المحايدين، وهو ما قد يشير إلى أن الموظفين الذين لا يعملون مباشرة مع الروبوتات قد لا يلمسون آثارها بشكل مباشر، بينما كانت نسبة ٥% فقط غير موافقين، ما يدل على أن عدم الاعتماد على الروبوتات في بعض المشاريع يعود إلى طبيعة العمل وليس إلى عدم جدوى التقنية. وتبرز هذه النتائج مساهمة الأنظمة المؤتمتة في حماية العاملين من المهام ذات مستويات الخطورة العالية، مما يعزز الاستراتيجية العامة لأرامكو في تحقيق أعلى مستويات السلامة.

الخلاصة

يتضح من التحليل العام للبنود الخمسة أن مشاريع أرامكو تعتمد بدرجة عالية على تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر البشرية، وعلى أنظمة متعددة مثل التحليل التنبؤي، الطائرات بدون طيار، أجهزة الاستشعار الذكية، والروبوتات. وتشير النتائج إلى أن معدل القبول العام يتراوح بين ٧٠% و ٨٥%، مما يعكس التحول الرقمي الكبير الذي تقوده الشركة في مشاريعها الهندسية، بهدف تقليل الأخطاء البشرية وخلق بيئة عمل أكثر أمانًا.

المحور الثالث: أثر تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في تقليل أنواع المخاطر البشرية داخل المشاريع الهندسية.

م	العناصر	موافق بشدة	موافق	محايد	غير موافق	غير موافق بشدة
١	يسهم استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في الحد من الأخطاء البشرية أثناء تنفيذ المهام الهندسية داخل مواقع المشاريع.	٤٠%	٤٥%	٥%	١٠%	٠
٢	تساعد أنظمة الذكاء الاصطناعي في تقليل احتمالية وقوع الإصابات الناتجة عن تعرض العمال للمناطق الخطرة.	٥٥%	٣٥%	٥%	٠	٥%
٣	تساهم الأنظمة التنبؤية المعتمدة على الذكاء الاصطناعي في اكتشاف المشكلات التشغيلية قبل أن تتطور إلى حوادث فعلية.	٤٠%	٢٥%	١٥%	١٥%	٥%
٤	يؤدي استخدام الروبوتات والأنظمة المؤتمتة إلى خفض معدل الحوادث الناتجة عن الأعمال ذات الخطورة العالية.	٥٠%	٣٠%	٢٠%	٠	٠
٥	يساعد الذكاء الاصطناعي في تحسين إجراءات السلامة والاستجابة السريعة للحوادث بما يقلل من الخسائر البشرية والمادية.	٤٥%	٣٠%	١٥%	١٠%	٠

يوضح التحليل لنتائج الجدول استجابات الموظفين حول أثر تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في تقليل أنواع المخاطر البشرية داخل المشاريع الهندسية ، بناءً على نسب تأييدهم لكل عنصر من العناصر المطروحة:

١. يسهم استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في الحد من الأخطاء البشرية أثناء تنفيذ المهام الهندسية داخل مواقع المشاريع.

نسبة قبول عالية تدل على إدراك واسع لدى العاملين أن تطبيقات الذكاء الاصطناعي —مثل أنظمة دعم القرار، قوائم التحقق الآلية، وتنبيهات السلامة تقلل من حدوث أخطاء تنفيذية. مستوى المحايدين (٥%) منخفض، ما يشير إلى أن قلة فقط غير حاسمة أو لا تملك خبرة مباشرة. أما نسبة عدم الموافقة (١٠%)

فتحمل دلالة مهمة: قد تكون ناتجة عن حالات عدم كفاية التدريب، أو قلة نضج التطبيقات في بعض المواقع، أو مقاومة سلوكية لتبديل ممارسات العمل التقليدية.

٢. تساعد أنظمة الذكاء الاصطناعي في تقليل احتمالية وقوع الإصابات الناتجة عن تعرض العمال للمناطق الخطرة.

هذه النسبة الأعلى بين البنود تعكس ثقة كبيرة في قدرة الأنظمة الذكية (كاميرات مراقبة ذكية، استشعار بيئي، تحليلات المسار) على حماية العاملين بتقليل التعرض المباشر للمخاطر. تواجد ٥% غير موافق بشدة قد يعكس مواقف أقل خبرة أو حالات تقنية لم تُغنَ بالتجارب العملية. نسبة المحايدون الصغيرة تدل على وضوح أثر التقنية في الميدان.

٣. تساهم الأنظمة التنبؤية المعتمدة على الذكاء الاصطناعي في اكتشاف المشكلات التشغيلية قبل أن تتطور إلى حوادث فعلية.

رغم أن أغلبية تؤيد أثر الأنظمة التنبؤية، إلا أن نسبة المحايدون وعدم الموافقة أعلى مقارنةً ببنود أخرى، ما يدل على تفاوت في مستوى ثقة المستخدمين بقدرة التنبؤ في جميع المواقع. أسباب ذلك قد تشمل جودة البيانات المتاحة، خبرة الفرق في تفسير مخرجات النماذج، أو حالات إنذار كاذب أدت إلى ضغط على ثقة المستخدمين. وجود ٢٠% إجمالي عدم موافقة (١٥+٥) يستدعي فحصاً للعوائق التقنية والتنفيذية.

٤. يؤدي استخدام الروبوتات والأنظمة المؤتمتة إلى خفض معدل الحوادث الناتجة عن الأعمال ذات الخطورة العالية.

قبول قوي مع نسبة محايدون ملحوظة (٢٠%) تعكس أن تأثير الأتمتة على خفض الحوادث محسوس في المواقع التي تُطبق فيها الروبوتات فعلياً، بينما بعض الموظفين قد لا يزالون غير متأكدين لعدم احتكاك

مباشر أو لقصور في تغطية الأتمتة لكافة الأنشطة. عدم وجود معارضين صريحين مؤشر إيجابي على قبول عام للتكنولوجيا.

٥. يساعد الذكاء الاصطناعي في تحسين إجراءات السلامة والاستجابة السريعة للحوادث بما يقلل من الخسائر البشرية والمادية.

إجماع إيجابي جيد لكن أقل من بعض البنود الأخرى. وجود ١٠% غير موافق و ١٥% محايد يشير إلى تفاوت في كفاءة تطبيق بروتوكولات الاستجابة الممكنة بالذكاء الاصطناعي (مثل أنظمة التنبيه الآلي، خطط الاستجابة المدعومة بتحليلات الوقت الحقيقي). قد تكون الفجوة ناجمة عن ضعف الصيانة للأنظمة، تأخر الربط مع فرق الطوارئ، أو قصور في إجراءات الاختبار والتدريب.

الخلاصة

التحليل يبيّن قبولاً عاماً ومتصاعداً لتقنيات الذكاء الاصطناعي كوسائل فعّالة لتقليل المخاطر البشرية، خصوصاً في مجالات الرصد والتنبؤ والأتمتة. الفجوات الظاهرة (نسب المحايدين وعدم الموافقة) ترتبط غالباً بعوامل تنفيذية: جودة البيانات، التدريب، مدى تغطية التقنية في كل المواقع، وتكامل الأنظمة مع إجراءات التشغيل.

المحور الرابع: رضا الموظفين في مشاريع أرامكو عن فعالية تقنيات الذكاء الاصطناعي في الحد من المخاطر البشرية.

م	العناصر	موافق بشدة	موافق	محايد	غير موافق	غير موافق بشدة
١	أشعر بأن استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي ساعد في تحسين مستوى السلامة الشخصية أثناء عملي في المشاريع الهندسية.	٣٠%	٣٠%	٢٠%	١٠%	١٠%
٢	توفر أنظمة الذكاء الاصطناعي المستخدمة في المشاريع إحساساً أكبر بالأمان وتقليلاً واضحاً لاحتياج العاملين للتعرض المباشر للمخاطر.	٤٠%	٢٠%	٢٠%	١٥%	٥%
٣	أعتبر أن تقنيات الذكاء الاصطناعي تدعم عملي اليومي وتساهم في تقليل الضغوط المتعلقة بمخاطر العمل.	٣٠%	٣٠%	٢٠%	٢٠%	٠%
٤	أشعر بالرضا عن كفاءة الأنظمة الذكية في اكتشاف المخاطر مبكراً وتنبية العاملين قبل وقوع الحوادث.	٤٠%	٣٠%	١٠%	١٠%	١٠%
٥	أثق في قدرة تقنيات الذكاء الاصطناعي على اتخاذ قرارات دقيقة تساهم في حماية العاملين وتقليل الأخطاء البشرية.	٤٠%	٢٥%	٢٠%	٥%	١٠%

يعرض الجدول نتائج استبيان تقييم أثر تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين السلامة وتقليل

المخاطر في المشاريع الهندسية. وتظهر النتائج توجهاً إيجابياً ملحوظاً نحو تبني هذه التقنيات، مع وجود

بعض النقاط التي تحتاج إلى تعزيز. وفيما يلي التحليل التفصيلي:

١. تحسين مستوى السلامة الشخصية:

سجل هذا البند نسبة موافقة بلغت ٦٠% (٣٠% موافق بشدة + ٣٠% موافق)، بينما بلغت نسبة

المعارضة ٢٠% فقط. هذه النتيجة الإيجابية تشير إلى أن غالبية العاملين يشعرون بتأثير ملموس لتقنيات

الذكاء الاصطناعي في تحسين سلامتهم الشخصية. نسبة المحايدون التي بلغت ٢٠% قد تعكس حاجة

لمزيد من التوعية بأثر هذه التقنيات المباشر على السلامة الفردية.

