JISQMS | المجلد 1- العدد2-كانون الاول 2025 | مجلة الجمعية العراقية لنظم إدارة الجودة

Iraqi Society for Quality Management Systems Journal (ISQMS)

Iraq / Baghdad / Al-Jadriya / Headquarters of the ISQMS/ National Deposit No. 2946/2026

PRINT ISSN: 3105-8787
ONLINE ISSN: 3105-8795

مجلة الجمعية العراقية لنظم ادارة الجودة

المجلد 1 – العدد2 – 2025

العراق / بغداد / الجادرية / ايداع وطني رقم 2946/ 2026

تأثير استراتيجيات إدارة المخاطر على تقليل الضرر البيئي في مشاريع الذكاء الاصطناعي

The impact of risk management strategies on reducing environmental damage in artificial intelligence projects

أصيل حسن جمل الليل [1] ، هنادي يحيى القحطاني[2] ، نسيم عبد الرحمن عبد الله[3] ، فاطمة الزهراء مزديدوة[4] ، أسامة مصطفى الزين[5] ، محمد علي عثمان[6]

[1][2][3][4][5][6] الجامعة الإسلامية بمنيسوتا – امريكا

Received: 15 OCT, 2025
Accepted: 15 DEC, 2025
Published: 20 DEC, 2025

الخلاصة :-

يهدف هذا البحث إلى تحليل أثر استراتيجيات إدارة المخاطر في الحد من الضرر البيئي الناتج عن مشاريع الذكاء الاصطناعي، مع التركيز على أنظمة التعرف على الوجه (Face Recognition) باعتبارها من أكثر التطبيقات انتشارًا وإثارة للجدل. حيث اعتمد البحث منهجًا تحليليًا–وصفيًا مدعومًا بتطبيق عملي على مشروع

حقيقي للتعرف على الوجه، حيث تم تحليل مصادر المخاطر البيئية ومخاطر الخصوصية باستخدام أدوات متخصصة، من أبرزها مصفوفة تقييم المخاطر، نموذجHeat Map ، وتحليل دورة حياة البيانات .(LCA) وأظهرت النتائج أن تبنّي استراتيجيات فعّالة لإدارة المخاطر—مثل إطار ISO 31000ونموذج الاستجابة للمخاطر—يسهم بصورة ملموسة في تقليل استهلاك الطاقة، والحد من الانبعاثات الكربونية، وتعزيز الاستخدام المسؤول والأخلاقي للأنظمة الذكية.

كما توصلت الدراسة إلى أن دمج إدارة المخاطر في مراحل التصميم والتطوير الأولى قد يؤدي إلى خفض الأثر البيئي للمشروع بنسبة تصل إلى 30%مقارنة بالمشاريع التي لا تعتمد نهجًا منهجيًا في الإدارة البيئية.

الكلمات المفتاحية:

إدارة المخاطر، الضرر البيئي، الذكاء الاصطناعي، أنظمة التعرف على الوجه، البصمة الكربونية، تحليل دورة الحياة.

Abstract :-

This research aims to analyze the impact of risk management strategies on mitigating the environmental damage caused by artificial intelligence projects, focusing on face recognition systems, one of the most widespread and controversial applications. The research adopted an analytical-descriptive approach, supported by a practical application to a real-world face recognition project. Environmental and privacy risks were analyzed using specialized tools, most notably the risk assessment matrix, the Heat Map model, and data lifecycle analysis (LCA). The results showed that adopting effective risk management strategies—such as the ISO 31000 framework and the risk response model—significantly contributes to reducing energy consumption, lowering carbon emissions, and promoting the responsible and ethical use of intelligent systems.

The study also concluded that integrating risk management into the early design and development phases can reduce a project's environmental impact by up to 30%

compared to projects that do not adopt a systematic approach to environmental management.

Keywords:
Risk Management, Environmental Damage, Artificial Intelligence, Face Recognition Systems

1_1المقدّمة

أصبحت تقنيات الذكاء الاصطناعي في العقد الأخير محوراً رئيسياً في تطوير الأنظمة الرقمية الحديثة، وخصوصاً تلك المعتمدة على تحليل البيانات الضخمة والتعلم العميق. ومن بين أبرز هذه التطبيقات، تبرز مشاريع التعرف على الوجه (Face Recognition Systems) التي شهدت انتشاراً واسعاً في القطاعات الأمنية والخدمية والتجارية. ورغم ما تقدمه هذه التقنيات من تسهيلات كبيرة، إلا أنها تطرح مجموعة من التحديات البيئية والأخلاقية المرتبطة بارتفاع استهلاك الطاقة، وزيادة الانبعاثات الكربونية، وتضخم البنية التحتية التقنية اللازمة للتشغيل والمعالجة.

وفي ظل هذه التحديات، تبرز استراتيجيات إدارة المخاطر كأداة علمية ضرورية للحد من الآثار البيئية المصاحبة لمشاريع الذكاء الاصطناعي، ولتعزيز الاستخدام المسؤول والمستدام للتقنيات الحديثة. وتأتي هذه الدراسة لتبحث بعمق كيف يمكن لإدارة المخاطر أن تسهم في تقليل الضرر البيئي الناجم عن مشاريع التعرف على الوجه، من خلال تحليل المفاهيم والنظريات ذات الصلة، واستعراض الدراسات السابقة، وتطبيق نموذج عملي على مشروع واقعي.

1_2مشكلة البحث

على الرغم من التطور الكبير في تقنيات الذكاء الاصطناعي، فإن عدداً من الدراسات تشير إلى أن مشاريع التعرف على الوجه تتسبب في زيادة البصمة الكربونية ورفع معدلات استهلاك الطاقة نتيجة التدريب المستمر للنماذج الخوارزمية. كما أن غياب استخدام منهجي لإدارة المخاطر يؤدي إلى تعقيد آثارها السلبية على البيئة.

وعليه تتمثل مشكلة البحث في السؤال الرئيسي التالي:

إلى أي مدى تسهم استراتيجيات إدارة المخاطر في تقليل الضرر البيئي في مشاريع التعرف على الوجه المعتمدة على تقنيات الذكاء الاصطناعي؟

3_1أهمية البحث

تنبع أهمية هذا البحث من خلال ما يلي:

1. أهمية نظرية :يثري الأدبيات العلمية من خلال ربط ثلاثة محاور حديثة: الذكاء الاصطناعي، إدارة المخاطر، والضرر البيئي.
2. أهمية تطبيقية :يقدم إطاراً عملياً لتحليل مخاطر مشروع حقيقي في التعرف على الوجه.
3. أهمية استراتيجية :يساعد المؤسسات التقنية وصناع القرار في تطوير سياسات تقلل من البصمة الكربونية.
4. أهمية مستقبلية :يساهم في توجيه مشاريع الذكاء الاصطناعي نحو مسار أكثر استدامة بمراعاة الأثر البيئي.

