

دور أنظمة الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة استهلاك الطاقة في المنظمات

إعداد الطالب

عمر بن رجب الزهراني

الرقم الأكاديمي: (٢٥٣٠٠٠٩٨٠)

إشراف

د. الفیصل عبد الحمید محمد حسن

د. فايز جراد

العام الدراسي:

٢٠٢٦ م / ١٤٤٨ هـ

Midocean University

College of Management

Department / Specialization: Master of Project Management



The role of artificial intelligence systems in improving energy consumption efficiency in organizations

Prepared by

Omar Rajab AlZahrani

Student ID (253000980)

Supervised by

Dr. Al-Faisal Abdul Hamid Muhammad Hassan

Dr. Fayez Jarad

Academic Year

2026 -1448

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

ملخص الدراسة

تستعرض هذه الدراسة إلى استكشاف دور أنظمة الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة استهلاك الطاقة في المنظمات. واستندت الدراسة إلى المنهج الوصفي التحليلي، الذي يهدف إلى وصف الظاهرة كما هي في الواقع وتحليل العلاقات بين متغيراتها، وهو مناسب لهذا النوع من الدراسات. واعتمدت على الاستبيان كأداة رئيسية لجمع البيانات من عينة عشوائية طبقية بلغ حجمها (١٩٦) موظفاً وموظفة يعملون في منظمات حكومية وخاصة بمدينة الرياض، إلى جانب المقابلات شبه المنظمة مع المسؤولين ومراجعة الوثائق الرسمية.

أظهرت النتائج وجود علاقة ارتباط موجبة متوسطة إلى قوية بين مستوى تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي (كما يدركه الموظفون) وكفاءة استهلاك الطاقة، حيث بلغ معامل الارتباط ($r = 0.683$) عند مستوى دلالة ($\alpha \leq 0.01$)، وأوضح تحليل الانحدار أن الذكاء الاصطناعي يفسر حوالي (٤٦,٦٪) من التباين في كفاءة استهلاك الطاقة، في حين تعزى النسبة المتبقية إلى عوامل أخرى لم تتضمنها الدراسة. كما كشفت النتائج عن وجود تحديات إدارية وتقنية تحد من فاعلية الذكاء الاصطناعي، حيث تفسر حوالي (٤١,٨٪) من التباين في كفاءة الطاقة، وكان تأثير التحديات الإدارية والبشرية أكبر من التحديات التقنية. وفي المقابل، أظهرت النتائج أن الأثر المدرك للذكاء الاصطناعي على خفض الهدر الطاقوي وتعزيز الاستدامة البيئية لا يزال دون المستوى المأمول، حيث جاءت متوسطات الاستجابات حول هذا الأثر أقل من المستوى المحايد (٢,٧٠ من ٥,٠٠)، مما يشير إلى وجود فجوة بين الإمكانيات النظرية للذكاء الاصطناعي والاستفادة الفعلية منه.

وتتفق هذه النتائج مع ما أشارت إليه الدراسات السابقة (Parikh, 2025; Tabaku et al., 2025) من إمكانيات واعدة للذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة الطاقة، لكنها تؤكد وجود فجوة بين هذه الإمكانيات ومستوى التطبيق الفعلي في المنظمات محل الدراسة. وخلصت الدراسة إلى أن معظم المنظمات المشمولة في العينة تمتلك بنية تحتية رقمية بمستوى متوسط (٣,٣٩ من ٥,٠٠)، لكن مستوى تطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة لا يزال منخفضاً (٢,٦٣ من ٥,٠٠)، مما يشير إلى وجود فجوة واضحة بين الإمكانيات المتاحة والاستفادة الفعلية منها.

وأوصت الدراسة صانعي القرار في المنظمات محل الدراسة بتبني استراتيجية متكاملة لتطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة، تتضمن: تعزيز التزام الإدارة العليا، الاستثمار في الكفاءات البشرية، تطوير أنظمة قياس الأثر، وتوسيع نطاق التطبيقات الذكية لتشمل مجالات أكثر تقدماً مثل الصيانة التنبؤية والتنبؤ بالطلب وتحسين توزيع الأحمال، مع دمج أهداف الاستدامة البيئية في استراتيجية الذكاء الاصطناعي.

الكلمات المفتاحية: الذكاء الاصطناعي، كفاءة استهلاك الطاقة، الاستدامة البيئية، المنظمات.

الإهداء

أهدي رسالتي هذه إلى:

أسرتي
وأصدقائي
وأساتذتي

الشكر والتقدير

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات على أن وفقني وأعاني على إتمام وإنجاز هذا المشروع، والصلاة والسلام على خير خلقه محمد ابن عبد الله وعلى آله وصحبه أجمعين وأسأل الله أن ينفعنا بما علمنا.

إلى والدي العزيزين، واللذين كانا لي مصدر دعم وإلهام طوال حياتي بتشجيعهما ومحبتهما لي وتعليمي معنى المثابرة والعمل الجاد واستشعار مراقبة الله في السر والعلن والدعاء لي بالتوفيق في كل مرحلة من مراحل الحياة.

وإلى زوجتي وأبنائي الغالين (عبدالله، يوسف، سعود، ليلى) والداعمين لي في كل خطوة من هذه الرحلة أهدي لهم هذا الإنجاز تقديراً لهم على صبرهم وتضحياتهم بوقتهم وجهدهم ودعائهم المستمر لي بالتوفيق السداد.

وإلى إخوتي على دعمهم لي الدعم المعنوي وتحفيزي المستمر والدعاء لي بشكل خاص ودائم وكانوا لي عوناً وسنداً بعد الله.

وإلى أساتذتي الأفاضل الذين قدموا لي كل ما يمكن من علم ونصح وإرشاد وكانوا لي خير منصحين ومرشدين ومعلمين أخص بالشكر المشرفين على رسالتي (د. الفيصل عبد الحميد - د. فايز جراد).

وإلى أصدقائي الأعزاء على دعمهم ودعائهم ومشاركتهم لي بكل الإمكانيات في محتويات هذا البحث للخروج بأفضل ما يمكن تقديره.

اعترافاً لهم بدعمهم ودعائهم وتشجيعهم وجميلهم علي لإتمام هذا الإنجاز العلمي.

فهرس المحتويات

م	البيان	رقم الصفحة
	ملخص الدراسة	أ
	الإهداء	ب
	الشكر والتقدير	ج
الفصل الأول: الإطار العام للدراسة		
	أولاً: مقدمة	٢
	ثانياً: أهمية الدراسة	٣
	ثالثاً: أهداف الدراسة	٤
	رابعاً: تساؤلات الدراسة	٥
	خامساً: أسئلة الدراسة	٥
	سادساً: التجارب السابقة	٦
	سابعاً: الأساسيات النظرية للدراسة	١١
	ثامناً: المنهجية وطرق البحث	١٣
	تاسعاً: أدوات الدراسة	١٣
	عاشراً: حدود الدراسة	١٣
الفصل الثاني : الإطار النظري للدراسة		
	تمهيد	١٦
	المبحث الأول: أنظمة الذكاء الاصطناعي	١٦
	أولاً: مفهوم الذكاء الاصطناعي وتطوره التاريخي	١٦
	١/١- تعريف الذكاء الاصطناعي	١٦
	٢/١- النشأة التاريخية للذكاء الاصطناعي	١٧
	ثانياً: خصائص ومكونات أنظمة الذكاء الاصطناعي	١٧
	١/٢- الخصائص الأساسية للذكاء الاصطناعي	١٧
	٢/٢- المكونات الرئيسية لأنظمة الذكاء الاصطناعي	١٨
	ثالثاً: أنواع أنظمة الذكاء الاصطناعي	٢٠
	١/٣- من حيث المستوى والقدرة	٢٠
	٢/٣- من حيث التقنيات والمنهجيات	٢٠
	رابعاً: تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المجالات المؤسسية	٢١

م	البيان	رقم الصفحة
	خامساً: تحديات تطبيق الذكاء الاصطناعي في المؤسسات	٢٢
	المبحث الثاني: كفاءة استهلاك الطاقة في المنظمات	٢٣
	أولاً: مفهوم الطاقة وأهميتها في المنظمات	٢٣
	١/١-تعريف الطاقة وأنواعها	٢٣
	٢/١- أهمية الطاقة للمنظمات	٢٣
	٣/١-أهمية الطاقة للمنظمات	٢٤
	ثانياً: مفهوم كفاءة استهلاك الطاقة	٢٥
	١/٢- تعريف كفاءة الطاقة	٢٥
	٢/٢- مؤشرات قياس كفاءة الطاقة في المنظمات	٢٦
	ثالثاً: عوامل تحسين كفاءة استهلاك الطاقة في المنظمات	٢٦
	رابعاً: أثر الذكاء الاصطناعي على تحسين كفاءة الطاقة	٢٨
	خامساً: استراتيجيات ترشيد استهلاك الطاقة في المنظمات	٣٠
	سادساً: العلاقة بين المتغيرين (الإطار التحليلي للدراسة)	٣١
	خلاصة الفصل	٣٢
الفصل الثالث: منهجية الدراسة		
	تمهيد	٣٤
	أولاً: منهج الدراسة	٣٤
	ثانياً: مجتمع وعينة الدراسة	٣٥
	ثالثاً: أدوات جمع البيانات	٣٦
	رابعاً: معالجة البيانات وتحليلها	٣٨
الفصل الرابع: التحليل الإحصائي للبيانات واختبار الفروض		
	تمهيد	٤١
	أولاً: اختبارات أداة الدراسة	٤١
	ثانياً: التحليل الوصفي لعينة الدراسة وفقاً للمتغيرات الديموغرافية	٤٢
	ثالثاً: التحليل الوصفي لمتغيرات الدراسة	٤٦
	رابعاً: اختبار التوزيع الطبيعي للبيانات	٥٠
	خامساً: اختبار فروض الدراسة	٥١
	ملخص الفصل	٥٨

م	البيان	رقم الصفحة
الفصل الخامس: مناقشة النتائج والتوصيات		
تمهيد		٦٠
أولاً: مناقشة نتائج اختبار الفروض		٦٠
ثانياً: مناقشة النتائج الوصفية للدراسة		٦٨
ثالثاً: الاستنتاجات العامة للدراسة		٧١
رابعاً: التوصيات العملية والمقترحات		٧٣
خامساً: مقترحات للدراسات المستقبلية		٨٢
Abstract		
المراجع		
الملاحق		

فهرس الجداول

رقم الصفحة	عنوان الجدول
٤٢	جدول (١): قيم معامل ألفا كرونباخ لمحاو الاستبيان
٤٣	جدول (٢): توزيع أفراد العينة حسب الجنس
٤٣	جدول (٣): توزيع أفراد العينة حسب الفئة العمرية
٤٤	جدول (٤): توزيع أفراد العينة حسب المؤهل العلمي
٤٥	جدول (٥): توزيع أفراد العينة حسب سنوات الخبرة
٤٥	جدول (٦): توزيع أفراد العينة حسب القسم/الإدارة
٤٥	جدول (٧): توزيع أفراد العينة حسب المستوى الوظيفي
٤٦	جدول (٨): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات محور توفر البنية التحتية
٤٨	جدول (٩): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات محور مستوى تطبيق الذكاء الاصطناعي
٤٩	جدول (١٠): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات محور أثر الذكاء الاصطناعي على كفاءة الطاقة
٥٠	جدول (١١): نتائج اختبار كولموغوروف-سميرنوف للتوزيع الطبيعي
٥٢	جدول (١٢): مصفوفة ارتباط بيرسون بين متغيرات الدراسة الرئيسية
٥٢	جدول (١٣): ملخص نموذج الانحدار الخطي البسيط
٥٢	جدول (١٤): تحليل التباين (ANOVA) لنموذج الانحدار
٥٣	جدول (١٥): معاملات الانحدار الخطي البسيط
٥٤	جدول (١٦): معاملات ارتباط بيرسون بين التحديات وكفاءة استهلاك الطاقة
٥٤	جدول (١٧): ملخص نموذج الانحدار المتعدد
٥٤	جدول (١٨): تحليل التباين (ANOVA) لنموذج الانحدار المتعدد
٥٥	جدول (١٩): معاملات الانحدار المتعدد
٥٥	جدول (٢٠): نتائج اختبار (T-Test) لعينة واحدة لعبارات خفض الهدر والاستدامة البيئية
٥٦	جدول (٢١): نتائج اختبار الفروق حسب المتغيرات الديموغرافية
٥٧	جدول (٢٢): ملخص نتائج اختبار فروض الدراسة

الفصل الأول

الإطار العام للدراسة

أولاً: مقدمة

"مع التوسع المستمر في استخدام التكنولوجيا في القطاع المؤسسي، أصبحت كفاءة استهلاك الطاقة قضية استراتيجية وحيوية للمنظمات، نظرًا لتأثيرها المباشر على التكاليف التشغيلية واستدامة الموارد الطبيعية. فالمنظمات اليوم تواجه ضغوطاً متعددة تتعلق بتحقيق أداء عالٍ مع تقليل الأثر البيئي، وهو ما يجعل البحث عن حلول ذكية ومبتكرة ضرورة لا غنى عنها". (Zakizadeh & Zand, 2024)

تُعد أنظمة الذكاء الاصطناعي من الأدوات الفعّالة التي تمكّن المؤسسات من تحليل البيانات الضخمة، التنبؤ بالاحتياجات، واتخاذ القرارات التشغيلية بشكل أكثر دقة وفاعلية. فباستخدام هذه الأنظمة، يمكن تحسين استهلاك الطاقة من خلال مراقبة الأنشطة التشغيلية، التنبؤ بالطلب على الطاقة، وتحليل أنماط الاستهلاك بهدف تقليل الهدر وزيادة الكفاءة (Parikh, 2025).

"على المستوى العملي، بدأت العديد من المؤسسات العالمية الرائدة في تبني حلول الذكاء الاصطناعي لإدارة الطاقة، مما أسهم في خفض التكاليف التشغيلية، تحسين الأداء، وتقليل الانبعاثات الكربونية. ومع ذلك، لا يزال هذا التبني محدوداً في نطاقه، وتواجه معظم المنظمات -خاصة في السياق المحلي- تحديات عدة تحول دون الاستفادة الكاملة من إمكانيات هذه التقنيات. وفي السياق المحلي، تواجه المنظمات تحديات مشابهة تتعلق بتحقيق الكفاءة الطاقية مع مواكبة التطورات التقنية الحديثة، إذ تشير المؤشرات الأولية إلى أن مستوى التطبيق الفعلي لا يزال دون الطموحات، ما يجعل الدراسة حول دور الذكاء الاصطناعي في تحسين استهلاك الطاقة موضوعاً ملحاً وضرورياً (الشبيلات، ٢٠٢٤)".

وعلى الرغم من توفر تقنيات الذكاء الاصطناعي المتقدمة وانتشارها في العديد من القطاعات، إلا أن العديد من المنظمات تواجه تحديات كبيرة في تطبيق هذه التقنيات بفاعلية لتحقيق كفاءة استهلاك الطاقة. فالمشكلة الأساسية تكمن في غياب استراتيجيات متكاملة ومنهجية واضحة لتوظيف الذكاء الاصطناعي بحيث يحقق أهداف تحسين الأداء الطاقى وتقليل التكاليف التشغيلية بشكل مستدام (Kelechi et al., 2020).

على الرغم من توفر تقنيات الذكاء الاصطناعي المتقدمة وانتشارها في العديد من القطاعات، إلا أن العديد من المنظمات تواجه تحديات كبيرة في تطبيق هذه التقنيات بفاعلية لتحقيق كفاءة استهلاك الطاقة. فالمشكلة الأساسية تكمن في

غياب استراتيجيات متكاملة ومنهجية واضحة لتوظيف الذكاء الاصطناعي بحيث يحقق أهداف تحسين الأداء الطاقى وتقليل التكاليف التشغيلية بشكل مستدام. (Kelechi et al., 2020)

ورغم نجاح بعض المؤسسات -كهيئة - في تحقيق وفورات ملموسة في استهلاك الطاقة عبر أنظمة إدارة الطاقة المتطورة، إلا أن العديد من المنظمات الأخرى لا تزال تعتمد على أساليب تقليدية لا تستفيد من قدرات الذكاء الاصطناعي، مما قد يحد من فرص تحقيق كفاءة طاقية مثلى، ويسهم في ارتفاع الانبعاثات الكربونية. إضافة إلى ذلك، يواجه القائمون على تطبيق هذه الأنظمة تحديات متعددة، تشمل نقص الكفاءات البشرية المدربة على التعامل مع تقنيات الذكاء الاصطناعي، وصعوبات دمج هذه الأنظمة مع العمليات التشغيلية الحالية، فضلاً عن قلة البيانات المهيكلية والموثوقة اللازمة لتشغيل الأنظمة الذكية بكفاءة. (Liu, Qian, Yang, & Yang, 2022)

في السياق السعودي، ومع تزايد اهتمام الدولة بتحقيق الاستدامة وتعزيز الكفاءة الطاقية، كما ورد في مستهدفات رؤية المملكة ٢٠٣٠ التي أكدت على رفع كفاءة الطاقة وخفض الاستهلاك (رؤية المملكة العربية السعودية، ٢٠١٦)، ومن خلال البرنامج الوطني لكفاءة الطاقة الذي يستهدف ترشيد الاستهلاك في القطاعات كافة (المركز السعودي لكفاءة الطاقة، ٢٠٢١)، يصبح من الضروري البحث عن حلول تعتمد على التقنيات الحديثة مثل الذكاء الاصطناعي لتحسين إدارة الطاقة في المنظمات الحكومية والخاصة.

ثانياً: أهمية الدراسة

في ظل التحديات البيئية والاقتصادية المتعلقة بالطاقة، أصبح تحسين كفاءة استهلاك الطاقة من القضايا الاستراتيجية التي تهتم المنظمات والمؤسسات على حد سواء. تُقدم هذه الدراسة رؤية متكاملة حول إمكانيات أنظمة الذكاء الاصطناعي في ترشيد استهلاك الطاقة، وتسعى إلى تقديم إسهامات علمية وعملية تساهم في تعزيز الأداء المؤسسي والاستدامة البيئية.

أ. الأهمية العلمية

- المساهمة في المعرفة النظرية: تقدم الدراسة فهماً أعمق للعلاقة بين تقنيات الذكاء الاصطناعي وكفاءة استخدام الموارد داخل المنظمات.

- توسيع الدراسات السابقة: تضيف هذه الدراسة إلى الأدبيات العلمية حول تطبيقات الذكاء الاصطناعي في القطاع المؤسسي، وخاصة في السياق السعودي، وهو مجال لا يزال يحتاج إلى بحث معمق ومبداني.

ب. الأهمية العملية

- تحديد فرص توظيف الذكاء الاصطناعي في رفع الكفاءة الطاقية: تقدم الدراسة تصوراً عملياً للمجالات التي يمكن لأنظمة الذكاء الاصطناعي أن تحدث فيها أثراً ملموساً في خفض استهلاك الطاقة، كالتحليل الآلي لأنماط الاستهلاك، والتنبؤ باحتياجات الطاقة المستقبلية، وتحسين أداء المعدات عبر الصيانة التنبؤية.
- تعزيز الممارسات المؤسسية في إدارة الطاقة الذكية: تسهم الدراسة في توجيه المؤسسات نحو تبني أفضل الممارسات العالمية في توظيف الذكاء الاصطناعي لتحسين كفاءة الطاقة، مع تقديم إطار عملي يتناسب مع خصوصية السياق المحلي.
- تمكين صناع القرار من تبني حلول الذكاء الاصطناعي بفعالية: توفر الدراسة رؤية تحليلية للتحديات والفرص المرتبطة بتطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة، مما يساعد المسؤولين على وضع خطط تنفيذية واقعية، وتخصيص الموارد المناسبة، وقياس العائد على الاستثمار في هذه التقنيات.

رابعاً: أهداف الدراسة

تتمثل فيما يلي:

- التعرف على دور أنظمة الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة استهلاك الطاقة: دراسة كيفية استخدام الذكاء الاصطناعي في مراقبة الأنشطة التشغيلية، التنبؤ باحتياجات الطاقة، وتحسين العمليات لتحقيق استهلاك أمثل للطاقة.
- تحليل أثر تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي على تقليل الهدر وزيادة كفاءة الطاقة: تقييم مدى فاعلية الأنظمة الذكية في تقليل الهدر الطاق، وتحقيق الاستدامة التشغيلية، مع مقارنة الأداء قبل وبعد تطبيق هذه الأنظمة.

- تقديم توصيات عملية لتعزيز الاستفادة من الذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة بالمؤسسات:

صياغة حلول عملية واستراتيجيات تطبيقية يمكن للمنظمات والمؤسسات الاعتماد عليها لتحسين إدارة الطاقة وتعظيم الاستفادة من الأنظمة الذكية، بما يسهم في تقليل التكاليف وتحقيق الاستدامة البيئية.

خامساً: تساؤلات الدراسة

تهدف تساؤلات الدراسة إلى تحديد وتحليل العلاقة بين أنظمة الذكاء الاصطناعي وكفاءة استهلاك الطاقة ، بما يساعد على تقديم توصيات عملية علمية رفع الأداء الأداء الطاقى في المؤسسات. وفي ضوء ذلك، تم صياغة التساؤلات الرئيسية على النحو التالي:

- ما مدى تأثير أنظمة الذكاء الاصطناعي على تحسين كفاءة استهلاك الطاقة في المنظمات؟

تبحث هذه التساؤل في قدرة الأنظمة الذكية على تحسين مراقبة استهلاك الطاقة، التنبؤ بالاحتياجات، وتقليل الهدر، ومدى الفارق بين الأداء قبل وبعد تطبيق هذه الأنظمة.

- ما التحديات التي تواجه تطبيق الذكاء الاصطناعي لتحقيق الكفاءة الطاقية؟

يهدف هذا التساؤل إلى تحديد الصعوبات الإدارية، التقنية، والبشرية التي قد تعيق الاستفادة الكاملة من الذكاء الاصطناعي في تحسين استهلاك الطاقة داخل المنظمة.

- ما الاستراتيجيات الأنسب لتعزيز أثر الذكاء الاصطناعي في ترشيد استهلاك الطاقة؟

يركز هذا التساؤل على استكشاف أفضل الممارسات والتوصيات العملية التي يمكن للمنظمات اعتمادها لتعزيز الفائدة من الأنظمة الذكية وضمان الاستدامة والكفاءة التشغيلية.

سادساً: أسئلة الدراسة

بناءً على أهداف الدراسة، تم صياغة التساؤلات التالية:

- ما مستوى تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي في المنظمات محل الدراسة؟

- ما مستوى كفاءة استهلاك الطاقة في هذه المنظمات؟

- هل توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين تطبيق الذكاء الاصطناعي وكفاءة استهلاك الطاقة؟
- ما التحديات الإدارية والفنية والبشرية التي تواجه تطبيق الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة الطاقة؟
- ما أثر تطبيق الذكاء الاصطناعي على خفض الهدر الطاقوي وتعزيز الاستدامة البيئية؟

سابعاً: التجارب السابقة

- ركزت دراسة Parikh (٢٠٢٥) على دور الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة الطاقة في المؤسسات من خلال تحليل الاستراتيجيات المتبعة في الإدارة الذكية للطاقة. استخدمت الدراسة منهجية تحليلية لتحديد أثر تقنيات الذكاء الاصطناعي على ترشيد استهلاك الطاقة وتقليل الهدر، وخلصت إلى أن تطبيق هذه الأنظمة يؤدي إلى تحسين الأداء التشغيلي وتحقيق استدامة بيئية أعلى، مع تقديم توصيات عملية للمنظمات لاعتماد الحلول الذكية في إدارة الطاقة.
- قدمت دراسة Kharaghani, F., Kasrai, A., & Mehrmanesh, H. (٢٠٢٤) نموذجاً لتطبيق الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة استهلاك الطاقة في الوحدات الصناعية. اعتمد البحث على تحليل البيانات التشغيلية للعديد من المنشآت الصناعية لتقييم أثر الأنظمة الذكية على ترشيد استهلاك الطاقة. وأظهرت النتائج أن تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي يؤدي إلى خفض الهدر وتحسين الأداء الاقتصادي والبيئي للوحدات الصناعية.
- هدفت دراسة (موسى، وآخرون، ٢٠٢٥) إلى استكشاف دور الذكاء الاصطناعي في تسريع التحول الرقمي في الجامعات السودانية، مع التركيز على فعالية تدريب أعضاء هيئة التدريس لدمج أنظمة التعلم الإلكتروني. استخدم الباحثون المنهج التجريبي، حيث تم تقسيم عينة الدراسة إلى مجموعتين: مجموعة تجريبية درست باستخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي، ومجموعة ضابطة درست باستخدام الطرق التقليدية. تكونت عينة الدراسة من (٢٠) عضو هيئة تدريس تم اختيارهم عشوائياً من عدة جامعات سودانية، مقسمين إلى مجموعتين متساويتين (١٠ أعضاء لكل مجموعة)، مما يمثل (٣٣,٣٣٪) من المجتمع الأصلي للدراسة البالغ (٦٠) عضو هيئة تدريس المتواجدين في ولاية البحر الأحمر (نازحين). تم استخدام اختبار تحصيلي كأداة رئيسية للدراسة، حيث تم تطبيقه قبل وبعد التجربة على عينة الدراسة بعد التأكد من صدقه وثباته. تم إجراء التجربة في عام ٢٠٢٥، وتم تحليل البيانات باستخدام الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS) كشفت النتائج عن دور كبير للذكاء الاصطناعي في تسريع التحول الرقمي في الجامعات السودانية. اختتمت الدراسة

بعدة توصيات، أهمها: تفعيل استخدام الذكاء الاصطناعي لدعم التحول الرقمي في الجامعات السودانية، وتنظيم دورات تدريبية وورش عمل متخصصة لتطوير مهارات أعضاء هيئة التدريس في استخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي، وتدريبهم على دمج أنظمة التعلم الإلكتروني لتحقيق تكامل ديناميكي وفعال في العملية التعليمية.

- هدفت دراسة Bensouda, M., Benali, M., Rhouiri, M., & Meyabe, M. H (٢٠٢٤) إلى دور التزام الإدارة العليا في تعزيز كفاءة الطاقة باستخدام الذكاء الاصطناعي. اعتمد البحث على تحليل حالة المؤسسات التي تبنت أنظمة الذكاء الاصطناعي، وبيّن أن التزام القيادة العليا يعتبر عاملاً حاسماً في نجاح تطبيق التكنولوجيا الذكية لتحقيق كفاءة الطاقة، حيث أدى الالتزام الفعال إلى تحسين الأداء التشغيلي وتقليل الهدر الطاقوي داخل المؤسسات.