٢. تحقيق الإحساس بالأمان وتقليل التعرض للمخاطر:

حصل هذا البند على أعلى نسبة موافقة إذ بلغت ٦٠% (٤٠% موافق بشدة + ٢٠% موافق)، مما يؤكد أن الأنظمة المطبقة توفر قيمة حقيقية في تقليل التعرض المباشر للمخاطر. انخفاض نسبة المعارضة إلى ٢٠% فقط يدعم نجاح هذه التقنيات في تحقيق أحد أهدافها الأساسية المتمثلة في حماية العاملين.

٣. الدعم اليومي وتقليل ضغوط العمل:

سجلت نسبة الموافقة ٦٠% (٣٠% موافق بشدة + ٣٠% موافق) مع انعدام في فئة "غير موافق بشدة". هذه النتائج تعكس نجاح التقنيات في دعم العمل اليومي للعاملين، وأنها أصبحت جزءاً فعالاً في تخفيف الأعباء النفسية والمهنية المرتبطة بمخاطر العمل.

٤. كفاءة الأنظمة في الكشف المبكر عن المخاطر:

بلغت نسبة الرضا عن كفاءة أنظمة الكشف المبكر ٧٠% (٤٠% موافق بشدة + ٣٠% موافق)، وهي أعلى نسبة في الاستبيان. هذا يؤكد أن أنظمة الإنذار المبكر تمثل نقطة قوة في تطبيقات الذكاء الاصطناعي، وأنها تحقق مستوى عالٍ من الثقة بين المستخدمين.

٥. الثقة في دقة قرارات الذكاء الاصطناعي:

سجل هذا البند نسبة ثقة بلغت ٦٥% (٤٠% موافق بشدة + ٢٥% موافق)، مما يعكس قبولاً واسعاً لقدرة هذه الأنظمة على اتخاذ قرارات دقيقة تسهم في حماية العاملين. نسبة المعارضة المنخفضة (١٥%) تؤكد متانة هذه التقنيات وموثوقيتها.

الخلاصة:

تكشف نتائج الاستبيان عن صورة إيجابية لتطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي، حيث تجاوزت نسبة القبول في جميع البنود ٦٠%، مع تميز خاص في مجال الكشف المبكر عن المخاطر (٧٠%). هذا يشير إلى

نجاح ملحوظ في دمج هذه التقنيات ضمن بيئة العمل، وأنها تسهم بشكل فعال في تعزيز السلامة وتقليل المخاطر. النسب المتبقية من المحايدين والمعارضين تشير إلى أهمية استمرار برامج التوعية وتحسين تجربة المستخدم لتحقيق أعلى مستويات الفعالية.

٢,٣,٤ ثبات أداة الدراسة

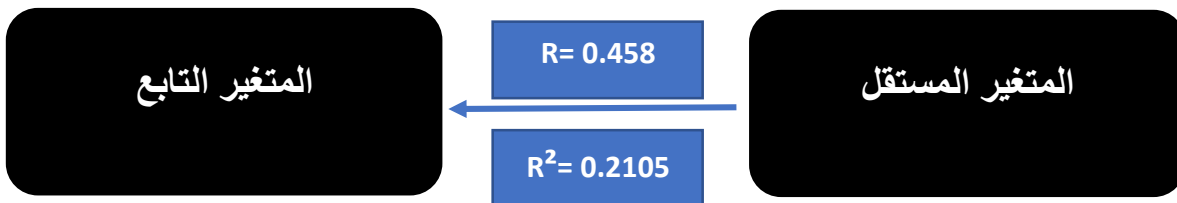
يشير ثبات الاستبيان إلى الاستقرار في نتائج الاستبيان وعدم تغييرها بشكل كبير فيما لو تم إعادة توزيعها على أفراد العينة عدة مرات خلال فترات زمنية محددة . لقياس ثبات الاستبانات المستخدمة لقياس متغيرات الدراسة , تم احتساب قيم ألفا كرونباخ بواسطة SPSS الإصدار 28 وفقا ل Hair (2010) et al , يجب ان تكون القيمة أكبر من 0.7 حتى يتحقق الثبات للمقياس.

• التحليل الوصفي لمتغيرات الدراسة

يتم حساب الوزن النسبي المقابل لكل فئة عن طريق ضرب المتوسط الحسابي في ($100 \div 5$) حيث ان 5 هي المقياس الخماسي.

قيمة المتوسط الحسابي	النتيجة (الاتجاه العام)	الوزن النسبي %	مستوى (درجة) الممارسة / الأهمية
من ١ إلى أقل من ١,٨	غير موافق بشدة	من ٢٠ إلى أقل من ٣٦ %	منخفض جدا
من ١,٨٠ إلى أقل من ٢,٦٠	غير موافق	من ٣٦ إلى أقل من ٥٢ %	منخفض
من ٢,٦٠ إلى أقل من ٣,٤	محايد	من ٥٢ إلى أقل من ٦٨ %	متوسط
من ٣,٤٠ إلى أقل من ٤,٢	موافق	من ٦٨ إلى أقل من ٨٤ %	مرتفع
من ٤,٢٠ إلى أقل من ٥	موافق بشدة	من ٨٤ إلى أقل من ١٠٠ %	مرتفع جدا

• نتائج اختبار صدق فرضيات الدراسة



٥,٤ مناقشة النتائج والاستنتاجات

١,٥,٤ المساهمة النظرية

تهدف هذه الدراسة إلى تقديم مساهمة نظرية مبتكرة في مجال إدارة المشاريع الهندسية من خلال تحليل العلاقة بين تطبيقات الذكاء الاصطناعي والحد من المخاطر البشرية وتأثيرهما على أداء السلامة في المشاريع الهندسية الكبرى. تأتي هذه المساهمة النظرية لسد فجوة في الأدبيات العلمية، حيث أن معظم الأبحاث السابقة تناولت تأثير الذكاء الاصطناعي بشكل تقني بحت، بينما تسعى هذه الدراسة إلى ربطه بإدارة المخاطر البشرية وتحليل تأثيره المتكامل على أداء السلامة في بيئة مشاريع عملاقة كشركة أرامكو.

١. الذكاء الاصطناعي كإطار استباقي لإدارة المخاطر البشرية

تعزز هذه الدراسة من فهم الدور التحويلي للذكاء الاصطناعي باعتباره أداة استباقية تسهم في تحويل إدارة المخاطر البشرية من النمط التفاعلي إلى النمط التنبؤي، مما يعزز من فعالية أنظمة السلامة ودقة اتخاذ القرارات. تطرح الدراسة الذكاء الاصطناعي كإطار متكامل يشمل أنظمة الرؤية الحاسوبية، التحليلات التنبؤية، والتوأم الرقمي التي تسهم جميعها في تحسين كفاءة إدارة المخاطر وتبسيط عمليات الرقابة. وبهذا، تقدم الدراسة نموذجاً نظرياً يوضح كيف أن اعتماد تقنيات الذكاء الاصطناعي يمكن أن يكون جزءاً لا يتجزأ من استراتيجيات إدارة المخاطر لتحقيق التميز في مجال السلامة.

٢. الموارد البشرية كعنصر أساسي لتعزيز فعالية الذكاء الاصطناعي

تقدم الدراسة أيضاً مساهمة نظرية هامة في فهم الدور المحوري للموارد البشرية في دعم وتعزيز تطبيقات الذكاء الاصطناعي. تبرز الدراسة أن تطوير كفاءات العاملين، وتعزيز ثقافتهم التقنية، وتقديم التدريب المتخصص، كلها عوامل ضرورية لنجاح تبني أنظمة الذكاء الاصطناعي وتحقيق الاستفادة القصوى منها. تركز الدراسة على دور الموارد البشرية كعامل تمكيني يساعد المنظمات على الاستفادة من التحليلات الذكية وتطوير آلياتها، مما يدعم استدامة أداء السلامة ويسهم في خلق بيئة عمل ذكية ومتكاملة.

٣. تأثير تكامل الذكاء الاصطناعي وإدارة المخاطر على أداء السلامة

من خلال هذه الدراسة، تتم إضافة منظور نظري جديد إلى الأدبيات يوضح كيف أن تكامل الذكاء الاصطناعي وإدارة المخاطر البشرية يمكن أن يعزز من أداء السلامة بشكل فعال. تقدم الدراسة إطاراً لتحليل العلاقة التبادلية بين التقنية المتقدمة وإدارة المخاطر، حيث يدعم الذكاء الاصطناعي عمليات الرصد والتحليل، بينما تسهم آليات إدارة المخاطر في تمكين المنظمات من استخدام هذه التقنية بفعالية. هذا التكامل يعزز من أداء السلامة عبر تحسين الكفاءة التشغيلية، زيادة الدقة، وتعزيز قدرة المؤسسة على الاستجابة للمخاطر بسرعة.

