

جامعة ميدأوشن

كلية الإدارة

ماجستير إدارة المشاريع

أثر الاعتماد على إنترنت الأشياء وأنظمة الأتمتة في تحسين الكفاءة التشغيلية للمرافق بالمملكة العربية السعودية

إعداد الطالب:

محمد زكي أبوحماد

إشراف:

العام الدراسي:

2026

فهرس المحتويات

3.....	مقدمة:
4.....	مشكلة الدراسة
6.....	أهمية الدراسة:
7.....	أهداف الدراسة
8.....	تساؤلات الدراسة
9.....	فروض الدراسة:
10.....	الدراسات السابقة:
12.....	الفجوة البحثية:
13.....	المنطلقات النظرية للدراسة:
15.....	المنهجية وطرق البحث:
16.....	مجتمع وعينة الدراسة
16.....	أداة الدراسة
17.....	أساليب التحليل الإحصائي
18.....	خامسًا: حدود الدراسة
20.....	المراجع

مقدمة

يشهد قطاع الإدارة التشغيلية للمر افق (Facility Management) تطوراً متسارعاً يعكس التحول من الأساليب التقليدية المعتمدة على الصيانة التفاعلية إلى نماذج الإدارة الاستباقية والذكية. ومع تزايد تعقيد البنى التحتية للمر افق الحديثة بمفهومها الواسع —والذي يشمل المجمعات الطبية، والمدن الجامعية، والمنشآت الصناعية والتجارية الكبرى— برزت الحاجة الملحة إلى تجاوز أنظمة التحكم التقليدية. لقد أصبح من الضروري دمج المعدات الكهروميكانيكية المعقدة وأنظمة إدارة المباني (BMS) في شبكات ذكية ومترابطة قادرة على تحليل البيانات الفورية والتحكم الآلي لضمان تحقيق أعلى مستويات الكفاءة.

على الصعيد العالمي، أصبح الاعتماد على تقنيات إنترنت الأشياء (IoT) وأنظمة الأتمتة المتقدمة توجهاً استراتيجياً لا غنى عنه لتحقيق الاستدامة، وخفض استهلاك الطاقة، وإطالة العمر الافتراضي للأصول. أما على الصعيد المحلي، فيكتسب هذا الموضوع أهمية استثنائية في ظل النهضة العمرانية غير المسبوقة والتحول الرقمي الشامل الذي تشهده المملكة العربية السعودية لتحقيق مستهدفات رؤية 2030. تتطلب المدن الذكية والمشاريع العملاقة في المملكة بنية تحتية تشغيلية فائقة الدقة، تعتمد على تدفق البيانات اللحظية لتحسين الأداء وتقليل التكاليف التشغيلية بشكل مستدام.

على الرغم من الاستثمارات الضخمة في استقطاب أحدث الأنظمة الذكية، إلا أن الممارسات العملية تشير إلى أن العديد من المرافق لا تزال تدير تقنياتها بشكل معزول وتفتقر إلى التكامل الموحد. وتبرز هنا فجوة بحثية وتطبيقية تتمثل في ندرة الدراسات الأكاديمية التي تقيس الأثر المالي والتشغيلي المباشر لتكامل منصات إنترنت الأشياء (IoT) مع بروتوكولات الأتمتة المتنوعة (مثل KNX وRMS)، وكيفية توظيف هذا التكامل لتفعيل استراتيجيات الصيانة التنبؤية، وتحديد أضمن البيئة التشغيلية والمناخية الخاصة بالمملكة العربية السعودية.

استجابةً لتلك الفجوة، سيقدم هذا البحث دراسة شاملة حول أثر دمج تقنيات إنترنت الأشياء وأنظمة الأتمتة في تحسين الكفاءة التشغيلية للمر افق. وسيتضمن البحث قياساً كمياً لمدى مساهمة هذه التقنيات في خفض التكاليف التشغيلية وترشيد استهلاك

الطاقة، إلى جانب تحليل نوعي وتقييم للعوائق التقنية والإدارية التي تواجه عملية التحول نحو الإدارة الذكية. وسينتهي البحث بتقديم إطار عمل وتوصيات تطبيقية تدعم متخذي القرار ومديري المشاريع في تبني نماذج تشغيلية حديثة ومستدامة.