4_1أهداف البحث

يهدف هذا البحث إلى:

1. تحليل طبيعة الضرر البيئي الناتج عن مشاريع التعرف على الوجه.
2. دراسة استراتيجيات إدارة المخاطر ودورها في الحد من البصمة الكربونية.
3. تطبيق نموذج عملي لإدارة المخاطر على مشروع التعرف على الوجه.
4. بناء توصيات علمية تساعد في تحقيق الاستخدام المستدام للذكاء الاصطناعي.
5. تحديد الفجوة العلمية في الموضوع وإسهام البحث في سدّها.

5_1حدود البحث

1_5_1الحدود الزمانية

يعالج البحث الفترة من 2018إلى 2025 باعتبارها السنوات التي شهدت نمواً كبيراً في تطبيقات الذكاء الاصطناعي وزيادة النقاشات حول أضرارها البيئية.

1_5_2الحدود المكانية

يركّز البحث على مشاريع التعرف على الوجه المستخدمة في المؤسسات التقنية والأمنية في السعودية والعالم دون الانحصار في دولة محددة.

1_5_3الحدود الموضوعية

يتناول البحث فقط:

- الضرر البيئي
- البصمة الكربونية
- استراتيجيات إدارة المخاطر

ولا يتناول الجوانب التقنية التفصيلية للخوارزميات.

6_1أسئلة البحث

يسعى البحث للإجابة عن الأسئلة الآتية:

1. ما طبيعة الضرر البيئي الذي تسببه مشاريع التعرف على الوجه؟
2. ما الاستراتيجيات المعتمدة في إدارة المخاطر في مشاريع الذكاء الاصطناعي؟
3. كيف يمكن تطبيق منهجية إدارة المخاطر للحد من البصمة الكربونية في مشاريع التعرف على الوجه؟

4. ما مدى فعالية إدارة المخاطر في تقليل الضرر البيئي؟
5. ما الفجوات المعرفية الموجودة في الدراسات السابقة حول الموضوع؟

1_7فرضيات البحث

بناءً على الإطار النظري، يفترض البحث ما يلي:

1. وجود علاقة إيجابية بين تطبيق استراتيجيات إدارة المخاطر وتقليل الضرر البيئي في مشاريع الذكاء الاصطناعي.
2. مشاريع التعرف على الوجه ذات استهلاك طاقة مرتفع مما يزيد أثرها البيئي.
3. تبني المؤسسات لهياكل إدارة المخاطر يقلل من الانبعاثات الكربونية ومعدلات استهلاك الموارد.
4. التحليل المنهجي للمخاطر يساعد في تحسين كفاءة الأنظمة وتقليل الأثر السلبي.

1_8مصطلحات البحث

الذكاء الاصطناعي(AI)

مجموعة من الأنظمة القادرة على محاكاة السلوك البشري من خلال التعلم والتحليل واتخاذ القرار.

التعرف على الوجه(Face Recognition)

تقنية تعتمد على خوارزميات التعلم العميق لتحديد هُوية الأشخاص من خلال السمات البيو مترية.

إدارة المخاطر(Risk Management)

عملية منهجية لتحديد المخاطر وتحليلها وتقييمها ووضع استراتيجيات للتعامل معها بهدف تقليل تأثيرها المحتمل.

الضرر البيئي(Environmental Harm)

الأذى الناتج عن الأنشطة البشرية أو التقنية والذي يؤدي إلى تدهور البيئة أو زيادة الانبعاثات.

البصمة الكربونية(Carbon Footprint)

مقياس لكمية الغازات الدفيئة الناتجة عن نشاط معين، مثل تدريب النماذج الخوارزمية.

2- خطة البحث

2_1منهجية إعداد البحث

اعتمد هذا البحث على منهجية علمية متكاملة تهدف إلى تحليل أثر استراتيجيات إدارة المخاطر على تقليل الضرر البيئي في مشاريع الذكاء الاصطناعي، مع التطبيق على مشروع "أنظمة التعرف على الوجه." وللوصول إلى نتائج دقيقة وموثوقة، تم اتباع الخطوات الآتية:

1. تحديد المشكلة البحثية من خلال مراجعة الأدبيات العلمية الحديثة التي تناولت إدارة المخاطر والذكاء الاصطناعي والضرر البيئي.
2. صياغة أسئلة وفرضيات البحث بما يتناسب مع أهداف الدراسة وموضوعها.
3. إعداد الإطار النظري بالاعتماد على أحدث المراجع التي تناولت إدارة المخاطر، استدامة التكنولوجيا، البصمة الكربونية، والذكاء الاصطناعي.
4. جمع الدراسات السابقة وتحليلها لاستخلاص الفجوة العلمية التي يسدّها البحث الحالي.
5. تطبيق أدوات التحليل العلمي على مشروع حقيقي بهدف الربط بين الجانب النظري والجانب العملي.
6. استخدام منهجية تحليل المخاطر (Risk Assessment)لتقييم المخاطر البيئية في مشروع التعرف على الوجه.
7. استخلاص النتائج النهائية وتقديم توصيات عملية قابلة للتنفيذ.

2_2 مسار المعالجة العلمية في الدراسة

يعتمد هذا البحث على مسار علمي تحليلي متسلسل يقوم على الدمج بين النظرية والتطبيق عبر الخطوات التالية:

1. تحديد الظاهرة البحثية وهي

"أثر استراتيجيات إدارة المخاطر على تقليل الضرر البيئي في مشاريع الذكاء الاصطناعي."

2. تحليل العلاقة بين المتغيرات:
   - المتغير المستقل: استراتيجيات إدارة المخاطر
   - المتغير التابع: مستوى الضرر البيئي (البصمة الكربونية، استهلاك الطاقة، التلوث الرقمي...)
3. دراسة الأدبيات العلمية لتحديد القصور والفجوات في الدراسات السابقة وأين يسهم هذا البحث في سدّها.
4. التطبيق العملي على مشروع فعلي (Face Recognition Systems) من خلال:
   - تحليل مصادر المخاطر
   - تقييم احتمالية وشدة كل خطر
   - قياس التأثير البيئي
   - تطبيق مصفوفة المخاطر ونموذجHeat Map
   - تحليل دورة حياة البيانات(LCA)
5. المقارنة بين النتائج النظرية والعملية لتحديد مدى توافقها أو اختلافها.
6. استخلاص النتائج النهائية المتعلقة بقدرة إدارة المخاطر على تقليل الضرر البيئي.
7. صياغة التوصيات القابلة للتطبيق لصنّاع القرار والجهات التقنية.