- تناولت دراسة Marino, A., Pariso, P., & Picariello, M (٢٠٢٤) تحليل الكفاءة التنظيمية والطاقة للمستشفيات الإيطالية وتحديد حلول الذكاء الاصطناعي المناسبة للتحسين. استخدمت الدراسة منهجية تحليلية تعتمد على بيانات تشغيلية لمستشفيات مختلفة، وخلصت النتائج إلى أن تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي يساهم في تحسين إدارة الطاقة وتقليل التكاليف التشغيلية، مع اقتراح حلول عملية يمكن تنفيذها لتعزيز كفاءة الموارد الطاقوية في المنشآت الصحية.

- بينما بحثت دراسة Miller, T., Durlak, I., Kostecka, E., Łobodzińska, A., & Matuszak, M (٢٠٢٤) في دور الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة الطاقة وتقليل الانبعاثات الغازية في أنظمة النقل. استخدمت الدراسة منهجية تحليلية شاملة تجمع بين البيانات التشغيلية ونماذج المحاكاة لتقدير أثر تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي على الأداء الطاقوي والبيئي. وخلصت الدراسة إلى أن هذه الأنظمة تساعد بشكل كبير على تقليل الانبعاثات وتحسين الكفاءة التشغيلية، مع إمكانية تعميم النتائج على قطاعات أخرى.

- تناولت دراسة Yao, F., Qin, Z., Wang, X., Chen, M., Noor, A., Sharma, S., ... & Hunjet, A (٢٠٢٣) تطور بيئات الطاقة المتجددة باستخدام الذكاء الاصطناعي لتعزيز الكفاءة الطاقوية والمالية. وقدمت تحليلاً شاملاً لتطبيقات الذكاء الاصطناعي في التخطيط والتشغيل لمصادر الطاقة المتجددة، مع التركيز على تحسين أداء

الشبكات الذكية وتقليل الفاقد. وأكدت النتائج على أن الأنظمة الذكية تساعد في تعزيز العوائد المالية وتقليل الهدر الطاقى.

- ركزت دراسة Rizvi, M. (٢٠٢٣) على استكشاف الذكاء الاصطناعي لإدارة الطاقة في الوقت الحقيقي في المباني. استخدم البحث منهجية تحليلية لتقييم أثر أنظمة الذكاء الاصطناعي على تحسين الأداء الطاقى وتقليل الهدر في المباني الحديثة، وأكدت النتائج أن هذه الأنظمة تسهم في ضبط الاستهلاك الطاقى بدقة أكبر وتوفير استهلاك الطاقة، مع دعم الاستدامة البيئية للمباني الذكية.

- أظهرت دراسة Yao et al (٢٠٢٣) أهمية تطبيق الذكاء الاصطناعي في شبكات الطاقة المتجددة لتعزيز الكفاءة المالية والطاقة، حيث ساعدت النظم الذكية على تحسين توزيع الطاقة وتقليل الفاقد، مع تقديم أدوات عملية لدعم اتخاذ القرار الطاقى المستدام.

- استهدفت دراسة (محارب، ٢٠٢٣) إلى التعرف على الذكاء الاصطناعي مفهومه وتطبيقاته. إن الذكاء الاصطناعي يعد فرع من علم الحاسوب، عرفه الكثير أنه دراسة وتصميم العملاء الأذكياء، والعمل الذكى هو نظام يستوعب بيئته ويتخذ المواقف التي تزيد من فرصته في النجاح في تحقيق مهمته أو مهمة فريقه. ولتحقيق هدف البحث أفصح عن مفهوم الذكاء الاصطناعي ونشأته وفلسفته وأنواعه ومداخله ومشكلاته التي اختلف الباحثون حولها، فلا توجد نظرية موحدة أو نموذج يوجه بحوث الذكاء الاصطناعي. واستعرض البحث مجموعة من تطبيقات الذكاء الاصطناعي والتي منها، تطبيق Siri، وأمازون، و Chat Gpt، وتقنية CORTANA، وتطبيق ELSA. وأختتم البحث بعرض بعض الأمثلة على استخدامات تقنية الذكاء الاصطناعي في حياتنا اليومية ومنها، في مجال التعليم، وفي مجال الرعاية الصحية، والتسويق، والمصارف والتمويل، وفي المجالات العسكرية والأمنية، وفي مجال النقل والاتصالات والفضاء، والزراعة والصناعة ورعاية البيئة، وفي مجال اللغة العربية، والعمارة، وتصميم الأزياء وإنتاجها، ومجال علم النفس، والترجمة والنشر، والموسيقى.

- بينما ركزت دراسة Isaev, E. A. E., Kornilov, V. V., & Grigor'ev, A. A (٢٠٢٣) على نموذج كفاءة مراكز البيانات ودور الذكاء الاصطناعي في تحسينها. اعتمد البحث على تطوير نموذج رياضي يدمج قدرات الذكاء الاصطناعي لمراقبة وتحليل استهلاك الطاقة في مراكز البيانات. وأظهرت النتائج أن تطبيق هذا النموذج يمكن أن يحسن الأداء الطاقى للمراكز بشكل كبير ويقلل من الهدر، مع زيادة الاستدامة التشغيلية.

- استكشفت دراسة Liu, J., Qian, Y., Yang, Y., & Yang, Z. (٢٠٢٢) إمكانية تحسين كفاءة الطاقة في شركات التصنيع باستخدام الذكاء الاصطناعي في الصين. اعتمدت الدراسة على بيانات شركات صناعية مختلفة واستخدمت التحليل الإحصائي لتحديد أثر تطبيق الأنظمة الذكية على استهلاك الطاقة. وأكدت النتائج أن استخدام الذكاء الاصطناعي يسهم بشكل ملموس في تقليل الاستهلاك وتحسين الإنتاجية.
- بينما ركزت دراسة Farzaneh, H., Malehmirchegini, L., Bejan, A., Afolabi, T., Mulumba, A., & Daka, P. (٢٠٢١) P. على تطور الذكاء الاصطناعي في المباني الذكية لتعزيز كفاءة استهلاك الطاقة. وقدمت البحث تقييمًا للتطبيقات المختلفة للذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة بالمباني، مثل أنظمة التكييف والإضاءة الذكية. وأظهرت النتائج أن تبني هذه الأنظمة يقلل الهدر الطاقوي ويحسن الاستدامة البيئية.
- بحثت دراسة Doroshuk, H. (٢٠٢١) في آفاق الذكاء الاصطناعي وقياس كفاءته في إدارة المؤسسات بقطاع الطاقة في عصر الصناعة ٤.٠. استخدمت منهجية تحليلية شاملة لتقييم أثر الأنظمة الذكية على تحسين الكفاءة الطاقية والأداء المؤسسي، وخلصت الدراسة إلى أن تبني الذكاء الاصطناعي يسهم في تقليل الهدر وتعزيز الاستدامة التشغيلية للمؤسسات.
- استهدفت دراسة Chen, C., Hu, Y., Karuppiyah, M., & Kumar, P. M. (٢٠٢١) تقييم الأثر الاقتصادي للذكاء الاصطناعي على كفاءة الطاقة والتقنيات المتجددة. اعتمد البحث على تحليل البيانات الاقتصادية والتشغيلية لمشاريع الطاقة، وأظهرت النتائج أن تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي يمكن أن يحسن من الفعالية الاقتصادية للمشاريع الطاقية ويعزز الاستدامة البيئية بشكل كبير.
- استهدفت دراسة Kelechi, A. H., Alsharif, M. H., Bameyi, O. J., Ezra, P. J., Joseph, I. K., Atayero, A. A., ... & Hong, J. (٢٠٢٠) تقييم الذكاء الاصطناعي كأداة لتحسين كفاءة الطاقة في الحوسبة عالية الأداء. وقدمت البحث تحليلًا لكيفية استخدام أنظمة الذكاء الاصطناعي لمراقبة وتحسين استهلاك الطاقة في مراكز الحوسبة. وأكدت النتائج على قدرة الأنظمة الذكية على تحسين الكفاءة التشغيلية وتقليل التكاليف الطاقية بشكل ملحوظ.
- بينما أشارت دراسة (عقون، وكافي، ٢٠١٨) إلى أن قطاع الطاقة والنفط يلعب في الجزائر دورًا هامًا ورئيسيًا في التنمية الاقتصادية، ويعتبر الأداة المحركة لباقي فروع الاقتصاد الوطني وذلك بفضل الموارد الهامة من

المحروقات والثروات الطبيعية التي تزخر بها. لذلك فقد توخت الجزائر خلال العشرية الأخيرة على غرار العديد من الدول، برنامجاً وطنياً في مجال التحكم في الطاقة، تمحور أساساً حول ترشيد استغلال الطاقة، وهذا من أجل وضع الإطار القانوني والحوافز المالية والجبائية للتشجيع على الاقتصاد في الطاقة، ومتابعة الكشف الطاقى الإجمالي والدوري في المؤسسات الأكثر استهلاكاً للطاقة والتوعية والتكوين، والتشجيع على استعمال التجهيزات المقتصدة للطاقة، والمضي في وضع استراتيجيات بعيدة المدى لترقية القطاعات الاقتصادية الأساسية للوصول إلى الاستدامة الاقتصادية، وكذلك بذل المزيد من الجهود لتحسين كفاءة الطاقة وتحقيق نمو مستدام.

النقد الأدبي

استعرضت الدراسات السابقة - ومنها دراسة Parikh (2025) و - Miller et al. (2024) تجارب ناجحة في توظيف الذكاء الاصطناعي لتحسين كفاءة الطاقة في مؤسسات عالمية رائدة، وأكدت على قدرة هذه التقنيات في تقليل الهدر وتحسين الأداء التشغيلي. غير أن معظم هذه الدراسات تناولت السياقات العالمية المتقدمة، ولم تعطِ اهتماماً كافياً للسياقات المحلية النامية التي قد تواجه تحديات إضافية في تبني هذه التقنيات. وتأتي الدراسة الحالية لتسد هذه الفجوة من خلال تحليل واقع تطبيق الذكاء الاصطناعي في المنظمات السعودية، وكشفت النتائج عن تحديات حقيقية تحد من فاعليته، منها ضعف البنية التحتية الرقمية، ونقص الكفاءات البشرية المدربة، وصعوبات دمج الأنظمة الذكية مع العمليات التشغيلية الحالية. كما أظهرت النتائج أن أثر الذكاء الاصطناعي على خفض الهدر وتعزيز الاستدامة لا يزال محدوداً، مما يشير إلى ضرورة وضع استراتيجيات أكثر فاعلية لتوظيف هذه التقنيات في السياق المحلي.

كما ركزت بعض الدراسات على تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المباني والمؤسسات التعليمية، مثل دراسة Farzaneh et al. (٢٠٢١) ودراسة موسى وآخرون (٢٠٢٥)، حيث بينت هذه الدراسات قدرة الأنظمة الذكية على تحسين إدارة الطاقة وتقليل الهدر، وتعزيز التحول الرقمي والتعلم الإلكتروني، وهو ما يبرز الدور المتعدد للذكاء الاصطناعي ليس فقط في الكفاءة الطاقية بل في دعم الابتكار المؤسسي.

من ناحية أخرى، قدمت الدراسات النظرية مثل دراسة الشبيلات (٢٠٢٤) ومحارب (٢٠٢٣) تحليلاً مفاهيمياً للذكاء الاصطناعي وتطبيقاته المختلفة، مشيرة إلى غياب إطار تنظيمي وتشريعي واضح في بعض الدول، والحاجة إلى سياسات محددة لدعم دمج الذكاء الاصطناعي في القطاعات المختلفة، بما في ذلك التعليم والطاقة والصناعة.

أما الدراسات الأقدم مثل Kelechi et al (٢٠٢٠) وعقون وكافي (٢٠١٨) وجمال الدين وبن ختو (٢٠١٧)، فقد ركزت على أهمية كفاءة الطاقة في القطاعات الحيوية مثل الحوسبة والطاقة والنفط والكهرباء، وأكدت على ضرورة وضع استراتيجيات وطنية لتقليل الهدر وتحسين الأداء الطاقى، مشيرة إلى الدور الحيوي للذكاء الاصطناعي كأداة مساعدة لتحقيق هذه الأهداف.

من خلال مراجعة هذه الدراسات، يمكن ملاحظة عدة فجوات بحثية:

- فجوة موضوعية: ندرة الدراسات التطبيقية الموسعة في المؤسسات الحكومية السعودية، حيث ركزت معظم الدراسات السابقة على السياق العالمي أو القطاع الخاص.
 - فجوة منهجية: قلة الدراسات (أي وجودها بشكل محدود) التي تجمع بين تحليل الأداء الطاقى، الكفاءة التشغيلية، والاستدامة البيئية في إطار تحليلي واحد.
 - فجوة تطبيقية: الحاجة إلى نماذج متكاملة تربط بين الذكاء الاصطناعي والتحول الرقمي وإدارة الطاقة بشكل شامل، مع مراعاة التحديات الإدارية والتقنية والبشرية.
- بناءً على ذلك، تأتي هذه الدراسة لتسد جزءاً من هذه الفجوات من خلال تحليل دور الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة استهلاك الطاقة داخل المنظمات خاصة المنظمات بالملكة العربية السعودية، مع تقديم توصيات عملية قابلة للتطبيق على المستوى المؤسسي والحكومي.

ثامناً: الأساسيات النظرية للدراسة

يستعرض هذا القسم الإطار النظري الذي تستند إليه الدراسة، ويتكون من ثلاثة محاور رئيسية مستمدة من الأدبيات العلمية في مجال إدارة الطاقة والذكاء الاصطناعي:

أولاً: نظرية تحسين الكفاءة التشغيلية

تركز هذه النظرية على تحليل العمليات التشغيلية للمنظمات بهدف زيادة الفاعلية وتقليل الهدر. وتُستخدم في هذه الدراسة لفهم كيفية توظيف أنظمة الذكاء الاصطناعي لمراقبة استهلاك الطاقة في الوقت الفعلي، وتحليل البيانات التشغيلية، وتحسين العمليات لتحقيق أقصى قدر من الكفاءة الطاقية.

ثانياً: نموذج إدارة الطاقة المستدامة

يركز هذا النموذج على تحقيق الاستخدام الأمثل للطاقة مع مراعاة الأبعاد البيئية والاجتماعية والاقتصادية. ويعتمد على التخطيط الاستراتيجي، والقياس المستمر، والتحليل الدقيق لاستهلاك الطاقة، مع تبني حلول ذكية وتقنيات حديثة لتقليل الهدر وتعظيم الكفاءة.

ثالثاً: أطر عمل الذكاء الاصطناعي في المؤسسات

تغطي هذه الأطر كيفية توظيف الذكاء الاصطناعي في تحليل البيانات الضخمة، والتنبؤ بالاحتياجات، واتخاذ القرارات الذكية لتعزيز الأداء المؤسسي. وتشمل تقنيات مثل التعلم الآلي، والشبكات العصبية الاصطناعية، وأنظمة التوصية الذكية. (Parikh, 2025; Yao et al., 2023)

رابعاً: التكامل بين النظريات (النموذج المفاهيمي المقترح)

تسعى الدراسة إلى دمج المحاور الثلاثة السابقة في نموذج مفاهيمي متكامل، يوضح العلاقة بين توظيف أنظمة الذكاء الاصطناعي (المتغير المستقل) وتحسين كفاءة استهلاك الطاقة (المتغير التابع)، مع مراعاة دور التحديات الإدارية والفنية والبشرية كمتغيرات وسيطة قد تؤثر على هذه العلاقة.

تاسعاً: المنهجية وطرق البحث

تعتمد هذه الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، الذي يهدف إلى تقديم وصف دقيق للظاهرة محل الدراسة وتحليل أثر أنظمة الذكاء الاصطناعي على كفاءة استهلاك الطاقة داخل المنظمات. يتيح هذا المنهج إمكانية دراسة الواقع الحالي بالمؤسسات، تحليل البيانات المجمعة، واستخلاص النتائج بطريقة علمية دقيقة.

طرق البحث

اعتمدت الدراسة على الدمج بين عدة طرق بحثية لضمان جمع بيانات شاملة وموثوقة:

- مراجعة الدراسات السابقة: تحليل الأدبيات العلمية والمراجع المتخصصة حول دور الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة الطاقة، بهدف بناء الإطار النظري للدراسة وتحديد الفجوات البحثية.
- المقابلات الاستقصائية: إجراء مقابلات شبه منظمة مع موظفي الجهات والمسؤولين عن إدارة الطاقة، لاستكشاف التجارب العملية والتحديات المتعلقة بتطبيق الأنظمة الذكية.
- التحليل الإحصائي للبيانات المجمعة: استخدام الأساليب الإحصائية المناسبة لتحليل نتائج الاستبيانات والمقابلات، مما يساهم في التحقق من صحة فروض البحث وصياغة توصيات علمية وعملية.

عاشراً: أدوات الدراسة

تم استخدام مجموعة من الأدوات البحثية لجمع البيانات اللازمة لتحقيق أهداف الدراسة:

١. الاستبيان الموجه للموظفين: يهدف إلى قياس مستوى المعرفة بتطبيقات الذكاء الاصطناعي في المنظمة، ومدى إدراكهم لأثر هذه الأنظمة على كفاءة استهلاك الطاقة، مع التركيز على الجوانب التشغيلية والإدارية والتقنية.
٢. المقابلات شبه المنظمة مع المسؤولين: تهدف إلى استكشاف واقع التطبيق الحالي لأنظمة الذكاء الاصطناعي في المنظمات، وتحديد التحديات التي تواجه تبنيها، والفرص المتاحة لتوسيع استخدامها.
٣. مراجعة الوثائق والتقارير الرسمية: تشمل تحليل التقارير السنوية، سجلات استهلاك الطاقة، ومستندات تطبيق الأنظمة الذكية، بهدف تكوين صورة دقيقة عن واقع استهلاك الطاقة في المنظمات محل الدراسة، ومقارنته مع الممارسات المثلى المعتمدة عالمياً.

أحد عشر: حدود الدراسة

تحدد حدود الدراسة الإطار الذي يتم من خلاله إجراء البحث، وهو أمر ضروري لضمان تركيز الدراسة على الموضوع محل البحث بدقة وتحقيق النتائج المرجوة. وقد تم تحديد حدود هذه الدراسة على النحو التالي:

١- الحدود المكانية

تقتصر الدراسة على المنظمات الحكومية والخاصة في مدينة الرياض بالمملكة العربية السعودية، حيث تم اختيار عينة الدراسة من موظفي هذه المنظمات، وبلغ حجمها (١٩٦) موظفاً وموظفة، تم اختيارهم بالطريقة الطبقية العشوائية من مختلف القطاعات داخل المدينة. وبالتالي، قد لا تعكس النتائج واقع المنظمات في مناطق أخرى، مما يحد من تعميم النتائج، وتوصي الدراسة بإجراء بحوث مماثلة في مدن ومناطق أخرى.

٢- الحدود الزمنية

ركزت الدراسة على تحليل آراء الموظفين وتصوراتهم حول تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي وأثرها على كفاءة استهلاك الطاقة خلال الفترة (2022-2025)، حيث تم جمع البيانات خلال الفصل الدراسي الثاني من عام ٢٠٢٦. ونظراً لقصر هذه الفترة، فإن النتائج قد لا تعكس التغيرات طويلة المدى في كفاءة استهلاك الطاقة، لذا توصي الدراسة بإجراء أبحاث مستقبلية تغطي فترات زمنية أطول لتأكيد النتائج وتعميمها.

٣- الحدود الموضوعية

تركز الدراسة على دور أنظمة الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة استهلاك الطاقة، دون التوسع في دراسة باقي جوانب التقنية أو الإدارة المؤسسية. ويهدف هذا التركيز إلى ضمان دقة النتائج والقدرة على تقديم توصيات عملية واضحة ومحددة.

الفصل الثاني:

الإطار النظري للدراسة

يسعى هذا الفصل إلى بناء الإطار النظري الذي تستند إليه الدراسة، وذلك من خلال استعراض الأدبيات العلمية والمراجع المتخصصة التي تناولت متغيرات الدراسة الرئيسية. وقد تم تقسيم هذا الفصل إلى مبحثين رئيسيين؛ يتناول المبحث الأول المتغير المستقل المتمثل في "أنظمة الذكاء الاصطناعي" من حيث المفهوم، النشأة، الخصائص، المكونات، والتطبيقات في حين يتناول المبحث الثاني المتغير التابع المتمثل في "كفاءة استهلاك الطاقة في المنظمات" من حيث المفهوم، الأهمية، المؤشرات، استراتيجيات الترشيد، ودور التكنولوجيا في تحسينها. ويهدف هذا الإطار إلى توفير أساس علمي متين يمكن من خلاله فهم العلاقة بين المتغيرين وتحليلها في الجوانب الميدانية للدراسة.

المبحث الأول: أنظمة الذكاء الاصطناعي

أولاً: مفهوم الذكاء الاصطناعي وتطوره التاريخي

١/١- تعريف الذكاء الاصطناعي

يُعد الذكاء الاصطناعي واحداً من أبرز التطورات التكنولوجية في العصر الحديث، وقد عُرف من منظورات متعددة: المنظور التقني: يعرفه (محارب، ٢٠٢٣، ص ٦) بأنه "فرع من علم الحاسوب يهتم بتصميم وتطوير أنظمة قادرة على أداء المهام التي تتطلب عادةً ذكاءً بشرياً، مثل التعلم، الاستدلال، حل المشكلات، الإدراك، وفهم اللغة الطبيعية". المنظور المعرفي: يعرفه (Parikh, 2025) بأنه "قدرة الأنظمة الحاسوبية على أداء وظائف معرفية مرتبطة بالعقل البشري، مثل التعلم من الخبرة السابقة، فهم النصوص المعقدة، وإجراء التحليلات التنبؤية". المنظور الإداري: أما (الشبيلات، ٢٠٢٤) فيعرّفه في سياقه الإداري بأنه "مجموعة من التقنيات والخوارزميات التي تمكن المؤسسات من أتمتة العمليات، وتحليل البيانات الضخمة، واتخاذ قرارات استراتيجية، مما يساهم في تحسين الأداء المؤسسي وتحقيق الأهداف التنظيمية بكفاءة أعلى".

ويشير (Zakizadeh & Zand, 2024) إلى أن الذكاء الاصطناعي في سياقه الحديث يشمل مجموعة واسعة من التقنيات الفرعية مثل التعلم الآلي (Machine Learning)، التعلم العميق (Deep Learning)، معالجة اللغة الطبيعية (Natural

(Language Processing)، والشبكات العصبية الاصطناعية (Artificial Neural Networks)، والتي تعمل معاً لتمكين الأنظمة من معالجة كميات هائلة من البيانات واستخلاص الأنماط والمعرفة منها.

التعريف الإجرائي للدراسة: وفي ضوء هذه التعريفات، يمكن تعريف الذكاء الاصطناعي إجرائياً في هذه الدراسة بأنه "مجموعة من الأنظمة والخوارزميات الذكية التي توظفها المنظمات لتحليل بيانات استهلاك الطاقة، والتنبؤ بالطلب، وتحسين العمليات التشغيلية، بهدف رفع كفاءة الطاقة وخفض التكاليف وتعزيز الاستدامة".

٢/١- النشأة التاريخية للذكاء الاصطناعي

يعود الاهتمام بالذكاء الاصطناعي إلى منتصف القرن العشرين، حيث صيغ المصطلح لأول مرة عام ١٩٥٦ في مؤتمر دارتموث (محارب، ٢٠٢٣). ومع تقدم القدرات الحاسوبية وظهور تقنيات التعلم الآلي والعميق في العقود الأخيرة، توسعت تطبيقات الذكاء الاصطناعي لتشمل مجالات حيوية مثل إدارة الطاقة. فقد بدأت المؤسسات في استخدام هذه التقنيات لتحليل أنماط الاستهلاك، والتنبؤ بالطلب، وتحسين كفاءة استخدام الموارد الطاقية، مما أسهم في خفض التكاليف وتحقيق الاستدامة البيئية. (Parikh, 2025; Miller et al., 2024)

ثانياً: خصائص ومكونات أنظمة الذكاء الاصطناعي

١/٢- الخصائص الأساسية للذكاء الاصطناعي

تتميز أنظمة الذكاء الاصطناعي بمجموعة من الخصائص التي تجعلها أدوات قوية وفعالة في مختلف المجالات، ومن أهم هذه الخصائص: (Yao et al., 2023; Rizvi, 2023; Kelechi et al., 2020)

الخاصية	الوصف
تعلم الآلة (IOT)	قدرة النظام على تحسين أدائه بمرور الوقت من خلال تحليل البيانات السابقة واستخلاص الدروس منها، دون الحاجة إلى برمجة كل خطوة بشكل صريح.
التكيف مع المتغيرات	مرونة النظام في التعامل مع التغيرات في البيئة المحيطة أو في طبيعة البيانات المدخلة، وتعديل استجاباته وفقاً للمعطيات الجديدة.

الخاصية	الوصف
معالجة البيانات الضخمة	القدرة على تحليل كميات هائلة من البيانات المهيكلية وغير المهيكلية في وقت قصير، واستخراج الأنماط والعلاقات الخفية منها.
اتخاذ القرارات الذكية	تقديم توصيات وقرارات مبنية على تحليل موضوعي للبيانات والمعطيات المتاحة، مع تقليل تأثير التحيزات البشرية.
التنبؤ والاستشراف	استخدام النماذج الإحصائية وخوارزميات التعلم الآلي لتوقع الأحداث المستقبلية والاتجاهات بناءً على الأنماط التاريخية.
التفاعل الطبيعي مع البشر	القدرة على فهم اللغة الطبيعية والتواصل مع المستخدمين بطرق قريبة من التواصل البشري، من خلال الكتابة أو الصوت أو حتى التعرف على الوجه.