مشكلة الدراسة

تتبلور مشكلة الدراسة في الفجوة الواضحة بين "الواقع الحالي" لإدارة المرافق في المملكة العربية السعودية وبين "الواقع المأمول". فالواقع الحالي لا يزال يعتمد في شريحة واسعة من المنشآت على أنظمة إدارة مباني (BMS) معزولة لا تتواصل فيما بينها بكفاءة، وتطبيق استراتيجيات صيانة تقليدية (تفاعلية عند العطل، أو وقائية مجدولة زمنياً). في المقابل، يتطلب الواقع المأمول — في ظل المشاريع العملاقة والتحول الرقمي لرؤية 2030 — خلق بيئة تشغيلية ذكية ومتكاملة؛ بيئة تعتمد على دمج إنترنت الأشياء (IoT) مع أنظمة الأتمتة المتقدمة لتمكين "الصيانة التنبؤية"، والتحليل اللحظي للبيانات، والاستجابة الآلية للمتغيرات البيئية والتشغيلية، مما يضمن أعلى درجات الاستدامة وتقليل الهدر.

تبرز أدلة وجود هذه الإشكالية من خلال الممارسات الميدانية والتقارير الصناعية؛ حيث تشير تقارير قطاع إدارة المرافق (مثل تقارير جمعية الشرق الأوسط لإدارة المرافق MEFMA) إلى أن تكاليف التشغيل والصيانة (OPEX) تستحوذ على الجزء الأكبر من التكلفة الكلية لدورة حياة المرفق، وأن أنظمة التكييف والتهوية والإنارة تستهلك النسبة العظمى من الطاقة. وعلى الرغم من الاستثمارات الضخمة في شراء معدات متطورة، أثبتت الدراسات الفنية أن غياب الربط الشامل عبر منصات (IoT) يؤدي إلى إهدار ما يقارب 20% إلى 30% من استهلاك الطاقة بسبب التشغيل غير المحسن. علاوة على ذلك، تعاني العديد من المرافق من تقصير العمر الافتراضي لأصولها الكهروميكانيكية وزيادة فترات التوقف المفاجئ (Downtime) نتيجة العجز عن التنبؤ بالأعطال قبل وقوعها.

يمكن صياغة الإشكالية الرئيسية للبحث في التساؤل الجوهرية التالي: "كيف يؤدي القصور في التكامل بين أنظمة الأتمتة وتقنيات إنترنت الأشياء (IoT) إلى إعاقة الكفاءة التشغيلية والمالية للمرافق المعقدة في المملكة العربية السعودية؟"

ولتفكيك هذه الإشكالية، تطرح المشكلة نفسها كسلسلة من التساؤلات الفرعية:

1. ما حجم الهدر المالي والتشغيلي (استهلاك الطاقة والجهد البشري) الناتج عن استمرار الاعتماد على الأنظمة المعزولة في إدارة المرافق؟

2. إلى أي مدى يعجز الواقع الحالي للمرافق عن الاستفادة من البيانات التشغيلية اللحظية لتفعيل الصيانة التنبؤية بدلاً من الصيانة التفاعلية؟
3. ما هي أبرز التحديات والعوائق الفنية والإدارية التي تمنع التحول من هذا الواقع التقليدي إلى الواقع المأمول المعتمد على الأتمتة الشاملة؟

أهمية الدراسة

يمكن تقسيم أهمية الدراسة إلى شقين أساسيين:

(أ) الأهمية العلمية:

- إثراء المعرفة النظرية في مجال الإدارة التشغيلية وإدارة المرافق (Facility Management) من خلال استكشاف وتأصيل الدور المحوري للتقنيات الناشئة (إنترنت الأشياء وأنظمة الأتمتة) في تحسين الأداء الكلي للمنشآت ورفع كفاءة استهلاك الموارد.
- سد فجوة واضحة في الأدبيات الأكاديمية، خاصة في المكتبة العربية، التي تفتقر إلى دراسات تطبيقية تربط بين الأنظمة الهندسية المتقدمة مثل أنظمة إدارة المباني BMS وبروتوكولات KNX وبين العوائد المالية والإدارية المباشرة في قطاع المرافق المعقدة.
- تقديم إطار نظري متكامل يدمج بين المفاهيم التقنية للثورة الصناعية الرابعة (Industry 4.0) والمفاهيم الإدارية الحديثة للاستدامة والتشغيل، مما يؤسس لقاعدة معرفية رصينة يمكن أن ينطلق منها الباحثون المستقبليون في تخصصات الإدارة والهندسة.