الدراسات السابقة :-

3_1

تنوّعت الدراسات العربية التي ناقشت موضوع إدارة المخاطر، والذكاء الاصطناعي، والآثار البيئية للتقنيات الحديثة. ويمكن تلخيص أبرزها كالآتي:

1_دراسة القدوري ، سحر (2011)

عنوان الدراسة :توظيف تكنولوجيا المعلومات في ادارة المخاطر البيئية : دراسة تقويمية في الشركة العامة لصناعة الزيوت النباتية)مصنع الرشيد / العراق / بغداد

المنهج :وصفي تحليلي

الأداة :تحليل محتوى وثائقي

العينة :مشاريع حكومية

أهم النتائج:

- أكّدت الدراسة أن غياب تقييم المخاطر البيئية وضعف الامتثال لشروط حماية البيئةالداخلية للمصنع تؤدي إلى ارتفاع نسبة الضرر البيئي وضعف التنمية المستدامة .
- وجود حاجة ملحّة لاعتماد أطر عالمية وتكثيف الجهود لبناء اسس قواعد للبيانات البيئيه المشتركه مع كافة الاقسام ومع الجهات والمنظمات المحليه والدوليه.

2_دراسة أوغلو ، أحمد حميد (2025)

عنوان الدراسة :أخلاقيات الذكاء الاصطناعي:تأصيل شرعي وحوكمة تطبيقية

المنهج :منهجية نوعية تحليلية استقرائية واستنباطية

الأداة :تحليلي لمحتويات موثقة

العينة: نماذج من سياقات رقمية في التعليم الاسلامي وعدد من المخطوطات.

النتائج:

- أبرزت الدراسة اهمية وخطورة الذكاء الاصطناعي واثره عمليا داخل المؤسسات التعليمية .
- أوصت بإطار تشريعي يوازن بين الاستخدام والفائدة.

3_ Alex de Vries-Gao (2025)

عنوان :البصمة الكربونية والمائية لمراكز البيانات وما قد يعنيه ذلك بالنسبة للذكاء الاصطناعي

المنهج :مسح ميداني

العينة : مجموعة مسحية من شركات تقنية (امازون – ابل – كوكل – ميتا ... الخ)

النتائج:

- ارتفاع البصمة الكربونية لحوسبة الذكاء الاصطناعي.
- أهمية تبنّي الطاقة المتجددة لتشغيل مراكز البيانات.

4-دراسة Mélanie Champendal واخرون ، (2026)

العنوان : استكشاف الاستدامة البيئية للذكاء الاصطناعي في علم الأشعة: مراجعة شاملة

تناولت الدراسة :-

- دراسة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، واستهلاك الطاقة، وكفاءة استخدام الطاقة.
- وشملت الاستراتيجيات نماذج مبسطة، وتبسيط البيانات، والقياس الكمي، ووضع العلامات البيئية.
- بينت ضرور وضع معايير موحدة لإعداد التقارير لتوجيه تطوير الذكاء الاصطناعي المستدام في مجال الأشعة.

5- دراسة Waelen, R.A.(2022)

بعنوان :- الصراع من أجل الاعتراف في عصر تكنولوجيا التعرف على الوجوه

تناولت الدراسة :- الأشكال المختلفة للتعرف على الوجه واثارتها لقلقًا أخلاقيًا، لأنها قد تُلحق الضرر بتكوين هوية الشخص. لذا، ومن المفارقات .

- تقنيات التعرف على الوجه تحمل مخاطر خصوصية عالية.
- الحاجة لاستراتيجيات استجابة مثل تقليل جمع البيانات.

2-3 التحليل المقارن للدراسات السابقة

3-2-1 نقاط الاتفاق

1. إجماع عام على أن تقنيات الذكاء الاصطناعي وخاصة التعرف على الوجه تحمل مخاطر خصوصية عالية.
2. معظم الدراسات أكدت أن البصمة الكربونية لتقنيات AI مرتفعة بسبب استهلاك الطاقة.
3. جميع الدراسات تدعو لتطبيق إدارة المخاطر وأطر معيارية مثل.ISO 31000
4. اتفاق على أن ضعف التشريعات يمثل عاملاً رئيسيًا في تفاقم المخاطر.

3-2-2 نقاط الاختلاف

1. الدراسات العربية ركّزت على الجوانب الأخلاقية والتنظيمية، بينما الأجنبية ركّزت على الآثار البيئية التقنية.
2. الدراسات الأجنبية استخدمت أساليب قياس علمية للطاقة والانبعاثات بينما العربية اعتمدت أساليب وصفية ونوعية.

3. اختلفت العيّنات بين مشاريع تقنية حقيقية ودراسات نظرية أو مراجعات.

3-2-3 الفجوة العلمية التي يسدّها البحث الحالي

- قلة الدراسات العربية التي جمعت بين:
  - ✓إدارة المخاطر
  - ✓الضرر البيئي
  - ✓مشاريع الذكاء الاصطناعي وخاصة التعرف على الوجه
- ندرة الدراسات التي تطبق التحليل العملي على مشروع حقيقي
- ندرة البحوث التي تدمج البصمة الكربونية + الخصوصية ضمن إطار إدارة المخاطر
- انعدام الدراسات التي تربط ISO 31000 + LCA + Heat Map في تحليل واحد شامل

وبذلك يقدّم هذا البحث نموذجًا تطبيقيًا يسدّ فجوة حقيقية في الأدبيات العربية.

4- الإطار النظري

4_1 مفهوم الذكاء الاصطناعي وتطور تطبيقاته

يُعرَّف الذكاء الاصطناعي (Artificial Intelligence) بأنه قدرة الأنظمة الحاسوبية على محاكاة الذكاء البشري في التفكير، والتحليل، واتخاذ القرار، ومعالجة البيانات. وقد شهد هذا المجال تطورًا سريعًا خلال العقدين الماضيين نتيجة تزايد القدرة الحاسوبية وتضخم حجم البيانات، مما سمح بتطوير خوارزميات متقدمة تعتمد على التعلم العميق والشبكات العصبية. الهنداوي،أحمد.(2021) .

هناك ثلاث مراحل رئيسية يمر بها الذكاء الاصطناعي:

1. المرحلة الرمزية(Symbolic AI) ، التي اعتمدت على القواعد المنطقية والخبراء.
2. مرحلة التعلم الآلي(Machine Learning) ، التي مكّنت الأنظمة من التعلم من البيانات.

3. مرحلة التعلم العميق(Deep Learning) ، التي أحدثت طفرة في تطبيقات التعرف على الصوت والصورة واللغة.

هذه التطورات جعلت الذكاء الاصطناعي عنصرًا محوريًا في الصناعة، والأمن، والرعاية الصحية، والمواصلات، وتعزيز جودة الحياة، لكنه في الوقت نفسه خلق تحديات بيئية وأخلاقية وخصوصية.

4-2 مشاريع التعرف على الوجه: الطبيعة والآليات

تُعد أنظمة التعرف على الوجه (Face Recognition Systems) من أبرز تطبيقات الذكاء الاصطناعي، وتعتمد على تحليل ملامح الوجه باستخدام خوارزميات التصنيف والتعلم العميق، وتحديد هوية الشخص من خلال مطابقة البيانات مع قواعد بيانات ضخمة. ثابت، .(2023)

وتقوم هذه الأنظمة على ثلاث مراحل أساسية:

1. التقاط الصورة أو الفيديو عبر كاميرات عالية الدقة.
2. استخراج الخصائص (Feature Extraction) باستخدام الشبكات العميقة.
3. المطابقة (Matching) مع قاعدة بيانات لتحديد الهوية.

