

دراسة مقارنة بين نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب ونظام إدارة الصيانة المحوسب وأثر
كلٍ منهما في رفع كفاءة التشغيل والصيانة في المملكة العربية السعودية

إعداد الطالب/

خالد أسلم شيخ

الرقم الجامعي: ٢٥٣٠٠٢٤٨١

إشراف/

د.فايز جراد

د.الفیصل عبد الحمید

العام الدراسي:

٢٠٢٦

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

حقوق الطبع والنشر محفوظة لجامعة ميدأوشن

إهداء

إلى أُمِّي الغالية نبع الحنان التي كانت ولا تزال مصدر الدعاء والدعم والتحفيز في مسيرتي، وإلى والدي العزيز رحمه الله، الذي غرس في نفسي قيمة العلم والعمل والاجتهاد، وأسأل الله أن يجزيهما عني خير الجزاء ويجعل ما قدماه لي في ميزان حسناتهما.

إلى أخواتي العزيزات، تقديرا لمحبتكن الصادقة ومساندكن المستمرة، وإلى أفراد أسرتي وأقاربي وأصدقائي وكل من آمن بقدرتي وساندني بكلمة طيبة أو دعاء صادق.

أهدي هذا العمل المتواضع، راجيا من الله أن يجعله علماً نافعا وخطوة مباركة في طريق المعرفة وخدمة مجال عملي.

شكر وتقدير

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على نبينا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين. أحمد الله سبحانه وتعالى على توفيقه وإعانتته لي على إتمام هذا البحث، وأسأله أن يجعله خالصاً لوجهه الكريم ونافعاً للعلم والمسلمين.

أتقدم بخالص الشكر والامتنان إلى والدتي الغالية على دعائها المتواصل ودعمها الذي كان له أعظم الأثر في مواصلة هذه الرحلة العلمية، وإلى والدي رحمه الله، تقديراً وشكراً لما غرسه في نفسي من قيم المسؤولية والمثابرة وحب التعلم، وإلى أخواتي العزيزات على ما أحطنني به من تشجيع وتحفيز ومساندة.

كما أتقدم بالشكر والتقدير إلى جامعة ميدأوشن، ممثلة في كلية الإدارة وقسم إدارة المشاريع، على ما أتاحتها من بيئة علمية ومعرفية دعمت إنجاز هذا البحث. وأخص بالشكر مشرفي البحث الدكتور الفیصل عبد الحمید محمد حسن والدكتور فايز جراد، لما قدماه من توجيه علمي وملاحظات منهجية وإرشادات قيمة.

وأتوجه بالشكر إلى كل من أسهم في هذا العمل بعلم أو رأي أو مراجعة أو تشجيع، وإلى جميع الباحثين والممارسين الذين شكلت أعمالهم وخبراتهم أساساً معرفياً لهذا البحث. فلكم جميعاً خالص التقدير والامتنان.

المستخلص:

هدفت هذه الدراسة إلى إجراء مقارنة بين نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب ونظام إدارة الصيانة المحوسب، وتحليل أثر كل منهما في رفع كفاءة التشغيل والصيانة في المنشآت والمرافق بالمملكة العربية السعودية. وانطلقت الدراسة من وجود تداخل مفاهيمي وتطبيقي بين النظامين لدى بعض المؤسسات، وما قد يترتب على ذلك من صعوبة اختيار النظام الأكثر ملاءمة لطبيعة الأصول والمرافق والاحتياجات التشغيلية، وضعف الاستفادة من الإمكانيات التقنية المتاحة في إدارة أعمال التشغيل والصيانة.

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي المقارن، من خلال مراجعة وتحليل الأدبيات العلمية والدراسات السابقة والتقارير المهنية والمعايير الفنية ودراسات الحالة المتعلقة بالنظامين. وتمثلت عينة الدراسة في مجموعة قصدية من المصادر والوثائق التي تناولت وظائف نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب ونظام إدارة الصيانة المحوسب، وأثرهما في مؤشرات كفاءة التشغيل والصيانة. واستخدمت الدراسة بطاقة لتحليل المحتوى ومصفوفة مقارنة تضمنت عددًا من المحاور، من أبرزها: إدارة الأصول، وأوامر العمل، والصيانة الوقائية، وإدارة الأعطال، وقطع الغيار، والمساحات، وخدمات المرافق، وسرعة الاستجابة، وخفض التكاليف، ودعم اتخاذ القرار، والتكامل مع الأنظمة الأخرى.

وأظهرت نتائج التحليل المقارن أن نظام إدارة الصيانة المحوسب يركز بصورة رئيسة على إدارة أعمال الصيانة والأصول الفنية وأوامر العمل والصيانة الوقائية وتقليل الأعطال والتوقيفات، في حين يتميز نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب بنطاق أشمل يشمل إدارة المرافق والمساحات والخدمات والبيانات التشغيلية إلى جانب بعض وظائف الصيانة. كما تبين أن كلا النظامين يساهم في رفع كفاءة التشغيل والصيانة، إلا أن طبيعة التأثير تختلف تبعًا لنطاق النظام ووظائفه واحتياجات المنشأة. وأشارت النتائج إلى أن اختيار النظام المناسب يعتمد على حجم المنشأة، وطبيعة أصولها، وتعدد مرافقها، ومستوى تعقيد العمليات التشغيلية، وجودة البيانات، ومدى تكامل النظام مع الأنظمة المؤسسية الأخرى.

الكلمات المفتاحية: إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب، إدارة الصيانة المحوسبة، كفاءة التشغيل والصيانة، إدارة الأصول، التحول الرقمي، المملكة العربية السعودية.

فهرس المحتويات:

بسم الله الرحمن الرحيم.....	ب
إهداء.....	ت
شكر وتقدير.....	ث
المستخلص:.....	ج
فهرس المحتويات:.....	ح
قائمة الجداول:.....	د
قائمة بالمصطلحات:.....	ذ
قائمة بالاختصارات:.....	ق
الفصل الأول: الإطار العام للبحث.....	١
١.١ المقدمة:.....	١
١.٢ مشكلة الدراسة:.....	٤
١.٣ أهمية الدراسة:.....	٦
١.٤ أهداف الدراسة:.....	٧
١.٥ تساؤلات الدراسة:.....	٨
١.٦ فروض الدراسة:.....	٩
١.٧ النظرية العلمية المتبعة لإعداد البحث:.....	١٠
الفصل الثاني: الدراسات السابقة.....	١٤
٢.١ مقدمة:.....	١٤
٢.٢ الدراسات السابقة:.....	١٥
٢.٣ الإطار النظري:.....	٢١

٤٧	الفصل الثالث: منهجية الدراسة.....
٤٧	٣.١ مقدمة:.....
٤٧	٣.٢ المنهجية وطرق البحث:.....
٥٢	٣.٣ مجتمع البحث:.....
٥٣	٣.٤ حدود البحث:.....
٥٤	الفصل الرابع: النتائج والتوصيات.....
٥٤	٤.١ مقدمة:.....
٥٤	٤.٢ تحليل البيانات:.....
٦٤	٤.٣ النتائج:.....
٦٦	٤.٤ التوصيات:.....
٦٩	المراجع.....
٦٩	أولاً: المراجع العربية.....
٧٠	ثانياً: المراجع الأجنبية.....
٧٤	Abstract.....

قائمة الجداول:

الجدول	الصفحة
جدول (١-٢): مؤشرات مقترحة لقياس كفاءة التشغيل والصيانة	٢٥
جدول (٢-٢): مقارنة وظيفية بين نظام CAFM ونظام CMMS	٤٢
جدول (٣-٢): ملائمة النظام بحسب طبيعة المنشأة والاحتياج	٤٤
جدول (١-٣): مراحل تنفيذ الدراسة الوثائقية المقارنة	٤٩
جدول (٢-٣): مجموعات كلمات البحث المقترحة	٥١
جدول (١-٤): توزيع الدراسات الأساسية الداخلة في التحليل	٥٥
جدول (٢-٤): المقارنة التحليلية بين نظامي إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب وإدارة الصيانة المحوسب	٥٩
جدول (٣-٤): أثر النظامين في مؤشرات كفاءة التشغيل والصيانة	٦١
جدول (٤-٤): تقييم فروض الدراسة في ضوء التحليل الوثائقي	٦٣

قائمة بالمصطلحات:

تتضمن القائمة الآتية المصطلحات الفنية والإدارية والمنهجية الأساسية الواردة في البحث، مع مقابلها باللغة الإنجليزية وتعريفها الإجرائي في سياق الدراسة

الرقم	المصطلح بالعربية	المصطلح باللغة الإنجليزية والاختصار	التعريف الإجرائي في البحث
1	إدارة المرافق	Facility Management (FM)	إدارة متكاملة للأشخاص والمكان والعمليات والخدمات بهدف دعم النشاط الرئيس للمنشأة ورفع كفاءة البيئة المبنية.
2	التشغيل والصيانة	Operations and Maintenance (O&M)	مجموعة الأنشطة الإدارية والفنية اللازمة لتشغيل الأصول والمرافق والمحافظة على جاهزيتها وسلامتها وكفاءتها طوال دورة حياتها.
3	كفاءة التشغيل والصيانة	Operations and Maintenance Efficiency	قدرة المنشأة على تحقيق مستوى الخدمة والجاهزية المطلوب بأفضل استخدام للوقت والتكلفة والموارد مع تقليل الأعطال والتوقفات.
4	نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب	Computer-Aided Facility Management (CAFM)	نظام معلومات يدعم إدارة المباني والمساحات والأصول والخدمات والطلبات والعقود والبيانات المكانية والتشغيلية ضمن منصة مترابطة.
5	نظام إدارة الصيانة المحوسب	Computerized Maintenance Management System (CMMS)	نظام معلومات يركز على إدارة الأصول الفنية وأوامر العمل والصيانة الوقائية والتصحيحية والأعطال والموارد وقطع الغيار والتكاليف.
6	نظام إدارة الأصول المؤسسية	Enterprise Asset Management (EAM)	منصة أوسع لإدارة الأصول عبر دورة حياتها الفنية والمالية والتشغيلية، وقد متقدمة CMMS تتضمن وظائف

الرقم	المصطلح بالعربية	المصطلح باللغة الإنجليزية والاختصار	التعريف الإجرائي في البحث
7	نظام إدارة مكان العمل المتكامل	Integrated Workplace Management System (IWMS)	منصة شاملة تجمع إدارة العقارات والمساحات والمرافق والصيانة والاستدامة وبيئة العمل في نظام واحد.
8	إدارة الأصول	Asset Management	الأنشطة المنسقة التي تهدف إلى تحقيق القيمة من الأصول من خلال التخطيط والاستخدام والصيانة والتجديد والاستبدال.
9	الأصل	Asset	عنصر أو معدة أو نظام أو مرفق له قيمة فعلية أو محتملة للمنشأة ويحتاج إلى إدارة خلال دورة حياته.
10	سجل الأصول	Asset Register	قاعدة بيانات منظمة تتضمن رموز الأصول ومواقعها ومواصفاتها وحالتها ووثائقها وضماناتها وتاريخها التشغيلي والصياني.
11	دورة حياة الأصل	Asset Lifecycle	المراحل التي يمر بها الأصل منذ التخطيط والاقتناء أو الإنشاء حتى التشغيل والصيانة والتجديد والاستبعاد.
12	الأصول الحرجة	Critical Assets	الأصول التي يؤدي تعطلها إلى أثر مرتفع في السلامة أو الخدمة أو الإنتاج أو التكلفة أو استمرارية الأعمال.
13	أمر العمل	Work Order	سجل رسمي يحدد العمل المطلوب تنفيذه وموقعه وأولويته والمسؤول عنه والمواد والوقت وحالة الإنجاز.
14	إدارة أوامر العمل	Work Order Management	عملية إنشاء أوامر العمل وتحديد أولوياتها وإسنادها ومتابعتها وتوثيق تنفيذها وإغلاقها وتحليل بياناتها.
15	طلب الخدمة	Service Request	طلب يقدمه المستفيد أو النظام للحصول على خدمة صيانة أو تشغيل أو خدمة مرافق مساندة.

الرقم	المصطلح بالعربية	المصطلح باللغة الإنجليزية والاختصار	التعريف الإجرائي في البحث
16	دورة أمر العمل	Work Order Cycle	المراحل الزمنية والإجرائية التي تبدأ بتسجيل الطلب وتنتهي بالإغلاق المقبول بعد تنفيذ العمل وتوثيقه.
17	مستوى الخدمة	Service Level	المستوى المتفق عليه لجودة الخدمة وزمن الاستجابة والإنجاز والالتزام الذي ينبغي على مقدم الخدمة تحقيقه.
18	اتفاقية مستوى الخدمة	Service Level Agreement (SLA)	اتفاق يحدد مؤشرات الخدمة والأوقات المستهدفة والمسؤوليات وآليات القياس والتقييم بين مقدم الخدمة والمستفيد.
19	مؤشر الأداء	Performance Indicator	مقياس يستخدم لتقييم كفاءة أو جودة أو فعالية عملية أو خدمة أو أصل خلال فترة محددة.
20	مؤشر الأداء الرئيس	Key Performance Indicator (KPI)	مؤشر محوري يرتبط مباشرة بهدف استراتيجي أو تشغيلي ويستخدم لمراقبة التقدم واتخاذ القرار.
21	الصيانة	Maintenance	مزيج من الإجراءات الفنية والإدارية الهادفة إلى المحافظة على الأصل أو إعادته إلى حالة يستطيع فيها أداء وظيفته المطلوبة.
22	الصيانة المخططة	Planned Maintenance	أعمال صيانة يتم تحديدها وجدولتها مسبقاً وفق خطة وموارد وأولويات واضحة.
23	الصيانة الوقائية	Preventive Maintenance	أعمال دورية تنفذ وفق الزمن أو الاستخدام بهدف تقليل احتمالية العطل والحفاظ على أداء الأصل.
24	الصيانة التصحيحية	Corrective Maintenance	أعمال تنفذ بعد اكتشاف خلل أو عطل لإعادة الأصل إلى حالته التشغيلية المطلوبة.

الرقم	المصطلح بالعربية	المصطلح باللغة الإنجليزية والاختصار	التعريف الإجرائي في البحث
25	الصيانة التفاعلية	Reactive Maintenance	استجابة صيانة تبدأ بعد وقوع العطل دون وجود تدخل وقائي سابق كافٍ.
26	الصيانة الطارئة	Emergency Maintenance	أعمال عاجلة لمعالجة عطل يهدد السلامة أو استمرارية الخدمة أو يؤدي إلى خسائر كبيرة.
27	الصيانة التنبؤية	Predictive Maintenance	صيانة تعتمد على تحليل البيانات والمؤشرات للتنبؤ بوقت حدوث العطل وتنفيذ التدخل قبل وقوعه.
28	الصيانة المعتمدة على الحالة	Condition-Based Maintenance (CBM)	صيانة يتم تشغيلها بناءً على حالة الأصل الفعلية ونتائج الفحص أو القياس أو الحساسات.
29	العطل	Failure / Breakdown	فقدان الأصل قدرته الكاملة أو الجزئية على أداء الوظيفة المطلوبة.
30	تاريخ الأعطال	Failure History	سجل زمني يوضح الأعطال السابقة وأسبابها ومددها وإجراءات الإصلاح والمواد والتكاليف المرتبطة بها.
31	تحليل السبب الجذري	Root Cause Analysis (RCA)	أسلوب منهجي لتحديد السبب الأساسي للعطل ومنع تكراره بدل الاكتفاء بمعالجة الأعراض.
32	الاعتمادية	Reliability	احتمالية أن يؤدي الأصل وظيفته المطلوبة دون عطل خلال مدة وظروف تشغيل محددة.
33	الجاهزية التشغيلية	Operational Availability	نسبة الوقت الذي يكون فيه الأصل أو المرفق متاحًا وقادرًا على أداء وظيفته المطلوبة.
34	زمن الاستجابة	Response Time	الفترة من تسجيل الطلب أو العطل حتى بدء التعامل الفعلي معه وفق تعريف المؤشر المعتمد.

الرقم	المصطلح بالعربية	المصطلح باللغة الإنجليزية والاختصار	التعريف الإجرائي في البحث
35	زمن الإصلاح	Repair Time	الفترة اللازمة لإصلاح الأصل وإعادةه إلى الخدمة بعد بدء التدخل الفني.
36	زمن التوقف	Downtime	الفترة التي يكون فيها الأصل أو المرفق غير متاح لأداء وظيفته بسبب عطل أو صيانة أو سبب تشغيلي.
37	متوسط الزمن بين الأعطال	Mean Time Between Failures (MTBF)	مؤشر موثوقية يساوي إجمالي زمن التشغيل مقسوماً على عدد الأعطال خلال الفترة.
38	متوسط زمن الإصلاح	Mean Time to Repair (MTTR)	مؤشر يوضح متوسط الوقت المطلوب لإصلاح الأعطال وإعادة الأصل إلى الخدمة.
39	الأعمال المتراكمة	Maintenance Backlog	الأعمال المعتمدة التي لم تنفذ بعد وتقاس عادة بساعات العمل اللازمة لإكمالها وفق الأولويات.
40	نسبة الصيانة الوقائية	Preventive Maintenance Compliance	نسبة أوامر الصيانة الوقائية المنفذة في موعدها إلى إجمالي الأوامر الوقائية المستحقة.
41	نسبة الأعمال الطارئة	Emergency Work Ratio	نسبة أعمال الصيانة الطارئة إلى إجمالي أعمال الصيانة، وتستخدم لقياس درجة الاعتماد على الاستجابة التفاعلية.
42	إنتاجية الموارد	Resource Productivity	مدى الاستفادة من ساعات الفنيين والمعدات والمواد ومقدمي الخدمة في إنجاز الأعمال المطلوبة.
43	تكلفة الصيانة	Maintenance Cost	إجمالي تكاليف العمالة والمواد وقطع الغيار والمقاولين والتوقف المرتبطة بصيانة أصل أو موقع أو مرفق.
44	إدارة المخزون	Inventory Management	تخطيط ومراقبة وتسجيل المواد وقطع الغيار لضمان توافرها بالمستوى المناسب دون زيادة غير ضرورية.

الرقم	المصطلح بالعربية	المصطلح باللغة الإنجليزية والاختصار	التعريف الإجرائي في البحث
45	قطع الغيار	Spare Parts	المكونات والمواد المخزنة لاستخدامها في إصلاح الأصول أو استبدال الأجزاء التالفة أو المستهلكة.
46	نقطة إعادة الطلب	Reorder Point	مستوى مخزون محدد يؤدي الوصول إليه إلى بدء إجراء شراء أو توريد كمية جديدة.
47	إدارة المساحات	Space Management	تسجيل وتحليل وتخصيص المساحات والغرف والطوابق واستخداماتها وتكاليفها وسعاتها.
48	الإشغال	Occupancy	مستوى استخدام المساحات من قبل الأشخاص أو الجهات مقارنة بسعتها أو مساحتها المتاحة.
49	إدارة الانتقالات	Move Management	تخطيط وتنظيم انتقال الموظفين أو الإدارات أو المعدات بين المواقع والمساحات وتحديث البيانات المرتبطة بذلك.
50	بيئة العمل	Workplace	المكان المادي والرقمي والخدمي الذي يمارس فيه المستخدمون أعمالهم ويتفاعلون مع مرافق المنشأة.
51	إدارة خدمات المرافق	Facility Services Management	تنظيم ومتابعة خدمات مثل الصيانة والنظافة والأمن والنقل والتجهيزات والخدمات المساندة.
52	إدارة العقود	Contract Management	إدارة نطاقات العقود ومددها والتزاماتها وتكاليفها ومستويات خدمتها وأداء الأطراف المتعاقدة.
53	إدارة الموردين	Vendor Management	اختيار الموردين ومتابعة أدائهم والتزاماتهم وجودة خدماتهم وتكاليفهم ومخاطرهم.

الرقم	المصطلح بالعربية	المصطلح باللغة الإنجليزية والاختصار	التعريف الإجرائي في البحث
54	جودة الخدمة	Service Quality	مدى مطابقة الخدمة للمتطلبات والتوقعات من حيث السرعة والدقة والاعتمادية والرضا.
55	رضا المستفيد	User Satisfaction	تقييم المستفيد لجودة الخدمة وسرعة الاستجابة والنتيجة النهائية ومدى تلبية احتياجاته.
56	استمرارية التشغيل	Operational Continuity	قدرة المنشأة على استمرار تقديم خدماتها ووظائفها الأساسية عند الأعطال أو الاضطرابات.
57	جودة البيانات	Data Quality	درجة دقة البيانات واكتمالها واتساقها وحدائتها وقابليتها للاستخدام في التخطيط والتحليل والقرار.
58	حوكمة البيانات	Data Governance	السياسات والأدوار والضوابط التي تحدد ملكية البيانات وإنشاءها وتحديثها والتحقق منها واستخدامها وحمايتها.
59	تكامل الأنظمة	Systems Integration	ربط الأنظمة لتبادل بيانات محددة بصورة منضبطة تدعم العمليات والقرارات وتمنع تكرار الإدخال.
60	النظام المرجعي	System of Record	النظام المعتمد بوصفه المصدر الرسمي لنوع محدد من البيانات مثل الأصل أو المورد أو العقد أو الموقع.
61	تخطيط موارد المؤسسة	Enterprise Resource Planning (ERP)	نظام مؤسسي يدمج العمليات المالية والمشتريات والمخزون والموارد البشرية وغيرها ضمن قاعدة بيانات مشتركة.
62	نمذجة معلومات البناء	Building Information Modeling (BIM)	منهج رقمي لإنشاء وإدارة نموذج معلوماتي للمبنى وعناصره خلال مراحل التصميم والتنفيذ والتشغيل.

الرقم	المصطلح بالعربية	المصطلح باللغة الإنجليزية والاختصار	التعريف الإجرائي في البحث
63	نظام إدارة المباني	Building Management System (BMS)	نظام لمراقبة وتشغيل أنظمة المبنى الميكانيكية والكهربائية مثل التكييف والطاقة والإنذارات.
64	نظم المعلومات الجغرافية	Geographic Information Systems (GIS)	أنظمة لإدارة وتحليل وعرض البيانات المرتبطة بالمواقع الجغرافية والأصول المكانية.
65	إنترنت الأشياء	Internet of Things (IoT)	شبكة من الأجهزة والحساسات المتصلة التي تجمع بيانات التشغيل والحالة وتنقلها للأنظمة الرقمية.
66	ذكاء الأعمال	Business Intelligence (BI)	أدوات ومنهجيات لتحويل البيانات التشغيلية إلى تقارير ولوحات معلومات ومؤشرات تدعم القرار.
67	التحليلات التنبؤية	Predictive Analytics	استخدام البيانات والنماذج الإحصائية أو الخوارزميات للتنبؤ بالأحداث والاتجاهات المستقبلية.
68	الذكاء الاصطناعي	Artificial Intelligence (AI)	تقنيات تمكّن الأنظمة من التعلم والتحليل والتصنيف والتنبؤ ودعم القرارات بطرق تحاكي بعض القدرات البشرية.
69	التوائم الرقمية	Digital Twins	تمثيلات رقمية ديناميكية للأصول أو المرافق ترتبط ببياناتها الفعلية لتدعم المراقبة والتحليل والمحاكاة.
70	الحوسبة السحابية	Cloud Computing	توفير البرامج والبيانات والقدرات الحاسوبية عبر الإنترنت بدل استضافتها بالكامل داخل المنشأة.
71	التطبيقات المتنقلة	Mobile Applications	تطبيقات تمكّن المستخدمين والفنيين من استقبال الطلبات وتحديث الأعمال والوصول إلى المعلومات من الموقع.

الرقم	المصطلح بالعربية	المصطلح باللغة الإنجليزية والاختصار	التعريف الإجرائي في البحث
72	الأمن السيبراني	Cybersecurity	حماية الأنظمة والشبكات والبيانات من الوصول غير المصرح به والهجمات. والتعطيل والتلاعب.
73	إدارة الصلاحيات	Access Control	تحديد من يحق له الاطلاع أو الإضافة أو التعديل أو الاعتماد داخل النظام وفق دوره ومسؤوليته.
74	سجل التدقيق	Audit Trail	سجل آلي يوثق العمليات والتعديلات والمستخدمين والتواريخ بهدف الرقابة. والتتبع والمساءلة.
75	التحول الرقمي	Digital Transformation	إعادة تصميم العمليات والخدمات ونماذج العمل بالاعتماد على التقنيات والبيانات لتحقيق قيمة وكفاءة أعلى.
76	النضج الرقمي	Digital Maturity	مستوى قدرة المنشأة على استخدام التقنية والبيانات والمهارات والحوكمة بصورة متكاملة وفعالة.
77	الاستدامة	Sustainability	تلبية الاحتياجات الحالية مع المحافظة على الموارد وتقليل الآثار البيئية والاقتصادية والاجتماعية طويلة المدى.
78	كفاءة الإنفاق	Spending Efficiency	تحقيق النتائج والخدمات المطلوبة بأفضل استخدام ممكن للموارد المالية. ودون هدر.
79	إدارة التغيير	Change Management	منهج منظم لإعداد الأفراد والعمليات والهيكل للانتقال إلى طريقة عمل أو نظام جديد وتقليل مقاومة التغيير.
80	إدارة المخاطر	Risk Management	تحديد المخاطر وتحليلها وتقييمها ومعالجتها ومراقبتها للحد من آثارها على الأهداف والتشغيل.
81	أصحاب المصلحة	Stakeholders	الأفراد أو الجهات التي تؤثر في النظام أو تتأثر بقراراته ونتائجه وخدماته.

الرقم	المصطلح بالعربية	المصطلح باللغة الإنجليزية والاختصار	التعريف الإجرائي في البحث
82	نظرية الموارد	Resource-Based View	منظور نظري يفسر تحقيق القيمة والميزة من خلال امتلاك الموارد وتنظيمها واستثمارها بصورة يصعب تقليدها.
83	نظرية انتشار الابتكار	Diffusion of Innovations Theory	نظرية تفسر كيفية تبني الابتكارات وانتشارها وتأثر ذلك بالمنفعة والتوافق وسهولة الاستخدام والدعم.
84	نظرية أصحاب المصلحة	Stakeholder Theory	نظرية تؤكد ضرورة مراعاة مصالح وتأثير مختلف الأطراف المرتبطة بالمنظمة وقراراتها.
85	المنهج الوصفي	Descriptive Approach	منهج يستخدم لوصف الظاهرة وخصائصها ووظائفها وسياقها بصورة منظمة.
86	المنهج التحليلي	Analytical Approach	منهج يفسر البيانات والأدلة ويحل العلاقات والأنماط والنتائج للوصول إلى استنتاجات.
87	المنهج المقارن	Comparative Approach	منهج يقارن بين حالتين أو نظامين وفق محاور ومعايير موحدة لتحديد أوجه التشابه والاختلاف.
88	التحليل الوثائقي	Document Analysis	فحص منظم للوثائق والمصادر لاستخلاص المعلومات والأدلة والموضوعات ذات الصلة بالدراسة.
89	تحليل المحتوى	Content Analysis	أسلوب لترميز وتصنيف وتحليل محتوى النصوص والوثائق ضمن فئات ومحاور محددة.
90	المراجعة المنظمة للأدبيات	Systematic Literature Review	عملية بحث وفرز وتقييم وتركيب للمصادر وفق خطوات ومعايير محددة وقابلة للتتبع.

الرقم	المصطلح بالعربية	المصطلح باللغة الإنجليزية والاختصار	التعريف الإجرائي في البحث
91	بيان بريزما 2020	PRISMA 2020 Statement	إطار إرشادي لعرض مراحل تحديد الدراسات وفرزها وفحص أهليتها وإدراجها في المراجعات المنظمة.
92	العينة الوثائقية القصدية	Purposive Document Sample	مجموعة مصادر يتم اختيارها عمدًا لأنها ترتبط مباشرة بموضوع الدراسة وتستوفي معايير القبول.
93	وحدة التحليل	Unit of Analysis	العنصر الذي يجري فحصه وتحليله بصورة مستقلة، وهو في هذه الدراسة المصدر أو الوثيقة.
94	بطاقة تحليل المحتوى	Content Analysis Form	أداة موحدة لتسجيل بيانات المصدر والسياق والمنهج والوظائف ومؤشرات والنتائج والتحديات.
95	مصفوفة المقارنة	Comparison Matrix	جدول منظم يستخدم لمقارنة النظامين وفق المحاور والوظائف ومؤشرات الأداء نفسها.
96	معايير الإدراج والاستبعاد	Inclusion and Exclusion Criteria	شروط محددة تقرر قبول المصدر ضمن التحليل أو استبعاده وفق الصلة والجودة والتوافر.
97	البيانات الثانوية	Secondary Data	بيانات ومعلومات سبق جمعها أو نشرها في دراسات وتقارير ومعايير ووثائق أخرى.
98	صدق أداة التحليل	Validity	مدى قدرة أداة التحليل على تغطية المفاهيم والمحاور التي صممت لقياسها أو دراستها.
99	ثبات التحليل	Reliability	مدى اتساق إجراءات استخراج البيانات وتصنيفها وإمكانية الوصول إلى نتائج متقاربة عند إعادة التطبيق.

