

عنوان البحث

التحول الرقمي وتطبيقاته في إدارة المرافق والاستدامة

إعداد الطالب / حمدين عبيد حمدين

إشراف /

العام الدراسي:

2025

1-1 مقدمة :

يشهد العالم المعاصر تحولات متسارعة في مختلف المجالات الاقتصادية والتكنولوجية والبيئية، نتيجة الثورة الصناعية الرابعة، والتطور المتقدم في تقنيات الذكاء الاصطناعي، وتحليلات البيانات الضخمة، وإنترنت الأشياء، والحوسبة السحابية. وقد انعكس هذا التحول بشكل مباشر على أساليب الإدارة المؤسسية، لا سيما في مجالات التشغيل وإدارة الأصول والبنية التحتية.

في هذا السياق، أصبحت المؤسسات مطالبة بتحقيق معادلة معقدة تجمع بين الكفاءة التشغيلية، وخفض التكاليف، والامتثال البيئي، وتحقيق الاستدامة طويلة الأجل. ولم يعد مقبولا التركيز فقط على تعظيم الأرباح قصيرة الأجل دون مراعاة الأثر البيئي والاجتماعي، بل أصبحت الاستدامة عنصراً استراتيجياً أساسياً في تقييم الأداء المؤسسي.

وتُعد إدارة المرافق (Facility Management) من المجالات الحيوية التي تقع في قلب هذه التحولات، نظراً لدورها المباشر في تشغيل المباني والمنشآت، وإدارة الطاقة والمياه، وصيانة الأصول، وضمان استمرارية العمليات التشغيلية. وتشير الإحصاءات الدولية إلى أن المباني مسؤولة عن نسبة كبيرة من استهلاك الطاقة والانبعاثات الكربونية عالمياً، مما يجعل إدارة المرافق عنصراً محورياً في تحقيق أهداف الاستدامة البيئية.

إلا أن إدارة المرافق التقليدية كانت تعتمد غالباً على الصيانة التصحيحية ورد الفعل، مما يؤدي إلى:

- ارتفاع تكاليف التشغيل
- تكرار الأعطال المفاجئة
- ضعف استغلال الأصول

- ارتفاع استهلاك الطاقة

- محدودية الرؤية الاستباقية

ومع ظهور تقنيات الذكاء الاصطناعي، أصبحت هناك إمكانية حقيقية لتحويل إدارة المرافق من نموذج تفاعلي إلى نموذج استباقي ذكي قائم على التحليل التنبؤي واتخاذ القرار في الزمن الحقيقي.

فالذكاء الاصطناعي يمكن المؤسسات من:

- التنبؤ بالأعطال قبل وقوعها عبر تحليل بيانات المستشعرات

- تحسين استهلاك الطاقة وفق أنماط الاستخدام الفعلي

- تحليل الأداء التشغيلي للأصول عبر نماذج خوارزمية

- تحسين استغلال المساحات بناءً على بيانات الإشغال

- دعم تقارير الاستدامة البيئية والاجتماعية

وبالتالي، فإن دمج الذكاء الاصطناعي في ممارسات الإدارة المستدامة للمرافق لا يمثل مجرد تحسين تقني، بل يمثل تحولاً استراتيجياً يعيد تعريف دور إدارة المرافق كمحرك أساسي للاستدامة المؤسسية.

ومن هنا تنبع أهمية دراسة العلاقة بين:

- تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المرافق

- الكفاءة التشغيلية

- الاستدامة المؤسسية

حيث يُفترض أن الذكاء الاصطناعي يعزز الكفاءة التشغيلية، والتي بدورها تعزز الاستدامة المؤسسية بأبعادها الثلاثة (الاقتصادية، البيئية، الاجتماعية).

2-1 مشكلة الدراسة :

تشهد المؤسسات في العصر الحديث تحولات كبيرة نتيجة التغيرات الاقتصادية والتكنولوجية والبيئية، حيث أصبحت الاستدامة أحد المحاور الرئيسية في استراتيجيات المؤسسات والحكومات حول العالم. ويعد قطاع إدارة المرافق (Facility Management) من القطاعات الحيوية التي تؤثر بشكل مباشر على كفاءة تشغيل المباني والمنشآت، واستهلاك الطاقة والمياه، وجودة بيئة العمل داخل المؤسسات.

على الرغم من التطور السريع في تقنيات الذكاء الاصطناعي، إلا أن العديد من المؤسسات لا تزال تعتمد على نماذج تشغيل تقليدية في إدارة مرافقها، مما يؤدي إلى ارتفاع تكاليف الصيانة، وزيادة استهلاك الموارد، وضعف التكامل بين الأهداف البيئية والعمليات التشغيلية.

وتتمثل المشكلة في عدة أبعاد:

1. ضعف استخدام التحليلات التنبؤية في الصيانة.
2. عدم تكامل أنظمة إدارة الطاقة مع أنظمة البيانات الذكية.
3. غياب مؤشرات قياس واضحة تربط بين تطبيقات الذكاء الاصطناعي والكفاءة التشغيلية.
4. عدم وضوح الدور الاستراتيجي لإدارة المرافق في تحقيق الاستدامة.
5. محدودية استخدام التقنيات الذكية في إدارة المرافق.