ورغم فائدتها الأمنية والتنظيمية، إلا أنها تُعد من أكثر مشاريع الذكاء الاصطناعي إثارة للجدل بسبب آثارها على الخصوصية والبصمة الكربونية.

4_3 الضرر البيئي المرتبط بالذكاء الاصطناعي

أصبح الذكاء الاصطناعي أحد مصادر الضرر البيئي بسبب الاستهلاك الكبير للطاقة اللازمة لتدريب النماذج وتشغيلها. وتتزايد كمية الطاقة المطلوبة بزيادة حجم البيانات وتعقيد الخوارزميات، مما يؤدي إلى ارتفاع الانبعاثات الكربونية. المجلّة/المحرّر. (2023، 19 ديسمبر).

وتظهر أبرز أشكال الضرر البيئي في:

- الاستهلاك العالي للكهرباء في مراكز البيانات.
- انبعاثات الكربون الناتجة عن تشغيل الخوادم.
- الأثر الحراري لمراكز البيانات على البيئة المحلية.
- التخلص غير الآمن من الأجهزة الإلكترونية المستخدمة في أنظمة الذكاء الاصطناعي.

هذه الجوانب تُحتّم على المؤسسات تطوير سياسات توازن بين الابتكار والتقليل من الأثر البيئي.

4_4 البصمة الكربونية لمشاريع الذكاء الاصطناعي

تشير البصمة الكربونية (Carbon Footprint) للذكاء الاصطناعي إلى إجمالي كمية انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن مراحل تطوير وتشغيل الأنظمة القائمة على الذكاء الاصطناعي.

وتتجلّى البصمة الكربونية في:

- الطاقة المستخدمة في تدريب النماذج الضخمة.
- تكرار عمليات التحديث وإعادة التدريب.
- تخزين ومعالجة البيانات بكميات كبيرة.
- استهلاك الطاقة في وقت التشغيل الفعلي.(Inference)

وتشير الدراسات إلى أن تدريب نموذج كبير واحد قد ينتج ما يعادل انبعاثات خمس سيارات خلال عمرها الكامل، مما يجعل هذه المشاريع بحاجة إلى إدارة مخاطر بيئية صارمة.

4_5 مفهوم إدارة المخاطر

إدارة المخاطر (Risk Management) هي عملية منهجية تهدف إلى تحديد المخاطر المحتملة، وتحليلها، وتقييمها، ثم وضع استراتيجيات لمعالجتها وتقليل آثارها السلبية. وتُعد مجالًا رئيسيًا في المشاريع التقنية التي تنطوي على مخاطر عالية، سواء بيئية أو اقتصادية أو أمنية.

تشمل عملية إدارة المخاطر عادة:

1. تحديد المخاطر
2. تحليل احتمالية الحدوث وشدة التأثير
3. تقييم مستوى الخطورة
4. اختيار الاستجابة المناسبة
5. المتابعة والتحسين المستمر

4_6أهداف إدارة المخاطر

تهدف إدارة المخاطر إلى:

- حماية المشاريع من الخسائر غير المتوقعة.
- تقليل الأثر البيئي للمشاريع التقنية.
- رفع مستوى الامتثال للأنظمة والقوانين.
- ضمان سلامة البيانات والمستخدمين.
- تحقيق استدامة أكبر في الأداء التشغيلي.
- الحد من الانبعاثات الكربونية في المشاريع الرقمية.

4_7 دور إدارة المخاطر في حماية البيئة

تلعب إدارة المخاطر دورًا جوهريًا في حماية البيئة من خلال:

- تحديد المخاطر البيئية قبل وقوعها.
- تحليل أسباب التلوث أو الانبعاثات.

- وضع استراتيجيات لتقليل البصمة الكربونية.
- تعزيز الاستدامة في مشاريع الذكاء الاصطناعي.
- تحسين كفاءة الطاقة داخل البنية التحتية الرقمية.
- الحد من الممارسات التقنية غير الآمنة بيئيًا.

8_4نماذج واستراتيجيات إدارة المخاطر

أولًا: إطار ISO 31000 لإدارة المخاطر

يُعد إطار ISO 31000امن أشهر أطر إدارة المخاطر، ويقدم مبادئ عامة لإدارة المخاطر في مختلف المؤسسات.

يركز على:

- تحديد المخاطر
- التقييم والتحليل
- الاستجابة
- المراقبة والتحسين

ويتميز بمرونته وقابليته للتطبيق في مشاريع الذكاء الاصطناعي.

ثانيًا: إطار NIST لإدارة مـخـاطر التقنية

قدّم المعهد الوطني للمعايير والتقنية NIST إطارًا متكاملًا لإدارة مخاطر التقنية، ويُستخدم بشكل واسع في مشاريع الأمن السيبراني والتقنيات الحساسة.

يركز على:

- حماية البيانات
- تقييم المخاطر
- وضع ضوابط تقنية لتقليل الأضرار
- تحسين الخصوصية في الأنظمة الذكية

ثالثًا: نموذج الاستجابة للمخاطر(Risk Response Model)

يعتمد هذا النموذج على أربع استراتيجيات رئيسية:

1. التجنب(Avoidance)
2. التخفيف(Mitigation)
3. النقل(Transfer)
4. القبول(Acceptance)

ويستخدم في المشاريع التقنية لتقليل المخاطر البيئية والخصوصية.

4-9 العلاقة بين إدارة المخاطر وحماية البيئة في مشاريع التقنية

تُظهر الأدبيات أن إدارة المخاطر ترتبط بشكل وثيق بتقليل الأثر البيئي في مشاريع التقنية الحديثة. فكلما كانت إدارة المخاطر منهجية وأكثر دقة، انخفضت نسبة الانبعاثات وارتفع مستوى الامتثال البيئي.

وتتجلى العلاقة في النقاط الآتية:

- الممارسات الجيدة في إدارة المخاطر تؤدي إلى تصميم أنظمة أكثر كفاءة في استهلاك الطاقة.
- تحليل المخاطر يساعد في اكتشاف نقاط التلوث والانبعاثات قبل تفاقمها.
- إدارة المخاطر تفرض على المؤسسات تبني حلول مستدامة.

- المشاريع التي تعتمد إدارة مخاطر فعالة تقل فيها الانبعاثات الكربونية بنسبة قد تصل إلى 40.%

5- المنهجية العلمية وعينات الدراسة :-

5_1 منهج الدراسة

اعتمدت هذه الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي (Descriptive–Analytical Method)، باعتباره الأنسب لتحليل تأثير استراتيجيات إدارة المخاطر على تقليل الضرر البيئي في مشاريع الذكاء الاصطناعي، وخصوصًا مشاريع التعرف على الوجه.

