مجلة العمارة والتخطيط، م ٣٥ (٢)، ص ص ١٤٩- ١٨٢، الرياض (٢٠٢٣م / ١٤٤٤هـ)
doi:10.33948/JAP-KSU-35-2-1

اتجاهات وتحديات التقنيات الذكية لتحسين إدارة تشغيل المباني الإدارية وواقع تطبيقها في مدينة الرياض

عبد الله عبدالعزيز الســـــرور — **أحمد عمـر محمـد سـيد مصـطفى**

طالب ماجستير — ***أستاذ مشارك***

قسم العمارة وعلوم البناء، كلية العمارة والتخطيط، جامعة الملك سعود، المملكة العربية السعودية

442105694@student.ksu.edu.sa — *ahmedoms@ksu.edu.sa*

قدم للنشر في ٩/ ٩/ ١٤٤٣ هـ؛ وقبل للنشر في ١/ ٤/ ١٤٤٤ هـ

ملخص البحث. أدت التطورات السريعة في معظم مجالات التقنيات الرقمية إلى تطورات موازية في تطبيقات الكمبيوتر والأنظمة الذكية التي أثرت على جميع جوانب الحياة الاجتماعية والمجالات المهنية، بما في ذلك مجال إدارة المنشآت والمرافق (Facility Management FM). وعلى الرغم من تنوع اتجاهات التقنيات الذكية التي يمكن أن تدعم أنشطة هذا المجال المهم وتحسنها، إلا أن مراجعة الأدبيات أظهرت عدم توازن تغطيتها في الدراسات المختلفة ونقص البيانات الكافية حول واقع توافرها وأولويتها وممارستها والتحديات التي تواجه تطبيقها في السوق المحلي للمملكة العربية السعودية، وهو ما يمثل الفجوة البحثية والمشكلة والحافز لهذا البحث الذي يهدف إلى استكشاف أهم اتجاهات التقنيات الذكية لتحسين أنشطة إدارة التشغيل للمباني المكتبية، والتحديات التي تواجه تطبيقها، وواقع ممارستها في مدينة الرياض بالمملكة العربية السعودية. تمثل هذه البيانات مصدراً مهماً لدعم صانع القرار في توجيه الدعم والموارد اللازمة لتحقيق فاعلية تطبيق التقنيات الذكية، والتغلب على التحديات التي تواجهها، والاستفادة من إمكانياتها في تحقيق راحة المستخدم واستدامة التشغيل. تبنى البحث المنهج الوصفي التحليلي في الجزء الأول منه لاستكشاف أهم الاتجاهات والتحديات، كما تبنى المنهج الوصفي المسحي في الجزء الثاني لاستكشاف واقع ممارسة التقنيات الذكية في السوق المحلي السعودي. يمثل البحث أحد المبادرات المهمة لـ «سد الفجوة البحثية»، وتشجيع الدراسات المستقبلية في هذا المجال البحثي، وتوثيق واقع ممارسة التقنيات الذكية في الأسواق المحلية السعودية لدعم صانع القرار في توجيه الموارد ذات الصلة لتطوير الاستفادة منها ومعالجة التحديات التي تواجهها، بالإضافة إلى توافق أهدافه مع رؤية السعودية ٢٠٣٠ المتعلقة بمواكبة التطورات الدولية السريعة للتقنيات الذكية والتحولات الرقمية.

الكلمات المفتاحية: المباني الذكية، نظم إدارة المباني، إنترنت الأشياء IOT، ويب الأشياء WOT، تقنيات الجيل الخامس 5G .