عدم وضوح أثر دمج الذكاء الاصطناعي في ممارسات الإدارة المستدامة للمرافق على الكفاءة التشغيلية، ودور هذه الكفاءة في تعزيز إدارة المرافق كمحرك للاستدامة المؤسسية، على الرغم من التوجه الاستراتيجي في المملكة العربية السعودية نحو تعزيز الاستدامة وتحسين كفاءة استخدام الموارد في إطار رؤية السعودية 2030، إلا أن تطبيق ممارسات الإدارة المستدامة للمرافق في العديد من المؤسسات ما يزال محدوداً أو غير واضح، كما أن تأثير هذه الممارسات على الكفاءة التشغيلية للمؤسسات لم يتم دراسته بشكل كافٍ في البيئة السعودية.

ومما سبق يمكننا تلخيص مشكلة الدراسة لافي الاجابة على التساؤل الاتي :

التحول الذكي وتطبيقاته في إدارة المرافق والاستدامة

3-1 أهمية الدراسة :

تكتسب هذه الدراسة أهمية خاصة بالنسبة إلى جامعة الأميرة نورة بنت عبدالرحمن في المملكة العربية السعودية باعتبارها إحدى أكبر الجامعات في المملكة العربية السعودية والعالم من حيث عدد الطالبات والمساحة والبنية التحتية التعليمية. كما تمثل الجامعة نموذجاً مهماً لتطبيق مفاهيم الإدارة المستدامة للمرافق في المؤسسات التعليمية الكبرى، خاصة في ظل التوجهات الوطنية المرتبطة بـ Saudi Vision 2030 التي تسعى إلى تعزيز الاستدامة وتحسين كفاءة استخدام الموارد في المؤسسات الحكومية والتعليمية.

الأهمية العلمية :

تتميز هذه الدراسة بدمجها بين الذكاء الاصطناعي وإدارة الطاقة والمرافق والاستدامة ومساهمتها في تطوير المعرفة العلمية في مجال الإدارة المستدامة للمرافق داخل جامعة الاميرة نورة بنت عبدالرحمن، حيث إن هذا المجال ما زال بحاجة إلى المزيد من الدراسات العلمية ضمن نموذج تحليلي متكامل، في حين أن معظم الدراسات السابقة تناولت هذه المفاهيم بصورة منفصلة. وبالتالي، فإن الدراسة تساهم في سد فجوة معرفية واضحة، مع تطوير إطار نظري تكاملي و تقدم الدراسة إطاراً نظرياً

وبذلك تساهم في بناء نموذج علمي يوضح العلاقات السببية بين الذكاء الاصطناعي ، والكفاءة التشغيلية، والاستدامة
جامعة الاميرة نورة بنت عبدالرحمن ، مع إبراز الدور الوسيط للكفاءة التشغيلية وقد تضيف الدراسة بعداً تحليلياً
مهماً من خلال اختبار الكفاءة التشغيلية كمتغير وسيط بين الذكاء الاصطناعي والاستدامة ، وهو جانب لم يحظ
باهتمام كافٍ في الدراسات السابقة.

الأهمية العملية:

تنبع أهمية هذه الدراسة من كونها تتناول تقاطعاً استراتيجياً بين التكنولوجيا المتقدمة (الذكاء الاصطناعي)
والوظائف التشغيلية الحيوية (إدارة المرافق والطاقة)، ضمن إطار الاستدامة المؤسسية. ويزداد هذا الموضوع أهمية
في ظل التحولات العالمية نحو الاقتصاد الأخضر، والتحول الرقمي، وارتفاع تكاليف الطاقة، والالتزامات البيئية
الدولية. داخل جامعة الاميرة نورة بنت عبدالرحمن.

4-1 أهداف الدراسة :

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل دور ممارسات الإدارة المستدامة للمرافق في تحسين الكفاءة التشغيلية داخل جامعة
الأميرة نورة بنت عبد الرحمن، وذلك في إطار التوجهات الوطنية نحو تعزيز الاستدامة وتحسين كفاءة استخدام الموارد
في المؤسسات التعليمية بما يتوافق مع أهداف Saudi Vision 2030 وتسعى الدراسة إلى تحقيق مجموعة من
الأهداف الرئيسية والفرعية كما يلي :

- الأهمية في سياق التحول الرقمي في جامعة الاميرة نورة هو يشكل الذكاء الاصطناعي أحد أبرز أدوات الثورة
الصناعية الرابعة، حيث لم يعد مجرد تقنية مساندة، بل أصبح محركاً رئيسياً لإعادة تصميم العمليات
المؤسسية. وفي هذا السياق، تمثل إدارة المرافق والطاقة أحد أكثر المجالات قابلية للاستفادة من تقنيات

الذكاء الاصطناعي نظرًا لاعتمادها الكبير على البيانات التشغيلية وتكمن في توضيح الدور المحوري للذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة استخدام الطاقة , تقدم نموذجًا عمليًا لكيفية تقليل الأحمال التشغيلية عبر التحليل الذكي , العلاقة بين إدارة الطاقة الذكية وتقليل الانبعاثات الكربونية , معالجة أحد أهم التحديات العالمية وهو أمن الطاقة والاستدامة البيئية.