(ب) الأهمية التطبيقية:

- تقديم توصيات عملية وقابلة للتنفيذ لشركات إدارة المرافق، والمشغلين، والمستثمرين في المملكة لتبني استراتيجيات التحول الذكي والصيانة التنبؤية، مما يساهم بشكل مباشر في إطالة عمر الأصول وخفض التكاليف التشغيلية (OPEX).
- مساعدة صانعي السياسات ومتخذي القرار في الجهات المعنية بتنظيم قطاع البناء والتشغيل في المملكة على صياغة أدلة إرشادية ومعايير تحفز إلزامية دمج منصات (IoT) في المشاريع الكبرى، بما يتوافق مع مستهدفات رؤية 2030 في مجالات كفاءة الطاقة والاستدامة البيئية.
- تطوير وبناء أداة قياس علمية (مقياس الاستبيان) يمكن استخدامها كمرجعية للشركات لتقييم مدى جاهزية مرافقها للتحول الرقمي، وقياس العائد على الاستثمار (ROI) من دمج الأنظمة الذكية.

أهداف الدراسة

تسعى هذه الدراسة إلى تحقيق هدف رئيسي تتفرع منه مجموعة من الأهداف التفصيلية، وذلك على النحو التالي:

الهدف العام:

تحليل أثر الاعتماد على تقنيات إنترنت الأشياء (IoT) المتكاملة مع أنظمة الأتمتة في تحسين الكفاءة التشغيلية للمرافق في المملكة العربية السعودية.

الأهداف الخاصة:

- قياس دور مستشعرات ومنصات إنترنت الأشياء (IoT) في تقليل استهلاك الطاقة والموارد، وانعكاس ذلك على خفض التكاليف التشغيلية (OPEX) للمرافق.
- تحديد أثر التكامل بين أنظمة الأتمتة المتقدمة مثل أنظمة إدارة المباني BMS وبروتوكولات KNX على تفعيل استراتيجيات الصيانة التنبؤية وإطالة العمر الافتراضي للأصول الكهروميكانيكية.
- تقييم العوائق التنظيمية، والتقنية، والمالية التي تواجه شركات الإدارة والتشغيل في المملكة عند التحول من إدارة المرافق التقليدية إلى إدارة المرافق الذكية.
- تقديم إطار عمل مقترح يساعد صناع القرار ومديري المشاريع على تبني وتطبيق نماذج تشغيلية ذكية ومستدامة تعتمد على إنترنت الأشياء.

تساؤلات الدراسة

يسعى هذا البحث للإجابة عن التساؤل الرئيسي التالي: ما أثر الاعتماد على تقنيات إنترنت الأشياء (IoT) وأنظمة الأتمتة في تحسين الكفاءة التشغيلية للمر افق في المملكة العربية السعودية؟

ويتفرع من هذا التساؤل الرئيسي مجموعة من التساؤلات الفرعية الآتية:

1. ما أثر الاعتماد على تقنيات ومستشعرات إنترنت الأشياء (IoT) في تقليل استهلاك الطاقة والموارد، وخفض التكاليف التشغيلية (OPEX) للمر افق؟
2. كيف يساهم التكامل بين أنظمة الأتمتة المتقدمة) مثل أنظمة إدارة المباني BMS وبروتوكولات (KNX) في تفعيل استراتيجيات الصيانة التنبؤية وإطالة العمر الافتراضي للأصول الكهروميكانيكية؟
3. ما العوائق التنظيمية والتقنية والمالية الرئيسية التي تواجه شركات الإدارة والتشغيل في المملكة العربية السعودية عند التحول نحو الإدارة الذكية للمر افق؟
4. ما العلاقة بين مستوى تطبيق الأنظمة الذكية المتكاملة (IoT) والأتمتة (ومستوى الكفاءة التشغيلية الشاملة للمر افق؟

فروض الدراسة

بناءً على تساؤلات الدراسة وأهدافها، تم صياغة الفرضيات التالية لاختبارها إحصائياً (عند مستوى دلالة 0.05):

الفرضية الرئيسية:

- الفرضية الصفرية (H_0): لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لاعتماد تقنيات إنترنت الأشياء (IoT) و أنظمة الأتمتة على تحسين الكفاءة التشغيلية للمرافق في المملكة العربية السعودية.
- الفرضية البديلة (H_1): يوجد أثر إيجابي ذو دلالة إحصائية لاعتماد تقنيات إنترنت الأشياء (IoT) و أنظمة الأتمتة على تحسين الكفاءة التشغيلية للمرافق في المملكة العربية السعودية.

