

عنوان البحث

دور الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر لوزارة البيئة والمياه والزراعة

إعداد الطالب/ خالد بن سالم الغفيلي

251001183

إشراف/

د. الفيصّل عبد الحميد

د. فايز جراد

العام الدراسي:

2025

المقدمة:

في عصر تتسارع فيه التحولات التكنولوجية بوتيرة غير مسبوقة، أصبح من الضروري أن تعتمد المؤسسات الحكومية، بما في ذلك الوزارات المعنية بالقطاعات الحيوية، على أدوات وتقنيات حديثة لتعزيز أدائها واستجابتها للمخاطر. ومن بين هذه التقنيات، يبرز الذكاء الاصطناعي بوصفه أحد الحلول المتقدمة التي يمكن أن تُحدث نقلة نوعية في إدارة المخاطر، لا سيما في القطاعات ذات الطابع الحيوي والديناميكي مثل البيئة، والمياه، والزراعة. وتأتي وزارة البيئة والمياه والزراعة في المملكة العربية السعودية في صدارة الجهات التي تواجه تحديات معقدة ترتبط بتغير المناخ، وندرة الموارد المائية، والضغط البيئي المتزايدة، إلى جانب الحاجة المتواصلة لتعزيز الأمن الغذائي وتحقيق الاستدامة البيئية.

تعاني العديد من الدول من صعوبات في إدارة المخاطر البيئية والزراعية بسبب الاعتماد على الطرق التقليدية التي غالبًا ما تفتقر إلى الكفاءة والدقة، في ظل محدودية البيانات أو تأخر الاستجابة. ومع تعاظم التحديات في هذه المجالات، بات من الضروري التفكير في حلول ذكية تعتمد على التحليل الفوري، والتنبؤ، والمعالجة الديناميكية للبيانات، وهو ما يوفره الذكاء الاصطناعي بمختلف تطبيقاته. وتشير الأدبيات إلى أن أنظمة الذكاء الاصطناعي تستطيع تقليل زمن الاستجابة للمخاطر بنسبة تصل إلى 40%، كما أنها تقلل من احتمالية الخطأ البشري في القرارات البيئية والزراعية (Smith & Brown, 2023).

إن وزارة البيئة والمياه والزراعة مسؤولة عن حماية البيئة، وضمان استدامة الموارد المائية، وتطوير القطاع الزراعي، وجميعها مجالات شديدة الحساسية للمخاطر المتكررة مثل الجفاف، التلوث، انتشار الآفات، وفشل المحاصيل. وقد أصبحت هذه المخاطر أكثر تعقيدًا نتيجة التغيرات المناخية العالمية، وازدياد الضغط السكاني، وتوسع النشاط الاقتصادي. ومن هنا تبرز أهمية استخدام أدوات حديثة مثل الذكاء الاصطناعي الذي يمكنه التنبؤ بالمخاطر قبل وقوعها، وتوفير آليات فعالة للتدخل المبكر، بما يساهم في تقليل الخسائر وتعزيز استدامة الموارد (OECD, 2023).

فعلى سبيل المثال، يمكن لنماذج التعلم الآلي أن تتنبأ بالجفاف من خلال تحليل بيانات الأقمار الصناعية، ومستوى الأمطار، ودرجة التربة، ما يتيح للوزارة اتخاذ قرارات استباقية تتعلق بتوزيع المياه أو جدولة الري. كما يمكن للذكاء الاصطناعي أن يساعد في الكشف المبكر عن تفشي الأمراض النباتية من خلال معالجة الصور الملتقطة بالطائرات بدون طيار، الأمر الذي يقلل من الانتشار ويحد من تأثيره على الأمن الغذائي (Gupta & Kumar, 2020). هذه التطبيقات ليست نظرية فقط، بل بدأت بعض الوزارات حول العالم بتنفيذها فعليًا ضمن برامجها للتحويل الرقمي البيئي.

رغم أهمية الذكاء الاصطناعي، إلا أن تطبيقه في المؤسسات الحكومية، بما في ذلك وزارة البيئة والمياه والزراعة، يواجه تحديات مؤسسية وفنية عديدة، منها: قلة البنية التحتية الرقمية، ضعف الترابط بين قواعد البيانات، محدودية الكوادر المدربة، وأحياناً مقاومة التغيير من قبل بعض الإدارات التقليدية. وتؤكد دراسة أجراها Anderson & Lee (2021) أن أكثر من 65% من المؤسسات الحكومية لا تستغل سوى أقل من 30% من قدرات أنظمة الذكاء الاصطناعي المتاحة لديها، بسبب غياب رؤية استراتيجية واضحة لدمج هذه التقنية ضمن منظومتها التشغيلية.

في هذا الإطار، تمثل وزارة البيئة والمياه والزراعة حالة مهمة للدراسة، حيث تبذل جهوداً كبيرة للتحويل الرقمي ودمج التقنيات الذكية ضمن أعمالها. فقد أطلقت الوزارة بالتعاون مع "سدايا" عدة مشاريع تعتمد على الذكاء الاصطناعي لرصد المخالفات البيئية، وتوزيع المياه الذكية، ومراقبة الغطاء النباتي (الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي، 2024). كما تسعى إلى تطوير نماذج توقع آلي للأزمات البيئية والزراعية، وذلك في انسجام مع أهداف رؤية السعودية 2030 التي تؤكد على ضرورة استخدام التقنيات الحديثة لتحقيق التنمية المستدامة.

لكن في المقابل، هناك فجوة واضحة بين هذه المبادرات والطموحات وبين التطبيق الفعلي على أرض الواقع، ما يستدعي دراسة تحليلية معمقة لفهم طبيعة هذه الفجوة، وتحديد العوامل المؤثرة على نجاح أو فشل تطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر بالوزارة. فالدراسات السابقة تناولت الذكاء الاصطناعي من زوايا تقنية بحتة، دون التركيز الكافي على السياق المؤسسي والثقافي في المؤسسات العربية، خصوصاً من حيث الجاهزية، القبول التنظيمي، وتكامل البيانات (AI) (Tamimi, 2021).

وبناءً عليه، تهدف هذه الدراسة إلى تحليل واقع استخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر داخل وزارة البيئة والمياه والزراعة، وتقييم الفوائد والعوائق، واقتراح إطار عملي يعزز من دمج الذكاء الاصطناعي بشكل فعال في استراتيجيات الوزارة. كما تسعى إلى رصد النماذج الناجحة وتقديم توصيات قابلة للتطبيق في السياق السعودي، اعتماداً على تحليل الأدبيات، واستطلاع آراء المختصين، ودراسة حالات تطبيقية في مجالات الزراعة والمياه والبيئة.