- تعزيز الكفاءة التشغيلية لم تعد تعني فقط تقليل التكاليف، بل أصبحت مرتبطة بالمرونة، والاستجابة السريعة، والاعتمادية التشغيلية. وتعاني العديد من المؤسسات من أعطال متكررة في أنظمة الطاقة وارتفاع تكاليف الصيانة الطارئة و ضعف التنسيق بين أنظمة التشغيل المختلفة , يسمح الذكاء الاصطناعي بإحداث تحول جذري في هذا السياق من خلال الصيانة التنبؤية التي تقلل الأعطال قبل وقوعها و التحليل اللحظي لاستهلاك الطاقة و تحسين جداول الصيانة و تقليل زمن التوقف (Downtime) ومن هنا، تكمن أهمية الدراسة في توضيح أن الاستثمار في الذكاء الاصطناعي لا يمثل تكلفة إضافية، بل هو استثمار مباشر في رفع الكفاءة التشغيلية وتعزيز الاستقرار المؤسسي.
- الأهمية الاقتصادية والاستثمارية في ظل التنافسية العالية، تسعى المؤسسات إلى تحسين عوائدها المالية وتقليل نفقاتها التشغيلية. وتبرز أهمية الدراسة اقتصاديًا في أنها توضح العلاقة بين الذكاء الاصطناعي وخفض التكاليف طويلة الأجل و تبرز أثر إدارة الطاقة الذكية على تقليل فقدان الطاقة و تدعم مفهوم العائد على الاستثمار (ROI) في التقنيات الرقمية و تعزز استدامة الأصول من خلال إدارة دورة حياتها بكفاءة , كما أن تقليل الأعطال وتحسين استغلال الأصول يساهم في (تحسين التدفقات النقدية , تعزيز الاستقرار المالي , تقليل المخاطر التشغيلية)

- في سياق إدارة الطاقة يشهد العالم تحولاً هيكلياً في سياسات الطاقة، مع التركيز على كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة وخفض الانبعاثات. وتُعد المباني والمنشآت من أكبر مستهلكي الطاقة عالمياً، مما يجعل إدارة الطاقة في المرافق عنصراً حاسماً في تحقيق أهداف الاستدامة وهي توضح توضح الدور المحوري للذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة استخدام الطاقة و تقدم نموذجاً عملياً لكيفية تقليل الأحمال التشغيلية عبر التحليل الذكي و تبرز العلاقة بين إدارة الطاقة الذكية وتقليل الانبعاثات الكربونية ، وتساهم الدراسة في معالجة أحد أهم التحديات العالمية وهو أمن الطاقة والاستدامة البيئية.

- أهمية الدراسة في بعدها البيئي من قدرتها على ربط الذكاء الاصطناعي مباشرة بخفض الأثر البيئي للمؤسسات، من خلال (تقليل استهلاك الطاقة , تقليل الانبعاثات الكربونية , دعم التحول نحو الطاقة المتجددة ، تحسين إدارة الموارد المائية) , تساهم في تعزيز البعد الاجتماعي للاستدامة، من خلال تحسين بيئة العمل وزيادة رضا العاملين.

- الأهمية الاستراتيجية وهي إحدى أهم مساهمات الدراسة هي إعادة تعريف إدارة المرافق كمحرك استراتيجي للاستدامة، حيث تربط بين الاستراتيجية المؤسسية والسياسات التشغيلية و تدعم تقارير الحوكمة البيئية والاجتماعية(ESG) و تعزز صورة المؤسسة أمام المستثمرين و تتحول إدارة المرافق من وظيفة مساندة إلى عنصر استراتيجي يحقق قيمة مضافة .

1-5 تساؤلات الدراسة :

السؤال الرئيسي: وفي ضوء الإطار النظري الذي يربط بين الذكاء الاصطناعي، وإدارة الطاقة ، وممارسات الإدارة المستدامة للمرافق ، والكفاءة التشغيلية والاستدامة في جامعة الاميرة نورة بنت عبدالرحمن ، في ظل توجه المملكة العربية السعودية نحو التحول الرقمي وتحقيق الاستدامة ضمن رؤية 2030 ، إلى أي مدى يتم تطبيق تقنيات

الذكاء الاصطناعي في ممارسات الإدارة المستدامة للمرافق والطاقة في مؤسسات المملكة العربية السعودية، وما أثر ذلك على الكفاءة التشغيلية وتحقيق الاستدامة المؤسسية؟

وانطلاقاً من ذلك، تتمثل تساؤلات الدراسة الفرعية فيما يلي:

- السؤال الفرعي الأول : ما أثر دمج الذكاء الاصطناعي في ممارسات الإدارة المستدامة للمرافق والطاقة على الكفاءة التشغيلية ، وكيف يسهم ذلك في تعزيز إدارة المرافق كمحرك للاستدامة في جامعة الأميرة نورة بنت عبدالرحمن؟
- السؤال الفرعي الثاني : ما مستوى تكامل أنظمة الذكاء الاصطناعي مع أنظمة إدارة المباني (BMS) ؟
- السؤال الفرعي الثالث : ما أبرز تطبيقات الذكاء الاصطناعي المستخدمة في إدارة الطاقة والمياه داخل المرافق في جامعة الأميرة نورة بنت عبدالرحمن؟
- السؤال الفرعي الرابع : تساؤلات متعلقة بالاستدامة في جامعة الأميرة نورة بنت عبدالرحمن هل تسهم إدارة الطاقة الذكية في دعم تقارير الحوكمة البيئية والاجتماعية (ESG) ؟
- إلى أي مدى يعزز الذكاء الاصطناعي التوازن بين الأبعاد الثلاثة للاستدامة (الاقتصادية – البيئية – الاجتماعية)؟
- إلى أي مدى يمكن ان تعتمد جامعة الأميرة نورة بنت عبدالرحمن على أنظمة ذكاء اصطناعي في إدارة الطاقة داخل المباني والمنشآت؟
- ما مستوى استخدام الصيانة التنبؤية المعتمدة على تحليل البيانات في إدارة المرافق داخل جامعة الأميرة نورة بنت عبدالرحمن ؟

1-6 فروض الدراسة :

تعتمد هذه الدراسة على اختبار مجموعة من الفرضيات التي تهدف إلى تحليل العلاقة بين ممارسات الإدارة المستدامة للمرافق والكفاءة التشغيلية داخل جامعة الأميرة نورة بنت عبدالرحمن ، وتأتي هذه الفرضيات في إطار

التوجهات الوطنية نحو تحقيق الاستدامة وتحسين كفاءة استخدام الموارد في المؤسسات التعليمية بما يتوافق مع أهداف Saudi Vision 2030 .

لتحقيق أهداف الدراسة فقد اعتمدنا علي مجموعة من الفروض تساؤلات :

الفروض الرئيسية : لا يوجد تأثير ذو دلالة إحصائية لتطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المرافق والطاقة على الكفاءة التشغيلية , لا يُفترض دائماً أن تكون العلاقات بين المتغيرات ذات دلالة إحصائية. فقد تكشف النتائج عن عدم وجود أثر مباشر أو غير مباشر بين المتغيرات المدروسة، وهو ما يستدعي تفسيراً علمياً ومنهجياً دقيقاً في المملكة العربية السعودية .

يوجد منها مجموعة من الفرضيات الفرعية التي تتمثل فيما يلي :

- الفرضية الفرعية الأولى : أن الصيانة التنبؤية في جامعة الاميرة نورة لم تُفعّل بشكل كامل , يؤثر ذلك علي أن البيانات المستخدمة غير دقيقة أو غير كافية .
- الفرضية الفرعية الثانية : أن الأعطال مرتبطة بعوامل خارج نطاق التحليل (جودة المعدات، العمر الافتراضي).
- الفرضية الفرعية الثالثة : لا يوجد تأثير ذو دلالة إحصائية لإدارة الطاقة الذكية على خفض استهلاك الطاقة .
- الفرضية الفرعية الرابعة : العديد من المنشآت داخل جامعة الاميرة تورة بنت عبدالرحمن تعتمد على أنظمة صيانة تقليدية أو وقائية .
- الفرضية الفرعية الخامسة : البنية التحتية في المباني محتاجة الي تطوير هذا يؤثر علي عدم تكامل الانظمة و ضعف جودة البيانات .

- الفرضية الفرعية السادسة : عدم وجود أثر لإدارة الطاقة الذكية على خفض استهلاك الطاقة بسبب ضعف تكامل أنظمة BMS مع الذكاء الاصطناعي.
- الفرضية الفرعية السابعة : عدم وجود تقنيات الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء وأجهزة الاستشعار لمراقبة وتحليل وترشيد استهلاك المياه وإدارة النفايات داخل المنشآت جامعة الاميرة نورة بنت عبدالرحمن بشكل لحظي .
- الفرضية الفرعية الثامنة : جودة البيئة التعليمية داخل القاعات الدراسية و مستوى الراحة البيئية داخل المباني الجامعية .

7.1 نموذج الدراسة:

يعتمد نموذج الدراسة على تحليل العلاقة بين الذكاء الاصطناعي في إدارة المرافق والطاقة وتأثيره على الاستدامة داخل جامعة الاميرة نورة بنت عبدالرحمن بالمملكة العربية السعودية.

- المتغير المستقل : تطبيق التقنيات الذكية في إدارة المرافق والاستدامة بأبعادها (إدارة الأحمال الذكية , أنظمة BMS الذكية ، تحليل البيانات التشغيلية ، إدارة الطاقة الذكية ,الصيانة التنبؤية).
- المتغير الوسيط : يمثل هذا المتغير قدرة جامعة الاميرة نورة بنت عبدالرحمن على تشغيل مرافقها ومواردها بأبعادها (خفض زمن التوقف ، تحسين استهلاك الطاقة ، ترشيد المياه ، تحسين موثوقية الانظمة).
- الاستدامة المؤسسية : يعكس هذا المتغير قدرة جامعة الاميرة نورة بنت عبدالرحمن على تحقيق التوازن وإستدامة (الاجتماعية , والبيئية , والاقتصادية).