٤. إطار نظري لتحليل أداء السلامة في المشاريع الهندسية المعاصرة

تضيف الدراسة أيضاً إلى الأدبيات من خلال تقديم إطار نظري لتحليل أداء السلامة، مع التركيز على كيفية تأثير التحولات التقنية وتطوير آليات إدارة المخاطر في تحقيق هذا الأداء. يناقش هذا الإطار الكيفية التي يمكن من خلالها للمؤسسات أن تعتمد الذكاء الاصطناعي وإدارة المخاطر كأدوات استراتيجية لتحقيق أهدافها في مجال السلامة وتعزيز مكانتها التنافسية. يساهم هذا الإطار النظري في توجيه الدراسات المستقبلية نحو استكشاف أبعاد جديدة لأداء السلامة في ظل التحول الرقمي المتسارع.

٥. إثراء الأدبيات العلمية بمجال إدارة المشاريع والسلامة

بشكل عام، تساهم هذه الدراسة في إثراء الأدبيات العلمية بمجال إدارة المشاريع والسلامة، حيث تطرح مقترحات عملية ونظرية حول كيفية تكامل الذكاء الاصطناعي مع إدارة المخاطر البشرية لتحقيق أداء سلامة متميز. كما توصي الدراسة بتوسيع البحث حول هذه العلاقة في سياقات مختلفة ومشاريع متنوعة، مما يساهم في تعزيز المعرفة النظرية وتطبيقاتها العملية في المجالات الهندسية المختلفة.

في الختام، تمثل هذه المساهمة النظرية إطاراً شاملاً لفهم كيفية تكامل العوامل التقنية والإدارية لدعم أداء السلامة، وتشجع الأبحاث المستقبلية على توسيع الدراسات حول هذا التكامل وتقييم آثاره بشكل أعمق في بيئات عمل متعددة ومختلفة.

٢,٥,٤ المساهمة العملية

تسعى هذه الدراسة إلى تقديم مساهمات عملية ملموسة لدعم المؤسسات الهندسية، وخصوصاً في بيئات المشاريع الكبرى كشركة أرامكو، لتحقيق أداء سلامة متميز من خلال تفعيل تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر البشرية. توفر نتائج هذه الدراسة توجهات واستراتيجيات عملية يمكن للمؤسسات اعتمادها لتعزيز السلامة والكفاءة واستدامة الأداء التشغيلي.

١. تطوير أنظمة ذكية للرصد والمراقبة الآتية

توفر هذه الدراسة خطوات عملية لتطوير أنظمة الرصد الذكية من خلال تطبيق تقنيات الرؤية الحاسوبية وأجهزة الاستشعار المتقدمة التي تساهم في مراقبة السلوك البشري والكشف عن الممارسات غير الآتية. توضح الدراسة ضرورة توفير البنية التحتية الذكية مثل كاميرات عالية الدقة، وأجهزة استشعار متطورة، وأنظمة اتصالات فورية، مما يساهم في تحسين سرعة الاستجابة ودقة التنبؤ بالمخاطر. يمكن للمؤسسات الاستفادة من هذه التوصيات لتقليل الحوادث والحد من الأخطاء البشرية، وبالتالي تحسين مؤشرات السلامة.

٢. تحسين آليات التحليل التنبؤي للمخاطر

تقدم الدراسة حلولاً لتعزيز أنظمة التحليل التنبؤي من خلال استخدام خوارزميات التعلم الآلي التي تسهل تحليل البيانات التاريخية والتنبؤ بالمخاطر المحتملة. يساهم ذلك في تقليل المفاجآت التشغيلية وتعزيز الاستباقية في التعامل مع التحديات، مما يساهم في تحقيق كفاءة أكبر في تخصيص موارد السلامة. هذه

التوصيات تساعد المؤسسات على تقليل الفجوات في التنبؤ بالمخاطر، مما يزيد من فعالية التدخلات ويحقق نتائج أفضل في منع الحوادث.

٣. تطوير برامج تدريبية متخصصة للتعامل مع الأنظمة الذكية

أشارت الدراسة إلى أهمية التدريب المتخصص لتنمية مهارات العاملين في التعامل مع أنظمة الذكاء الاصطناعي. تعزز هذه البرامج كفاءات العاملين وتدعم قدرتهم على الاستفادة من التحليلات الذكية، مما يضمن تبني الأنظمة المتقدمة بنجاح ويزيد من فعاليتهم في مجال السلامة. تبرز هذه التوصيات أهمية تخصيص برامج تدريبية تركز على تطبيقات الذكاء الاصطناعي في السلامة، بحيث تمكن العاملين من التكيف مع الأدوات التقنية وتوظيفها لتحسين أدائهم.

٤. تعزيز تكامل الأنظمة الذكية مع إجراءات السلامة القائمة

من خلال النتائج العملية، يمكن للمؤسسات تحسين أنظمة السلامة القائمة لتعمل بتكامل مع تطبيقات الذكاء الاصطناعي، سواء عن طريق تحديث الإجراءات أو تطوير بروتوكولات جديدة أو إنشاء وحدات متخصصة تدعم العمليات الذكية. كما أن التطوير المستمر للتكامل بين الأنظمة يساعد المؤسسات على التعامل مع التحديات المتجددة في السوق ومواجهة المخاطر بطريقة أكثر فعالية. تساهم هذه التوصيات في تحسين قدرة المؤسسات على التكيف مع المتغيرات التقنية، مما يزيد من استدامة أنظمة السلامة وقدرتها على الاستجابة لمتطلبات العمل.

٥. تطبيق معايير أمن المعلومات لحماية الأنظمة الذكية

تؤكد الدراسة على أهمية تطبيق معايير أمنية فعالة لحماية الأنظمة الذكية وبيانات السلامة من التهديدات الإلكترونية، خاصة في ظل الاعتماد المتزايد على التقنيات المتقدمة. توضح النتائج أن تعزيز أمن المعلومات يعتبر من الأولويات العملية التي تضمن موثوقية الأنظمة، مما يعزز الثقة في القرارات

المستندة إلى الذكاء الاصطناعي ويقلل من مخاطر الاختراقات. توصي الدراسة المؤسسات بتخصيص موارد للحفاظ على تحديث أنظمة الأمان وتدريب العاملين على الالتزام بإجراءات الحماية لضمان استمرارية عمل الأنظمة.

٦. تطوير سياسات تحفيزية لدعم تبني التقنيات الذكية

تشير الدراسة إلى أهمية تطوير سياسات تشجع العاملين على تبني التقنيات الذكية في مجال السلامة، من خلال تقديم الحوافز المادية والمعنوية. تتضمن هذه التوصيات توفير مكافآت مرتبطة بتحسين مؤشرات السلامة، وتقديم برامج تحفيزية للمتميزين في استخدام الأنظمة الذكية، مما يعزز الرغبة في التعلم ويقلل من المقاومة تجاه التقنيات الجديدة. إن تطبيق هذه السياسات التحفيزية يسهم في خلق بيئة عمل مبتكرة ويعزز من انتماء العاملين، مما ينعكس إيجاباً على الأداء العام للسلامة.

٧. تطوير آليات تقييم ومتابعة لأداء الأنظمة الذكية

تقدم الدراسة توصيات بضرورة تبني المؤسسات لآليات تقييم دورية للأنظمة الذكية، وذلك لضمان فعاليتها واستمرار تحسينها وفقاً للتغيرات التقنية. توصي الدراسة بإنشاء فرق متابعة متخصصة لتحليل أداء الأنظمة بانتظام، مما يتيح للمؤسسة اتخاذ قرارات سريعة عند الحاجة لتحسين أداء الأنظمة وتعديل الإجراءات وفقاً لاحتياجات العمل. تعزز هذه المتابعة الدورية من استدامة الأنظمة ومواءمتها مع الأهداف الإستراتيجية للمؤسسة.

الخلاصة العملية

تؤدي المساهمات العملية لهذه الدراسة إلى دعم المؤسسات في اتخاذ خطوات فعلية لتعزيز استخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر البشرية، مما يسهم في تحقيق أداء سلامة أفضل. يمكن للمؤسسات الاستفادة من هذه التوصيات لتحسين مؤشرات السلامة، وتعزيز كفاءة العاملين، وزيادة استجابتها للتحديات

التشغيلية. تقدم الدراسة نهجاً عملياً شاملاً يمكن تطبيقه في العديد من المشاريع الهندسية لدعم التحول الذكي
المستدام وتحقيق استدامة أداء السلامة.

٦,٤ التوصيات

توصلت الدراسة إلى مجموعة من التوصيات العملية التي يمكن أن تساعد المؤسسات الهندسية، مثل شركة أرامكو، في تعزيز أداء السلامة من خلال تحسين تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر البشرية. تهدف هذه التوصيات إلى دعم التحول الذكي، تحسين بيئة العمل، وزيادة فعالية وكفاءة أنظمة السلامة. فيما يلي عرض مفصل لتوصيات الدراسة:

١. تطوير البنية التحتية الذكية للسلامة

توصي الدراسة بضرورة تعزيز البنية التحتية التقنية المتخصصة في السلامة لضمان تشغيل أنظمة الذكاء الاصطناعي بكفاءة. يشمل ذلك توفير أجهزة استشعار ذكية متطورة، وكاميرات عالية الدقة، وأنظمة اتصالات فورية تتناسب مع متطلبات السلامة في البيئات الهندسية المعقدة. يجب أن تضمن المؤسسات أن البنية التحتية الذكية قادرة على مواكبة التطورات التقنية السريعة وأن تكون مرنة لتلبية الاحتياجات المتغيرة لعمليات السلامة.