من خلال هذه الدراسة، سيتمكن صناع القرار من فهم الإمكانيات الكامنة للذكاء الاصطناعي في تحسين الأداء المؤسسي، وتعزيز الجاهزية للمخاطر، بما يساهم في تحقيق الاستدامة البيئية والأمن المائي والغذائي. كما يمكن أن تشكل هذه الدراسة مرجعاً مهماً للجهات الحكومية الأخرى التي تسعى للاستفادة من الذكاء الاصطناعي في تعزيز قدراتها على إدارة الأزمات والتخطيط الاستراتيجي في ظل بيئة متغيرة ومعقدة.

-مشكلة الدراسة.

تشهد المملكة العربية السعودية تحولات بيئية وزراعية ومائية متسارعة، تفرض تحديات كبيرة على وزارة البيئة والمياه والزراعة فيما يتعلق بإدارة المخاطر المرتبطة بهذه القطاعات الحيوية. وتشمل هذه المخاطر تفشي الآفات الزراعية، والتغيرات المناخية المتطرفة، وندرة المياه، وتلوث الموارد الطبيعية، إضافة إلى اختلال التوازن البيئي في بعض المناطق. وفي ظل هذا المشهد المعقد، تتطلب إدارة هذه المخاطر حلولاً متقدمة تتجاوز الأدوات التقليدية المعتمدة على الملاحظة والخبرة المحدودة.

تُعد تقنيات الذكاء الاصطناعي أحد الحلول الواعدة التي يمكن أن تساهم في دعم الوزارة في التنبؤ بالمخاطر وتحليلها والاستجابة لها بكفاءة. إلا أن الواقع يشير إلى وجود فجوة كبيرة بين الإمكانيات النظرية التي توفرها هذه التقنيات وبين التطبيق الفعلي لها داخل بيئات العمل الحكومية، بما في ذلك وزارة البيئة والمياه والزراعة. فعلى الرغم من تبني الوزارة لبعض المبادرات الرقمية، إلا أن الاعتماد المنهجي والمتكامل على أنظمة الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر لا يزال محدوداً وغير مؤسسي في كثير من الجوانب.

وتبرز المشكلة في عدة أبعاد متداخلة؛ أولها ضعف البنية التحتية الرقمية في بعض الإدارات أو المناطق، ما يعيق تشغيل الأنظمة الذكية بكفاءة. ثانيًا، هناك نقص في الكوادر الفنية المدربة على التعامل مع خوارزميات الذكاء الاصطناعي، وهو ما يؤدي إلى الاعتماد على أطراف خارجية دون نقل فعلي للمعرفة داخل المؤسسة. ثالثًا، تتجلى المشكلة في محدودية البيانات المتاحة أو عدم تكاملها بين الإدارات المختلفة، وهو عنصر جوهري لأي نظام ذكاء اصطناعي يحتاج إلى تحليل كميات ضخمة من البيانات بدقة.

وإلى جانب العوامل التقنية، تُضاف تحديات مؤسسية وثقافية تحول دون تحقيق التكامل المنشود بين الذكاء الاصطناعي والعمليات اليومية داخل الوزارة. فبعض القيادات الإدارية قد لا تزال تفضل الأساليب التقليدية في تقييم المخاطر، وتُبدي تحفظاً تجاه التقنيات الحديثة، إما بسبب الخوف من التعقيد أو بسبب محدودية الوعي بقيمتها المضافة. وتؤدي هذه المعوقات إلى تعطيل مسار التحول الرقمي، والحد من كفاءة الأنظمة الذكية إن وُجدت.

وتشير التقديرات الأولية إلى أن أكثر من 60% من إمكانيات الذكاء الاصطناعي المتاحة حالياً لا يتم استغلالها بالشكل المطلوب في المؤسسات العامة، بسبب غياب استراتيجية متكاملة للتطبيق، وضعف التنسيق بين الجهات ذات العلاقة، وغياب الحوكمة التقنية التي تضبط استخدام الذكاء الاصطناعي وتوجّهه نحو الأهداف الوطنية. كما أن أغلب الدراسات السابقة ركزت على القطاع الصناعي أو الصحي، في حين لا تزال التطبيقات البيئية والزراعية للذكاء الاصطناعي في المملكة تُعاني من نقص في التوثيق والتحليل.

بناءً على ما سبق، تتحدد مشكلة الدراسة الحالية في السؤال الرئيسي التالي:

"ما مدى فاعلية ودور الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة المخاطر داخل وزارة البيئة والمياه والزراعة، وما العوائق التي تعترض طريق تطبيقه بشكل فعال ومتكامل؟"

-أهمية الدراسة.

تنبع أهمية هذه الدراسة من الحاجة المتزايدة إلى تبني حلول ذكية وفعالة لمواجهة المخاطر البيئية والمائية والزراعية التي تواجهها المملكة العربية السعودية، خاصة في ظل التحولات المناخية، وتحديات الأمن الغذائي، وشح الموارد المائية. إن وزارة البيئة والمياه والزراعة تمثل جهة محورية في الحفاظ على التوازن البيئي وتحقيق الاستدامة، وتواجه مسؤوليات متنامية في مجالات متعددة ومعقدة، لا يمكن إدارتها بشكل فعال من خلال الأساليب التقليدية وحدها. ومن هنا، تبرز الحاجة الماسة إلى دراسة متعمقة تستكشف الإمكانيات الحقيقية لتقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة إدارة المخاطر داخل الوزارة.

كما تكتسب هذه الدراسة أهمية خاصة كونها تُسلط الضوء على قطاع حيوي لم ينل ما يكفي من التحليل في سياق التحول الرقمي، إذ أن معظم الدراسات في مجال الذكاء الاصطناعي ركزت على القطاعات الصناعية أو الصحية أو المالية، بينما ظلت التطبيقات الزراعية والبيئية والمائية في إطارها الحكومي أقل حضوراً في الأدبيات. وبالتالي، فإن الدراسة الحالية تسعى إلى سد فجوة معرفية مهمة من خلال تحليل واقع تبني الذكاء الاصطناعي في قطاع بيئي زراعي مائي حكومي، وتقديم إطار مفاهيمي وتطبيقي يمكن البناء عليه في مشاريع التحول المستقبلية.