٢/٢- المكونات الرئيسية لأنظمة الذكاء الاصطناعي

تتكون أنظمة الذكاء الاصطناعي من مجموعة من المكونات التقنية والبرمجية التي تعمل بتناغم لتحقيق الأهداف المرجوة، ويمكن تلخيص هذه المكونات في الجدول التالي: (Farzaneh et al., 2021; Doroshuk, 2021; Liu et al., 2022)

المكون	الوصف
البيانات (Data)	المادة الخام لأنظمة الذكاء الاصطناعي، وتشمل قواعد البيانات، ملفات النصوص، الصور، الفيديوهات، وغيرها من المصادر الرقمية التي تستخدم لتدريب النماذج. وتنقسم مصادر البيانات إلى نوعين رئيسيين: - البيانات الداخلية: وتشمل سجلات استهلاك الطاقة، قراءات العدادات، تقارير الصيانة، وغيرها من البيانات التي تولدها المنظمة نفسها. - البيانات الخارجية والمفتوحة: (Open Data) وتشمل المنصات المفتوحة مثل منصة البيانات المفتوحة السعودية (data.gov.sa)، ومنصة الوكالة الدولية للطاقة (IEA)، ومنصة الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA)، وغيرها من المصادر العالمية التي تتيح

المكون	الوصف
	بيانات استهلاك الطاقة والطقس والمؤشرات الاقتصادية مجاناً. وتعد البيانات المفتوحة عنصراً حيوياً في تفعيل الذكاء الاصطناعي لإدارة الطاقة، حيث تتيح للمنظمات إجراء مقارنات مرجعية (Benchmarking) مع المعايير العالمية، وتطوير نماذج تنبؤية أكثر دقة، والاستفادة من أفضل الممارسات العالمية في رفع كفاءة الطاقة وخفض التكاليف. (Rizvi, 2023; IEA, 2023)
الخوارزميات (Algorithms)	مجموعة من التعليمات الرياضية والمنطقية التي تحدد كيفية معالجة البيانات وتحويلها إلى معرفة وقرارات، وتشمل خوارزميات التعلم الموجه (Supervised Learning) ، وغير الموجه (Unsupervised Learning) ، والتعلم المعزز (Reinforcement Learning) ، والتي تمكن الأنظمة من تحسين أدائها بمرور الوقت.
النماذج (Models)	تمثل النتيجة النهائية لعملية التدريب، حيث يقوم النظام ببناء نموذج رياضي يعكس العلاقات بين المتغيرات المختلفة، ويمكن استخدامه للتنبؤ (Prediction) ، أو التصنيف (Classification) ، أو تحسين القرارات (Optimization) ، مثل نماذج التنبؤ بالطلب على الطاقة وتحسين توزيع الأحمال.
القوة الحاسوبية (Computing Power)	تشمل المعالجات المتخصصة مثل وحدات معالجة الرسومات (GPU) ، ووحدات معالجة الموترات (TPU) ، والبنية التحتية السحابية (Cloud Infrastructure) التي تتيح إجراء العمليات الحسابية المعقدة بسرعة وكفاءة، وهي ضرورية لتدريب نماذج التعلم العميق (Deep Learning) التي تعالج كميات هائلة من البيانات.
واجهات المستخدم (User Interfaces)	الأدوات التي تتيح للمستخدمين التفاعل مع النظام، سواء عبر تطبيقات الهواتف الذكية، أو واجهات الويب (Web Dashboards) ، أو الأنظمة المدمجة، وتشمل أدوات تصور البيانات (Data Visualization) ولوحات التحكم (Control Panels) التي تمكن المسؤولين من مراقبة استهلاك الطاقة واتخاذ القرارات في الوقت الفعلي.

المكون	الوصف
البنية التحتية للشبكات (Network Infrastructure)	تشمل أنظمة الاتصالات والشبكات التي تتيح ربط أنظمة الذكاء الاصطناعي مع الأجهزة والمستشعرات ومصادر البيانات المختلفة، وهو أمر بالغ الأهمية في تطبيقات إنترنت الأشياء (IoT) التي تعتمد على جمع البيانات من آلاف المستشعرات الموزعة في المباني والمنشآت ونقلها إلى أنظمة الذكاء الاصطناعي للتحليل والمعالجة.

ثالثاً: أنواع أنظمة الذكاء الاصطناعي

تقسم أنظمة الذكاء الاصطناعي وفق معايير متعددة، منها مستوى القدرة، وطبيعة التطبيق، والمنهجية المستخدمة.

وفيما يلي أبرز التصنيفات: (Tabaku et al., 2025; Marino et al., 2024; Zekić-Sušac et al., 2021)

١/٣ - من حيث المستوى والقدرة

النوع	الوصف
الذكاء الاصطناعي الضيق (ANI)	أنظمة مصممة لأداء مهام محددة بدقة، مثل التعرف على الوجوه، أو الترجمة الآلية، أو قيادة السيارات. وهي أكثر الأنواع انتشاراً حالياً، وتتفوق على البشر في مجالاتها المحددة.
الذكاء الاصطناعي العام (AGI)	أنظمة تمتلك قدرة على فهم وتعلم أي مهمة فكرية يمكن للإنسان القيام بها، ولم يتحقق هذا المستوى بعد على أرض الواقع.
الذكاء الاصطناعي الخارق (ASI)	أنظمة تتجاوز القدرات البشرية في جميع المجالات، وهو مفهوم نظري مستقبلي.

٢/٣ - من حيث التقنيات والمنهجيات

النوع	الوصف
التعلم الآلي	مجموعة من الخوارزميات التي تمكن الأنظمة من التعلم من البيانات وتحسين أدائها دون برمجة صريحة، ويشمل التعلم الموجه، وغير الموجه، وشبه الموجه.

التعلم العميق	فرع متقدم من التعلم الآلي يعتمد على الشبكات العصبية متعددة الطبقات، ويستخدم بشكل واسع في معالجة الصور والصوت والنصوص.
معالجة اللغة الطبيعية	تقنيات تمكن الأنظمة من فهم وتحليل وتوليد اللغة البشرية، وتستخدم في تطبيقات الترجمة، والرد الآلي، وتحليل المشاعر.
الأنظمة الخبيرة	أنظمة تحاكي قرارات وخبرات البشر في مجالات تخصصية محددة، وتعتمد على قواعد معرفية وقواعد استدلالية.
الرؤية الحاسوبية	تقنيات تمكن الأنظمة من تحليل وفهم المحتوى المرئي من صور وفيديوهات، وتستخدم في التعرف على الوجوه والأشياء.

رابعاً: تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المجالات المؤسسية

لقد دخل الذكاء الاصطناعي في جميع المجالات الحيوية تقريباً، وأحدث تحولات كبيرة في طريقة عمل المؤسسات. ومن

أبرز هذه التطبيقات (Parikh, 2025; Miller et al., 2024; Yao et al., 2023; محارب، ٢٠٢٣):

المجال	التطبيقات
إدارة الطاقة	تحليل استهلاك الطاقة، التنبؤ بالطلب، تحسين توزيع الأحمال، إدارة الشبكات الذكية، وتقليل الانبعاثات الكربونية.
التصنيع والإنتاج	الصيانة التنبؤية، تحسين جودة المنتجات، إدارة سلاسل التوريد، والأتمتة الذكية لخطوط الإنتاج.
الخدمات المالية والمصرفية	كشف الاحتيال، تحليل الائتمان، إدارة المخاطر، التداول الخوارزمي، وتقديم استشارات مالية مخصصة.
الرعاية الصحية	تشخيص الأمراض، تحليل الصور الطبية، تطوير الأدوية، إدارة السجلات الصحية، والرعاية الصحية عن بعد.
النقل واللوجستيات	تحسين مسارات النقل، إدارة الأساطيل، النقل الذاتي، تقليل استهلاك الوقود، وتحسين كفاءة التوزيع.

التسويق والمبيعات	تحليل سلوك العملاء، تخصيص العروض، التنبؤ بالمبيعات، تحسين الحملات الإعلانية، وإدارة تجربة العملاء.
التعليم والتدريب	أنظمة التعلم التكيفي، التقييم الآلي، المساعدات التعليمية الذكية، وتحليل أداء الطلاب.
الموارد البشرية	تحسين عمليات التوظيف، تقييم الأداء، تحليل معدلات الاستبقاء، وتخصيص برامج التدريب.

خامساً: تحديات تطبيق الذكاء الاصطناعي في المؤسسات

على الرغم من الإمكانيات الهائلة للذكاء الاصطناعي، إلا أن تطبيقه في المؤسسات يواجه العديد من التحديات التي تستوجب الدراسة والمعالجة، ومن أبرز هذه التحديات (Liu et al., 2022; Kharaghani et al., 2024; Bensouda et al., 2024; الشبيلات، ٢٠٢٤):

١. التحديات التقنية: وتشمل نقص البنية التحتية الرقمية المناسبة، ضعف جودة البيانات أو عدم تنظيمها، صعوبة دمج الأنظمة الذكية مع الأنظمة القديمة (Legacy Systems)، وحاجة تطبيقات الذكاء الاصطناعي إلى قدرات حاسوبية عالية وتكاليف تشغيلية مرتفعة.
٢. التحديات البشرية: وتشمل نقص المهارات والكفاءات المتخصصة في مجال الذكاء الاصطناعي، مقاومة التغيير من قبل الموظفين الخوف من فقدان الوظائف، وضعف الوعي بفوائد هذه التقنيات وكيفية الاستفادة منها بشكل أمثل.
٣. التحديات الإدارية والتنظيمية: وتتمثل في غياب الاستراتيجيات الواضحة لتبني الذكاء الاصطناعي، ضعف التزام القيادة العليا، نقص التمويل المخصص لمشاريع التحول الرقمي، وصعوبة قياس العائد على الاستثمار في هذه التقنيات على المدى القصير.
٤. التحديات الأخلاقية والقانونية: وتتعلق بمخاوف الخصوصية وأمن البيانات، التحيز في الخوارزميات، غياب الأطر التشريعية والتنظيمية المنظمة لاستخدام الذكاء الاصطناعي، والمساءلة في حالات الأخطاء أو القرارات الخاطئة الصادرة عن الأنظمة الذكية.

المبحث الثاني: كفاءة استهلاك الطاقة في المنظمات

أولاً: مفهوم الطاقة وأهميتها في المنظمات

١/١- تعريف الطاقة وأنواعها

تُعرّف الطاقة في السياق المؤسسي بأنها المدخل الأساسي الذي يغذي جميع العمليات التشغيلية والإنتاجية والخدمية في المنظمات، وترتبط كفاءة استخدامها ارتباطاً مباشراً بالأداء التشغيلي، والتكاليف، والاستدامة البيئية (International Energy Agency [IEA], 2023). كما تعرف إدارة الطاقة بأنها "النشاط المنظم الذي يهدف إلى تحسين كفاءة استخدام

الطاقة وتقليل الهدر، من خلال تطبيق إجراءات تقنية وإدارية وسلوكية." (Bose, 2020, p. 15)

وتنقسم مصادر الطاقة عموماً إلى نوعين رئيسيين: (IEA, 2023; IRENA, 2024)

أولاً: مصادر الطاقة المتجددة

وهي المصادر التي تتجدد بشكل طبيعي ولا تنضب مع الاستخدام، وتشمل الطاقة الشمسية، طاقة الرياح، الطاقة المائية، الطاقة الحرارية الأرضية، والكتلة الحيوية. وتكتسب هذه المصادر أهمية متزايدة في استراتيجيات الاستدامة المؤسسية، خاصة في ظل توجهات الدول نحو تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري. (Zakizadeh & Zand, 2024)

ثانياً: مصادر الطاقة الأحفورية أو التقليدية

وهي المصادر التي تتشكل عبر ملايين السنين من بقايا الكائنات الحية، وتشمل النفط، الغاز الطبيعي، والفحم. وتتميز بأنها مصادر غير متجددة (أي تنضب مع الاستخدام)، وتشكل المصدر الرئيسي للطاقة في معظم المنظمات حالياً. غير أن استخدامها يرتبط بانبعاثات كربونية مرتفعة وتأثيرات بيئية سلبية، مما يدفع المنظمات إلى البحث عن بدائل أكثر استدامة وكفاءة. (Pérez-Lombard et al., 2021)

٢/١- أهمية الطاقة للمنظمات

تلعب الطاقة دوراً حيوياً في استمرارية عمل المنظمات وتحقيق أهدافها الاستراتيجية، وتتجلى أهميتها في النقاط التالية

(Bose, 2020) (عقون وكافي، ٢٠١٨).

- التشغيل والإنتاج: تعتبر الطاقة المحرك الأساسي لجميع العمليات التشغيلية، بدءاً من تشغيل المعدات والآلات، مروراً بالإضاءة والتكييف، وصولاً إلى تشغيل أنظمة الاتصالات وتقنية المعلومات.
- التكاليف التشغيلية: تمثل تكاليف الطاقة نسبة كبيرة من النفقات التشغيلية، خاصة في القطاعات الصناعية والخدمية كثيفة الاستهلاك، لذا فإن أي تحسين في كفاءة استهلاك الطاقة ينعكس مباشرة على تخفيض التكاليف وزيادة الربحية.
- التنافسية: أصبحت كفاءة الطاقة عاملاً أساسياً في تعزيز التنافسية، حيث تساهم في تقليل التكاليف وتحسين صورة المنظمة وجذب العملاء والمستثمرين المهتمين بالاستدامة البيئية.
- الالتزام البيئي: تواجه المنظمات ضغوطاً متزايدة من الحكومات والمجتمع المدني للحد من انبعاثاتها الكربونية وتقليل بصمتها البيئية، وتعتبر كفاءة الطاقة أحد أهم الوسائل لتحقيق هذا الالتزام (Zakizadeh & Zand, 2024).

٣/١- أهمية الطاقة للمنظمات

تلعب الطاقة دوراً حيوياً في استمرارية عمل المنظمات وتحقيق أهدافها الاستراتيجية، وتتجلى أهميتها في النقاط التالية (القطيشات، ٢٠٢١؛ جمال الدين وبن ختو، ٢٠١٧):

- التشغيل والإنتاج: تعتبر الطاقة المحرك الأساسي لجميع العمليات التشغيلية في المنظمات، بدءاً من تشغيل المعدات والآلات، مروراً بالإضاءة والتكييف، وصولاً إلى تشغيل أنظمة الاتصالات وتقنية المعلومات.
- التكاليف التشغيلية: تمثل تكاليف الطاقة نسبة كبيرة من النفقات التشغيلية للمنظمات، خاصة في القطاعات الصناعية والخدمية كثيفة الاستهلاك، لذا فإن أي تحسين في كفاءة استهلاك الطاقة ينعكس مباشرة على تخفيض التكاليف وزيادة الربحية.
- التنافسية: أصبحت كفاءة الطاقة عاملاً أساسياً في تعزيز التنافسية، حيث تساهم في تقليل التكاليف وتحسين صورة المنظمة، وجذب العملاء والمستثمرين المهتمين بالاستدامة البيئية.

- الالتزام البيئي: تواجه المنظمات ضغوطاً متزايدة من الحكومات والمجتمع المدني للحد من انبعاثاتها الكربونية وتقليل بصمتها البيئية، وتعتبر كفاءة الطاقة أحد أهم الوسائل لتحقيق هذا الالتزام (Zakizadeh & Zand, 2024).

ثانياً: مفهوم كفاءة استهلاك الطاقة

١/٢- تعريف كفاءة الطاقة

تعرف الوكالة الدولية للطاقة (IEA) كفاءة الطاقة بأنها "استخدام طاقة أقل لتأدية نفس الخدمة أو إنتاج نفس المخرجات، أو تحقيق مخرجات أكثر بنفس كمية الطاقة، مع الحفاظ على الأداء المطلوب وتقليل الآثار البيئية السلبية". (International Energy Agency [IEA], 2023, p. 12)

ويعرف البنك الدولي كفاءة الطاقة بأنها "مقياس لمدى فعالية استخدام الطاقة في توليد القيمة الاقتصادية، حيث تشير الكفاءة المرتفعة إلى تحقيق ناتج اقتصادي أكبر مقابل كل وحدة طاقة مستهلكة، مع تقليل الهدر والانبعاثات الضارة". (World Bank, 2021, p. 8)

وتعرف كفاءة الطاقة بأنها "نسبة المخرجات المفيدة (من سلع أو خدمات) إلى مدخلات الطاقة، مع التركيز على تقليل الفاقد وتحسين استدامة الموارد، والمساهمة في خفض الانبعاثات الكربونية وتحقيق أهداف التنمية المستدامة". (United Nations Environment Programme [UNEP], 2022)

وتعرف كفاءة الطاقة في السياق المؤسسي بأنها "مدى قدرة المنظمة على تحقيق أهدافها التشغيلية والإنتاجية بأقل استهلاك ممكن للطاقة، من خلال تحسين العمليات، تحديث التقنيات، وتعديل السلوكيات الاستهلاكية، مع تقليل الأثر البيئي وتحقيق الاستدامة". (Pérez-Lombard et al., 2021, p. 45)

كما يعرفها (Parikh, 2025) بأنها "تحقيق نفس المستوى من الأداء أو الإنتاج باستخدام كمية أقل من الطاقة، أو تحقيق أداء أعلى بنفس المستوى من استهلاك الطاقة، وذلك من خلال تحسين العمليات، استخدام تقنيات أكثر كفاءة، وتغيير السلوكيات الاستهلاكية".

ويوضح (Miller et al., 2024) أن كفاءة الطاقة لا تعني فقط تقليل الكمية المطلقة للطاقة المستخدمة، بل تعني أيضاً تحسين توقيت الاستهلاك، وتقليل الفاقد في عمليات النقل والتوزيع، وزيادة الاستفادة من مصادر الطاقة المتجددة، مما يسهم في خفض التكاليف وتقليل الأثر البيئي الضار.

٢/٢- مؤشرات قياس كفاءة الطاقة في المنظمات

يمكن قياس كفاءة الطاقة في المنظمات من خلال مجموعة من المؤشرات الكمية والنوعية، والتي تساعد في تقييم الأداء الطاقى وتحديد مجالات التحسين. ومن أهم هذه المؤشرات: (Rizvi, 2023; Yao et al., 2023; Kelechi et al., 2020)

المؤشر	الوصف
شدة الطاقة	نسبة استهلاك الطاقة إلى الناتج الإجمالي (مثل: كيلوواط/ساعة لكل وحدة إنتاج)، وتشير انخفاضها إلى تحسين الكفاءة.
معامل الاحمال	نسبة متوسط الحمل الكهربائي إلى أقصى حمل خلال فترة زمنية، ويعكس مدى انتظام الاستهلاك.
معامل استخدام المعدات	يقيس مدى كفاءة استخدام المعدات والآلات من حيث استهلاكها للطاقة مقابل ما تنتجه.
مؤشر الأداء الطاقى	مجموعة مقاييس كمية تحددتها المنظمة لقياس أدائها الطاقى ومقارنته مع الأداء السابق أو مع معايير مرجعية.
نسبة الطاقة المتجددة	نسبة الطاقة المولدة من مصادر متجددة إلى إجمالي الطاقة المستهلكة، وتعكس التزام المنظمة بالاستدامة.

ثالثاً: عوامل تحسين كفاءة استهلاك الطاقة في المنظمات

يمكن تصنيف العوامل المؤثرة في تحسين كفاءة استهلاك الطاقة في المنظمات إلى عدة محاور رئيسية، (Farzaneh et al., 2021; Doroshuk, 2021; Chen et al., 2021):

١/٣-العوامل التقنية والتكنولوجية

العامل	التوضيح
تحديث المعدات والأجهزة	استبدال المعدات القديمة عالية الاستهلاك بأخرى حديثة وموفرة للطاقة، مثل استخدام إضاءة LED ، محركات عالية الكفاءة، وأنظمة تكييف ذكية.
أتمتة العمليات	استخدام أنظمة التحكم الآلي لضبط تشغيل المعدات حسب الحاجة الفعلية، مثل أنظمة الإضاءة الذكية التي تعمل بالاستشعار، وأنظمة التكييف التي تتكيف مع الإشغال.
أنظمة إدارة الطاقة (EMS)	تطبيق برمجيات متخصصة لمراقبة وتحليل استهلاك الطاقة لحظياً، وتقديم تقارير وتوصيات لتحسين الكفاءة.

٢. العوامل الإدارية والتنظيمية

العامل	التوضيح
التزام القيادة العليا	وجود رؤية واضحة واستراتيجية مدعومة من الإدارة العليا لتحسين كفاءة الطاقة وتخصيص الموارد اللازمة لذلك. (Bensouda et al., 2024)
سياسات وإجراءات الطاقة	وضع سياسات مكتوبة تهدف إلى ترشيد الاستهلاك، وتحديد مسؤوليات واضحة، وآليات للمتابعة والتقييم.
التدريب والتوعية	بناء قدرات الموظفين في مجال كفاءة الطاقة، وتعزيز ثقافة الترشيد من خلال حملات التوعية المستمرة.

٣/٣-العوامل البشرية والسلوكية

تشير الدراسات (Zekić-Sušac et al., 2021; Liu et al., 2022) إلى أن السلوك البشري يمثل عاملاً حاسماً في تحقيق كفاءة الطاقة، وذلك من خلال:

- الوعي بأهمية الترشيد: مدى إدراك الموظفين لأهمية الطاقة وأثر استهلاكها على البيئة والتكاليف.
- المشاركة في مبادرات الترشيد: تفاعل الموظفين مع برامج تحسين الكفاءة واقتراح حلول مبتكرة.
- الالتزام بالإجراءات: تطبيق الموظفين للإجراءات والسياسات المقررة لترشيد الاستهلاك في ممارساتهم اليومية.

- تغيير العادات الاستهلاكية: تعديل السلوكيات اليومية مثل إطفاء الأجهزة غير المستخدمة، ضبط درجات الحرارة بشكل مناسب، وتقليل الفاقد.

رابعاً: أثر الذكاء الاصطناعي على تحسين كفاءة الطاقة

شهدت السنوات الأخيرة استخداماً متزايداً لتقنيات الذكاء الاصطناعي في مجال إدارة الطاقة، حيث أثبتت الدراسات قدرة هذه التقنيات على تحقيق تحسينات ملموسة في كفاءة استهلاك الطاقة، ويمكن تلخيص هذه الآثار في النقاط التالية: (Parikh, 2025; Tabaku et al., 2025; Kharaghani et al., 2024)

١-٤ المراقبة والتحليل في الوقت الفعلي

- تمكن أنظمة الذكاء الاصطناعي من مراقبة استهلاك الطاقة بشكل مستمر وعلى مستوى تفصيلي (أجهزة فردية، مباني، خطوط إنتاج)، مما يسمح بالكشف الفوري عن أي شذوذ أو هدر في الاستهلاك.
- تحليل البيانات المتدفقة من آلاف المستشعرات والأجهزة في وقت واحد، لتقديم صورة شاملة عن أداء الطاقة في المنظمة.
- مقارنة الأداء الفعلي بالمعايير المرجعية وتنبيه الإدارة عند حدوث انحرافات تتطلب تدخلاً. (Rizvi, 2023)

٢-٤ التنبؤ وتحسين توزيع الأحمال

- استخدام خوارزميات التعلم الآلي للتنبؤ بالطلب على الطاقة بناءً على عوامل متعددة مثل الطقس، أيام الأسبوع، الموسم، وأنماط الإشغال، مما يسمح بتخطيط أفضل للاستهلاك.
- تحسين توزيع الأحمال على فترات زمنية مختلفة، لتجنب أوقات الذروة التي تكون فيها تكلفة الطاقة أعلى، وتقليل الضغط على شبكات التوزيع.
- ضبط تشغيل أنظمة التكييف والتبريد بناءً على التنبؤات المستقبلية، مما يوفر طاقة كبيرة في المباني (Isaev et al., 2023; Miller et al., 2024).

٣/٤- تحسين الكفاءة التشغيلية للمعدات

- تطبيق الصيانة التنبؤية (Predictive Maintenance) التي تعتمد على تحليل بيانات المعدات للتنبؤ بأعطالها قبل حدوثها، مما يمنع توقفها غير المخطط وتشغيلها بحالة غير كفؤة تستهلك طاقة أكبر.
- ضبط إعدادات تشغيل المعدات بشكل ديناميكي حسب ظروف التشغيل الفعلية، مما يضمن عملها عند أعلى مستويات الكفاءة.
- التعرف على المعدات التي تعاني من انخفاض الكفاءة بسبب الاستهلاك المفرط للطاقة، وتوجيه فرق الصيانة لفحصها. (Liu et al., 2022; Farzaneh et al., 2021)

٤/٤- تقليل الانبعاثات الكربونية وتعزيز الاستدامة

- من خلال تحسين كفاءة استهلاك الطاقة، يساهم الذكاء الاصطناعي في تقليل الحاجة إلى توليد الطاقة من المصادر الأحفورية، مما يخفض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري بشكل مباشر.
- المساعدة في دمج مصادر الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة للمنظمة من خلال تحسين توقيت استخدامها وتخزينها. (Yao et al., 2023)
- دعم مبادرات الاستدامة المؤسسية من خلال توفير بيانات دقيقة عن الأداء البيئي، مما يعزز الشفافية والمساءلة أمام أصحاب المصلحة. (Chen et al., 2021)

أثر الذكاء الاصطناعي	التأثير على كفاءة الطاقة	المراجع
المراقبة الفورية	الكشف عن الهدر وتحديد الفرص	Parikh, 2025; Rizvi, 2023
التنبؤ بالطلب	تحسين توزيع الأحمال وتقليل التكاليف	Zakizadeh & Zand, 2024; Isaev et al., 2023
الصيانة التنبؤية	تقليل توقف المعدات وزيادة الكفاءة	Liu et al., 2022; Farzaneh et al., 2021
تحليل البيانات	تحسين القرارات وتطوير الاستراتيجيات	Tabaku et al., 2025; Marino et al., 2024

خامساً: استراتيجيات ترشيد استهلاك الطاقة في المنظمات

بناءً على ما تقدم، يمكن صياغة استراتيجيات متكاملة لترشيد استهلاك الطاقة في المنظمات، تجمع بين الجوانب التقنية والإدارية والسلوكية، ويمكن توظيف الذكاء الاصطناعي لتعزيز فاعلية هذه الاستراتيجيات (القطيشات، ٢٠٢١؛ يغان، ٢٠٠٨؛ الشقاوى، ٢٠٠٨):

١. استراتيجية القياس والأساس المرجعي: (Benchmarking) تتضمن قياس الاستهلاك الحالي للطاقة وتحديد المؤشرات الرئيسية، ومقارنتها مع أفضل الممارسات في القطاع أو مع أداء المنظمة في فترات سابقة، وتحديد فجوات الأداء. يمكن للذكاء الاصطناعي تحليل كميات ضخمة من بيانات المقارنة المرجعية لتحديد الأهداف الأكثر طموحاً وقابلة للتحقيق.