الرقم	المصطلح بالعربية	المصطلح باللغة الإنجليزية والاختصار	التعريف الإجرائي في البحث
100	الفرضية التحليلية	Analytical Hypothesis	افتراض بحثي يتم تقييمه من خلال اتساق الأدلة الوثائقية بدل اختبارات الدلالة الإحصائية.
101	البيانات المكانية	Spatial Data	بيانات تربط الأصول والخدمات والمستخدمين بالمباني والطوابق والغرف والمواقع الجغرافية.
102	بوابة الخدمة	Service Portal	واجهة إلكترونية موحدة تتيح للمستخدمين تسجيل الطلبات ومتابعتها والتواصل مع مقدم الخدمة.
103	التطبيق المرحلي	Phased Implementation	تنفيذ النظام على مراحل تبدأ بالأصول أو المواقع أو الوظائف الحرجة ثم التوسع بعد استقرار البيانات والعمليات.
104	الموثوقية التشغيلية	Operational Reliability	قدرة الأصول والعمليات على أداء وظائفها باستقرار وبأقل عدد ممكن من الأعطال والانقطاعات.
105	إدارة المعرفة الصيانية	Maintenance Knowledge Management	تجميع وتنظيم والاستفادة من تاريخ الأعطال والإصلاحات والخبرات والوثائق لتحسين القرارات المستقبلية.

قائمة بالاختصارات:

الاختصار	المصطلح باللغة الإنجليزية	المعنى باللغة العربية
CAFM	Computer-Aided Facility Management	إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب
CMMS	Computerized Maintenance Management System	نظام إدارة الصيانة المحوسب
EAM	Enterprise Asset Management	إدارة أصول المؤسسة
BIM	Building Information Modeling	نمذجة معلومات البناء
GIS	Geographic Information System	نظام المعلومات الجغرافية
IoT	Internet of Things	إنترنت الأشياء
ERP	Enterprise Resource Planning	تخطيط موارد المؤسسة
BMS	Building Management System	نظام إدارة المباني
IWMS	Integrated Workplace Management System	نظام الإدارة المتكاملة لبيئة العمل
SLA	Service Level Agreement	اتفاقية مستوى الخدمة
MTBF	Mean Time Between Failures	متوسط الزمن بين الأعطال
MTTR	Mean Time to Repair	متوسط زمن الإصلاح
PRISMA	Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses	عناصر الإبلاغ المفضلة للمراجعات المنهجية والتحليلات البعدية
ISO	International Organization for Standardization	المنظمة الدولية للتقييس

الفصل الأول: الإطار العام للبحث

١.١ المقدمة:

تُعد مرحلة التشغيل والصيانة المرحلة الأطول في دورة حياة الأصول والمرافق، وفيها تتحول المنشأة من مشروع تم إنجازه إلى بيئة عمل وخدمة ينبغي المحافظة على جاهزيتها وسلامتها وكفاءتها بصورة مستمرة. ولم تعد أعمال التشغيل والصيانة تقتصر على إصلاح الأعطال بعد وقوعها، بل أصبحت منظومة إدارية وفنية متكاملة تشمل تخطيط الصيانة، وإدارة الأصول، وتخصيص الموارد، ومراقبة الأداء، وإدارة المخاطر، وضبط التكاليف، وتحسين تجربة المستخدمين. ويؤكد معيار إدارة المرافق ISO 41001 أن نظام إدارة المرافق الفعال ينبغي أن يدعم أهداف المنظمة، ويلبي احتياجات الأطراف المعنية، ويحقق تقديمًا كفؤًا وفعالًا ومستدامًا لخدمات المرافق (ISO, 2018).

تعتمد كفاءة التشغيل والصيانة بدرجة متزايدة على جودة المعلومات المتاحة في الوقت المناسب. فقرارات الصيانة الوقائية، وتحديد أولويات أوامر العمل، وتوزيع الفنيين، وشراء قطع الغيار، ومقارنة التكلفة المخططة بالفعليّة، وتقييم أداء المقاولين، كلها قرارات تحتاج إلى بيانات مترابطة ودقيقة وقابلة للتحليل. وقد أوضحت أدلة الممارسات المهنية في التشغيل والصيانة أن نظم المعلومات المحوسبة تساعد على الانتقال من حفظ السجلات المتفرقة إلى إدارة برنامج صيانة منظم يمكن تتبع أدائه وتحسينه بصورة مستمرة (U.S. Department of Energy, 2010).

أدى هذا الاحتياج إلى ظهور مجموعة من الأنظمة الرقمية المتخصصة التي تدعم إدارة الأصول والمرافق، ومن أبرزها نظام إدارة الصيانة المحوسب (Computerized Maintenance Management System: CMMS) ونظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب (Computer-Aided Facility Management: CAFM). ورغم أن النظامين يشتركان في استخدام قواعد البيانات وأوامر العمل والتقارير ودعم القرار، فإن لكل منهما نطاقًا وظيفيًا ومنظورًا إداريًا يختلف عن الآخر. ويؤدي عدم التمييز بينهما إلى اختيار حلول لا تتوافق بصورة كاملة مع طبيعة المنشأة أو احتياجاتها التشغيلية.

يركز نظام إدارة الصيانة المحوسب بصورة أساسية على تنظيم عمليات الصيانة وإدارة بياناتها. ويشمل ذلك تسجيل الأصول والمعدات، وإنشاء أوامر العمل وتوزيعها ومتابعتها، وجدولة الصيانة الوقائية، وتوثيق الأعطال والإصلاحات، وإدارة المخزون وقطع الغيار، وحساب تكاليف العمل، وإعداد مؤشرات الأداء والتقارير. وتعرّف أدلة التشغيل والصيانة النظام بوصفه برنامجًا

إداريًا يدعم إدارة عمليات التشغيل والصيانة وتتبعها، ويتيح تخزين تاريخ المعدات والأعمال والموارد والتكاليف بصورة تساعد العاملين والإدارة على اتخاذ قرارات أفضل (U.S. Department of Energy, 2010).

تظهر قيمة نظام CMMS عندما تتحول البيانات المسجلة فيه إلى إجراءات تشغيلية منضبطة. فالنظام يمكن أن يدعم الانتقال من الصيانة التفاعلية إلى الصيانة المخططة، ويزيد القدرة على متابعة الأعمال المتأخرة، ويحدد الأصول الأعلى تعطلاً أو تكلفة، ويكشف أوجه القصور في استخدام الموارد. وقد توصلت دراسة Shankar وزملائه إلى أن تطبيق CMMS في الصناعات يرتبط بزيادة الإنتاجية، وتحسين السلامة والصحة والبيئة، وتحقيق وفورات في التكلفة، ورفع كفاءة استخدام الموارد، مع أهمية اختيار النظام وفق مؤشرات أداء واحتياجات محددة للمنظمة (Shankar et al., 2023). كما أكدت دراسة Meira وزملائها أن اختيار نظام CMMS ينبغي أن يكون عملية منهجية قائمة على مواءمة خصائص النظام مع احتياجات المؤسسة، لا مجرد قرار شراء تقني (Meira et al., 2020).

أما نظام CAFM فيدعم إدارة المرافق من منظور أوسع، إذ يجمع بين البيانات المكانية والفنية والتشغيلية والخدمية داخل منصة واحدة. وقد تشمل وظائفه إدارة المساحات والإشغال، وإدارة الانتقالات، وسجل الأصول، وخدمات المستفيدين، وحجوزات الغرف، والصيانة المخططة والتفاعلية، وإدارة العقود والموردين، وتحليل التكاليف، وربط المخططات والوثائق بالمواقع والأصول. ومن ثم فإن CAFM لا ينظر إلى المعدة منفردة فحسب، بل يربطها بالمبنى أو الموقع أو الغرفة أو الخدمة وبالجهة المستفيدة من المرفق.

توضح التطبيقات العملية أن بيانات CAFM يمكن أن تؤدي دوراً مباشراً في تحسين جودة الخدمة ودعم القرار. فقد قدّم El-Deeb وزملاؤه نموذجاً لقياس أثر تطبيق CAFM على زمن الاستجابة لطلبات الخدمة، واعتمدت الدراسة على سجلات قبل التطبيق وبعده، وأظهرت أن النظام أتاح تحسين تدفق الطلبات، ورفع الاستفادة من القوى العاملة، وتحويل السجلات إلى مؤشرات تساعد مدير المرافق على ضبط الموارد وسرعة الاستجابة (El-Deeb et al., 2017). كما بينت دراسة ladanza و Luschi أن نظام CAFM في المنشآت الصحية يمكن أن يعمل بوصفه منصة مركزية تربط المخططات والبيانات المكانية والبيانات الفنية ومؤشرات الأداء لتوفير دعم كمي ونوعي للإدارة العليا والفرق الفنية (ladanza & Luschi, 2020).

لا تعني هذه الفروق وجود حد فاصل ثابت بين جميع المنتجات المتاحة في السوق؛ إذ تتضمن كثير من منصات CAFM وحدات متقدمة للصيانة، بينما توسعت بعض أنظمة CMMS لتشمل إدارة الأصول المؤسسية والخرائط والمواقع والخدمات. وقد أشار Madritsch و May إلى

أن المصطلحين يُستخدمان أحياناً ضمن عائلة واسعة من نظم المعلومات الداعمة لإدارة المرافق، إلا أن CMMS يرتبط عادة بتخطيط عمليات الصيانة وإدارتها وتحليلها، في حين يرتبط CAFM بتمثيل هياكل وعمليات إدارة المرافق وتقويمها والتحكم فيها على نطاق أشمل (Madritsch & May, 2009). لذلك لا تقوم المقارنة السليمة على الاسم التجاري للنظام، بل على وظائفه الفعلية، ونطاق البيانات التي يديرها، والمستخدمين المستهدفين، والقرارات التي يدعمها.

ازدادت أهمية هذا التمييز مع تطور البيئة الرقمية لإدارة الأصول والمرافق. فلم تعد الأنظمة تعمل بصورة منعزلة، بل أصبحت تتكامل بدرجات مختلفة مع أنظمة تخطيط موارد المؤسسة، ونمذجة معلومات البناء، وأنظمة إدارة المباني، وإنترنت الأشياء، والمنصات السحابية، والتطبيقات المتنقلة، والتحليلات التنبؤية. وقد خلصت مراجعة Marocco و Garofolo إلى أن دمج التقنيات الرقمية المتقدمة مع إدارة المرافق يفتح مجالات واسعة لتحسين التشغيل والصيانة وإدارة المعلومات والطاقة والطوارئ، لكنه يثير في الوقت نفسه تحديات التكامل وجودة البيانات والأمن والقدرات البشرية (Marocco & Garofolo, 2021).

في المملكة العربية السعودية، يتزامن الاهتمام بهذه الأنظمة مع التوسع في الأصول والمشروعات والبنية التحتية، ومع توجهات التحول الرقمي ورفع كفاءة الأداء الحكومي وتعزيز دور القطاع الخاص. ويؤكد برنامج التحول الوطني ضمن رؤية السعودية ٢٠٣٠ أهمية تحسين الأداء الحكومي، وتطوير الخدمات الرقمية، وبناء بيئة مؤسسية أكثر كفاءة وابتكاراً (رؤية السعودية ٢٠٣٠، ٢٠٢٥). ويجعل هذا السياق إدارة الأصول والمرافق بكفاءة مسألة ذات أثر اقتصادي وخدمي مباشر، خاصة في القطاعات الحكومية والصحية والتعليمية والصناعية والتجارية والمشروعات الكبرى.

وتكشف الدراسات الميدانية في البيئة السعودية أن التقنية تمثل في الوقت نفسه عامل نمو وتحدياً رئيسياً أمام إدارة المرافق. فقد وجدت دراسة Akbar وزملائه أن التكامل التقني جاء من أبرز التحديات التي تواجه نمو قطاع إدارة المرافق في المملكة، إلى جانب الحاجة إلى المعرفة الفنية والقيادة وحل المشكلات، كما برز الاستثمار الحكومي في البنية التحتية والنمو الاقتصادي ضمن أهم عوامل توسع القطاع (Akbar et al., 2025). وأظهرت دراسة Hassanain وزملائه حول استخدام نمذجة معلومات البناء في إدارة المرافق أن أبرز التحديات ترتبط بتكامل تصميم أنظمة المبني مع الأنظمة الرقمية، وتحديد متطلبات التسليم والتكامل، والحصول على معلومات ملائمة ودقيقة (Hassanain et al., 2023).

كما أظهرت دراسة سعودية حديثة شملت ممارسين في إدارة المرافق ومتخصصين في إنترنت الأشياء أن من أهم دوافع التحول الرقمي خفض التكلفة من خلال تحسين استخدام الطاقة،

وتحسين جداول الصيانة وتقليل التوقف، ورفع كفاءة العمليات بالاعتماد على البيانات الفورية عن أداء الأنظمة وأنماط الاستخدام، في مقابل تحديات تتعلق بالتكامل والتدريب والتكلفة والأمن (Hassanain et al., 2025). وتؤكد دراسة أخرى عن تبني إنترنت الأشياء لإدارة المرافق المستدامة في السعودية أن القرار التقني يتأثر بعوامل فنية وتنظيمية وتشغيلية وأمنية، مما يعني أن نجاح النظام لا يعتمد على قدراته التقنية وحدها، بل على البيئة التي يُطبَّق فيها (Hassanain et al., 2026).

على الرغم من اتساع الأدبيات المتعلقة بالتحول الرقمي في إدارة المرافق والصيانة، فإن جانبًا كبيرًا منها يعالج كل نظام بصورة منفصلة، أو يركز على تقنية مساندة مثل نمذجة معلومات البناء أو إنترنت الأشياء، أو يناقش المزايا العامة للرقمنة دون بناء مقارنة مباشرة بين CAFM و CMMS وفق مؤشرات تشغيل وصيانة موحدة. كما أن تداخل الوظائف بين المنتجات الحديثة قد يؤدي إلى تعميمات غير دقيقة؛ فقد يُستخدم نظام يحمل مسمى CAFM بوظائف صيانة محدودة، أو نظام يحمل مسمى CMMS بوظائف أوسع من الصيانة، الأمر الذي يستدعي تحليل القدرات الفعلية بدل الاكتفاء بالمسميات.

من هنا تنطلق الدراسة الحالية لتقديم مقارنة وصفية تحليلية منظمة بين نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب ونظام إدارة الصيانة المحوسب، وبيان أثر كل منهما في رفع كفاءة التشغيل والصيانة في المملكة العربية السعودية. وتستند الدراسة إلى مراجعة وتحليل الأدبيات العلمية والمعايير والتقارير ودراسات الحالة المنشورة، بهدف تحديد أوجه التشابه والاختلاف، وربط خصائص كل نظام بمؤشرات الأداء، وتوضيح الحالات التي يكون فيها أحد النظامين أكثر ملاءمة، والحالات التي تتطلب تكامل وظائفهما ضمن حل مؤسسي أشمل. ولا تسعى الدراسة إلى إثبات تفوق مطلق لنظام على الآخر، بل إلى الوصول إلى إطار قرار يربط الاختيار بطبيعة الأصول والمرافق والعمليات والبيانات والمستخدمين والأهداف التنظيمية.

١.٢ مشكلة الدراسة:

تتمثل المشكلة الأساسية للدراسة في وجود تداخل مفاهيمي ووظيفي بين نظام CAFM ونظام CMMS لدى بعض المؤسسات والممارسين، وفي التعامل معهما أحيانًا بوصفهما نظامين مترادفين أو بديلين متكافئين. ويؤدي هذا التصور إلى إغفال أن كل نظام نشأ لخدمة نطاق رئيسي مختلف؛ فـ CMMS يتمحور حول إدارة عملية الصيانة وبيانات الأصول والأعمال والموارد، بينما يتجه CAFM إلى دعم إدارة المرفق بوصفه منظومة متكاملة تشمل المكان والأصل والخدمة

والمستخدم والبيانات التشغيلية. ومع توسع المنتجات الحديثة وتداخل وحداتها، أصبح الحكم بالاسم وحده غير كافٍ، وأصبح المطلوب تحليل الوظائف والبيانات والنتائج المستهدفة.

تظهر آثار هذا التداخل عند مرحلة اختيار النظام وتنفيذه. فقد تتبنى منشأة حلاً واسعاً لإدارة المرافق في حين أن احتياجها الفعلي يتركز في ضبط أوامر العمل والصيانة الوقائية والمخزون، فتتحمل تكاليف وتعقيداً يفوق قدرتها على الاستخدام. وفي المقابل قد تختار منشأة متعددة المواقع والأبنية نظاماً يركز على الصيانة فقط، ثم تكتشف أنه لا يدعم إدارة المساحات والإشغال والخدمات والعقود والبيانات المكانية بالصورة المطلوبة. وفي الحالتين تتسع الفجوة بين القدرات المشتراة والقيمة المتحققة، ويصبح النظام سجلاً إلكترونيًا محدود الاستخدام بدل أن يكون أداة لتحسين الأداء.

ترتبط المشكلة كذلك بضعف جودة البيانات وتكاملها. فلا يمكن لنظام CMMS أن ينتج خطة صيانة موثوقة إذا كان سجل الأصول ناقصاً، أو إذا لم تُسجل ساعات العمل وقطع الغيار وأسباب الأعطال بصورة صحيحة. كما لا يمكن لنظام CAFM أن يدعم التخطيط المكاني أو تحليل الخدمات إذا كانت المخططات والبيانات المكانية غير محدثة أو غير مرتبطة بالأصول والخدمات. وتؤكد الدراسات السعودية أن الحصول على معلومات دقيقة، وتحديد متطلبات التسليم، وتكامل أنظمة المبنى مع أدوات إدارة المرافق، تمثل تحديات جوهرية أمام الاستخدام الفعال للتقنيات الرقمية (Hassanain et al., 2023).

ويضاف إلى ذلك أن نجاح هذه الأنظمة يتأثر بعوامل تنظيمية وبشرية، مثل دعم الإدارة العليا، ووضوح الإجراءات، وتدريب المستخدمين، وتوزيع المسؤوليات، واستعداد فرق الصيانة والمرافق لتغيير طرق العمل. وقد بينت الأدبيات أن أنظمة المعلومات لا تحقق القيمة بمجرد تركيبها؛ إذ يتطلب النجاح مواءمة بين التقنية والعمليات والبيانات والمستخدمين، فضلاً عن إدارة التغيير وتحديد مؤشرات قياس واضحة (Madritsch & May, 2009; Meira et al., 2020). لذلك قد تتفاوت نتائج النظام نفسه بين منشأتين بحسب مستوى النضج الإداري والتقني.

أما على مستوى قياس الأثر، فتوجد صعوبة في المقارنة بسبب اختلاف المؤشرات التي تتناولها الدراسات. فدراسات CMMS تركز غالباً على الأعطال، والتوقف، والصيانة الوقائية، والمخزون، وتكلفة الصيانة، وإنتاجية الفنيين. في حين تركز دراسات CAFM على زمن الاستجابة، وإدارة المساحات، وجودة الخدمات، واستخدام المرافق، وربط البيانات المكانية والفنية، ودعم القرار. ويؤدي غياب إطار موحد إلى صعوبة تحديد القيمة النسبية لكل نظام، خاصة عندما تكون بعض المؤشرات مشتركة مثل أوامر العمل وإدارة الأصول وسرعة الاستجابة.

تتضاعف أهمية المشكلة في البيئة السعودية بسبب سرعة نمو قطاع إدارة المرافق، وتوسع الأصول العامة والخاصة، وارتفاع متطلبات الاستدامة وكفاءة الإنفاق، والتوجه نحو المدن والمباني الذكية. وقد أظهرت الدراسات المحلية أن التكامل التقني من أبرز تحديات القطاع، وأن تحسين جداول الصيانة وتقليل التوقف وتوفير البيانات الفورية من الدوافع الأساسية للتحويل الرقمي (Akbar et al., 2025; Hassanain et al., 2025). ومع ذلك لا تزال الأدبيات العربية والسعودية التي تقدم مقارنة مباشرة ومنظمة بين CAFM و CMMS محدودة، ولا توفر إطاراً واضحاً لمتخذ القرار يربط خصائص النظام بطبيعة المنشأة واحتياجاتها.

بناءً على ما سبق، تتمحور المشكلة البحثية حول عدم وضوح الحدود الفاصلة والمتداخلة بين النظامين، وما يترتب على ذلك من صعوبة اختيار الحل الأكثر ملاءمة وتحقيق الاستفادة التشغيلية المتوقعة. وتعالج الدراسة هذه المشكلة من خلال تحليل الأدلة المنشورة، ومقارنة النظامين وفق محاور موحدة تشمل نطاق الإدارة، وإدارة الأصول، وأوامر العمل، والصيانة الوقائية، وإدارة الأعطال، والمخزون، والمساحات، والخدمات، والتكامل، والتقارير، ومؤشرات الكفاءة.

وعليه يمكن صياغة مشكلة الدراسة في السؤال الرئيس الآتي: ما أوجه التشابه والاختلاف بين نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب ونظام إدارة الصيانة المحوسب، وما أثر كل منهما في رفع كفاءة التشغيل والصيانة، وكيف يمكن تحديد النظام الأكثر ملاءمة لاحتياجات المنشآت في المملكة العربية السعودية؟

١.٣ أهمية الدراسة:

تتبع أهمية الدراسة من ارتباط موضوعها بجودة القرارات التقنية والتشغيلية التي تتخذها المؤسسات لإدارة أصولها ومرافقها. فالاختيار غير الملائم للنظام لا يقتصر أثره على تكلفة الترخيص والتنفيذ، بل يمتد إلى جودة البيانات، وكفاءة الإجراءات، وقدرة الإدارة على القياس والتحسين. ويمكن عرض أهمية الدراسة من جانبين رئيسيين:

أولاً: الأهمية العلمية

تقدم الدراسة تأصيلاً مفاهيمياً منظماً لنظامي CAFM و CMMS، وتوضح نطاق كل منهما ووظائفه ومجالات استخدامه، بما يحد من الخلط الاصطلاحي الموجود في بعض الكتابات والممارسات.

تسد الدراسة فجوة في الأدبيات العربية من خلال بناء مقارنة مباشرة بين النظامين وفق محاور موحدة، بدل تناول كل نظام بصورة منفصلة أو الاكتفاء بعرض مزايا الرقمنة بوجه عام.

ترتبط الدراسة خصائص الأنظمة الرقمية بمؤشرات كفاءة التشغيل والصيانة، مثل زمن الاستجابة، والتوقف، والالتزام بالصيانة الوقائية، والتكلفة، واستخدام الموارد، وجودة الخدمة، ودعم القرار.

تجمع الدراسة بين منظور إدارة المرافق ومنظور إدارة الصيانة، وتستفيد من المعايير الدولية ودراسات الحالة والأبحاث التطبيقية لبناء إطار تحليلي يمكن تطويره واختباره في دراسات ميدانية لاحقة.

تضيف الدراسة بعداً سياقياً يركز على المملكة العربية السعودية، ويربط النتائج بواقع التحول الرقمي، ونمو إدارة المرافق، وتحديات التكامل وجودة البيانات والمهارات الرقمية.

ثانياً: الأهمية التطبيقية

مساعدة الجهات الحكومية والخاصة على تحديد ما إذا كان احتياجها الرئيس يتعلق بإدارة الصيانة والأصول، أو بإدارة المرافق والمساحات والخدمات بصورة أشمل، أو بتكامل المجالين. توفير محاور عملية يمكن استخدامها عند إعداد متطلبات المنافسات وطلبات العروض وتقييم الحلول التقنية، بما يقلل الاعتماد على المسميات التجارية أو العروض التسويقية العامة. دعم متخذي القرار في مقارنة التكلفة المتوقعة للنظام بقيمته التشغيلية، وتحديد الوحدات الوظيفية الضرورية، وتجنب شراء قدرات لا تتناسب مع مستوى نضج المنشأة أو حجم عملياتها. توجيه خطط التنفيذ نحو المتطلبات التي تؤثر فعلياً في النجاح، مثل إعداد سجل الأصول، وتنظيف البيانات، وربط المواقع والمخططات، وتوحيد رموز الأعطال، وتدريب المستخدمين، وتكامل الأنظمة.

إتاحة إطار مبدئي لتقييم الأداء بعد التطبيق باستخدام مؤشرات قابلة للقياس، بدل الاكتفاء بالحكم العام على نجاح النظام أو فشله.

الإسهام في رفع كفاءة الإنفاق وتحسين استدامة الأصول وجودة الخدمات في القطاعات السعودية التي تعتمد بصورة كبيرة على التشغيل والصيانة وإدارة المرافق.

١.٤) أهداف الدراسة:

تهدف الدراسة بصورة عامة إلى تحليل الفروق بين نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب ونظام إدارة الصيانة المحسوب، وبيان أثر كل منهما في رفع كفاءة التشغيل والصيانة داخل المنشآت والمرافق في المملكة العربية السعودية.

ويتفرع من الهدف العام الأهداف الآتية:

١. توضيح المفهوم العلمي والوظيفي لكل من نظام CAFM ونظام CMMS.
٢. تحديد أوجه التشابه والاختلاف بين النظامين من حيث النطاق والوظائف والبيانات والمستخدمين ومجالات التطبيق.
٣. تحليل دور نظام CMMS في تحسين إدارة أوامر العمل والصيانة الوقائية والأعطال وقطع الغيار وبيانات الأصول.
٤. تحليل دور نظام CAFM في تحسين إدارة المرافق والمساحات والخدمات والبيانات المكانية والتشغيلية.
٥. بيان أثر كل نظام في مؤشرات كفاءة التشغيل والصيانة، بما يشمل سرعة الاستجابة، وتقليل التوقف، وخفض التكاليف، وتحسين استخدام الموارد والأصول، ورفع جودة الخدمات.
٦. تحديد العوامل التنظيمية والتقنية والبشرية التي تؤثر في نجاح تطبيق النظامين والاستفادة من قدرتهما.
٧. بناء إطار مقارنة يساعد المنشآت ومتخذي القرار في المملكة العربية السعودية على اختيار النظام أو مجموعة الوظائف الأكثر ملاءمة لاحتياجاتهم.

١.٥ تساؤلات الدراسة:

ينطلق البحث من التساؤل الرئيس الآتي:

ما أوجه التشابه والاختلاف بين نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب ونظام إدارة الصيانة المحسوب، وما أثر كل منهما في رفع كفاءة التشغيل والصيانة في المملكة العربية السعودية؟

ويتفرع من التساؤل الرئيس التساؤلات الآتية:

١. ما المقصود بنظام CAFM ونظام CMMS من حيث المفهوم والنشأة والغرض الرئيس؟
٢. ما أوجه التشابه والاختلاف بين النظامين من حيث نطاق الاستخدام والوظائف والبيانات والمستخدمين والتكامل مع الأنظمة الأخرى؟
٣. كيف يسهم نظام CMMS في تحسين تخطيط الصيانة وإدارة أوامر العمل وتقليل الأعطال والتوقفات وإدارة قطع الغيار؟

٤. كيف يسهم نظام CAFM في تحسين إدارة المرافق والمساحات والخدمات والطلبات والبيانات التشغيلية والمكانية؟

٥. ما أثر كل من النظامين في مؤشرات كفاءة التشغيل والصيانة، مثل زمن الاستجابة والتكلفة واستخدام الموارد وجودة الخدمة ودعم القرار؟

٦. ما العوامل التي تحدد نجاح تطبيق كل نظام، وما أبرز التحديات المتعلقة بجودة البيانات والتكامل والموارد البشرية وإدارة التغيير؟

٧. أي النظامين أو أي مزيج من وظائفهما يكون أكثر ملاءمة بحسب طبيعة المنشأة وحجمها وتعدد مواقعها وأصولها واحتياجاتها في المملكة العربية السعودية؟

١.٦) فروض الدراسة:

نظرًا لأن الدراسة الحالية دراسة وصفية تحليلية مقارنة تعتمد على مراجعة الأدبيات وتحليل الوثائق ودراسات الحالة، فإن الفروض الآتية تُصاغ بوصفها افتراضات بحثية تحليلية، ولا تُعامل بوصفها فرضيات إحصائية تتطلب عينة بشرية أو اختبار دلالة. وسيجري تقييمها في ضوء مدى تكرار الأدلة واتساقها أو تعارضها في المصادر التي تدخل التحليل.

الفرضية الرئيسية

يسهم كل من نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب ونظام إدارة الصيانة المحسوب في رفع كفاءة التشغيل والصيانة، إلا أن طبيعة الأثر ونطاقه يختلفان تبعًا للوظائف الأساسية لكل نظام، وطبيعة المنشأة، وجودة التطبيق.

الفرضيات الفرعية

١. يسهم نظام CMMS بصورة أكثر مباشرة في تحسين تخطيط الصيانة، وإدارة أوامر العمل، والصيانة الوقائية، وسجلات الأعطال، وقطع الغيار، ومؤشرات أداء الأصول.

٢. يسهم نظام CAFM بصورة أشمل في إدارة المرافق والمساحات والإشغال والخدمات والطلبات والبيانات المكانية، مع قدرته على دعم وظائف الصيانة ضمن سياق المرفق الكلي.

٣. توجد منطقة وظيفية مشتركة بين النظامين في إدارة الأصول وأوامر العمل والتقارير، إلا أن اختلاف عمق الوحدات ونطاق البيانات يؤدي إلى اختلاف القيمة المتحققة.

٤. لا يحقق أي من النظامين أثره المتوقع ما لم تتوافر بيانات أصول ومواقع دقيقة، وإجراءات موحدة، وتكامل تقني مناسب، وتدريب للمستخدمين، ودعم إداري مستمر.

٥. تكون نظم CMMS أكثر ملاءمة عندما يكون التحدي الرئيس هو ضبط أعمال الصيانة والمعدات والموارد، بينما تكون نظم CAFM أكثر ملاءمة عندما تتطلب المنشأة إدارة شاملة للمرافق والمساحات والخدمات والمستخدمين.