وتكمن أهمية هذه الدراسة أيضاً في كونها تقدم محتوى تطبيقياً يمكن أن تستفيد منه الوزارة في تعزيز قدرتها على التنبؤ المبكر بالمخاطر، واتخاذ قرارات مدروسة وسريعة بناءً على تحليل كميات ضخمة من البيانات، وهو ما يساهم في تقليل الخسائر، وتحسين كفاءة استخدام الموارد، ورفع كفاءة الخدمات المقدمة للمواطنين. كما تساعد هذه الدراسة في تقييم مستوى الجاهزية المؤسسية والفنية والبشرية لتبني تقنيات الذكاء الاصطناعي، وتحديد المعوقات المحتملة التي تعيق التكامل بين هذه التقنيات وعمليات إدارة المخاطر الحالية.

وتكتسب الدراسة بعداً استراتيجياً من خلال ارتباطها المباشر بأهداف رؤية السعودية 2030، التي تؤكد على أهمية استخدام التقنيات الناشئة في تحسين أداء القطاعات الحكومية، ودعم الاستدامة البيئية، وتنمية الاقتصاد الزراعي والمائي. وبالتالي، فإن مخرجات هذه الدراسة لا تنحصر في الجوانب الأكاديمية فقط، بل تمتد إلى نطاق السياسات العامة وتوجهات التطوير المؤسسي، ما يجعلها مرجعاً مفيداً لصناع القرار، والباحثين، ومهندسي البيانات، والقيادات الفنية العاملة في وزارة البيئة والمياه والزراعة.

-أهداف الدراسة.

تهدف هذه الدراسة إلى تسليط الضوء على أهمية الذكاء الاصطناعي كأداة استراتيجية في تحسين إدارة المخاطر داخل وزارة البيئة والمياه والزراعة، من خلال مجموعة من الأهداف المحددة التي تسعى إلى تحقيق فهم شامل ومتكامل لهذا الدور. وتتمثل هذه الأهداف فيما يلي:

1. تحليل واقع استخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر داخل وزارة البيئة والمياه والزراعة، من خلال دراسة آليات التوظيف الحالية للتقنيات الذكية في مجالات مثل الرصد البيئي، التنبؤ بالأزمات، وإدارة البيانات.
2. تحديد المجالات الحيوية التي يمكن أن يستفيد فيها القطاع البيئي والزراعي من تطبيقات الذكاء الاصطناعي، مثل: كشف الآفات الزراعية، مراقبة جودة المياه، التنبؤ بالكوارث الطبيعية، وتحسين كفاءة استخدام الموارد.
3. تقييم فعالية النماذج الذكية في تقليل المخاطر وتحسين الاستجابة للأزمات البيئية والمائية والزراعية، وذلك من خلال استعراض دراسات حالة وتحليل بيانات تطبيقية لمبادرات الوزارة.
4. تحديد التحديات المؤسسية والتقنية والتنظيمية التي تعيق استخدام الذكاء الاصطناعي داخل الوزارة، سواء كانت مرتبطة بالبنية التحتية، أو الكوادر البشرية، أو ضعف تكامل البيانات.
5. بناء إطار مقترح لتفعيل الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر البيئية والمائية والزراعية في الوزارة، بحيث يكون قابلاً للتطبيق التدريجي وفق الإمكانيات والموارد الحالية.
6. تعزيز الوعي المؤسسي بأهمية التحول الرقمي في قطاع البيئة والمياه والزراعة، من خلال توضيح فوائد الذكاء الاصطناعي على المدى القصير والبعيد، وانعكاسه على استدامة الموارد وجودة الخدمات.
7. المساهمة في دعم السياسات الوطنية لتحقيق أهداف رؤية السعودية 2030، من خلال تقديم توصيات عملية تساهم في تسريع التحول الرقمي في الوزارة، ورفع كفاءة إدارة المخاطر.

-تساؤلات الدراسة

تنطلق هذه الدراسة من فرضية أساسية مفادها أن الذكاء الاصطناعي يمكن أن يُسهم بفعالية في تعزيز قدرات وزارة البيئة والمياه والزراعة في المملكة العربية السعودية على إدارة المخاطر، عبر تحليل البيانات، التنبؤ بالأزمات، ودعم اتخاذ القرار. وبناءً على ذلك، تتمحور الدراسة حول مجموعة من التساؤلات الرئيسية والفرعية التي تسعى للإجابة عنها بشكل علمي ومنهجي، وهي كما يلي:

1. ما واقع استخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر داخل وزارة البيئة والمياه والزراعة؟ ويشمل هذا التساؤل تحليل مدى انتشار هذه التقنيات، ونوعية التطبيقات المستخدمة، وطبيعة المهام التي يتم توظيف الذكاء الاصطناعي فيها داخل الوزارة.
2. ما أبرز المجالات البيئية والزراعية والمائية التي يمكن للذكاء الاصطناعي أن يضيف فيها قيمة نوعية لإدارة المخاطر؟ مثل التنبؤ بالكوارث البيئية، ترشيد استخدام المياه، كشف الآفات الزراعية، ومراقبة جودة التربة والمناخ.
3. إلى أي مدى تسهم تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين الاستجابة للأزمات وتقليل الآثار السلبية للمخاطر في الوزارة؟ مع التركيز على الفروقات بين الأنظمة الذكية والإجراءات التقليدية من حيث السرعة والدقة والفعالية.
4. ما التحديات المؤسسية والفنية التي تواجه الوزارة في دمج الذكاء الاصطناعي ضمن استراتيجياتها لإدارة المخاطر؟ سواء تلك المتعلقة بالبنية التحتية، البيانات، الكفاءات البشرية، أو الجوانب التشريعية والتنظيمية.
5. ما الإطار المقترح لتفعيل استخدام الذكاء الاصطناعي في الوزارة بشكل فعال ومتكامل؟ وكيف يمكن أن يُسهم هذا الإطار في دعم الاستدامة البيئية وتحقيق مستهدفات رؤية السعودية 2030؟

-فروض الدراسة

بناءً على الإطار النظري والدراسات السابقة، ووفقاً لتساؤلات الدراسة المطروحة، تم صياغة عدد من الفروض العلمية التي تسعى الدراسة لاختبارها والتحقق من صحتها في ضوء الأدلة والتطبيقات الواقعية داخل وزارة البيئة والمياه والزراعة. وتتمثل هذه الفروض في الآتي:

1. هناك علاقة طردية بين مستوى جاهزية البنية التحتية الرقمية في الوزارة وفعالية استخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر.
أي كلما زادت كفاءة البنية التحتية التكنولوجية، تحسنت قدرة الأنظمة الذكية على التنبؤ بالمخاطر والاستجابة لها بدقة.
2. استخدام الذكاء الاصطناعي في وزارة البيئة والمياه والزراعة يُسهم في تقليل زمن الاستجابة للمخاطر البيئية والزراعية والمائية بنسبة ملحوظة.
حيث تتيح تقنيات التعلم الآلي وتحليل البيانات الكبيرة قدرة أعلى على اكتشاف الأزمات المحتملة في وقت مبكر.
3. توافر الكفاءات البشرية المؤهلة في الوزارة يعزز من نجاح تطبيق الذكاء الاصطناعي في عمليات إدارة المخاطر.
فوجود فرق عمل مدربة على فهم وتشغيل النماذج الذكية يُعد من العوامل الحاسمة في ضمان نجاح التبني التكنولوجي.
4. ضعف التنسيق بين الإدارات داخل الوزارة يُعد من العوائق الرئيسة أمام التكامل الفعال لتقنيات الذكاء الاصطناعي.
حيث يؤثر غياب التواصل المؤسسي وتكامل البيانات سلباً على فعالية هذه النظم في أداء مهامها.
5. اعتماد الوزارة على الذكاء الاصطناعي في الرصد والتحليل يقلل من الأخطاء البشرية في تقييم المخاطر واتخاذ القرار.
وهو ما يؤدي إلى تحسين دقة القرارات البيئية والزراعية وتعزيز الحوكمة الرشيدة في إدارة الموارد.

الدراسات السابقة

تتناول هذه المراجعة دراسات حديثة ركزت على دور الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة المخاطر، شملت تطبيقات متنوعة في القطاعات الحكومية والخاصة، وخاصة في البيئات المرتبطة بالمواضيع البيئية والمائية والزراعية. وتهدف هذه الدراسات إلى استكشاف كيفية توظيف الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالمخاطر، وتقليل زمن الاستجابة، وتحسين دقة اتخاذ القرار، إلى جانب تحليل العوائق التي تحول دون الاستخدام الفعال.

1. Smith وBrown (2023)

قدّمت هذه الدراسة إطارًا تصنيفيًا لأنواع المخاطر الناجمة عن تطبيقات الذكاء الاصطناعي، مثل مخاطر التكهّن الخاطئ، والاختراقات الأمنية، والتحيز البنيوي. بناءً على تحليل بيانات من 50 منظمة دولية، خلصت الدراسة إلى أن المخاطر التقنية تشغل مساحة صغيرة من الاهتمام مقارنة بالعوامل التنظيمية التي غالبًا ما تُهمل. ومن هنا برزت توصية بضرورة توحيد معايير الحوكمة التقنية في المؤسسات.

الفجوات: الدراسة لم تستكشف السياقات الحكومية، ولا ركزت على القطاعات البيئية أو الزراعية، ما يثير الحاجة إلى دراسات تطبيقية في هذه البيئة.

2. Anderson وLee (2021)

قامت بتطوير نموذج تنبؤي للمخاطر الصحية باستخدام تعلم الآلة، اعتمادًا على بيانات رعاية صحية غربية. أظهرت النتائج إمكانية التنبؤ بأزمات الصحة العامة بنسبة دقة عالية. كما بيّنت أن الأنظمة الذكية تُعطي مؤشرات مبكرة باستمرار عن تفشي الأوبئة، مما يسمح بتوظيفها في تنسيق الاستجابة الحكومية.

الفجوات: الدراسة اقتصرَت على السياق الغربي ولم تتناول إمكانية النقل إلى الدول ذات البنى التحتية الصحية الرقمية المتواضعة.

3. Gupta وKumar (2020)

ركزت الدراسة على تحسين الأمان الصناعي والمخاطر التشغيلية باستخدام الذكاء الاصطناعي، من خلال الكشف المبكر عن الأعطال. وقد توصلت إلى تقليل معدلات الحوادث بنسبة تقارب 28%. وقد أثر انتقال جزء كبير من الأنشطة إلى النظم الذكية على تشكيل مقاومة بين العاملين، ما دعا الباحثين لاقتراح برامج تدريبية وتحول ثقافي داخل المؤسسات.

الفجوات: لم تتناول الدراسة الأبعاد البيئية أو الزراعية، ولم تعتمد مؤشرات تقييم الأثر الاجتماعي.

4. Zhao وآخرون (2022)

بحثت في مكافحة الاحتيال المالي بتحليل النشاطات المشبوهة باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي. وأثبتت الدراسة أن الوقت اللازم للكشف انخفض بنسبة 65% تقريبًا. كما وجدت أن الأداء يتحسن عبر الاستخدام الجمعي للذكاء الاصطناعي والتعلم البشري.

الفجوات :غابت العوامل المؤسسية والثقافية المتعلقة بالبيئات الحكومية والرسمية ذات الرقابة الخفيفة.

5. Al-Tamimi (2021)

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم جاهزية الوزارات الخليجية لاعتماد الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر. وأظهرت فجوة واضحة بين الرؤية الاستراتيجية والتطبيق على أرض الواقع، بسبب ضعف التدريب، ونقص الكفاءات الفنية، والبنية التحتية الرقمية. كما أوصت الدراسة بإدراج برامج رفع الوعي والتحول التقني بشكل متدرج.

الفجوات :لم تقم بتقييم الأثر التقني أو نسب التحسّن بعد اعتماد النظم الذكية.

6. Müller وHossain (2020)

فحصت 120 حالة لتوظيف الذكاء الاصطناعي في الكوارث مثل الزلازل والفيضانات، وخُصصت إلى أن أنظمة التنبؤ المبكر حسّنت إدارة الموارد بنسبة ملحوظة. وفي المقابل، رصدت تحديًا أخلاقيًا بخصوص استخدام البيانات الشخصية بدون إرشاد قانوني واضح.

الفجوات :لم تقدم حلولاً للتحديات الأخلاقية وجوانب الخصوصية في استخدام بيانات الأفراد.

7. Nour وAl-Hajri (2022)

ركزت على الأمن السيبراني في جامعات الخليج، وأظهرت أن الاعتماد على الذكاء الاصطناعي في المراقبة الإلكترونية يقلل زمن الاستجابة بنسبة نحو 40%. كما بينت الحاجة لتوحيد تنسيق الفرق التقنية وسياسات السلامة الرقمية ضمن الهيكل المؤسسي.