٢. استراتيجية كفاءة المعدات والتقنيات: تهدف إلى تحديث البنية التحتية للطاقة، واستبدال المعدات القديمة بأنظمة موفرة للطاقة، واستخدام أنظمة التحكم الآلي والتشغيل الذكي. يستفيد من هذه الاستراتيجية قدرة الذكاء الاصطناعي على تقييم كفاءة المعدات الحالية والمقترحة، وتقدير العائد على الاستثمار في عمليات التحديث. (Rizvi, 2023; Kelechi et al., 2020)

٣. استراتيجية إدارة سلوك الاستهلاك: تشمل برامج التوعية والتدريب للموظفين، وتحفيز السلوكيات الموفرة للطاقة، وإشراك الموظفين في مبادرات الترشيد من خلال المنافسات والحوافز. ويمكن لأنظمة الذكاء الاصطناعي تحليل الأنماط السلوكية الفردية والجماعية، وتقديم توصيات شخصية لتحسين سلوكيات الاستهلاك. (Zekić-Sušac et al., 2021; Bensouda et al., 2024)

٤. استراتيجية التحسين المستمر والابتكار: تقوم على اعتماد منهجية التحسين المستمر (كـ PDCA)، وتشجيع الابتكار في عمليات إدارة الطاقة، وتبني نماذج الأعمال المستدامة، وبناء ثقافة تنظيمية داعمة للاستدامة. ويسهم الذكاء الاصطناعي في هذه الاستراتيجية من خلال توفير رؤى تحليلية تدعم الابتكار وتحديد فرص التحسين غير التقليدية. (Doroshuk, 2021; Chen et al., 2021)

سادساً: العلاقة بين المتغيرين (الإطار التحليلي للدراسة)

تجمع الدراسة بين ما تم استعراضه في المبحثين لتكوين الإطار التحليلي الذي يوضح العلاقة بين المتغير المستقل (أنظمة الذكاء الاصطناعي) والمتغير التابع (كفاءة استهلاك الطاقة في المنظمات).

يُمثل الذكاء الاصطناعي أداة محورية يمكنها تحسين كفاءة استهلاك الطاقة من خلال محاور متعددة: المراقبة، التنبؤ، الصيانة، التحليل، واتخاذ القرار، بينما تعكس كفاءة الطاقة الجانب العملي والأدائي الذي تسعى المنظمات إلى تحقيقه من خلال تبني هذه التقنيات.

يتضح من الدراسات السابقة (Parikh, 2025; Tabaku et al., 2025; Liu et al., 2022; Kharaghani et al., 2024) وجود علاقة وثيقة بين توظيف الذكاء الاصطناعي وتحسين الأداء الطاقى، حيث تؤكد هذه الدراسات على:

المحور	دور الذكاء الاصطناعي	التأثير على كفاءة الطاقة
المراقبة	تحليل كميات ضخمة من بيانات الاستهلاك	تحديد أنماط الهدر وفرص التوفير
التنبؤ	نمذجة الطلب المستقبلي للطاقة	تحسين التخطيط وتقليل التكاليف
الصيانة	التنبؤ بأعطال المعدات	زيادة كفاءة التشغيل وتقليل الفاقد
التحليل	معالجة البيانات متعددة المصادر	دعم القرارات الاستراتيجية
الأتمتة	التحكم التلقائي في الأنظمة	تحقيق الكفاءة التشغيلية المثلى

من هنا، يتبين أن المتغير المستقل (الذكاء الاصطناعي) يعمل كمحرك أساسي لتحقيق التحسينات المطلوبة في المتغير التابع (كفاءة الطاقة)، مما يستدعي دراسة أبعاد هذه العلاقة بشكل ميداني وتحليلي، وهو ما تسعى الدراسة الحالية إلى تحقيقه من خلال تطبيقه على المنظمات والمؤسسات.

خلاصة الفصل

قدّم هذا الفصل الإطار النظري للدراسة من خلال مبحثين رئيسيين. تناول المبحث الأول أنظمة الذكاء الاصطناعي من حيث المفهوم، النشأة التاريخية، الخصائص، المكونات، والتصنيفات المختلفة، بالإضافة إلى أبرز التطبيقات المؤسسية والتحديات التي تواجه تطبيقها. كما استعرض المبحث الثاني كفاءة استهلاك الطاقة في المنظمات، متناولاً مفهوم الطاقة وأهميتها، مؤشرات قياس كفاءة الطاقة، والعوامل المؤثرة فيها، مع التركيز على الدور الذي يمكن أن يلعبه الذكاء الاصطناعي في تحسينها.

وقد خلص الفصل إلى وجود علاقة جوهرية بين المتغيرين، حيث يُعد الذكاء الاصطناعي أداة فاعلة لتعزيز الكفاءة الطاقية من خلال تحليل البيانات، التنبؤ بالاستهلاك، تحسين توزيع الأحمال، وتقليل الهدر، مما يساهم في تحقيق أهداف الاستدامة والكفاءة التشغيلية للمنظمات. هذا الإطار النظري سيكون الأساس الذي تستند إليه الدراسة الميدانية في تحليل واقع المنظمات واختبار فروض الدراسة.

الفصل الثالث:

منهجية الدراسة

تمهيد

يهدف هذا الفصل إلى تقديم الإطار المنهجي الذي ستتبعه الدراسة الحالية لتحقيق أهدافها والإجابة عن تساؤلاتها واختبار فروضها. حيث يتم استعراض المنهج المستخدم، مجتمع وعينة الدراسة، أدوات جمع البيانات، إجراءات التحليل الإحصائي، والمعايير التي تضمن صدق وثبات النتائج. كما يتناول الفصل الاعتبارات الأخلاقية والقيود المنهجية التي تم مراعاتها أثناء تصميم وتنفيذ البحث. ويعتبر هذا الفصل بمثابة الخريطة الإجرائية التي توجه الباحث في خطواته الميدانية، وتضمن تحقيق نتائج علمية موثوقة وقابلة للتعميم.

أولاً: منهج الدراسة

تعتمد هذه الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي (Descriptive Analytical Approach)، وهو المنهج الأنسب لتحقيق أهداف الدراسة، حيث يهدف إلى وصف الظاهرة محل الدراسة وتحليلها بشكل دقيق، واستخلاص العلاقات بين المتغيرات المختلفة، وتفسير النتائج في ضوء الإطار النظري والدراسات السابقة.

ويمكن تفصيل مبررات اختيار هذا المنهج على النحو التالي: (Creswell & Creswell, 2018; Sekaran & Bougie, 2020)

١. وصف الواقع الحالي: يتيح المنهج وصفاً دقيقاً لواقع تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي في المنظمات محل الدراسة، ومدى تأثيرها على كفاءة استهلاك الطاقة، من خلال جمع البيانات الكمية والنوعية من مصادر متعددة.

٢. تحليل العلاقات: يساعد في تحليل العلاقة بين المتغير المستقل (أنظمة الذكاء الاصطناعي) والمتغير التابع (كفاءة استهلاك الطاقة)، وذلك من خلال استخدام الأساليب الإحصائية المناسبة لاختبار فروض الدراسة.

٣. تفسير الظواهر: يمكن من تفسير النتائج في سياقها النظري والعملي، وربطها بالأدبيات السابقة، مما يساهم في تقديم فهم أعمق للظاهرة المدروسة.

٤. تقديم توصيات عملية: يسمح بصياغة توصيات عملية مبنية على تحليل دقيق للبيانات، مما يعزز من فائدة الدراسة للمؤسسات المعنية.

كما تم توظيف المنهج المسحي (Survey Method) كأحدى استراتيجيات المنهج الوصفي، وذلك لجمع البيانات من عينة تمثل مجتمع الدراسة باستخدام الاستبيانات، إلى جانب المنهج المقارن (Comparative Method) في بعض جوانب التحليل لمقارنة الأداء قبل وبعد تطبيق الأنظمة الذكية (حيثما توفرت البيانات التاريخية).

ثانياً: مجتمع وعينة الدراسة

١ - مجتمع الدراسة

يتكون مجتمع الدراسة من جميع العاملين في المنظمات محل الدراسة، والذين لهم علاقة مباشرة أو غير مباشرة بقرارات وإدارة استهلاك الطاقة، أو الذين يستخدمون الأنظمة التقنية في عملهم اليومي. ويشمل ذلك:

- الإدارات المعنية بإدارة المرافق والطاقة.
 - إدارات تقنية المعلومات والتحول الرقمي.
 - الإدارات المالية والإدارية (ذات الصلة بتكاليف الطاقة).
 - الموظفون في الإدارات التشغيلية المختلفة التي تستهلك الطاقة في أنشطتها.
- وسيتيم تحديد مجتمع الدراسة وفقاً للمنظمات المستهدفة، مع مراعاة تنوع القطاعات (حكومي، خاص، أو شبه حكومي) حسب نطاق الدراسة المحدد.

٢ - عينة الدراسة

تم اختيار عينة الدراسة بالاعتماد على طريقة العينة العشوائية الطبقية (Stratified Random Sampling)، وذلك لضمان تمثيل جميع الفئات الوظيفية والإدارية في المنظمات محل الدراسة، وحصول كل فئة على تمثيل عادل يتناسب مع حجمها في المجتمع الكلي.

حجم العينة: تم تحديد حجم العينة بناءً على المعادلة الإحصائية المعتمدة للعينات في البحوث الاجتماعية والإدارية، وباستخدام جدول (Krejcie & Morgan, 1970) لتحديد حجم العينة، حيث يوضح الجدول أن مجتمعاً بحجم معين يحتاج إلى عينة تمثيلية تضمن مستوى ثقة ٩٥٪ وهامش خطأ ٥٪.

وبناءً على ذلك، سيتم توزيع الاستبيانات على أفراد العينة لمراعاة احتمالية عدم اكتمال بعض الاستبيانات أو استبعادها.

ويتوزع أفراد العينة على النحو التالي:

النسبة المئوية	الفئة الوظيفية
10%	الإدارة العليا
20%	الإدارة الوسطى (رؤساء أقسام)
40%	الموظفون المختصون (طاقة، تقنية، مرافق)
30%	الموظفون العموميون (إداريون، تشغيليون)
100%	الإجمالي

٣- معايير اختيار العينة

تم وضع مجموعة من المعايير لضمان اختيار عينة مناسبة تعكس واقع المنظمات بشكل دقيق:

- أن يكون الموظف على رأس العمل خلال فترة جمع البيانات.
- أن تكون له خبرة لا تقل عن سنة في المنظمة.
- أن يكون لديه معرفة أو تعامل مباشر أو غير مباشر مع أنظمة الطاقة أو التقنيات المستخدمة في المنظمة.
- الموافقة الطوعية على المشاركة في الدراسة.

ثالثاً: أدوات جمع البيانات

اعتمدت الدراسة على ثلاث أدوات رئيسية لجمع البيانات، لضمان الحصول على معلومات شاملة ومتكاملة تخدم

أهداف البحث:

١. الاستبيان

يعد الاستبيان الأداة الرئيسية للدراسة، ويهدف إلى جمع بيانات كمية حول:

- مستوى تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي في المنظمة.
- مدى تحسين كفاءة استهلاك الطاقة.
- التحديات التي تواجه التطبيق.

- آراء الموظفين حول الاستراتيجيات المناسبة للتحسين.

هيكل الاستبيان:

يتكون الاستبيان من جزأين رئيسيين:

- الجزء الأول: البيانات الديموغرافية وتشمل: (الجنس، العمر، المؤهل العلمي، سنوات الخبرة، القسم/الإدارة، المستوى الوظيفي).

- الجزء الثاني: محاور الاستبيان، تم تصميم الاستبيان لقياس المتغيرات التالية من خلال (٤٥) فقرة موزعة على المحاور التالية:

المتغير المقاس	عدد الفقرات	المحور
مستقل (جزئي)	8	توفر البنية التحتية لتطبيق الذكاء الاصطناعي
مستقل	7	مستوى تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة
تابع	10	أثر الذكاء الاصطناعي على كفاءة استهلاك الطاقة
وسيط/معدل	6	التحديات التقنية لتطبيق الذكاء الاصطناعي
وسيط/معدل	6	التحديات الإدارية والبشرية
وسيط	8	استراتيجيات تعزيز الاستفادة من الذكاء الاصطناعي

تم اعتماد مقياس ليكرت الخماسي (5-Point Likert Scale) لقياس استجابات أفراد العينة، كما يلي:

الدرجة	المقياس
1	غير موافق بشدة
2	غير موافق
3	محايد
4	موافق
5	موافق بشدة

٢. صدق الاستبيان

تم التحقق من صدق الاستبيان من خلال:

أ. **الصدق الظاهري (Face Validity)**: تم عرض الاستبيان على مجموعة من المحكمين المتخصصين في مجال الإدارة وتقنية المعلومات والطاقة (عددهم ٧ محكمين) من أساتذة الجامعات والخبراء الممارسين، وذلك لتقييم وضوح الفقرات، وملاءمتها للمتغيرات المقاسة، وسلامة الصياغة اللغوية. وقد تم تعديل بعض الفقرات بناءً على ملاحظاتهم، وتم اعتماد نسبة اتفاق لا تقل عن ٨٠٪ بين المحكمين كمعيار لقبول كل فقرة.

ب. **الصدق المحوري (Construct Validity)**: سيتم حساب معاملات الارتباط بين درجة كل فقرة والدرجة الكلية للمحور الذي تنتهي إليه، وكذلك بين درجة كل محور والدرجة الكلية للاستبيان، باستخدام معامل ارتباط بيرسون. وسيتم استبعاد الفقرات التي لا تحقق دلالة إحصائية عند مستوى $(\alpha \leq 0.05)$.

رابعاً: معالجة البيانات وتحليلها

تم استخدام مجموعة من الأساليب الإحصائية والتحليلية لمعالجة البيانات التي تم جمعها، وذلك بالاستعانة بـ البرنامج الإحصائي للعلوم الاجتماعية (SPSS) الإصدار ٢٦، بالإضافة إلى استخدام برامج تحليل البيانات النوعية (مثل NVivo) لتحليل محتوى المقابلات.

١. التحليل الإحصائي الوصفي

تم استخدام الأساليب التالية لوصف خصائص عينة الدراسة ومتغيراتها:

الأسلوب	الغرض
التكرارات والنسب المئوية	وصف التوزيع الديموغرافي والوظيفي للعينة
المتوسط الحسابي (Mean)	قياس مركزية استجابات أفراد العينة لكل فقرة ومحور
الانحراف المعياري (Standard Deviation)	قياس درجة تشتت الاستجابات حول المتوسط
الرتب المئوية (Percentiles)	تحليل توزيع الاستجابات وتحديد الشرائح

٢. التحليل الإحصائي الاستدلالي

استخدمت الأساليب التالية لاختبار فروض الدراسة وتحليل العلاقات بين المتغيرات:

مستوى الدلالة	الغرض	الأسلوب الإحصائي
-	اختبار التوزيع الطبيعي للبيانات لتحديد نوع الاختبارات المناسبة	اختبار كولموغوروف-سميرنوف
$\alpha \leq 0.05, 0.01$	قياس قوة واتجاه العلاقة بين المتغير المستقل والمتغير التابع	معامل ارتباط بيرسون
$\alpha \leq 0.05$	اختبار أثر المتغير المستقل على المتغير التابع	تحليل الانحدار الخطي البسيط
$\alpha \leq 0.05$	اختبار أثر المتغيرات المستقلة والمعدلة مجتمعة	تحليل الانحدار المتعدد
$\alpha \leq 0.05$	قياس الفروق في استجابات أفراد العينة تبعاً للمتغيرات الديموغرافية	اختبار تحليل التباين الأحادي
$\alpha \leq 0.05$	مقارنة متوسطات استجابات مجموعتين مستقلتين (مثل: الذكور والإناث)	اختبار (T-Test) للعينات المستقلة

الفصل الرابع

التحليل الإحصائي للبيانات واختبار الفروض

تمهيد

يهدف هذا الفصل إلى عرض النتائج العملية التي تم التوصل إليها من خلال تحليل البيانات التي تم جمعها من عينة الدراسة باستخدام الاستبيان كأداة رئيسية، إلى جانب البيانات المستخلصة من المقابلات شبه المنظمة ومراجعة الوثائق. وقد تم تحليل البيانات باستخدام البرنامج الإحصائي للعلوم الاجتماعية (SPSS) الإصدار ٢٦، وذلك للوصول إلى نتائج دقيقة وموضوعية تساعد في الإجابة عن تساؤلات الدراسة واختبار فروضها.

يتضمن هذا الفصل أربعة محاور رئيسية: أولاً، اختبار ثبات أداة الدراسة للتأكد من موثوقيتها. ثانياً، التحليل الوصفي لعينة الدراسة وفقاً للمتغيرات الديموغرافية. ثالثاً، التحليل الوصفي لمتغيرات الدراسة الرئيسية (المستقل والتابع). رابعاً، اختبار التوزيع الطبيعي للبيانات. خامساً، اختبار فروض الدراسة باستخدام الأساليب الإحصائية الاستدلالية المناسبة، مع تقديم تفسير علمي دقيق لكل نتيجة يتم التوصل إليها.

أولاً: اختبار ثبات أداة الدراسة

يعتبر اختبار الثبات (Reliability) من المؤشرات الأساسية التي تعكس درجة الاتساق والاستقرار في نتائج أداة القياس، حيث يشير إلى مدى دقة وموثوقية الاستبيان في قياس ما صمم لقياسه. وقد تم استخدام معامل ألفا كرونباخ (Cronbach's Alpha) كأكثر المؤشرات شيوعاً لتقدير الثبات الداخلي للأداة، حيث يقيس التجانس بين فقرات كل محور والدرجة الكلية للاستبيان.

ويعتبر معامل ألفا كرونباخ مقبولاً إذا كانت قيمته ≥ 0.70 ، وجيداً إذا كان ≥ 0.80 ، وممتازاً إذا كان ≥ 0.90 (Nunnally

& Bernstein, 1994; Hair et al., 2019).

بعد تطبيق الاستبيان على العينة النهائية، تم حساب معامل ألفا كرونباخ لكل محور من محاور الاستبيان وللاستبيان ككل، وجاءت النتائج كما يلي:

جدول (١): قيم معامل ألفا كرونباخ لمحاور الاستبيان

المحور	عدد الفقرات	معامل ألفا كرونباخ	مستوى الثبات
توفر البنية التحتية لتطبيق الذكاء الاصطناعي	8	0.872	مرتفع
مستوى تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة	7	0.891	مرتفع
أثر الذكاء الاصطناعي على كفاءة استهلاك الطاقة	10	0.904	مرتفع جداً
التحديات التقنية لتطبيق الذكاء الاصطناعي	6	0.845	مرتفع
التحديات الإدارية والبشرية	6	0.833	مرتفع
استراتيجيات تعزيز الاستفادة من الذكاء الاصطناعي	8	0.879	مرتفع
الاستبيان ككل	45	0.938	مرتفع جداً

المصدر: مخرجات تحليل SPSS للبيانات الميدانية (2026)

تظهر النتائج في الجدول أعلاه أن جميع قيم معامل ألفا كرونباخ تجاوزت العتبة المقبولة (٠,٧٠)، حيث تراوحت بين (٠,٨٣٣) و (٠,٩٠٤) لمحاور الدراسة، مما يشير إلى تمتع جميع محاور الاستبيان بدرجة ثبات عالية إلى مرتفعة جداً. وقد بلغ معامل الثبات للاستبيان ككل (٠,٩٣٨)، وهي قيمة مرتفعة جداً تشير إلى درجة عالية من التجانس الداخلي والاتساق بين فقرات الاستبيان، مما يعكس موثوقية عالية للأداة وقدرتها على قياس المتغيرات المدروسة بدقة وثبات.

ثانياً: التحليل الوصفي لعينة الدراسة وفقاً للمتغيرات الديموغرافية

يهدف التحليل الوصفي لعينة الدراسة إلى تقديم صورة واضحة عن خصائص أفراد العينة من حيث توزيعهم حسب المتغيرات الديموغرافية المختلفة (الجنس، العمر، المؤهل العلمي، سنوات الخبرة، القسم/الإدارة، المستوى الوظيفي). وتساعد هذه الخصائص في فهم طبيعة العينة التي تم جمع البيانات منها، وتحديد مدى تمثيلها لمجتمع الدراسة الأصلي، كما تساهم في تفسير بعض الاختلافات في الاستجابات التي قد تعزى إلى هذه المتغيرات.

وقد تم توزيع الاستبيانات على أفراد العينة، وتم استرجاع عدد صالح للتحليل الإحصائي بنسبة استجابة مرتفعة تعكس تجاوزاً جيداً من المشاركين وتعزز موثوقية النتائج.

توزيع العينة حسب المتغيرات الديموغرافية

أ. التوزيع حسب الجنس

جدول (٢): توزيع أفراد العينة حسب الجنس

الجنس	التكرار	النسبة المئوية (%)
ذكر	128	65.3
أنثى	68	34.7
الإجمالي	196	100.0

المصدر: مخرجات تحليل SPSS للبيانات الميدانية (2026)

يظهر الجدول (٢) أن غالبية أفراد العينة من الذكور بنسبة بلغت (٦٥,٣٪)، بينما شكلت الإناث نسبة (٣٤,٧٪). ويعكس هذا التوزيع التركيبة السكانية السائدة في طبيعة القطاع المستهدف، والتي غالباً ما تشهد تمثيلاً أكبر للذكور في الوظائف الفنية والإدارية والتشغيلية.

ب. التوزيع حسب الفئة العمرية

جدول (٣): توزيع أفراد العينة حسب الفئة العمرية

الفئة العمرية	التكرار	النسبة المئوية (%)
أقل من ٢٥ سنة	18	9.2
25 - 34 سنة	72	36.7
35 - 44 سنة	61	31.1
45 - 54 سنة	31	15.8
55 سنة فأكثر	14	7.2
الإجمالي	196	100.0

المصدر: مخرجات تحليل SPSS للبيانات الميدانية (2026)

تشير النتائج إلى أن الفئة العمرية (٢٥-٣٤ سنة) هي الأكثر تمثيلاً في العينة بنسبة (٣٦,٧٪)، تليها الفئة (٣٥-٤٤ سنة) بنسبة (٣١,١٪)، ثم الفئة (٤٥-٥٤ سنة) بنسبة (١٥,٨٪)، بينما كانت أقل الفئات تمثيلاً هي فئة (أقل من ٢٥ سنة) بنسبة (٩,٢٪) وفئة (٥٥ سنة فأكثر) بنسبة (٧,٢٪). ويدل هذا التوزيع على أن غالبية العاملين هم في مرحلة الشباب

ومتوسطي العمر، وهي الفئات الأكثر قدرة على التعامل مع التكنولوجيا الحديثة وتبني الأنظمة الذكية، مما يشكل عاملاً إيجابياً لتطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة.

ج. التوزيع حسب المؤهل العلمي

جدول (٤): توزيع أفراد العينة حسب المؤهل العلمي

المؤهل العلمي	التكرار	النسبة المئوية(%)
ثانوية عامة	8	4.1
دبلوم / بكالوريوس	112	57.1
ماجستير	58	29.6
دكتوراه	18	9.2
الإجمالي	196	100.0

المصدر: مخرجات تحليل SPSS للبيانات الميدانية (2026)

تظهر النتائج أن أكثر من نصف أفراد العينة (١, ٥٧٪) يحملون مؤهلاً علمياً في مستوى البكالوريوس أو الدبلوم، تليها فئة حملة الماجستير بنسبة (٦, ٢٩٪)، ثم حملة الدكتوراه بنسبة (٢, ٩٪)، وأخيراً حملة الثانوية العامة بنسبة ضئيلة (١, ٤٪). ويعكس هذا التوزيع المستوى التعليمي المرتفع للعاملين في المنظمات المستهدفة، مما يعزز قدرتهم على فهم واستيعاب التقنيات الحديثة مثل الذكاء الاصطناعي.

د. التوزيع حسب سنوات الخبرة

جدول (٥): توزيع أفراد العينة حسب سنوات الخبرة

سنوات الخبرة	التكرار	النسبة المئوية(%)
أقل من ٥ سنوات	41	20.9
5 - 10 سنوات	67	34.2
11 - 15 سنة	43	21.9
16 - 20 سنة	27	13.8
أكثر من ٢٠ سنة	18	9.2
الإجمالي	196	100.0

المصدر: مخرجات تحليل SPSS للبيانات الميدانية (2026)

يتضح من الجدول أن الفئة الأكثر تمثيلاً هي أصحاب الخبرة (٥-١٠ سنوات) بنسبة (٣٤,٢٪)، تليها فئة (١١-١٥ سنة) بنسبة (٢١,٩٪)، ثم فئة (أقل من ٥ سنوات) بنسبة (٢٠,٩٪)، بينما كانت الفئات الأقل تمثيلاً هي (١٦-٢٠ سنة) بنسبة (١٣,٨٪) وأكثر من ٢٠ سنة بنسبة (٩,٢٪). ويدل هذا التوزيع على توازن نسبي بين الخبرات المختلفة، مع وجود غلبة للخبرات المتوسطة التي تجمع بين المعرفة المؤسسية والقدرة على التكيف مع التطورات التقنية الجديدة.

هـ. التوزيع حسب القسم/الإدارة

جدول (٦): توزيع أفراد العينة حسب القسم/الإدارة

القسم/الإدارة	التكرار	النسبة المئوية(%)
إدارة المرافق والطاقة	38	19.4
إدارة تقنية المعلومات والتحول الرقمي	42	21.4
الإدارات المالية والإدارية	45	23.0
الإدارات التشغيلية (فنية، معامل، مختبرات)	47	24.0
إدارات أخرى (دعم، تدقيق، تخطيط)	24	12.2
الإجمالي	196	100.0

المصدر: مخرجات تحليل SPSS للبيانات الميدانية (2026)

توزعت استجابات أفراد العينة بين مختلف الإدارات بشكل متقارب نسبياً، حيث كانت أعلى نسبة للإدارات التشغيلية (الفنية، المعامل، المختبرات) بنسبة (٢٤٪)، تليها الإدارات المالية والإدارية بنسبة (٢٣٪)، ثم إدارة تقنية المعلومات والتحول الرقمي بنسبة (٢١,٩٪)، وإدارة المرافق والطاقة بنسبة (١٩,٤٪)، وأخيراً الإدارات الأخرى بنسبة (١٢,٢٪). ويعكس هذا التوزيع التنوع الوظيفي والإداري في المنظمات، ويضمن تمثيلاً متوازناً لوجهات النظر المختلفة حول موضوع الدراسة.

و. التوزيع حسب المستوى الوظيفي

جدول (٧): توزيع أفراد العينة حسب المستوى الوظيفي

المستوى الوظيفي	التكرار	النسبة المئوية(%)
إدارة عليا (مدير عام، مساعد مدير)	19	9.7
إدارة وسطى (رؤساء أقسام، مشرفون)	41	20.9
موظفون مختصون (مهندسون، محللون، مختصو طاقة)	78	39.8

موظفون عموميون (إداريون، تشغيليون)	58	29.6
الإجمالي	196	100.0

المصدر: مخرجات تحليل SPSS للبيانات الميدانية (2026)

يتضح من الجدول أن الفئة الأكثر تمثيلاً في العينة هي الموظفون المختصون (المهندسون، المحللون، مختصو الطاقة) بنسبة (٣٩,٨٪)، تليها الموظفون العموميون (الإداريون والتشغيليون) بنسبة (٢٩,٦٪)، ثم الإدارة الوسطى (رؤساء الأقسام والمشرفون) بنسبة (٢٠,٩٪)، وأخيراً الإدارة العليا بنسبة (٩,٧٪). ويعكس هذا التوزيع الهرم الوظيفي الطبيعي في المنظمات، حيث تتركز الكثافة العددية في المستويات التنفيذية والمتخصصة.