يعتمد هذا المنهج على وصف الظاهرة العلمية (التقنيات، المخاطر، الآثار البيئية) ثم تحليل علاقتها باستراتيجيات إدارة المخاطر، وربط النتائج النظرية بالتطبيق العملي.

كما استخدمت الدراسة المنهج التطبيقي (Applied Method) في الجزء الخاص بتحليل مشروع واقعي، بهدف ترجمة المفاهيم النظرية إلى نماذج تحليلية قابلة للقياس والمقارنة.

5_2مجتمع الدراسة

يتكون مجتمع الدراسة من:

1. نماذج من مشاريع تقنية العاملة في مجال الذكاء الاصطناعي عامة.
2. مشاريع التعرف على الوجه (Face Recognition Systems) بشكل خاص.
3. الإطار العالمي لإدارة المخاطر الذي يشمل الوثائق والمعايير مثل ISO 31000 و.NIST RMF
4. الدراسات العلمية المنشورة حول التأثير البيئي للذكاء الاصطناعي.

يمثل هذا المجتمع كافة البيانات والمصادر التي يمكن من خلالها فهم العلاقة بين إدارة المخاطر وتقليل الضرر البيئي في المشاريع التقنية.

5_3عينة الدراسة

اعتمدت الدراسة عينة قصدية (Purposive Sample) تشمل:

1. مشروع تطبيقي واحد:

نظام متكامل للتعرف على الوجه يُستخدم في المؤسسات الأمنية والخدمية.

2. عينة وثائقية :تشمل تقارير الطاقة، البصمة الكربونية، تقييم المخاطر، وأدلة الاستخدام التقنية.

3. عينة دراسات :مجموعة من الدراسات الحديثة (2020–2024) المتعلقة بالذكاء الاصطناعي والبيئة وإدارة المخاطر.

هذه العينة تساعد في تحقيق عمق تحليلي بدلًا من التعميم الإحصائي، لأنها تعتمد على تحليل ظاهرة تقنية محددة ذات أثر بيئي واضح.

4_5أدوات جمع البيانات

تم استخدام ثلاث أدوات رئيسية:

1_التحليل الوثائقي(Documentary Analysis)

استخراج بيانات من:

- التقارير التقنية العالمية
- الأدلة التشغيلية
- الدراسات البيئية
- معايير إدارة المخاطر

2_تحليل المحتوى(Content Analysis)

تحليل نصوص الدراسات السابقة لاستنتاج:

- اتجاهات الدراسات
- الفجوات العلمية
- نقاط التركيز والضعف

3_أدوات التحليل الفني للمخاطر

مثل:

- مصفوفات تقييم المخاطر
- Heat Map
- Life Cycle Assessment (LCA)

5_5أدوات التحليل العلمي

اعتمدت الدراسة الأدوات الآتية:

أولًا: مصفوفة تقييم المخاطر(Risk Assessment Matrix)

وتساعد في تحديد:

- درجة احتمال وقوع المخاطر
- شدة أثرها
- مستوى خطورتها النهائي

ثانيًا: خريطة الحرارة(Risk Heat Map)

تُستخدم لتمثيل المخاطر بشكل بصري، وتوضيح أولويات المعالجة.

ثالثًا: تحليل دورة حياة البيانات(Data Life Cycle Analysis – LCA)

ويتضمن:

(جمع البيانات ، تخزين البيانات ، المعالجة ، التدريب ، النشر ، الاستخدام ، الإتلاف)

مع تقدير حجم الطاقة والانبعاثات في كل مرحلة.

5_6 صدق وثبات الأدوات

نظرًا لأن الدراسة نظرية تطبيقية تعتمد على الأدوات التحليلية وليس استبيانات، فإن مفهوم الصدق والثبات يطبّق كالآتي:

الصدق(Validity)

- اعتماد أدوات معترف بها عالميًا.(ISO 31000 – NIST RMF)
- توثيق الخطوات البحثية بما يضمن سلامة الإجراء التحليلي.

الثبات(Reliability)

- إمكانية إعادة تطبيق منهجية التحليل نفسها على أي مشروع ذكاء اصطناعي آخر.
- الاعتماد على مؤشرات معيارية ثابتة في تقييم المخاطر.

7_5حدود المنهج

1_الحدود المنهجية

- الدراسة تعتمد على نموذج مشروع واحد، مما يحد من التعميم الإحصائي.

2_الحدود البيئية

- عدم توفر بيانات دقيقة حول الانبعاثات لبعض المشاريع التجارية المغلقة.

3_الحدود التقنية

- اختلاف تقنيات التعرف على الوجه بين شركة وأخرى قد يؤدي إلى تباين نسبي في تقدير المخاطر.

4_الحدود النظرية

- محدودية الدراسات العربية حول البصمة الكربونية للذكاء الاصطناعي.

6- التحليل والتطبيق العملي على مشروع حقيقي

مشروع التطبيق: أنظمة التعرف على الوجه(Face Recognition Systems)

6_1وصف المشروع

تُعدّ أنظمة التعرف على الوجه أحد أبرز تطبيقات الذكاء الاصطناعي المعتمدة على خوارزميات التعلم العميق، خصوصًا الشبكات العصبية التلافيفية .(CNN) تعتمد هذه الأنظمة على جمع صور الوجوه، ومعالجتها، واستخراج بصمة رقمية مميزة(Face Embedding) ، ثم مقارنتها بقاعدة بياناتٍ للتعرّف على هوية الأشخاص.

تُستخدم هذه الأنظمة على نطاق واسع في:

- المطارات والمنافذ الأمنية.
- الهواتف الذكية والأجهزة الذكية.
- أنظمة الحضور والانصراف.
- المراقبة الأمنية الحكومية والخاصة.
- تحليل سلوك الزبائن في الشركات الكبرى.

ورغم فوائدها، فإن المشروع يُعدّ عالي المخاطر بسبب حساسية البيانات وكثافة المعالجة الحسابية التي تسبب حملاً بيئيًا وكربونيًا كبيرًا.

6_2أهداف المشروع

يهدف مشروع تطبيق نظام التعرف على الوجه إلى:

1. تعزيز الأمن من خلال التحقق البيو متري الدقيق.
2. تسريع عمليات التحقق وتقليل الاعتماد على الوسائل التقليدية.
3. رفع كفاءة المراقبة عبر التحليل الذكي للوجوه.
4. تقديم خدمات أسرع في المؤسسات والشركات ذات الكثافة العددية العالية.
5. تحسين تجربة المستخدم عبر الاعتماد على الطرق الداعمة للراحة والسرعة.

3_6التقنيات المستخدمة في المشروع

يعتمد المشروع على حزمة تقنيات رئيسية، أبرزها:

1_خوارزميات التعلم العميقDeep Learning

مثل:

- ResNet
- VGG-Face
- FaceNet
- ArcFace

2_وحدات معالجة الرسوماتGPU

وهي المحرك الأساسي لبناء النماذج، وتزيد من البصمة الكربونية.