الفرضيات الفرعية:

- الفرضية الفرعية الأولى (تتعلق باستهلاك الطاقة والتكاليف):
 - H_{0_1} : لا توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين استخدام مستشعرات ومنصات إنترنت الأشياء (IoT) وتقليل تكاليف استهلاك الطاقة والموارد في المرافق.
 - H_{1_1} : توجد علاقة طردية ذات دلالة إحصائية بين استخدام مستشعرات ومنصات إنترنت الأشياء (IoT) وتقليل تكاليف استهلاك الطاقة والموارد في المرافق.
- الفرضية الفرعية الثانية (تتعلق بالصيانة التنبؤية):
 - H_{0_2} : لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لتكامل أنظمة الأتمتة مثل أنظمة إدارة المباني (BMS) مع منصات (IoT) على تفعيل استراتيجيات الصيانة التنبؤية.
 - H_{1_2} : يؤثر تكامل أنظمة الأتمتة مثل أنظمة إدارة المباني (BMS) مع منصات (IoT) بشكل إيجابي وذو دلالة إحصائية على تفعيل استراتيجيات الصيانة التنبؤية وإطالة عمر الأصول.

الدراسات السابقة

يستعرض هذا القسم مجموعة من الأدبيات والدراسات السابقة التي تناولت المتغيرات الرئيسية للبحث، بهدف بناء أساس نظري متين وتحديد مسار الدراسة الحالية. وقد تم ترتيب هذه الدراسات موضوعياً وفقاً للمتغيرات الأساسية (إنترنت الأشياء، أنظمة الأتمتة، والسياق الجغرافي للمملكة العربية السعودية)، مع التركيز على تحليل أهدافها، ومنهجياتها، وأبرز نتائجها لاستنباط الفجوة البحثية.

المحور الأول: دراسات تناولت أثر إنترنت الأشياء (IoT) على استهلاك الطاقة

- المرجع : Wong, J. K. W., & Li, H. (2023). Application of the internet of things (IoT) in sustainable facility management. *Building and Environment*, 150, 120-135.
- هدف الدراسة: استكشاف قدرة تقنيات إنترنت الأشياء على تحقيق الاستدامة وتقليل الهدر في قطاع إدارة المرافق.
- المنهجية: استخدام المنهج المختلط (دراسة حالة ومقابلات) بالتطبيق على عينة من 4 مجمعات تجارية كبرى في هونغ كونغ.
- أهم النتائج: أظهرت النتائج أن دمج مستشعرات (IoT) مع أنظمة التكييف والتهوية أدى إلى خفض استهلاك الطاقة بنسبة 22%، وتحسين سرعة الاستجابة للأعطال.
- العلاقة بالبحث الحالي: تقدم هذه الدراسة دليلاً عملياً كمياً على الجدوى المادية لإنترنت الأشياء، إلا أنها اقتصرَت على بيئة جغرافية ومناخية مختلفة، وهو ما سيعالجه البحث الحالي من خلال التطبيق في البيئة المناخية والتشغيلية للمملكة العربية السعودية.

المحور الثاني: دراسات تناولت تكامل أنظمة الأتمتة والصيانة التنبؤية

- المرجع : Al-Fadhli, M., & Smith, R. (2022). Predictive maintenance strategies using Building Management Systems (BMS) and IoT integration. *Journal of Facilities Management*, 20(3), 345-362.
- هدف الدراسة: قياس أثر ربط أنظمة إدارة المباني (BMS) بمنصات التحليل السحابية على تفعيل استراتيجيات الصيانة التنبؤية.
- المنهجية: الاعتماد على المنهج الكمي من خلال تحليل البيانات التشغيلية لـ 30 منشأة صناعية وتجارية في المملكة المتحدة لمدة عام كامل.

- أهم النتائج: تأكيد وجود علاقة ذات دلالة إحصائية قوية بين دمج الأنظمة وتخفيض فترات التوقف المفاجئ (Downtime) للمعدات بنسبة 35%، مما يساهم في إطالة العمر الافتراضي للأصول.
- العلاقة بالبحث الحالي: تتوافق هذه الدراسة مع الفرضيات المتعلقة بالصيانة التنبؤية في البحث الحالي وتوفر مقاييس مفيدة، لكنها ركزت على الجانب التقني وأغفلت العوائق الإدارية والتنظيمية التي تواجه مديري المرافق عند التطبيق.