٦. تحقق المنشآت الكبيرة ومتعددة المواقع والأصول قيمة أعلى عند تكامل وظائف CAFM و CMMS أو عند استخدام منصة مؤسسية تجمع قدراتهما، مقارنة باستخدام نظام محدود لا يغطي الاحتياجات الفعلية.

٧. يتأثر اختيار النظام في المملكة العربية السعودية بمستوى النضج الرقمي للمنشأة، ومتطلبات التكامل، وطبيعة القطاع، وحجم الأصول، والقدرات البشرية، ومتطلبات الاستدامة وكفاءة الإنفاق.

١.٧) النظرية العلمية المتبعة لإعداد البحث:

تحتاج المقارنة بين CAFM و CMMS إلى أساس نظري يفسر سبب اختلاف القيمة التي تحققها الأنظمة الرقمية بين المؤسسات، ويبين أن امتلاك البرنامج لا يكفي وحده لرفع الكفاءة. وانطلاقاً من طبيعة الدراسة، تُستخدم ثلاثة منطلقات نظرية متكاملة: نظرية الموارد، ونظرية انتشار الابتكار، ونظرية أصحاب المصلحة. وتساعد هذه المنطلقات على تحليل النظام بوصفه موردًا تنظيميًا، وابتكارًا يحتاج إلى تبني وتطبيق، ومنصة تؤثر في مجموعة متعددة من الأطراف.

أولاً: نظرية الموارد

ترى نظرية الموارد (Resource-Based View) أن اختلاف أداء المؤسسات يرتبط بالموارد والقدرات التي تمتلكها وبقدرتها على تنظيمها واستثمارها بطريقة يصعب تقليدها. وقد بين Barney أن الموارد لا تتحول إلى ميزة مستدامة إلا عندما تكون ذات قيمة، ونادرة نسبيًا، وصعبة التقليد، ومدعومة بتنظيم قادر على استثمارها (Barney, 1991). وفي سياق الدراسة الحالية، لا يُنظر إلى CAFM أو CMMS بوصفه برنامجًا منفصلاً، بل بوصفه جزءًا من مورد رقمي مركب يشمل البيانات والإجراءات والمعرفة والخبرات والتكامل التقني.

وفق هذا المنظور، قد تشتري منظمتان النظام نفسه، إلا أن النتائج تختلف بينهما لأن قيمة النظام تعتمد على جودة سجل الأصول، وتصنيف المواقع، وتاريخ الصيانة، ودقة التكاليف، وقدرة العاملين على استخدام البيانات. فالبرنامج الذي يحتوي على بيانات ناقصة وإجراءات غير موحدة لا يمثل قدرة تنظيمية حقيقية، بينما يمكن للنظام نفسه أن يتحول إلى مصدر لتحسين القرار عندما يُدمج في عمليات التخطيط والمتابعة والتحسين المستمر.

تساعد نظرية الموارد في المقارنة بين النظامين من خلال سؤالين: ما نوع الموارد المعلوماتية والإدارية التي يكونها كل نظام؟ وما القدرات التي يمكن المؤسسة من بنائها؟ CMMS

يبني قدرة متخصصة في تخطيط الصيانة وتحليل الأعطال والموارد، بينما يبني CAFM قدرة أوسع على إدارة المرفق وربط المكان والأصل والخدمة والمستخدم. ومن ثم فإن الاختيار الصحيح يعتمد على القدرة التنظيمية التي تسعى المنشأة إلى تطويرها.

ثانيًا: نظرية انتشار الابتكار

تفسر نظرية انتشار الابتكار (Diffusion of Innovations) كيفية تبني الأفراد والمنظمات للتقنيات الجديدة وانتقالها من مرحلة المعرفة إلى الاقتناع والقرار والتنفيذ والتأكيد. ويربط Rogers سرعة التبني بخمس خصائص رئيسة للابتكار هي: الميزة النسبية، والتوافق مع الاحتياجات والعمليات، ودرجة التعقيد، وقابلية التجربة، وإمكانية ملاحظة النتائج (Rogers, 2003).

يمكن تطبيق هذه الخصائص على CAFM و CMMS. فالميزة النسبية تتمثل في مقدار التحسن الذي يقدمه النظام مقارنة بالسجلات اليدوية أو الأنظمة القديمة. ويعني التوافق مدى ملاءمة النظام لإجراءات المنشأة وهيكل أصولها ولغتها ومتطلبات التقارير. ويشير التعقيد إلى صعوبة الإعداد والاستخدام والتكامل. أما قابلية التجربة فتظهر في إمكانية تنفيذ مشروع تجريبي أو وحدة محددة قبل التعميم، بينما ترتبط قابلية ملاحظة النتائج بوجود مؤشرات واضحة مثل انخفاض زمن الاستجابة أو زيادة الالتزام بالصيانة الوقائية.

توضح النظرية أن النظام الأوسع ليس دائمًا الأسرع تبنيًا أو الأعلى نجاحًا؛ فقد تكون مزاياه كبيرة، لكن تعقيده ومتطلبات بياناته وتكامله قد تتجاوز استعداد المنظمة. كما قد يكون نظام متخصص أقل اتساعًا أكثر نجاحًا عندما يتوافق مباشرة مع المشكلة التشغيلية الملحة. ويُستخدم هذا المنظور في الدراسة لتفسير أثر سهولة الاستخدام والتوافق والتدريب والمشروعات التجريبية وإظهار النتائج المبكرة في نجاح تطبيق النظامين.

ثالثًا: نظرية أصحاب المصلحة

تنطلق نظرية أصحاب المصلحة (Stakeholder Theory) من أن المنظمة لا تعمل لخدمة طرف واحد، بل تتأثر قراراتها بمجموعة من الأطراف التي تؤثر في أعمالها أو تتأثر بها. وقد وضع Freeman هذا المنظور أساسًا لفهم العلاقات بين المنظمة وأصحاب المصالح المختلفين وضرورة إدماج احتياجاتهم في القرارات الاستراتيجية (Freeman, 1984).

يشمل أصحاب المصلحة في أنظمة التشغيل والصيانة الإدارة العليا، ومديري المرافق والصيانة، والفنيين، وفرق خدمة العملاء، والمستخدمين وشاغلي المباني، والإدارة المالية والمشتريات، والمقاولين والموردين، وإدارات تقنية المعلومات والأمن السيبراني، والجهات الرقابية. ولكل فئة احتياجات مختلفة؛ فالفني يحتاج إلى أوامر عمل واضحة وسجل للمعدة، ومدير المرافق يحتاج إلى

لوحات أداء وتحليل للموارد، والمستفيد يحتاج إلى خدمة سريعة وشفافة، والإدارة المالية تحتاج إلى بيانات تكلفة موثوقة.

تساعد هذه النظرية على منع تقييم النظام من زاوية قسم واحد فقط. فقد ينجح النظام فنيًا في جدولة الصيانة، لكنه يفشل في تحسين تجربة المستفيد أو تزويد الإدارة بالمعلومات اللازمة. وقد يكون نظام CAFM أكثر قدرة على جمع احتياجات الأطراف المرتبطة بالمكان والخدمة، في حين يوفر CMMS عمقًا أكبر للأطراف المرتبطة مباشرة بالصيانة. لذلك ستقارن الدراسة بين النظامين من حيث الأطراف المستفيدة، ونوعية البيانات التي يحصل عليها كل طرف، ومدى دعم النظام للتواصل والمساءلة.

رابعًا: توظيف المنطلقات النظرية في الدراسة

تُستخدم النظريات الثلاث بصورة تكاملية. تفسر نظرية الموارد القيمة التنظيمية التي يمكن أن يبنها النظام؛ وتفسر نظرية انتشار الابتكار شروط التبني والتنفيذ؛ وتوضح نظرية أصحاب المصلحة الجهات التي ينبغي أن تصل إليها القيمة والنتائج. وبذلك تنتقل المقارنة من سؤال: أي النظامين يحتوي على وظائف أكثر؟ إلى أسئلة أعمق تتعلق بنوع القدرة التي يبنها النظام، ومدى توافقه مع المؤسسة، والجهات التي يخدمها، والنتائج التي يمكن ملاحظتها وقياسها. وبناءً على ذلك، يعتمد الإطار التحليلي للدراسة على ثلاثة مستويات مترابطة. المستوى الأول هو خصائص النظام، ويشمل نطاق الوظائف، ونوع البيانات، وعمق إدارة الصيانة أو المرافق، وقدرات التكامل والتقارير. والمستوى الثاني هو شروط التطبيق، ويشمل جودة البيانات، ونضج الإجراءات، والتدريب، ودعم الإدارة، والبنية التقنية، وإدارة التغيير. والمستوى الثالث هو النتائج التشغيلية، ويشمل زمن الاستجابة، والتوقف، والالتزام بالصيانة الوقائية، والتكلفة، واستخدام الموارد، وجودة الخدمة، وكفاءة المساحات، ودعم القرار.

يفترض الإطار أن الأثر لا ينتج من نوع النظام بصورة آلية، بل من التفاعل بين خصائصه وشروط تطبيقه واحتياجات أصحاب المصلحة. فقد يحقق CMMS أثرًا أعلى من CAFM في منشأة صناعية تتركز مخاطرها في موثوقية المعدات، بينما يحقق CAFM أثرًا أعلى في جامعة أو مجمع إداري متعدد المباني يحتاج إلى إدارة المساحات والخدمات والطلبات إلى جانب الصيانة. وقد يكون التكامل بينهما أو استخدام منصة تجمع وظائفهما هو الخيار الأكثر ملاءمة في المستشفيات والمطارات والمدن والمشروعات الكبرى.

سيوجه هذا الإطار عملية جمع المصادر وتحليلها في الفصول اللاحقة، بحيث تُستخلص من كل دراسة أو تقرير بيانات عن نوع النظام، والقطاع، والوظائف المستخدمة، ومتطلبات التنفيذ،

ومؤشرات الأداء، والنتائج، والقيود. ثم تُقارن الأدلة للوصول إلى استنتاجات لا تعتمد على الادعاءات التسويقية، بل على الوظائف والنتائج والسياق التنظيمي.

الفصل الثاني: الدراسات السابقة

٢.١ مقدمة:

أدى التطور المتسارع في تقنيات المعلومات والاتصالات إلى حدوث تغير جوهري في أساليب إدارة المنشآت والأصول والمرافق، فلم تعد أعمال التشغيل والصيانة تعتمد بصورة رئيسة على الخبرات الفردية أو السجلات الورقية أو الاستجابة للأعطال بعد وقوعها، بل أصبحت تركز على نظم معلومات متخصصة تساعد على جمع البيانات وتخزينها وتحليلها، وتنظيم أوامر العمل، ومتابعة أداء الأصول، والتخطيط للصيانة الوقائية، ودعم القرارات التشغيلية والإدارية. وقد أسهم هذا التحول في زيادة الاهتمام بالأنظمة الرقمية المرتبطة بإدارة المرافق والصيانة، وفي مقدمتها نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب ونظام إدارة الصيانة المحوسب.

ترتبط إدارة المرافق بتكامل الأشخاص والمكان والعمليات داخل البيئة المبنية بهدف دعم جودة حياة المستخدمين ورفع إنتاجية الأعمال الأساسية للمنظمة. ويعكس هذا المفهوم اتساع نطاق إدارة المرافق، حيث لا يقتصر على صيانة المعدات والأنظمة الفنية، بل يشمل إدارة المساحات والخدمات والعقارات والمرافق والموارد والبيانات المرتبطة بالبيئة المبنية. وتؤكد المواصفة الدولية لنظم إدارة المرافق أن الإدارة الفعالة للمرافق ينبغي أن تدعم أهداف المنظمة، وتلبي احتياجات الأطراف المعنية، وتسهم في الاستدامة وتحسين الأداء (ISO, 2018).

وفي المقابل، تركز إدارة الصيانة على المحافظة على الأصول والمعدات والأنظمة الفنية في حالة تشغيلية مناسبة، والحد من الأعطال والتوقفات، وإطالة العمر التشغيلي للأصول، وتحسين استخدام الموارد المخصصة للصيانة. ويعمل نظام إدارة الصيانة المحوسب على أتمتة العمليات الأساسية للصيانة، وتوثيق الأنشطة، وتحسين سير العمل، ومركزة المعلومات المتعلقة بأوامر العمل والأصول وقطع الغيار وخطط الصيانة (U.S. Department of Energy, 2010).

ويظهر من ذلك أن النظامين يتقاطعان في عدد من الوظائف، خصوصاً إدارة الأصول وأوامر العمل والصيانة والبلاغات والتقارير، إلا أن نطاق كل منهما ودرجة شموله يختلفان. فنظام إدارة الصيانة المحوسب يركز بصورة أكثر مباشرة على وظائف الصيانة الفنية، بينما يتعامل نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب مع نطاق أوسع يشمل المباني والمساحات والخدمات والموارد والأصول والعمليات المرتبطة بإدارة المرفق. ويمثل هذا التداخل أحد الأسباب الرئيسية لوجود خلط مفاهيمي وتطبيقي بين النظامين، ولا سيما عند اختيار الحلول الرقمية أو إعداد نطاقات العمل أو تحديد احتياجات المنشآت.

ويعرض هذا الفصل الدراسات السابقة التي تناولت تطبيقات أنظمة إدارة المرافق والصيانة والتحول الرقمي في بيئات التشغيل، ثم يحلل أوجه الاتفاق والاختلاف بينها، ومدى استفادة الدراسة الحالية منها. كما يقدم الفصل الإطار النظري لمفاهيم التشغيل والصيانة، وإدارة المرافق، ونظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب، ونظام إدارة الصيانة المحوسب، وكفاءة التشغيل والصيانة، إلى جانب بيان العلاقة بين متغيرات الدراسة وأسس المقارنة بين النظامين.

٢.٢) الدراسات السابقة:

تمثل الدراسات السابقة أساساً مهماً لبناء الإطار العلمي للدراسة الحالية؛ إذ تساعد على تحديد المفاهيم والوظائف المرتبطة بأنظمة إدارة المرافق والصيانة، والكشف عن النتائج التي توصلت إليها البحوث التطبيقية، وتحديد مؤشرات الأداء المستخدمة في تقييم أثر الأنظمة الرقمية. كما تسهم مراجعة الدراسات السابقة في التعرف على المناهج والأدوات التي استخدمها الباحثون، وتحديد الجوانب التي حظيت باهتمام علمي، والجوانب التي ما زالت تحتاج إلى مزيد من الدراسة. ونظراً إلى محدودية الدراسات التي أجرت مقارنة مباشرة بين نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب ونظام إدارة الصيانة المحوسب، فقد تم تقسيم الدراسات السابقة إلى ثلاثة اتجاهات رئيسية: دراسات تناولت نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب، ودراسات تناولت نظام إدارة الصيانة المحوسب، ودراسات تناولت التحول الرقمي وتقنيات إدارة المرافق والصيانة في المملكة العربية السعودية.

١. الدراسات المتعلقة بنظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب

دراسة إيدانزا ولوسكي (ladanza & Luschi, 2020)

هدفت دراسة إيدانزا ولوسكي إلى تطوير نظام معلومات متكامل لإدارة المرافق بمساعدة الحاسوب في المنشآت الصحية، بحيث يعمل النظام أداةً لدعم القرارات المتعلقة بإدارة المباني والمرافق الصحية. واعتمدت الدراسة على تصميم نظام قادر على إدارة وتحليل المخططات الرقمية للمستشفيات، وربطها بالبيانات التنظيمية والفنية والبيئية، وإنتاج مؤشرات أداء وتقارير كمية ونوعية ورسومية.

وأظهرت الدراسة أن نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب يمكن أن يؤدي دوراً يتجاوز حفظ البيانات أو عرض المخططات، حيث يمكن استخدامه منصة مركزية تجمع المعلومات من قواعد بيانات مختلفة، وتقدم للإدارة العليا والعاملين في اتخاذ القرار معلومات تساعد على تقييم

الأداء والمخاطر وتحسين تنظيم المنشأة. كما أتاح النظام تحديد استخدامات المساحات، وتحليل مستوى الراحة البيئية، ومتابعة المكونات الفنية والطبية، وإعطاء الأولوية للتدخلات الأكثر إلحاحًا. وتكمن أهمية هذه الدراسة بالنسبة إلى البحث الحالي في توضيح الطبيعة الشاملة لنظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب، وقدرته على الربط بين المعلومات المكانية والفنية والإدارية داخل المنشأة. كما تبين أن قيمة النظام لا تقتصر على تنفيذ أعمال الصيانة، بل تمتد إلى التخطيط وإدارة المساحات وتحليل الأداء ودعم القرارات الاستراتيجية، وهو ما يمثل أحد الفروق الأساسية بينه وبين نظام إدارة الصيانة المحسوب.

دراسة مارتنز وبلانكنباخ (Martens & Blankenbach, 2023)

تناولت دراسة مارتنز وبلانكنباخ تطوير منهج آلي وسريع لجمع بيانات الأصول المبنية وتحويلها إلى معلومات قابلة للاستخدام في أنظمة إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب. وانطلقت الدراسة من أن فعالية نظام إدارة المرافق تعتمد بدرجة كبيرة على توافر بيانات دقيقة ومحدثة عن المباني والغرف والمكونات والأصول.

وأشارت الدراسة إلى أن أنظمة إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب تهدف إلى توفير البيانات اللازمة عن أصول المبنى في نظام معلومات مركزي، مع تحديث التغيرات بصورة مستمرة، بما يسمح لمديري المرافق بمراقبة الأصول وتصنيفها ومتابعة استخدام المساحات ونسب الإشغال والحجوزات وغيرها من الوظائف. كما أبرزت الدراسة أهمية البيانات الهندسية والمكانية في تطبيقات النظام، ولا سيما في إدارة المساحات والمخزون والإشغال.

وتقيد هذه الدراسة في تأكيد أن جودة البيانات ومدى تحديثها يمثلان شرطاً أساسياً لنجاح نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب. كما تدعم اعتبار إدارة المساحات والمعلومات الهندسية والمرئية من الخصائص المميزة للنظام مقارنة بالأنظمة التي تركز أساساً على عمليات الصيانة.

٢. الدراسات المتعلقة بنظام إدارة الصيانة المحسوب

دراسة شاهين ونيميث (Shaheen & Németh, 2022)

أجرت دراسة شاهين ونيميث مراجعة شاملة للأدبيات المتعلقة بتكامل وظائف أنظمة إدارة الصيانة مع تقنيات الثورة الصناعية الرابعة. وهدفت الدراسة إلى التعرف على تأثير التقنيات الحديثة، مثل إنترنت الأشياء وتحليل البيانات والذكاء الاصطناعي، في وظائف إدارة الصيانة وطرق تطويرها.

وأوضحت الدراسة أن رقمنة الصيانة لا تقتصر على تحويل السجلات الورقية إلى سجلات إلكترونية، بل تشمل إعادة تنظيم وظائف الصيانة وربطها بالمعلومات الفورية عن حالة المعدات والأصول. كما تناولت الدراسة عددًا من وظائف أنظمة إدارة الصيانة، ومنها تخطيط أعمال الصيانة، وإدارة أوامر العمل، وتسجيل تاريخ الأعطال، وإدارة الموارد وقطع الغيار، ومتابعة مؤشرات الأداء.

وتسهم هذه الدراسة في دعم الإطار النظري للبحث الحالي من خلال توضيح الدور المركزي لنظام إدارة الصيانة المحوسب في تنظيم وظائف الصيانة الفنية. كما تؤكد أن قيمة النظام تزداد عند تكامله مع تقنيات المراقبة والتحليل، بما يساعد على الانتقال من الصيانة التصحيحية إلى الصيانة الوقائية والتنبؤية.

دراسة دورازيو وآخرين (D'Orazio et al., 2023)

هدفت دراسة دورازيو وآخرين إلى استخدام البيانات المستخرجة من نظام إدارة الصيانة المحوسب في التنبؤ بأولوية طلبات الصيانة وتحديد الفرق الفنية المناسبة لتنفيذها. واعتمدت الدراسة على مجموعة بيانات تضمنت أكثر من أربعة عشر ألفًا وخمسمائة طلب صيانة تصحيحية جمعت خلال أربعة عشر شهرًا.

واستخدم الباحثون أساليب تحليل النصوص ونماذج التعلم العميق لتحليل محتوى طلبات الصيانة والتنبؤ بدرجة أولويتها والفرق الفني المسؤول عنها. وأظهرت الدراسة إمكانية الاستفادة من البيانات التاريخية المسجلة داخل نظام إدارة الصيانة المحوسب في تحسين تصنيف البلاغات وتوزيع الأعمال، بدل الاعتماد الكامل على التقييم اليدوي.

وتوضح هذه الدراسة أن نظام إدارة الصيانة المحوسب لا يمثل مجرد أداة لتسجيل أوامر العمل، بل يمكن أن يتحول إلى مصدر بيانات يدعم تحسين سرعة الاستجابة وتخصيص الموارد واتخاذ القرارات التشغيلية. وتستفيد الدراسة الحالية من هذه النتيجة في تحليل أثر النظام على مؤشرات كفاءة التشغيل، وبخاصة سرعة الاستجابة وتنظيم عبء العمل واستغلال الموارد الفنية.

دراسة ستازيتش وآخرين (Stazić et al., 2023)

ركزت دراسة ستازيتش وآخرين على تحديد منافع استخدام نظام إدارة الصيانة المحوسب وتحسين جودة قواعد البيانات الخاصة به في قطاع السفن. وانطلقت الدراسة من أن النظام لا يمكن أن يحقق فوائده التشغيلية والمالية ما لم تكن البيانات المسجلة فيه كاملة ودقيقة ومنظمة.

وقد تمت الدراسة مقترحين لتحسين جودة قواعد بيانات نظام الصيانة، ثم قدرت المنافع المحتملة الناتجة عن تطبيقهما. وأظهرت النتائج أن تحسين قواعد البيانات يمكن أن يحقق منافع مالية أو متعلقة بالسلامة في نسبة من قواعد البيانات محل الدراسة، كما يمكن أن يسهم في تحسين عدد أكبر من السجلات والعمليات بصورة غير مباشرة.

وتبرز أهمية هذه الدراسة في إظهار العلاقة بين جودة بيانات النظام وبين مستوى الاستفادة منه. فامتلاك نظام متقدم دون توفير بيانات صحيحة عن الأصول وخطط الصيانة وقطع الغيار والأعطال قد يؤدي إلى نتائج محدودة، وهو ما يدعم إدراج جودة البيانات ضمن عوامل نجاح تطبيق النظامين في الدراسة الحالية.

دراسة بيكوتزي وآخرين (Picozzi et al., 2024)

تناولت دراسة بيكوتزي وآخرين استخدام برامج نكاء الأعمال في مراقبة مؤشرات الأداء الرئيسية الخاصة بنظام إدارة الصيانة المحوسب. وركزت الدراسة على تحويل البيانات التشغيلية المخزنة في النظام إلى مؤشرات ولوحات معلومات تساعد الإدارة على تقييم كفاءة الصيانة واتخاذ القرارات.

وتوضح الدراسة أهمية الربط بين نظام إدارة الصيانة المحوسب وأدوات تحليل البيانات؛ إذ إن تسجيل أوامر العمل والأعطال والمدد والتكاليف لا يحقق قيمة كافية ما لم تتحول هذه البيانات إلى معلومات قابلة للقياس والمقارنة. ومن أبرز مجالات القياس المرتبطة بهذه الأنظمة: الالتزام بخطط الصيانة، وزمن إنجاز أوامر العمل، وتكرار الأعطال، وتوافر الأصول، واستخدام الموارد.

وتفيد الدراسة الحالية من هذا التوجه في تحديد مجموعة من المؤشرات التي يمكن استخدامها في المقارنة بين النظامين، كما تدعم اعتبار القدرة على إعداد التقارير ولوحات المعلومات أحد عناصر رفع كفاءة التشغيل والصيانة.

٣. الدراسات المتعلقة بالتحول الرقمي في إدارة المرافق بالمملكة العربية السعودية

دراسة حسنين وآخرين (Hassanain et al., 2025)

هدفت دراسة حسنين وآخرين إلى استكشاف دوافع وتحديات استخدام إنترنت الأشياء في قطاع إدارة المرافق بالمملكة العربية السعودية. واعتمدت الدراسة على مراجعة الأدبيات، ثم إجراء مسح شمل ستين ممارسًا، منهم ثلاثون من مديري المرافق وثلاثون من المختصين في إنترنت الأشياء.

وأظهرت النتائج أن أبرز دوافع تبني التقنيات الرقمية تمثلت في خفض التكاليف من خلال تحسين استهلاك الطاقة، وتحسين جداول الصيانة، وتقليل أوقات التوقف، ورفع كفاءة العمليات من خلال توفير بيانات فورية عن أداء الأنظمة وأنماط استخدامها. وفي المقابل، تمثلت أبرز التحديات في نقص المهارات والمعرفة المتعلقة بالتقنيات الجديدة، وصعوبة تكامل أنظمة إدارة المرافق القديمة مع أجهزة ومنصات إنترنت الأشياء.

وتعد هذه الدراسة ذات أهمية مباشرة للبحث الحالي؛ لأنها أجريت في البيئة السعودية، وتوضح أن تحقيق فوائد الأنظمة الرقمية في إدارة المرافق لا يعتمد على شراء النظام فقط، بل يتطلب توافر الكفاءات البشرية، وجودة البنية التقنية، وإمكانية التكامل مع الأنظمة القائمة. كما تدعم الدراسة اختيار مؤشرات خفض التكاليف، وتحسين الصيانة، وتقليل التوقف، وتوفير البيانات الفورية ضمن محاور تقييم أثر النظامين.

التعقيب على الدراسات السابقة

يتضح من عرض الدراسات السابقة أن أنظمة إدارة المرافق والصيانة تؤدي دوراً مهماً في تحويل عمليات التشغيل من أساليب متفرقة ورد فعلية إلى عمليات منظمة تعتمد على البيانات. وقد اتفقت الدراسات على أهمية مركزة المعلومات، وتحسين تدفقها، وإتاحة مؤشرات الأداء، ودعم اتخاذ القرار، ورفع كفاءة استخدام الموارد.

كما بينت الدراسات المتعلقة بنظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب أن هذا النظام يتسم بنطاق واسع يشمل إدارة المباني والمساحات والأصول والبيانات الهندسية والخدمات، إلى جانب قدرته على دعم القرارات الإدارية والاستراتيجية. وفي المقابل، أظهرت الدراسات المتعلقة بنظام إدارة الصيانة المحوسب تركيزه الأكبر على إدارة أوامر العمل، والأعطال، والصيانة الوقائية، والموارد الفنية، وقطع الغيار، وبيانات الصيانة التاريخية.

وأكدت الدراسات كذلك أن نجاح النظامين يرتبط بعوامل تنظيمية وتقنية، من أبرزها جودة البيانات، وتحديثها، وتكامل الأنظمة، وتوافر المهارات، ووضوح العمليات، ودعم الإدارة. كما أظهرت الدراسة السعودية أن مشكلات التكامل ونقص الكفاءات تمثل تحديات فعلية أمام التحول الرقمي في إدارة المرافق داخل المملكة.

ورغم أهمية هذه النتائج، فإن معظم الدراسات السابقة تناولت أحد النظامين بصورة منفصلة، أو تناولت تقنية رقمية مرتبطة بإدارة المرافق أو الصيانة، دون إجراء مقارنة مباشرة ومنظمة بين نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب ونظام إدارة الصيانة المحوسب. كما ركزت بعض الدراسات على قطاعات أو تطبيقات محددة، مثل المنشآت الصحية أو السفن أو إدارة طلبات الصيانة، ولم

تقدم إطارًا مقارنًا يربط نطاق وظائف كل نظام بمؤشرات كفاءة التشغيل والصيانة واحتياجات المنشآت السعودية.

ومن هنا تتميز الدراسة الحالية بأنها تجمع نتائج الأدبيات المتعلقة بالنظامين ضمن إطار تحليلي واحد، وتقارن بينهما وفق محاور موحدة تشمل إدارة الأصول، وأوامر العمل، والصيانة الوقائية، والأعطال، وقطع الغيار، والمساحات، والخدمات، والتكاليف، وسرعة الاستجابة، ودعم القرار، والتكامل مع الأنظمة الأخرى. كما تسعى إلى تحديد الحالات التي يكون فيها كل نظام أكثر ملاءمة، والحالات التي تحتاج فيها المنشأة إلى نظام متكامل يجمع وظائف إدارة المرافق وإدارة الصيانة.

أوجه استفادة الدراسة الحالية من الدراسات السابقة

استفادت الدراسة الحالية من الدراسات السابقة في بناء التعريفات الأساسية للنظامين، وتحديد نطاق وظائفهما، واختيار محاور المقارنة بينهما. كما أسهمت الأدبيات في تحديد مؤشرات كفاءة التشغيل والصيانة، ومن أبرزها سرعة الاستجابة، وتقليل الأعطال والتوقفات، وتحسين الصيانة الوقائية، ورفع كفاءة الموارد، وخفض التكاليف، وتحسين جودة البيانات والتقارير.

واستفادت الدراسة كذلك من الدراسات السابقة في التعرف على عوامل نجاح تطبيق الأنظمة الرقمية، ومنها دعم الإدارة العليا، وتدريب المستخدمين، وتوافر البيانات الدقيقة، والتكامل مع الأنظمة الأخرى، وتحديد الاحتياجات قبل اختيار النظام. كما ساعدت الدراسة السعودية في ربط موضوع البحث بواقع التحول الرقمي في قطاع إدارة المرافق بالمملكة العربية السعودية.