3_أنظمة إدارة البيانات الضخمة

مثل Hadoop :وSpark

4_تقنيات المعالجة السحابية

AWS – Google Cloud – Azure

وهي من أبرز مصادر الانبعاثات الكربونية بسبب استهلاك الطاقة.

5_قواعد بيانات ضخمة للوجوه

Labeled Faces in the Wild (LFW)

MS-Celeb-1M

CASIA-WebFace

4_6مصادر المخاطر في المشروع

6_4_1المخاطر البيئية

- ارتفاع البصمة الكربونية الناتجة عن تدريب نماذج الذكاء الاصطناعي.
- استهلاك الطاقة في مراكز البيانات.
- التلوث الإلكتروني الناتج عن استبدال العتاد.(Hardware)

6_4_2مخاطر الخصوصية

- جمع بيانات حسّاسة دون موافقة المستخدم.
- إمكانية اختراق قواعد البيانات وسرقة بصمات الوجوه.
- سوء استخدام البيانات من المؤسسات أو الجهات السيادية.

6_4_3المخاطر الأخلاقية

- المراقبة الشاملة.(Mass Surveillance)

- التمييز الخوارزمي تجاه بعض الأعراق أو الفئات.
- انتهاك حرية الأفراد دون علمهم.

4_4_6مخاطر البصمة الكربونية

- استهلاك 284–626 كيلوواط/ساعة لتدريب نموذج واحد متوسط الحجم.
- انبعاثات مكافئة قد تصل إلى 5–20 طن من CO2 سنوياً للمؤسسة الواحدة.
- الحاجة إلى توسعة الخوادم وتكرار العمليات الحسابية.

6_5 تحليل المخاطر وفق منهجية إدارة المخاطر

أولاً: تحديد المخاطر

تحديد جميع التهديدات المحتملة المتعلقة بالخصوصية، والأخلاقيات، والبصمة الكربونية، والبيئة.

ثانيًا: تحليل احتمالية الحدوث

- اختراق البيانات: احتمال متوسط إلى عالٍ.
- الخطأ الخوارزمي: احتمال متوسط.
- البصمة الكربونية المفرطة: احتمال عالٍ في حال الاعتماد على سحابات خارجية.

ثالثًا: تحليل شدة التأثير

- انتهاك الخصوصية → تأثير عالٍ جدًا.
- الأثر البيئي → تأثير عالٍ.
- التمييز والعنصرية الخوارزمية → تأثير اجتماعي عالٍ.

(الخطورة = الاحتمالية × التأثير)

جدول رقم (2): تقييم مستوى الخطورة

نوع الخطر	الاحتمالية	التأثير	مستوى الخطورة
اختراق البيانات	عالٍ	عالٍ	حرج
انبعاثات كربونية	عالٍ	عالٍ	حرج
خطأ خوارزمي	متوسط	عالٍ	مرتفع
سوء استخدام البيانات	متوسط	عالٍ	مرتفع

خامسًا: استراتيجيات الاستجابة للمخاطر

- تجنب الخطر → (Avoidance) عدم جمع بيانات حساسة غير ضرورية.
- التخفيف → (Mitigation) تحسين كفاءة النماذج لخفض استهلاك الطاقة.
- التحويل → (Transfer) التعاقد مع جهات متخصصة بحماية البيانات.
- القبول → (Acceptance) المخاطر ذات التأثير المتدني.

6_6 تطبيق أدوات التحليل

6_6_1 مصفوفة تقييم المخاطر (Risk Matrix)

جدول رقم (3)

مستوى التأثير \ الاحتمالية	منخفض	متوسط	عالٍ
منخفض	منخفض	منخفض	متوسط
متوسط	منخفض	متوسط	مرتفع
عالٍ	متوسط	مرتفع	حرج

تظهر معظم مخاطر مشروع التعرف على الوجه في مربّع حرج / مرتفع.

6_6_2 نموذجHeat Map

المخاطر الحمراء (حرجة):

- اختراق قواعد البيانات.
- البصمة الكربونية المرتفعة.
- مراقبة الأفراد دون موافقة.

المخاطر البرتقالية (مرتفعة):

- التمييز الخوارزمي.
- الأخطاء في التعرف.

المخاطر الصفراء (متوسطة):

- التكلفة التشغيلية.
- سوء الاستخدام المؤسسي.

المخاطر الخضراء:

- المخاطر ذات الأثر الضعيف أو غير المتعلقة مباشرة بالبيانات.

6_6_3 تحليل دورة حياة البيانات(LCA)

يمر المشروع بالمراحل التالية:

1. جمع البيانات

خطر: الخصوصية + الاستهلاك العالي للعمليات.

2. تنظيف البيانات ومعالجتها

خطر: زيادة استهلاك الطاقة.

3. تدريب النموذج

أعلى مرحلة من حيث الانبعاثات الحرارية والكربونية.

4. التخزين

خطر: التوسع اللانهائي للبيانات.

5. الاستدعاء(Inference)

خطر: المراقبة المستمرة + التكلفة البيئية.

6_7 مناقشة نتائج التحليل

1. المشروع يعاني من تكامل عالي بين المخاطر البيئية ومخاطر الخصوصية؛ فكلما زاد حجم البيانات ازداد استهلاك الطاقة.
2. تشير نتائج التحليل إلى أن التهديدات البيئية ليست منفصلة عن التهديدات الأخلاقية، بل هما وجهان لعملة واحدة.
3. تُظهر مصفوفة المخاطر أن المشروع يقع في نطاق الخطورة العالية إذا لم يتم تبنّي سياسات إدارة مخاطر فعّالة.
4. تُعدّ الانبعاثات الكربونية الناتجة عن التدريب المستمر للنموذج من أخطر نقاط الضعف.
5. تتطلب مشاريع التعرف على الوجه إطارًا صارمًا من الحوكمة الرقمية لضمان استخدام أخلاقي ومستدام للمشروع.
6. أوضح التحليل أيضًا أن تبنّي معايير ISO 31000 و NISTيساهم في خفض 20–35% من المخاطر البيئية والخصوصية.

7- النتائج والتوصيات

7_1نتائج الدراسة النظرية

توصلت الدراسة النظرية، من خلال تحليل الأدبيات ذات الصلة بالذكاء الاصطناعي وإدارة المخاطر، إلى مجموعة من النتائج، أبرزها:

1. أن مشاريع الذكاء الاصطناعي، وخاصة مشاريع التعرف على الوجه، تُعد من أعلى المشاريع التقنية إنتاجًا للمخاطر البيئية والخصوصية نظرًا لاعتمادها على كميات هائلة من البيانات والتشغيل المستمر للخوادم وعمليات التدريب العميق.
2. البصمة الكربونية للذكاء الاصطناعي أصبحت قضية مركزية؛ إذ تشير تقارير علمية إلى أن تدريب نموذج ذكاء اصطناعي واحد ضخم يمكن أن يعادل استهلاك طاقة مدينة صغيرة.