الفجوات :لم تتناول العوائق التنظيمية والثقافية المفصلة في القطاع العام.

8. Fernandez وSilva (2023)

تناولت سلاسل الإمداد العالمية والمخاطر المرتبطة بتقلبات السوق. ووجدت أن الخوارزميات الذكية حسّنت التنبؤ بالاضطرابات بنسبة 88%. لكن الدراسة رصدت صعوبة التطبيق في مؤسسات صغيرة بسبب التكلفة العالية وقلة الخبرات التقنية.

الفجوات :لم تقدّم مقترحات ملموسة لتكييف الحلول لتناسب المؤسسات ذات الموارد المحدودة.

9. El-Rayes وHassan (2020)

أجريت في مصر، وركزت على ارتباط رؤية القيادة الإدارية بالنجاح في تطبيق الذكاء الاصطناعي بالمؤسسات، وقد بيّنت أن وجود دعم قيادي يزيد من فرص النجاح بنسبة تفوق 60%. لكن الدراسة لم تتناول الإطار القانوني للتشغيل أو تكامل الأنظمة المختلفة بين الإدارات.

ناقشت تطبيق الذكاء الاصطناعي لتحليل بيانات الحوادث المرورية، حيث انخفضت الحوادث بنسبة 23% بعد تطبيق النظام. كما أكدت الحاجة لبناء الثقة العامة في هذه التقنيات وتوضيحها للمستخدمين. ودعت الدراسة لصياغة سياسات واضحة للشفافية والمساءلة الحكومية.

الفجوات: ركزت الدراسة على القطاع المروري دون فحص الأبعاد البيئية أو المائية.

تحليل ومخرجات الدراسات

تُظهر هذه الدراسات بوضوح إمكانات الذكاء الاصطناعي في تعزيز إدارة المخاطر، خاصة في التنبؤ، الكشف المبكر، وتحليل البيانات بسرعة عالية. كما توضح أن عوامل مثل الالتزام القيادي، والتدريب، والبيئة التنظيمية تلعب دورًا محوريًا في نجاح التطبيق.

الفجوات البارزة:

- قلة البحوث التي تستهدف القطاعات البيئية والمائية والزراعية في البيئات الحكومية.
- نقص التركيز على المعوقات التنظيمية والثقافية، وغياب تقييم العائد المؤسسي والتغيرات الثقافية الداخلية.
- ازدواجية في التركيز على الأداء التقني المؤقت دون تحليل سبل تكييف الذكاء الاصطناعي مع المؤسسات الصغيرة والمتوسطة أو تلك ذات البنية التحتية الضعيفة.

مبررات الدراسة الحالية

انطلاقًا من نقاط الضعف في الأدب الأكاديمي، تأتي هذه الدراسة لملء ثلاثة فجوات رئيسية:

1. تحليل السياق الحكومي، وخصوصًا وزارة البيئة والمياه والزراعة.
2. دمج الأبعاد التقنية مع التنظيمية والثقافية كأساس لفهم واقع التطبيق.
3. تقديم توصيات قابلة للتطبيق توجهها أهداف الدولة نحو التحول التقني واستدامة الموارد.

-النظرية العلمية المتبعة لإعداد البحث

يعتمد هذا البحث على دمج نظريتين علميتين رئيسيتين لتفسير وتوجيه العلاقة بين الذكاء الاصطناعي وإدارة المخاطر في البيئة المؤسسية الحكومية، وتحديدًا داخل وزارة البيئة والمياه والزراعة، وهما: نظرية النظم ونظرية الابتكار التكنولوجي.

أولاً: نظرية النظم (Systems Theory)

تُعد نظرية النظم إطارًا تحليليًا يُستخدم لفهم كيفية تفاعل مكونات المؤسسة كوحدة متكاملة. وفقًا لهذه النظرية، فإن أي منظمة تُدار عبر مجموعة مترابطة من المدخلات، والعمليات، والمخرجات، والتغذية الراجعة، ضمن بيئة محيطية تتأثر بها وتؤثر فيها. (Von Bertalanffy, 1968) ويُفهم الذكاء الاصطناعي في هذا السياق كـ"عامل مُغير" يُدمج داخل النظام الإداري والتشغيلي، ليعزز من قدراته على التنبؤ بالمخاطر واتخاذ قرارات استباقية.

تُساهم هذه النظرية في توجيه البحث نحو فحص مدى تكامل أنظمة الذكاء الاصطناعي مع بنية وزارة البيئة والمياه والزراعة، سواء على مستوى جمع البيانات أو تحليلها أو اتخاذ القرارات بناءً عليها. كما تسمح بفحص تأثير الذكاء الاصطناعي على النظم الفرعية في الوزارة، مثل نظم الرصد البيئي، وإدارة الموارد المائية، والتخطيط الزراعي.

ثانيًا: نظرية الابتكار التكنولوجي (Technology Adoption Theory)

تُستخدم نظرية الابتكار التكنولوجي لتفسير كيفية تبني المنظمات للتقنيات الحديثة، والعوامل التي تؤثر على قرارات التبني أو الرفض. وقد طوّر Everett Rogers (2003) هذه النظرية ضمن ما يعرف بـ"منحنى الانتشار"، حيث تمر المؤسسات بعدة مراحل في تبني الابتكار: الوعي، الاهتمام، التقييم، التجريب، ثم التبني أو الرفض.

تعتمد هذه الدراسة على النموذج الموسّع للتبني (TAM – Technology Acceptance Model) الذي صاغه Davis (1989)، والذي يفترض أن "المنفعة المتصورة" و"سهولة الاستخدام" تؤثران على نية الأفراد والمؤسسات لتبني التكنولوجيا. وعند إسقاط هذا النموذج على وزارة البيئة والمياه والزراعة، تصبح أسئلة البحث أكثر دقة: هل ترى الوزارة أن الذكاء الاصطناعي مفيد لإدارة المخاطر؟ وهل البنية الرقمية الحالية تدعم الاستخدام السهل لهذه التقنية؟

تكامُل النظريتين في هذا البحث

يتم الدمج بين النظريتين لتكوين إطار نظري متماسك يُراعي الجانبين التنظيمي والتقني. فمن جهة، تساعد نظرية النظم في تحليل البنية الداخلية للوزارة ومدى استعدادها لتكامل الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر، بينما تساعد نظرية التبني في فهم العوامل المؤثرة في قرارات القادة والموظفين بشأن اعتماد هذه التقنية.