ما يميز الدراسة الحالية عن الدراسات السابقة

تتميز الدراسة الحالية بتركيزها المباشر على المقارنة بين نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب ونظام إدارة الصيانة المحوسب، بدل دراسة كل نظام بصورة منفصلة. كما تربط المقارنة بأثر النظامين في رفع كفاءة التشغيل والصيانة، ولا تقتصر على وصف الخصائص التقنية أو الوظائف البرمجية.

وتتميز الدراسة أيضًا بتقديم إطار يساعد المنشآت في المملكة العربية السعودية على تحديد النظام الأكثر ملاءمة بحسب طبيعة المنشأة وحجمها ونوع أصولها وتعدد مرافقها واحتياجاتها الإدارية والتشغيلية. وتعتمد الدراسة على تحليل مجموعة من الأدلة العلمية والمهنية المنشورة، بما يسمح باستخلاص النتائج المشتركة وتحديد الاختلافات والتحديات والفجوات التطبيقية.

٢.٣) الإطار النظري:

يهدف الإطار النظري إلى بناء أساس مفاهيمي يفسر طبيعة العلاقة بين الأنظمة الرقمية وبين كفاءة التشغيل والصيانة، ويحدد الحدود الوظيفية التي تميز نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب عن نظام إدارة الصيانة المحسوب. وتكتسب هذه الخطوة أهمية خاصة لأن المقارنة بين النظامين لا يمكن أن تعتمد على الاسم التجاري أو عدد الوحدات البرمجية فقط، بل ينبغي أن تنطلق من طبيعة العمليات التي يدعمها كل نظام، ونوع البيانات التي يعالجها، والمستخدمين الذين يخدمهم، والنتائج التشغيلية التي يساعد على تحقيقها.

يتناول هذا الجزء خمسة مباحث مترابطة. يعرض المبحث الأول مفاهيم التشغيل والصيانة وأنواع الصيانة ومؤشرات الكفاءة. ويتناول المبحث الثاني إدارة المرافق بوصفها إطاراً أوسع يجمع المكان والأشخاص والعمليات والخدمات. ثم يعرض المبحث الثالث نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب، ويعرض المبحث الرابع نظام إدارة الصيانة المحسوب. ويختتم المبحث الخامس بتحليل مقارنة يوضح مناطق التشابه والاختلاف، وحالات الاستخدام، وعوامل الاختيار والتكامل في البيئة السعودية.

المبحث الأول: التشغيل والصيانة وكفاءة الأداء

١. مفهوم التشغيل

يقصد بالتشغيل مجموعة الأنشطة والإجراءات التي تضمن استخدام الأصل أو المرفق وفق الغرض الذي أنشئ من أجله، ضمن حدود الأداء والسلامة والجودة المعتمدة. ويتضمن التشغيل مراقبة الأنظمة، وضبط ظروف العمل، والاستجابة للانحرافات، وتوفير الموارد، وتنسيق الأنشطة اليومية، والمحافظة على استمرارية الخدمة. ومن ثم فإن التشغيل لا يساوي مجرد تشغيل المعدات، بل يمثل منظومة إدارية وفنية تتعامل مع الموارد البشرية، والطاقة، والمواد، والمعلومات، وإجراءات السلامة، ومتطلبات المستفيدين.

تختلف طبيعة التشغيل باختلاف القطاع. ففي المنشآت الصناعية يرتبط التشغيل بمعدلات الإنتاج والاعتمادية والطاقة الاستيعابية للمعدات، بينما يرتبط في المستشفيات باستمرارية الخدمات السريرية وسلامة الأنظمة الحيوية، وفي الجامعات بإتاحة القاعات والمختبرات والخدمات، وفي المجمعات الإدارية بجاهزية بيئة العمل وراحة الشاغلين. ويؤدي هذا الاختلاف إلى تباين الأولويات والمؤشرات، إلا أن القاسم المشترك يتمثل في المحافظة على الجاهزية وتقليل الانقطاع وتحقيق القيمة من الأصول.

٢. مفهوم الصيانة

الصيانة هي مجموعة الأنشطة الفنية والإدارية والتنظيمية التي تهدف إلى إبقاء الأصل في حالة تمكّنه من أداء وظيفته المطلوبة، أو إعادته إلى تلك الحالة بعد حدوث خلل. وتشمل الصيانة الفحص، والاختبار، والتنظيف، والضبط، والتشحيم، والاستبدال، والإصلاح، والتوثيق، وتحليل أسباب الأعطال، وتحديث خطط العمل. ويؤكد دليل أفضل ممارسات التشغيل والصيانة أن برنامج الصيانة الفعال لا يقتصر على الإصلاح، بل يجمع الإدارة والهندسة والتدريب والقياس والتحسين المستمر (U.S. Department of Energy, 2010).

تختلف الصيانة عن الإصلاح من حيث النطاق والزمن والهدف. فالإصلاح استجابة محددة لخلل قائم، أما الصيانة فتشمل إجراءات استباقية ومخططة تهدف إلى منع الخلل أو تقليل احتماله وآثاره. ولهذا يمكن أن تكون المنشأة نشطة في تنفيذ الإصلاحات، لكنها ضعيفة في إدارة الصيانة إذا كانت أعمالها غير مخططة، أو إذا لم توثق أسباب الأعطال، أو لم تستخدم البيانات لتحسين الخطط.

٣. العلاقة بين التشغيل والصيانة

ترتبط عمليتا التشغيل والصيانة بعلاقة تكاملية؛ لأن أسلوب تشغيل الأصل يؤثر في معدل تدهوره، كما تؤثر جودة الصيانة في قدرته على الاستمرار في أداء وظيفته. وقد يؤدي التشغيل خارج الحدود التصميمية أو تجاهل الإنذارات أو ضعف إجراءات التسليم والاستلام إلى زيادة الأعطال، في حين تؤدي الصيانة غير الملائمة إلى انخفاض الكفاءة أو ارتفاع استهلاك الطاقة أو مخاطر السلامة. لذلك يتطلب رفع الكفاءة تبادلاً منتظماً للمعلومات بين المشغلين وفرق الصيانة والهندسة.

تظهر أهمية التكامل في البيانات اليومية. فقراءة غير طبيعية يسجلها المشغل قد تتحول إلى طلب فحص، ونتيجة الفحص قد تتحول إلى أمر عمل، ونتيجة أمر العمل قد تؤدي إلى تعديل الإجراء التشغيلي أو خطة الصيانة الوقائية. وكلما كانت هذه الدورة موثقة ومتراكبة، زادت قدرة المنشأة على التعلم من الأحداث ومنع تكرارها. ومن هنا تأتي قيمة الأنظمة المحوسبة التي تربط البلاغ والموقع والأصل والأولوية والموارد والتكلفة ونتيجة التنفيذ في سجل واحد.

٤. أهداف إدارة التشغيل والصيانة

تتمثل الأهداف الرئيسية لإدارة التشغيل والصيانة في ضمان السلامة، واستمرارية الخدمة، وتحقيق مستوى الأداء المطلوب، والمحافظة على قيمة الأصول، وإطالة العمر الاقتصادي، وخفض التكلفة الكلية لدورة الحياة، وترشيد استخدام الطاقة والمواد، وتحسين جودة الخدمة ورضا المستفيدين.

وتتحقق هذه الأهداف من خلال الموازنة بين المخاطر والأداء والتكلفة، وليس من خلال تقليل الإنفاق على الصيانة بصورة منفردة.

قد يؤدي خفض ميزانية الصيانة على المدى القصير إلى تأجيل الأعمال وزيادة الأعطال والتوقفات والتكاليف الطارئة، بينما قد تؤدي الصيانة المفرطة إلى تنفيذ أعمال لا تضيف قيمة. لذلك تهدف الإدارة الرشيدة إلى تحديد العمل الصحيح في الوقت الصحيح وبالمورد الصحيح، استنادًا إلى أهمية الأصل وحالته وتاريخ أدائه وتأثير فشله. ويقدم كل من CAFM و CMMS أدوات مختلفة لدعم هذا التوازن.

٥. أنواع الصيانة

٥.١ الصيانة التصحيحية

تُنفذ الصيانة التصحيحية بعد اكتشاف العطل بهدف إعادة الأصل إلى حالته الوظيفية. وقد تكون مخططة عندما يُسمح بتشغيل الأصل حتى الفشل لأن أثره محدود، أو طارئة عندما يؤدي العطل إلى خطر أو توقف مهم. وتظل الصيانة التصحيحية ضرورية، إلا أن الاعتماد المفرط عليها يزيد عدم اليقين ويضغط الموارد ويؤدي غالبًا إلى تكاليف أعلى وفترات توقف أطول.

٥.٢ الصيانة الوقائية

تُنفذ الصيانة الوقائية وفق فترات زمنية أو ساعات تشغيل أو عدد دورات محددة، بهدف تقليل احتمال الفشل أو التدهور. وتشمل الفحوص الدورية والاستبدالات المجدولة والمعايرة والتنظيف والاختبارات. ويعد إنشاء جداول الصيانة الوقائية وتوليد أوامر العمل تلقائيًا ومتابعة نسبة الالتزام بها من الوظائف الجوهرية في أنظمة CMMS، كما قد تتوافر ضمن وحدات الصيانة في أنظمة CAFM.

٥.٣ الصيانة المعتمدة على الحالة

تعتمد الصيانة المعتمدة على الحالة على قياس حالة الأصل أو مؤشرات تدهوره، مثل الاهتزاز والحرارة والضغط وجودة الزيت واستهلاك الطاقة، ثم تنفيذ التدخل عند تجاوز حدود محددة أو ظهور اتجاه غير طبيعي. وتقلل هذه المنهجية الأعمال غير الضرورية، لكنها تحتاج إلى بيانات موثوقة وأجهزة قياس وإجراءات تحليل واضحة وربط النتائج بسجل الأصل وأوامر العمل.

٥.٤ الصيانة التنبؤية

تستخدم الصيانة التنبؤية البيانات التاريخية والحالية والنماذج الإحصائية أو خوارزميات التعلم الآلي لتقدير احتمال الفشل أو العمر المتبقي للمكون. وقد أظهرت الأدبيات الحديثة أن

تكامل نظم الصيانة مع إنترنت الأشياء والتحليلات المتقدمة يوسع قدرة المنشآت على الانتقال من الجدولة الثابتة إلى قرارات قائمة على الحالة والمخاطر (Shaheen & Németh, 2022). إلا أن نجاحها يعتمد على جودة البيانات وكفاية حجمها وفهم السياق التشغيلي.

٥.٥ الصيانة المرتكزة على الموثوقية والمخاطر

تركز الصيانة المرتكزة على الموثوقية على وظائف الأصل وأنماط فشله وآثار الفشل، ثم تختار المهمة الأكثر ملاءمة لمنع الفشل أو تقليل أثره. أما الصيانة المرتكزة على المخاطر فتوجه الموارد نحو الأصول التي يجمع فشلها بين احتمال مرتفع وأثر كبير. وتحتاج هاتان المنهجيتان إلى سجل أصول منظم، وتصنيف للأهمية، وتاريخ للأعطال، وبيانات تكلفة ومدة توقف، وهي عناصر يمكن أن يدعمها CMMS بصورة مباشرة، بينما يساعد CAFM في إضافة سياق المرفق والموقع والخدمة والمستخدمين المتأثرين.

٦. عمليات إدارة الصيانة

تبدأ عملية الصيانة عادةً بتحديد الحاجة من خلال بلاغ أو فحص أو خطة وقائية أو إنذار آلي. ثم تُقيّم الأولوية، ويُحدد نطاق العمل، وتُقدّر الموارد والمهارات وقطع الغيار، ويُجدول التنفيذ، ويُصدر أمر العمل، ثم تُسجل نتائج التنفيذ والوقت والتكلفة والمواد والملاحظات. وبعد الإغلاق، ينبغي تحليل البيانات لاكتشاف الأعمال المتكررة والأصول ضعيفة الأداء وفرص تحسين الخطط.

يعد أمر العمل الوحدة الأساسية التي تربط التخطيط بالتنفيذ والتوثيق. وينبغي أن يتضمن على الأقل رقمًا فريدًا، والأصل أو الموقع، ووصف العطل أو المهمة، والأولوية، والمسؤول، والموعد، وإجراءات السلامة، والمواد، وساعات العمل، ونتيجة التنفيذ، وحالة الإغلاق. وتسمح جودة تصميم دورة أمر العمل بقياس الأداء والمساءلة، في حين يؤدي ضعفها إلى بيانات غير مكتملة لا يمكن الاعتماد عليها.

تشمل الإدارة الفعالة كذلك إدارة الأعمال المتراكمة، والتخطيط الأسبوعي، وإدارة المقاولين، وضبط المخزون، وتحليل الأسباب الجذرية، وتحديث الوثائق، ومراجعة مؤشرات الأداء. ولا يحقق النظام الرقمي قيمة بمجرد تحويل النماذج الورقية إلى شاشات؛ بل ينبغي أن يعكس سير عمل واضحًا ومسؤوليات محددة وقواعد للأولوية والإغلاق والمراجعة.

٧. مفهوم كفاءة التشغيل والصيانة

تعبر كفاءة التشغيل والصيانة عن قدرة المنشأة على تحقيق مستوى الخدمة والجاهزية والجودة المطلوب باستخدام الموارد المتاحة بأفضل صورة ممكنة، مع ضبط المخاطر والتكلفة. وهي تختلف عن الفاعلية؛ فالفاعلية تشير إلى تحقيق النتيجة المطلوبة، بينما تشير الكفاءة إلى العلاقة بين النتيجة والموارد والوقت والتكلفة المستخدمة لتحقيقها. وقد تكون المنشأة فعالة في إعادة الخدمة بعد العطل، لكنها غير كفؤة إذا استغرقت وقتاً طويلاً أو استخدمت موارد مفرطة أو تكرر العطل.

تتكون كفاءة التشغيل والصيانة من أبعاد مترابطة تشمل الجاهزية والموثوقية وسرعة الاستجابة وجودة التنفيذ والالتزام بالخطّة وإنتاجية الموارد والتكلفة والسلامة والاستدامة ورضا المستفيد. ولهذا لا يصح تقييم أثر النظام من خلال مؤشر واحد. فقد يخفض النظام زمن الاستجابة لكنه لا يقلل تكرار الأعطال، أو يحسن التخطيط لكنه لا يرفع رضا المستخدمين بسبب ضعف التواصل.

جدول (٢-١): مؤشرات مقترحة لقياس كفاءة التشغيل والصيانة

المؤشر	الدلالة التشغيلية	أبرز البيانات المطلوبة
الجاهزية التشغيلية	نسبة الوقت الذي يكون فيه الأصل أو المرفق متاحاً لأداء وظيفته.	ساعات التشغيل، ساعات التوقف، فترات الاستبعاد.
متوسط الزمن بين الأعطال MTBF	يعكس موثوقية الأصل وتكرار حدوث الأعطال القابلة للقياس.	زمن التشغيل وعدد الأعطال خلال الفترة.
متوسط زمن الإصلاح MTTR	يقيس سرعة إعادة الأصل إلى الخدمة بعد حدوث العطل.	وقت بدء العطل، بدء التدخل، ووقت إعادة الخدمة.
نسبة الالتزام بالصيانة الوقائية	توضح مدى تنفيذ الأعمال الوقائية في موعدها المخطط.	الأوامر المستحقة، المنفذة في الموعد، والمؤجلة.
زمن دورة أمر العمل	يقيس الفترة من تسجيل الطلب حتى الإغلاق المقبول.	وقت التسجيل والتعيين والوصول والإنجاز والإغلاق.
نسبة الأعمال الطارئة	تكشف درجة الاعتماد على الاستجابة التفاعلية بدل التخطيط.	عدد وساعات الأوامر الطارئة مقارنة بإجمالي الأعمال.
حجم الأعمال المتراكمة	يوضح قدرة الموارد الحالية على تغطية الطلب والالتزامات.	ساعات العمل المخططة وغير المنفذة حسب الأولوية.
تكلفة الصيانة	ترتبط الإنفاق بالأصل أو الموقع أو نوع العمل أو وحدة الخدمة.	تكلفة العمالة والمواد والمقاولين والتوقف.

المؤشر	الدلالة التشغيلية	أبرز البيانات المطلوبة
إنتاجية الموارد	تقيس استغلال ساعات الفنيين والمعدات ومقدمي الخدمة.	الساعات المتاحة والمجدولة والمنفذة والقبالة للفوترة.
رضا المستفيد وجودة الخدمة	يقيس أثر التشغيل والصيانة من منظور المستخدم النهائي.	زمن الاستجابة، الالتزام بمستوى الخدمة، التقييمات والشكاوى.

٨. دور البيانات والتحول الرقمي في رفع الكفاءة

تحولت البيانات من نتيجة ثانوية للعمل إلى أصل إداري يعتمد عليه التخطيط والرقابة والتحسين. فكل بلاغ أو أمر عمل أو قراءة أو حركة مخزون أو تغيير في مساحة يمثل معلومة يمكن أن تساعد على تفسير الأداء. غير أن قيمة البيانات لا تتحقق بكثرتها، بل بدقتها واكتمالها وتناسقها وربطها بالأصل والموقع والوقت والمسؤول والتكلفة.

يساعد التحول الرقمي على تقليل الازدواجية وتحسين سرعة تداول المعلومات وإتاحة التحديث الميداني وتوليد التنبيهات وربط مؤشرات الأداء بالبيانات الأصلية. كما يتيح التكامل مع أجهزة الاستشعار وأنظمة التحكم ونمذجة معلومات البناء ومنصات ذكاء الأعمال تطوير قرارات أكثر استباقية. وتؤكد المراجعات الحديثة أن التقنيات الرقمية توسع حدود إدارة المرافق والصيانة، لكنها تزيد في الوقت نفسه متطلبات الحوكمة والأمن السيبراني والتكامل وإدارة التغيير (Marocco & Garofolo, 2021؛ ISO/TR 41016, 2024).

يمثل CAFM و CMMS جزءاً من هذا التحول، لكن كلاً منهما ينظم مجموعة مختلفة من البيانات والعمليات. ويتركز التحدي في تحويل النظام من مستودع للمعلومات إلى منصة عمل يستخدمها العاملون بصورة منتظمة وتنتج عنها قرارات قابلة للقياس. لذلك ترتبط الكفاءة بمدى دمج النظام في دورة العمل، وليس بمجرد وجوده.

المبحث الثاني: إدارة المرافق

١. مفهوم إدارة المرافق

تعرف إدارة المرافق في الإطار الدولي بأنها وظيفة تنظيمية تدمج الأشخاص والمكان والعمليات داخل البيئة المبنية بهدف تحسين جودة حياة المستخدمين وإنتاجية الأعمال الأساسية. وتقدم المواصفة ISO 41011:2024 لغة موحدة للمصطلحات، بينما تضع ISO 41001:2018 متطلبات نظام إدارة يضمن تقديم خدمات مرافق فعالة وكفاءة تدعم أهداف المنظمة وتلبي احتياجات الأطراف المعنية وتراعي الاستدامة (ISO, 2018؛ ISO, 2024a).

يعني هذا التعريف أن إدارة المرافق ليست اسمًا بديلاً للصيانة. فالصيانة أحد مكوناتها الفنية المهمة، لكن إدارة المرافق تشمل كذلك المساحات، وبيئة العمل، والخدمات، والعقارات، والطاقة، والنظافة، والأمن، والانتقالات، والعقود، وإدارة الموردين، وتجربة المستخدم. وتختلف حدودها حسب طبيعة المنظمة وما تعتبره من خدمات داعمة لأعمالها الأساسية.

تعمل إدارة المرافق بوصفها حلقة وصل بين استراتيجية المنظمة والبيئة التي تنفذ فيها أعمالها. فالقرارات المتعلقة بمساحة المكاتب، وتوزيع المواقع، ومستوى الخدمة، والصيانة، والطاقة، والموردين تؤثر في التكلفة والإنتاجية والاستدامة ورضا المستخدمين. ولهذا تزداد الحاجة إلى معلومات تجمع الجوانب المكانية والفنية والخدمية والمالية في صورة مترابطة.

٢. التطور التاريخي لإدارة المرافق

بدأت إدارة المرافق في كثير من المنظمات كوظيفة تشغيلية تركز على المباني والخدمات العامة والصيانة. ومع توسع الأصول وارتفاع تكلفة البيئة المبنية وزيادة الاعتماد على التعهيد، تطورت إلى وظيفة إدارية تتعامل مع العقود ومستويات الخدمة والمساحات والمحافظ العقارية. ثم أدى انتشار المعايير والتقنيات الرقمية إلى تعزيز دورها الاستراتيجي في إدارة القيمة والمخاطر والاستدامة وتجربة المستخدم.

مر تطور التقنية المساندة لإدارة المرافق بمراحل مماثلة. فقد استخدمت الجداول وقواعد البيانات المنفصلة لإدارة السجلات، ثم ظهرت تطبيقات متخصصة لإدارة المساحات والأوامر والأصول، ثم اتجهت المنصات إلى التكامل مع الرسومات الهندسية ونظم المعلومات الجغرافية ونمذجة معلومات البناء والأنظمة المؤسسية. ويشير Madritsch و May إلى أن نجاح تطبيق تقنية المعلومات في إدارة المرافق يتطلب مواءمة واضحة بين الاستراتيجية والعمليات والبيانات والمستخدمين، لا مجرد تبني برنامج جديد (Madritsch & May, 2009).

أدى هذا التطور إلى تداخل المصطلحات بين CAFM و CMMS وإدارة الأصول المؤسسية والمنصات المتكاملة لإدارة بيئة العمل. ولا يمكن حل هذا التداخل بالاعتماد على الاسم، لأن المنتجات التجارية قد تتوسع أو تتقارب. لذلك يجب فهم كل حل من خلال نطاقه الوظيفي الفعلي ونموذج البيانات والمستخدمين والهدف من التطبيق.

٣. مستويات إدارة المرافق

يمكن النظر إلى إدارة المرافق على ثلاثة مستويات. المستوى الاستراتيجي يتعلق بمواءمة محفظة المرافق مع أهداف المنظمة، ووضع السياسات، وتحديد نموذج التوريد، وخطط الاستثمار والاستدامة. والمستوى التكتيكي يترجم الاستراتيجية إلى عقود وخطط وميزانيات ومستويات خدمة

وبرامج صيانة ومساحات. أما المستوى التشغيلي فيركز على تنفيذ الخدمات اليومية والبلاغات والأوامر والمراقبة الميدانية.

تتطلب هذه المستويات أنواعًا مختلفة من المعلومات. فالإدارة العليا تحتاج إلى اتجاهات التكلفة والمخاطر والأداء والاحتياجات المستقبلية، بينما يحتاج المديرون إلى خطط الموارد والميزانيات والعقود، ويحتاج المشرفون والفنيون إلى مهام واضحة وبيانات تفصيلية عن الموقع والأصل. ويتميز CAFM بقدرته المحتملة على الربط بين هذه المستويات، في حين يركز CMMS بدرجة أكبر على العمق التشغيلي والتكتيكي للصيانة.

٤. خدمات إدارة المرافق

٤.١ الخدمات الفنية

تشمل الخدمات الفنية تشغيل وصيانة أنظمة الكهرباء والتكييف والسباكة والحريق والمصاعد والأنظمة منخفضة التيار والمولدات ومحطات المياه وغيرها. وتُسمى أحيانًا خدمات المرافق الصلبة لأنها ترتبط بالأصول المادية للمبنى. وتتطلب هذه الخدمات سجل أصول، وخطط صيانة، وقطع غيار، وتصاريح، ومهارات فنية، ومؤشرات جاهزية وموثوقية.

٤.٢ الخدمات المساندة

تشمل الخدمات المساندة النظافة، والأمن، والاستقبال، والضيافة، وإدارة النفايات، والبستنة، ومكافحة الآفات، والنقل الداخلي، وإدارة البريد، وغيرها. ويتركز قياسها غالبًا في مستويات الخدمة، ووقت الاستجابة، وجودة التنفيذ، والتغطية، والشكاوى، ورضا المستفيدين. وتتاسبها منصات إدارة الطلبات والخدمات والعقود أكثر من أنظمة الصيانة الفنية البحتة.

٤.٣ إدارة المساحات وبيئة العمل

تتعامل إدارة المساحات مع حصر المساحات وتصنيفها وتخصيصها ومراقبة الإشغال والحجوزات والانتقالات والتغييرات. وتزداد أهميتها في المباني الإدارية والجامعات والمستشفيات والمطارات والمجمعات متعددة الاستخدام. وتعتمد على الربط بين المخططات والغرف والوحدات التنظيمية والمستخدمين والتكاليف، وهي من أكثر الوظائف ارتباطًا بمفهوم CAFM.

٥. إدارة المرافق وإدارة الأصول

ترتبط إدارة المرافق بإدارة الأصول، لكن المجالين ليسا متطابقين. فإدارة الأصول تركز على تحقيق القيمة من الأصول طوال دورة حياتها من خلال مواءمة القرارات مع أهداف المنظمة والموازنة بين الأداء والمخاطر والتكلفة. وتوضح ISO 55000:2024 أن إدارة الأصول تقوم

على مبادئ القيمة والمواءمة والقيادة والنتائج، ويمكن تطبيقها على أنواع متعددة من الأصول (ISO, 2024c).

توفر إدارة المرافق السياق التشغيلي للأصول داخل البيئة المبنية، بينما توفر إدارة الأصول إطاراً أوسع لقرارات دورة الحياة والاستثمار والتجديد والاستبدال. ويؤدي CAFM دوراً في ربط الأصل بالموقع والخدمة والمستخدم، بينما يدعم CMMS تاريخ الصيانة والأعطال والتكلفة والموارد. ويمكن دمج بيانات النظامين لتطوير قرارات تجديد واستبدال أكثر نضجاً.

٦. دورة حياة المرفق والمعلومات

تمر معلومات المرفق بمراحل التصميم والتنفيذ والتسليم والتشغيل والتغيير والتجديد والاستبعاد. وتحدث فجوة متكررة عندما لا تنتقل البيانات من المشروع إلى التشغيل بصورة منظمة، فتضطر فرق المرافق إلى إعادة حصر الأصول والمواقع والوثائق. ويساعد التخطيط المبكر لمتطلبات المعلومات على تقليل هذه الفجوة وتأسيس قاعدة بيانات قابلة للاستخدام منذ بداية التشغيل.

تتغير البيانات خلال التشغيل؛ فقد تُستبدل المعدات، أو تتغير المساحات، أو تُعدل الخطط، أو تتغير الضمانات والعقود. لذلك لا يكفي استيراد بيانات التسليم مرة واحدة، بل ينبغي تحديد ملكية البيانات وإجراءات تحديثها والمراجعة الدورية. وتعد المحافظة على العلاقة بين النموذج أو المخطط وبين السجل التشغيلي من التحديات الرئيسية في تطبيقات CAFM و BIM.

٧. الأداء والاستدامة في إدارة المرافق

يُقاس أداء إدارة المرافق بمدى دعمها لاحتياجات المنظمة والمستخدمين، وليس فقط بحجم الأنشطة المنفذة. وتشمل المؤشرات تكلفة المساحة، وكفاءة الإشغال، واستهلاك الطاقة والمياه، والالتزام بمستويات الخدمة، وتوافر الأنظمة، والاستجابة للطلبات، والسلامة، ورضا المستخدم، وأداء الموردين. وتؤكد ISO 41001 على ربط الأهداف والمؤشرات بسياسة المرافق واحتياجات الأطراف المعنية.

ترتبط الاستدامة بتقليل استهلاك الموارد والانبعاثات والنفايات، وإطالة عمر الأصول، وتحسين المرونة والقدرة على التكيف. ولا يمكن إدارة هذه الجوانب دون بيانات تربط الاستهلاك بالموقع والأصل والوقت والاستخدام. ولذلك تتزايد أهمية تكامل أنظمة إدارة المرافق مع العدادات الذكية وأنظمة إدارة المباني ولوحات الاستدامة.

٨. التحول الرقمي في إدارة المرافق

يشمل التحول الرقمي في إدارة المرافق استخدام المنصات السحابية والتطبيقات المتنقلة وأجهزة الاستشعار ونمذجة معلومات البناء والتحليلات والذكاء الاصطناعي والتوائم الرقمية. وتبين ISO/TR 41016:2024 أن التقنيات المتاحة لإدارة المرافق متعددة، وأن اختيارها ينبغي أن ينطلق من احتياجات العمل والنتائج المطلوبة وحوكمة المعلومات، لا من حداثة التقنية وحدها (ISO, 2024b).

تشير الدراسات السعودية إلى أن تبني التقنيات الرقمية في إدارة المرافق يرتبط بدوافع مثل خفض التكلفة، وتحسين الصيانة، وتقليل التوقف، وتوفير بيانات فورية، بينما تتمثل التحديات في نقص المهارات والتكامل والأمن والخصوصية وجودة البيانات (Hassanain et al., 2025)؛ (Hassanain et al., 2026). ويعني ذلك أن البيئة السعودية توفر فرصًا كبيرة لتطبيق CAFM وCMMS، لكنها تتطلب اختيارًا تدريجيًا يتناسب مع نضج المنشأة.

المبحث الثالث: نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب

١. مفهوم نظام CAFM

نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب هو تطبيق معلوماتي يدعم تخطيط المرافق وتشغيلها وإدارتها من خلال قاعدة بيانات تربط المعلومات المكانية والفنية والخدمية والإدارية. ويتمثل جوهره في تحويل المبنى والموقع والمساحة والأصل والخدمة والمستخدم إلى كيانات مترابطة يمكن البحث عنها وتحديثها وتحليلها. وقد يضم النظام وحدات للصيانة، إلا أن هويته الأساسية ترتبط بإدارة البيئة المبنية بصورة أشمل.