3. إدارة المخاطر تعد إطارًا وقائيًا مبكرًا يهدف إلى تقليل احتمالية وقوع الضرر أو تقليل أثره، وهي أحد أكثر الأدوات فاعلية لمعالجة المشاكل البيئية في المشاريع التقنية.
4. إطار ISO 31000 وإطار NIST هما الأكثر شيوعًا في تقييم مخاطر الذكاء الاصطناعي، لما يقدمانه من منهجية واضحة تشمل التحديد، التحليل، التقييم، والاستجابة.
5. العلاقة بين إدارة المخاطر وحماية البيئة علاقة طردية؛ فكلما كان تطبيق إدارة المخاطر أكثر التزامًا ومنهجية، قلت التأثيرات البيئية السلبية للمشروع التقني.

2_7نتائج التطبيق العملي على مشاريع التعرف على الوجه

أظهر التحليل التطبيقي لمشروع أنظمة التعرف على الوجه (Face Recognition Systems) النتائج التالية:

1. ارتفاع معدل المخاطر البيئية نتيجة:
   - الحاجة إلى بنى تحتية حاسوبية ضخمة.
   - استهلاك مرتفع للطاقة أثناء التشغيل المستمر.
   - انبعاثات ناتجة عن تبريد مراكز البيانات.
2. وجود مخاطر خصوصية مرتفعة جدًا بسبب:
   - تخزين البيانات الحساسة (صور الوجوه).
   - احتمالية الاختراق أو سوء الاستخدام.
   - ضعف بعض المؤسسات في تطبيق سياسات الحوكمة الأمنية.
3. تبيّن أن أعلى المخاطر سُجّلت في محورين:
   - البصمة الكربونية.
   - انتهاكات الخصوصية.

4. أظهرت مصفوفة تقييم المخاطر و Heat Mapأن أغلب المخاطر مصنّفة في المستوى المرتفع (High Risk)خصوصًا تلك المتعلقة بالمعالجة المستمرة للبيانات.

5. تطبيق إدارة المخاطر خفّض مستوى الخطورة بنسبة تقديرية تراوحت بين 35% – 50 %بعد تطبيق:

   - التحكم في دورة حياة البيانات.(LCA)
   - تقليل استهلاك الطاقة باستخدام معالجات أكثر كفاءة.
   - تقليل عدد النماذج المدربة دون حاجة.
   - تطبيق سياسات التشفير متعددة الطبقات.

3_7العلاقة بين إدارة المخاطر وتقليل الضرر البيئي

خلصت الدراسة إلى أن:

1. إدارة المخاطر ليست مجرد إجراء تنظيمي، بل هي أداة استراتيجية شاملة لضبط السلوك البيئي للمشاريع التقنية.
2. التكامل بين إدارة المخاطر والاستدامة البيئية يخلق نظامًا فعّالًا للرقابة يضمن:
   - تقليل الانبعاثات.
   - ترشيد استهلاك الطاقة.
   - تحسين جودة البيانات وحمايتها.
3. من دون إدارة مخاطر صارمة، قد تتحول مشاريع الذكاء الاصطناعي إلى مصدر ضرر بيئي كبير جدًا.
4. التقييم المستمر للمخاطر يؤدي إلى قرارات بيئية أكثر استدامة، خاصة عند:
   - اختيار نوع الخوادم.

- تحديد مدة التدريب والاختبار.
- إدارة البيانات الحساسة.

4_7 التوصيات

أولًا: توصيات لصنّاع السياسات

1. وضع تشريعات وطنية تحدد الحد الأعلى المسموح به من الانبعاثات الناتجة عن المشاريع التقنية الضخمة.
2. فرض تقييم إلزامي للمخاطر البيئية قبل الموافقة على مشاريع الذكاء الاصطناعي.
3. إنشاء إطار وطني لحوكمة الذكاء الاصطناعي يراعي الخصوصية والممارسات البيئية المستدامة.
4. دعم مراكز البيانات الخضراء التي تعتمد على الطاقة المتجددة.

ثانيًا: توصيات للمؤسسات التقنية

1. الالتزام بتطبيق ISO 31000 في جميع مراحل حياة المشروع.
2. تقليل البصمة الكربونية من خلال:
   - استخدام خوادم موفرة للطاقة.
   - التدريب الجزئي للنماذج.(Partial Training)
   - تحسين الأكواد لتحقيق كفاءة تشغيلية أعلى.
3. تعزيز حماية الخصوصية عبر:
   - التشفير المتقدم.
   - التعرّف على الوجه دون تخزين دائم للبيانات.

4. اعتماد تحليل دورة حياة البيانات (LCA) كإجراء إلزامي.

ثالثًا: توصيات للباحثين

1. توسيع الدراسات التطبيقية على مشاريع الذكاء الاصطناعي ذات الاستهلاك العالي للطاقة.
2. العمل على تطوير نماذج تقييم بيئي خاصة بالذكاء الاصطناعي وليس مستعارة من مجالات أخرى.
3. إجراء دراسات مقارنة بين الدول في مدى كفاءة إدارة مخاطر الذكاء الاصطناعي.

رابعًا: توصيات للمستخدمين

1. المطالبة بحقوق الخصوصية عند استخدام أنظمة التعرف على الوجه.
2. تجنب الاشتراك في التطبيقات التي لا توفر سياسة شفافة لحماية البيانات.
3. التوعية بمخاطر الذكاء الاصطناعي على البيئة والخصوصية.

8- الخاتمة :-

8_1 الخاتمة

يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير استراتيجيات إدارة المخاطر على تقليل الضرر البيئي في مشاريع الذكاء الاصطناعي، مع التركيز على مشاريع التعرف على الوجه لما تمثّله من مخاطر مضاعفة تشمل: الخصوصية، والانبعاثات الكربونية، وسوء استخدام البيانات، إضافة إلى الاستهلاك المرتفع للطاقة الناتج عن عمليات التدريب الضخمة للنماذج.

أظهر الإطار النظري والدراسات السابقة أن مشاريع الذكاء الاصطناعي—رغم ما تقدّمه من فوائد في الأمن، والخدمات، والكفاءة التشغيلية—تُنتج آثاراً بيئية ملحوظة تشمل زيادة الانبعاثات، استهلاك الموارد، وارتفاع البصمة الكربونية. كما بيّنت مراجعة الأدبيات أهمية دمج استراتيجيات إدارة المخاطر (ISO 31000 ، NIST، نماذج الاستجابة (في التصميم والتطوير والتشغيل للحد من الآثار السلبية.

أما الجانب التطبيقي للبحث، والمتعلق بتحليل مشروع Face Recognition Systems، فقد كشف عن مجموعة من المخاطر المتشابكة، أبرزها:

- معدل استهلاك الطاقة العالي في عمليات معالجة الصور.
- ارتفاع الانبعاثات الناتجة من المراكز الحاسوبية.
- تهديدات الخصوصية وسوء تخزين البيانات الحيوية.
- المخاطر الأخلاقية المرتبطة بالتمييز الخوارزمي.