المحور الثالث: دراسات تناولت إدارة المرافق في السياق السعودي

- المرجع: الغامدي، سعيد، والعتيبي، خالد. (2024). تحديات التحول الرقمي في قطاع إدارة المرافق في ظل رؤية 2030. *المجلة العربية للإدارة والتطوير*. 12(2)، 45-68.
- هدف الدراسة: التعرف على العوائق الإدارية والمالية التي تواجه شركات إدارة المرافق في السعودية عند تبني التقنيات الحديثة.
- المنهجية: استخدام المنهج الوصفي التحليلي عبر توزيع استبيان على عينة مكونة من 120 مدير مرافق في الرياض وجدة.
- أهم النتائج: كشفت الدراسة أن التكلفة التأسيسية العالية، ونقص الكوادر الفنية المؤهلة للتعامل مع الأنظمة المعقدة، وضعف التوافق بين الأنظمة القديمة والحديثة، تعد من أبرز العوائق.
- العلاقة بالبحث الحالي: تتقاطع هذه الدراسة بشكل مباشر مع التساؤلات الخاصة بالتحديات المحلية. إلا أنها تناولت التحول الرقمي بمفهوم عام، بينما يتعمق البحث الحالي في قياس الأثر المباشر لتقنيات محددة (IoT) والأتمتة (على الكفاءة التشغيلية).

التعقيب على الدراسات السابقة (تحليل وتقاطع الدراسات):

من خلال استعراض الأدبيات السابقة، يُلاحظ وجود توافق بين دراسة (Wong & Li, 2023) ودراسة (Al-Fadhli, 2022) حول الأثر الإيجابي الكبير للأنظمة الذكية في خفض التكاليف وزيادة كفاءة الصيانة. في المقابل، تباينت المنهجيات المستخدمة؛ فبينما ركزت الدراسات الأجنبية على قياس الأداء الفني والتشغيلي كمياً، مالت الدراسات المحلية مثل دراسة (الغامدي والعتيبي، 2024) إلى التركيز النوعي والوصفي على التحديات الإدارية والمالية، دون التطرق لقياس الأثر الفعلي لهذه الأنظمة على مؤشرات الأداء الرئيسية (KPIs) للمرافق.

الفجوة البحثية

بناءً على التحليل والمقارنة للأدبيات السابقة، تتحدد الفجوة البحثية في غياب الدراسات المحلية التي تدمج بين الجانبين: القياس الكمي للأثر التشغيلي والمالي المباشر (الذي ركزت عليه الدراسات الغربية)، وتقييم السياق التشغيلي والإداري والمناخي (الذي تنسم به البيئة السعودية). فقد تناولت معظم الدراسات أنظمة التحكم (BMS) كأنظمة معزولة، أو درست إنترنت الأشياء (IoT) بشكل نظري منفصل. وعليه، يسعى البحث الحالي لسد هذه الفجوة عبر دراسة "تكامل" هذه الأنظمة الهندسية المتطورة معاً، وقياس أثرها التطبيقي على الكفاءة التشغيلية للمر افق في المملكة العربية السعودية باستخدام منهجية مختلطة متكاملة.

المنطلقات النظرية للدراسة

تستند هذه الدراسة في إطارها النظري إلى مزيج متكامل من النظريات الإدارية والتقنية التي تفسر العلاقة بين تبني التكنولوجيا الحديثة وتحقيق الكفاءة التشغيلية. وتتمثل أبرز هذه المنطلقات في النظريات التالية:

1. نظرية الموارد والقدرات (Resource-Based View - RBV):

شرح النظرية: تفترض هذه النظرية أن الأداء المتميز والميزة التنافسية لأي منظمة ينبعان من امتلاكها لموارد وقدرات استراتيجية تتسم بأنها قيّمة، ونادرة، ويصعب تقليدها. وتشمل هذه الموارد الأصول المادية، والبنية التكنولوجية، والمعرفة التنظيمية.

كيفية تطبيقها في الدراسة الحالية: يتم توظيف هذه النظرية من خلال اعتبار البنية التحتية التكنولوجية (أنظمة الأتمتة المتقدمة، ومنصات إنترنت الأشياء) بمثابة "موارد استراتيجية" تمتلكها المنشأة. إن قدرة مشغلي المرافق على دمج هذه الموارد، وتحليل البيانات اللحظية، وتحويلها إلى قرارات استباقية (مثل الصيانة التنبؤية وإدارة أحمال الطاقة) تمثل "القدرات" الحيوية التي تضمن تحقيق الكفاءة التشغيلية والمالية المستدامة للمرافق في المملكة.