يعكس مصطلح المساعدة بالحاسوب النشأة التاريخية للنظام في ربط إدارة المرافق بالخطط وقواعد البيانات. ومع تطور المنصات السحابية والتطبيقات المتنقلة والتكامل، لم يعد CAFM مجرد برنامج للرسم أو إدارة المساحات، بل أصبح منصة قد تجمع المساحات والأصول والخدمات والطلبات والوثائق والعقود والمؤشرات. ومع ذلك تختلف المنتجات في عمق كل وظيفة، ولذلك ينبغي تقييم القدرات الفعلية.

يمكن التمييز بين CAFM بوصفه مفهومًا وظيفيًا، وبين اسم المنتج التجاري. فقد تحمل منصة اسم CAFM لكنها تركز على المساحات، وقد تقدم منصة أخرى وظائف صيانة متقدمة تقارب CMMS. ولهذا تعتمد الدراسة الحالية على الوظائف والبيانات والنتائج بدل الاعتماد على التسمية وحدها.

٢. التطور التقني للنظام

تطورت أنظمة CAFM من قواعد بيانات مرتبطة بالمخططات ثنائية الأبعاد إلى منصات ويب وسحابة تدعم الخرائط والنماذج والتطبيقات المتنقلة والتكامل مع الأنظمة المؤسسية. وأسهمت هذه النقلة في توسيع قاعدة المستخدمين من المختصين بالمخططات إلى فرق الخدمة والصيانة والأمن والعقارات والمستفيدين.

أدى تكامل CAFM مع BIM إلى إتاحة نموذج غني بالمعلومات يمكن استخدامه في حصر الأصول والوصول إلى الوثائق وفهم الموقع والعلاقات المكانية. لكن الدراسات تشير إلى تحديات تتعلق بتوافق البيانات وتحديث النموذج وحجم المعلومات وتحديد البيانات المطلوبة للتشغيل، وهي تحديات ظهرت كذلك في البيئة السعودية (Hassanain et al., 2023).

كما أدى التكامل مع إنترنت الأشياء إلى إمكانية استقبال بيانات الإشغال والحرارة والطاقة والحالة، وربطها بالمساحات والأصول. ويمكن لهذه البيانات أن تدعم التنبيه والتخطيط، إلا أن فائدتها تعتمد على وضوح حالات الاستخدام وعدم إغراق النظام ببيانات لا تقود إلى قرار أو إجراء.

٣. البنية المعلوماتية لنظام CAFM

تقوم البنية المعلوماتية عادة على تسلسل هرمي يبدأ بالمحظة أو المنطقة، ثم الموقع والمبنى والطابق والمساحة، ويرتبط بهذا التسلسل سجل الأصول والخدمات والمستخدمين والعقود والطلبات والوثائق. وتعد الرموز الموحدة للمواقع والأصول أساسًا لسلامة التقارير والتكامل.

تتميز بيانات CAFM بالبعد المكاني؛ إذ لا يكفي معرفة وجود أصل، بل ينبغي معرفة المبنى والطابق والغرفة والمنطقة التي يخدمها وعلاقته بالمساحات والأنظمة الأخرى. ويسمح هذا الربط بإظهار الطلبات أو الأصول أو حالات الإشغال على مخطط أو خريطة، وتقدير أثر العطل على المساحات والخدمات.

تشمل البيانات كذلك معلومات غير فنية مثل الوحدة المستفيدة، ونوع الاستخدام، وسعة المساحة، والتكلفة، والعقد، ومستوى الخدمة، وساعات العمل. وهذا التنوع يمنح النظام قدرة على دعم الإدارة الشاملة للمرافق، لكنه يزيد متطلبات تصميم نموذج البيانات والحوكمة.

٤. الوظائف الأساسية لنظام CAFM

٤.١ إدارة المساحات والإشغال

تتضمن إدارة المساحات حصر المساحة وتحديد نوعها واستخدامها ومسؤوليتها وسعتها وتكلفتها، وربطها بالمستخدمين والوحدات التنظيمية. وتساعد هذه الوظيفة على قياس نسب

الإشغال، وتحديد المساحات الشاغرة أو المكتظة، ودعم التخطيط وإعادة التوزيع. وقد أكدت التطبيقات البحثية أهمية البيانات المكانية في اتخاذ القرار وإدارة منشآت معقدة مثل المستشفيات (Iadanza & Luschi, 2020).

٤.٢ إدارة الانتقالات والتغييرات

تدعم هذه الوحدة تخطيط نقل الموظفين أو الأقسام أو المعدات بين المساحات، وتنسيق المهام المرتبطة بالتقنية والأثاث والأمن والخدمات. ويؤدي توثيق الحالة قبل وبعد الانتقال إلى المحافظة على دقة بيانات الإشغال والأصول وتقليل التعارض والوقت الضائع.

٤.٣ إدارة الأصول والمعدات

يمكن لـ CAFM الاحتفاظ بسجل للأصول وربطه بالموقع والوثائق والضمان والعقد والحالة. ويختلف عمق إدارة الأصل حسب النظام؛ فقد يكفي بوصف الأصل وموقعه، أو يضم تاريخ الصيانة والأوامر والتكاليف. وتظهر هنا منطقة التداخل الرئيسة مع CMMS.

٤.٤ إدارة طلبات الخدمة

توفر بوابات الخدمة والتطبيقات للمستخدمين وسيلة لتقديم الطلبات ومتابعتها وتقييمها. ويمكن تصنيف الطلب حسب الموقع والخدمة والأولوية وتحويله إلى فريق داخلي أو مورد خارجي. وقد بينت دراسة El-Deeb وآخرين أن استخدام CAFM يمكن أن يحسن زمن الاستجابة وجودة معالجة طلبات الخدمة عند تصميم سير العمل ومتابعة الأداء بصورة مناسبة (El-Deeb et al., 2017).

٤.٥ إدارة أعمال الصيانة

تتضمن بعض أنظمة CAFM وظائف لإنشاء أوامر العمل وجدولة الصيانة الوقائية وتوزيع المهام وتسجيل المواد والتكلفة. وقد تكون هذه الوظائف كافية للمنشآت التي تحتاج إلى صيانة مبانٍ معتدلة التعقيد، لكنها قد تكون أقل عمقاً من CMMS المتخصص في تحليل الأعطال والموثوقية والمخزون الفني. ويجب تقييم الوظيفة الفعلية لا افتراضها من التصنيف العام.

٤.٦ إدارة العقود والموردين ومستويات الخدمة

يساعد CAFM في ربط الخدمات بالعقود والموردين ومؤشرات مستوى الخدمة، ومتابعة الالتزام بالمواعيد والجودة والتكلفة. وتفيد هذه الوظيفة في بيانات التعهيد التي تتعدد فيها العقود والخدمات والمواقع، إذ توفر رؤية موحدة لأداء الموردين بدل فصل البيانات بين الأقسام.

٤.٧ إدارة الوثائق والمخططات

يربط النظام المخططات والنماذج والكتيبات والضمانات والشهادات بالأصل أو الموقع أو أمر العمل. ويقلل ذلك الوقت المستغرق في البحث ويزيد جودة القرار الميداني. إلا أن نجاح الوظيفة يتطلب ضبط الإصدارات والصلاحيات والتأكد من تحديث الوثائق بعد التعديلات.

٤.٨ التقارير ولوحات المعلومات

تحول التقارير البيانات إلى مؤشرات عن الإشغال والتكلفة والطلبات والأداء والعقود والأصول. وتزداد القيمة عندما تسمح اللوحات بالتدرج من المؤشر الإجمالي إلى السجل الأصلي، ومقارنة المواقع والفترات، وإظهار الاستثناءات. وينبغي أن ترتبط كل لوحة بقرار أو إجراء محدد حتى لا تتحول إلى عرض معلوماتي غير مستخدم.

٥. سير العمل في CAFM

يبدأ سير العمل غالبًا بطلب من مستخدم أو حدث مخطط أو تنبيه، ثم يحدد النظام الموقع والخدمة والأولوية ومسؤول التنفيذ، ويطبق قواعد الموافقة أو مستوى الخدمة، ويتابع التنفيذ والإغلاق والتقييم. وقد يرتبط الطلب بمخطط المساحة أو الأصل الموجود فيها، بما يسمح بفهم السياق بصورة أسرع.

في إدارة المساحات، يبدأ العمل بتحديث المخطط أو بيانات الإشغال، ثم تحليل الاحتياج، واقتراح التخصيص، واعتماد التغيير، وتنفيذ الانتقال، وتحديث البيانات النهائية. ويبين هذا المثال أن CAFM لا يقتصر على الصيانة، بل يدير عمليات مكانية وتنظيمية لا تمثل محورًا أساسيًا في CMMS.

٦. أثر CAFM في كفاءة التشغيل والصيانة

يسهم CAFM في رفع الكفاءة من خلال تحسين وضوح المكان والخدمة والمسؤولية. فعندما يُسجل الطلب على مساحة محددة ويظهر تاريخها وأصولها ووثائقها، تقل مدة التشخيص والبحث، ويسهل توجيه الفريق المناسب. كما تتيح خريطة الطلبات اكتشاف التركيز المكاني للمشكلات أو أثرها في مجموعة من المستخدمين.

يسهم النظام كذلك في تحسين استخدام المساحات والموارد. فمعرفة الإشغال الفعلي والسعة والتكلفة تساعد على إعادة توزيع المساحات وتقليل الهدر وتخطيط الخدمات وفق الاستخدام. ويظهر أثر ذلك في المباني الإدارية والتعليمية والصحية التي تمثل المساحة فيها موردًا مرتفع التكلفة.

ومن ناحية الخدمة، توفر البوابة الموحدة والشفافية في حالة الطلب والالتزام بمستويات الخدمة أساسًا لتحسين تجربة المستفيد. ويمكن ربط التقييم بنوع الخدمة والموقع والمورد لاكتشاف فرص التحسين. وتبين الأدبيات أن قيمة CAFM تظهر بوضوح عندما يُستخدم لتكامل المعلومات المكانية والفنية والخدمية في القرار (Iadanza & Luschi, 2020).

أما أثره في الصيانة فيعتمد على عمق وحدة الصيانة وجودة البيانات. فقد يرفع الالتزام والمتابعة في منشأة خدمية، لكنه قد لا يوفر الوظائف المتخصصة المطلوبة لتحليل موثوقية معدات صناعية معقدة. ومن هنا يجب ربط الأثر بنطاق التطبيق لا بالاسم.

٧. فوائد نظام CAFM

تشمل الفوائد المتوقعة مركزية بيانات المرافق، وسهولة الوصول إلى المعلومات، وتحسين إدارة المساحات، وتنسيق الخدمات، ورفع شفافية الطلبات والعقود، وتقليل الازدواجية، وتحسين التقارير، ودعم قرارات التخطيط والتجديد. كما يمكن أن يساعد على توحيد الإجراءات بين المواقع وتوفير سجل مؤسسي لا يعتمد على الأفراد.

تزداد الفائدة في المنشآت متعددة المباني أو ذات المساحات والخدمات المتنوعة، لأن النظام يوفر لغة موحدة للموقع والخدمة. كما يساعد على مقارنة المواقع وتحديد الأنماط والانحرافات، وهو ما يصعب تحقيقه عند استخدام ملفات منفصلة لكل مبنى أو عقد.

٨. تحديات تطبيق CAFM

أول التحديات هو اتساع النطاق؛ فقد تحاول المنشأة تطبيق عدد كبير من الوحدات في وقت واحد دون استعداد كافٍ، مما يزيد التعقيد ويؤخر ظهور القيمة. ويكون البديل الأفضل تحديد حالات استخدام ذات أولوية، مثل إدارة الطلبات والمساحات أو الأصول، ثم التوسع بعد تثبيت البيانات والإجراءات.

يتمثل التحدي الثاني في جودة البيانات المكانية والفنية. فاختلاف أسماء المباني والغرف والرموز أو عدم تحديث المخططات يؤدي إلى فقدان الثقة في النظام. ويحتاج المشروع إلى قواعد تسمية وملكية بيانات ومراجعات دورية وإجراءات لضبط التغيير.

أما التحدي الثالث فهو التكامل مع ERP و BIM و BMS والهوية الرقمية والبوابات وأنظمة الموردين. وقد تصبح الواجهات مكلفة أو غير مستقرة إذا لم تحدد البيانات المتبادلة ومسؤولية النظام المرجعي لكل عنصر. وقد أبرزت الدراسات السعودية صعوبة التكامل بوصفها عائقًا بارزًا أمام الرقمنة في إدارة المرافق (Hassanain et al., 2023؛ Hassanain et al., 2025).

يشمل التحدي الرابع إدارة التغيير، لأن التطبيق يعيد توزيع المسؤوليات ويزيد الشفافية ويطلب من المستخدمين تسجيل بيانات إضافية. وإذا لم يفهم العاملون الغرض من البيانات أو لم تكن الواجهة مناسبة للعمل الميداني، فقد يعودون إلى القنوات غير الرسمية وتصبح قاعدة النظام ناقصة.

٩. عوامل نجاح تطبيق CAFM

يتطلب النجاح وجود استراتيجية واضحة لإدارة المرافق تحدد الأهداف والمجالات ذات الأولوية. كما يتطلب نموذج بيانات موحدًا، وسجلًا موثوقًا للمواقع والمساحات والأصول، وتصميمًا لسير العمل، ومؤشرات أداء مرتبطة بالأهداف. وينبغي تحديد مالك لكل نوع من البيانات ومسؤولية تحديثه.

تساعد المشاركة المبكرة للمستخدمين ومشروع تجريبي محدود والتدريب القائم على الأدوار في تقليل المقاومة واكتشاف المشكلات. كما ينبغي أن تقاس الفوائد قبل وبعد التطبيق، مثل زمن الاستجابة ودقة الإشغال وجودة التقارير، حتى تتمكن الإدارة من توجيه التحسين والتوسع.

المبحث الرابع: نظام إدارة الصيانة المحوسب

١. مفهوم نظام CMMS

نظام إدارة الصيانة المحوسب هو تطبيق معلوماتي يركز على تنظيم وتوثيق وتخطيط ومتابعة أعمال الصيانة والأصول الفنية. ويجمع سجل الأصل، وأوامر العمل، وخطط الصيانة، والموارد، وقطع الغيار، والتكلفة، وتاريخ الأعطال في قاعدة بيانات واحدة، بما يدعم الانتقال من الإدارة التفاعلية إلى الإدارة المخططة والقابلة للقياس.

تكمّن هويته الوظيفية في عمق دورة الصيانة. فهو لا يكتفي بتسجيل الطلب، بل يربطه بالأصل و خطة الصيانة وتاريخ الفشل والمواد والعمالة والتكلفة. وقد يكون النظام مستقلًا أو وحدة ضمن منصة EAM أو ERP أو CAFM. ويختلف نطاق المنتجات، لذلك ينبغي فحص قدرات التخطيط والموثوقية والمخزون والتقارير والتطبيق المتنقل.

تشير دراسات اختيار CMMS إلى أن ملاءمة النظام لاحتياجات المنظمة، وسهولة الاستخدام، والوظائف، والتكلفة، والتكامل، والدعم عوامل أساسية في القرار، وأن الحل الأعلى من حيث عدد الخصائص ليس بالضرورة الأنسب (Meira et al., 2020).

٢. تطور أنظمة CMMS

بدأت الأنظمة كأدوات لتسجيل أوامر العمل وجدولة الصيانة الوقائية، ثم توسعت لتشمل المخزون والتكلفة والموارد والمقاولين والتحليلات والتطبيقات المتنقلة. ومع انتشار السحابة، أصبح التطبيق أسرع نسبياً وأصبحت البيانات متاحة من مواقع متعددة، كما انخفضت الحاجة إلى بنية محلية معقدة في بعض الحالات.

أدى التكامل مع أجهزة الاستشعار وأنظمة التحكم إلى استقبال التنبيهات والقراءات وتوليد الأوامر أو إجراءات الفحص. كما أدى تطور التحليلات إلى استخدام البيانات التاريخية في تحديد الأولويات والتنبؤ والبحث عن الأنماط، كما توضح دراسة D'Orazio وآخرين في تحليل طلبات الصيانة (D'Orazio et al., 2023).

ومع ذلك لا تتحقق الصيانة التنبؤية بمجرد امتلاك CMMS؛ فالنظام يحتاج إلى بيانات حالة من مصادر أخرى ونماذج تحليل وخبرات هندسية. ويظل دوره الرئيس تنظيم البيانات والقرارات والتنفيذ والتاريخ، بينما تأتي قدرات التنبؤ من التكامل مع منظومة أوسع.

٣. البنية المعلوماتية لنظام CMMS

يبدأ نموذج البيانات عادةً بالهيكل المكاني والفني للأصول. فقد يُرتب الموقع إلى منشأة ومنطقة ونظام ومعدة ومكون، أو يُستخدم تسلسل وظيفي يعكس الأنظمة. ويرتبط كل أصل ببيانات التعريف والمصنع والطرز والرقم التسلسلي والأهمية والحالة والضمان والوثائق وخطة الصيانة.

يرتبط سجل الأصل بأوامر العمل ونتائج الفحص والمواد وساعات العمل والأعطال والأسباب والإجراءات. ويسمح هذا الترابط بتكوين تاريخ فني يمكن تحليله. وتؤكد دراسة Stazić وآخرين أن تحسين جودة قاعدة بيانات CMMS يمكن أن يحقق فوائد مالية وتشغيلية وسلامة، وأن ضعف البيانات يقلل العائد حتى عند توافر النظام (Stazić et al., 2023).

تحتاج البيانات إلى ترميز موحد لأنواع العمل والفشل والسبب والإجراء. فإذا كُتبت الأعطال بصيغ حرة غير متناسقة، يصعب تحليل التكرار أو المقارنة بين المعدات. لذلك تمثل قواميس الترميز وقواعد الإغلاق والتدقيق عناصر أساسية في حوكمة النظام.

٤. الوظائف الأساسية لنظام CMMS

٤.١ سجل الأصول

يوفر سجل الأصول مرجعًا مركزيًا للمعلومات الفنية والتشغيلية والمالية الأساسية، ويتيح ربط الأصل بموقعه وخطته ووثائقه وتاريخه. ويعد تحديد الأهمية والوظيفة وحالة الأصل خطوة ضرورية لترتيب الأولويات وتخصيص الموارد.

٤.٢ إدارة أوامر العمل

تشمل إنشاء الطلب، والتقييم، والموافقة، والتخطيط، والجدولة، والتعيين، والتنفيذ، والإغلاق، والمراجعة. ويمكن للنظام حساب الأزمنة ومتابعة الحالات وإرسال التنبيهات ومنع الإغلاق دون بيانات مطلوبة. وتعد هذه الوظيفة مركزية في قياس زمن الاستجابة والإصلاح والالتزام.

٤.٣ الصيانة الوقائية والتفتيش

يولد النظام الأعمال استنادًا إلى الوقت أو العدد أو الاستخدام، ويحتفظ بقوائم المهام والتعليمات ونقاط القياس. ويمكن تعديل الفترات بناءً على النتائج، ومتابعة الأعمال المتأخرة، وتحليل نسبة التنفيذ. وكلما كانت الخطط مرتبطة بحالة الأصل ومخاطره، ارتفعت قيمتها وتجنب النظام الصيانة المفرطة.

٤.٤ إدارة الأعطال والموثوقية

يسجل CMMS نمط الفشل وسببه وإجراء الإصلاح ومدة التوقف، ويتيح تحليل الأعطال المتكررة والأصول السيئة الأداء. وقد يدعم تحليل السبب الجذري أو يوفر بياناته. وتحتاج هذه الوظيفة إلى جودة إغلاق عالية، لأن التحليل لا يمكن أن يتجاوز جودة المدخلات.

٤.٥ إدارة المخزون وقطع الغيار

ترتبط هذه الوحدة القطعة بالمخزن والمورد والأصل وأمر العمل، وتدير الرصيد والحد الأدنى والحجز والصرف والإرجاع. ويساعد الربط على تقليل التأخير بسبب عدم توافر القطع، وضبط رأس المال المجمد، ومعرفة تكلفة الصيانة الفعلية. وقد تكون هذه الوظيفة أكثر عمقًا في CMMS من وحدات الصيانة العامة في CAFM.

٤.٦ إدارة الموارد والعمالة

يساعد النظام على تخطيط المهارات والساعات والورديات وتوزيع العمل ومتابعة الإنتاجية. ويمكن مقارنة الساعات المخططة والفعلية وتحليل عبء العمل والاحتياج إلى المقاولين. ويجب استخدام المؤشرات بصورة متوازنة حتى لا تدفع الفرق إلى إغلاق الأوامر سريعًا على حساب الجودة.

٤.٧ إدارة التكاليف والعقود

يجمع النظام تكاليف العمالة والمواد والخدمات الخارجية، ويربطها بالأصل والموقع ونوع العمل. ويمكن استخدام التاريخ في حساب التكلفة الكلية ودعم قرار الإصلاح أو الاستبدال. كما قد يتابع عقود الصيانة والضمانات، إلا أن إدارة العقود والخدمات المتنوعة قد تكون أشمل في CAFM.

٤.٨ التقارير ومؤشرات الأداء

تتضمن التقارير الجاهزية و MTBF و MTTR ونسبة الصيانة الوقائية والأعمال المتراكمة والتكلفة وأداء الفنيين والمخزون. وتوضح دراسة Picozzi وآخرين أن دمج بيانات CMMS مع أدوات ذكاء الأعمال يساعد على مراقبة مؤشرات الأداء وتحويل السجلات التشغيلية إلى معلومات إدارية قابلة للمقارنة (Picozzi et al., 2024).

٤.٩ التطبيق المتنقل

يتيح التطبيق الميداني استلام المهمة والوصول إلى سجل الأصل والوثائق وتسجيل الوقت والمواد والصور والقراءات والتوقيع. ويقلل التأخير والنسخ اليدوي، لكنه يتطلب واجهة بسيطة واتصالًا مناسبًا وإدارة للصلاحيات والأجهزة والعمل دون اتصال عند الحاجة.

٥. سير العمل في CMMS

تبدأ الدورة بطلب أو إنذار أو أمر وقائي، ثم تُجرى عملية الفرز لتحديد الأولوية والأصل والمسؤول. بعد ذلك يخطط العمل من حيث النطاق والمهارة والمواد والمدة وإجراءات السلامة، ثم يُجدول وينفذ. وبعد التنفيذ تسجل النتيجة وسبب الفشل والوقت والمواد والحالة، ويُغلق الأمر بعد المراجعة.

تتميز دورة CMMS بوجود حلقة تعلم؛ فبيانات الإغلاق ينبغي أن تؤثر في خطط الصيانة والمخزون وقرارات التجديد. فإذا تكرر فشل معين، ينبغي تحليل السبب وتعديل المهمة أو التصميم أو التشغيل. وإذا لم تستخدم البيانات بعد الإغلاق، يبقى النظام أداة تسجيل لا أداة تحسين.

٦. أثر CMMS في كفاءة التشغيل والصيانة

يساعد CMMS في تحسين سرعة الاستجابة من خلال توحيد قناة الطلب وتحديد الأولوية والتعيين وإظهار الأعمال المتأخرة. كما يقلل الوقت الضائع في البحث عن التاريخ والوثائق والمواد، ويعطي المشرف رؤية لعبء العمل والموارد المتاحة.

يسهم النظام في زيادة الالتزام بالصيانة الوقائية وتقليل الأعمال الطارئة عندما تكون الخطط مناسبة وتُراجع باستمرار. وقد بينت دراسات تطبيقية أن تنفيذ CMMS يمكن أن يرتبط بتحسين الإنتاجية والسلامة والتكلفة واستخدام الموارد في البيئات الصناعية (Shankar et al., 2023).

يدعم CMMS خفض التكلفة من خلال معرفة أسبابها وربطها بالأصل ومقارنة الإصلاح والاستبدال وضبط المخزون وتقليل التوقف. إلا أن خفض التكلفة ليس تلقائيًا؛ فقد تظهر في البداية تكاليف جمع البيانات والتدريب وتحسين الممارسات، ويجب تقييم العائد على مدى زمني مناسب. يساعد التاريخ المنظم على دعم الموثوقية والقرارات الاستباقية. ويمكن استخدام البيانات في ترتيب الأصول حسب السوء، أو تحليل الفشل، أو التنبؤ بالأولوية، أو تحديد القطع المطلوبة. وتزداد القيمة كلما كان الترميز والإغلاق والتكامل أفضل.

٧. فوائد نظام CMMS

تشمل الفوائد مركزية سجل الأصول، ورفع الانضباط في أوامر العمل، وتحسين التخطيط والجدولة، وزيادة شفافية الأعمال المتراكمة، وضبط الصيانة الوقائية، وتحسين إدارة المخزون، وتوثيق التاريخ، ورفع القدرة على القياس والمساءلة.

تظهر الفوائد بصورة أكبر في المنشآت التي تمتلك أصولًا فنية كثيرة أو حرجة، مثل المصانع ومحطات الخدمات والمستشفيات والمطارات ومراكز البيانات. ففي هذه البيئات يمثل التوقف أو الفشل تكلفة أو خطرًا مرتفعًا، ويكون العمق الفني والتاريخي للنظام ذا قيمة مباشرة.

٨. تحديات تطبيق CMMS

يتمثل التحدي الأول في إعداد سجل الأصول وخطط الصيانة. فقد تستورد المنشأة بيانات غير منقحة أو تنشئ خطأ كثيرة دون تحليل، فتنتج أوامر لا يمكن تنفيذها أو لا تضيف قيمة. ويتطلب ذلك حصرًا وتصنيفًا للأهمية ومراجعة لخطط المصنعين والخبرة الفعلية.

التحدي الثاني هو انضباط الاستخدام الميداني. فإذا لم يسجل الفني الوقت والمواد والسبب والنتيجة، فلن تتكون قاعدة تاريخ موثوقة. وقد يكون السبب تعقيد الشاشة أو ضعف التدريب أو ضغط العمل أو غياب المراجعة. لذلك يجب تبسيط الحقول وربطها بالقرارات الفعلية.

التحدي الثالث هو مقاومة التغيير، لأن النظام يزيد الشفافية ويغير توزيع العمل ويقس الأداء. ولا ينبغي تقديمه بوصفه أداة رقابة على الأفراد، بل أداة لتحسين التخطيط وتوفير الموارد وتقليل العمل الطارئ. كما يجب إشراك الفنيين في تصميم القوائم والإجراءات.

أما التحدي الرابع فهو التكامل مع المشتريات والمالية والمخزون وأنظمة التحكم. وقد يؤدي عدم التكامل إلى تكرار إدخال البيانات واختلاف الرصيد أو التكلفة. لكن التكامل الكامل قد يزيد التعقيد، لذلك ينبغي تحديد البيانات الضرورية ومصدرها المرجعي.

٩. عوامل نجاح تطبيق CMMS

يتطلب النجاح تحديد أهداف قابلة للقياس، مثل رفع الالتزام بالصيانة الوقائية أو خفض زمن الإصلاح، ثم تصميم دورة عمل تدعم هذه الأهداف. كما يتطلب سجل أصول مصنفاً، وخططاً قابلة للتنفيذ، وقواعد للأولوية، وبيانات إغلاق محددة، ومؤشرات متوازنة.

يجب تنفيذ النظام على مراحل تبدأ بالأصول والوظائف الحرجة، مع تدريب قائم على سيناريوهات العمل ودعم ميداني ومراجعة دورية للبيانات. وتفيد دراسات اختيار الأنظمة في ضرورة مراعاة سهولة الاستخدام والتكامل والدعم والتكلفة الكلية، لا وظائف العرض وحدها (Meira et al., 2020).

المبحث الخامس: المقارنة النظرية بين CAFM و CMMS

١. الحدود المفاهيمية بين النظامين

ينتمي النظامان إلى منظومة الحلول الرقمية لإدارة الأصول والمرافق، ويتداخلان في إدارة سجل الأصول والطلبات وأوامر العمل والصيانة الوقائية والتقارير. إلا أن نقطة الانطلاق مختلفة: يبدأ CMMS من الأصل الفني وعملية الصيانة، بينما يبدأ CAFM من المرفق والمكان والخدمة والمستخدم، ثم قد يمتد إلى الصيانة.

لا يعني هذا أن كل CMMS ضيق أو أن كل CAFM شامل؛ إذ توسعت المنتجات وتغيرت المسميات. ولذلك فإن التمييز الوظيفي أكثر دقة من التمييز الاسمي. فإذا كانت المنصة تدير الأصول عبر دورة حياتها المالية والفنية فقد تقترب من EAM، وإذا جمعت العقارات والمساحات والاستدامة والخدمات فقد تقترب من IWMS. لكن موضوع الدراسة يظل مركزاً على الوظائف التي تمثل جوهر CAFM و CMMS.

يفيد هذا التمييز في منع خطأين: الأول اختيار نظام صيانة عميق لإدارة مشكلة أساسها المساحات والخدمات، والثاني اختيار منصة مرافق واسعة لمعالجة احتياج صناعي يحتاج إلى موثوقية ومخزون وتحليل فشل متقدم. ويجب أن يسبق الاختيار تعريف المشكلة والنتائج المطلوبة.

٢. أوجه التشابه

يتشابه النظامان في الاعتماد على قاعدة بيانات للأصول والمواقع، وإدارة الطلبات أو الأوامر، وجدولة الأعمال، وتوثيق الوقت والمواد، وإتاحة التقارير، ودعم المستخدم المتنقل، والتكامل مع الأنظمة الأخرى. كما يهدفان إلى تقليل العمل اليدوي وتحسين الشفافية وتوحيد الإجراءات.