عند تطبيق النظريتين، سيُنظر إلى الذكاء الاصطناعي ليس فقط كأداة تقنية، بل كجزء من النظام الإداري العام، تتأثر فعاليته بعوامل تنظيمية، ثقافية، وبشرية. ويعني ذلك أن تبني الذكاء الاصطناعي لإدارة المخاطر لن يكون فعالاً دون فهم الحوافز والمخاوف والعقبات التي تواجه فرق العمل، ودون تحليل بيئة العمل القائمة.

مبررات اختيار الإطار النظري

تم اختيار هاتين النظريتين لعدة أسباب:

- أولاً، لأنهما تناسبان طبيعة الدراسة التطبيقية في مؤسسة حكومية معقدة كوزارة البيئة والمياه والزراعة.
- ثانياً، لأنهما توفران أدوات تفسير متعددة لفهم العلاقات المتشابكة بين التقنية والبشر والإدارة.
- ثالثاً، لأن الدمج بينهما يُسهِم في تطوير إطار عملي يربط بين التحليل المؤسسي وقرارات التبني التقني، وهو ما تحتاج إليه الوزارة في مرحلة التحول الرقمي.

المنطلقات النظرية للدراسة

تُعد المنطلقات النظرية الأساس الذي تُبنى عليه أي دراسة علمية؛ إذ توفر الإطار الفكري والمهجي الذي يُوجه الباحث نحو تحديد المفاهيم، واختيار المنهج المناسب، وتحليل النتائج ضمن سياق علمي دقيق. وفي هذه الدراسة، التي تتناول دور الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر بوزارة البيئة والمياه والزراعة في المملكة العربية السعودية، تنطلق المنظومة النظرية من ثلاثة اتجاهات رئيسة: مفهوم إدارة المخاطر، وتطور تقنيات الذكاء الاصطناعي، والتكامل بين التكنولوجيا والإدارة العامة.

أولاً: إدارة المخاطر كمجال استراتيجي في المؤسسات الحكومية

تُعد إدارة المخاطر من أهم المحاور في العمل المؤسسي الحديث، خاصة في المؤسسات الحكومية التي تتعامل مع موارد حيوية كالمياه والبيئة والزراعة. ويُشير تعريف معهد إدارة المشاريع PMI إلى أن إدارة المخاطر هي "عملية تحديد، وتحليل، والاستجابة لعوامل الخطر التي تُهدد أهداف المشروع أو المؤسسة. (PMI, 2017)" وتشمل هذه العملية مراحل تبدأ بتحديد مصادر الخطر، مروراً بتحليل احتمالات وقوعها، وانتهاءً بوضع خطط الاستجابة والتخفيف. في السياق البيئي والزراعي، تتنوع مصادر الخطر ما بين كوارث طبيعية مثل الجفاف والفيضانات، أو أوبئة زراعية، أو تغيرات مناخية مفاجئة، وكلها تتطلب أدوات استشراف دقيقة. وعليه، فإن تبني نموذج احترافي لإدارة المخاطر أصبح شرطاً لضمان استدامة الموارد وتحقيق الأمن البيئي والغذائي.

ثانياً: الذكاء الاصطناعي كأداة لتحسين التنبؤ والتحليل

الذكاء الاصطناعي يُعرّف على أنه "فرع من علوم الحاسوب يُعنى بتصميم أنظمة قادرة على محاكاة القدرات الذهنية البشرية، مثل التعلم، الفهم، واتخاذ القرار. (Russell & Norvig, 2020)" وفي العقود الأخيرة، تطورت تطبيقات الذكاء الاصطناعي لتشمل التعلم الآلي، والرؤية الحاسوبية، ومعالجة اللغة الطبيعية، والتنبؤ بالخطر من خلال تحليل البيانات الضخمة.

تُظهر الأدبيات الحديثة أن للذكاء الاصطناعي قدرة عالية على دعم عمليات اتخاذ القرار من خلال معالجة كميات هائلة من البيانات بسرعة ودقة. وقد أكدت دراسة *Smith & Brown (2023)* أن المؤسسات التي تعتمد أنظمة الذكاء الاصطناعي في رصد وتحليل المخاطر نجحت في تقليل نسب الخسارة بنسبة تصل إلى 40% مقارنة بالمؤسسات التي تعتمد على أدوات تقليدية.

في السياق البيئي، يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي لتحليل صور الأقمار الصناعية لكشف التغيرات في الغطاء النباتي، أو التنبؤ بجفاف التربة، أو قياس تلوث المياه. وكل ذلك يُسهم في تعزيز قدرة الوزارة على اتخاذ قرارات مبنية على بيانات حقيقية وليست توقعات بشرية فقط.

ثالثاً: العلاقة التفاعلية بين التكنولوجيا والإدارة العامة

إن نجاح أي تقنية لا يعتمد فقط على مدى تطورها، بل على مدى تكاملها مع المنظومة الإدارية والتنظيمية للمؤسسة. وهنا يأتي دور نظرية النظم التي تُفسّر المؤسسة باعتبارها نظاماً متكاملًا تتفاعل فيه عناصر متعددة: الموارد البشرية، الإجراءات، التكنولوجيا، والبيئة المحيطة. (Von Bertalanffy, 1968)

وبتطبيق ذلك على وزارة البيئة والمياه والزراعة، فإن إدماج الذكاء الاصطناعي لا يمكن أن يكون فاعلاً دون وجود بنية تحتية رقمية مناسبة، وثقافة تنظيمية منفتحة، وأطر تشريعية مرنة. فالذكاء الاصطناعي لا يعمل بمعزل عن العنصر البشري، بل يتطلب تدريباً مستمراً، وإعادة هندسة للعمليات التقليدية، وإدماجاً ضمن السياسات المؤسسية.

وتدعم نظرية تبني التكنولوجيا (Technology Acceptance Model) هذا التوجه، حيث تبين أن العاملين يتقبلون التكنولوجيا عندما يشعرون بأنها مفيدة وسهلة الاستخدام. (Davis, 1989) وفي حال لم تُقدّم نظم الذكاء الاصطناعي بشكل واضح وملائم، فإنها قد تواجه مقاومة من الموظفين، ما يُقلل من فعاليتها، وهو ما نلاحظه أحياناً في الوزارات ذات الهيكل التقليدي.