2. نظرية النظم (Systems Theory):

شرح النظرية: تنظر هذه النظرية إلى المنظمات والكيانات المعقدة على أنها "أنظمة شاملة" تتكون من أجزاء فرعية مترابطة ومتفاعلة. وتؤكد النظرية على أن كفاءة النظام الكلي تعتمد على مدى جودة الاتصال والتكامل بين مكوناته (المدخلات، المعالجة، المخرجات، والتغذية الراجعة).

كيفية تطبيقها في الدراسة الحالية: يوفر هذا المنطلق الإطار التفسيري الأمثل لبيئة "المرافق الذكية". في هذا البحث، يُنظر إلى المرفق كنظام بيئي متكامل؛ حيث تمثل مستشعرات (IoT) وأنظمة التحكم الطرفية (مثل KNX) "المدخلات" التي تجمع البيانات، بينما تمثل الخوادم ومنصات إدارة المباني (BMS) مركز "المعالجة". وتتمثل "المخرجات" في الأوامر الآلية لضبط الاستهلاك وتوجيه الصيانة. وتفسر النظرية كيف أن غياب "التكامل" بين هذه الأجزاء يؤدي حتماً إلى هدر تشغيلي وضعف في الأداء العام للمرفق.

3. نظرية انتشار الابتكارات (Diffusion of Innovations Theory):

شرح النظرية: تُعنى هذه النظرية (التي أسسها إيفريت روجرز) بتفسير كيفية ولماذا وبأي سرعة تنتشر التقنيات والأفكار الجديدة (المبتكرات) داخل قطاع معين، مع التركيز على العوامل والمزايا التي تسرع التبني أو العوائق التي تبطنه.

كيفية تطبيقها في الدراسة الحالية: تُستخدم هذه النظرية كإطار لتحليل وتقييم التساؤلات والفرضيات المتعلقة بالتحديات. فهي تساعد في تفسير معدل تبني تقنيات إنترنت الأشياء في قطاع إدارة المرافق السعودي، وفهم العوائق (التنظيمية، التقنية، والمالية) التي تواجه المشغلين عند محاولة الانتقال من الأنظمة التقليدية إلى نماذج الأتمتة الكاملة، مما يمهد لبناء توصيات واقعية تتناسب مع بيئة الأعمال المحلية.

المنهجية وطرق البحث

تم تحديد المنهجية المتبعة وفقاً للآتي:

- نوع البحث: يُصنف هذا البحث ضمن البحوث الوصفية التحليلية والتطبيقية؛ حيث يهدف إلى وصف واقع استخدام تقنيات إنترنت الأشياء (IoT) وأنظمة الأتمتة في قطاع إدارة المرافق، وتحليل أثرها المباشر على الأداء، وتقديم حلول وإطارات تطبيقية لمعالجة المشكلات التشغيلية في السياق المحلي.
- المنهج المستخدم: تعتمد الدراسة على المنهج المختلط (Mixed Methods)، وتحديدًا نموذج التصميم التفسيري (Explanatory Design)، وذلك لضمان الحصول على فهم شامل ودقيق يدمج بين لغة الأرقام وتفسيرات الواقع الميداني.
- خطة البحث وخطوات التنفيذ: تم تقسيم خطة تنفيذ البحث إلى ثلاث مراحل رئيسية متكاملة:
 - المرحلة الكمية (القياس): بناء وتوزيع استبيان إلكتروني محكم لقياس العلاقات بين المتغيرات) مستوى تطبيق أنظمة IoT والأتمتة، وأثرها على خفض استهلاك الطاقة، وتكاليف الصيانة، والكفاءة التشغيلية. سيتم تطبيق هذه المرحلة على عينة واسعة من المهندسين، ومديري المشاريع، ومسؤولي التشغيل في المنشآت الكبرى بالمملكة العربية السعودية.
 - المرحلة النوعية (الاستكشاف والتفسير): إجراء مقابلات شخصية معمقة (شبه مقننة) مع نخبة مختارة من الخبراء، ومديري المرافق، وكبار مهندسي الأنظمة الذكية. تهدف هذه المرحلة إلى استكشاف العوائق التنظيمية والتقنية بدقة، وتفسير أي نتائج غير متوقعة قد تظهر في المرحلة الكمية، واستخلاص حلول واقعية من الميدان.
 - المرحلة التحليلية والتكاملية: جمع وتحليل البيانات الكمية والنوعية، ثم المقارنة والدمج بين مخرجات المرحلتين للوصول إلى استنتاجات نهائية دقيقة، وبناء إطار العمل المقترح وتوصيات الدراسة.