يتطلب النظامان عوامل نجاح متقاربة تشمل جودة البيانات، ودعم الإدارة، ووضوح العمليات، وتدريب المستخدمين، والحوكمة، والتكامل، وإدارة التغيير. ولا يستطيع أي منهما تعويض ضعف التخطيط أو غياب المسؤولية أو عدم توافر الموارد.

كما يمكن لكليهما التأثير في مؤشرات مشتركة مثل زمن الاستجابة والتكلفة والالتزام بالأعمال وجودة التقارير. لكن آلية التأثير وعمقه تختلف؛ فقد يحسن CAFM زمن الاستجابة من خلال بوابة الخدمة وربط المكان، بينما يحسنه CMMS من خلال التخطيط الفني وتوافر التاريخ والقطع.

٣. أوجه الاختلاف

يختلف النظامان أولاً في نطاق الإدارة. فـ CAFM يغطي بيئة المرفق والمساحة والخدمات والمستخدمين، بينما يركز CMMS على الأصول الفنية وعمليات الصيانة. ويؤثر هذا الاختلاف في طبيعة الوحدات والمستخدمين والبيانات والمؤشرات.

ويختلفان ثانياً في البعد المكاني. فالمخطط والغرفة والإشغال والتخصيص عناصر محورية في CAFM، بينما قد يكتفي CMMS بهيكل مواقع يساعد على تحديد الأصل. لذلك يكون CAFM أكثر ملاءمة عندما تكون إدارة المكان واستخدامه جزءاً رئيساً من المشكلة.

ويختلفان ثالثاً في العمق الفني للصيانة. فأنظمة CMMS المتخصصة تقدم عادةً تفاصيل أكبر في الوقائية والعدادات والفشل والموثوقية والمخزون والعمالة والتكاليف. وقد يقدم CAFM هذه الوظائف، لكن ينبغي التحقق من عمقها عند وجود معدات حرجية أو متطلبات صناعية.

ويختلفان رابعاً في أصحاب المصلحة. يستخدم CAFM مديرو المرافق والمساحات والعقارات والخدمات والمستفيدين والموردون إلى جانب فرق الصيانة، بينما يتركز مستخدمو CMMS في الصيانة والتشغيل والهندسة والمخزون والمشتريات. ويحدد ذلك تصميم الواجهة وسير العمل والتقارير.

ويختلفان خامساً في نوع القيمة. يحقق CAFM قيمة من تكامل المكان والخدمة والأصل وتحسين المساحة وتجربة المستخدم، بينما يحقق CMMS قيمة من الاعتمادية والانضباط الفني وتقليل الفشل وتحسين الموارد وقطع الغيار. وقد تحتاج المنشأة إلى القيمتين معاً.

جدول (٢-٢): مقارنة وظيفية بين نظام CAFM ونظام CMMS

محور المقارنة	نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب CAFM	نظام إدارة الصيانة المحسوب CMMS
نقطة الانطلاق	المرفق والمكان والمساحة والخدمة والمستخدم.	الأصل الفني وعملية الصيانة وأمر العمل.
النطاق	إدارة واسعة للمرافق والمساحات والخدمات وقد تشمل الصيانة.	إدارة متخصصة للصيانة والأصول الفنية والموارد.
البيانات المكانية	محورية؛ ترتبط بالمخططات والطوابق والغرف والإشغال.	مساندة؛ تستخدم لتحديد موقع الأصل وتسلسل المواقع.
إدارة الصيانة	تتوافر بدرجات متفاوتة وفق المنتج والوحدة.	وظيفة جوهرية عادةً بعمق أكبر.
إدارة المساحات	وظيفة أساسية في كثير من الأنظمة.	غالبًا محدودة أو غير موجودة.
المخزون وقطع الغيار	قد تكون أساسية أو مرتبطة بنظام آخر.	وظيفة شائعة ومتصلة بأوامر العمل والأصول.
المستخدمون	المرافق، المساحات، الخدمات، العقارات، المستفيدون، الصيانة.	الصيانة، التشغيل، الهندسة، المخزون، التخطيط، المقاولون.
المؤشرات الرئيسية	الإشغال، تكلفة المساحة، جودة الخدمة، SLA، الطلبات، أداء الموردين.	الجاهزية، MTTR، MTBF، الوقائية، الأعطال، المخزون، تكلفة الصيانة.
القيمة الرئيسية	تحسين إدارة البيئة المبنية والخدمات وتجربة المستخدم.	تحسين الاعتمادية والانضباط الفني وتقليل التوقف والتكلفة.
الملاءمة النموذجية	المجمعات الإدارية والجامعات والمستشفيات والمطارات والمحافظ العقارية.	المصانع والمحطات والمرافق ذات الأصول الحرجة وكثيفة الصيانة.

٤. أثر النظامين في أبعاد الكفاءة

في سرعة الاستجابة، يوفر CAFM قناة خدمة موحدة وسياًً مكانياً وشفافية للمستفيد، بينما يوفر CMMS تخطيطاً فنياً وتاريخاً للأصل وتوافراً للموارد والقطع. وقد يحقق التكامل أفضل نتيجة عندما يتحول طلب المستخدم في CAFM إلى أمر صيانة تفصيلي في CMMS ثم تعود حالة التنفيذ إلى بوابة الخدمة.

في تقليل الأعطال والتوقف، يمتلك CMMS أثراً مباشراً من خلال الصيانة الوقائية وتحليل الفشل والموثوقية والمخزون. أما CAFM فيدعم هذا الأثر من خلال تنظيم الخدمات والمواقع والوثائق وقد يوفر وحدة صيانة، لكن قوته النسبية تظهر أكثر في المنشآت الخدمية متعددة المساحات.

في خفض التكلفة، يركز CAFM على تكلفة المرفق والمساحة والخدمة والعقد، بينما يركز CMMS على تكلفة الأصل والعمل والمواد والتوقف. ويعطي الجمع بين المنظورين صورة أشمل للتكلفة الكلية، لأن قرار المساحة أو مستوى الخدمة قد يؤثر في حجم الأصول والصيانة، كما تؤثر حالة الأصول في تكلفة تشغيل المرفق.

في دعم القرار، يوفر CAFM رؤية على مستوى المحفظة والموقع والمساحة والخدمة، بينما يوفر CMMS رؤية فنية على مستوى الأصل والفشل والعمل. ويتحدد النظام الأنسب بحسب نوع القرار. فإذا كان السؤال عن تجميع المكاتب أو أداء الموردين كان CAFM أقرب، وإذا كان عن استبدال مضخة أو تحسين خطة وقائية كان CMMS أقرب.

٥. معايير اختيار النظام الأنسب

يبدأ الاختيار بتحديد المشكلة التشغيلية والنتائج المطلوبة. وينبغي تجنب إعداد قائمة طويلة من الخصائص دون ترتيب الأولويات. فالمعيار الأول هو مدى تغطية النظام للعمليات الحرجة، ثم جودة تجربة المستخدم، ونموذج البيانات، وقدرات التكامل والتقارير، والتكلفة الكلية، والدعم، والأمن، وقابلية التوسع.

يجب تقييم طبيعة الأصول والمرافق. فإذا كانت القيمة والمخاطر مرتبطة بمعدات حرجة كثيرة، يكون العمق الفني للصيانة أولوية. وإذا كانت مرتبطة بمحفظة مبانٍ ومساحات وخدمات ومستخدمين، يكون نطاق CAFM أكثر أهمية. أما المنشآت الكبرى فقد تحتاج إلى منصة متكاملة أو تكامل بين نظامين.

يشمل القرار مستوى النضج الرقمي. فالمنشأة التي لا تملك سجل أصول أو إجراءات موحدة قد لا تستفيد من منصة معقدة. وقد يكون البدء بوحدة أساسية وإعداد البيانات أكثر نجاحًا من تنفيذ شامل. وتفسر نظرية انتشار الابتكار ذلك من خلال التوافق والتعقيد وقابلية التجربة وملاحظة النتائج.

ينبغي حساب التكلفة الكلية التي تشمل الترخيص والتنفيذ والترحيل والتكامل والأجهزة والتدريب والدعم والتحديث والموارد الداخلية، وليس سعر الاشتراك فقط. كما ينبغي تقدير الفائدة من خلال الوقت والتوقف والتكلفة وجودة الخدمة والمساحة، مع تجنب الوعود غير القابلة للقياس. يتطلب الاختيار مشاركة أصحاب المصلحة من التشغيل والصيانة والمرافق وتقنية المعلومات والمالية والمشتريات والمستخدمين. فقرار قسم واحد قد ينتج نظامًا قويًا من زاوية وضعيًا من زاوية أخرى. وتساعد سيناريوهات الاختبار والعروض المبنية على حالات عمل حقيقية في كشف ملاءمة النظام بصورة أفضل من العروض العامة.

جدول (٣-٢): ملائمة النظام بحسب طبيعة المنشأة والاحتياج

الحالة أو الاحتياج الغالب	الخيار الأقرب	مبرر الاختيار
مصنع أو محطة ذات معدات حرجية وتوقف مرتفع التكلفة	CMMS متقدم أو EAM	الحاجة إلى الوقائية والموثوقية والفشل والمخزون والتكلفة الفنية.
مجمع إداري متعدد المباني مع تحديات إشغال وخدمات	CAFM	أهمية المساحات والطلبات والخدمات والعقود والمستخدمين.
جامعة أو مستشفى أو مطار متعدد الخدمات والأصول	CAFM متكامل مع CMMS أو منصة شاملة	الحاجة إلى إدارة المكان والخدمة مع صيانة فنية عميقة.
شركة صغيرة تركز على أوامر الصيانة الأساسية	CMMS مبسط	سرعة التطبيق وقلة التعقيد وتغطية الاحتياج المباشر.
محفظة عقارية تحتاج إلى المساحات والعقود والموردين	CAFM أو IWMS	التركيز على المحفظة والمساحة والخدمة والتكلفة والإشغال.
منشأة لديها CAFM قوي ووحدة صيانة محدودة	تقييم التكامل مع CMMS	الحفاظ على بوابة الخدمة والمكان مع إضافة عمق فني للصيانة.
منشأة لديها CMMS وتحتاج إلى إدارة المساحات والخدمات	إضافة CAFM أو وحدة متكاملة	توسيع النطاق دون إضعاف سجل الصيانة الحالي.

٦. التكامل بين النظامين

يمكن أن يعمل CAFM و CMMS في بيئة واحدة عندما تكون الحدود والمسؤوليات واضحة. فقد يكون CAFM هو النظام المرجعي للمواقع والمساحات وطلبات المستخدمين والعقود، بينما يكون CMMS هو النظام المرجعي للأصول الفنية وخطط الصيانة والأوامر والمواد. ويتبادل النظامان البيانات عبر واجهات تكامل.

يحتاج التكامل إلى تحديد معرفات موحدة للأصول والمواقع، وقواعد لمنشئ السجل وتحديثه، وحالات متطابقة للأوامر، وآلية لمعالجة الأخطاء. ومن الأمثلة أن ينشئ CAFM طلباً مرتبطاً بغرفة، ثم يرسل أمراً إلى CMMS، ويعيد CMMS حالة التنفيذ والتكلفة، بينما يحتفظ كل نظام بدوره المرجعي.

قد يكون استخدام منصة واحدة أسهل من التكامل في بعض الحالات، لكنه قد يفرض تنازلاً عن العمق أو المرونة. أما استخدام نظامين متخصصين فيوفر وظائف أعمق لكنه يزيد متطلبات التكامل والدعم. ويجب أن يعتمد القرار على حجم العمليات وتعقيدها والقدرات الداخلية والتكلفة الكلية.

يمثل التكامل مع ERP و BIM و BMS وإنترنت الأشياء جزءًا من المعمارية الكلية. وينبغي تجنب ربط كل نظام بكل نظام دون حاجة، بل تحديد تدفقات بيانات محددة تدعم قرارات واضحة. ويعد الأمن السيبراني والصلاحيات وسجل التدقيق وحماية البيانات عناصر أساسية في هذه البيئة.

٧. النظامان في سياق المملكة العربية السعودية

تتميز البيئة السعودية بتوسع كبير في المرافق والبنية التحتية والمشروعات والمدن والمجمعات متعددة الاستخدام، وبارتفاع الاعتماد على عقود التشغيل والصيانة وإدارة المرافق. ويخلق ذلك طلبًا على الأنظمة القادرة على توحيد البيانات ومتابعة الموردين وقياس مستويات الخدمة ودعم إدارة الأصول على نطاق واسع.

تشير الدراسات إلى أن نمو إدارة المرافق في المملكة يتأثر بالتوسع الاقتصادي والتحول الرقمي، لكنه يواجه تحديات في المهارات والتقنية والتكامل ونضج الممارسات (Akbar et al., 2025). وهذا يعني أن نجاح CAFM أو CMMS يتطلب تطوير الكفاءات والإجراءات بالتوازي مع التقنية.

تختلف الأولويات بين القطاعات السعودية. فالقطاع الصناعي والطاقة والمياه يحتاج إلى موثوقية عالية و CMMS أو EAM عميق، بينما تحتاج الجهات الحكومية والجامعات والمجمعات الإدارية إلى إدارة المساحات والخدمات والعقود. وتحتاج المستشفيات والمطارات والمشروعات الكبرى إلى تكامل الجانبين بسبب تعدد الخدمات وحساسية الأصول.

تؤثر متطلبات اللغة والعمل المتنقل وتعدد المقاولين ومؤشرات العقود والربط مع الأنظمة الحكومية والمؤسسية في الاختيار. وينبغي اختبار قدرة النظام على دعم اللغة العربية، والمواقع المتعددة، والصلاحيات، والتقارير المطلوبة، والعمل في ظروف الاتصال المختلفة، وإدارة بيانات الموردين.

كما ترتبط القيمة بأهداف الاستدامة وكفاءة الإنفاق وإطالة عمر الأصول. ويمكن للنظامين دعم هذه الأهداف إذا وفرا بيانات دقيقة عن الاستهلاك والحالة والتكلفة والأداء، وإذا استخدمت البيانات في قرارات الصيانة والتجديد والتعاقد. أما التطبيق الذي يركز على التسجيل دون التحليل فلن يحقق القيمة المتوقعة.

٨. الإطار التفسيري للعلاقة بين النظامين وكفاءة التشغيل والصيانة

بناءً على العرض النظري، تفترض الدراسة أن خصائص النظام لا تؤثر في الكفاءة بصورة مباشرة فقط، بل من خلال جودة التطبيق والمواءمة مع الاحتياج. وتتكون خصائص النظام من نطاق الوظائف، وعمق إدارة الصيانة أو المرافق، ونوع البيانات، والتكامل، والتقارير، وتجربة المستخدم.

وتتمثل شروط التطبيق في جودة البيانات، ونضج الإجراءات، ودعم الإدارة، ومشاركة المستخدمين، والتدريب، والحوكمة، والبنية التقنية، وإدارة التغيير. أما النتائج فتظهر في مؤشرات الجاهزية والاستجابة والتوقف والتكلفة والموارد والمساحات وجودة الخدمة ورضا المستفيد ودعم القرار.

وفق نظرية الموارد، يصبح النظام مصدر قيمة عندما يقترن ببيانات وإجراءات وخبرات يصعب تقليدها. ووفق نظرية انتشار الابتكار، يتأثر النجاح بالميزة النسبية والتوافق والتعقيد وقابلية التجربة وملاحظة النتائج. ووفق نظرية أصحاب المصلحة، ينبغي أن تصل القيمة إلى الأطراف المختلفة لا إلى قسم واحد. ويجمع هذا الإطار بين النظريات الثلاث في تفسير تفاوت نتائج التطبيق.

وبذلك لا يكون السؤال النظري: أي النظامين أفضل بصورة مطلقة؟ بل: أيهما أكثر توافقاً مع نوع القيمة والقدرة التي تحتاجها المنشأة، وما شروط تحويله إلى نتائج؟ وقد يكون CMMS أفضل لعمق الصيانة، و CAFM أفضل لشمول المرافق، والتكامل أفضل للمنشآت المعقدة.

الفصل الثالث: منهجية الدراسة

٣.١ مقدمة:

يحدد هذا الفصل الأساس المنهجي الذي اعتمدت عليه الدراسة في مقارنة نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب ونظام إدارة الصيانة المحوسب، وفي تحليل أثر كل منهما في رفع كفاءة التشغيل والصيانة في المملكة العربية السعودية. وتتبع أهمية المنهجية من أن الدراسة لا تعتمد على استبانة أو عينة بشرية أو بيانات ميدانية أولية، وإنما تعتمد على الأدلة العلمية والمهنية المنشورة، وعلى تحليل منظم للمحتوى يسمح بتجميع النتائج المتفرقة ومقارنتها ضمن إطار موحد. تتطلب طبيعة الموضوع منهجاً قادراً على التعامل مع اختلاف المصطلحات والوظائف والقطاعات ومؤشرات الأداء المستخدمة في الأدبيات. فبعض المصادر تتناول نظام CMMS من منظور إدارة أوامر العمل والصيانة الوقائية والأعطال وقطع الغيار، بينما تتناول مصادر أخرى نظام CAFM من منظور إدارة المباني والمساحات والخدمات والبيانات التشغيلية. كما تختلف الدراسات في طرق قياس الكفاءة؛ إذ تستخدم مؤشرات مثل زمن الاستجابة، ومدة التوقف، والجاهزية، وتكلفة الصيانة، واستخدام الموارد، وجودة الخدمة، ودعم اتخاذ القرار. ولهذا تم اختيار تصميم وصفي تحليلي مقارنة قائم على المراجعة المنظمة للأدبيات وتحليل المحتوى الوثائقي. يعرض الفصل نوع الدراسة وتصميمها، والمنهج المستخدم، وخطوات البحث، ومصادر البيانات، واستراتيجية البحث والاسترجاع، ومعايير قبول المصادر واستبعادها، ومجتمع الدراسة وعينها الوثائقية، ووحدة التحليل، وأداة استخلاص البيانات ومصفوفة المقارنة، وإجراءات التحليل، وضوابط الجودة والموثوقية، والاعتبارات الأخلاقية، وحدود الدراسة.

٣.٢ المنهجية وطرق البحث:

نوع الدراسة وتصميمها

تتنتمي الدراسة إلى الدراسات الوصفية التحليلية المقارنة ذات التوجه النوعي. فهي وصفية لأنها تعرض المفاهيم والخصائص والوظائف الأساسية لكل من نظام CAFM ونظام CMMS، وتحليلية لأنها لا تكتفي بعرض المعلومات، بل تفكك العلاقة بين وظائف النظامين وبين مؤشرات كفاءة التشغيل والصيانة، ومقارنة لأنها تستخدم محاور موحدة للكشف عن أوجه التشابه والاختلاف وتحديد حالات الملاءمة.

ويأخذ البحث شكل دراسة وثائقية تعتمد على المصادر الثانوية المنشورة بدل البيانات الأولية الناتجة عن المقابلات أو الاستبانات. ويُعد تحليل الوثائق منهجًا نوعيًا منظمًا لفحص المواد المكتوبة وتفسيرها واستخلاص المعاني والأنماط والأدلة منها، مع ضرورة مراعاة مصدر الوثيقة وغرضها وسياقها وجودتها (Bowen, 2009). كما يمكن أن تكون مراجعة الأدبيات منهجًا بحثيًا قائمًا بذاته عندما تُنفذ وفق خطوات واضحة للبحث والاختيار والتحليل والتركيب، وليس مجرد عرض سردي للمراجع (Snyder, 2019).

لا تهدف الدراسة إلى قياس أثر إحصائي مباشر على مجتمع بشري أو اختبار علاقة عند مستوى دلالة محدد، ولذلك لا تستخدم التحليل الاستدلالي أو معاملات الارتباط والانحدار. ويُفسر الأثر في هذه الدراسة بوصفه النتيجة التشغيلية التي تربط الأدبيات بينها وبين تطبيق النظام، مثل تقليل الأعطال أو تحسين الاستجابة أو تنظيم الصيانة الوقائية أو رفع جودة إدارة المساحات والخدمات. وتُقارن قوة هذا الأثر واتساقه بحسب نوع الدليل والسياق والقطاع.

منهج البحث

١. المنهج الوصفي التحليلي

يستخدم المنهج الوصفي التحليلي في تعريف مفاهيم التشغيل والصيانة وإدارة المرافق، وتحديد وظائف النظامين، ووصف مجالات استخدامهما، وتحليل العوامل التي تؤثر في نجاح التطبيق. ويتيح هذا المنهج ربط الجوانب التقنية بالعمليات الإدارية والتشغيلية، مثل جودة البيانات، ونضج الإجراءات، ودعم الإدارة، وتدريب المستخدمين، والتكامل مع الأنظمة الأخرى.

٢. المنهج المقارن

يستخدم المنهج المقارن لتقييم النظامين على أساس محاور ثابتة بدل المقارنة العامة أو الانطباعية. وتشمل المحاور نطاق النظام، وإدارة الأصول، وأوامر العمل، والصيانة الوقائية والتصحيحية، وإدارة الأعطال وقطع الغيار، وإدارة المساحات والخدمات، وإدارة العقود ومقدمي الخدمة، والتقارير، والتكامل، وتجربة المستخدم، ومؤشرات الأداء، والتكلفة، وقابلية التوسع. ويتيح ذلك تحديد المجال الذي يتفوق فيه كل نظام والحالات التي يكون فيها التكامل بينهما أكثر ملاءمة.

٣. المراجعة المنظمة للأدبيات

تعتمد الدراسة مراجعة منظمة للأدبيات بهدف الوصول إلى مجموعة قابلة للتتبع من المصادر المرتبطة مباشرة بموضوع البحث. وتسترشد الدراسة بمبادئ PRISMA 2020 في توضيح مراحل تحديد السجلات وفرزها وفحص أهليتها وإدراجها، مع تكيف هذه المبادئ لطبيعة الدراسة الإدارية والتقنية التي تشمل مقالات ودراسات حالة وتقارير ومعايير، ولا تقتصر على الدراسات التجريبية الصحية (Page et al., 2021). ولا يعني هذا التكيف إجراء تحليل تلوي، لأن طبيعة النتائج ومقاييسها غير متجانسة.

٤. تحليل المحتوى النوعي

يستخدم تحليل المحتوى النوعي لتحويل النصوص والنتائج المنشورة إلى فئات ومؤشرات قابلة للمقارنة. ويجمع التحليل بين الترميز الاستنباطي، الذي يبدأ بمحاور مستمدة من أسئلة الدراسة والإطار النظري، والترميز الاستقرائي، الذي يسمح بإضافة موضوعات جديدة تظهر أثناء قراءة المصادر. ويشمل التحليل بناء إطار للترميز، وتحديد وحدات التحليل، وتجربة الإطار، وتعديله، ثم تطبيقه على كامل المادة، وهي خطوات تتفق مع منهج تحليل المحتوى النوعي (Schreier, 2012).

خطة البحث وخطوات التنفيذ

تُنَفَّذ الدراسة من خلال سلسلة مترابطة من المراحل تبدأ بتحديد سؤال المقارنة وتنتهي بتركيب النتائج وصياغة التوصيات. وقد صُممت المراحل بحيث تسمح بتتبع مصدر كل نتيجة، والتمييز بين ما تدعمه الأدلة بصورة مباشرة وما يمثل استنتاجًا تفسيريًا للباحث.

جدول (٣-١): مراحل تنفيذ الدراسة الوثائقية المقارنة

المرحلة	الإجراءات الرئيسية	المخرج المتوقع
تحديد نطاق البحث	تثبيت عنوان الدراسة وأسئلتها ومحاور المقارنة والفترة الزمنية واللغات المقبولة.	بروتوكول بحث واضح وحدود محددة.
البحث والاسترجاع	استخدام قواعد البيانات والمصطلحات العربية والإنجليزية وتسجيل تاريخ البحث وصيغة الاستعلام.	قائمة أولية بالسجلات المسترجعة.
إزالة التكرار	مراجعة العناوين وبيانات النشر وحذف النسخ المكررة للمصدر نفسه.	قائمة سجلات فريدة.
الفرز الأولي	فحص العناوين والملخصات وفق معايير القبول والاستبعاد.	مصادر مرشحة للفحص الكامل.
فحص النص الكامل	قراءة المصادر المتاحة كاملة والتحقق من صلتها المباشرة وجودة معلوماتها.	العينة الوثائقية النهائية.
استخلاص البيانات	تعبئة بطاقة موحدة لكل مصدر تشمل السياق والمنهج والنظام والوظائف والمؤشرات والنتائج.	قاعدة بيانات منظمة للمصادر.

المرحلة	الإجراءات الرئيسية	المخرج المتوقع
الترميز والتحليل	تصنيف الأدلة ضمن المحاور، ومقارنة النتائج المتفقة والمتعارضة، وتحديد الأنماط.	مصفوفة تحليل موضوعي ومقارن.
التركيب والتفسير	ربط النتائج بأسئلة الدراسة والإطار النظري والسياق السعودي.	نتائج واستنتاجات وتوصيات قابلة للتطبيق.

مصادر البيانات

تعتمد الدراسة على مصادر علمية ومهنية ووثائقية متعددة بهدف تحقيق تغطية متوازنة للجانب النظري والتطبيقي. وتشمل المصادر المقالات المحكمة، وأوراق المؤتمرات، والرسائل الجامعية، ودراسات الحالة، والمعايير الدولية، والتقارير الحكومية والمهنية، والوثائق الفنية الصادرة عن جهات موثوقة. ويُعطى المصدر العلمي المحكم الأولوية عند تفسير الأثر، بينما تستخدم المعايير والتقارير الرسمية لتعريف المفاهيم وتوضيح المتطلبات والاتجاهات التنظيمية.

تُجرى عملية البحث في قواعد ومنصات ملائمة لموضوع إدارة المرافق والصيانة ونظم المعلومات، ومنها Scopus و Web of Science و ScienceDirect و SpringerLink و Emerald Insight و IEEE Xplore و Google Scholar والمكتبة الرقمية السعودية، إضافة إلى مواقع المنظمات المعيارية والجهات الرسمية. ولا تُعامل نتائج محركات البحث العامة بوصفها دليلاً نهائياً ما لم تُرد إلى مصدر أصلي يمكن التحقق من مؤلفه وتاريخه وطبيعته.

تُستخدم المراجع الواردة في الدراسات الرئيسية لتوسيع نطاق البحث بطريقة التتبع الخلفي، كما تُراجع الدراسات اللاحقة التي استشهدت بالمصادر الأساسية عند الإمكان. ويساعد ذلك على الوصول إلى الأدبيات التي قد لا تظهر بسبب اختلاف المصطلحات التجارية أو استخدام مفاهيم أوسع مثل إدارة الأصول المؤسسية أو نظم معلومات إدارة المرافق.

استراتيجية البحث والمصطلحات المستخدمة

بُنيت استراتيجية البحث على مجموعات من المصطلحات تمثل النظامين، ووظائف التشغيل والصيانة، ومؤشرات الكفاءة، والسياق الجغرافي. وتُستخدم معاملات الربط المنطقي مثل AND و OR، وعلامات الاقتباس للعبارات المركبة، مع تعديل الصيغة وفق إمكانيات كل قاعدة بيانات. كما تستخدم الاختصارات والاسم الكامل لكل نظام لتقليل احتمال فقد المصادر.

جدول (٣-٢): مجموعات كلمات البحث المقترحة

المجموعة	المصطلحات الإنجليزية	المصطلحات العربية
نظام إدارة المرافق	"Computer-Aided Facility Management" OR CAFM OR "facility management information system"	نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب نظام معلومات إدارة المرافق، إدارة المرافق الرقمية
نظام إدارة الصيانة	"Computerized Maintenance Management System" OR CMMS OR "maintenance management system"	نظام إدارة الصيانة المحسوب، نظام إدارة الصيانة، إدارة الصيانة الرقمية
الكفاءة التشغيلية	"operations and maintenance efficiency" OR performance OR productivity OR reliability OR availability	كفاءة التشغيل والصيانة، الأداء الإنتاجية، الموثوقية، الجاهزية
وظائف الصيانة	"work order" OR preventive maintenance OR downtime OR spare parts OR asset maintenance	أوامر العمل، الصيانة الوقائية، الأعطال التوقف، قطع الغيار، صيانة الأصول
وظائف المرافق	space management OR facility services OR occupancy OR workplace OR service request	إدارة المساحات، خدمات المرافق الإشغال، بيئة العمل، طلبات الخدمة
السياق السعودي	"Saudi Arabia" OR Saudi OR KSA	المملكة العربية السعودية، السعودية

تُبنى صيغ البحث من خلال الجمع بين مصطلحات النظامين ومصطلحات الأداء والوظائف والسياق الجغرافي، مع توثيق الصيغة المستخدمة وعدد النتائج المسترجعة من كل قاعدة بيانات لضمان إمكانية مراجعة عملية الاختيار وإعادة بنائها.

تغطي الدراسة بصورة أساسية المصادر المنشورة خلال الفترة من عام ٢٠١٥ حتى عام ٢٠٢٦، لأنها تمثل مرحلة توسع الحلول السحابية والعمل المتنقل وإنترنت الأشياء والتحليلات والتكامل مع نمذجة معلومات البناء. ومع ذلك، تسمح الدراسة بإدراج مصادر أقدم عندما تكون مرجعية في تعريف المفاهيم أو النظريات أو التطور التاريخي أو المنهجية، بشرط استمرار صلتها بموضوع الدراسة.

معايير قبول المصادر واستبعادها

تُطبق معايير محددة قبل قراءة النتائج وتحليلها لتقليل الانتقائية والتحيز. ويُقبل المصدر عندما يرتبط مباشرة بأحد النظامين أو بكليهما، ويقدم معلومات يمكن استخدامها في أحد محاور المقارنة أو في تفسير أثر النظام على التشغيل والصيانة. كما تُراعى قابلية التحقق من المصدر ووضوح مؤلفه وتاريخ نشره وسياقه.