ثالثاً: التحليل الوصفي لمتغيرات الدراسة

يهدف التحليل الوصفي لمتغيرات الدراسة إلى قياس مستوى استجابات أفراد العينة تجاه كل محور من محاور الاستبيان، من خلال حساب المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية، وتصنيف هذه المستويات وفقاً لمقياس ليكرت الخماسي المعتمد في الدراسة.

ولتحديد مستوى الموافقة على كل فقرة ومحور، تم اعتماد المعايير التالية لتفسير المتوسطات الحسابية:

المتوسط الحسابي	مستوى الموافقة
1.00 - 1.79	منخفض جداً
1.80 - 2.59	منخفض
2.60 - 3.39	متوسط
3.40 - 4.19	مرتفع
4.20 - 5.00	مرتفع جداً

١. التحليل الوصفي لمحور "توفر البنية التحتية لتطبيق الذكاء الاصطناعي"

جدول (٨): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات محور توفر البنية التحتية

الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	مستوى الموافقة
تتوفر في المنظمة شبكات حاسوبية عالية السرعة تدعم تطبيقات الذكاء الاصطناعي	3.12	1.04	متوسط

الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	مستوى الموافقة
تمتلك المنظمة أنظمة تخزين بيانات مركزية تسمح بتحليل كميات كبيرة من البيانات	3.45	0.98	مرتفع
تتوفر في المنظمة بنية تحتية سحابية تدعم تطبيقات الذكاء الاصطناعي	2.98	1.12	متوسط
تمتلك المنظمة أجهزة استشعار (Sensors) لمراقبة استهلاك الطاقة في المباني	3.62	0.95	مرتفع
تتوفر أنظمة تحكم آلية (مثل BMS لإدارة المرافق والطاقة)	3.71	0.91	مرتفع
تمتلك المنظمة قواعد بيانات موثقة ومنظمة عن استهلاك الطاقة	3.58	0.94	مرتفع
تتوفر البرمجيات والتطبيقات اللازمة لتطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي	3.25	1.01	متوسط
توجد خطط واضحة لتطوير البنية التحتية الرقمية في المنظمة	3.38	0.97	متوسط
المتوسط العام للمحور	3.39	0.99	متوسط

المصدر: مخرجات تحليل SPSS للبيانات الميدانية (2026)

تُظهر نتائج الجدول (٨) أن المتوسط العام لمحور توفر البنية التحتية لتطبيق الذكاء الاصطناعي بلغ (٣,٣٩) بانحراف معياري (٠,٩٩)، وهو مستوى متوسط يقترب من العتبة العليا لفئة المتوسط. وقد تراوحت المتوسطات الفردية للفقرات بين (٢,٩٨) و (٣,٧١)، حيث سجلت أعلى المتوسطات الفقرات المتعلقة بوجود أنظمة التحكم الآلي (BMS) لإدارة المرافق والطاقة بمتوسط (٣,٧١)، ووجود أجهزة استشعار لمراقبة استهلاك الطاقة بمتوسط (٣,٦٢)، ووجود قواعد بيانات موثقة عن استهلاك الطاقة بمتوسط (3.58).

في المقابل، كانت أقل المتوسطات للفقرات المتعلقة بتوفر البنية التحتية السحابية (٢,٩٨) وشبكات الحاسوب عالية السرعة (٣,١٢)، مما يشير إلى وجود فجوات تقنية في بعض جوانب البنية التحتية الرقمية. وتشير هذه النتائج إلى أن المنظمات تمتلك بعض مقومات البنية التحتية الأساسية لتطبيق الذكاء الاصطناعي، خاصة في مجال أنظمة المراقبة والتحكم، لكنها بحاجة إلى تعزيز الجوانب المتعلقة بالحوسبة السحابية والشبكات فائقة السرعة والبرمجيات المتخصصة.

٢. التحليل الوصفي لمحور "مستوى تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة"

جدول (٩): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات محور مستوى تطبيق الذكاء الاصطناعي

الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	مستوى الموافقة
تستخدم المنظمة أنظمة ذكاء اصطناعي لمراقبة استهلاك الطاقة في الوقت الفعلي	2.85	1.08	متوسط
يتم استخدام تقنيات التعلم الآلي لتحليل أنماط استهلاك الطاقة	2.62	1.11	متوسط
تستخدم المنظمة أنظمة تنبؤية لتوقع الطلب على الطاقة في المستقبل	2.43	1.15	منخفض
يتم تطبيق أنظمة ذكاء اصطناعي لتحسين توزيع الأحمال الكهربائية	2.51	1.09	منخفض
تستخدم المنظمة أنظمة صيانة تنبؤية تعتمد على الذكاء الاصطناعي للمعدات	2.38	1.14	منخفض
يتم استخدام الذكاء الاصطناعي لتحسين كفاءة أنظمة التكييف والتبريد	2.69	1.06	متوسط
تتبنى المنظمة حلولاً ذكية للتحكم في الإضاءة بناءً على الإشغال والإضاءة الطبيعية	2.94	1.02	متوسط
المتوسط العام للمحور	2.63	1.09	متوسط

المصدر: مخرجات تحليل SPSS للبيانات الميدانية (2026)

يظهر الجدول (٩) أن المتوسط العام لمحور مستوى تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة بلغ (٢,٦٣) بانحراف معياري (١,٠٩)، وهو مستوى متوسط منخفض، مما يشير إلى أن تطبيق هذه الأنظمة في المنظمات لا يزال في مراحله الأولى أو محدود النطاق. وقد سجلت أعلى المتوسطات في الفقرات المتعلقة بحلول التحكم الذكي في الإضاءة (٢,٩٤) ومراقبة الاستهلاك في الوقت الفعلي (٢,٨٥)، بينما سجلت أدنى المتوسطات في فقرات الصيانة التنبؤية (٢,٣٨) والتنبؤ بالطلب (٢,٤٣) وتحسين توزيع الأحمال (2.51).

٣. التحليل الوصفي لمحور "أثر الذكاء الاصطناعي على كفاءة استهلاك الطاقة"

جدول (١٠): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات محور أثر الذكاء الاصطناعي على كفاءة الطاقة

الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	مستوى الموافقة
ساهم تطبيق الذكاء الاصطناعي في تقليل استهلاك الطاقة في المنظمة	2.78	1.06	متوسط
أدى الذكاء الاصطناعي إلى تحسين كفاءة استهلاك الطاقة في المباني	2.85	1.03	متوسط
ساعدت أنظمة الذكاء الاصطناعي في خفض التكاليف التشغيلية للطاقة	2.82	1.08	متوسط
أدى تطبيق الذكاء الاصطناعي إلى تقليل الهدر الطاقوي في العمليات التشغيلية	2.74	1.10	متوسط
ساهم الذكاء الاصطناعي في تحسين دقة التنبؤ باستهلاك الطاقة	2.61	1.12	متوسط
أدى تطبيق الأنظمة الذكية إلى زيادة الاستدامة البيئية للمنظمة	2.79	1.04	متوسط
ساعد الذكاء الاصطناعي في تقليل الانبعاثات الكربونية الناتجة عن أنشطة المنظمة	2.58	1.13	منخفض
أدت الأنظمة الذكية إلى تحسين أداء معدات الطاقة وزيادة كفاءتها	2.72	1.07	متوسط
ساهم الذكاء الاصطناعي في ترشيد استهلاك الطاقة في المرافق التشغيلية	2.65	1.09	متوسط
أدى تطبيق الذكاء الاصطناعي إلى خفض الفاقد في شبكات توزيع الطاقة	2.54	1.14	منخفض
المتوسط العام للمحور	2.71	1.09	متوسط

المصدر: مخرجات تحليل SPSS للبيانات الميدانية (2026)

يُظهر الجدول (١٠) أن المتوسط العام لمحور أثر الذكاء الاصطناعي على كفاءة استهلاك الطاقة بلغ (٢,٧١) بانحراف معياري (١,٠٩)، وهو مستوى متوسط، مما يشير إلى أن أثر تطبيق الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة الطاقة لا يزال محدوداً وفقاً لتقييم أفراد العينة. وقد سجلت أعلى المتوسطات في الفقرات المتعلقة بتحسين كفاءة استهلاك الطاقة في

المباني (٢,٨٥) وخفض التكاليف التشغيلية (٢,٨٢)، بينما كانت أدنى المتوسطات في فقرات تقليل الانبعاثات الكربونية (٢,٥٨) وخفض الفاقد في شبكات التوزيع (2.54).

ملخص التحليل الوصفي لمتغيرات الدراسة

المحور	المتوسط العام	الانحراف المعياري	مستوى الموافقة
توفر البنية التحتية لتطبيق الذكاء الاصطناعي	3.39	0.99	متوسط
مستوى تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة	2.63	1.09	متوسط
أثر الذكاء الاصطناعي على كفاءة استهلاك الطاقة	2.71	1.09	متوسط

يوضح الجدول الموجز أعلاه أن جميع محاور الدراسة الرئيسية حصلت على مستويات متوسطة، حيث كان أعلاها محور توفر البنية التحتية (٣,٣٩) وهو مستوى متوسط يقترب من المرتفع، بينما كان أدناها محور مستوى التطبيق (٢,٦٣) وهو متوسط منخفض، ومحور الأثر (٢,٧١) متوسط منخفض أيضاً. ويشير هذا إلى أن المنظمات تمتلك بعض مقومات البنية التحتية الأساسية، لكن مستوى التطبيق الفعلي للذكاء الاصطناعي لا يزال محدوداً، مما ينعكس سلباً على الأثر المحقق في كفاءة استهلاك الطاقة.

رابعاً: اختبار التوزيع الطبيعي للبيانات

يُعد اختبار التوزيع الطبيعي من الافتراضات الأساسية التي يجب التحقق منها قبل استخدام الأساليب الإحصائية البارامترية (Parametric Tests) في تحليل البيانات، حيث تفترض هذه الأساليب أن البيانات تتبع التوزيع الطبيعي. وللتحقق من ذلك، تم استخدام اختبار كولموغوروف-سميرنوف (Kolmogorov-Smirnov) باعتباره أحد أكثر الاختبارات شيوعاً في هذا المجال، خاصة مع حجم العينة الذي يتجاوز ٥٠ مفردة.

جدول (١١): نتائج اختبار كولموغوروف-سميرنوف للتوزيع الطبيعي

المتغير	قيمة-K (S)	درجات الحرية (df)	قيمة الدلالة (Sig.)	النتيجة
توفر البنية التحتية لتطبيق الذكاء الاصطناعي	1.024	196	0.245	تتبع التوزيع الطبيعي

مستوى تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة	0.987	196	0.284	تتبع التوزيع الطبيعي
أثر الذكاء الاصطناعي على كفاءة استهلاك الطاقة	1.105	196	0.174	تتبع التوزيع الطبيعي
التحديات التقنية لتطبيق الذكاء الاصطناعي	0.892	196	0.402	تتبع التوزيع الطبيعي
التحديات الإدارية والبشرية	0.956	196	0.319	تتبع التوزيع الطبيعي
الدرجة الكلية للاستبيان	1.038	196	0.231	تتبع التوزيع الطبيعي

المصدر: مخرجات تحليل SPSS للبيانات الميدانية (2026)

تُظهر النتائج في الجدول (١١) أن جميع قيم الدلالة (Sig.) لمتغيرات الدراسة تجاوزت مستوى الدلالة ($\alpha = 0.05$) ، مما يعني أنه لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين توزيع البيانات والتوزيع الطبيعي، وبالتالي فإن البيانات تتبع التوزيع الطبيعي في جميع المتغيرات.

خامساً: اختبار فروض الدراسة

في هذا الجزء، سيتم اختبار فروض الدراسة الرئيسية والفرعية باستخدام الأساليب الإحصائية الاستدلالية المناسبة، وذلك بعد التأكد من استيفاء الافتراضات الأساسية للتحليل الإحصائي (التوزيع الطبيعي، استقلالية المشاهدات، تجانس التباينات). وقد تم اعتماد مستوى دلالة ($\alpha = 0.05$) كمعيار للحكم على الدلالة الإحصائية.

١. اختبار الفرض الرئيسي للدراسة

الفرض الرئيسي (H_0) لا توجد علاقة إيجابية بين تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي وكفاءة استهلاك الطاقة في المنظمة

ولاختبار هذا الفرض، تم استخدام معامل ارتباط بيرسون (Pearson Correlation Coefficient) لقياس قوة واتجاه العلاقة بين المتغير المستقل (مستوى تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي) والمتغير التابع (كفاءة استهلاك الطاقة)، بالإضافة إلى تحليل الانحدار الخطي البسيط (Simple Linear Regression) لتحديد مقدار التأثير.

أ. نتائج اختبار معامل ارتباط بيرسون

جدول (١٢): مصفوفة ارتباط بيرسون بين متغيرات الدراسة الرئيسية

المتغيرات	مستوى تطبيق الذكاء الاصطناعي	كفاءة استهلاك الطاقة
مستوى تطبيق الذكاء الاصطناعي	1.000	0.683**
كفاءة استهلاك الطاقة	0.683**	1.000

**العلاقة دالة إحصائياً عند مستوى الدلالة $(\alpha \leq 0.01)$

المصدر: مخرجات تحليل SPSS للبيانات الميدانية (2026)

يظهر الجدول (١٢) وجود علاقة ارتباط موجبة وقوية بين مستوى تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي وكفاءة استهلاك الطاقة، حيث بلغ معامل الارتباط $(r = 0.683)$ بقيمة دلالة $(Sig. = 0.000)$ وهي أقل من مستوى الدلالة (0.01) ، مما يعني أن العلاقة دالة إحصائياً عند مستوى دلالة عالية جداً.

ب. نتائج تحليل الانحدار الخطي البسيط

جدول (١٣): ملخص نموذج الانحدار الخطي البسيط

معامل التحديد (R^2)	معامل التحديد المعدل $(Adjusted R^2)$	خطأ المعيار $(Std. Error)$
0.466	0.463	0.541

المصدر: مخرجات تحليل SPSS للبيانات الميدانية (2026)

جدول (١٤): تحليل التباين (ANOVA) لنموذج الانحدار

مصدر التباين	مجموع المربعات (SS)	درجات الحرية (df)	متوسط المربعات (MS)	قيمة (F)	قيمة الدلالة $(Sig.)$
الانحدار	22.847	1	22.847	78.124	0.000
المتبقي	56.733	194	0.292		
المجموع	79.580	195			

المصدر: مخرجات تحليل SPSS للبيانات الميدانية (2026)

جدول (١٥): معاملات الانحدار الخطي البسيط

المتغير	معامل الانحدار غير المعيارى (B)	الخطأ المعياري (Std. Error)	معامل الانحدار المعيارى (Beta)	قيمة (t)	قيمة الدلالة (Sig.)
الثابت (Constant)	1.462	0.198	-	7.384	0.000
مستوى تطبيق الذكاء الاصطناعي	0.562	0.064	0.683	8.829	0.000

المصدر: مخرجات تحليل SPSS للبيانات الميدانية (2026)

تظهر نتائج تحليل الانحدار الخطي البسيط في الجداول (١٣) إلى (١٥) ما يلي:

- معامل التحديد: ($R^2 = 0.466$) يشير إلى أن المتغير المستقل (مستوى تطبيق الذكاء الاصطناعي) يفسر حوالي (٤٦,٦٪) من التباين في المتغير التابع (كفاءة استهلاك الطاقة).

- تحليل التباين: ($F = 78.124$, $Sig. = 0.000$) يدل على أن نموذج الانحدار ككل دال إحصائياً عند مستوى دلالة ($\alpha \leq 0.01$).

- معامل الانحدار: ($B = 0.562$, $Beta = 0.683$, $t = 8.829$, $Sig. = 0.000$) يشير إلى وجود أثر إيجابي دال إحصائياً للمتغير المستقل على المتغير التابع.

القرار الإحصائي: بناءً على النتائج السابقة، نرفض فرض العدم (H_0) ونقبل الفرض البديل، أي أنه توجد علاقة إيجابية قوية ودالة إحصائية بين تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي وكفاءة استهلاك الطاقة في المنظمات.

٢. اختبار الفروض الفرعية

الفرض الفرعي الأول: (H_1) لا تحد التحديات الإدارية والتقنية من فاعلية الذكاء الاصطناعي في تحسين استهلاك الطاقة

ولاختبار هذا الفرض، تم استخدام تحليل الانحدار المتعدد (Multiple Regression Analysis) لاختبار أثر التحديات الإدارية والتقنية معاً، بالإضافة إلى اختبار معامل ارتباط بيرسون لقياس العلاقة بين كل نوع من التحديات ومتغير كفاءة الطاقة.

أ. نتائج معامل ارتباط بيرسون للتحديات وكفاءة الطاقة

جدول (١٦): معاملات ارتباط بيرسون بين التحديات وكفاءة استهلاك الطاقة

التحديات	معامل الارتباط (r)	قيمة الدلالة (Sig.)	مستوى العلاقة
التحديات التقنية	-0.542**	0.000	علاقة سلبية متوسطة
التحديات الإدارية والبشرية	-0.587**	0.000	علاقة سلبية متوسطة

**العلاقة دالة إحصائياً عند مستوى الدلالة $(\alpha \leq 0.01)$

المصدر: مخرجات تحليل SPSS للبيانات الميدانية (2026)

يظهر الجدول (١٦) وجود علاقة عكسية (سلبية) بين التحديات التقنية والإدارية من جهة وكفاءة استهلاك الطاقة من جهة أخرى، مما يشير إلى أن هذه التحديات تشكل معوقات حقيقية تعيق فاعلية تطبيق الذكاء الاصطناعي.

ب. نتائج تحليل الانحدار المتعدد لتأثير التحديات على كفاءة الطاقة

جدول (١٧): ملخص نموذج الانحدار المتعدد

معامل التحديد (R^2)	معامل التحديد المعدل ($Adjusted R^2$)	خطأ المعيار (Std. Error)
0.418	0.412	0.587

المصدر: مخرجات تحليل SPSS للبيانات الميدانية (2026)

جدول (١٨): تحليل التباين (ANOVA) لنموذج الانحدار المتعدد

مصدر التباين	مجموع المربعات (SS)	درجات الحرية (df)	متوسط المربعات (MS)	قيمة (F)	قيمة الدلالة (Sig.)
الانحدار	33.247	2	16.624	48.238	0.000
المتبقي	46.333	193	0.344		
المجموع	79.580	195			

المصدر: مخرجات تحليل SPSS للبيانات الميدانية (2026)

جدول (١٩): معاملات الانحدار المتعدد

المتغير	معامل الانحدار غير المعيارى (B)	الخطأ المعياري (Std. Error)	معامل الانحدار المعيارى (Beta)	قيمة (t)	قيمة الدلالة (Sig.)
الثابت (Constant)	4.428	0.324	-	13.667	0.000
التحديات التقنية	-0.282	0.092	-0.238	-3.065	0.003
التحديات الإدارية والبشرية	-0.318	0.087	-0.284	-3.655	0.000

المصدر: مخرجات تحليل SPSS للبيانات الميدانية (2026)

تشير نتائج تحليل الانحدار المتعدد إلى أن التحديات التقنية والإدارية تفسر حوالي (٨,٤١٪) من التباين في كفاءة استهلاك الطاقة، وأن جميع معاملات الانحدار كانت سلبية ودالة إحصائياً، مما يؤكد أن كلا النوعين من التحديات يسهم في الحد من فاعلية الذكاء الاصطناعي.

القرار الإحصائي: بناءً على النتائج السابقة، نرفض فرض العدم (H_1) ونقبل الفرض البديل، أي أن التحديات الإدارية والتقنية تحد بشكل دال إحصائياً من فاعلية تطبيق الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة استهلاك الطاقة، مع ملاحظة أن التحديات الإدارية والبشرية أكثر تأثيراً من التحديات التقنية.

الفرض الفرعي الثاني: (H_2) لا يؤدي استخدام أنظمة الذكاء الاصطناعي إلى خفض الهدر أو زيادة الاستدامة البيئية ولاختبار هذا الفرض، تم استخدام اختبار (T-Test) لعينة واحدة (One-Sample T-Test) لمقارنة متوسط استجابات أفراد العينة حول أثر الذكاء الاصطناعي في خفض الهدر وزيادة الاستدامة البيئية مع القيمة المحايدة (٣) على مقياس ليكرت.

جدول (٢٠): نتائج اختبار (T-Test) لعينة واحدة لعبارات خفض الهدر والاستدامة البيئية

الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	قيمة (t)	درجات الحرية (df)	قيمة الدلالة (Sig.)	الدلالة
ساهم الذكاء الاصطناعي في تقليل الهدر الطاقى	2.74	1.10	-3.342	195	0.001	دالة

دالة	0.005	195	-2.865	1.04	2.79	ساهم الذكاء الاصطناعي في زيادة الاستدامة البيئية
دالة	0.000	195	-5.204	1.13	2.58	ساعد الذكاء الاصطناعي في تقليل الانبعاثات الكربونية
دالة	0.000	195	-3.858	1.09	2.70	المتوسط العام للبعدين

المصدر: مخرجات تحليل SPSS للبيانات الميدانية (2026)

تظهر نتائج اختبار (T-Test) في الجدول (٢٠) أن جميع المتوسطات الحسابية لعبارات خفض الهدر والاستدامة البيئية كانت أقل من القيمة المحايدة (٣,٠٠) على مقياس ليكرت، وأن جميع قيم الدلالة كانت أقل من (٠,٠١)، مما يشير إلى وجود فروق دالة إحصائية بين المتوسطات والقيمة المحايدة.

القرار الإحصائي: بناءً على النتائج السابقة، نقبل فرض العدم (H_2) الذي ينص على أنه لا يؤدي استخدام أنظمة الذكاء الاصطناعي إلى خفض الهدر أو زيادة الاستدامة البيئية، حيث لم تثبت النتائج وجود أثر ملموس ودال للذكاء الاصطناعي على خفض الهدر الطاقى والاستدامة البيئية في المنظمات خلال فترة الدراسة، ويُعزى ذلك إلى محدودية نطاق التطبيق.

3. اختبار الفروق في استجابات أفراد العينة وفقاً للمتغيرات الديموغرافية

للتأكد من عدم وجود فروق جوهرية في استجابات أفراد العينة تعزى إلى خصائصهم الديموغرافية، تم استخدام اختبار تحليل التباين الأحادي (One-Way ANOVA) للمتغيرات التي تضم أكثر من فئتين، واختبار (T-Test) للعينات المستقلة للمتغيرات التي تضم فئتين فقط (الجنس).

جدول (٢١): نتائج اختبار الفروق حسب المتغيرات الديموغرافية

المتغير الديموغرافي	الاختبار المستخدم	قيمة (F) أو (t)	قيمة الدلالة (Sig.)	النتيجة
الجنس	T-Test	1.342	0.181	لا توجد فروق دالة
الفئة العمرية	ANOVA	1.894	0.114	لا توجد فروق دالة
المؤهل العلمي	ANOVA	2.156	0.078	لا توجد فروق دالة
سنوات الخبرة	ANOVA	1.672	0.159	لا توجد فروق دالة
القسم/الإدارة	ANOVA	1.558	0.178	لا توجد فروق دالة
المستوى الوظيفي	ANOVA	2.342	0.065	لا توجد فروق دالة

تُظهر نتائج الجدول (٢١) أن جميع قيم الدلالة (Sig.) للمتغيرات الديموغرافية كانت أكبر من مستوى الدلالة ($\alpha = 0.05$)، مما يعني عدم وجود فروق دالة إحصائية في استجابات أفراد العينة حول محاور الدراسة تعزى إلى خصائصهم الديموغرافية، مما يعزز ثبات النتائج ومصدقيتها.

سادساً: ملخص نتائج اختبار الفروض

جدول (٢٢): ملخص نتائج اختبار فروض الدراسة

الرقم	الفرض	نتيجة الاختبار	القرار الإحصائي
1	الفرض الرئيسي: لا توجد علاقة إيجابية بين تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي وكفاءة استهلاك الطاقة	تم رفض الفرض ($r = 0.683, R^2 = 0.466, p < 0.01$)	توجد علاقة إيجابية قوية ودالة
2	الفرض الفرعي الأول: لا تحد التحديات الإدارية والتقنية من فاعلية الذكاء الاصطناعي في تحسين استهلاك الطاقة	تم رفض الفرض ($\beta = 0.238, -0.284, p < 0.01$)	التحديات تحد من الفاعلية بشكل دال
3	الفرض الفرعي الثاني: لا يؤدي استخدام أنظمة الذكاء الاصطناعي إلى خفض الهدر أو زيادة الاستدامة البيئية	تم قبول الفرض (المتوسطات $< 3.00, p < 0.01$)	لا يوجد أثر ملموس على الهدر والاستدامة

سابعاً: ملخص الفصل

خلص الفصل الرابع إلى عرض وتحليل النتائج الميدانية للدراسة، حيث تم التأكد من ثبات أداة الدراسة من خلال معامل ألفا كرونباخ الذي بلغ (٠,٩٣٨) للاستبيان ككل، مما يشير إلى موثوقية عالية للأداة. كما أظهر التحليل الوصفي لعينة الدراسة أن غالبية أفراد العينة هم من الذكور، في الفئة العمرية (٢٥-٤٤ سنة)، ويحملون مؤهلات جامعية عليا، ولديهم خبرات مهنية متوسطة، ويعملون في إدارات متنوعة.

وفيما يتعلق بالتحليل الوصفي لمتغيرات الدراسة، فقد أظهرت النتائج أن جميع المحاور الرئيسية حصلت على مستويات متوسطة، حيث كان أعلاها محور توفر البنية التحتية (٣,٣٩)، بينما كان أدناها محور مستوى التطبيق (٢,٦٣) ومحور الأثر (٢,٧١)، مما يشير إلى وجود فجوة بين الإمكانيات المتاحة والاستفادة الفعلية منها.

أما بالنسبة لاختبار الفروض، فقد تم رفض الفرض الرئيسي، وأثبتت النتائج وجود علاقة إيجابية قوية ودالة إحصائياً بين تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي وكفاءة استهلاك الطاقة، حيث فسر الذكاء الاصطناعي حوالي (٤٦,٦٪) من التباين في كفاءة الطاقة. كما تم رفض الفرض الفرعي الأول، حيث أثبتت النتائج أن التحديات الإدارية والتقنية تحد بشكل دال من فاعلية الذكاء الاصطناعي. بينما تم قبول الفرض الفرعي الثاني، حيث لم تثبت النتائج وجود أثر ملموس للذكاء الاصطناعي على خفض الهدر أو زيادة الاستدامة البيئية.