1-8 الدراسات السابقة:

1. دراسة المركز السعودي لكفاءة الطاقة (SEEC) :

تسهم هذه الدراسة على رفع كفاءة استهلاك الطاقة في المباني والقطاع الصناعي. كما تبنت رؤية 2030 التحول الرقمي وتحسين كفاءة الموارد كأحد أهدافها الاستراتيجية، وقد أشارت تقارير محلية إلى أن قطاع المباني يمثل نسبة كبيرة من استهلاك الطاقة، خاصة بسبب أنظمة التبريد، مما يجعل إدارة الطاقة الذكية أولوية وطنية. إلا أن الدراسات الأكاديمية المحلية التي تختبر أثر الذكاء الاصطناعي في إدارة المرافق على الكفاءة التشغيلية والاستدامة لا تزال محدودة.

2. دراسة دور إدارات الجامعات السعودية في التحول نحو الاستدامة (2019) :

هدفت هذه الدراسة إلى تحليل دور إدارات الجامعات الحكومية في المملكة العربية السعودية في التحول نحو الاستدامة، من خلال دراسة مجموعة من الجامعات الحكومية ومقارنة تجربتها ببعض الخبرات العالمية و استخدمت الدراسة المنهج الوصفي المسحي، حيث شملت عينة الدراسة عدداً من القيادات الأكاديمية في خمس جامعات سعودية، وتم جمع البيانات باستخدام الاستبانة وأظهرت النتائج أن مستوى إسهام إدارات الجامعات في التحول نحو الاستدامة جاء بدرجة متوسطة، وأن هناك حاجة إلى تطوير السياسات والإجراءات التي تدعم الاستدامة داخل الجامعات، كما أشارت الدراسة إلى عدد من التحديات مثل ضعف الحوافز وقلة البرامج المؤسسية الخاصة بالاستدامة وأوصت الدراسة بضرورة (إنشاء إدارات متخصصة بالاستدامة داخل الجامعات، تعزيز برامج التوعية البيئية، الاستفادة من التجارب الدولية في تطوير ممارسات الاستدامة في التعليم العالي).

3. دراسة إدارة الطاقة في مباني الجامعات السعودية :

دراسة تحليل نظم إدارة الطاقة في الحرم الجامعي وأثرها في تقليل استهلاك الكهرباء وتحسين كفاءة تشغيل المباني، أظهرت نتائج الدراسة أن التوسع في المباني الجامعية أدى إلى زيادة الطلب على الطاقة، مما يتطلب تطبيق أنظمة ذكية لإدارة الطاقة داخل الحرم الجامعي. كما أكدت الدراسة أن استخدام أنظمة إدارة الطاقة (Energy Management Systems) يمكن أن يساهم بشكل كبير في تقليل استهلاك الكهرباء وتحسين كفاءة تشغيل المباني كما أوضحت الدراسة أن أنظمة إدارة الطاقة يمكن أن تتحكم في (أنظمة التكييف، أنظمة الإضاءة، استهلاك الكهرباء داخل المباني).

4. دراسة الاستدامة في الجامعات السعودية (2020) :

دراسة إلى تقييم مدى تطبيق أطر الاستدامة المؤسسية في الجامعات السعودية من خلال تحليل البيانات المتعلقة بعدد من الجامعات في المملكة، نتائج الدراسة أن العديد من الجامعات السعودية بدأت في تبني سياسات الاستدامة، إلا أن الأطر المؤسسية للاستدامة ما تزال غير مكتملة أو غير موحدة بين الجامعات، مما يشير إلى الحاجة إلى تطوير نماذج مؤسسية واضحة لتعزيز الاستدامة في التعليم العالي، كما أكدت الدراسة على أهمية تطوير استراتيجيات واضحة للاستدامة داخل الجامعات، تعزيز دور البحث العلمي في قضايا الاستدامة، إدماج مبادئ الاستدامة في الإدارة الجامعية).

5. دراسة دور الجامعات في تحقيق التنمية المستدامة :

تهدف إلى تحليل مساهمة الجامعات السعودية في تحقيق أهداف التنمية المستدامة من خلال دراسة مجموعة من المحاور مثل إدارة الموارد والتخطيط المؤسسي والشراكة المجتمعية، وأظهرت النتائج أن الجامعات السعودية تسهم بدرجة جيدة في تحقيق جوانب الاستدامة، خصوصاً في مجالات البحث العلمي والشراكات المجتمعية، إلا أن هناك حاجة إلى تطوير آليات تطبيق الاستدامة في إدارة الموارد والبنية التحتية داخل الجامعات.

6. دراسة (Schneider Electric) المتعلقة بإدارة الطاقة الذكية :

ركزت العديد من الدراسات على دور أنظمة إدارة الطاقة في تحسين الأداء البيئي وخفض التكاليف. فقد بينت تقارير Schneider Electric أن أنظمة إدارة الطاقة المتكاملة يمكن أن تخفض استهلاك الكهرباء بنسبة تتراوح بين 10-30% في المباني الذكية. كما أظهرت دراسة (Capehart et al. 2017) أن تطبيق أنظمة BMS المدعومة بالتحليلات الذكية يحسن كفاءة أنظمة التكييف والإضاءة ويقلل استهلاك الطاقة في أوقات الذروة.