معايير إدراج المصادر واستبعادها

- الموضوع: يُدرج المصدر المرتبط مباشرة بنظام CAFM أو CMMS أو بأحد مؤشرات كفاءة التشغيل والصيانة، ويُستبعد ما يذكر النظام عرضًا دون معلومات قابلة للتحليل.
- نوع المصدر: تُقبل المقالات المحكمة والرسائل الجامعية وأوراق المؤتمرات والمعايير والتقارير الرسمية ودراسات الحالة الموثقة، وتُستبعد المواد الدعائية والآراء غير الموثقة.
- الفترة الزمنية: تُقبل المصادر المنشورة بين ٢٠١٥ و٢٠٢٦، مع السماح بالمصادر الأقدم ذات القيمة التأسيسية أو التاريخية.
- اللغة: تقتصر الدراسة على المصادر العربية والإنجليزية.
- إتاحة النص والجودة: يشترط توافر نص كامل أو معلومات كافية لفهم الهدف والمنهج والنتائج، ويُستبعد الملخص المنفرد أو النص المبتور.
- التكرار: يُعتمد الإصدار الأكمل والأحدث من المصدر، وتُحذف النسخ المكررة أو المختصرة.

عملية الفرز واختيار الدراسات

تمر عملية الاختيار بأربع مراحل مترابطة. في مرحلة التحديد تُجمع السجلات من قواعد البيانات والمصادر الإضافية. وفي مرحلة إزالة التكرار تُحذف النسخ المتطابقة. ثم تُفحص العناوين والملخصات لاستبعاد المواد البعيدة عن الموضوع. وأخيرًا تُقرأ النصوص الكاملة للتحقق من استيفاء معايير الأهلية. ويُسجل سبب استبعاد كل مصدر في مرحلة النص الكامل، مثل عدم ارتباطه المباشر، أو عدم وجود نتائج قابلة للاستخلاص، أو ضعف موثوقية المصدر.

لا يُفترض عدد ثابت للمصادر قبل تطبيق المعايير؛ لأن حجم العينة الوثائقية يتحدد بعد انتهاء البحث والفرز. ويُعرض في الفصل الرابع العدد الفعلي للسجلات في كل مرحلة، وعدد المصادر الداخلة في التحليل النهائي، وتوزيعها حسب سنة النشر والدولة والقطاع والنظام محل الدراسة. ويمنع هذا الأسلوب اختيار عدد مسبق لا يعكس حجم الأدبيات المتاحة.

٣.٣ مجتمع البحث:

يتكون مجتمع البحث من جميع الوثائق والمصادر العلمية والمهنية المتاحة التي تناولت نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب أو نظام إدارة الصيانة المحوسب، أو ناقشت أثر الأنظمة الرقمية في إدارة المرافق والصيانة، أو قدمت نتائج عن مؤشرات كفاءة التشغيل والصيانة. ويشمل

المجتمع مصادر دولية وعربية وسعودية، مع تركيز تحليلي على ما يمكن نقله أو تفسيره في بيئة المملكة العربية السعودية.

يختلف هذا المجتمع عن المجتمع البشري المعتاد في الدراسات الميدانية؛ فالمصدر أو الوثيقة هو حامل البيانات، والنتيجة المنشورة هي مادة التحليل. ولا تشمل الدراسة آراء أفراد لم تُنشر ضمن مصدر قابل للتوثيق، كما لا تستخدم استجابات افتراضية أو بيانات مصطنعة لتعويض غياب العينة البشرية.

٣.٤) حدود البحث:

١. الحدود الموضوعية

تقتصر الدراسة على المقارنة بين نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب ونظام إدارة الصيانة المحسوب من حيث وظائفهما وأثرهما في كفاءة التشغيل والصيانة. ولا تهدف إلى مقارنة منتجات أو شركات برمجية محددة، أو إجراء تقييم سعري تفصيلي، أو تصميم نظام تقني، أو تحليل الشفرات والبنية البرمجية. كما لا تشمل أنظمة إدارة الأصول المؤسسية إلا بالقدر الذي يوضح مناطق التداخل مع النظامين.

٢. الحدود المكانية

تركز الدراسة في تفسيرها وتوصياتها على المملكة العربية السعودية. ومع محدودية الدراسات السعودية المباشرة حول المقارنة بين النظامين، تستفيد الدراسة من الأدلة الدولية والعربية، ثم تناقش قابليتها للتطبيق في القطاعات السعودية في ضوء خصائص السوق والتحول الرقمي وتعدد المرافق والعقود والجهات المالكة والمشغلة.

٣. الحدود الزمنية

تُجرى الدراسة خلال عام ٢٠٢٦، وتغطي بصورة أساسية الأدبيات المنشورة من عام ٢٠١٥ إلى عام ٢٠٢٦، مع استخدام المصادر الأقدم عند الحاجة إلى التعريفات والتطور التاريخي والنظريات والمنهجيات المرجعية. وقد يؤدي هذا الحد إلى استبعاد تطبيقات قديمة، لكنه يزيد ملاءمة النتائج للتقنيات والممارسات الحالية.

٤. الحدود اللغوية

تقتصر المصادر على اللغتين العربية والإنجليزية. وقد يؤدي ذلك إلى عدم إدراج بعض الدراسات المنشورة بلغات أخرى، إلا أن الإنجليزية تمثل اللغة الغالبة في الأدبيات التقنية والعلمية المتعلقة بالنظامين، بينما تسمح العربية بتغطية الدراسات والوثائق المحلية والإقليمية.

الفصل الرابع: النتائج والتوصيات

٤.١ (مقدمة:

يتناول هذا الفصل تحليل البيانات الوثائقية المستخلصة من الدراسات العلمية والتقارير المهنية والمعايير ودراسات الحالة ذات الصلة بنظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب ونظام إدارة الصيانة المحوسب. ويهدف التحليل إلى توضيح طبيعة وظائف كل نظام، وتحديد أوجه التشابه والاختلاف بينهما، وبيان أثر كل منهما في رفع كفاءة التشغيل والصيانة، ثم استخلاص النتائج والتوصيات الملائمة لبيئة المنشآت والمرافق في المملكة العربية السعودية.

اعتمدت الدراسة على التحليل الوصفي والموضوعي والمقارن للمصادر التي جرى عرضها في الفصل الثاني وفق الإجراءات المحددة في الفصل الثالث. ولذلك لا تتضمن الدراسة نتائج استبانة أو مقابلات أو اختبارات دلالة إحصائية، وإنما تستند إلى الأدلة المنشورة المتعلقة بوظائف النظامين وتطبيقاتهما وآثارهما التشغيلية. ويعرض الفصل وفق الهيكل المعتمد في ملف المشروع النهائي، الذي يتكون من مقدمة، وتحليل البيانات، والنتائج، والتوصيات.

جرى تنظيم البيانات وفق مجموعة من المحاور، من أهمها إدارة الأصول، وأوامر العمل، والصيانة الوقائية والتصحيحية، وإدارة الأعطال، والمخزون وقطع الغيار، والمساحات والإشغال، وخدمات المرافق، وسرعة الاستجابة، وتقليل التوقف، وخفض التكاليف، وجودة البيانات، ودعم اتخاذ القرار، والتكامل مع الأنظمة الرقمية الأخرى.

يركز التحليل على التمييز بين الوظائف الأساسية لكل نظام والوظائف التي قد تتوافر فيه بصورة مساندة. فوجود وحدة لإدارة أوامر العمل داخل أحد أنظمة إدارة المرافق لا يجعل هذا النظام مطابقاً لنظام إدارة الصيانة المحوسب، كما أن إضافة المواقع والمخططات إلى نظام الصيانة لا تجعله بالضرورة نظاماً شاملاً لإدارة المرافق. ومن ثم تركز المقارنة على الغرض الرئيس للنظام، وعمق الوظائف التي يقدمها، ونوع البيانات التي يديرها، والمستخدمين والقرارات التي يدعمها.

٤.٢ (تحليل البيانات:

أولاً: وصف البيانات الوثائقية الداخلة في التحليل

اعتمد التحليل المباشر على سبع دراسات أساسية تم عرضها في الفصل الثاني، إلى جانب المصادر النظرية والمعايير والتقارير المهنية التي استخدمت بوصفها أدلة مساندة في تفسير الوظائف والتحديات والسياق التطبيقي. وتوزعت الدراسات الأساسية إلى دراستين تناولتا نظام إدارة

المرافق بمساعدة الحاسوب، وأربع دراسات تناولت نظام إدارة الصيانة المحسوب، ودراسة سعودية تناولت التحول الرقمي وإنترنت الأشياء في قطاع إدارة المرافق.

تنوعت تصاميم الدراسات الأساسية بين تطوير نظم معلومات، ودراسات حالة تطبيقية، ومراجعات شاملة للأدبيات، وتحليل قواعد بيانات تشغيلية، ودراسات عن جودة البيانات ومؤشرات الأداء، ومسح ميداني في البيئة السعودية. كما تنوعت قطاعات التطبيق بين المنشآت الصحية والمباني المؤسسية والصناعة والسفن وإدارة المرافق، وهو ما أتاح مقارنة النظامين في أكثر من سياق، مع مراعاة أن النتائج لا تمثل قياساً ميدانياً شاملاً لجميع منشآت المملكة.

أظهر فحص المصادر أن دراسات نظام إدارة الصيانة المحسوب تركز غالباً على إدارة المعدات والأعمال الفنية، وتحليل أوامر العمل، وتحسين الصيانة الوقائية، وإدارة المخزون، والاستفادة من البيانات التاريخية للأعطال. وفي المقابل، تركز دراسات نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب على إدارة المباني والمساحات والخدمات والأصول والمعلومات المكانية، وربط البيانات الفنية بالموقع والمستخدم والخدمة، وتوفير منصة معلومات تدعم الإدارة التشغيلية والاستراتيجية.

كما اتضح أن الأدبيات الحديثة لا تنظر إلى النظامين بوصفهما أدوات مستقلة عن التقنيات الأخرى، إذ ترتبط تطبيقاتهما بالتكامل مع إنترنت الأشياء، ونمذجة معلومات البناء، وأنظمة تخطيط موارد المؤسسة، وأدوات ذكاء الأعمال، والتطبيقات المتنقلة، وتقنيات التحليل والتعلم الآلي. ويعني ذلك أن قيمة النظام لا تتحدد فقط بعدد وظائفه الداخلية، وإنما بقدرته على تبادل البيانات وتحويلها إلى إجراءات ومؤشرات وقرارات تشغيلية (Shaheen & Németh, 2022؛ Picozzi et al., 2024).

جدول (٤-١): توزيع الدراسات الأساسية الداخلة في التحليل

مجال الدراسة	عدد الدراسات	الدراسات الرئيسية	دورها في التحليل
نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب	٢	ladanza & Luschi (٢٠٢٠)؛ Martens & Blankenbach (٢٠٢٣)	تحليل إدارة المباني والمساحات والبيانات المكانية ودعم القرار.
نظام إدارة الصيانة المحسوب	٤	Shaheen & Németh (٢٠٢٢)؛ D'Orazio et al. (٢٠٢٣)؛ Picozzi؛ Stazić et al. (٢٠٢٣)؛ et al. (٢٠٢٤)	تحليل أوامر العمل والصيانة والبيانات والأعطال ومؤشرات الأداء.
التحول الرقمي في البيئة السعودية	١	Hassanain et al. (٢٠٢٥)	تفسير دوافع الرقمنة وتحديات المهارات والتكامل في المملكة.

مجال الدراسة	عدد الدراسات	الدراسات الرئيسية	دورها في التحليل
مصادر مساندة	غير محصورة في العينة الأساسية	معايير وتقارير ومراجع الإطار النظري	تعريف المفاهيم وتفسير عوامل النجاح والملاءمة القطاعية.

ثانيًا: تحليل نظام إدارة الصيانة المحوسب

يظهر التحليل أن نظام إدارة الصيانة المحوسب يركز بصورة رئيسة على تحويل أعمال الصيانة إلى عمليات منظمة يمكن تخطيطها وتتبعها وقياسها. وتتمثل نقطة البداية في سجل الأصول والمعدات الذي يضم بيانات التعريف والموقع والموصفات والتاريخ التشغيلي والصياني. ويستخدم هذا السجل أساسًا لإنشاء أوامر العمل، ووضع خطط الصيانة الوقائية، وتسجيل الأعطال والتكاليف والمواد المستخدمة.

تمثل إدارة أوامر العمل الوظيفة المركزية في النظام؛ إذ يبدأ سير العمل باستقبال البلاغ أو إنشاء أمر دوري، ثم تحديد الأصل والموقع والأولوية، وإسناد المهمة إلى الفني المناسب، وتحديد المواد المطلوبة، ومتابعة حالة التنفيذ، وتسجيل وقت العمل والإجراءات المتخذة، ثم إغلاق الأمر بعد استكمال البيانات. ويتيح هذا التسلسل توحيد إجراءات الصيانة والحد من فقدان الطلبات أو تنفيذ أعمال دون توثيق.

يساعد توثيق أوامر العمل على تكوين قاعدة معرفية عن الأعطال المتكررة وأسبابها ومدد إصلاحها وتكاليفها. وقد بينت دراسة D'Orazio وآخرين إمكانية استخدام البيانات النصية المسجلة في طلبات الصيانة لتصنيفها والتنبؤ بأولويتها وتحديد الفريق الفني المطلوب، بما يحسن توزيع الأعمال وسرعة الاستجابة (D'Orazio et al., 2023).

يدعم النظام الصيانة الوقائية من خلال إنشاء جداول زمنية أو تشغيلية للأعمال الدورية وربطها بالأصول وتعليمات الصيانة والموارد المطلوبة. وتظهر قيمة هذه الوظيفة عندما تستخدم المنشأة بيانات الأعطال ونتائج الفحوص في مراجعة الخطط، بدل الاكتفاء بإنشاء أوامر متكررة لا تعكس حالة الأصل أو أهميته. وتشير الأدبيات إلى أن تكامل وظائف النظام مع الحساسات والتحليلات يتيح الانتقال تدريجيًا نحو الصيانة المعتمدة على الحالة والصيانة التنبؤية (Shaheen & Németh, 2022).

أما في الصيانة التصحيحية، فيساعد النظام على تسجيل الأعطال وتحديد أولوياتها ومتابعة زمن الاستجابة والإصلاح والتوقف. ومن خلال تجميع البيانات يمكن تحديد الأصول

الأعلى تعطلاً، والأعطال المتكررة، والأسباب الجذرية، والفرق أو الموردین الذين يحتاج أدائهم إلى تحسين. إلا أن النظام لا يحقق هذا الأثر تلقائياً؛ إذ يجب إدخال أسباب الأعطال والإجراءات والوقت والمواد بصورة دقيقة.

تعد إدارة قطع الغيار والمخزون من الوظائف المهمة في النظام، حيث يمكن ربط المادة بالأصل وأمر العمل، وتسجيل الصرف والإرجاع، وتحديد الحد الأدنى للمخزون ونقطة إعادة الطلب. ويسهم ذلك في تقليل حالات عدم توافر القطع الحرجة، ومراقبة المواد بطيئة الحركة، وتحليل التكلفة الفعلية للصيانة. غير أن فاعلية هذه الوظيفة تعتمد على توحيد رموز المواد وربطها الصحيح بالأصول والأعمال.

تؤكد الأدلة أن جودة قاعدة البيانات شرط رئيس لتحقيق المنافع. فقد بينت دراسة Stazić وآخرون أن تحسين اكتمال وتنظيم بيانات نظام الصيانة يمكن أن ينتج منافع تشغيلية ومالية ومرتبطة بالسلامة. ويعني ذلك أن النظام لا يعالج ضعف البيانات من تلقاء نفسه، بل قد يحول البيانات الناقصة أو غير الدقيقة إلى تقارير مضللة إذا لم تطبق المنشأة ضوابط لإدارة البيانات (Stazić et al., 2023).

كما أظهر التحليل أهمية ربط النظام بأدوات ذكاء الأعمال ولوحات المعلومات؛ فتسجيل الأوامر والأعطال والمدد والتكاليف لا يحقق قيمة كافية ما لم تتحول البيانات إلى مؤشرات قابلة للقياس والمقارنة، مثل الالتزام بخطة الصيانة الوقائية، وزمن إنجاز الأوامر، وتكرار الأعطال، وتوافر الأصول، واستخدام الموارد (Picozzi et al., 2024).

وبناءً على ذلك، يتمثل الأثر الأساسي لنظام إدارة الصيانة المحوسب في رفع الانضباط التشغيلي لأعمال الصيانة، وتحسين توثيقها، وزيادة القدرة على التخطيط والمتابعة والتحليل. ويكون أكثر تأثيراً في المنشآت التي تعتمد على أصول فنية حرجية أو معدات إنتاجية أو شبكات وأنظمة تتطلب صيانة دورية وتوثيقاً تفصيلياً للأعطال والموارد والتكاليف.

ثالثاً: تحليل نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب

يشير التحليل إلى أن نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب يتعامل مع المرفق كوحدة متكاملة تشمل المباني والمواقع والمساحات والأصول والخدمات والمستخدمين والعقود والموارد. ولذلك فإن نطاقه يتجاوز إدارة أعمال الصيانة الفنية ليشمل تنظيم المعلومات المرتبطة بالبيئة المبنية والخدمات التي تدعم النشاط الرئيس للمنشأة.

تتمثل إحدى الوظائف المميزة للنظام في إدارة المساحات، حيث يمكن تسجيل المباني والطوابق والغرف والمناطق، وتحديد الاستخدام والسعة والجهة المستفيدة ونسب الإشغال والتكلفة.

وتساعد هذه البيانات في اكتشاف المساحات غير المستغلة، وإعادة توزيع الإدارات، والتخطيط للانتقالات، وتحليل تكلفة المساحة، ودعم قرارات التوسع أو التقليل.

توضح دراسة Iadanza و Luschi تطبيقاً لنظام إدارة مرافق في منشأة صحية معقدة، حيث ربط النظام المخططات الرقمية بالغرف والاستخدامات والمعدات والبيانات التنظيمية والبيئية، وأنتج مؤشرات وتقارير كمية ونوعية ورسومية. كما عمل بوصفه منصة مركزية تربط قواعد بيانات متعددة وتدعم الإدارة العليا والفرق الفنية في التخطيط وتحليل المخاطر وترتيب التدخلات (Iadanza & Luschi, 2020).

تكشف هذه النتيجة أن قيمة النظام لا تتمثل فقط في تخزين مخطط المبنى، بل في ربط العنصر المكاني بالبيانات التشغيلية والخدمية. فالغرفة لا تعرف بمساحتها وحدها، بل يمكن ربطها بالجهة المستخدمة، والأصول الموجودة فيها، والخدمات المقدمة، والتكلفة، والطلبات، ومستويات الراحة والسلامة، والوثائق ذات العلاقة.

يدعم النظام كذلك إدارة طلبات الخدمات التي قد تشمل الصيانة والنظافة والأمن والنقل والتجهيزات وخدمات المستخدمين. وتسمح بوابات الخدمة بتسجيل الطلب وتحديد موقعه ونوعه وأولويته، وإسناده إلى فريق داخلي أو مورد خارجي، ومتابعة حالته وقياس زمن الاستجابة والالتزام بمستوى الخدمة. وقد أشارت تطبيقات سابقة إلى تحسن تدفق الطلبات والشفافية وجودة الخدمة عند استخدام النظام بصورة منظمة (El-Deeb et al., 2017).

يتيح النظام أيضاً إدارة الأصول المرتبطة بالمباني والمواقع، إلا أن منظور إدارة الأصول فيه يكون غالباً مكانياً وخدمياً أكثر منه فنياً تفصيلياً. فهو يوضح موقع الأصل والمستخدم والخدمة والعقد والوثائق المرتبطة به، وقد يتضمن أوامر الصيانة والتكلفة. أما عمق تحليل الأعطال وقطع الغيار والصيانة الوقائية فيعتمد على مستوى وحدة الصيانة داخل النظام.

تعد إدارة العقود والموردين ومستويات الخدمة من المجالات المهمة في تطبيقات إدارة المرافق؛ إذ يمكن ربط الطلب بالعقد ومؤشر الأداء والوقت المستهدف والمورد المسؤول، ومقارنة الأداء الفعلي بالالتزامات التعاقدية. وتفيد هذه الوظيفة المنشآت التي تعتمد على عقود تشغيل وصيانة وخدمات متعددة وتحتاج إلى رؤية موحدة لأداء الموردين والطلبات والتكاليف.

كما يوفر النظام منصة مناسبة لدمج المعلومات الهندسية والمكانية مع نمذجة معلومات البناء ونظم المعلومات الجغرافية. إلا أن هذا التكامل يواجه تحديات تتعلق بتحديد البيانات المطلوبة للتشغيل، وتحديث النماذج بعد التعديلات، وتوافق هياكل البيانات، وربط العناصر الرقمية بسجل الأصول والخدمات. وتؤكد دراسة Martens و Blankenbach أن توافر بيانات دقيقة ومحدثة

عن المبنى والأصول يمثل شرطاً أساسياً لنجاح الاستخدام التشغيلي للنظام (Martens & Blankenbach, 2023).

وبناءً على ذلك، يتمثل الأثر الرئيس لنظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب في توفير رؤية شاملة للمرفق وربط أبعاده المكانية والفنية والخدمية والإدارية. ويظهر أثره بصورة أكبر في المنشآت متعددة المباني أو المستخدمين أو الخدمات، وفي الجامعات والمستشفيات والمجمعات الحكومية والمطارات والمراكز التجارية والمشروعات التي تحتاج إلى إدارة المساحات والخدمات والعقود إلى جانب الصيانة.

رابعاً: المقارنة بين النظامين

أظهرت المقارنة أن النظامين يشتركان في مجموعة من الوظائف الأساسية، مثل سجل الأصول، وأوامر العمل، والبلاغات، والصيانة، والتقارير، والعمل المتنقل، وإدارة الموردين بدرجات متفاوتة. إلا أن الاختلاف الرئيس يكمن في الغرض الأساسي وعمق الوظيفة.

يبدأ نظام إدارة الصيانة المحسوب من الأصل الفني واحتياجات المحافظة عليه، بينما يبدأ نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب من المرفق والموقع والمساحة والخدمة والمستخدم. ولذلك فإن نظام الصيانة أكثر تخصصاً في العمليات الفنية، في حين أن نظام المرافق أكثر شمولاً في إدارة البيئة المبنية والخدمات.

جدول (٤-٢): المقارنة التحليلية بين نظامي إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب وإدارة الصيانة المحسوب

محور المقارنة	نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب	نظام إدارة الصيانة المحسوب
الغرض الأساسي	إدارة المرافق والمباني والمساحات والخدمات.	إدارة أعمال الصيانة والأصول الفنية.
نقطة التركيز	الموقع والمبنى والمساحة والخدمة والمستخدم.	المعدة أو الأصل وأعمال الصيانة.
أوامر العمل	وظيفة ضمن إدارة الخدمات والمرافق.	وظيفة مركزية ومتعمقة.
الصيانة الوقائية	تتوافر بحسب وحدة الصيانة داخل النظام.	وظيفة أساسية للتخطيط والجدولة والمتابعة.
تحليل الأعطال	متاح بدرجات متفاوتة وغالباً أقل عمقاً.	تفصيلي ويرتبط بتاريخ الأصل وأسباب الفشل.
قطع الغيار	قد تكون محدودة أو مرتبطة بنظام آخر.	وظيفة أساسية مرتبطة بالأوامر والأصول.
إدارة المساحات والإشغال	وظيفة أساسية ومميزة.	ليست من الوظائف الرئيسة.
طلبات الخدمات	تشمل الصيانة والخدمات المساندة المختلفة.	تركز غالباً على الصيانة الفنية.

محور المقارنة	نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب	نظام إدارة الصيانة المحوسب
العقود ومستويات الخدمة	تشمل عقود المرافق والخدمات والموردين.	ترتبط بصورة رئيسة بعقود الصيانة.
البيانات المكانية	مركزية وترتبط بالمخططات والمواقع.	مساندة ومحدودة غالبًا.
المستخدمون الرئيسيون	مديرو المرافق والعقارات والخدمات والصيانة.	مديرو الصيانة والمهندسون والفنيون.
المنشآت الأكثر ملاءمة	المستشفيات والجامعات والمجمعات والمرافق متعددة الخدمات.	المصانع والمحطات والشبكات والأصول الحرجة.

يتضح من الجدول أن النظامين لا يمثلان بديلين متطابقين، وإنما يعالجان مشكلات متداخلة من منظورين مختلفين. ويمكن لنظام إدارة المرافق أن يحتوي على وظائف صيانة قريبة من نظام إدارة الصيانة، كما يمكن لنظام الصيانة أن يتوسع ليشمل مواقع وعقودًا وخدمات، إلا أن القرار ينبغي أن يعتمد على عمق الوظائف المطلوبة لا على المسمى.

في المنشأة الصناعية التي تتمثل أولوياتها في جاهزية المعدات وتقليل توقف خطوط الإنتاج وإدارة القطع وخطط الصيانة يكون نظام إدارة الصيانة المحوسب أكثر ملاءمة بوصفه النظام الرئيس. أما في الجامعة أو المستشفى أو المجمع الحكومي الذي يحتاج إلى إدارة مبان ومساحات ومستخدمين وخدمات وعقود متعددة إلى جانب الصيانة، فيكون نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب أكثر ملاءمة، أو تكون هناك حاجة إلى منصة متكاملة.

خامسًا: أثر النظامين في كفاءة التشغيل والصيانة

أظهر التحليل أن كلا النظامين يمكن أن يسهم في تحسين سرعة الاستجابة، إلا أن آلية التأثير تختلف. ففي نظام إدارة الصيانة المحوسب تتحسن الاستجابة من خلال ترتيب أوامر العمل، وتحديد الأولوية، وتوزيع الفنيين، وإتاحة تاريخ الأصل والمعلومات الفنية. أما في نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب فتتحسن الاستجابة من خلال بوابة موحدة للطلبات، وربط الطلب بالموقع والخدمة والعقد والمورد ومستوى الخدمة.

يسهم نظام إدارة الصيانة المحوسب بصورة أكثر مباشرة في تقليل الأعطال والتوقفات من خلال جدولة الصيانة الوقائية وتحليل تاريخ الأعطال ومراقبة مؤشرات الاعتمادية. أما نظام إدارة المرافق فيسهم في تقليل التوقفات من خلال تنسيق الخدمات والموردين والطلبات وربط البيانات المكانية والفنية، وقد يعتمد على وحدة صيانة متخصصة لتحقيق تحليل فني متقدم.

يستطيع النظامان تحسين استخدام الموارد. فنظام الصيانة يساعد على توزيع الفنيين وتتبع ساعات العمل والمواد والأدوات، بينما يساعد نظام المرافق على توزيع الموارد بين المباني والخدمات، وقياس الإشغال، وإدارة الموردين والعقود. ويصبح أثر النظام أكبر عندما تكون بيانات المهارات والتوافر والأولويات ومواقع الأعمال محدثة.

أما خفض التكاليف فلا يتحقق بمجرد شراء النظام، بل ينتج عن تحسين التخطيط وتقليل الأعمال الطارئة ومنع تكرار البلاغات وضبط المخزون وتحسين استخدام المساحات ومتابعة الموردين. وفي مجال دعم القرار، يوفر نظام الصيانة بيانات تفصيلية عن أداء الأصل والأعطال والتكاليف وقطع الغيار، في حين يوفر نظام المرافق رؤية أوسع تشمل المباني والمساحات والخدمات والعقود والمستخدمين.

جدول (٤-٣): أثر النظامين في مؤشرات كفاءة التشغيل والصيانة

مؤشر الكفاءة	أثر نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب	أثر نظام إدارة الصيانة المحوسب
سرعة الاستجابة	توحيد بوابة الطلبات وربطها بالموقع والعقد ومستوى الخدمة.	ترتيب الأولويات وإسناد الفنيين وتوفير تاريخ الأصل.
تقليل الأعطال	التنسيق بين الخدمات والأصول والمواقع ضمن المرفق.	الصيانة الوقائية وتحليل الأعطال والأسباب.
تقليل التوقف	تسريع التواصل والتصعيد وإدارة الموردين.	تحليل الاعتمادية ومتابعة زمن الإصلاح.
استخدام الموارد	توزيع الموارد والخدمات بين المباني والمواقع.	متابعة الفنيين والساعات والمواد.
خفض التكاليف	تحسين استخدام المساحات والعقود والخدمات.	تقليل الطوارئ وضبط المخزون وتحديد الأصول مرتفعة التكلفة.
جودة البيانات	سجل مكاني وخدمي وإداري شامل.	سجل فني وتاريخ صيانة مفصل.
جودة الخدمة	متابعة تجربة المستفيد ومستويات الخدمة.	رفع الالتزام بالأعمال والوقت.
دعم القرار	قرارات تشغيلية ومكانية وإدارية.	قرارات فنية وصيانة.
استمرارية التشغيل	تنسيق المرافق والخدمات الداعمة للنشاط الرئيس.	المحافظة على جاهزية المعدات والأصول.

سادسًا: عوامل نجاح التطبيق والتحديات

أظهر تحليل الأدلة أن نجاح النظامين يتطلب بناء سجل أصول وبيانات أساسية دقيقة قبل التوسع في الوظائف. فغياب الرموز الموحدة، وتكرار الأصول، وعدم تحديد المواقع والمسؤوليات، يؤدي إلى ضعف جودة أوامر العمل والتقارير. وتبرز هذه المسألة بصورة خاصة في المشروعات الجديدة التي لا تحدد فيها متطلبات تسليم بيانات التشغيل منذ مرحلة التصميم والتنفيذ.