٢. تعزيز برامج التدريب المتخصص على الأنظمة الذكية

أظهرت الدراسة أهمية التدريب المتخصص لتنمية مهارات العاملين في التعامل مع أنظمة الذكاء الاصطناعي في مجال السلامة. لذا، توصي بتطوير برامج تدريبية وورش عمل متخصصة تساعد العاملين على فهم التطبيقات الذكية الجديدة واستخدامها بفعالية. يجب أن تكون هذه البرامج موجهة لجميع المستويات الوظيفية، بحيث تلبي احتياجات مختلف التخصصات وتضمن مستوى متقدماً من الكفاءة التقنية في مجال السلامة.

٣. تعزيز أنظمة الأمن السيبراني للبيانات التشغيلية

نظراً لأهمية حماية البيانات التشغيلية والأنظمة الذكية، توصي الدراسة بتبني أحدث أنظمة الأمن السيبراني المتخصصة في حماية أنظمة الذكاء الاصطناعي. يجب أن تتضمن هذه الأنظمة إجراءات حماية فعالة للبيانات التشغيلية الحساسة، بالإضافة إلى تدريب العاملين على أفضل الممارسات لضمان أمن المعلومات. يساعد ذلك في حماية المؤسسة من التهديدات الإلكترونية وزيادة موثوقية أنظمتها الذكية.

٤. إطلاق برامج توعوية لدعم ثقافة السلامة الذكية

لمواجهة أي مقاومة داخلية تجاه الأنظمة الذكية، توصي الدراسة بتبني برامج توعوية تهدف إلى تعزيز ثقافة السلامة الذكية والابتكار بين العاملين. يجب أن توضح هذه البرامج الفوائد التي تعود عليهم من استخدام أنظمة الذكاء الاصطناعي وكيفية تأثيرها الإيجابي على سلامتهم الشخصية. كذلك، يمكن تنظيم جلسات حوارية وندوات متخصصة لتبادل الخبرات وتوضيح الرؤية المستقبلية للسلامة الذكية، مما يعزز من تقبل العاملين للتغيير.

٥. تطوير برامج تحفيزية للأداء المتميز في السلامة

توصي الدراسة بتطوير برامج تحفيزية تساهم في رفع مستوى التزام العاملين بتطبيق معايير السلامة، من خلال ربط الحوافز بتحقيق الأهداف المتعلقة باستخدام الأنظمة الذكية في السلامة. يمكن أن تشمل هذه الحوافز مكافآت مالية أو معنوية، مثل الاعتراف بالأداء المتميز في تطبيق أنظمة السلامة الذكية أو تقدير الابتكار في تحسين procedures السلامة. إن تحفيز العاملين يعزز من مستوى التزامهم وانتمائهم، ويشجعهم على تبني التقنيات الذكية بشكل أكثر إيجابية.

٦. التطوير المستمر للأنظمة الذكية في السلامة

تشير الدراسة إلى أهمية التطوير المستمر للأنظمة الذكية في مجال السلامة بحيث تتماشى مع أحدث التطورات التقنية وتلبي الاحتياجات المتغيرة للعمل. توصي الدراسة بتخصيص ميزانية لدعم هذه التحديثات

وإجراء تقييمات دورية للأنظمة الحالية لتحديد النقاط التي تحتاج إلى تحسين أو تطوير. كما يجب أن تُبنى الأنظمة الذكية على أسس مرنة، بحيث يمكن تحديثها وتطويرها بمرور الوقت دون الحاجة إلى تغييرات جذرية في البنية التحتية.

٧. إنشاء فرق متخصصة لمتابعة أداء الأنظمة الذكية

توصي الدراسة بإنشاء فرق متابعة داخلية متخصصة تكون مسؤولة عن تقييم فعالية الأنظمة الذكية ومدى تأثيرها على أداء السلامة. هذه الفرق يمكن أن تقوم بتحليل أداء الأنظمة وتحديد التحديات التي يواجهها العاملون، بالإضافة إلى تقديم تقارير دورية للإدارة العليا حول مدى تحقيق الأهداف المرجوة من هذه الأنظمة. يمكن أن يساعد هذا التقييم الدوري في اتخاذ قرارات سريعة عند الحاجة لتحسين الأنظمة وتحقيق أقصى استفادة منها.

٨. تطوير قواعد البيانات المتخصصة في السلامة

أحد التوصيات الهامة هو تطوير قواعد بيانات متكاملة ومتخصصة في مجال السلامة تخدم كافة عمليات الشركة وتتيح الوصول إلى المعلومات الدقيقة بسهولة وسرعة. يجب أن تكون قواعد البيانات مصممة لتوفير معلومات دقيقة عن المخاطر وأداء السلامة، مما يساعد في دعم القرارات الإدارية وتحسين التخطيط للسلامة. توصي الدراسة بأن تكون هذه القواعد مرنة ويمكن توسيعها لتلائم حجم البيانات المتزايد مع مرور الوقت.

٩. تعزيز أنظمة قياس أداء السلامة

لضمان فعالية الأنظمة الذكية في تحسين أداء السلامة، توصي الدراسة بتطبيق أنظمة متقدمة لقياس أداء السلامة بشكل دوري، بحيث يتم تحديد مؤشرات أداء رئيسية لكل مجال من مجالات السلامة. يساعد قياس الأداء في التعرف على مواطن القوة والضعف وتحديد النقاط التي تحتاج إلى تطوير. بناءً على هذه

المؤشرات، يمكن للمؤسسة التركيز على التحسين المستمر وتطوير خطط عمل لتحسين كفاءة أنظمة السلامة.

١٠. تعزيز التكامل بين أنظمة السلامة الذكية

توصي الدراسة بتحسين التكامل بين الأنظمة الذكية المختلفة في مجال السلامة باستخدام منصات موحدة، حيث يمكن أن تساهم في تحسين التنسيق والتعاون بين إدارات السلامة المختلفة. يتيح ذلك تدفق المعلومات بشكل سلس وسريع بين الأنظمة، مما يساعد على تسريع عملية اتخاذ القرارات ويعزز من التكامل بين مختلف أنظمة السلامة.

١١. توجيه إدارة السلامة لدعم التوجهات التقنية

توصي الدراسة بأن تلعب إدارة السلامة دوراً فعالاً في دعم التوجه نحو التحول الذكي من خلال تحديد احتياجات العاملين التدريبية وتطوير برامج دعم خاصة بهم. يجب أن تتكامل سياسات السلامة مع استراتيجيات الذكاء الاصطناعي، بحيث تكون موجهة نحو تلبية المتطلبات التقنية وتحقيق التوازن بين الكفاءة التقنية ومتطلبات السلامة.

١٢. تطوير استراتيجية شاملة للسلامة الذكية

توصي الدراسة بوضع استراتيجية شاملة للسلامة الذكية تحدد الأهداف والمسؤوليات وآليات التنفيذ والمتابعة. يجب أن تشمل هذه الاستراتيجية خطة زمنية واضحة ومؤشرات أداء قابلة للقياس، مع تخصيص الموارد اللازمة لضمان تنفيذها بنجاح. كما يجب أن تكون الاستراتيجية مرنة وقابلة للتطوير لتواكب المتغيرات التقنية والعملية.

٧,٤ حدود الدراسة

تمثل حدود الدراسة مجموعة العوامل التي قد تؤثر على تعميم نتائج البحث أو تطبيقها في سياقات مختلفة. ومن خلال تحديد هذه الحدود، يتمكن الباحث من توضيح القيود التي قد تؤثر على نتائج الدراسة وتفسيرها بشكل دقيق. في هذه الدراسة التي تناولت أثر تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في الحد من المخاطر البشرية في المشاريع الهندسية في شركة أرامكو السعودية، تم تحديد الحدود الزمنية والمكانية والبشرية والمنهجية التي يمكن أن تؤثر على نطاق ونتائج البحث، وفيما يلي شرح مفصل لكل منها:

١. الحدود المكانية

أجريت الدراسة في سياق مكاني محدد يتمثل في شركة أرامكو السعودية، وهي شركة عملاقة تعمل في مجال الطاقة والصناعات الهندسية بالمملكة العربية السعودية وتعد من الشركات الرائدة عالمياً في هذا القطاع. يقتصر نطاق الدراسة المكاني على بيئة هذه الشركة ومشاريعها وإجراءاتها المحددة، مما يعني أن نتائج البحث قد تكون خاصة بهذه المؤسسة وقد لا تكون قابلة للتعميم على شركات أخرى، خصوصاً تلك التي تعمل في قطاعات مختلفة أو في دول أخرى ذات بيئات تنظيمية وتشريعية مغايرة. قد تختلف نتائج تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر البشرية في مؤسسات أخرى تبعاً لخصائصها التنظيمية وظروفها التشغيلية والثقافية.