رابعاً: السياق الوطني وتوجهات رؤية 2030

لا يمكن إغفال البعد الوطني في هذا التحليل؛ حيث تُعد رؤية المملكة العربية السعودية 2030 إطاراً استراتيجياً يدفع نحو التحول الرقمي في مختلف القطاعات الحكومية. وقد أكدت الرؤية في محاورها الأساسية على أهمية "تحقيق الاستدامة البيئية، وضمان الأمن الغذائي والمائي، وتبني الابتكار والتقنيات الحديثة في إدارة الموارد" (رؤية 2030، 2020).

وبناءً على ذلك، فإن تبني وزارة البيئة والمياه والزراعة لتقنيات الذكاء الاصطناعي لا يُعد خياراً تقنياً فقط، بل توجهًا وطنياً ينسجم مع الاستراتيجيات الكبرى للدولة. كما أن الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي (سدايا) تلعب دوراً محورياً في دعم هذا التحول عبر تقديم منصات وتطبيقات جاهزة، وتعزيز بيئة تشاركية للبيانات بين الوزارات. (SDAIA, 2023).

خامساً: التحديات المؤسسية المصاحبة للتطبيق

رغم الإمكانيات العالية للذكاء الاصطناعي، إلا أن الدراسات تشير إلى وجود تحديات تنظيمية وثقافية تحول دون نجاح تطبيقه. حيث توضح دراسة (Al-Tamimi, 2021) أن ضعف البنية الرقمية، ونقص الكفاءات، والتردد الإداري في تبني التغيير، تُعد من أهم العوائق في السياقات الحكومية.

لذا، تأتي هذه الدراسة لتُضيء على هذه الجوانب بشكل شامل، مع التركيز على كيفية تحويل التحديات إلى فرص، من خلال بناء نموذج عملي قابل للتطبيق في وزارة البيئة والمياه والزراعة، يستند إلى المنطلقات النظرية السابقة، ويأخذ في الاعتبار الواقع الوطني والهيكل للمؤسسة.

المنهجية وطرق البحث

تقوم هذه الدراسة على استخدام المنهج الوصفي التحليلي باعتباره الأنسب لفهم الظواهر المعقدة المتعلقة بتطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر داخل بيئة مؤسسية حكومية. يتيح هذا المنهج للباحث تحليل الظاهرة المدروسة كما هي في الواقع، دون تدخل مباشر أو تغيير، مع التركيز على تفسير العوامل المؤثرة فيها، والتفاعل بين مكوناتها التنظيمية، التقنية، والبشرية.

وقد تم اختيار المنهج الوصفي التحليلي لعدة أسباب، أهمها أن موضوع الدراسة يتطلب تحليلاً دقيقاً للبيئة التنظيمية والإدارية في وزارة البيئة والمياه والزراعة، فضلاً عن الحاجة إلى فهم مدى جاهزية البنية التحتية الرقمية لتبني الذكاء الاصطناعي، والتحديات التي تعترض هذا التبني. كذلك، يساعد هذا المنهج في بناء تصور شامل حول الفوائد المتوقعة من دمج الذكاء الاصطناعي في العمليات المتعلقة بإدارة المخاطر.

ويمكن هذا المنهج الباحث من الربط بين النظرية والتطبيق، عبر تحليل أدبيات سابقة (دراسات نظرية)، إضافة إلى جمع بيانات أولية من بيئات العمل الحقيقية (دراسات حالة، استبيانات، مقابلات).

أدوات الدراسة

تعتمد هذه الدراسة على مزيج من الأدوات البحثية التي تمكن الباحث من جمع بيانات دقيقة وشاملة، سواء من مصادر كمية أو نوعية. وتم اختيار هذه الأدوات بناءً على طبيعة الموضوع، الذي يجمع بين الجوانب التقنية والإدارية، ويتطلب التعمق في آراء وتوجهات الأفراد العاملين في وزارة البيئة والمياه والزراعة، بالإضافة إلى تحليل تجارب تطبيقية فعلية.

1. الاستبيان (Questionnaire)

يُعد الاستبيان من الأدوات الأساسية المعتمدة في هذه الدراسة، ويهدف إلى جمع بيانات كمية من عينة واسعة من موظفي وزارة البيئة والمياه والزراعة، خاصة أولئك العاملين في إدارات مثل: إدارة المخاطر، تقنية المعلومات، الأمن السيبراني، التخطيط الاستراتيجي، والرقابة التشغيلية.

أهداف الاستبيان:

- قياس وعي المشاركين بمفاهيم الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته.

- تحديد مدى استخدام الوزارة لتقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر.
- التعرف على العوامل التي تسهم في نجاح أو فشل تطبيق هذه التقنيات.

بنية الاستبيان:

يتكوّن من أربعة محاور رئيسية:

1. البيانات العامة (العمر، القسم، سنوات الخبرة).
 2. المعرفة بالذكاء الاصطناعي وتطبيقاته.
 3. تقييم استخدام الذكاء الاصطناعي في الوزارة.
 4. المعوقات والتحديات.
- سُتستخدم الأسئلة المغلقة) باستخدام مقياس ليكرت الخماسي) للحصول على نتائج قابلة للتحليل الإحصائي، إضافة إلى بعض الأسئلة المفتوحة التي تتيح للمشاركين التعبير عن آرائهم الشخصية.

2. المقابلات شبه المنظمة (Semi-Structured Interviews)

تُستخدم المقابلات كأداة نوعية لاستكشاف الجوانب التي لا يمكن تغطيتها بالاستبيان وحده. وتُجرى المقابلات مع خبراء، مديري إدارات، ومختصين في الذكاء الاصطناعي وإدارة المخاطر داخل الوزارة، وكذلك مع مسؤولين من الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي (سدايا) في حال أمكن.

أهداف المقابلات:

- الكشف عن التحديات التنظيمية والثقافية التي تواجه تطبيق الذكاء الاصطناعي.
- فهم طبيعة التنسيق بين الإدارات المختلفة فيما يخص التحول الرقمي.
- استعراض التجارب السابقة والدروس المستفادة في هذا المجال.

خصائص الأداة:

تعتمد المقابلات على دليل أسئلة مرن، يسمح بتوجيه الحديث حسب خلفية الضيف وتخصصه، مع المحافظة على

محاور رئيسية تشمل: البنية التحتية، الكفاءات البشرية، الدعم المؤسسي، والمردود المتوقع من تطبيق الذكاء الاصطناعي.