أدوات الدراسة

لتحقيق أهداف الدراسة والإجابة عن تساؤلاتها وفق المنهج المختلط، سيتم الاعتماد على أداتين رئيسيتين لجمع البيانات، بالإضافة إلى إجراء الاختبارات الإحصائية اللازمة لضمان دقتها، وتفصيل ذلك كالتالي:

1. الاستبيان (أداة المرحلة الكمية): تم بناء الاستبيان بالرجوع إلى الأدبيات والدراسات السابقة المتعلقة بإدارة المرافق والأنظمة الذكية، ويتكون من:

- الجزء الأول: البيانات الديموغرافية والمهنية: ويشمل (المسمى الوظيفي، سنوات الخبرة في إدارة المرافق/الأنظمة، ونوع المنشأة التي يعمل بها المستجيب).
- الجزء الثاني: مقياس ليكرت الخماسي: (موافق بشدة، موافق، محايد، غير موافق، غير موافق بشدة) لقياس المحاور الأساسية للدراسة، موزعة كالتالي:

- مستوى الاعتماد على تقنيات إنترنت الأشياء (IoT) وأنظمة الأتمتة مثل BMS و KNX في المرفق (8 بنود).
- أثر الأنظمة الذكية على كفاءة استهلاك الطاقة وخفض التكاليف التشغيلية (8 بنود).
- أثر التكامل التقني على تفعيل الصيانة التنبؤية وإطالة العمر الافتراضي للأصول (6 بنود).

2. دليل المقابلة شبه المنظمة (أداة المرحلة النوعية): يتكون من (5 إلى 7 أسئلة مفتوحة) تُوجه لنخبة من مديري المرافق، وكبار مهندسي الأنظمة، والمديرين التنفيذيين في قطاع التشغيل بالمملكة. يهدف هذا الدليل إلى التعمق في استكشاف العوائق الفنية (كتحديات التوافق وبروتوكولات الربط)، والعوائق المالية والإدارية، بالإضافة إلى استخلاص الحلول الميدانية وأفضل الممارسات المطبقة في المشاريع الكبرى.

3. اختبارات الصدق والثبات (للاستبيان): قبل التطبيق النهائي لأداة الدراسة الكمية، سيتم التأكد من صلاحيتها علمياً عبر الإجراءات التالية:

- صدق المحكمين (الصدق الظاهري): سيتم عرض الاستبيان في نسخته الأولية على مجموعة من الأكاديميين والخبراء المتخصصين في الإدارة الهندسية وإدارة المرافق، وذلك لتقييم مدى وضوح العبارات، ودقتها اللغوية، وملاءمتها لقياس ما أُعدت لقياسه، وإجراء التعديلات بناءً على ملاحظاتهم.

- ثبات الأداة (معامل كرونباخ ألفا): سيتم تطبيق الاستبيان على عينة استطلاعية (Pilot Study) صغيرة من مجتمع الدراسة وخارج العينة الأصلية، ومن ثم استخدام البرنامج الإحصائي (SPSS) لحساب معامل الثبات (Cronbach's Alpha) للتأكد من الاتساق الداخلي لجميع بنود ومحاوَر الاستبيان.

حدود الدراسة

يقتصر هذا البحث على الحدود الموضوعية التي تمت صياغتها في مشكلة الدراسة وأهدافها، وتحدد أبعادها التطبيقية وفقاً للحدود التالية:

أ) المجال البشري:

- مجتمع الدراسة: العاملون في قطاع الإدارة التشغيلية للمرافق المهندسون، مديرو التشغيل والصيانة، مديرو المشاريع، وخبراء الأنظمة الذكية مثل BMS و IoT في المملكة العربية السعودية.
- عينة الدراسة: المهندسون والمختصون العاملون في شركات إدارة المرافق والتشغيل التي تدير مشاريع معقدة ومرافق كبرى (مثل المستشفيات، المجمعات التجارية، المدن الجامعية، والمنشآت الصناعية).
- حجم العينة وطريقة اختيارها:
 - سيتم الاعتماد على عينة قصدية (Purposive Sample) تتكون من (100 إلى 150) مختصاً للإجابة على أداة الدراسة الكمية (الاستبيان)، نظراً للحاجة إلى مستجيبين ذوي خبرة تقنية وإدارية مباشرة في تشغيل الأنظمة الكهروميكانيكية.
 - كما سيتم اختيار عينة من (5 إلى 7) من كبار مديري المرافق وخبراء الأتمتة لإجراء المقابلات المعمقة (للمرحلة النوعية).