٢. الحدود الزمنية

حددت الدراسة ضمن إطار زمني محدد، مما يعني أن النتائج تعكس الوضع خلال الفترة التي أجريت فيها الدراسة فقط. قد تتغير نتائج وتأثيرات تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر البشرية مع مرور الوقت والتطورات التقنية المتسارعة والتغيرات في معايير السلامة والبيئة التشغيلية التي تؤثر على الشركة

أو القطاع ككل. يشير ذلك إلى أن النتائج المستخلصة قد تكون مناسبة للفترة التي أُجريت فيها الدراسة، لكن مع التطورات التقنية المستقبلية قد تتطلب إعادة دراسة نفس المتغيرات للوصول إلى استنتاجات محدثة.

٣. الحدود البشرية

شملت عينة الدراسة عدداً من المهندسين والمشرفين والعاملين في شركة أرامكو، وتم اختيارهم وفقاً لمعايير معينة تضمن تمثيل مختلف التخصصات والمواقع الوظيفية في الشركة. ومع ذلك، قد تؤثر العينة البشرية على تعميم النتائج، إذ قد يكون للعينة الممثلة للشركة خصائص خاصة تجعلها مختلفة عن عينة أخرى في مؤسسة أو قطاع آخر. كما أن استجابات المشاركين قد تتأثر بعوامل شخصية أو مهنية مختلفة، مثل مستوى الخبرة التقنية، التخصص الهندسي، والوعي بتقنيات الذكاء الاصطناعي. هذه العوامل قد تؤدي إلى تباين في تصوراتهم تجاه تطبيقات الذكاء الاصطناعي، مما يمكن أن يؤثر على استنتاجات الدراسة في حال تطبيقها على بيانات أخرى.

٤. الحدود المنهجية

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي الذي يستخدم لتحديد العلاقة بين متغيرات تطبيقات الذكاء الاصطناعي والحد من المخاطر البشرية. قد يترتب على استخدام هذا المنهج بعض القيود، حيث يعتمد على جمع البيانات وتحليلها عبر أدوات الاستبيانات، مما يجعل الدراسة تعتمد على آراء ومواقف المشاركين والتي قد تكون متأثرة بتصوراتهم الشخصية. كما أن هناك عوامل أخرى قد تؤثر على إدارة المخاطر البشرية، لم يتم دراستها أو التحكم فيها في هذا البحث، مثل العوامل التنظيمية أو الثقافية أو التقنية المتقدمة.

٥. الحدود التقنية

تناولت الدراسة تأثير تطبيقات الذكاء الاصطناعي كمتغير مستقل، ومع ذلك، فإن التقنيات التي تستخدمها الشركة قد تتغير أو تتطور بمرور الوقت، مما يجعل النتائج قابلة للتغير مع أي تحديثات تقنية أو تطورات جديدة. إن محدودية الدراسة على تطبيقات معينة للذكاء الاصطناعي تجعل نتائجها محددة بتلك التقنيات الحالية، ولا يمكن تعميم النتائج بشكل كلي على جميع تطبيقات أو تقنيات الذكاء الاصطناعي المستقبلية التي قد تظهر لاحقاً.

٦. الحدود الثقافية والتنظيمية

تعتبر شركة أرامكو بيئة ثقافية وتنظيمية خاصة تتأثر بالعادات والتقاليد والثقافة المؤسسية في المملكة العربية السعودية. قد تؤثر هذه الثقافة التنظيمية على مدى تقبل العاملين للتغيير التقني وتطبيقات الذكاء الاصطناعي. إن ثقافة الشركة وبيئة العمل قد تشكل قيداً على تعميم النتائج، خاصة في مؤسسات تعمل في دول أخرى أو تملك ثقافات مؤسسية مختلفة، حيث قد تؤثر العوامل الثقافية والتنظيمية على مستوى تطبيق التقنيات ومدى تقبل العاملين لها.

٧. الحدود المتعلقة بالموارد التقنية والبشرية

قد يتطلب تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر البشرية موارد تقنية وبشرية كبيرة، وهذا قد يمثل تحدياً لبعض الشركات التي تعاني من محدودية في الموارد. هذه الحدود قد تؤثر على إمكانية تعميم النتائج على الشركات ذات الإمكانيات المحدودة، حيث أن بعض التوصيات قد لا تكون قابلة للتنفيذ بسبب القيود المالية أو نقص الكفاءات البشرية المؤهلة للتعامل مع أنظمة الذكاء الاصطناعي المتقدمة. توفر هذه الحدود إطاراً لفهم نطاق وقيود الدراسة التي تم إجراؤها، وتساعد في تفسير النتائج بحذر. تعد الحدود المكانية والزمنية والبشرية والمنهجية عوامل أساسية تؤثر على إمكانية تعميم نتائج البحث. لذا،

يُنصح بتكرار الدراسة في بيئات وأزمنة مختلفة ومع عينات متنوعة، من أجل تحقيق نتائج أكثر شمولية تساعد في فهم أوسع لتأثير تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الحد من المخاطر البشرية في سياقات متعددة.

٨,٤ الدراسات المستقبلية

في ضوء النتائج التي توصلت إليها الدراسة الحالية حول أثر تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في الحد من المخاطر البشرية في المشاريع الهندسية في شركة أرامكو السعودية، تبرز العديد من المجالات البحثية التي يمكن استكشافها وتوسيعها في دراسات مستقبلية. من شأن هذه الدراسات أن توفر رؤى أعمق حول كيفية تحسين كفاءة أنظمة السلامة وزيادة فعالية تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر البشرية في البيئات الهندسية المختلفة.

١ - استكشاف تأثير الذكاء الاصطناعي في الحد من المخاطر البشرية في قطاعات هندسية أخرى

يمكن إجراء دراسات مستقبلية في قطاعات هندسية أخرى تختلف عن قطاع النفط والغاز، مثل قطاع الإنشاءات، والبنية التحتية، والطاقة المتجددة، حيث تختلف طبيعة المخاطر البشرية والتحديات التشغيلية. قد تساهم مثل هذه الدراسات في فهم أوسع للآليات الفعالة التي يمكن تطبيقها لتحسين السلامة في مختلف السياقات الهندسية، مع التركيز على كيفية تأثير عوامل مثل طبيعة المشروع، والبيئة التشغيلية، ومستوى التعقيد التقني.

٢ - تقييم تأثير التقنيات الناشئة على إدارة المخاطر البشرية

نظرًا لأن تقنيات الذكاء الاصطناعي تتطور بسرعة، من المفيد إجراء دراسات تستكشف تأثير التقنيات الناشئة مثل الذكاء الاصطناعي التوليدي، والواقع المعزز، وإنترنت الأشياء المتقدم على إدارة المخاطر البشرية في المشاريع الهندسية. يمكن لهذه الدراسات أن توضح كيف يمكن للمنظمات تبني هذه التقنيات الجديدة ضمن أنظمتها السلامة لتحسين الكفاءة وتعزيز الحماية للعاملين.

٣ - دراسة العوامل التنظيمية والثقافية وتأثيرها على تبني الذكاء الاصطناعي في السلامة

يمكن للدراسات المستقبلية أن تستكشف تأثير العوامل التنظيمية والثقافية على مدى تقبل العاملين لأنظمة الذكاء الاصطناعي في مجال السلامة. يمكن أن تكون هذه الدراسات مفيدة لتحديد طرق فعالة لتطوير ثقافة تنظيمية داعمة للتحويل الذكي، وتحفيز العاملين على تبني التقنيات المتقدمة بثقة. كذلك، يمكن البحث في كيفية تجاوز التحديات الثقافية التي قد تعيق التنفيذ الناجح لهذه التقنيات.

٤- تحليل الجدوى الاقتصادية لتطبيقات الذكاء الاصطناعي في السلامة

يمكن أن تركز دراسات مستقبلية على تحليل التكلفة والعائد للاستثمار في أنظمة الذكاء الاصطناعي المتخصصة في السلامة. يمكن أن تدرس هذه الدراسات ما إذا كانت الفوائد العائدة من تطبيق هذه الأنظمة، مثل تقليل الحوادث وخفض التكاليف التشغيلية، تبرر الاستثمارات المترتبة عليها. ستساعد نتائج هذه الدراسات المؤسسات في اتخاذ قرارات مستنيرة حول تخصيص مواردها المالية لتطوير أنظمة السلامة الذكية.

٥- استكشاف تأثير الذكاء الاصطناعي على ثقافة السلامة والسلوك التنظيمي

من الممكن أن تسلط دراسات مستقبلية الضوء على العلاقة بين تطبيقات الذكاء الاصطناعي وتحولات ثقافة السلامة والسلوك التنظيمي. من خلال دراسة تأثير هذه التقنيات على تصورات العاملين وسلوكياتهم تجاه السلامة، يمكن للشركات تحديد الاستراتيجيات الأكثر فعالية في تعزيز الالتزام بمعايير السلامة وخلق بيئة عمل وقائية استباقية.

٦- دراسة دور القيادة الرقمية في نجاح تطبيقات الذكاء الاصطناعي في السلامة

تعد القيادة الرقمية من العوامل الرئيسية في نجاح أي تحول تقني، ولذلك يمكن أن تركز الدراسات المستقبلية على تحليل دور القيادة في تسهيل تبني أنظمة الذكاء الاصطناعي في السلامة. يمكن أن تتناول هذه الدراسات استراتيجيات القيادة الرقمية التي تساعد في دعم التحويل الذكي وزيادة تقبل العاملين للتقنيات الجديدة، وبالتالي تحسين فعالية أنظمة السلامة بشكل مستدام.