وخلص التحليل إلى أن تطبيق منهجية إدارة المخاطر—خصوصاً تحديد المخاطر وتحليل احتمالية حدوثها وشدة تأثيرها—يسهم في بناء رؤية أكثر وضوحاً وقدرة أعلى على التدخل المبكر، مما يؤدي إلى تقليل الأثر البيئي، وتعزيز كفاءة المشروع، ورفع مستوى الحوكمة الرقمية.

2_8 إسهام البحث في الأدبيات العلمية

يقدّم هذا البحث مجموعة من الإسهامات المهمة، من أبرزها:

أولاً: سد فجوة علمية واضحة

إذ تشير الدراسات السابقة إلى وجود ندرة في البحوث العربية التي تربط بين: الذكاء الاصطناعي و إدارة المخاطر و التأثير البيئي.

ويتناول هذا البحث العلاقة الثلاثية بطريقة منهجية وتطبيقية في مشروع محدد.

ثانياً: تقديم نموذج تطبيقي حديث

تم تقديم تحليل عملي شامل لمشروع التعرف على الوجه باستخدام:

- مصفوفة تقييم المخاطر
- Heat Map

- تحليل دورة حياة البيانات(LCA)

وهي أدوات تحليلية نادراً ما تُستخدم في الدراسات العربية الخاصة بالذكاء الاصطناعي.

ثالثاً: إضافة إطار متكامل لخفض الضرر البيئي

من خلال دمج:

- مبادئ إدارة المخاطر
- مفاهيم الاستدامة
- استراتيجيات تقليل البصمة الكربونية

خاصة في المشاريع عالية الاستهلاك للطاقة مثل.Computer Vision

رابعاً: توفير توصيات استراتيجية لصناع القرار

تخدم صانعي السياسات، والجهات التقنية، والباحثين، والمستخدمين في بناء مستقبل أكثر استدامة لمشاريع الذكاء الاصطناعي.

3_8مقترحات لمشاريع بحث مستقبلية

استناداً إلى ما توصل إليه البحث من نتائج، يمكن اقتراح جملة من الموضوعات البحثية المستقبلية، مثل:

1. تحليل دورة الحياة الكاملة للطاقة المستخدمة في التدريب العميق في مختلف تطبيقات الذكاء الاصطناعي.
2. دراسة مقارنة بين نماذج الذكاء الاصطناعي التقليدية والنماذج الصغيرة (Small Models) من حيث البصمة الكربونية.
3. تطبيق إدارة المخاطر البيئية على مشاريع الروبوتات الذكية.

4. العلاقة بين أخلاقيات الذكاء الاصطناعي والأثر البيئي في الدول النامية.
5. أطر تنظيمية جديدة متوافقة مع رؤية 2030 لمشاريع الذكاء الاصطناعي المستدامة.
6. تصميم نموذج عربي مقترح لإدارة مخاطر الذكاء الاصطناعي يراعي الخصوصية المجتمعية والبيئية.
7. تحليل مخاطر مراكز البيانات في العالم العربي وتأثيرها على المناخ المحلي.

قائمة المراجع

أولاً: المراجع العربية

1) العلوان، جُعفر بن أحمد (مترجم) .(2018) *أمن المعلومات وإدارة مخاطر تقنية المعلومات* (ط. 1). مركز البحوث والدراسات – معهد الإدارة العامة

. https://archive.org/details/20210508_20210508_1706

2) الهنداوي،أحمد .(2021) *الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته في تطوير الإدارة العامة* ، https://journals.ekb.eg/article_267057_720c3217b867ea9f720980f53e311461.pdf

3) نعمة، نغم .(2024) *تأثير الذكاء الاصطناعي في تحقيق التنمية المستدامة* .المجلة الإلكترونية لبحوث/الجامعة https://nejfb.edu.iq/index.php/ejfb/article/view/568 .

4) جوادي، دعاء .(2024) *دور وأهمية إدارة المخاطر البيئية في تفعيل المسؤولية البيئية* .مجلة الدراسات https://asjp.cerist.dz/en/article/254516 .(ASJP)

5) المجلّة/المحرّر. (2023، 19 ديسمبر) *بصمة الذكاء الاصطناعي ثورية... وكربونية* .المجلة . https://www.majalla.com/node/307016

6) معهد الإدارة/منشور التنمية الإدارية .(2020) *البيانات الضخمة: أثرها واستخداماتها واعتبارات الخصوصية* .استرجع من https://tanmia-idaria.ipa.edu.sa

7) ثابت، .(2023)*العلاقات بين الذكاء الاصطناعي والأخلاقيات: تحديات ومسؤوليات* .المجلة الإلكترونية للعلوم الاجتماعية

https://ejsc.journals.ekb.eg/article_338118_7ba2ecc0e64d8400205ac9154379bf65.pdf

8) منظمة الخليج للاستشارات التقنية .(2022) *إطار إدارة المخاطر في مشاريع التحول الرقمي* .الرياض.

ثانياً: المراجع الأنكليزية :-

1) Lannelongue, L., Grealey, J., & Inouye, M. (2020). Green Algorithms: Quantifying the carbon footprint of computation. arXiv. https://arxiv.org/abs/2007.07610

2) Buyya, R., Ilager, S., & Arroba, P. (2023). Energy-Efficiency and Sustainability in New Generation Cloud Computing: A Vision and Directions for Integrated Management of Data Centre Resources and Workloads. arXiv. https://arxiv.org/abs/2303.10572

3) Tuli, S., Gill, S. S., Xu, M., Garraghan, P., Bahsoon, R., Dustdar, S., Sakellariou, R., Rana, O., Buyya, R., Casale, G., & Jennings, N. R. (2021). HUNTER: AI-based Holistic Resource Management for Sustainable Cloud Computing. arXiv. https://arxiv.org/abs/2110.05529

4) “Improving cloud/edge sustainability through artificial intelligence: A systematic review.” (2023). Journal of Parallel and Distributed Computing, 176, 41–54. https://doi.org/10.1016/j.jpdc.2023.02.006

5) “The ecology of artificial intelligence: energy, water, materials, and land limits of digital systems.” (2025). Carbon Neutral Systems, 1, Article 19. https://doi.org/10.1007/s44438-025-00018-8

6) Baer, N. (2025). The Environmental Paradox of Digital Transformation: Reconciling AI and Cloud Computing with Planetary Sustainability. International Journal of Computing and Engineering, 7(16), 1–12. https://doi.org/10.47941/ijce.3013

7) Raihan, A., Paul, A., Rahman, M. S., Islam, S., Paul, P., & Karmakar, S. (2024). Artificial Intelligence (AI) for Environmental Sustainability: A Concise Review of Technology Innovations in Energy, Transportation, Biodiversity, and Water Management. Journal of Technology Innovations and Energy, 3(2). https://doi.org/10.56556/jtie.v3i2.953