١. المقدمة

شـهد العـصر الحديـث قفـزة كبـيرة في تطـورات المجـال الرقمـي سـواء عـلى مسـتوى التطبيقـات الحاسـوبية أو مسـتوى الأنظمـة الذكيـة برمتهـا، وأصبحـت جـزءاً أساسـاً مـن عمليـات تشـغيل المبـاني الإداريـة، ومـا تـزال تتأثـر بالتحديثـات التكنولوجيـة لمواكبـة متغـيرات العـصر الحديـث والتطلعـات المسـتقبلية، والتـي أسـهمت في تحويـل المبـاني مـن جسـم خرسـاني تتـم إدارة مرافقـه بصـورة تقليديـة وغـير متفاعلـة مـع البيئـة الداخليـة والمسـتخدم إلى مبـانٍ مؤتمتـة ومتفاعلـة مـع كل المتغـيرات الداخليـة والخارجيـة مـن مناخ ومسـتخدم للمبنـى. لذلـك فـإن المبـاني المؤتمتـة أو الذكيـة جعلت مـن النظـام التشـغيلي أكثـر تقدمـاً في كفـاءة الطاقـة المسـتخدمة دون الزيـادة في الكميـة المهـدرة. ويعتـبر ذلـك النـوع مـن المبـاني إضافـة قيّمـة لمفهـوم نظـام إدارة المبنـى Building Management System؛ (BMS) وهـو نظـام – أو منظومـة – تحكـم قائـم عـلى تقنيـات ذكيـة متطـورة (حاسـبات، متحكـمات، مستشـعرات) تعمـل في مسـتويات مختلفـة (إدارة وتشـغيل، ونظـم) تجعلـه يمثـل عقـل المبنـى الـذي يتحكـم في الأنظمـة المختلفـة بمبنـى أو بمجموعـة مبـانٍ لتعمـل كنظـام واحـد يمكـن مـن خلالـه مراقبـة أداء المبنـى وقياسـه وتحسـينه طـوال دورة حياتـه (Shouab, 2022)، كـما يوفـر رؤى عـبر جميـع الأنظمـة المهمـة في تصميـم المبـاني لاتخـاذ إجـراءات ذكيـة، ومـن ثـم فـإن ذلـك سـينعكس إيجابـاً عـلى المسـتخدمين للفراغـات الداخليـة بواسـطة التأثـير عـلى الإنتاجيـة والصحـة العامـة بسـبب توفـير جـودة البيئـة الداخليـة (Dong et al, 2019). وذلـك يتـم عـن طريـق توفـير المسـتوى الملائـم مـن درجـات الحـرارة ومعـدل التهويـة المناسـب ومسـتوى الإضـاءة المريحـة بصريـاً وغيرهـا مـن الوسـائل التقنيـة. ويضـاف إلى هـذه الفوائـد الحفـاظ عـلى الجوانـب البيئيـة بمراقبـة نسـبة الغازات الضـارة الناتجـة عـن الاسـتخدام التقليـدي لنظـم التشـغيل بالمبنـى (مثـل غـاز ثـاني أكسـيد الكربـون) مـن خـلال المستشـعرات المخصصـة لذلـك والعمـل عـلى تقليلهـا (Omar, 2018).

ومـن هـذا المنطلـق بـادرت العديـد مـن الـدول لاسـتخدام النظـم الذكيـة في المبـاني لاسـتثمار إمكانياتهـا في تحسـين عمليـة تشـغيل المبنـى وزيـادة كفاءتـه وتوفـير الراحـة لمسـتخدميه، وكانـت البدايـات في ثمانينيـات القـرن المـاضي التـي ظهـر فيهـا مجموعـة مـن المبـاني التـي اسـتخدمت التكنولوجيـا فيهـا مثـل: المبنـى الحـضري City Place بمدينـة هارتفـورد الأمريكيـة بولايـة كونيكتيكـت في عـام ١٩٨١م (Omar, 2018) ،(Zhou & Li, 2020)، وانتـشر بعدهـا اسـتخدام النظـم الذكيـة في تشـغيل المبـاني في العديـد مـن الـدول الأخـرى ومـن ثـم زاد اسـتخدام وتطبيـق التقنيـات المختلفـة في عمليـات إدارة المنشـآت مثـل: إدارة المرافـق بمسـاعدة الكمبيوتـر CAFM وأنظمـة إدارة المبـاني BMS، وإنترنـت الأشـياء IoT وتطبيقـات الهاتـف المحمـول، والروبوتـات والـذكاء الاصطناعـي لضـمان كفـاءة وجـدوى تكامـل عمليـات إدارة المنشـآت مـع النظـم الذكيـة المسـتخدمة في المبـاني (Bhatia, 2016)، ومـع

ازديـاد اسـتخدام النظـم الذكيـة، تـزداد صعوبـة وتعقيـد عمليـات إدارة المنشـآت مـا لم يتـم اسـتخدام وتطبيـق التقنيـات الذكيـة في إدارتهـا وتشـغيلها وتغيـير الطريقـة التقليديـة في عمليـة الإدارة إلى طريقـة تواكـب اسـتخدام هـذه التقنيـات وزادت – مـن ثـم – أهميـة إدارة المنشـآت التـي تعتـبر التقنيـات الحديثـة في عملياتهـا (Ahmad, 2021).