كما يعتمد النجاح على وضوح الإجراءات؛ إذ ينبغي تحديد كيفية استقبال البلاغ، ومن يحدد الأولوية، ومن يعتمد الأمر، وكيف يتم التصعيد والإغلاق، وما البيانات الإلزامية التي يجب تسجيلها. وعندما يحول النظام إجراءات غير واضحة إلى نماذج إلكترونية دون إعادة تصميمها، فإنه ينقل القصور القائم إلى بيئة رقمية بدل معالجته.

يمثل تدريب المستخدمين وإدارة التغيير عاملاً جوهرياً، لأن الفنيين ومقدمي الخدمات هم المصدر الرئيس للبيانات التشغيلية. وإذا اعتبر المستخدم إدخال البيانات عبئاً إضافياً، أو لم تكن الواجهة سهلة، فقد يتم إغلاق الأوامر دون تسجيل أسباب الأعطال والوقت والمواد، مما يحد من قيمة النظام التحليلية.

كذلك يجب أن يحصل المشروع على دعم الإدارة العليا، وأن ترتبط أهداف التطبيق بمؤشرات واضحة، مثل زيادة نسبة الصيانة الوقائية، أو تقليل الأوامر المتأخرة، أو تحسين الاستجابة، أو ضبط إشغال المساحات. أما تنفيذ النظام بوصفه مشروعاً تقنياً منفصلاً عن أهداف التشغيل فيؤدي غالباً إلى التركيز على تشغيل البرنامج بدل تحقيق المنافع.

ويعد التكامل من أهم عوامل النجاح والتحديات في الوقت نفسه. فالمنشأة قد تحتاج إلى ربط النظام بالموارد المالية والمشتريات والمخزون ونمذجة معلومات البناء وأنظمة التحكم والموارد البشرية والهوية الرقمية. ويجب تحديد النظام المرجعي لكل نوع من البيانات وتجنب إنشاء سجلات متعددة متعارضة للأصل أو المورد أو الموقع.

سابعاً: ملاءمة النظامين للمنشآت في المملكة العربية السعودية

تشير الأدبيات المتعلقة بقطاع إدارة المرافق في المملكة العربية السعودية إلى وجود فرص كبيرة للتوسع في الحلول الرقمية نتيجة نمو الأصول والمرافق والاستثمارات في البنية التحتية. وفي المقابل، تظهر تحديات تتعلق بالتكامل التقني، والمهارات الرقمية، ونضج الممارسات، وجودة البيانات، والأمن والخصوصية.

أظهرت الدراسة السعودية التي تناولت التحول الرقمي وإنترنت الأشياء أن دوافع التبنّي تشمل خفض التكلفة، وتحسين استخدام الطاقة، وتحسين جداول الصيانة، وتقليل التوقف، وتوفير بيانات فورية عن أداء الأنظمة، بينما تمثلت أبرز التحديات في نقص المهارات والمعرفة وصعوبة تكامل الأنظمة القديمة مع المنصات الحديثة (Hassanain et al., 2025).

تعني هذه النتائج أن المنشآت السعودية لا تحتاج إلى حل موحد لجميع القطاعات. فالمنشآت الصناعية ومحطات المياه والطاقة والمرافق ذات المعدات الحرجة تحتاج غالباً إلى نظام صيانة محوسب متعمق. أما القطاعات الصحية والتعليمية والحكومية والمطارات والمجمعات والمشروعات متعددة المباني فتحتاج إلى نظام إدارة مرافق شامل أو منصة متكاملة تضم وظائف الصيانة.

في المشروعات الجديدة ينبغي تحديد متطلبات البيانات والنظام خلال مراحل التصميم والتنفيذ، وإلزام المقاولين والاستشاريين بتسليم سجل أصول موحد، ومواقع دقيقة، ووثائق تشغيل وصيانة مرتبطة بالأصول، وبيانات الضمان وقطع الغيار وخطط الصيانة. أما المنشآت القائمة

فينبغي أن تبدأ بتقييم نضج البيانات والإجراءات ثم تنفيذ النظام على مراحل تبدأ بالأصول والخدمات الحرجة.

ثامناً: تقييم فروض الدراسة

جرى تقييم فروض الدراسة تحليلياً وفق اتساق الأدلة ومباشرتها وتنوع القطاعات، وليس من خلال الدلالة الإحصائية. ويبين الجدول الآتي نتيجة تقييم الفرضية الرئيسة والفرضيات الفرعية الواردة في الفصل الأول.

جدول (٤-٤): تقييم فروض الدراسة في ضوء التحليل الوثائقي

الفرض	نتيجة التقييم	مبرر التقييم
الفرضية الرئيسة: يسهم النظامان في رفع الكفاءة مع اختلاف طبيعة الأثر ونطاقه.	مدعومة بدرجة قوية	تكررت أدلة تحسين التخطيط والاستجابة والبيانات والموارد، مع اختلاف مجال التركيز بين النظامين.
١. يسهم CMMS بصورة مباشرة في تخطيط الصيانة وأوامر العمل والأعطال وقطع الغيار.	مدعومة بدرجة قوية	تركز وظائف النظام ودراساته التطبيقية على الأصل والصيانة والموارد والبيانات الفنية.
٢. يسهم CAFM بصورة أشمل في المرافق والمساحات والخدمات والبيانات المكانية.	مدعومة بدرجة قوية	دعمت الدراسات استخدامه في إدارة المباني والمساحات والخدمات ودعم القرار.
٣. توجد وظائف مشتركة مع اختلاف العمق ونطاق البيانات.	مدعومة بدرجة قوية	اشترك النظامان في الأصول والأوامر والتقارير، مع اختلاف نقطة الانطلاق والوظائف المتخصصة.
٤. يعتمد الأثر على البيانات والإجراءات والتكامل والتدريب والدعم الإداري.	مدعومة بدرجة قوية	تكررت هذه الشروط في الدراسات المتعلقة بجودة البيانات والتحول الرقمي.
٥. تختلف الملاءمة بحسب كون الحاجة صيانة فنية أو إدارة شاملة للمرافق.	مدعومة بدرجة قوية	أظهرت المقارنة اختلاف احتياجات المصانع والمحطات عن المنشآت متعددة المباني والخدمات.
٦. تحقق المنشآت الكبيرة قيمة أعلى عند تكامل وظائف النظامين.	مدعومة بدرجة متوسطة	تدعم الأدلة فوائد التكامل، إلا أن القيمة تعتمد على النضج وجودة التنفيذ ومنع ازدواجية البيانات.
٧. يتأثر الاختيار في المملكة بالنضج الرقمي والقطاع والتكامل والقدرات البشرية.	مدعومة بدرجة قوية	دعمت الدراسة السعودية أثر المهارات والتكامل ودوافع الكفاءة والتكلفة في قرارات التبنّي.

يتضح من تقييم الفروض أن الأدلة تدعم الفرضية الرئيسة القائلة بأن كلا النظامين يسهم في تحسين كفاءة التشغيل والصيانة، إلا أن الأثر ليس متماثلاً. ويتركز أثر نظام إدارة الصيانة

المحوسب في العمليات الفنية وإدارة دورة العمل الصيانة، بينما يتركز أثر نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب في الإدارة الشاملة للموقع والمساحة والخدمات والمستخدمين.

كما يتبين أن التقنية لا تمثل موردًا ذا قيمة بذاتها، وإنما تتحول إلى مورد استراتيجي عندما تندمج مع العمليات والمهارات والبيانات والحوكمة. ويتوافق ذلك مع نظرية الموارد، في حين تفسر نظرية انتشار الابتكار أهمية التوافق وسهولة الاستخدام والدعم، وتوضح نظرية أصحاب المصلحة ضرورة وصول قيمة النظام إلى الإدارة والفرق الفنية والمستخدمين ومقدمي الخدمات.

٤.٣) النتائج:

١. يوجد اختلاف مفاهيمي ووظيفي واضح بين نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب ونظام إدارة الصيانة المحسوب، رغم اشتراكهما في بعض الوظائف مثل الأصول وأوامر العمل والبلاغات والتقارير.

٢. يركز نظام إدارة الصيانة المحسوب بصورة أساسية على أعمال الصيانة الفنية، بما يشمل الأصول والمعدات وأوامر العمل والصيانة الوقائية والتصحيحية والأعطال والموارد وقطع الغيار والتكاليف.

٣. يركز نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب على إدارة المرافق بصورة أشمل، بما يشمل المباني والمواقع والمساحات والإشغال والخدمات والمستخدمين والعقود والأصول والبيانات المكانية، إضافة إلى وظائف الصيانة بحسب تصميم النظام.

٤. لا يمكن تحديد النظام الأفضل بصورة مطلقة؛ لأن ملائمة النظام ترتبط بطبيعة المنشأة وأهدافها وحجمها ونوع أصولها وعدد مواقعها وتعقيد عملياتها ومستوى نضجها الرقمي.

٥. يكون نظام إدارة الصيانة المحسوب أكثر ملائمة للمنشآت التي تعتمد استمرارية أعمالها على معدات وأصول فنية حرجية، مثل المصانع والمحطات وشبكات الخدمات والمرافق الإنتاجية.

٦. يكون نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب أكثر ملائمة للمنشآت التي تحتاج إلى إدارة مبان ومساحات ومستخدمين وخدمات وعقود متعددة، مثل المستشفيات والجامعات والمجمعات الحكومية والمطارات والمكاتب.

٧. يسهم نظام إدارة الصيانة المحسوب في رفع كفاءة الصيانة من خلال تنظيم أوامر العمل، وزيادة الالتزام بالصيانة الوقائية، وتحليل تاريخ الأعطال، وتحسين توزيع الفنيين، وضبط المواد وقطع الغيار.

٨. يسهم نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب في رفع الكفاءة التشغيلية من خلال توحيد طلبات الخدمات، وربطها بالمواقع والعقود ومستويات الخدمة، وتحسين استخدام المساحات، ودعم التخطيط وإدارة الموردين.

٩. يسهم النظامان في تحسين سرعة الاستجابة، إلا أن نظام الصيانة يحقق ذلك من خلال إدارة الأولويات والموارد الفنية، بينما يحققه نظام المرافق من خلال تكامل الطلبات والمواقع والخدمات والعقود.

١٠. يسهم نظام إدارة الصيانة المحسوب بصورة أكثر مباشرة في تقليل الأعطال والتوقفات، بشرط وجود خطط صيانة صحيحة وبيانات مكتملة عن الأصول والأعطال والإصلاحات.

١١. يسهم نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب في تحسين جودة الخدمة وتجربة المستفيد من خلال شفافية حالة الطلب، ومراقبة مستويات الخدمة، وتحليل أداء الموردين، وربط الخدمة بالموقع والمستخدم.

١٢. لا يؤدي تطبيق أي من النظامين إلى خفض التكاليف تلقائيًا، وإنما يتحقق الخفض من خلال تحسين الإجراءات والبيانات والتخطيط واستخدام الموارد والمخزون والمساحات والعقود.

١٣. تمثل جودة البيانات العامل الأكثر تأثيرًا في قيمة النظام؛ لأن نقص بيانات الأصول أو المواقع أو الأعطال أو المواد يؤدي إلى تقارير ومؤشرات غير موثوقة.

١٤. يمثل التكامل مع الأنظمة المالية والمشتريات والمخزون والموارد البشرية ونمذجة معلومات البناء وإنترنت الأشياء عاملاً مهماً في زيادة قيمة النظام، لكنه قد يرفع تعقيد التطبيق وتكلفته.

١٥. يعد تدريب المستخدمين وإدارة التغيير ودعم الإدارة العليا ووضوح المسؤوليات والإجراءات من الشروط الأساسية لنجاح التطبيق.

١٦. يؤدي اختيار النظام اعتمادًا على المسمى أو عدد الخصائص أو العرض التجاري دون تحليل الاحتياجات إلى شراء وظائف غير مستخدمة أو غياب وظائف تشغيلية أساسية.

١٧. يمكن أن يكون التكامل بين نظام إدارة المرافق ونظام إدارة الصيانة مناسبًا للمنشآت الكبيرة والمعقدة، بشرط تحديد النظام المرجعي للبيانات وتجنب ازدواجية الأصول والأوامر والعقود.

١٨. تظهر في المملكة العربية السعودية فرص كبيرة للتحويل الرقمي في إدارة المرافق والصيانة، إلا أن الاستفادة تتأثر بالمهارات والتكامل وجودة المعلومات ونضج الممارسات.

١٩. تختلف الاحتياجات بين القطاعات السعودية، ولذلك لا ينبغي فرض منصة أو نموذج موحد على المنشآت الصناعية والصحية والتعليمية والحكومية والتجارية.

٢٠. يمكن للمنشآت الجديدة تحقيق استفادة أكبر عندما تحدد متطلبات بيانات التشغيل والصيانة منذ مراحل التصميم والتنفيذ والتسليم، بدل إنشاء سجل الأصول بعد بدء التشغيل.
٢١. تحتاج المنشآت القائمة إلى تنفيذ تدريجي يبدأ بالأصول والخدمات الحرجة وتحسين جودة البيانات، بدل تطبيق جميع الوحدات دفعة واحدة.
٢٢. دعمت الأدلة الفرضية الرئيسة وجميع الفرضيات الفرعية، مع دعم متوسط فقط لفرضية التكامل بسبب ارتباط نتائجها بدرجة النضج وجودة التنفيذ.

٤.٤ (التوصيات:

١. إجراء تحليل شامل للاحتياجات التشغيلية والإدارية قبل اختيار النظام، يشمل نوع الأصول والخدمات والمستخدمين والمواقع والعقود والمؤشرات المطلوبة.
٢. عدم الاعتماد على المسمى التجاري للنظام، وتقييم الوظائف الفعلية وعمقها ومدى ملاءمتها للعمليات الحالية والمستقبلية.
٣. اختيار نظام إدارة الصيانة المحوسب عندما تكون الأولوية الأساسية رفع جاهزية المعدات وإدارة الأعطال والصيانة الوقائية وقطع الغيار والموارد الفنية.
٤. اختيار نظام إدارة المرافق بمساعدة الحاسوب عندما تكون الأولوية إدارة المباني والمساحات والإشغال والخدمات والمستخدمين والعقود ضمن منصة موحدة.
٥. استخدام منصة متكاملة أو ربط النظامين في المنشآت الكبيرة التي تحتاج في الوقت نفسه إلى إدارة صيانة فنية متقدمة وإدارة شاملة للمرافق والمساحات والخدمات.
٦. إعداد سجل موحد للأصول قبل تنفيذ النظام، يتضمن رمز الأصل وموقعه وتصنيفه ومواصفاته وحالته والجهة المسؤولة عنه ووثائقه وضمانه وخطة صيانته.
٧. وضع سياسة لحوكمة البيانات تحدد مسؤولية الإنشاء والتحديث والمراجعة، والحقول الإلزامية، وقواعد التسمية والترميز، ومؤشرات جودة البيانات.
٨. مراجعة إجراءات التشغيل والصيانة وإعادة تصميمها قبل أتمتتها، بدل تحويل الإجراءات غير الفعالة إلى نماذج إلكترونية.
٩. تحديد مؤشرات أداء قابلة للقياس منذ بداية المشروع، مثل زمن الاستجابة، وزمن الإصلاح، ونسبة الصيانة الوقائية المنفذة، وتكرار الأعطال، والأوامر المتأخرة، وتوافر الأصول، وتكلفة الصيانة.

١٠. ربط أهداف تطبيق النظام بأهداف المنشأة، مثل استمرارية الخدمة، وكفاءة الإنفاق، والسلامة، ورضا المستفيدين، والاستدامة، وإطالة العمر التشغيلي للأصول.
١١. تنفيذ النظام على مراحل تبدأ بالأصول والمواقع والخدمات الحرجة، ثم التوسع في الوحدات الإضافية بعد استقرار البيانات والإجراءات.
١٢. إنشاء فريق مشترك للمشروع يضم التشغيل والصيانة وإدارة المرافق وتقنية المعلومات والمالية والمشتريات والعقود والمستخدمين الرئيسيين.
١٣. توفير تدريب عملي للمستخدمين يعتمد على سيناريوهات العمل الفعلية، مع دعم ميداني خلال مرحلة التشغيل الأولى، وعدم الاكتفاء بالتدريب النظري العام.
١٤. إشراك الفنيين ومشرفي المواقع ومقدمي الخدمات في تصميم النماذج وسير العمل، لأنهم المسؤولون عن إدخال الجزء الأكبر من البيانات التشغيلية.
١٥. تبسيط واجهات النظام وتقليل الحقول غير الضرورية، مع الإبقاء على البيانات الأساسية اللازمة للتحليل والرقابة.
١٦. استخدام التطبيقات المتنقلة لتمكين الفنيين من استقبال الأوامر والوصول إلى معلومات الأصل وتسجيل الوقت والمواد والصور من الموقع.
١٧. ربط نظام الصيانة بالمخزون والمشتريات والمالية لتوفير معلومات دقيقة عن المواد والتكاليف، مع تجنب تكرار الإدخال في أكثر من نظام.
١٨. ربط نظام إدارة المرافق بالمخططات ونمذجة معلومات البناء ونظم المعلومات الجغرافية عند وجود حاجة فعلية للمعلومات المكانية، مع وضع آلية لتحديث البيانات بعد التعديلات.
١٩. تحديد النظام المرجعي لكل نوع من البيانات عند التكامل، بحيث يكون هناك سجل واحد معتمد للأصل والموقع والمورد والعقد وأمر العمل.
٢٠. تضمين متطلبات الأمن السيبراني وإدارة الصلاحيات وحماية البيانات ضمن مرحلة التصميم والاختيار، خاصة عند استخدام الأنظمة السحابية وإنترنت الأشياء.
٢١. إلزام مشروعات الإنشاء الجديدة بتسليم بيانات الأصول والضمانات وقطع الغيار وخطط الصيانة والوثائق بصيغ منظمة قابلة للاستيراد إلى النظام.
٢٢. إدراج متطلبات نظام إدارة المرافق أو الصيانة ضمن وثائق المناقصة والتصميم والتسليم، وعدم تأجيلها إلى مرحلة التشغيل.

٢٣. تقييم التكلفة الكلية للنظام، بما يشمل التراخيص والتخصيص والتكامل وترحيل البيانات والتدريب والدعم والتحديث، وعدم الاقتصار على سعر الشراء.
٢٤. تنفيذ دراسة تجريبية على موقع أو مجموعة أصول محددة قبل التعميم، وقياس النتائج والتحسينات والدروس المستفادة.
٢٥. مراجعة أداء النظام دوريًا، وحذف التقارير والحقول غير المستخدمة، وتحديث مؤشرات الأداء وسير العمل بما يتوافق مع تطور احتياجات المنشأة.
٢٦. تطوير برامج تدريب وتأهيل متخصصة في المملكة تجمع بين إدارة المرافق والصيانة وإدارة الأصول وتحليل البيانات والأنظمة الرقمية.
٢٧. تشجيع الجامعات والمراكز البحثية على إجراء دراسات ميدانية عن تطبيقات النظامين في القطاعات السعودية، وقياس أثرهما باستخدام بيانات قبل التطبيق وبعده.
٢٨. إجراء دراسات مستقبلية تقارن بين نماذج التطبيق السحابي والمحلي، وبين استخدام نظام واحد متكامل وربط عدة أنظمة متخصصة.
٢٩. دراسة أثر الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء والتوائم الرقمية في تطوير نظامي إدارة المرافق والصيانة، مع التركيز على القيمة العملية والمخاطر وجودة البيانات.
٣٠. إنشاء إطار استرشادي سعودي لاختيار وتطبيق أنظمة إدارة المرافق والصيانة، يراعي اختلاف القطاعات وأحجام المنشآت ومستوى النضج الرقمي ومتطلبات الأمن والتكامل.

المراجع

أولاً: المراجع العربية

رؤية السعودية ٢٠٣٠. (٢٠٢٥). التقرير السنوي لرؤية السعودية ٢٠٣٠ لعام ٢٠٢٥. الرياض: المملكة العربية السعودية.

ثانياً: المراجع الأجنبية

- Akbar, A. E., Hassanain, M. A., & Alshibani, A. (2025). *Factors affecting the growth of facilities management in Saudi Arabia*. Property Management. **43**(5), 696-716. Retrieved July 25, 2026, from: <https://doi.org/10.1108/PM-10-2024-0107>
- Barney, J. B. (1991). *Firm resources and sustained competitive advantage*. Journal of Management. **17**(1), 99-120. Retrieved July 25, 2026, from: <https://doi.org/10.1177/014920639101700108>
- Bowen, G. A. (2009). *Document analysis as a qualitative research method*. Qualitative Research Journal. **9**(2), 27-40. Retrieved July 25, 2026, from: <https://doi.org/10.3316/QRJ0902027>
- D'Orazio, M., Bernardini, G., & Di Giuseppe, E. (2023). *Predict the priority of end-users' maintenance requests and the required technical staff through LSTM and Bi-LSTM recurrent neural networks*. Facilities. **41**(15/16), 38-51. Retrieved July 25, 2026, from: <https://doi.org/10.1108/F-07-2022-0093>
- El-Deeb, M. A., Montaser, A., Abdel-Rashid, I., & Abdelal, W. M. (2017, May 31-June 3). **Adoption of computer aided facilities management (CAFM) to improve service quality**. The 6th CSCE/CRC International Construction Specialty Conference: Leadership in Sustainable Infrastructure. Vancouver, Canada, pp. 157-166. Retrieved July 25, 2026, from: https://legacy.csce.ca/elf/apps/CONFERENCEVIEWER/conferences/2017/pdfs/CONSPEC/FinalPaper_230.pdf
- Freeman, R. E. (1984). **Strategic management: A stakeholder approach**. Boston, MA: Pitman. Retrieved July 25, 2026, from: <https://books.google.com/books?id=4PUJAQAAMAAJ>
- Hassanain, M. A., Akbar, A. E., Sanni-Anibire, M. O., & Alshibani, A. (2023). *Challenges of utilizing BIM in facilities management in Saudi Arabia*. Facilities. **41**(13/14), 890-909. Retrieved July 25, 2026, from: <https://doi.org/10.1108/F-12-2022-0157>
- Hassanain, M. A., Al-Marzooq, A., Alshibani, A., & Zami, M. S. (2025). *Digital transformation and IoT in the facilities management industry: Assessment of key drivers and challenges*. International Journal for Housing Science and Its Applications. **46**(2), 25-34. Retrieved July 25, 2026, from: <https://doi.org/10.70517/ijhsa46203>

- Hassanain, M. A., Al-Marzooq, A., Alshibani, A., & Zami, M. S. (2026). *Factors influencing IoT adoption for sustainable facilities management in Saudi Arabia: A stakeholder assessment*. Smart and Sustainable Built Environment. **15**(1), 319-342. Retrieved July 25, 2026, from: <https://doi.org/10.1108/SASBE-10-2023-0318>
- Iadanza, E., & Luschi, A. (2020). *An integrated custom decision-support computer aided facility management informative system for healthcare facilities and analysis*. Health and Technology. **10**, 135-145. Retrieved July 25, 2026, from: <https://doi.org/10.1007/s12553-019-00377-6>
- International Organization for Standardization. (2018). **ISO 41001:2018: Facility management - Management systems - Requirements with guidance for use**. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization. Retrieved July 25, 2026, from: <https://www.iso.org/standard/68021.html>
- International Organization for Standardization. (2024a). **ISO 41011:2024: Facility management - Vocabulary**. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization. Retrieved July 25, 2026, from: <https://www.iso.org/standard/82405.html>
- International Organization for Standardization. (2024b). **ISO/TR 41016:2024: Facility management - Overview of available technologies**. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization. Retrieved July 25, 2026, from: <https://www.iso.org/standard/68172.html>
- International Organization for Standardization. (2024c). **ISO 55000:2024: Asset management - Vocabulary, overview and principles**. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization. Retrieved July 25, 2026, from: <https://www.iso.org/standard/83053.html>
- Madritsch, T., & May, M. (2009). *Successful IT implementation in facility management*. Facilities. **27**(11/12), 429-444. Retrieved July 25, 2026, from: <https://doi.org/10.1108/02632770910980727>
- Marocco, M., & Garofolo, I. (2021). *Integrating disruptive technologies with facilities management: A literature review and future research directions*. Automation in Construction. **131**, 103917. Retrieved July 25, 2026, from: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103917>

- Martens, J., & Blankenbach, J. (2023). *VOX2BIM+ - A fast and robust approach for automated indoor point cloud segmentation and building model generation*. PFG - Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science. **91**(4), 273-294. Retrieved July 25, 2026, from: <https://doi.org/10.1007/s41064-023-00243-1>
- Meira, D. N., Lopes, I., & Pires, C. (2020). *Selection of computerized maintenance management systems to meet organizations' needs using AHP*. Procedia Manufacturing. **51**, 1573-1580. Retrieved July 25, 2026, from: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.219>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L. A., Stewart, L. A., Thomas, J., Tricco, A. C., Welch, V. A., Whiting, P., & Moher, D. (2021). *The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews*. BMJ. **372**, n71. Retrieved July 25, 2026, from: <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Picozzi, P., Nocco, U., Pezzillo, A., De Cosmo, A., & Cimolin, V. (2024). *The use of business intelligence software to monitor key performance indicators (KPIs) for the evaluation of a computerized maintenance management system (CMMS)*. Electronics. **13**(12), 2286. Retrieved July 25, 2026, from: <https://doi.org/10.3390/electronics13122286>
- Rogers, E. M. (2003). **Diffusion of innovations** (5th ed.). New York, NY: Free Press. Retrieved July 25, 2026, from: <https://www.simonandschuster.com/books/Diffusion-of-Innovations-5th-Edition/Everett-M-Rogers/9780743222099>
- Schreier, M. (2012). **Qualitative content analysis in practice**. London, England: SAGE Publications. Retrieved July 25, 2026, from: <https://methods.sagepub.com/book/mono/qualitative-content-analysis-in-practice/toc>
- Shaheen, B. W., & Németh, I. (2022). *Integration of maintenance management system functions with Industry 4.0 technologies and features: A review*. Processes. **10**(11), 2173. Retrieved July 25, 2026, from: <https://doi.org/10.3390/pr10112173>

- Shankar, L., Singh, C. D., & Singh, R. (2023). *Impact of implementation of CMMS for enhancing the performance of manufacturing industries*. International Journal of System Assurance Engineering and Management. **14**(5), 1599-1620. Retrieved July 25, 2026, from: <https://doi.org/10.1007/s13198-021-01480-6>
- Snyder, H. (2019). *Literature review as a research methodology: An overview and guidelines*. Journal of Business Research. **104**, 333-339. Retrieved July 25, 2026, from: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- Stazić, L., Račić, N., Stanivuk, T., & Dobrota, Đ. (2023). *Determination of benefits of the application of CMMS database improvement proposals*. Applied Sciences. **13**(4), 2731. Retrieved July 25, 2026, from: <https://doi.org/10.3390/app13042731>
- U.S. Department of Energy. (2010). **Operations & maintenance best practices: A guide to achieving operational efficiency (Release 3.0)**. Washington, DC: U.S. Department of Energy. Retrieved July 25, 2026, from: <https://www1.eere.energy.gov/femp/pdfs/OandM.pdf>

Abstract

This study aimed to conduct a comparative analysis of Computer-Aided Facility Management (CAFM) systems and Computerized Maintenance Management Systems (CMMS), and to examine the impact of each system on enhancing operations and maintenance efficiency in facilities and organizations in the Kingdom of Saudi Arabia. The study was motivated by the conceptual and practical overlap between the two systems in some organizations, which may lead to difficulties in selecting the system most appropriate to the nature of assets, facilities, and operational requirements, as well as to limited utilization of the available technological capabilities in managing operations and maintenance activities.

The study adopted a descriptive, analytical, and comparative approach through the review and analysis of scientific literature, previous studies, professional reports, technical standards, and case studies related to both systems. The study sample consisted of a purposively selected group of sources and documents that addressed the functions of CAFM and CMMS and their impact on operations and maintenance efficiency indicators. A content analysis form and a comparative matrix were used to examine several dimensions, including asset management, work order management, preventive maintenance, breakdown management, spare parts, space management, facility services, response time, cost reduction, decision-making support, and integration with other systems.

The comparative analysis revealed that CMMS mainly focuses on maintenance activities, technical assets, work orders, preventive maintenance, and the reduction of breakdowns and downtime. In contrast, CAFM has a broader scope that includes facility management, space management, services, and operational data, in addition to certain maintenance functions. The findings also showed that both systems contribute to improving operations and maintenance efficiency; however, the nature of their impact differs according to the scope, functions, and operational requirements of each facility. The results indicated that selecting the appropriate system depends on the size of the facility, the nature of its assets, the number and diversity of its facilities, the complexity of its operations, data quality, and the level of integration with other enterprise systems.

Keywords: Computer-Aided Facility Management, Computerized Maintenance Management System, Operations and Maintenance Efficiency, Asset Management, Digital Transformation, Kingdom of Saudi Arabia.

Midocean University

College of Management

Department of Project Management



**A Comparative Study of Computer–Aided Facility Management and
Computerized Maintenance Management Systems and Their Impact
on Enhancing Operations and Maintenance Efficiency in the
Kingdom of Saudi Arabia**

Prepared by:

Khalid Aslam Sheikh

253002481

Supervised by:

Dr. Al–Faisal Abdul Hamid Mohammed Hassan

Dr. Fayez Jarad

Year:

2026