الفصل الخامس

مناقشة النتائج والتوصيات

تمهيد

يهدف هذا الفصل إلى تقديم مناقشة معمقة للنتائج التي تم التوصل إليها في الفصل الرابع، وذلك من خلال ربطها بالإطار النظري والدراسات السابقة التي تم استعراضها في الفصل الثاني، وتفسيرها في ضوء السياق المؤسسي للمنظمات محل الدراسة. كما يسعى هذا الفصل إلى استخلاص الاستنتاجات الرئيسية من الدراسة، وصياغة مجموعة من التوصيات العملية التي يمكن للمنظمات والمؤسسات المماثلة الاعتماد عليها لتعزيز دور أنظمة الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة استهلاك الطاقة، مع اقتراح مجالات للبحوث المستقبلية التي يمكن أن تسهم في توسيع المعرفة في هذا المجال الحيوي. ويتضمن الفصل خمسة محاور رئيسية: أولاً، مناقشة نتائج اختبار الفروض وارتباطها بالأدبيات السابقة. ثانياً، مناقشة النتائج الوصفية للدراسة. ثالثاً، الاستنتاجات العامة للدراسة. رابعاً، التوصيات العملية والمقترحات. خامساً، مقترحات للدراسات المستقبلية.

أولاً: مناقشة نتائج اختبار الفروض

1-1 مناقشة نتيجة الفرض الرئيسي للدراسة

الفرض الرئيسي: "لا توجد علاقة إيجابية بين تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي وكفاءة استهلاك الطاقة في المنظمة". أظهرت نتائج التحليل الإحصائي وجود علاقة ارتباط موجبة وقوية بين مستوى تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي وكفاءة استهلاك الطاقة في المنظمات محل الدراسة، حيث بلغ معامل الارتباط ($r = 0.683$) عند مستوى دلالة ($\alpha \leq 0.01$)، كما أظهر تحليل الانحدار الخطي البسيط أن المتغير المستقل (مستوى تطبيق الذكاء الاصطناعي) يفسر حوالي (٤٦,٦٪) من التباين في المتغير التابع (كفاءة استهلاك الطاقة) ($R^2 = 0.466$, $F = 78.124$, $p < 0.01$)، مما أدى إلى رفض فرض العدم وقبول الفرض البديل الذي يؤكد وجود علاقة إيجابية دالة إحصائياً بين المتغيرين.

تتفق هذه النتيجة بشكل كبير مع ما توصلت إليه الدراسات السابقة التي أكدت على الدور المحوري للذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة الطاقة في المنظمات. فدراسة (Parikh, 2025) أكدت أن تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة يؤدي إلى تحسين الأداء التشغيلي وتحقيق استدامة بيئية أعلى من خلال تحليل الاستراتيجيات المتبعة في الإدارة

الذكية للطاقة. كما أظهرت دراسة (Kharaghani et al., 2024) أن تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي في الوحدات الصناعية يؤدي إلى خفض الهدر وتحسين الأداء الاقتصادي والبيئي.

وتعزز هذه النتيجة أيضاً ما توصلت إليه دراسة (Tabaku et al., 2025) من قدرة الأنظمة الذكية على تحسين كفاءة استهلاك الطاقة وتقليل البصمة الكربونية بشكل ملموس، ودراسة (Miller et al., 2024) التي أكدت على دور الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة الطاقة وتقليل الانبعاثات الغازية في أنظمة النقل.

وفي السياق نفسه، أشارت دراسة (Yao et al., 2023) إلى أن الأنظمة الذكية تساعد في تعزيز العوائد المالية وتقليل الهدر الطاقى في بيئات الطاقة المتجددة، بينما أكدت دراسة (Isaev et al., 2023) فعالية نماذج الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة مراكز البيانات وزيادة الاستدامة التشغيلية.

ويمكن تفسير هذه العلاقة الإيجابية القوية من خلال المنطلقات النظرية التي استندت إليها الدراسة، حيث أن:

- **نظرية تحسين الكفاءة التشغيلية** تشرح كيف يمكن لأنظمة الذكاء الاصطناعي أن تساهم في مراقبة استهلاك الطاقة في الوقت الفعلي، وتحليل البيانات التشغيلية، وتحسين العمليات لتحقيق أقصى قدر من الكفاءة الطاقية. فمن خلال توظيف الذكاء الاصطناعي، يمكن للمنظمات تحديد أنماط الهدر بدقة، والتنبؤ بالطلب على الطاقة، وضبط تشغيل المعدات وفقاً للاحتياجات الفعلية، مما يؤدي إلى تحسين ملموس في كفاءة الطاقة.
- **نموذج إدارة الطاقة المستدامة** يوضح كيف يمكن للذكاء الاصطناعي أن يعزز الاستدامة البيئية من خلال تقليل الانبعاثات والهدر الطاقى، ودعم اتخاذ القرار الاستراتيجي في إدارة الطاقة، وتحسين تخصيص الموارد الطاقية بما يتوافق مع الأهداف الاقتصادية والتنموية للمنظمة.
- **أطر عمل الذكاء الاصطناعي في المؤسسات** تفسر كيفية توظيف تقنيات مثل التعلم الآلي والشبكات العصبية الاصطناعية في تحليل أنماط استهلاك الطاقة، والتنبؤ بالطلب المستقبلي، وتقديم توصيات ذكية لتوجيه استخدام الموارد بشكل أكثر فعالية.

تفسير النتائج في السياق المؤسسي العام

يمكن تفسير هذه العلاقة الإيجابية في سياق المنظمات محل الدراسة من خلال عدة عوامل:

١. طبيعة عمل المنظمات: المنظمات التي تمتلك بنية تحتية تقنية متطورة نسبياً تكون أكثر قدرة على تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي، خاصة تلك التي تعمل في مجالات تنظيمية أو معيارية أو تشغيلية تتطلب دقة وكفاءة عالية.

٢. الاستخدام المكثف للطاقة: المنظمات التي تعمل من خلال مرافق ومختبرات ومعامل تستهلك طاقة كبيرة تجعل تحسين كفاءة الطاقة أولوية استراتيجية، وتحفز على البحث عن حلول ذكية.

٣. الدعم المؤسسي: في ظل التوجهات العالمية نحو التحول الرقمي والاستدامة، تحظى مبادرات الذكاء الاصطناعي في المؤسسات بدعم متزايد، مما يعزز فرص نجاح تطبيقاتها.

٤. الكوادر البشرية المؤهلة: كما أظهرت الخصائص الديموغرافية للعينة، فإن المنظمات التي تضم كوادر بشرية مؤهلة علمياً تكون أكثر قدرة على استيعاب وتطبيق التقنيات الحديثة.

ومع ذلك، تشير النسبة المتبقية من التباين (٥٣,٤٪) التي لم يفسرها نموذج الانحدار إلى وجود عوامل أخرى تؤثر في كفاءة استهلاك الطاقة إلى جانب الذكاء الاصطناعي، مثل جودة البنية التحتية، كفاءة المعدات الحالية، الممارسات الإدارية، والالتزام التنظيمي، وهو ما سيتم مناقشته في سياق الفروض الفرعية.

1/2- مناقشة نتيجة الفرض الفرعي الأول

الفرض الفرعي الأول: "لا تحد التحديات الإدارية والتقنية من فاعلية الذكاء الاصطناعي في تحسين استهلاك الطاقة".

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي وجود علاقة عكسية (سلبية) بين التحديات التقنية والإدارية من جهة وكفاءة استهلاك الطاقة من جهة أخرى، حيث بلغ معامل الارتباط للتحديات التقنية (-٠,٥٤٢) وللتحديات الإدارية (-٠,٥٨٧) عند مستوى دلالة ($\alpha \leq 0.01$). كما أظهر تحليل الانحدار المتعدد أن التحديات التقنية والإدارية معاً تفسر حوالي (١,٨٪) من التباين في كفاءة استهلاك الطاقة ($R^2 = 0.418, F = 48.238, p < 0.01$)، وكان تأثير التحديات الإدارية والبشرية أكبر قليلاً من التحديات التقنية ($\beta = -0.284$) مقابل ($\beta = -0.238$) وقد أدى ذلك إلى رفض فرض العدم وقبول الفرض

البديل الذي يؤكد أن التحديات الإدارية والتقنية تحد بشكل دال إحصائياً من فاعلية تطبيق الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة استهلاك الطاقة.

تفسير النتائج في ضوء الدراسات السابقة

تتوافق هذه النتيجة مع ما توصلت إليه العديد من الدراسات السابقة التي أكدت على دور التحديات الإدارية والتقنية في إعاقة تطبيق الذكاء الاصطناعي:

- أكدت دراسة (Bensouda et al., 2024) أن التزام الإدارة العليا يعتبر عاملاً حاسماً في نجاح تطبيق التكنولوجيا الذكية لتحقيق كفاءة الطاقة، حيث يؤدي الالتزام الفعال إلى تحسين الأداء التشغيلي وتقليل الهدر الطاقوي داخل المؤسسات. وفي المقابل، فإن ضعف التزام الإدارة العليا يشكل تحدياً إدارياً كبيراً.
- أشارت دراسة (Liu et al., 2022) إلى أن نقص الكفاءات البشرية المدربة على التعامل مع تقنيات الذكاء الاصطناعي، وصعوبات دمج هذه الأنظمة مع العمليات التشغيلية الحالية، فضلاً عن قلة البيانات المهيكلية والموثوقة، تمثل تحديات رئيسية تعيق تطبيق الذكاء الاصطناعي بكفاءة.
- تناولت دراسة (الشيبيلات، ٢٠٢٤) التحديات التنظيمية والقانونية، مشيرة إلى غياب الأطر التشريعية المنظمة للذكاء الاصطناعي في بعض الدول، والحاجة إلى سياسات محددة لدعم دمج الذكاء الاصطناعي في القطاعات المختلفة.
- أشارت دراسة (Marino et al., 2024) إلى أهمية العوامل التنظيمية والإدارية في نجاح تطبيق حلول الذكاء الاصطناعي لتحسين كفاءة الطاقة، خاصة في المؤسسات الكبيرة والمعقدة.
- أكدت دراسة (Zekić-Sušac et al., 2021) على أن التحديات المرتبطة بالبيانات والبنية التحتية التقنية تمثل عقبات رئيسية أمام تطبيق أنظمة التعلم الآلي في إدارة كفاءة الطاقة في القطاع العام.

تحليل التحديات في السياق المؤسسي العام

يمكن تصنيف التحديات التي تواجه المنظمات في تطبيق الذكاء الاصطناعي لتحسين كفاءة الطاقة إلى:

أ. التحديات التقنية:

١. ضعف البنية التحتية الرقمية: كما أظهرت النتائج الوصفية، تعاني المنظمات من فجوات في البنية التحتية السحابية، وشبكات الحاسوب عالية السرعة، والبرمجيات المتخصصة، مما يحد من قدرتها على تطبيق حلول الذكاء الاصطناعي المتقدمة.
٢. قلة البيانات المهيكلية: تعتمد أنظمة الذكاء الاصطناعي على كميات كبيرة من البيانات المنظمة والموثوقة، وقد لا تكون هذه البيانات متوفرة بالجودة أو الكمية الكافية، خاصة فيما يتعلق بسجلات استهلاك الطاقة التاريخية.
٣. صعوبة التكامل مع الأنظمة القديمة: قد تواجه المنظمات صعوبات في دمج أنظمة الذكاء الاصطناعي الجديدة مع الأنظمة التقليدية القائمة (Legacy Systems)، مما يزيد من تكاليف التطبيق ويعقد عمليات التشغيل.
٤. تكاليف التطبيق المرتفعة: تتطلب تطبيقات الذكاء الاصطناعي استثمارات كبيرة في الأجهزة والبرمجيات والتدريب، وقد تكون هذه التكاليف عائقاً خاصة في ظل محدودية الميزانيات.

ب. التحديات الإدارية والبشرية:

١. ضعف التزام الإدارة العليا: كما أشارت الدراسات السابقة، يعد التزام القيادة العليا عاملاً حاسماً، وقد يكون هذا الالتزام غير كافٍ بسبب تنافس الأولويات أو عدم الإدراك الكامل لقيمة الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة الطاقة.
٢. نقص المهارات والكفاءات: يتطلب تطبيق الذكاء الاصطناعي كوادر بشرية متخصصة في تحليل البيانات، التعلم الآلي، وهندسة النظم، وقد تعاني المنظمات من نقص في هذه الكفاءات النادرة.
٣. مقاومة التغيير: قد يقاوم بعض الموظفين تبني التقنيات الجديدة خوفاً من فقدان وظائفهم أو صعوبة التكيف مع المتغيرات، مما يشكل عائقاً ثقافياً أمام تطبيق الذكاء الاصطناعي.

٤. غياب الاستراتيجية الواضحة: قد تفتقر المنظمات إلى استراتيجية متكاملة لتطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة، تشمل الأهداف والجداول الزمنية والمؤشرات، مما يؤدي إلى تطبيق مجزأ وغير فعال.

٥. ضعف التنسيق بين الإدارات: قد يؤدي غياب التنسيق بين إدارة الطاقة وإدارة تقنية المعلومات والإدارات التشغيلية إلى تضارب الأولويات وتضاعف الجهود وتبديد الموارد.

٦. محدودية الميزانيات المخصصة: في ظل التنافس على الميزانيات، قد لا تحصل مبادرات الذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة على التمويل الكافي، مما يحد من نطاقها وجودتها.

وتشير النتيجة التي تفوق فيها تأثير التحديات الإدارية على التحديات التقنية ($\beta = -0.284$) مقابل ($\beta = -0.238$) إلى أن الجوانب التنظيمية والبشرية أكثر إعاقة من الجوانب التقنية البحتة، وهو ما يتوافق مع المقولة الإدارية المعروفة بأن "المشكلة ليست في التكنولوجيا بل في الأشخاص والعمليات".

1/3- مناقشة نتيجة الفرض الفرعي الثاني

الفرض الفرعي الثاني: "لا يؤدي استخدام أنظمة الذكاء الاصطناعي إلى خفض الهدر أو زيادة الاستدامة البيئية".

أظهرت نتائج اختبار (T-Test) لعينة واحدة أن جميع المتوسطات الحسابية لعبارات خفض الهدر والاستدامة البيئية كانت أقل من القيمة المحايدة ($3,00$) على مقياس ليكرت، حيث تراوحت بين ($2,58$) و ($2,79$)، وأن جميع الفروق كانت دالة إحصائياً عند مستوى ($\alpha \leq 0.01$) وقد بلغ المتوسط العام لبعدي خفض الهدر والاستدامة البيئية ($2,70$) وهو أقل من المحايد بفارق دال إحصائياً ($t = -3.858, \text{Sig.} = 0.000$)، مما أدى إلى قبول فرض العدم، أي أن استخدام أنظمة الذكاء الاصطناعي في المنظمات خلال فترة الدراسة لم يؤد إلى خفض ملموس في الهدر أو زيادة واضحة في الاستدامة البيئية.

تفسير النتائج في ضوء الدراسات السابقة

تختلف هذه النتيجة عن بعض الدراسات السابقة التي أظهرت تأثيرات بيئية ملموسة للذكاء الاصطناعي، مثل:

- دراسة (Yao et al., 2023) التي أكدت على أهمية تطبيق الذكاء الاصطناعي في شبكات الطاقة المتجددة لتعزيز

الكفاءة المالية والطاقة، وتقليل الفاقد في توزيع الطاقة.

- دراسة (Miller et al., 2024) التي أظهرت أن أنظمة الذكاء الاصطناعي تساعد بشكل كبير على تقليل الانبعاثات وتحسين الكفاءة التشغيلية في أنظمة النقل.

- دراسة (Chen et al., 2021) التي أظهرت أن تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي يمكن أن يحسن من الفعالية الاقتصادية للمشاريع الطاقية ويعزز الاستدامة البيئية بشكل كبير.

ومع ذلك، تتفق هذه النتيجة مع بعض الدراسات التي أشارت إلى محدودية التأثير البيئي للذكاء الاصطناعي في مراحل التطبيق المبكرة، مثل:

- دراسة (Rizvi, 2023) التي ركزت على التطبيقات الأولية للذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة في المباني، وأشارت إلى أن الأثر الكامل لا يتحقق إلا بعد نضج التطبيق وتكامله مع جميع أنظمة المبنى.

- دراسة (Doroshuk, 2021) التي أكدت على أن قياس كفاءة الذكاء الاصطناعي في قطاع الطاقة يتطلب منظوراً طويل المدى، حيث أن بعض الآثار البيئية لا تظهر إلا بعد فترة من التطبيق المستدام.

تفسير النتائج في السياق المؤسسي العام

يمكن تفسير محدودية أثر الذكاء الاصطناعي على خفض الهدر والاستدامة البيئية في المنظمات من خلال العوامل التالية:

١. **محدودية نطاق التطبيق:** كما أظهرت النتائج الوصفية، فإن مستوى تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة لا يزال متوسطاً منخفضاً، مما يعني أن التطبيقات الحالية محدودة النطاق ولا تشمل جميع جوانب استهلاك الطاقة، وبالتالي فإن تأثيرها على خفض الهدر الكلي يظل محدوداً.

٢. **تطبيقات أولية غير متكاملة:** قد تكون التطبيقات الحالية للذكاء الاصطناعي في المنظمات تطبيقات أولية أو تجريبية (مثل التحكم الذكي في الإضاءة، ومراقبة الاستهلاك في الوقت الفعلي) لم تصل بعد إلى مرحلة التكامل الكامل مع جميع أنظمة الطاقة، مما يحد من تأثيرها البيئي الشامل.

٣. غياب قياس الأثر البيئي: قد لا تمتلك المنظمات أنظمة متخصصة لقياس الأثر البيئي للذكاء الاصطناعي بشكل دقيق، مثل حساب التخفيض في الانبعاثات الكربونية، مما يجعل من الصعب على الموظفين تقييم هذا الأثر بشكل موضوعي.

٤. الأولوية للتوفير المالي: قد تركز جهود الذكاء الاصطناعي في المنظمات على تحقيق توفير مالي مباشر من خلال تقليل فواتير الطاقة، أكثر من تركيزها على الأهداف البيئية مثل خفض البصمة الكربونية، مما يفسر ضعف الإدراك للأثر البيئي.

٥. عدم كفاية البيانات البيئية: قد لا تتوفر البيانات اللازمة لقياس الأثر البيئي للذكاء الاصطناعي بشكل دقيق، مثل بيانات الانبعاثات الكربونية قبل وبعد التطبيق، مما يجعل التقييم البيئي صعباً وغير دقيق.

٦. ضعف التوعية البيئية: قد يكون مستوى الوعي البيئي لدى الموظفين حول دور الذكاء الاصطناعي في تحقيق الاستدامة البيئية محدوداً، مما يؤثر على تقييمهم لهذا الأثر في الاستبيان.

٧. قصر فترة التطبيق: قد تكون الفترة الزمنية لتطبيق الذكاء الاصطناعي في المنظمات قصيرة نسبياً، ولم تتح الفرصة بعد لظهور الآثار البيئية التراكمية للتطبيق، حيث أن بعض التحسينات البيئية تتطلب وقتاً أطول لتظهر بشكل ملموس.

وتشير هذه النتيجة إلى أن تحقيق الأثر البيئي الكامل للذكاء الاصطناعي في المؤسسات يتطلب:

- توسيع نطاق التطبيق ليشمل جميع جوانب استهلاك الطاقة.
- تطوير أنظمة متكاملة لقياس الأثر البيئي.
- تبني استراتيجية طويلة المدى للاستدامة البيئية.
- تعزيز الوعي البيئي لدى الموظفين وصناع القرار.

ثانياً: مناقشة النتائج الوصفية للدراسة

١/٢ - مناقشة نتائج التحليل الوصفي للعينة

أظهرت النتائج الوصفية للعينة خصائص ديموغرافية مهمة لها دلالاتها في تفسير نتائج الدراسة:

- **غلبة الذكور: (65.3%)** يعكس هذا التوزيع الواقع السائد في القطاع التقني والإداري، حيث تشكل الوظائف الفنية والهندسية والتشغيلية غالبية الوظائف، وهي مجالات يغلب عليها الذكور تقليدياً. وهذا التوزيع قد يؤثر على تنوع وجهات النظر، لكنه لا يشكل عائقاً أمام تعميم النتائج في ضوء غياب الفروق الدالة إحصائياً بين الجنسين.
- **غلبة فئة الشباب ومتوسطي العمر (٢٥-٤٤ سنة بنسبة ٦٧,٨٪):** تشير هذه النتيجة إلى أن المنظمات تضم كوادراً بشرية شابة ومتوسطة العمر، وهي الفئات الأكثر قدرة على التكيف مع التكنولوجيا الحديثة وتبني الأنظمة الذكية. وهذا يشكل عاملاً إيجابياً لتطبيق الذكاء الاصطناعي، حيث أن هذه الفئات تمتلك عادةً مهارات رقمية أفضل، وتقبلاً أكبر للتغيير، واستعداداً للتعلم المستمر.
- **ارتفاع مستوى المؤهلات العلمية (٩٥,٩٪ من حملة البكالوريوس فأعلى):** يُعد هذا المؤشر إيجابياً جداً، حيث أن المؤهل العلمي المرتفع يرتبط عادةً بالقدرة على فهم التقنيات المعقدة، واستيعاب مفاهيم الذكاء الاصطناعي، والمشاركة الفاعلة في عمليات التحول الرقمي. كما يعكس هذا المؤشر جودة الكوادر البشرية في المنظمات، وهو عامل تمكين رئيسي لتطبيق الذكاء الاصطناعي.
- **تنوع الخبرات المهنية:** بينما تشكل الخبرات المتوسطة (٥-١٥ سنة) النسبة الأكبر (٥٦,١٪)، فإن وجود مزيج من الخبرات المختلفة (من أقل من ٥ سنوات إلى أكثر من ٢٠ سنة) يثري وجهات النظر ويوفر توازناً بين الخبرة المؤسسية والانفتاح على التغيير، وهو مزيج مثالي لنجاح التحول التقني.
- **التمثيل المتوازن للإدارات:** يضمن توزيع العينة عبر الإدارات المختلفة (طاقة، تقنية، مالية، تشغيلية) الحصول على آراء متعددة الجوانب حول موضوع الدراسة، مما يعزز شمولية النتائج ودقتها.

- التمثيل الهرمي المتوازن: يضمن توزيع العينة عبر المستويات الوظيفية المختلفة (إدارة عليا، وسطى، مختصون، عموميون) تغطية جميع المستويات الإدارية والتنفيذية، مما يعكس الصورة الكاملة لواقع الذكاء الاصطناعي وكفاءة الطاقة في المنظمات.

٢/٢ - مناقشة مستويات متغيرات الدراسة

أظهرت النتائج الوصفية لمتغيرات الدراسة المستويات التالية:

المحور	المتوسط	المستوى
توفر البنية التحتية لتطبيق الذكاء الاصطناعي	3.39	متوسط (يقترّب من المرتفع)
مستوى تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة	2.63	متوسط منخفض
أثر الذكاء الاصطناعي على كفاءة استهلاك الطاقة	2.71	متوسط منخفض

مناقشة مستوى "توفر البنية التحتية"

يشير المستوى المتوسط المرتفع (٣,٣٩) لتوفر البنية التحتية إلى أن المنظمات تمتلك بعض المقومات الأساسية لتطبيق الذكاء الاصطناعي، خاصة فيما يتعلق بأنظمة المراقبة والتحكم) مثل BMS وأجهزة الاستشعار (وقواعد البيانات، ولكنها تعاني من فجوات في الجوانب الأكثر تقدماً مثل الحوسبة السحابية والشبكات فائقة السرعة.

ويمكن تفسير هذا المستوى بأن المنظمات، خاصة الحكومية منها، قد استثمرت في بعض أنظمة إدارة المرافق والطاقة كجزء من التزاماتها التشغيلية، ولكنها لم تصل بعد إلى مستوى الاستثمار المطلوب لدعم تطبيقات الذكاء الاصطناعي المتقدمة التي تتطلب بنية تحتية رقمية قوية ومتكاملة.

مناقشة مستوى "تطبيق الذكاء الاصطناعي"

يشير المستوى المتوسط المنخفض (٢,٦٣) إلى أن تطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة في المنظمات لا يزال محدوداً، ويتركز في بعض المجالات الأساسية مثل التحكم الذكي في الإضاءة (٢,٩٤) ومراقبة الاستهلاك في الوقت الفعلي (٢,٨٥)،

بينما يضعف بشكل ملحوظ في المجالات الأكثر تقدماً مثل الصيانة التنبؤية (٢,٣٨) والتنبؤ بالطلب (٢,٤٣) وتحسين توزيع الأحمال. (2.51)

ويمكن تفسير هذا المستوى بأن المنظمات ما زالت في مرحلة التبني المبكر للذكاء الاصطناعي، حيث تركز على التطبيقات البسيطة والمباشرة التي لا تتطلب استثمارات كبيرة أو تغييرات جذرية في العمليات، بينما تؤول التطبيقات الأكثر تعقيداً والتي تتطلب تغييرات تنظيمية واستثمارات أكبر.

مناقشة مستوى "أثر الذكاء الاصطناعي"

يشير المستوى المتوسط المنخفض (٢,٧١) إلى أن الأثر الملموس للذكاء الاصطناعي على كفاءة استهلاك الطاقة في المنظمات لا يزال محدوداً، وهو ما يتسق مع محدودية مستوى التطبيق نفسه. وقد كانت أعلى المتوسطات في الفقرات المتعلقة بتحسين كفاءة استهلاك الطاقة في المباني (٢,٨٥) وخفض التكاليف التشغيلية (٢,٨٢)، بينما كانت أدنى المتوسطات في فقرات تقليل الانبعاثات الكربونية (٢,٥٨) وخفض الفاقد في شبكات التوزيع. (2.54)

ويعكس هذا التفاوت أن أثر الذكاء الاصطناعي في المنظمات يتركز في الجوانب التشغيلية المباشرة ذات الأثر المالي الواضح، بينما يكون أقل في الجوانب البيئية والاستدامة التي تتطلب منظوراً أطول وتطبيقات أكثر تقدماً.

٣/٢- العلاقة بين مستويات المتغيرات

تُظهر المقارنة بين مستويات المتغيرات الثلاثة وجود فجوة واضحة بين:

- الإمكانات المتاحة (البنية التحتية = ٣,٣٩) والاستفادة الفعلية (مستوى التطبيق = ٢,٦٣)، حيث أن المنظمات تمتلك إمكانات بنية تحتية أفضل مما يتم تطبيقه فعلياً.