٧- تقييم الأثر طويل الأجل للذكاء الاصطناعي على مؤشرات السلامة

ينصح بأن تتناول الدراسات المستقبلية الأثر طويل الأجل لتطبيقات الذكاء الاصطناعي على مؤشرات السلامة، حيث يمكن أن يركز هذا النوع من الدراسات على كيفية تطور أداء السلامة بمرور الوقت نتيجة للاستثمار في التقنيات الذكية. سيساعد هذا النوع من البحث المؤسسات على فهم القيمة المضافة للاستثمار المستمر في الذكاء الاصطناعي لتحسين السلامة.

٨- تحليل العوامل المؤثرة على موثوقية أنظمة الذكاء الاصطناعي في السلامة

نظرًا لأهمية موثوقية الأنظمة في مجال السلامة، يمكن أن تركز الدراسات المستقبلية على العوامل المؤثرة في فعالية وموثوقية أنظمة الذكاء الاصطناعي. يمكن أن تتناول هذه الدراسات معايير الجودة التقنية، وتحديات التكامل مع الأنظمة القائمة، وتأثير دقة الخوارزميات على فعالية أنظمة السلامة الذكية.

٩- استكشاف أثر الذكاء الاصطناعي على الصحة النفسية والرفاه الوظيفي للعاملين

يمكن أن تركز بعض الدراسات المستقبلية على تأثير تطبيقات الذكاء الاصطناعي على الصحة النفسية والرفاه الوظيفي للعاملين في المشاريع الهندسية. يمكن أن تقدم هذه الدراسات فهمًا لأبعاد جديدة للتحويل الرقمي، مثل تأثير المراقبة الذكية على الضغوط النفسية، أو تحديات التكيف مع بيئات العمل الذكية، مما يساعد في تطوير استراتيجيات شاملة لدعم العاملين في ظل التحويل الرقمي.

١٠- تطوير نماذج محلية متخصصة للذكاء الاصطناعي في السلامة الهندسية

يمكن للدراسات المستقبلية التركيز على تطوير نماذج محلية متخصصة للذكاء الاصطناعي تتناسب مع السياق المحلي والبيئة التشغيلية في المملكة العربية السعودية. يمكن أن تكون هذه الدراسات مفيدة لتحديد ممارسات الذكاء الاصطناعي الفعالة وتطوير نماذج تتناسب مع البيئة المحلية، مما يساعد في تحسين استجابة المؤسسات للتحويل الرقمي بطرق تتناسب مع متطلباتها وثقافتها التنظيمية.

الخاتمة

في ختام هذا البحث، يمكن القول بأن تطبيقات الذكاء الاصطناعي وإدارة المخاطر البشرية يمثلان ركيزتين أساسيتين لتحسين أداء السلامة في المشاريع الهندسية الحديثة، خاصة في البيئات عالية الخطورة كتلك التي تتواجد في شركة أرامكو السعودية. سعى هذا البحث إلى تسليط الضوء على العلاقة المتبادلة بين هذه المتغيرات وتأثيرها المباشر وغير المباشر على كفاءة وفعالية أنظمة السلامة، حيث توضح النتائج أن كلاً من الذكاء الاصطناعي وإدارة المخاطر البشرية يلعبان دوراً جوهرياً في تعزيز السلامة، وتبسيط العمليات، ودعم الاستباقية في التعامل مع التحديات.

أظهرت الدراسة أهمية الذكاء الاصطناعي كأداة حيوية لتطوير أنظمة السلامة وتحسين عمليات الرصد والمراقبة وتوفير البنية التحتية التحليلية اللازمة لدعم القرارات. وتبين أن الاستثمار في تقنيات الرؤية الحاسوبية والتحليلات التنبؤية وأنظمة الإنذار المبكر يمثل جانباً حاسماً في ضمان استدامة العمل وتوفير بيئة عمل تتسم بالدقة والسرعة والموثوقية. وبهذا، فإن الذكاء الاصطناعي يساهم بشكل كبير في تحويل بيئة العمل التقليدية إلى بيئة ذكية، قادرة على الاستجابة للمخاطر والتحديات بشكل استباقي. وقد أظهرت النتائج أيضاً أن تحديات تبني الذكاء الاصطناعي، مثل التكاليف التقنية العالية وتقادم الخوارزميات، تتطلب من المؤسسة تخصيص موارد كافية واتباع استراتيجيات مبتكرة لتحقيق استمرارية التطوير.

أما فيما يتعلق بإدارة المخاطر البشرية، فقد أكدت الدراسة على أن تطوير كفاءات العاملين وتحفيزهم يعدان من أهم عوامل تعزيز أداء السلامة، حيث يعتبر التدريب المتخصص وتقديم الدعم التقني والمهني للعاملين أداة فعالة لبناء فرق عمل قادرة على التعامل مع الأنظمة الذكية. وقد بينت النتائج أن توفير البرامج التدريبية المتخصصة وورش العمل التطبيقية يساهم في رفع مستوى المهارات التقنية والسلامة للعاملين، مما يزيد من قدرتهم على التعامل مع متطلبات العمل في ظل بيئة تعتمد بشكل كبير على التقنيات المتقدمة.

ومن ناحية أخرى، يبرز أيضًا تأثير التحفيز والتقدير على رفع مستوى الالتزام بالسلامة، الذي بدوره يعزز من انتماء العاملين للمؤسسة ويحفزهم على تحسين أدائهم باستمرار.

لقد أظهرت الدراسة أن تكامل كل من الذكاء الاصطناعي وإدارة المخاطر البشرية يؤدي إلى تحقيق مستوى عالٍ من الكفاءة والفعالية في السلامة، كما يدعم تحقيق الأهداف الاستراتيجية للمؤسسة من خلال توفير بيئة عمل متكاملة وداعمة للابتكار والتجديد. ويعد هذا التكامل بين التقنية المتقدمة والكفاءات البشرية نموذجًا مثاليًا للاستفادة من التطورات التقنية وتعزيز قدرة المؤسسة على مواجهة التحديات، سواء كانت تشغيلية أو بشرية. وأوصت الدراسة بضرورة استمرارية الاستثمار في الموارد البشرية والتقنية على حد سواء، حيث أنه لا يمكن تحقيق الاستفادة الكاملة من الذكاء الاصطناعي دون وجود كوادر بشرية مدربة ومؤهلة للتعامل مع هذه التقنيات بفعالية.

وبالنظر إلى التحديات التي واجهتها الدراسة، مثل مقاومة بعض العاملين للتغيير وصعوبة مواكبة التقنيات الحديثة، فإن من المهم أن تقوم المؤسسة بتطوير استراتيجيات للتعامل مع هذه التحديات بشكل شامل، من خلال تعزيز الوعي بأهمية التحول الرقمي وتنمية ثقافة السلامة الذكية داخل بيئة العمل. هذا سيسهم في تخفيف حدة المقاومة ويشجع العاملين على التفاعل بشكل إيجابي مع الأنظمة الجديدة، مما يزيد من فرص نجاح التحولات التقنية والتنظيمية في المؤسسة.

في الختام، يمكن التأكيد على أن هذه الدراسة تضيف معرفة قيمة حول دور الذكاء الاصطناعي في الحد من المخاطر البشرية في المشاريع الهندسية، وتسهم في تقديم توصيات عملية يمكن تطبيقها في مؤسسات مشابهة لتطوير كفاءة أنظمة السلامة وتحقيق أعلى معايير الحماية للعاملين. ويمثل هذا البحث بداية لتوسيع النقاش حول كيفية استخدام التقنيات المتقدمة والتطوير البشري في تحقيق التميز في مجال السلامة، مع التشديد على ضرورة استمرارية التكيف مع التطورات التقنية وتلبية احتياجات العاملين في بيئة العمل الحديثة.

قائمة المراجع العربية

الزبيدي، ف.، والهواشلة، م. (٢٠٢٣). معوقات تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الإنشائية في المملكة العربية السعودية. مجلة إدارة المشاريع والبناء.

الشركة السعودية للصناعات الأساسية (سابك). (٢٠٢٢). تقرير السلامة والصحة المهنية.

عبد الرحمن، سامي. (٢٠٢٠). الذكاء الاصطناعي والتحول الصناعي. الرياض: دار النشر الجامعي العربي.

الحسن، محمد. (٢٠١١). نظم المعلومات والذكاء المؤسسي. بيروت: دار الفكر.

الشهري، باسويد، و غروي. (٢٠٢٣). واقع الذكاء الاصطناعي على إدارة المشاريع في القطاع الحكومي بالمملكة العربية السعودية. مجلة الآداب واللغات والدراسات الإنسانية.

<https://doi.org/10.33193/JALHSS.94.2023.885>

الحسن، والعوضي. (٢٠٢٤). تقييم أثر الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع الهندسية الإنشائية.