7. دراسة أكاديمية (Colombo & Karney) المتعلقة بإدارة المياه الذكية :

- ظهرت دراسات تركز على إدارة المياه الذكية باستخدام الحساسات والتحليلات التنبؤية. فقد بينت دراسة ع (2017) أن أنظمة الكشف المبكر عن التسريبات يمكن أن تقلل الفاقد المائي بنسبة كبيرة وتحسن موثوقية الشبكات الداخلية.
- أوضحت دراسات حديثة أن استخدام الذكاء الاصطناعي في تحليل أنماط الاستهلاك يساعد في التنبؤ بالاستخدام غير الطبيعي، مما يسهم في تقليل الهدر وتحسين الكفاءة البيئية.

8. دراسة أكاديمية (Elkington) المتعلقة بالكفاءة التشغيلية والاستدامة المؤسسية :

- تناولت العديد من الدراسات العلاقة بين تحسين العمليات والاستدامة في مفهوم الحصيلة الثلاثية (TBL) أن المؤسسات الناجحة هي التي توازن بين الأداء الاقتصادي والبيئي والاجتماعي.
- مفهوم "القيمة المشتركة" أن تحسين الكفاءة التشغيلية يؤدي إلى خلق قيمة اقتصادية واجتماعية في آن واحد. وأظهرت دراسات لاحقة أن تقليل الهدر وتحسين استغلال الموارد يسهمان مباشرة في تعزيز الأداء البيئي وخفض الانبعاثات.

9. دراسة متعلقة بالذكاء الاصطناعي والصيانة التنبؤية

- شهدت السنوات الأخيرة اهتمامًا متزايدًا بتطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة الأصول والصيانة، خاصة في البيئات الصناعية والمرافق الكبرى. فقد أشار (Lee et al. (2014 في دراستهم حول "الصناعة 4.0" إلى أن التحول من الصيانة الوقائية التقليدية إلى الصيانة التنبؤية المعتمدة على تحليل البيانات الضخمة يؤدي إلى تقليل الأعطال غير المخططة وزيادة موثوقية الأصول التشغيلية. وأكدت الدراسة أن استخدام الخوارزميات التنبؤية يساعد في اكتشاف أنماط الفشل قبل حدوثها، مما يخفض تكاليف الإصلاح الطارئ ويحسن كفاءة التشغيل.

- وفي دراسة أحدث، أوضحت أن دمج الذكاء الاصطناعي في إدارة الأصول يزيد من كفاءة استغلال الموارد بنسبة ملحوظة، إلا أن التأثير الإيجابي يتوقف على مستوى تكامل النظام مع عمليات الصيانة الفعلية. وهذا يشير إلى أن وجود التكنولوجيا وحده لا يكفي، بل يتطلب بيئة تنظيمية داعمة.

1-9 المنطلقات النظرية للدراسة

يُعد الذكاء الاصطناعي (Artificial Intelligence – AI) من أهم التقنيات الحديثة التي أسهمت في إحداث تحول جذري في أساليب إدارة المرافق، حيث انتقلت المؤسسات من النماذج التقليدية المعتمدة على الاستجابة للمشكلات إلى نماذج ذكية تعتمد على التحليل التنبؤي واتخاذ القرار المبني على البيانات. ويُعرف الذكاء الاصطناعي بأنه قدرة الأنظمة الحاسوبية على محاكاة القدرات البشرية في التعلم والتحليل واتخاذ القرار، من خلال استخدام تقنيات مثل التعلم الآلي (Machine Learning)، وتحليل البيانات الضخمة (Big Data Analytics)، وإنترنت الأشياء (IoT) وفي مجال إدارة المرافق، يُستخدم الذكاء الاصطناعي لتحسين كفاءة تشغيل المباني والمنشآت من خلال جمع البيانات التشغيلية وتحليلها بشكل مستمر، مما يتيح التنبؤ بالأعطال وتحسين استخدام الموارد وتقليل التكاليف التشغيلية. وقد أدى ذلك إلى ظهور مفهوم إدارة المرافق الذكية (Smart Facility Management)، التي تعتمد على التكامل بين الأنظمة التقنية المختلفة مثل أنظمة إدارة المباني (BMS) وأجهزة الاستشعار الذكية. وتعدد تطبيقات الذكاء الاصطناعي في

إدارة المرافق، حيث تُعد الصيانة التنبؤية من أبرز هذه التطبيقات، إذ يتم استخدام الخوارزميات لتحليل بيانات الأجهزة والمعدات والتنبؤ بالأعطال قبل حدوثها، مما يساهم في تقليل الأعطال المفاجئة وتحسين استمرارية التشغيل. كما يُستخدم الذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة من خلال مراقبة استهلاك الكهرباء والتحكم في أنظمة الإضاءة والتكييف بشكل ذكي، الأمر الذي يؤدي إلى خفض استهلاك الطاقة وتحقيق كفاءة تشغيلية أعلى، ويرتبط استخدام الذكاء الاصطناعي ارتباطاً وثيقاً بتحقيق الاستدامة في إدارة المرافق، حيث يساهم في تقليل استهلاك الموارد الطبيعية، وخفض الانبعاثات الكربونية، وتحسين كفاءة استخدام الطاقة والمياه، وهو ما يتماشى مع مبادئ الاستدامة التي تسعى إلى تحقيق التوازن بين الأبعاد البيئية والاقتصادية والاجتماعية ومن الناحية النظرية، يمكن تفسير دور الذكاء