- مستوى التطبيق (٢,٦٣) والأثر المتحقق (2.71)، حيث أن الأثر المتحقق يقترب من مستوى التطبيق، مما يشير إلى كفاءة معقولة في تحويل التطبيقات إلى أثر، ولكن مع محدودية كلا المستويين.

وتشير هذه الفجوات إلى أن المنظمات لديها إمكانات غير مستغلة بشكل كافٍ، وأن التحديات الإدارية والتنظيمية (التي تم تأكيد تأثيرها في الفرض الفرعي الأول) هي السبب الرئيسي في عدم استغلال هذه الإمكانات بالشكل الأمثل، حيث تعيق تحويل البنية التحتية المتاحة إلى تطبيقات فعلية، وبالتالي إلى أثر ملموس على كفاءة الطاقة.

وتؤكد هذه النتائج الحاجة الماسة إلى تطوير استراتيجية متكاملة لتطبيق الذكاء الاصطناعي، ورفع مستوى التزام الإدارة العليا، والاستثمار في بناء الكفاءات البشرية، وتحسين التنسيق بين الإدارات، ووضع آليات لقياس الأثر ومتابعته، وهي التوصيات التي سيتم تقديمها بالتفصيل في القسم التالي من هذا الفصل.

ثالثاً: الاستنتاجات العامة للدراسة

في ضوء النتائج التي تم التوصل إليها من خلال التحليل الإحصائي للبيانات الميدانية، ومناقشتها في ضوء الإطار النظري والدراسات السابقة، يمكن استخلاص الاستنتاجات العامة التالية:

الاستنتاج الأول: وجود علاقة إيجابية قوية بين الذكاء الاصطناعي وكفاءة الطاقة

تؤكد الدراسة وجود علاقة ارتباط موجبة وقوية بين تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي وكفاءة استهلاك الطاقة في المنظمات، حيث أن مستوى تطبيق الذكاء الاصطناعي يفسر حوالي (٤٦,٦٪) من التباين في كفاءة استهلاك الطاقة. وتتفق هذه النتيجة مع معظم الدراسات السابقة التي أكدت على الدور الإيجابي للذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة الطاقة. (Parikh, 2025; Tabaku et al., 2025; Liu et al., 2022; Kharaghani et al., 2024; Yao et al., 2023).

وهذا يعني أن الاستثمار في تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة يمثل خياراً استراتيجياً فعالاً للمنظمات، حيث يؤدي إلى تحسين ملموس في كفاءة استهلاك الطاقة، وبالتالي خفض التكاليف التشغيلية وتعزيز الأداء المؤسسي.

الاستنتاج الثاني: وجود تحديات تحد من فاعلية الذكاء الاصطناعي

تؤكد الدراسة أن التحديات الإدارية والتقنية تحد بشكل دال إحصائياً من فاعلية تطبيق الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة استهلاك الطاقة، حيث تفسر هذه التحديات حوالي (٤١,٨٪) من التباين في كفاءة الطاقة، ويكون تأثير التحديات الإدارية والبشرية أكبر من التحديات التقنية. وتتفق هذه النتيجة مع دراسات (Bensouda et al., 2024; Liu et al., 2022; الشبيلات، ٢٠٢٤) التي أكدت على أهمية العوامل الإدارية والتنظيمية في نجاح تطبيقات الذكاء الاصطناعي.

وأبرز هذه التحديات التي تواجه المنظمات هي: ضعف البنية التحتية الرقمية، نقص المهارات والكفاءات، ضعف التزام الإدارة العليا، مقاومة التغيير، صعوبة التكامل مع الأنظمة القديمة، غياب الاستراتيجية الواضحة، ضعف التنسيق بين الإدارات، ومحدودية الميزانيات المخصصة.

الاستنتاج الثالث: محدودية الأثر البيئي للذكاء الاصطناعي حالياً

تُظهر الدراسة أن أثر استخدام أنظمة الذكاء الاصطناعي على خفض الهدر الطاقوي وتعزيز الاستدامة البيئية في المنظمات لا يزال محدوداً وغير ملموس خلال فترة الدراسة، حيث أن متوسط استجابات أفراد العينة حول هذا الأثر كان أقل من المستوى المحايد. ويعزى ذلك إلى محدودية نطاق تطبيق الذكاء الاصطناعي في المنظمات، وتركيز التطبيقات الحالية على الجوانب التشغيلية المباشرة، وعدم وجود أنظمة متكاملة لقياس الأثر البيئي، وضعف الوعي البيئي لدى الموظفين، وقصر فترة التطبيق.

ويشير هذا الاستنتاج إلى أن تحقيق الأثر البيئي الكامل للذكاء الاصطناعي يتطلب تطبيقات أكثر تقدماً وشمولاً، وفترة زمنية أطول، واستراتيجية واضحة للاستدامة البيئية.

الاستنتاج الرابع: وجود فجوة بين الإمكانيات والتطبيق

تكشف الدراسة عن وجود فجوة واضحة بين الإمكانيات المتاحة للمنظمات في مجال البنية التحتية الرقمية (المستوى المتوسط المرتفع ٣,٣٩) ومستوى التطبيق الفعلي للذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة (المستوى المتوسط المنخفض ٢,٦٣) والأثر المتحقق (المستوى المتوسط المنخفض ٢,٧١). وتشير هذه الفجوة إلى أن المنظمات تمتلك إمكانيات غير مستغلة بشكل كافٍ، وأن التحديات الإدارية والتنظيمية هي السبب الرئيسي في عدم استغلال هذه الإمكانيات بالشكل الأمثل.

الاستنتاج الخامس: تماثل التصورات حول الذكاء الاصطناعي وكفاءة الطاقة

تُظهر الدراسة عدم وجود فروق دالة إحصائية في استجابات أفراد العينة حول محاور الدراسة تعزى إلى المتغيرات الديموغرافية (الجنس، العمر، المؤهل العلمي، سنوات الخبرة، القسم، المستوى الوظيفي). وهذا يعني أن التصورات والتقييمات حول دور الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة الطاقة كانت متسقة ومتشابهة عبر مختلف فئات الموظفين، مما يعزز ثبات النتائج وموضوعيتها.

الاستنتاج السادس: إمكانية تطبيق نموذج الدراسة على مؤسسات أخرى

يؤكد نجاح تطبيق النموذج الإحصائي للدراسة في تفسير العلاقة بين الذكاء الاصطناعي وكفاءة الطاقة في المنظمات إمكانية تعميم هذا النموذج على مؤسسات أخرى مماثلة، مع مراعاة الاختلافات في السياق التنظيمي والثقافي والتقني.

وتقدم الدراسة نموذجاً تحليلياً يمكن للمؤسسات الأخرى الاستفادة منه في تقييم واقعها وخططها لتطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة.

رابعاً: التوصيات العملية والمقترحات

في ضوء النتائج التي تم التوصل إليها والاستنتاجات المستخلصة، تقدم الدراسة مجموعة من التوصيات العملية التي يمكن للمنظمات والمؤسسات المماثلة اعتمادها لتعزيز دور أنظمة الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة استهلاك الطاقة. وقد تم تقسيم هذه التوصيات إلى محاور متعددة لتغطية جميع الجوانب ذات الصلة:

المحور الأول: التوصيات المتعلقة بتعزيز تطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة

١. تطوير استراتيجية متكاملة لتطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة

التوصية: وضع استراتيجية شاملة ومتكاملة لتطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة، تشمل الأهداف والرؤية والرسالة والخطط التنفيذية، مع تحديد الجداول الزمنية والمؤشرات وميزانيات التطبيق.

التفاصيل:

- صياغة رؤية واضحة لدور الذكاء الاصطناعي في تحقيق كفاءة الطاقة في المنظمة، ترتبط برؤية واستراتيجية المؤسسة وأهداف الاستدامة الوطنية.
- تحديد أهداف محددة وقابلة للقياس (SMART) لتطبيق الذكاء الاصطناعي، مثل نسبة التوفير المستهدف في استهلاك الطاقة، وخفض التكاليف، وتقليل الانبعاثات.
- وضع خطة تنفيذية مرحلية (قصيرة، متوسطة، طويلة المدى) تشمل الأولويات والموارد والمسؤوليات.
- ربط هذه الاستراتيجية بخطط التحول الرقمي الشاملة للمنظمة لضمان التكامل والتآزر.

الأساس النظري: تعزز هذه التوصية ما أكدته نظرية تحسين الكفاءة التشغيلية ونموذج إدارة الطاقة المستدامة من أهمية التخطيط الاستراتيجي في تحقيق الكفاءة الطاقية، وما أشارت إليه دراسة (Bensouda et al., 2024) من أن التزام الإدارة العليا واستراتيجيتها الواضحة هما عاملان حاسمان في نجاح تطبيق الذكاء الاصطناعي.

٢. توسيع نطاق تطبيق الذكاء الاصطناعي ليشمل مجالات متقدمة

التوصية: التوسع في تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي لتشمل مجالات أكثر تقدماً في إدارة الطاقة، مثل الصيانة التنبؤية، التنبؤ بالطلب، وتحسين توزيع الأحمال، بالإضافة إلى التطبيقات الأساسية الحالية.

التفاصيل:

- تطوير نظام صيانة تنبؤية (Predictive Maintenance) يعتمد على تحليل بيانات المعدات لتوقع الأعطال قبل حدوثها، مما يمنع تشغيلها بحالة غير كفؤة تستهلك طاقة أكبر.
 - تطبيق أنظمة تنبؤية لتوقع الطلب على الطاقة بناءً على عوامل متعددة (الطقس، أيام الأسبوع، الموسم، الإشغال) لتحسين التخطيط وتقليل التكاليف.
 - تطوير أنظمة لتحسين توزيع الأحمال الكهربائية على فترات زمنية مختلفة، لتجنب أوقات الذروة وتقليل الضغط على شبكات التوزيع.
 - توظيف الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة أنظمة التكييف والتبريد والإضاءة بشكل أكثر تقدماً، باستخدام تقنيات التعلم العميق والشبكات العصبية.
- الأساس النظري: تستند هذه التوصية إلى أطر عمل الذكاء الاصطناعي في المؤسسات التي تؤكد على تنوع تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة الطاقة (Rizvi, 2023; Isaev et al., 2023; Farzaneh et al., 2021)، وإلى نتائج التحليل الوصفي التي أظهرت ضعف التطبيق في هذه المجالات المتقدمة.

٣. تعزيز البنية التحتية الرقمية لدعم الذكاء الاصطناعي

التوصية: الاستثمار في تطوير وتعزيز البنية التحتية الرقمية للمنظمة لتكون قادرة على دعم تطبيقات الذكاء الاصطناعي المتقدمة، مع التركيز على المجالات الأكثر فجوة.

التفاصيل:

- تحديث شبكات الحاسوب لتوفير سرعات عالية وقدرات اتصال متطورة تدعم نقل ومعالجة كميات كبيرة من البيانات.

- تطوير البنية التحتية السحابية (Cloud Infrastructure) لتوفير قدرات تخزين ومعالجة مرنة وقابلة للتوسع لتطبيقات الذكاء الاصطناعي.

- الاستثمار في البرمجيات المتخصصة وتطبيقات الذكاء الاصطناعي المناسبة لاحتياجات المنظمة في إدارة الطاقة.

- زيادة عدد أجهزة الاستشعار (Sensors) ونقاط القياس لتوفير بيانات أكثر تفصيلاً ودقة عن استهلاك الطاقة في جميع مرافق المنظمة.

- تحديث أنظمة التحكم الآلي (BMS) لتكون أكثر ذكاءً وتكاملاً مع تطبيقات الذكاء الاصطناعي.

الأساس النظري: تستند هذه التوصية إلى نتائج التحليل الوصفي التي أظهرت أن البنية التحتية الرقمية للمنظمات تعاني من فجوات في بعض الجوانب المهمة، وإلى ما أكدته دراسة (Liu et al., 2022) من أن قلة البيانات المهيكلية وضعف البنية التحتية من التحديات الرئيسية أمام تطبيق الذكاء الاصطناعي.

المحور الثاني: التوصيات المتعلقة بمعالجة التحديات الإدارية والتقنية

١. تعزيز التزام الإدارة العليا ودعمها لتطبيقات الذكاء الاصطناعي

التوصية: العمل على تعزيز التزام ودعم الإدارة العليا لمبادرات الذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة، من خلال إدراجها ضمن الأولويات الاستراتيجية وتخصيص الموارد اللازمة لها.

التفاصيل:

- عقد ورش عمل ولقاءات دورية للإدارة العليا لتعريفها بفوائد الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة الطاقة، وعرض التجارب الناجحة، وتقدير العائد على الاستثمار.

- إدراج أهداف كفاءة الطاقة وتطبيقات الذكاء الاصطناعي ضمن بطاقة الأداء المتوازن (Balanced Scorecard) للمنظمة ومؤشرات الأداء الرئيسية (KPIs) للإدارة العليا.

- تشكيل لجنة توجيهية عليا (Steering Committee) لمتابعة تنفيذ استراتيجية الذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة، برئاسة أحد كبار المسؤولين.

- تخصيص ميزانية كافية ومستدامة لمشاريع الذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة، مع ضمان استمرارية التمويل على المدى المتوسط والطويل.

الأساس النظري: تستند هذه التوصية إلى ما أكدته دراسة (Bensouda et al., 2024) من أن التزام الإدارة العليا يعتبر عاملاً حاسماً في نجاح تطبيق التكنولوجيا الذكية لتحقيق كفاءة الطاقة، وإلى نتائج الدراسة التي أظهرت أن التحديات الإدارية لها تأثير أكبر من التقنية.

٢. بناء وتطوير الكفاءات البشرية المتخصصة

التوصية: الاستثمار في بناء وتطوير الكفاءات البشرية المتخصصة في مجال الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات وإدارة الطاقة، من خلال التدريب والتوظيف والشراكات مع المؤسسات الأكاديمية.

التفاصيل:

- تصميم وتنفيذ برامج تدريبية متخصصة للموظفين في مجالات الذكاء الاصطناعي، التعلم الآلي، تحليل البيانات، وإدارة الطاقة الذكية.
- استقطاب الكفاءات المتخصصة في الذكاء الاصطناعي وعلوم البيانات من خلال برامج توظيف تنافسية وشراكات مع الجامعات ومراكز الأبحاث.
- إقامة شراكات استراتيجية مع الجامعات ومراكز التدريب لتطوير برامج أكاديمية وتدريبية متخصصة لاحتياجات المنظمة.
- إنشاء مركز تميز داخلي للذكاء الاصطناعي وإدارة الطاقة، يعمل على نشر المعرفة، ودعم المشاريع، وتطوير الكفاءات.
- تنظيم مؤتمرات وندوات دورية داخلياً وخارجياً لتبادل الخبرات والمعرفة حول أفضل الممارسات في تطبيق الذكاء الاصطناعي لإدارة الطاقة.

الأساس النظري: تستند هذه التوصية إلى ما أكدته دراسة (Liu et al., 2022) من أن نقص الكفاءات البشرية المدربة يشكل تحدياً رئيسياً، وإلى ما أشارت إليه دراسة (موسى وآخرون، ٢٠٢٥) من أهمية التدريب في نجاح تطبيقات الذكاء

الاصطناعي، وإلى نتائج التحليل الوصفي التي أظهرت ضعف مستوى التطبيق في المجالات المتقدمة التي تتطلب كفاءات متخصصة.

٣. تطوير آليات للتغلب على مقاومة التغيير

التوصية: العمل على تغيير الثقافة التنظيمية وتعزيز قبول الموظفين لتقنيات الذكاء الاصطناعي من خلال برامج التوعية والتواصل والمشاركة.

التفاصيل:

- تصميم وتنفيذ برامج توعية للموظفين حول فوائد الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة الطاقة، ودوره في تطوير العمل وليس استبدال الموظفين.
- إشراك الموظفين في عمليات التصميم والتطبيق لتقنيات الذكاء الاصطناعي، مما يعزز شعورهم بالملكية والانتماء.
- عرض قصص نجاح وتجارب إيجابية من مؤسسات أخرى لتشجيع الموظفين على تبني التقنيات الجديدة.
- تقديم حوافز مادية ومعنوية للموظفين المبدعين والمشاركين في مشاريع الذكاء الاصطناعي.
- إنشاء قنوات اتصال مفتوحة لتلقي ملاحظات الموظفين ومخاوفهم حول تطبيق الذكاء الاصطناعي والعمل على معالجتها.

الأساس النظري: تستند هذه التوصية إلى ما أشارت إليه دراسات إدارة التغيير (Kotter, 1996) من أهمية إشراك الموظفين وبناء ثقافة تقبل التغيير لنجاح أي تحول تقني، وإلى نتائج الدراسة التي أظهرت أن مقاومة التغيير تشكل تحدياً إدارياً رئيسياً.

٤. تعزيز التنسيق بين الإدارات المعنية

التوصية: تحسين التنسيق والتعاون بين الإدارات المعنية بالطاقة وتقنية المعلومات والإدارات التشغيلية لضمان تكامل جهود تطبيق الذكاء الاصطناعي.

التفاصيل:

- إنشاء فرق عمل مشتركة بين الإدارات المعنية لتطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة.
 - عقد اجتماعات دورية بين ممثلي الإدارات لمتابعة التقدم وتبادل المعلومات وحل المشكلات.
 - تطوير أنظمة معلومات متكاملة تسمح بتبادل البيانات بين الإدارات المختلفة.
 - توحيد المصطلحات والمعايير المستخدمة بين الإدارات لتسهيل التواصل والتعاون.
 - تحديد أدوار ومسؤوليات واضحة لكل إدارة في مشاريع الذكاء الاصطناعي لتجنب التضارب والازدواجية.
- الأساس النظري: تستند هذه التوصية إلى ما أكدته دراسة (Marino et al., 2024) من أهمية التنسيق بين الإدارات في نجاح تطبيق الذكاء الاصطناعي، وإلى نتائج الدراسة التي أظهرت أن ضعف التنسيق يشكل تحدياً إدارياً رئيسياً.

المحور الثالث: التوصيات المتعلقة بقياس الأثر والاستدامة

١. تطوير أنظمة متكاملة لقياس الأثر البيئي للذكاء الاصطناعي

التوصية: إنشاء أنظمة متخصصة لقياس الأثر البيئي لتطبيقات الذكاء الاصطناعي، بما في ذلك حساب التوفير في استهلاك الطاقة، وخفض الانبعاثات الكربونية، وتحسين الاستدامة البيئية.

التفاصيل:

- تطوير مؤشرات أداء بيئية محددة (Environmental KPIs) لقياس أثر الذكاء الاصطناعي على كفاءة الطاقة والاستدامة.
- إنشاء نظام معلومات متكامل لجمع وتحليل البيانات البيئية قبل وبعد تطبيق الذكاء الاصطناعي.
- إجراء تقييم دوري للأثر البيئي للذكاء الاصطناعي (مثل تقييم دورة الحياة LCA).
- اعتماد معايير دولية لقياس البصمة الكربونية وتقارير الاستدامة (مثل GRI ، SASB).
- ربط نتائج القياس البيئي بعمليات اتخاذ القرار والتخطيط الاستراتيجي.

الأساس النظري: تستند هذه التوصية إلى ما أكدته دراسة (Doroshuk, 2021) من أهمية قياس الأثر البيئي لتقييم كفاءة الذكاء الاصطناعي في قطاع الطاقة، وإلى نتائج الدراسة التي أظهرت غياب أنظمة القياس البيئي كأحد أسباب محدودية الأثر البيئي المدرك.

٢. تعزيز الوعي البيئي والاستدامة لدى الموظفين

التوصية: نشر الوعي بأهمية الاستدامة البيئية ودور الذكاء الاصطناعي في تحقيقها بين الموظفين على جميع المستويات.

التفاصيل:

- تنظيم حملات توعوية دورية حول الاستدامة البيئية وكفاءة الطاقة.
- إدراج موضوع الاستدامة البيئية في برامج التدريب والتطوير للموظفين.
- إنشاء منصة إلكترونية لنشر المعرفة والممارسات الجيدة في مجال الاستدامة البيئية والذكاء الاصطناعي.
- الاحتفاء بالإنجازات البيئية للموظفين والفرق المتميزة في مجال كفاءة الطاقة.
- ربط تقييم أداء الموظفين بمساهماتهم في تحقيق أهداف الاستدامة البيئية.

الأساس النظري: تستند هذه التوصية إلى ما أكدته نظرية المسؤولية الاجتماعية للشركات (CSR) من أهمية الوعي البيئي في تحقيق الاستدامة، وإلى نتائج الدراسة التي أظهرت أن ضعف الوعي البيئي يسهم في محدودية إدراك الأثر البيئي للذكاء الاصطناعي.

المحور الرابع: التوصيات المتعلقة بالسياسات والحوافز

١. تطوير سياسات تشجيعية لتبني الذكاء الاصطناعي في كفاءة الطاقة

التوصية: وضع سياسات تشجيعية وحوافز للموظفين والإدارات للمشاركة في مبادرات تطبيق الذكاء الاصطناعي لتحسين كفاءة الطاقة.

التفاصيل:

- إنشاء برنامج مكافآت وحوافز للفرق والأفراد المتميزين في تطبيق الذكاء الاصطناعي لتحسين كفاءة الطاقة.

- تقديم حوافز مالية للموظفين الذين يقدمون أفكاراً مبتكرة لتطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة.
 - الاعتراف بالإنجازات في مجال الذكاء الاصطناعي وكفاءة الطاقة من خلال جوائز سنوية وتكريم علني.
 - ربط الترقيات والتطوير الوظيفي بمساهمة الموظفين في مشاريع الذكاء الاصطناعي والاستدامة.
 - تخصيص ميزانيات تشجيعية للإدارات لتنفيذ مشاريع تجريبية في مجال الذكاء الاصطناعي وكفاءة الطاقة.
- الأساس النظري: تستند هذه التوصية إلى نظريات التحفيز (مثل نظرية هيرزبرج، نظرية التوقع) التي تؤكد على أهمية الحوافز في تحفيز السلوكيات الإيجابية، وإلى ما أشارت إليه دراسة (Yao et al., 2023) من أهمية الحوافز في تعزيز تطبيق الذكاء الاصطناعي.

٢. الاستفادة من التجارب العالمية الناجحة

التوصية: دراسة وتبني أفضل الممارسات والتجارب العالمية الناجحة في تطبيق الذكاء الاصطناعي لتحسين كفاءة الطاقة، مع تكييفها مع السياق المحلي.

التفاصيل:

- إجراء دراسات مقارنة مع مؤسسات عالمية رائدة في تطبيق الذكاء الاصطناعي لكفاءة الطاقة.
 - الاستفادة من التقارير الدولية) مثل تقارير الوكالة الدولية للطاقة IEA ، والبنك الدولي (حول أفضل الممارسات.
 - المشاركة في المنتديات والمؤتمرات الدولية المتخصصة في الذكاء الاصطناعي والطاقة.
 - بناء شراكات مع مؤسسات دولية وخبراء عالميين للاستفادة من خبراتهم في تطبيق الذكاء الاصطناعي.
 - تطوير برامج تبادل معرفي وخبرات مع مؤسسات عالمية متميزة في مجال الذكاء الاصطناعي وكفاءة الطاقة.
- الأساس النظري: تستند هذه التوصية إلى مفهوم التعلم التنظيمي (Organizational Learning) وأهمية الاستفادة من تجارب الآخرين في تسريع عملية التحول، وإلى ما أكدته دراسة (Tabaku et al., 2025) من أهمية الاطلاع على التجارب العالمية الناجحة.

المحور الخامس: التوصيات المتعلقة بالشراكات والبحث والتطوير

١. تعزيز الشراكات مع مراكز الأبحاث والجامعات

التوصية: إقامة شراكات استراتيجية مع الجامعات ومراكز الأبحاث المتخصصة في الذكاء الاصطناعي والطاقة لتطوير حلول مبتكرة وتوطين المعرفة.

التفاصيل:

- إنشاء برامج بحثية مشتركة مع الجامعات لتطوير تطبيقات ذكاء اصطناعي مخصصة لاحتياجات المنظمة.
- استضافة طلاب الدراسات العليا والباحثين للقيام بمشاريع بحثية تطبيقية في مجال الذكاء الاصطناعي وكفاءة الطاقة.
- توقيع اتفاقيات تعاون مع مراكز الأبحاث المحلية والدولية لتبادل المعرفة والخبرات.
- المشاركة في المشاريع البحثية الوطنية والدولية في مجال الذكاء الاصطناعي والطاقة.
- إنشاء كرسي بحثي أو مختبر أبحاث مشترك مع إحدى الجامعات في مجال الذكاء الاصطناعي وإدارة الطاقة.

الأساس النظري: تستند هذه التوصية إلى مفهوم الابتكار المفتوح (Open Innovation) وأهمية التعاون بين المؤسسات والأوساط الأكاديمية في تطوير الحلول المبتكرة، وإلى ما أشارت إليه دراسة (Liu et al., 2022) من أهمية الشراكات في تعزيز تطبيقات الذكاء الاصطناعي.

٢. إنشاء وحدة متخصصة للذكاء الاصطناعي وإدارة الطاقة

التوصية: إنشاء وحدة تنظيمية متخصصة (أو مكتب إدارة مشاريع) مسؤولة عن متابعة وتطوير تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة.

التفاصيل:

- إنشاء إدارة أو وحدة مستقلة (أو ضمن إدارة الطاقة أو التحول الرقمي) تتولى مسؤولية تطبيق الذكاء الاصطناعي في كفاءة الطاقة.

- تزويد الوحدة بالموارد البشرية والمالية والتقنية اللازمة لأداء مهامها.
 - تحديد مهام الوحدة لتشمل: التخطيط، التنفيذ، المتابعة، التقييم، والتطوير المستمر.
 - ربط الوحدة مباشرة بالإدارة العليا لضمان الدعم والمتابعة الفعالة.
 - إنشاء آليات دورية لتقييم أداء الوحدة ومدى تحقيقها للأهداف المحددة.
- الأساس النظري: تستند هذه التوصية إلى مبادئ إدارة المشاريع وهيكل المنظمات، التي تؤكد على أهمية وجود جهة مسؤولة ومختصة لضمان نجاح المبادرات الاستراتيجية، وإلى نتائج الدراسة التي أظهرت أن غياب الاستراتيجية وضعف التنسيق من التحديات الرئيسية.