<https://doi.org/10.26389/AJSRP.K090724>

السقّاط، و السقاف. (٢٠٢٥). تأثير الذكاء الاصطناعي على إدارة المخاطر في البنوك السعودية: دراسة

استطلاعية لأراء عينة من موظفي البنوك في مدينة جدة. Journal of Educational and Human

Sciences. <https://doi.org/10.33193/JEAHS.43.2025.609>

الرميح. (٢٠٢١). استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في تنفيذ المهام الرقابية. أرابوساي.

https://www.arabosai.org/fileadmin/Contenu/Winning_articles___research/1

[630929205.pdf](https://www.arabosai.org/fileadmin/Contenu/Winning_articles___research/1)

بورويق & المقوز. (٢٠٢٥). دور الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة المخاطر وإدارة الكوارث. مجلة

العلوم السياسية، (٤٠٠). <https://najsp.com/index.php/home/article/view/400>

عبدالنبي، والعتيبي. (٢٠٢٤). أهمية الذكاء الاصطناعي في إدارة الموارد البشرية والتنمية الاجتماعية:

دراسة تطبيقية على وزارة الموارد البشرية والتنمية الاجتماعية. المجلة الدولية للتنمية، ١٣(٢)، ٦٣-

٨٨. <https://doi.org/10.21608/jaid.2024.382424>

قائمة المراجع الأجنبية

- A. Amin and A. Salam, "Exploring artificial intelligence for effective risk management in high-risk industries," *Journal of Hazardous Materials*, vol. 406, pp. 123-135, 2021, doi: 10.1016/j.jhazmat.2020.123456
- Aderamo, A. T., Olisakwe, H. C., Adebayo, Y., & Esiri, A. (2024, October). AI-Driven HSE management systems for risk mitigation in the oil and gas industry. *CRRET Journal of Environmental and Safety Studies*, *2*(1). <https://doi.org/10.57219/crret.2024.2.1.0059>
- Al-Gahtani, K., Al-Shehri, A., & Al-Ohali, M. (2024). AI-Driven Project Management in Mega Projects: A Saudi Arabian Perspective. *International Journal of Project Management*, 42(1), 102-115.
- Bock, T., & Frank, M. (2021). The Future of Construction: How AI and Robotics Transform the Building Industry. *Automation in Construction*, 125.
- Bostrom, N. (2016). *Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies*. Oxford University Press.
- Breiman, L., "Random forests," *Machine Learning*, vol. 45, no. 1, pp. 5–32, 2001.
- Burke, L. (2018). Human Factors in Engineering Safety. *Journal of Safety Research*.
- Cooper, M. (2000). Safety Culture Model. *Journal of Risk Management*.
- Dhillon, B. S., *Safety and Risk Management in Engineering*. CRC Press, 2014.
- Ding, L. and J. Wu, "Big data and machine learning applications in occupational safety: A review," *Safety Science*, vol. 124, p. 104586.
- Imran, C. A. B., Shakir, M. K., & Qureshi, M. A. B. (2021). Implications of artificial intelligence in enhancing construction safety and productivity. *The Asian Bulletin of Big Data Management*, 2(1), 63–74. <https://doi.org/10.62019/2tv5mv35>

- Jafari, M. and R. Khademi, "A comprehensive survey on the applications of artificial intelligence in industrial safety," *Industrial Safety and Risk Management*, vol. 22, no. 3, pp. 267-280, 2021.
- Johnson, M. & Nguyen, P. (2023). Artificial Intelligence in Engineering Project Safety. *International Journal of Project Management*.
- Kochkodan, V. B., & Petryna, M. Yu. (2025, June). Risks of implementing and using artificial intelligence by oil and gas sector enterprises [Ризики впровадження та використання штучного інтелекту підприємствами нафтогазового сектору]. *The Actual Problems of Regional Economy Development*, 2(21), 333–343. <https://doi.org/10.15330/apred.2.21.333->
- Kochkodan, V.B. & Petryna, M.Yu. (2025). Risks of Implementing AI in Oil and Gas Sector Enterprises. *Energy Engineering Journal*.
- Lee, S., S. Park, and H. Hwang, "Deep learning-based risk detection system in the workplace," *Safety Science*, vol. 138, p. 105205, 2021. *Journal of Occupational Safety Health and Technological Innovation* 2025 (January), vol. 1, no. 1, Permadi, et al. 5 dari 5.
- M. Nogueira and R. Almeida, "Artificial intelligence techniques in real-time risk monitoring for industrial safety," *International Journal of Computer Applications in Technology*, vol. 57, no. 3, pp. 345-358.
- Patel, R. & Thomas, B. (2020). Minimizing Human Errors Through Intelligent Automation. *Energy Engineering Review*.
- Permadi, B., & Saputra, D. R. (2025). Integrating artificial intelligence in risk assessment to enhance workplace safety protocols. *Journal of Occupational Safety Health and Technological Innovation*.
- Permadi, B. & Saputra, D. (2025). Integrating AI in Risk Assessment. *IEEE Engineering Transactions*.
- Reason, J. (1990). *Human Error*. Cambridge University Press.

- Russell, S., & Norvig, P. (2020). Artificial Intelligence: A Modern Approach (4th ed.). Pearson.
- Tan, J. and Y. Li, "Hybrid machine learning models for risk assessment in industrial safety," *Safety Science*, vol. 127, p. 104674.
- Wirth, H. and M. C. Smith, "Applications of natural language processing in analyzing industrial safety reports," *Safety Science*, vol.
- Zhang, W. & Liu, H. (2019). AI Applications in Construction Risk Management. *Automation in Construction*.
- Zhou, Y. and M. Gheisari, "Artificial intelligence in construction safety: A review of emerging trends and future directions," *Automation in Construction*, vol. 138, p. 104264, 2022.
- Zhou, Y., Luo, H., & Wang, Q. (2022). Computer Vision and Deep Learning for Construction Safety: A Comprehensive Review. *Advanced Engineering Informatics*, 52, 101595.

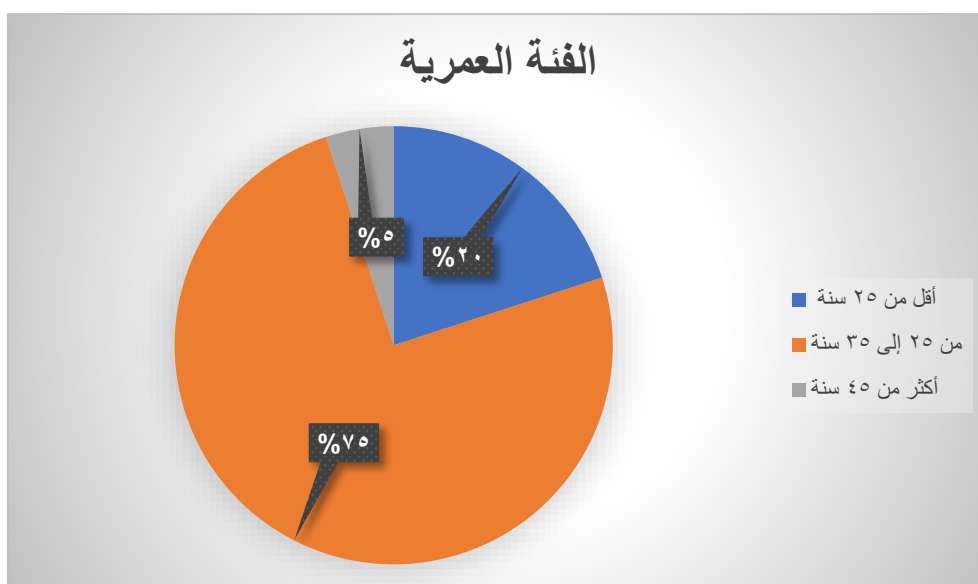
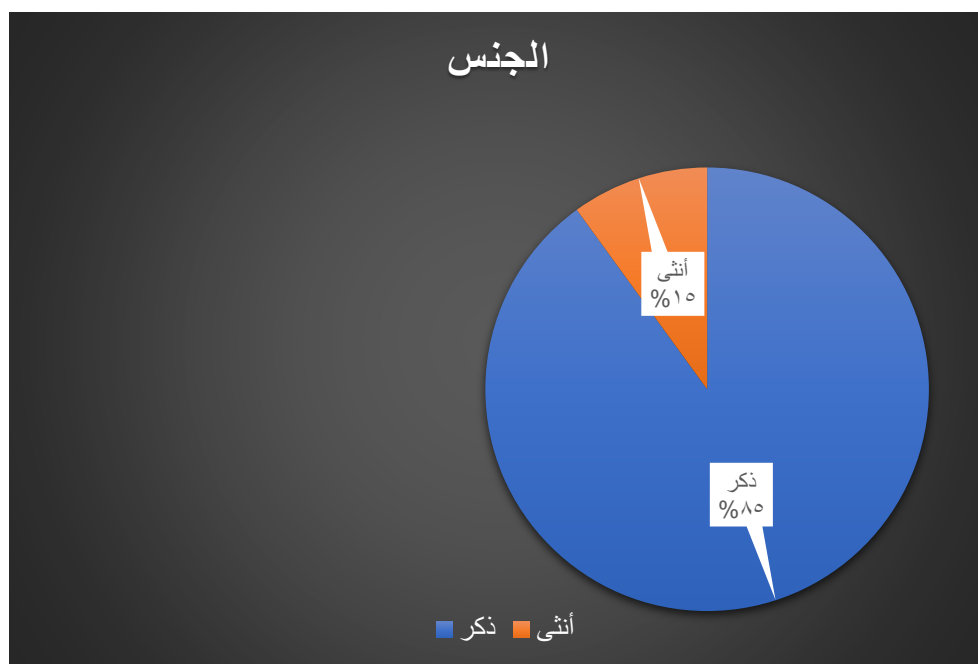
الملاحق