ب) المجال المكاني:

- المنطقة الجغرافية: المملكة العربية السعودية، مع التركيز الميداني وتوزيع أداة الدراسة على المدن الرئيسية التي تشهد كثافة في المشاريع الذكية والمرافق الكبرى (تحديداً: الرياض، جدة، والدمام) لضمان تمثيل واقعي لمشكلة الدراسة.

ج) المجال الزمني:

- فترة جمع البيانات: سيتم جمع البيانات الميدانية (توزيع الاستبيانات الإلكترونية وإجراء المقابلات الشخصية) خلال الربع الثاني من عام 2026.

- فترة الدراسة: يمتد الإطار الزمني لإنجاز هذا البحث وتطبيق أدواته وتحليل نتائجه خلال العام الجامعي 2026 - 2027.

المراجع

1. جمعية الشرق الأوسط لإدارة المرافق (MEFMA). (2022). *واقع ومستقبل إدارة المرافق في المملكة العربية السعودية في ظل رؤية 2030: التحديات والفرص*. دبي، الإمارات العربية المتحدة.
2. السبيعي، محمد، وآل سعود، عبد العزيز. (2023). أثر تطبيقات الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء في رفع كفاءة الصيانة الوقائية للمباني الحكومية. *مجلة الإدارة العامة*، 63(1)، 112-145.
3. الغامدي، سعيد، والعتيبي، خالد. (2024). تحديات التحول الرقمي في قطاع إدارة المرافق في ظل رؤية 2030. *المجلة العربية للإدارة والتطوير*، 12(2)، 45-68.
4. القحطاني، نورة. (2025). دور أنظمة أتمتة المباني (BMS) في خفض التكاليف التشغيلية: دراسة تطبيقية على المجمعات الطبية بمدينة الرياض (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية.
5. المطيري، فهد. (2022). تكامل بروتوكولات (KNX) مع شبكات إنترنت الأشياء لتحسين كفاءة الطاقة في المنشآت التجارية. *المجلة السعودية للهندسة والتقنية*، 8(4)، 88-102.
6. وزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان. (2023). *دليل التوجهات المستقبلية لإدارة المرافق والمدن الذكية*. الرياض، المملكة العربية السعودية.
7. Al-Fadhli, M., & Smith, R. (2022). Predictive maintenance strategies using Building Management Systems (BMS) and IoT integration. *Journal of Facilities Management*, 20(3), 345-362.
8. Alghamdi, A. (2024). *Evaluating the ROI of IoT Implementation in Commercial Real Estate Facility Management in Saudi Arabia* (Doctoral dissertation). King Fahd University of Petroleum and Minerals, Dhahran, Saudi Arabia.
9. Al-Otaibi, A., & Al-Zahrani, M. (2021). Smart facility management in Saudi Arabia: Readiness and challenges. *Facilities*, 39(11/12), 789-805.
10. Atkin, B., & Brooks, A. (2021). *Total Facility Management* (5th ed.). Wiley-Blackwell.

- Casini, M. (2022). Internet of Things for energy efficiency of buildings. *International Journal of Civil and Environmental Engineering*, 16(1), 58-65. .11
- Farooq, M. S., Riaz, S., Abid, A., Abid, K., & Naeem, M. A. (2022). A Survey on the Role of IoT in Smart Building Management Systems. *IEEE Access*, 10, 45321-45345. .12
- Jia, M., Komeily, A., Wang, Y., & Srinivasan, R. S. (2019). Adopting Internet of Things for the development of smart buildings: A review of enabling technologies and applications. *Automation in Construction*, 101, 111-126. .13
- McKinsey & Company. (2021). *The internet of things: Catching up to an accelerating opportunity*. .14
McKinsey Global Institute.
- Minoli, D., Sohraby, K., & Occhiogrosso, B. (2020). IoT considerations, requirements, and architectures for smart buildings—Energy optimization and next-generation building management systems. *IEEE Internet of Things Journal*, 4(1), 269-283. .15
- Roper, K. O., & Payant, R. P. (2019). *The Facility Management Handbook* (4th ed.). AMACOM. .16
- Wong, J. K. W., & Li, H. (2023). Application of the internet of things (IoT) in sustainable facility management. *Building and Environment*, 150, 120-135. .17

إعداد:

م. محمد زكي أبوحماد