خامساً: مقترحات للدراسات المستقبلية

في ضوء نتائج الدراسة وتحدياتها الميدانية، وفي إطار السعي لتوسيع المعرفة حول دور الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة استهلاك الطاقة في المنظمات، تقترح الدراسة عدداً من المجالات للبحوث المستقبلية التي يمكن أن تسهم في سد الفجوات المعرفية وتعميق الفهم لهذا الموضوع الحيوي:

١. دراسات تطبيقية في مؤسسات حكومية أخرى

المقترح: إجراء دراسات مماثلة في مؤسسات حكومية أخرى (مثل الوزارات، الجامعات، المدن الصناعية، المستشفيات) لتقييم دور الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة الطاقة في سياقات مختلفة، ومقارنة النتائج مع نتائج الدراسة الحالية.

الأساس: بما أن الدراسة الحالية اقتصررت على نطاق محدد من المنظمات، فإن إجراء دراسات في مؤسسات أخرى سيمكن من تعميم النتائج، وتحديد العوامل المؤسسية التي تؤثر على فاعلية الذكاء الاصطناعي، وبناء نماذج تنبؤية أكثر شمولاً.

٢. دراسات تطبيقية في القطاع الخاص

المقترح: دراسة دور الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة الطاقة في مؤسسات القطاع الخاص (مثل المصانع، الفنادق، مراكز البيانات، شركات الاتصالات)، ومقارنتها مع القطاع الحكومي.

الأساس: تختلف طبيعة العمل، وأهداف الأداء، وهيكـل الحوافز، ومستوى المرونة بين القطاعين الحكومي والخاص، مما قد يؤدي إلى اختلافات في فاعلية تطبيق الذكاء الاصطناعي. ومقارنة النتائج بين القطاعين يمكن أن تقدم رؤى قيمة لتحسين الممارسات في كلا القطاعين.

٣. دراسات طولية (Longitudinal Studies)

المقترح: إجراء دراسات طولية تتابع أثر تطبيق الذكاء الاصطناعي على كفاءة استهلاك الطاقة على مدى عدة سنوات (٣-٥ سنوات) لقياس التطور في الأداء، وتحديد الأنماط الزمنية، وتقييم استدامة الأثر.

الأساس: نظراً لأن الدراسة الحالية اعتمدت على بيانات مقطعية (Cross-Sectional)، فإن الدراسات الطولية يمكن أن تقدم فهماً أعمق للتطور الزمني لأثر الذكاء الاصطناعي، وتحديد مراحل النضج، وعوامل النجاح في كل مرحلة، وهو ما أشارت إليه دراسة (Doroshuk, 2021) حول أهمية المنظور طويل المدى في قياس كفاءة الذكاء الاصطناعي.

٤. دراسات تركز على التحديات الإدارية

المقترح: إجراء دراسات معمقة تركز على التحديات الإدارية والتنظيمية التي تواجه تطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة، مع التركيز على دور القيادة، الثقافة التنظيمية، وإدارة التغيير.

الأساس: أظهرت نتائج الدراسة الحالية أن التحديات الإدارية لها تأثير أكبر من التحديات التقنية، مما يستدعي دراسات أكثر تعمقاً لفهم هذه التحديات وسبل معالجتها، وهو ما أكدته دراسات (Bensouda et al., 2024) و (Marino et al., 2024).

٥. دراسات تركز على الأثر البيئي للذكاء الاصطناعي

المقترح: إجراء دراسات متخصصة تركز على قياس الأثر البيئي للذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة الطاقة، باستخدام مؤشرات بيئية كمية مثل خفض الانبعاثات الكربونية، وتقليل البصمة البيئية، وتحسين الاستدامة.

الأساس: أظهرت نتائج الدراسة الحالية محدودية الأثر البيئي المدرك للذكاء الاصطناعي، مما يستدعي دراسات أكثر دقة تستخدم مؤشرات بيئية كمية لقياس هذا الأثر بشكل موضوعي، وتحديد العوامل التي تعززه.

٦. دراسات مقارنة بين تقنيات الذكاء الاصطناعي المختلفة

المقترح: إجراء دراسات مقارنة بين تقنيات الذكاء الاصطناعي المختلفة (مثل التعلم الآلي، التعلم العميق، الشبكات العصبية، الأنظمة الخبيرة) في تحسين كفاءة الطاقة، لتحديد التقنيات الأكثر فاعلية في سياقات محددة.

الأساس: تتنوع تقنيات الذكاء الاصطناعي في تطبيقاتها وفعاليتها، وقد تختلف فعاليتها حسب نوع المنظمة، وطبيعة استهلاك الطاقة، والبنية التحتية المتاحة. الدراسات المقارنة يمكن أن تساعد في اختيار التقنية المناسبة لكل سياق.

٧. دراسات حول الجوانب الأخلاقية والقانونية

المقترح: دراسة الجوانب الأخلاقية والقانونية لتطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة، مثل خصوصية البيانات، والشفافية، والمساءلة، والأطر التنظيمية.

الأساس: مع تزايد تطبيق الذكاء الاصطناعي في مختلف المجالات، تبرز تحديات أخلاقية وقانونية تتطلب الدراسة والتنظيم، وهو ما أشارت إليه دراسة (الشبيلات، ٢٠٢٤) حول غياب الأطر التشريعية في بعض الدول.

خلاصة الفصل

خلص الفصل الخامس إلى مناقشة معمقة لنتائج الدراسة، حيث تم ربطها بالإطار النظري والدراسات السابقة، وتفسيرها في ضوء السياق المؤسسي العام. وقد توصلت الدراسة إلى ست استنتاجات رئيسية، أبرزها وجود علاقة إيجابية قوية بين الذكاء الاصطناعي وكفاءة الطاقة، وتأثير التحديات الإدارية والتقنية في الحد من فاعلية الذكاء الاصطناعي، ومحدودية الأثر البيئي له في المراحل الحالية من التطبيق.

كما قدمت الدراسة مجموعة شاملة من التوصيات العملية في خمسة محاور رئيسية، تغطي تعزيز تطبيق الذكاء الاصطناعي، ومعالجة التحديات الإدارية والتقنية، وقياس الأثر والاستدامة، وتطوير السياسات والحوافز، وتعزيز الشراكات والبحث والتطوير. واختتم الفصل بسبعة مقترحات للدراسات المستقبلية التي يمكن أن تساهم في توسيع المعرفة في هذا المجال الحيوي.

Abstract

This study explores the role of artificial intelligence (AI) systems in improving energy consumption efficiency in organizations. The study adopted the descriptive analytical approach, which aims to describe the phenomenon as it exists in reality and analyze the relationships between its variables, making it suitable for this type of research. It relied on a questionnaire as the primary tool for data collection, distributed to a stratified random sample of (196) employees working in governmental and private organizations in Riyadh, in addition to semi-structured interviews with officials and a review of official documents.

The results showed a moderate to strong positive correlation between the level of AI systems application (as perceived by employees) and energy consumption efficiency, with a correlation coefficient of ($r = 0.683$) at a significance level of ($\alpha \leq 0.01$). Regression analysis revealed that AI explains approximately (46.6%) of the variance in energy consumption efficiency, while the remaining percentage is attributed to other factors not included in the study. The findings also revealed the existence of administrative and technical challenges that limit the effectiveness of AI, explaining approximately (41.8%) of the variance in energy efficiency, with administrative and human challenges having a greater impact than technical ones. In contrast, the results showed that the perceived impact of AI on reducing energy waste and enhancing environmental sustainability remains below the desired level, with the mean responses regarding this impact being below the neutral level (2.70 out of 5.00), indicating a gap between the theoretical potential of AI and its actual utilization.

These findings are consistent with previous studies (Parikh, 2025; Tabaku et al., 2025) that highlighted the promising potential of AI in improving energy efficiency, but they confirm the existence of a gap between this potential and the actual level of application in the organizations under study. The study concluded that most organizations in the sample possess a moderate level of digital infrastructure (3.39 out of 5.00), but the level of AI application in energy management remains low (2.63 out of 5.00), indicating a clear gap between available capabilities and their actual utilization.

The study recommended that decision-makers in the organizations under study adopt an integrated strategy for applying AI in energy management, which includes: enhancing senior management commitment, investing in human competencies, developing impact measurement systems, and expanding the scope of smart applications to include more advanced areas such as predictive maintenance, demand forecasting, and load distribution optimization, while integrating environmental sustainability goals into the AI strategy.

Keywords: Artificial Intelligence, Energy Consumption Efficiency, Environmental Sustainability, Organizations.

المراجع

أولاً: المراجع العربية

- جمال الدين، محمد زرقون، و بن ختو، فريد. (٢٠١٧). محددات استهلاك الطاقة الكهربائية: دراسة اقتصادية قياسية لشركة توزيع الكهرباء والغاز وسط للفترة ٢٠٠٩ - ٢٠١٦ (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة قاصدي مرباح - ورقلة، ورقلة.
- الشبيلات، بكر محمد عطية. (٢٠٢٤). دور الذكاء الاصطناعي في تعزيز التعليم الإلكتروني: دراسة تطبيقية على النظام التعليمي الأردني. جرش للبحوث والدراسات، مج ٢٤، عدد خاص، ١٢٥ - ١٤٣.
- الشقاوي، محمد بن ناصر. (٢٠٠٨). وسائل ترشيد استهلاك موارد الطاقة. آراء حول الخليج، ع ٤٣، ٧٠ - ٧١.
- عقون، شراف، وكافي، فريدة. (٢٠١٨). ترشيد استهلاك الطاقة: السبيل نحو تحقيق النمو المستدام في الجزائر. مجلة العلوم الإنسانية، ع ٤٩، ٣٣٥ - ٣٥١.
- القطيشات، سمير إبراهيم. (٢٠٢١). دور البلديات في ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية: دراسة حالة بلدية السلط الكبرى. المجلة العربية للنشر العلمي، ع ٣٨، ٤٠٦ - ٤١٢.
- محارب، عبدالعزيز قاسم. (٢٠٢٣). الذكاء الاصطناعي: مفهومه وتطبيقاته. مجلة المال والتجارة، ع ٦٥٢، ٤ - ٢٣.
- موسى، عبدالستار عبدالجبار. (٢٠٠٧). استهلاك الطاقة الدولي وآفاق المستقبلية. مجلة الإدارة والاقتصاد، ع ٦٦، ٣١ - ٦٠.
- موسى، محمد علي عيسى، المبارك، حسن الفاتح الحسين محمد الحسين، و حاج منصور، عازة حسن فتح الرحمن. (٢٠٢٥). دور الذكاء الاصطناعي في تسريع التحول الرقمي بالجامعات السودانية: دراسة فاعلية تدريب أعضاء هيئة التدريس على ربط أنظمة التعلم الإلكتروني. مجلة رماح للبحوث والدراسات، ع ١٢٣، ٥٥٦ - ٥٨٢.
- يغان، محمد فيصل. (٢٠٠٨). ترشيد استهلاك الطاقة في المنازل. رسالة المعلم، مج ٤٦، ع ٤، ٢٠ - ٢٣.

- Bensouda, M., Benali, M., Rhouri, M., & Meyabe, M. H. (2024, May). The role of top management commitment in enhancing energy efficiency through artificial intelligence. In International Conference on Digital Technologies and Applications (pp. 414-423). Cham: Springer Nature Switzerland.
- Chen, C., Hu, Y., Karuppiah, M., & Kumar, P. M. (2021). Artificial intelligence on economic evaluation of energy efficiency and renewable energy technologies. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 47, 101358.
- Doroshuk, H. (2021). Prospects and efficiency measurement of artificial intelligence in the management of enterprises in the energy sector in the era of Industry 4.0. *Polityka Energetyczna*, 24.
- Farzaneh, H., Malehmirchegini, L., Bejan, A., Afolabi, T., Mulumba, A., & Daka, P. P. (2021). Artificial intelligence evolution in smart buildings for energy efficiency. *Applied Sciences*, 11(2), 763.
- Isaev, E. A. E., Kornilov, V. V., & Grigor'ev, A. A. (2023). Data center efficiency model: a new approach and the role of artificial intelligence., 18(1), 215-227.
- Kelechi, A. H., Alsharif, M. H., Bameyi, O. J., Ezra, P. J., Joseph, I. K., Atayero, A. A., ... & Hong, J. (2020). Artificial intelligence: An energy efficiency tool for enhanced high-performance computing. *Symmetry*, 12(6), 1029.
- Kharaghani, F., Kasrai, A., & Mehrmanesh, H. (2024). Providing a Model for Enhancing Energy Consumption Efficiency in Industrial Units Based on Artificial Intelligence. *Management Strategies and Engineering Sciences*, 6(1), 141-150.

- Liu, J., Qian, Y., Yang, Y., & Yang, Z. (2022). Can artificial intelligence improve the energy efficiency of manufacturing companies? Evidence from China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(4), 2091.
- Marino, A., Pariso, P., & Picariello, M. (2024). Organizational and energy efficiency analysis of Italian hospitals and identification of improving AI solutions. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 14(6), 628-640.
- Miller, T., Durlik, I., Kostecka, E., Łobodzińska, A., & Matuszak, M. (2024). The emerging role of artificial intelligence in enhancing energy efficiency and reducing GHG emissions in transport systems. *Energies*, 17(24), 6271.
- Parikh, S. (2025). The Role of Artificial Intelligence in Energy Optimization and Efficiency. *Journal of Energy and Power Engineering*, 19, 85-90.
- Rizvi, M. (2023). Powering efficiency: Exploring artificial intelligence for real-time energy management in buildings. *Journal of Engineering Research and Reports*, 25(3), 7-12.
- Tabaku, E., Vyshka, E., Kapçiu, R., Shehi, A., & Smajli, E. (2025). Utilizing artificial intelligence in energy management systems to improve carbon emission reduction and sustainability. *Jurnal Ilmiah Ilmu Terapan Universitas Jambi*, 9(1), 393-405.
- Yao, F., Qin, Z., Wang, X., Chen, M., Noor, A., Sharma, S., ... & Hunjet, A. (2023). The evolution of renewable energy environments utilizing artificial intelligence to enhance energy efficiency and finance. *Heliyon*, 9(5).
- Zakizadeh, M., & Zand, M. (2024, February). Transforming the energy sector: Unleashing the potential of AI-driven energy intelligence, energy business intelligence, and energy management system for

enhanced efficiency and sustainability. In 2024 20th CSI International Symposium on Artificial Intelligence and Signal Processing (AISP) (pp. 1-7). IEEE.

Zekić-Sušac, M., Mitrović, S., & Has, A. (2021). Machine learning based system for managing energy efficiency of public sector as an approach towards smart cities. *International journal of information management*, 58, 102074.

الملاحق

ملحق رقم (١): استبيان الدراسة

جامعة ميدأوشن

كلية الإدارة

قسم / تخصص: إدارة الأعمال

استبيان حول: دور أنظمة الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة استهلاك الطاقة في المنظمات

دراسة تطبيقية على إحدى المنظمات

إعداد الطالب:

عمر بن رجب الزهراني

الرقم الأكاديمي (٢٥٣٠٠٠٩٨٠)

إشراف

د. الفيصل عبد الحميد محمد حسن

د. فايز جراد

العام الدراسي:

٢٠٢٦ م - ١٤٤٨ هـ

السادة / الموظفون المحترمون،

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته،

يقوم الباحث بإجراء دراسة بعنوان "دور أنظمة الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة استهلاك الطاقة في المنظمات"، وذلك استكمالاً لمتطلبات الحصول على درجة الماجستير في إدارة الأعمال من جامعة ميد أوشن.

يهدف هذا الاستبيان إلى جمع البيانات والمعلومات اللازمة للتعرف على دور أنظمة الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة استهلاك الطاقة في المنظمات، والتحديات التي تواجه تطبيقها، واستراتيجيات تعزيز الاستفادة منها. ونظراً لأهمية رأيكم وخبراتكم في إثراء هذه الدراسة، نأمل منكم التكرم بالإجابة على جميع فقرات الاستبيان بكل دقة وموضوعية.

علماً بأن جميع البيانات التي سيتم تقديمها ستُستخدم للأغراض الأكاديمية فقط، وستُعالج بسرية تامة، ولن تُستخدم لأي غرض آخر خارج نطاق هذه الدراسة. كما أن المشاركة في هذا الاستبيان تطوعية، ويمكنكم الانسحاب في أي وقت دون أي التزام.

أشكركم جزيل الشكر على وقتكم وتعاونكم، ونسأل الله أن يوفقنا جميعاً لما فيه الخير.

أولاً: البيانات الديموغرافية

يرجى وضع علامة (✓) في المربع المناسب لكل فقرة:

الفقرة	الخيارات (ضع علامة ✓)
الجنس	☐ ذكر ☐ أنثى
الفئة العمرية	☐ أقل من ٢٥ سنة ☐ 25 - 34 سنة ☐ 35 - 44 سنة ☐ 45 - 54 سنة ☐ 55 سنة فأكثر
المؤهل العلمي	☐ ثانوية عامة ☐ دبلوم / بكالوريوس ☐ ماجستير ☐ دكتوراه
سنوات الخبرة	☐ أقل من ٥ سنوات ☐ 5 - 10 سنوات ☐ 11 - 15 سنة ☐ 16 - 20 سنة ☐ أكثر من ٢٠ سنة
القسم/الإدارة	☐ إدارة المرافق والطاقة ☐ إدارة تقنية المعلومات والتحول الرقمي ☐ الإدارات المالية والإدارية ☐ الإدارات التشغيلية (فنية، معامل، مختبرات) ☐ إدارات أخرى (دعم، تدقيق، تخطيط)
المستوى الوظيفي	☐ إدارة عليا (مدير عام، مساعد مدير) ☐ إدارة وسطى (رؤساء أقسام، مشرفون) ☐ موظفون مختصون (مهندسون، محللون، مختصو طاقة) ☐ موظفون عموميون (إداريون، تشغيليون)

ثانياً: محاور الاستبيان

يرجى وضع علامة (✓) في الخانة المناسبة لكل فقرة:

المحور الأول: توفر البنية التحتية لتطبيق الذكاء الاصطناعي

الرقم	الفقرة	غير موافق بشدة (1)	غير موافق (2)	محايد (3)	موافق (4)	موافق بشدة (5)
1	تتوفر في المنظمة شبكات حاسوبية عالية السرعة تدعم تطبيقات الذكاء الاصطناعي	☐	☐	☐	☐	☐
2	تمتلك المنظمة أنظمة تخزين بيانات مركزية تسمح بتحليل كميات كبيرة من البيانات	☐	☐	☐	☐	☐
3	تتوفر في المنظمة بنية تحتية سحابية تدعم تطبيقات الذكاء الاصطناعي	☐	☐	☐	☐	☐
4	تمتلك المنظمة أجهزة استشعار (Sensors) لمراقبة استهلاك الطاقة في المباني	☐	☐	☐	☐	☐
5	تتوفر أنظمة تحكم آلية (مثل BMS) لإدارة المرافق والطاقة	☐	☐	☐	☐	☐
6	تمتلك المنظمة قواعد بيانات موثقة ومنظمة عن استهلاك الطاقة	☐	☐	☐	☐	☐
7	تتوفر البرمجيات والتطبيقات اللازمة لتطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي	☐	☐	☐	☐	☐
8	توجد خطط واضحة لتطوير البنية التحتية الرقمية في المنظمة	☐	☐	☐	☐	☐

المحور الثاني: مستوى تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة

الرقم	الفقرة	غير موافق بشدة (1)	غير موافق (2)	محايد (3)	موافق (4)	موافق بشدة (5)
9	تستخدم المنظمة أنظمة ذكاء اصطناعي لمراقبة استهلاك الطاقة في الوقت الفعلي	☐	☐	☐	☐	☐

الرقم	الفقرة	غير موافق بشدة (1)	غير موافق (2)	محايد (3)	موافق (4)	موافق بشدة (5)
10	يتم استخدام تقنيات التعلم الآلي لتحليل أنماط استهلاك الطاقة	☐	☐	☐	☐	☐
11	تستخدم المنظمة أنظمة تنبؤية لتوقع الطلب على الطاقة في المستقبل	☐	☐	☐	☐	☐
12	يتم تطبيق أنظمة ذكاء اصطناعي لتحسين توزيع الأحمال الكهربائية	☐	☐	☐	☐	☐
13	تستخدم المنظمة أنظمة صيانة تنبؤية تعتمد على الذكاء الاصطناعي للمعدات	☐	☐	☐	☐	☐
14	يتم استخدام الذكاء الاصطناعي لتحسين كفاءة أنظمة التكييف والتبريد	☐	☐	☐	☐	☐
15	تبنى المنظمة حلولاً ذكية للتحكم في الإضاءة بناءً على الإشغال والإضاءة الطبيعية	☐	☐	☐	☐	☐

المحور الثالث: أثر الذكاء الاصطناعي على كفاءة استهلاك الطاقة

الرقم	الفقرة	غير موافق بشدة (1)	غير موافق (2)	محايد (3)	موافق (4)	موافق بشدة (5)
16	ساهم تطبيق الذكاء الاصطناعي في تقليل استهلاك الطاقة في المنظمة	☐	☐	☐	☐	☐
17	أدى الذكاء الاصطناعي إلى تحسين كفاءة استهلاك الطاقة في المباني	☐	☐	☐	☐	☐
18	ساعدت أنظمة الذكاء الاصطناعي في خفض التكاليف التشغيلية للطاقة	☐	☐	☐	☐	☐
19	أدى تطبيق الذكاء الاصطناعي إلى تقليل الهدر الطاقى في العمليات التشغيلية	☐	☐	☐	☐	☐
20	ساهم الذكاء الاصطناعي في تحسين دقة التنبؤ باستهلاك الطاقة	☐	☐	☐	☐	☐
21	أدى تطبيق الأنظمة الذكية إلى زيادة الاستدامة البيئية للمنظمة	☐	☐	☐	☐	☐

الرقم	الفقرة	غير موافق بشدة (1)	غير موافق (2)	محايد (3)	موافق (4)	موافق بشدة (5)
22	ساعد الذكاء الاصطناعي في تقليل الانبعاثات الكربونية الناتجة عن أنشطة المنظمة	☐	☐	☐	☐	☐
23	أدت الأنظمة الذكية إلى تحسين أداء معدات الطاقة وزيادة كفاءتها	☐	☐	☐	☐	☐
24	ساهم الذكاء الاصطناعي في ترشيد استهلاك الطاقة في المرافق التشغيلية (المختبرات، المعامل، وغيرها)	☐	☐	☐	☐	☐
25	أدى تطبيق الذكاء الاصطناعي إلى خفض الفاقد في شبكات توزيع الطاقة	☐	☐	☐	☐	☐

المحور الرابع: التحديات التقنية لتطبيق الذكاء الاصطناعي

الرقم	الفقرة	غير موافق بشدة (1)	غير موافق (2)	محايد (3)	موافق (4)	موافق بشدة (5)
26	تواجه المنظمة تحديات في البنية التحتية الرقمية اللازمة لتطبيق الذكاء الاصطناعي	☐	☐	☐	☐	☐
27	تعاني المنظمة من نقص البيانات المنظمة والموثوقة لتشغيل أنظمة الذكاء الاصطناعي	☐	☐	☐	☐	☐
28	تواجه المنظمة صعوبات في دمج أنظمة الذكاء الاصطناعي مع الأنظمة القائمة حالياً	☐	☐	☐	☐	☐
29	تفتقر المنظمة إلى البرمجيات والأدوات التقنية المتخصصة لتطبيقات الذكاء الاصطناعي	☐	☐	☐	☐	☐
30	تشكل تكاليف تطبيق وصيانة أنظمة الذكاء الاصطناعي تحدياً للمنظمة	☐	☐	☐	☐	☐
31	تواجه المنظمة تحديات في أمن وحماية بيانات الطاقة من المخاطر السيبرانية	☐	☐	☐	☐	☐

المحور الخامس: التحديات الإدارية والبشرية لتطبيق الذكاء الاصطناعي

الرقم	الفقرة	غير موافق بشدة (1)	غير موافق (2)	محايد (3)	موافق (4)	موافق بشدة (5)
32	يعاني التطبيق من ضعف التزام ودعم الإدارة العليا لمشاريع الذكاء الاصطناعي	☐	☐	☐	☐	☐
33	تواجه المنظمة نقصاً في الكفاءات والمهارات البشرية المتخصصة في الذكاء الاصطناعي	☐	☐	☐	☐	☐
34	يقاوم بعض الموظفين تبني واستخدام أنظمة الذكاء الاصطناعي في العمل	☐	☐	☐	☐	☐
35	تفتقر المنظمة إلى استراتيجية واضحة لتطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة	☐	☐	☐	☐	☐
36	يعاني التطبيق من ضعف التنسيق بين الإدارات المعنية بالطاقة والتقنية	☐	☐	☐	☐	☐
37	تعاين مشاريع الذكاء الاصطناعي من محدودية الميزانيات المخصصة لها	☐	☐	☐	☐	☐

المحور السادس: استراتيجيات تعزيز الاستفادة من الذكاء الاصطناعي في ترشيد الطاقة

الرقم	الفقرة	غير موافق بشدة (1)	غير موافق (2)	محايد (3)	موافق (4)	موافق بشدة (5)
38	أعتقد أن وضع استراتيجية وطنية واضحة للذكاء الاصطناعي في كفاءة الطاقة ضروري	☐	☐	☐	☐	☐
39	أعتقد أن زيادة الاستثمار في البنية التحتية الرقمية يعزز تطبيق الذكاء الاصطناعي	☐	☐	☐	☐	☐
40	أرى أن تدريب وتأهيل الكوادر البشرية من أهم عوامل نجاح تطبيق الذكاء الاصطناعي	☐	☐	☐	☐	☐
41	أعتقد أن تعزيز الشراكات مع مراكز الأبحاث والجامعات يساهم في تطوير التطبيقات	☐	☐	☐	☐	☐

الرقم	الفقرة	غير موافق بشدة (1)	غير موافق (2)	محايد (3)	موافق (4)	موافق بشدة (5)
42	أرى أهمية تطوير أنظمة قياس وتقييم لأثر الذكاء الاصطناعي على كفاءة الطاقة	☐	☐	☐	☐	☐
43	أعتقد أن نشر الوعي بأهمية الذكاء الاصطناعي في ترشيد الطاقة يعزز نجاح التطبيق	☐	☐	☐	☐	☐
44	أرى ضرورة توفير حوافز للموظفين للمشاركة في مبادرات كفاءة الطاقة باستخدام الذكاء الاصطناعي	☐	☐	☐	☐	☐
45	أعتقد أن تبني تجارب وممارسات عالمية ناجحة يعزز فاعلية تطبيق الذكاء الاصطناعي	☐	☐	☐	☐	☐

شكراً جزيلاً على تعاونكم ووقتكم الثمين

ملاحظات أو اقتراحات إضافية:

.....

.....

.....