• الاستبانة

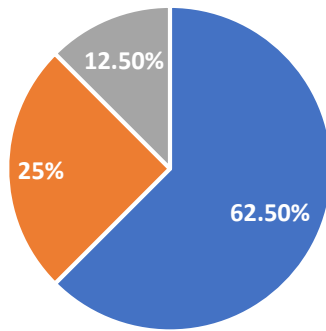
الجدول الوصفي لعينة الدراسة

المتغير	فئات المتغير	العدد	نسبة العينة الإجمالية
الجنس	ذكر	٣٤	%٨٥
	أنثى	٦	%١٥
	الإجمالي	٤٠	%١٠٠
الفئة العمرية	أقل من ٢٥ سنة	٨	%٢٠
	من ٢٥ إلى ٣٥ سنة	٣٠	%٧٥
	أكثر من ٤٥ سنة	٢	%٥
	الإجمالي	٤٠	%١٠٠
عدد سنوات الخبرة	أقل من ٥ سنوات	٢٥	%٦٢,٥
	من ٥ إلى ٩ سنوات	١٠	%٢٥
	من ١٠ إلى ١٤ سنة	٥	%١٢,٥
	الإجمالي	٤٠	%١٠٠
المستوى التعليمي	دبلوم	١٠	%٢٥
	بكالوريوس	٢٥	%٦٢,٥
	ماجستير	٥	%١٢,٥
	الإجمالي	٤٠	%١٠٠
المستوى الإداري	الإدارة التشغيلية	٣٠	%٧٥
	الإدارة الوسطى	٩	%٢٢,٥
	الإدارة العليا	١	%٢,٥
	الإجمالي	١٠	%١٠٠

• رسم توضيحي لكل فقرة من الأسئلة الشخصية لعينة الدراسة

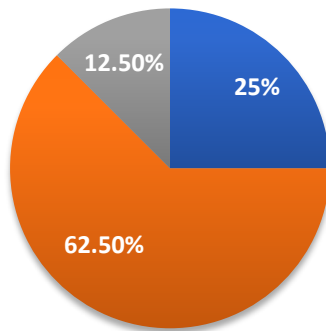


سنوات الخبرة



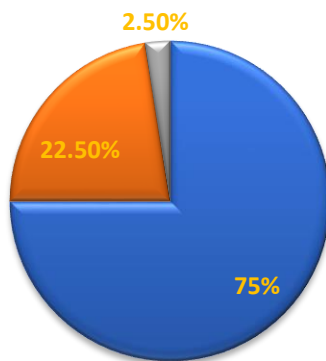
■ أقل من ٥ سنوات ■ من ٥ إلى ٩ سنوات ■ من ١٠ إلى ١٤ سنة

المستوى التعليمي



■ دبلوم ■ بكالوريوس ■ ماجستير

المستوى الإداري



■ الإدارة التشغيلية ■ الإدارة الوسطى ■ الإدارة العليا

المحور الأول: مستوى معرفة الموظفين بتقنيات الذكاء الاصطناعي المستخدمة في مشاريع أرامكو الهندسية

م	العناصر	موافق بشدة	موافق	محايد	غير موافق	غير موافق بشدة
١	لدي معرفة كافية بمفهوم تقنيات الذكاء الاصطناعي ودورها في تنفيذ المشاريع الهندسية داخل شركة أرامكو.	٥%	٢٠%	٤٥%	٢٦%	٤%
٢	أعرف الأنظمة الذكية المستخدمة في رصد المخاطر مثل أنظمة التحليل التنبؤي وأنظمة مراقبة السلامة المعتمدة على الذكاء الاصطناعي.	١٠%	٢٠%	٤٠%	٢٥%	٥%
٣	أملك معرفة جيدة بطرق عمل الروبوتات الصناعية والأنظمة المؤتمتة المستخدمة في مواقع العمل الهندسية.	٢٥%	٢٠%	٤٥%	٥%	٥%
٤	أستطيع التمييز بين أنواع تقنيات الذكاء الاصطناعي المستخدمة في المشاريع، مثل الطائرات بدون طيار، وأجهزة الاستشعار الذكية، وخوارزميات الكشف المبكر.	٤٠%	٣٠%	١٥%	١٠%	٥%
٥	أدرك آليات عمل أنظمة تحليل البيانات الضخمة التي تساعد في التنبؤ بالمخاطر البشرية قبل وقوعها.	٣٠%	٥٠%	١٥%	٥%	٠
٦	لدي فهم واضح لكيفية استخدام الذكاء الاصطناعي في تحسين إجراءات السلامة وتقليل الأخطاء البشرية في المشاريع الهندسية.	٤٠%	٤٠%	١٥%	٥%	٠

المحور الثاني: درجة اعتماد مشاريع أرامكو على تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر البشرية

م	العناصر	موافق بشدة	موافق	محايد	غير موافق	غير موافق بشدة
١	تعتمد المشاريع الهندسية في أرامكو على أنظمة الذكاء الاصطناعي لرصد المخاطر البشرية بشكل مستمر ودقيق.	%٤٠	%٤٠	%١٠	%١٠	٠
٢	تستخدم المشاريع أنظمة تحليل تنبؤي معتمدة على الذكاء الاصطناعي للتنبؤ بالحوادث المحتملة قبل وقوعها.	%٥٥	%٣٠	%١٠	٠	%٥
٣	يتم الاعتماد على أجهزة استشعار ذكية لجمع البيانات المتعلقة بسلامة العاملين في مواقع المشاريع.	%٥٠	%٢٥	%١٥	%٥	%٥
٤	تستفيد المشاريع من الطائرات بدون طيار المدعومة بالذكاء الاصطناعي لمراقبة المناطق الخطرة وتقليل تعرض العاملين للمخاطر المباشرة.	%٤٠	%٣٠	%٢٠	%١٠	٠
٥	تعتمد مشاريع أرامكو على روبوتات أو أنظمة مؤتمتة للقيام بالمهام عالية الخطورة بدلاً من العمال البشر.	%٤٥	%٣٠	%٢٠	%٥	٠

المحور الثالث: أثر تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في تقليل أنواع المخاطر البشرية داخل المشاريع الهندسية.

م	العناصر	موافق بشدة	موافق	محايد	غير موافق	غير موافق بشدة
١	يسهم استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في الحد من الأخطاء البشرية أثناء تنفيذ المهام الهندسية داخل مواقع المشاريع.	%٤٠	%٤٥	%٥	%١٠	.
٢	تساعد أنظمة الذكاء الاصطناعي في تقليل احتمالية وقوع الإصابات الناتجة عن تعرض العمال للمناطق الخطرة.	%٥٥	%٣٥	%٥	.	%٥
٣	تساهم الأنظمة التنبؤية المعتمدة على الذكاء الاصطناعي في اكتشاف المشكلات التشغيلية قبل أن تتطور إلى حوادث فعلية.	%٤٠	%٢٥	%١٥	%١٥	%٥
٤	يؤدي استخدام الروبوتات والأنظمة المؤتمتة إلى خفض معدل الحوادث الناتجة عن الأعمال ذات الخطورة العالية.	%٥٠	%٣٠	%٢٠	.	.
٥	يساعد الذكاء الاصطناعي في تحسين إجراءات السلامة والاستجابة السريعة للحوادث بما يقلل من الخسائر البشرية والمادية.	%٤٥	%٣٠	%١٥	%١٠	.

المحور الرابع: رضا الموظفين في مشاريع أرامكو عن فعالية تقنيات الذكاء الاصطناعي في الحد من المخاطر البشرية.

م	العناصر	موافق بشدة	موافق	محايد	غير موافق	غير موافق بشدة
١	أشعر بأن استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي ساعد في تحسين مستوى السلامة الشخصية أثناء عملي في المشاريع الهندسية.	%٣٠	%٣٠	%٢٠	%١٠	%١٠
٢	توفر أنظمة الذكاء الاصطناعي المستخدمة في المشاريع إحساساً أكبر بالأمان وتقليلاً واضحاً لاحتياج العاملين للتعرض المباشر للمخاطر.	%٤٠	%٢٠	%٢٠	%١٥	%٥
٣	أعتبر أن تقنيات الذكاء الاصطناعي تدعم عملي اليومي وتساهم في تقليل الضغوط المتعلقة بمخاطر العمل.	%٣٠	%٣٠	%٢٠	%٢٠	%٠
٤	أشعر بالرضا عن كفاءة الأنظمة الذكية في اكتشاف المخاطر مبكراً وتنبيه العاملين قبل وقوع الحوادث.	%٤٠	%٣٠	%١٠	%١٠	%١٠
٥	أثق في قدرة تقنيات الذكاء الاصطناعي على اتخاذ قرارات دقيقة تساهم في حماية العاملين وتقليل الأخطاء البشرية.	%٤٠	%٢٥	%٢٠	%٥	%١٠

Midocean University

College of Management

Department of Project Management



**The Impact of Applying Artificial Intelligence Technologies on
Reducing Human Risks in Engineering Projects:
A Case Study of Saudi Aramco**

Prepared by:

Abdullah Khalid Awad Tawilan

ID: 251001728

Supervised by:

Dr. Faisal Abdulhameed Mohammed Hassan

Year: 2024