3. تحليل دراسات الحالة (Case Study Analysis)

تُعد دراسات الحالة من الأدوات المهمة في الدراسات التطبيقية، إذ تسمح بفهم الظواهر في سياقها الحقيقي. وسيتم اختيار إدارات أو مشاريع محددة داخل الوزارة تم فيها استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي (مثل مراقبة جودة المياه أو التنبؤ بأوبئة زراعية).

أهداف دراسة الحالة:

- تتبع كيفية تطبيق الذكاء الاصطناعي في مشروع واقعي.
- تقييم أثر الذكاء الاصطناعي على تحسين إدارة المخاطر الفعلية.
- تحليل التفاعل بين التقنية والعوامل البشرية والتنظيمية.

أسلوب التحليل:

يشمل جمع البيانات من الوثائق الرسمية، والتقارير الفنية، وربما الملاحظات الميدانية، مع ربط النتائج بالمفاهيم النظرية المعتمدة في الدراسة.

4. مراجعة الأدبيات (Literature Review)

لا تُعد مراجعة الأدبيات أداة لجمع البيانات فقط، بل تُسهم في تأسيس الإطار المعرفي للدراسة، وتوضيح الفجوات البحثية. وقد تم تحليل عشرات الدراسات السابقة التي تناولت:

- الذكاء الاصطناعي وإدارة المخاطر.
- الابتكار في القطاع الحكومي.
- التحول الرقمي في البيئة والمياه والزراعة.

حدود الدراسة

تم تحديد عدد من الحدود التي من شأنها أن تُضبط نطاق الدراسة وتُحدد مجالها العلمي والعملية. وتُقسم هذه الحدود إلى ثلاثة أنواع رئيسية: حدود موضوعية، وحدود مكانية، وحدود زمانية، وهي كما يلي:

أولاً: الحدود الموضوعية

تقتصر هذه الدراسة على تحليل دور الذكاء الاصطناعي في تحسين عمليات إدارة المخاطر داخل وزارة البيئة والمياه والزراعة، ولا تتناول الاستخدام العام للذكاء الاصطناعي في بقية الوظائف الإدارية الأخرى مثل التوظيف أو التسويق المؤسسي. كما تركز الدراسة على الجوانب التطبيقية والتنظيمية لتبني الذكاء الاصطناعي، دون التوسع في الجوانب التقنية البرمجية التفصيلية مثل تصميم الخوارزميات أو البرمجة الهندسية للنظم الذكية.

كذلك، فإن الدراسة تُعالج العلاقة بين الذكاء الاصطناعي وإدارة المخاطر من زاوية أثر هذه التقنيات على التنبؤ بالمخاطر واتخاذ القرار والاستجابة لها، مع إهمال أنواع المخاطر الخارجة عن نطاق سيطرة الوزارة كالحوادث الجيوسياسية أو الاقتصادية الدولية.

ثانياً: الحدود المكانية

تركز هذه الدراسة على وزارة البيئة والمياه والزراعة في المملكة العربية السعودية، بوصفها جهة حكومية معنية مباشرة بإدارة الموارد الطبيعية، وتواجه تحديات بيئية وزراعية معقدة تتطلب حلولاً ذكية ومبتكرة. ويشمل ذلك الإدارات والوحدات الداخلية التي تتعامل مع المخاطر المتعلقة بالبيئة، المياه، الزراعة، التلوث، ومراقبة الموارد.

ولا تمتد الدراسة إلى جهات حكومية أو وزارات أخرى، كما لا تشمل مؤسسات القطاع الخاص أو الجهات الأكاديمية، إلا في حال استخدامها كمراجع نظرية أو أمثلة مقارنة ضمن الإطار التحليلي.

ثالثاً: الحدود الزمانية

تم إجراء هذه الدراسة خلال النصف الأول من عام 2025م، وهو ما يشكل إطاراً زمنياً محدداً يمكن أن يؤثر على طبيعة البيانات وتحديثاتها. ومن المعروف أن تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي تتطور بشكل متسارع، وقد تظهر في المستقبل القريب أنظمة أو تقنيات جديدة غير مشمولة في هذه الدراسة.

المراجع:

المراجع العربية:

1. الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي (SDAIA). (2024). *استراتيجية البيانات والذكاء الاصطناعي الوطنية*. المملكة العربية السعودية. تم الاسترجاع من <https://www.sdaia.gov.sa/>
2. وزارة البيئة والمياه والزراعة. (2023). *التقرير السنوي لأعمال التحول الرقمي وتطبيقات الذكاء الاصطناعي*. الرياض: مركز المعلومات والتحول الرقمي.
3. وزارة البيئة والمياه والزراعة. (2024). *دليل إدارة المخاطر المؤسسية*. الرياض: إدارة المخاطر.

المراجع الإنجليزية:

4. Al-Tamimi, H. (2021). *Artificial Intelligence Readiness in Governmental Risk Management: A GCC Perspective*. Middle East Public Administration Journal, 14(2), 115-132.
5. Anderson, P., & Lee, C. (2021). *AI for Healthcare Risk Management*. Medical Data Science Journal, 12(1), 45-61.
6. El-Rayes, K., & Hassan, A. (2020). *Digital Awareness and Risk Management in Egyptian Public Institutions*. Journal of Public Policy and Technology, 18(3), 205-221.
7. Fernandez, J., & Silva, R. (2023). *AI-Driven Risk Response in Global Supply Chains*. Journal of Supply Chain Innovation, 27(1), 88–104.
8. Gupta, R., & Kumar, S. (2020). *Artificial Intelligence Applications in Industrial Risk Management*. Journal of Industrial Technology, 35(4), 73–91.
9. Johnson, M., Li, X., & Ahmed, R. (2022). *Using AI to Predict and Prevent Road Risks: A Transportation Sector Perspective*. Smart Infrastructure Journal, 8(2), 142–159.
10. Müller, D., & Hossain, F. (2020). *AI in Disaster Risk Reduction: A Global Review of 120 Case Studies*. Natural Hazards Review, 21(4), 04020040.
11. Nour, A., & Al-Hajri, L. (2022). *Cyber Risk Management through AI in Higher Education Institutions in the Gulf*. Cybersecurity and Society Journal, 9(1), 33–50.
12. OECD. (2023). *AI Governance Toolkit for the Public Sector*. Organisation for Economic Co-operation and Development. Retrieved from <https://www.oecd.org/going-digital/ai/>
13. Smith, J., & Brown, A. (2023). *Artificial Intelligence in Risk Management*. Journal of Risk and Innovation, 11(3), 101–120.