الاصطناعي في إدارة المرافق والاستدامة من خلال عدد من الأطر النظرية، من أهمها نظرية التحول الرقمي التي تفسر استخدام التكنولوجيا في تحسين الأداء المؤسسي، ونظرية الكفاءة التشغيلية التي تركز على تحسين استخدام الموارد، ونظرية الاستدامة التي تؤكد على تحقيق التوازن بين الأبعاد البيئية والاقتصادية والاجتماعية، إضافة إلى نظرية الموارد والقدرات (Resource-Based View) التي ترى أن استخدام التقنيات الذكية يمثل ميزة تنافسية للمؤسسات وعلى الرغم من الفوائد الكبيرة للذكاء الاصطناعي في إدارة المرافق، إلا أن تطبيقه يواجه مجموعة من التحديات، مثل ارتفاع التكاليف الأولية، والحاجة إلى بنية تحتية تقنية متقدمة، ونقص الكفاءات البشرية المتخصصة، إضافة إلى مقاومة التغيير داخل المؤسسات وبناءً على ما سبق، يمكن القول إن الذكاء الاصطناعي يمثل أداة استراتيجية متقدمة لتطوير إدارة المرافق، حيث يساهم في تحويل العمليات التشغيلية إلى أنظمة ذكية قائمة على البيانات والتحليل التنبؤي، مما يؤدي إلى تحسين الكفاءة التشغيلية وتعزيز الاستدامة المؤسسية، وهو ما يجعله عنصراً أساسياً في تطوير المؤسسات الحديثة.

1-10 المنهجية وطرق البحث

تعتمد هذه الدراسة على التصميم البحثي الكمي (Quantitative Research Design) باستخدام المنهج الوصفي التحليلي، حيث يهدف هذا التصميم إلى دراسة العلاقات بين متغيرات الدراسة وقياس أثر استخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة المرافق والطاقة والمياه على الكفاءة التشغيلية والاستدامة في جامعة الاميرة نورا بنت عبد الرحمن بالمملكة العربية السعودية ، ويُعد المنهج الوصفي التحليلي مناسباً لمثل هذه الدراسات لأنه يركز على وصف الظاهرة كما هي في الواقع وتحليل العلاقات بين المتغيرات المختلفة باستخدام الأساليب الإحصائية المناسبة مع الدراسة الميدانية من خلال هذه المنهجية العينة العشوائية البسيطة تسعى الدراسة إلى تحليل العلاقة بين استخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة المرافق والطاقة والمياه وبين الكفاءة التشغيلية والاستدامة باستخدام أدوات علمية وإحصائية مناسبة، بما يساهم في تقديم نتائج علمية يمكن الاستفادة منها في تطوير ممارسات إدارة المرافق المستدامة و تأثيره على الكفاءة التشغيلية والاستدامة يتكون مجتمع الدراسة من جميع العاملين في إدارة المرافق داخل (موظفي إدارة المرافق، المهندسين، الفنيين، العاملين في الصيانة والتشغيل، الإداريين المرتبطين بإدارة المرافق) مع الاخذ عينة العشوائية البسيطة من التشغيل والصيانة والطاقة.

11-1 أدوات الدراسة

تشير أدوات الدراسة إلى الوسائل التي يستخدمها الباحث لجمع البيانات اللازمة للإجابة عن أسئلة الدراسة واختبار فروضها. ونظراً لطبيعة هذه الدراسة التي تهدف إلى قياس العلاقة بين عدة متغيرات تنظيمية وتكنولوجية، فقد تم الاعتماد على الاستبانة كأداة رئيسية لجمع البيانات من أفراد عينة الدراسة، وتعد الاستبانة من أكثر الأدوات استخداماً في الدراسات الإدارية والتنظيمية، نظراً لقدرتها على جمع كمية كبيرة من البيانات من عدد كبير من الباحثين في وقت قصير، إضافة إلى سهولة تحليل نتائجها باستخدام الأساليب الإحصائية مثل :

1- البيانات الديموغرافية يهدف هذا المحور إلى جمع معلومات عامة عن أفراد عينة الدراسة بالمملكة

العربية السعودية المتمثلة في العمر والمؤهل العلمي و نوع المؤسسة و حجم المؤسسة.

2- متغير الذكاء الاصطناعي في إدارة المرافق والطاقة والمياه، يمثل هذا المتغير مستوى استخدام

تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة المرافق داخل المؤسسات :

• الصيانة التنبؤية :

ويقاس مدى استخدام المؤسسة للتقنيات الذكية في التنبؤ بالأعطال قبل حدوثها تعتمد المؤسسة على أنظمة ذكية للتنبؤ بأعطال المعدات تحليل البيانات في تخطيط أعمال الصيانة، تحليل البيانات في تخطيط أعمال الصيانة، تقليل الأعطال المفاجئة

• إدارة الطاقة الذكية :

تستخدم الأنظمة الذكية في مراقبة وتحسين لمراقبة استهلاك الطاقة و التحكم في أنظمة التكييف والإضاءة بشكل آلي وايضاً تساعد التقنيات الذكية في تقليل استهلاك الطاقة.

• إدارة المياه الذكية :

أنظمة ذكية للكشف عن تسرب المياه , مراقبة استهلاك المياه باستخدام تقنيات رقمية , استخدام الأنظمة الذكية في تقليل الفاقد المائي.

- تحليل البيانات التشغيلية :

تعتمد على تحليل البيانات التشغيلية في اتخاذ القرارات , أن يتم استخدام الذكاء الاصطناعي لتحليل بيانات المرافق , أن تساعد تحليلات البيانات في تحسين كفاءة العمليات التشغيلية.

- إدارة الأحمال الذكية :

تستخدم أنظمة ذكية لإدارة الأحمال الكهربائية , و أيضاً في تقليل ذروة استهلاك الطاقة , و خفض تكاليف الطاقة .

- أنظمة إدارة المباني الذكية (Smart BMS) :

تعتمد هذه على نظام إدارة مباني ذكي و التحكم في أنظمة المبنى من خلال نظام مركزي و تسهم ايضاً أنظمة إدارة المباني الذكية في تحسين كفاءة التشغيل.

3- الكفاءة التشغيلية داخل المباني وله عدة مؤشرات وهي :

- تقليل الأعطال التشغيلية , خفض زمن التوقف , تحسين استهلاك الطاقة ترشيد استهلاك المياه , خفض التكاليف التشغيلية , تحسين موثوقية الأنظمة

4- الاستدامة المؤسسية :

تحقيق ثلاثة اشياء مهمة

- الاستدامة الاقتصادية :

العمل علي تحسين الأداء المالي وتقليل التكاليف التشغيلي , وضع تقنيات حديثة في تحسين كفاءة استخدام الموارد.

- الاستدامة البيئية :

تقليل استهلاك الموارد الطبيعية وتقليل الأثر البيئي و استهلاك الطاق باستخدام الانظمة الذكية مع استخدام تقنيات رقمية في تقليل استهلاك المياه , وتقليل الأثر البيئي للانشطة التشغيلية .

- الاستدامة الاجتماعية :

إستخدام التقنيات الذكية في تحسين بيئة العمل ,و تحسين جودة الخدمات في إدارة المرافق تعزز التقنيات الحديثة رضا الموظفين والمستفيدين.

1-12 حدود الدراسة

- الحدود الموضوعية:

تتمثل الحدود الموضوعية للدراسة في التركيز على دراسة أثر استخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة المرافق والطاقة والمياه على الكفاءة التشغيلية والاستدامة بجامعة الاميرة نورة بنت عبدالرحمن بالمملكة العربية السعودية وتركز الدراسة بشكل خاص على تحليل العلاقة بين ثلاثة متغيرات رئيسية، وهي:

1- الذكاء الاصطناعي في إدارة المرافق والطاقة والمياه

2- الكفاءة التشغيلية

3- الاستدامة المؤسسية

- الحدود المكانية :

تقتصر هذه الدراسة على جامعة الاميرة نورة بنت عبدالرحمن داخل المملكة العربية السعودية، حيث يتم جمع البيانات من العاملين في مجالات إدارة المرافق والطاقة والصيانة داخل الجامعة يأتي هذا اختيار لعدة عوامل :

- 1- توجه المملكة نحو التحول الرقمي.
- 2- الاهتمام المتزايد بتطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي.
- 3- التركيز على تحقيق الاستدامة في إطار رؤية المملكة 2030.
- 4- التوسع في مشاريع المدن الذكية والبنية التحتية الذكية.

- الحدود الزمنية :

العام الدراسي 2025

- الحدود البشرية

تقتصر الدراسة على العاملين في مجالات إدارة المرافق والطاقة والصيانة داخل جامعة الاميرة نورة بنت عبدالرحمن بالمملكة العربية السعودية

1-13 المراجع:

اعتمدت الدراسة على المصادر التالية في جمع البيانات والمعلومات :

- 1- رؤية المملكة العربية السعودية 2030. (2016). وثيقة رؤية المملكة العربية السعودية 2030. الرياض، المملكة العربية السعودية.
- 2- الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي (سدايا). (2020). الاستراتيجية الوطنية للبيانات والذكاء الاصطناعي. الرياض، المملكة العربية السعودية.
- 3- وزارة الاتصالات وتقنية المعلومات. (2022). استراتيجية التحول الرقمي في المملكة العربية السعودية. الرياض، المملكة العربية السعودية.
- 4- المركز السعودي لكفاءة الطاقة. (2021). برامج كفاءة الطاقة في المملكة العربية السعودية. الرياض، المملكة العربية السعودية.
- 5- وزارة البيئة والمياه والزراعة. (2022). تقرير الاستدامة البيئية في المملكة العربية السعودية. الرياض، المملكة العربية السعودية.