وتشـهد منطقـة الـشرق الأوسـط، وفـق أحـدث التقاريـر عـن نمـو أسـواق إدارة المنشـآت خـلال الفـترة (٢٠٢٢-٢٠٢٧)، نمـواً كبـيراً في خدمـات إدارة المنشـآت نظـراً للعديـد مـن المشـاريع العملاقـة التـي يجـري تنفيذهـا حاليـاً وبخاصـة في المملكـة العربيـة السـعودية والإمـارات العربيـة المتحـدة وقطـر التـي تتنافـس عـلى تحسـين هـذا المجـال لـدوره في تحسـين كفـاءة المبـاني، وأشـير إلى أن الهيئـة الملكيـة لمدينـة الريـاض أعلنـت أن الدولـة تخطـط لاسـتضافة ٧٠٠٠ شركـة جديـدة في مجـال إدارة المنشـآت، وهـو مـا يجعـل المملكـة العربيـة السـعودية مقـراً إقليميـاً لهـا (Mordor Intelligence, 2022).

٢. المشكلة والأهداف والمنهج والأهمية البحثية

المشـكلة البحثيـة: عـلى الرغـم مـن التنـوع والتطـور الكبـير لاتجاهـات التقنيـات الذكيـة التـي تسـاهم في دعـم وتحسـين إدارة المنشـآت، وانتشـار وزيـادة تطبيـق النظـم الذكيـة في المبـاني ومـا صاحبهـا مـن تطـور في اسـتخدام التقنيـات الذكيـة في إدارة تشـغيلها، وعـلى الرغـم مـن زيـادة الدراسـات والأبحـاث عـن أهـم اتجاهـات وتحديـات التقنيـات الذكيـة في مجـال إدارة تشـغيل المبـاني الذكيـة، إلا أن المراجعـات الأدبيـة لهـذه الاتجاهـات والتحديـات أظهـرت عـدم تـوازن في تنـاول هـذه الاتجاهـات والتحديـات، وأن البعـض مـا زال يحتـاج إلى البحـث والدراسـة، كـما أظهـرت عـدم توافـر بيانـات كافيـة لواقـع إتاحـة وتطبيـق هـذه التقنيـات في المملكـة في السـوق المحـلي وأهـم اتجاهاتهـا والتحديـات التـي تواجـه تطبيقهـا. تمثـل هـذه البيانـات مـورداً مهـماً لدعـم متخـذ القـرار في تحديـد الأولويـات وتوجيـه الدعـم الـلازم لتحقيـق فعاليـة تطبيقهـا، والتغلـب عـلى التحديـات التـي تواجههـا، والاسـتفادة مـن إمكانياتهـا في تحقيـق راحـة المسـتخدم واسـتدامة التشـغيل في الوقـت نفسـه، وهـو مـا يعتـبر فجـوة بحثيـة مثلـت الإشـكالية والحافـز الرئيـس لهـذا البحـث.

أسـئلة البحـث: بنـاء عـلى هـذه المشـكلة تـم طـرح أسـئلة البحـث التـي تمثلـت في سـؤالين حـول مجـالات التقنيـة الذكيـة الحديثـة واسـتخدامها في إدارة المبـاني، وهـي:

- مـا أهـم اتجاهـات وتحديـات التقنيـات الذكيـة لإدارة تشـغيل المبـاني الإداريـة في الوقـت الراهـن والتـي تنعكـس عـلى كفـاءة تشـغيل النظـام الذكـي؟
- مـا واقـع تطبيـق الاتجاهـات الحديثـة للتقنيات الذكيـة في مجـال إدارة تشـغيل المباني في السـوق المحلي؟

أهـداف البحـث: ومـن واقـع إشـكالية البحـث وتسـاؤلاته يسـتهدف هـذا البحـث التـالي:

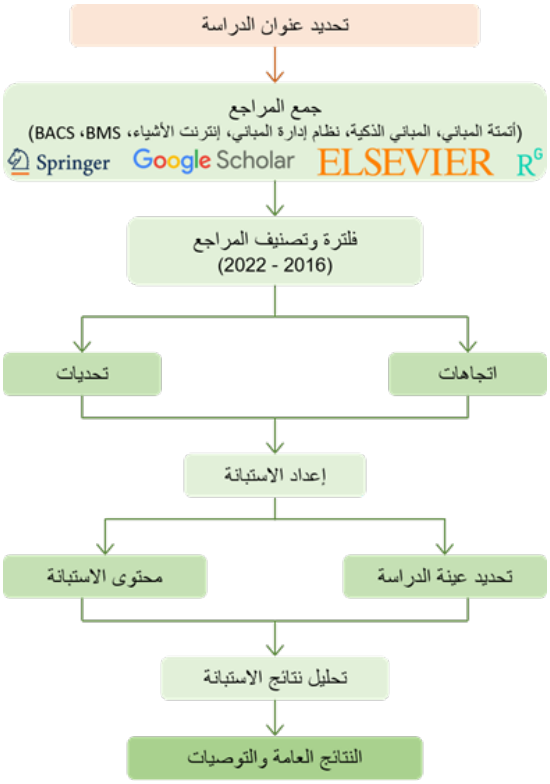
- اسـتخلاص أهـم اتجاهـات التقنيـات الذكيـة لتشـغيل المبـاني الإداريـة والتحديـات التـي تواجـه تطبيقهـا، ودراسـة إمكانياتهـا وإسـهاماتها في زيـادة القـدرة عـلى التعامـل مـع النظـام بيـسر وأمـان، ومـدى تأثيرهـا عـلى أداء تشـغيل المبنـى.
- رصـد واقـع إتاحـة وتطبيـق اتجاهـات التقنيـات الذكيـة لتشـغيل المبـاني الإداريـة والممارسـة المحليـة لتطبيقهـا في مدينـة الريـاض.
- رصـد الأهميـة النسـبية لـكل مـن الاتجاهـات والتحديـات التـي تـم اسـتخلاصها؛ لدعـم متخـذ القـرار في توجيـه الميزانيـات الخاصـة بتطبيقهـا ومعالجـة التحديـات الخاصـة بهـا.

المنهـج العلمـي: وفي سـبيل تحقيـق الأهـداف البحثيـة لهـذه الدراسـة تبنـى البحـث المنهـج الوصفـي عـلى جزأيـن:

- الجـزء الأول: تبنـى المنهـج الوصفـي التحليـلي الـذي يسـتهدف تنفيـذ مراجعـات أدبيـة لاستكشـاف أهـم الاتجاهـات والتحديـات.
- الجـزء الثـاني: تبنـى المنهـج الوصفـي المسـحي لرصـد واقـع إتاحـة الاتجاهـات التقنيـة في السـوق المحـلي والأهميـة النسـبية لهـا، وللتحديـات التـي تواجـه تطبيقهـا.

ولتطبيـق المنهـج الوصفـي الـذي تـم تبنيـه في هـذه الدراسـة تـم اعتبـار عـدد مـن الإجـراءات التي يوضحهـا (الشـكل ١) لتطبيـق المنهجيـة المقترحـة للدراسـة بدايـة مـن تحديـد عنـوان الدراسـة. مـروراً باسـتخلاص وتحليـل الاتجاهـات والتحديـات ومـن ثـم رصـد واقـع إتاحتهـا وتطبيقهـا في السـوق المحـلي لمدينـة الريـاض مـن خـلال الاسـتبانة التـي أعـدت لهـذا الغـرض، وانتهـاءً بالنتائـج والتوصيـات المسـتقبلية.

الأهميـة البحثيـة: ربطـت المنهجيـة التـي تـم تبنيهـا بـين مـا تـم اسـتخلاصه في الجـزء النظـري مـن اتجاهـات وتحديـات ووظفتـه لرصـد واقـع التطبيـق والأهميـة النسـبية لمكوناتـه في الجـزء الميـداني،



الشكل رقم (١).إجراءات الدراسة

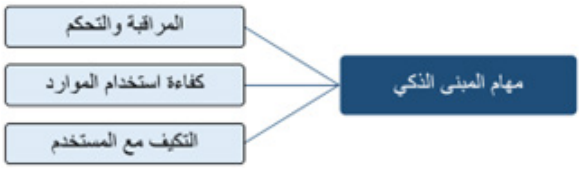
وأدى هذا إلى النتائج التي أكدت أهمية هذا البحث باعتباره إحدى مبادرات «تجسير الفجوة البحثية» الحادثة في السوق المحلي بالمملكة العربية السعودية لتوثيق أهم الاتجاهات والتحديات التي تواجه مجال تقنيات الواجهات الذكية، وتشجيع الدراسات المستقبلية في هذا الاتجاه من جهة، وتوظيف ما تم استخلاصه في الجزء النظري لرصد الأهمية النسبية لهذه الاتجاهات والتحديات وواقع إتاحتها وتطبيقها من جهة ثانية، وتوافقه مع تطلعات المملكة لمواكبة الاهتمام الدولي بالتطورات المتسارعة في مجال التقنيات الرقمية وتأثيرها في جميع المجالات ومنها مجال إدارة المنشآت، ومع التحولات الرقمية وإدراج ذلك في رؤيتها ٢٠٣٠ من جهة ثالثة، إضافة إلى الفوائد التالية:

- معرفة تأثير الارتقاء باستخدام أحدث الأنظمة الذكية في تشغيل المباني؛ لأن ذلك سيعطي قدرة أفضل في التحكم بالعملية، والتوسع في استخدامها بالمباني الإدارية، ومن ثم سيتكون ما يسمى بالمدن الذكية.
- نظراً لأهمية الذكاء الرقمي، فإن ذلك أعطى توجيهاً مهماً للجهات ذات الاختصاص بهذا المجال مثل: التوجه المستقبلي لحكومة المملكة العربية السعودية نحو مبدأ الذكاء، ومدى الفوائد المرجوة منه في مجال استدامة الموارد من خلال التشغيل الذكي، ومجال البيئة والمحافظة عليها بواسطة العمل على تقليل الانبعاثات من خلال استخدام نظام أتمتة المباني التي لا تسعى على الإضرار بالبيئة ومواردها الطبيعية.
- مدى تأثير تطبيق النظام الذكي على كفاءة استخدام الطاقة وراحة المستخدم للفراغ؛ لأن هناك جهات تولي أهمية قصوى بمجال ترشيد الطاقة مثل: مركز كفاءة الإنفاق الواقع في منطقة الدراسة، والذي يعتبر من أهم توجهات المملكة العربية السعودية نحو المستقبل.

٣. المباني الذكية

المباني الذكية تعطي أهمية كبرى للأجهزة المستخدمة للوصول إلى مستوى كفاءة رفيع الأداء. وهذا يعطي مبنى ذا طابع تشغيلي عالي الأداء. حيث يتم تحقيقه بعدة طرق، منها: أجهزة الاستشعار ذات الخصائص القياسية الدقيقة التي تعمل على قياس مستوى الإضاءة ودرجات الحرارة والتحكم بها بما يناسب طبيعة النشاط في الفراغ. كما أن المبنى يتأثر بالعوامل الخارجية مثل قوة أشعة الشمس ومدى تأثيرها على مستوى تشغيل الإضاءة الاصطناعية. والمباني الذكية تكاد لا تخلو من أنظمة السلامة والأمان من خلال المستشعرات الصورية لتتبع الكثافة في مكان ما وتحليلها لتحقيق الأمن داخل المرافق أو لوجود سلوك غير اعتيادي؛ لأن راحة وسلامة المستخدمين تعتبر مصدراً رئيساً يجب مراعاته أثناء العملية التشغيلية (Jia et al, 2019). كما أن

معظـم الأجهـزة الأخـرى تسـعى لتوفـير الراحـة الداخليـة مثـل الراحـة الحراريـة والصوتيـة والمرئيـة والهوائيـة وغيرهـا حتـى يتـم الوصـول إلى الإنتاجيـة العاليـة مـن المسـتخدمين. وهـذا مـا أدى إلى تطبيـق النظـام الذكـي داخـل المبـاني الإداريـة؛ لأنهـا تعتـبر مـن أهـم مكونـات المـدن الذكيـة. لذلـك سـيتم التعـرف إلى أهـم وظائـف المبنـى الذكـي كـما تـم إيضاحهـا في (الشـكل ٢).



الشكل رقم (٢).مهام المبنى الذكي

المبنـى الذكـي ليـس محصـوراً في تشـغيله عـلى المستشـعرات، بـل هنـاك أجهـزة أخـرى تعـزز مـن الجـودة التشـغيلية. منهـا الأجهـزة التقنيـة التـي تعطي سـمة النظـام المـرن للإضـاءة والتهويـة والتي تسـاعد عـلى عمليـة إدارة المبنـى. وهنـاك مصطلـح يسـمى بروتوكـولات المبـاني الذكيـة، والتـي تصـف طـرق التفاعـل بـين الأجهـزة الذكيـة وعمليـة جمـع وتحليـل البيانـات الخاصـة بالأنظمـة الذكيـة للفراغـات (Lohia et al, 2019) لغـرض إمـداد تلـك الفراغـات بالظـروف التشـغيلية المناسـبة. تلـك البروتوكـولات لديهـا أنـواع مختلفـة مـن الأنظمـة التـي تتناسـب مـع وظيفـة المبنـى ومكوناتـه ومـدى احتياجاتـه للطريقـة المثاليـة للعمليـة التشـغيلية للأنظمـة الذكيـة، والتـي تضيـف خاصيـة السرعـة والتنظيـم لتبسـيط النظـام الذكـي المكـون مـن أنظمـة متداخـل بعضهـا مـع الآخـر. والشـبكات التـي تنظـم وتديـر البروتوكـول في العمليـة التشـغيلية لهـا تأثـير عـلى سرعـة وتفاعـل الأجهـزة المسـتقبلة للبيانـات حتـى يتـم الحفـاظ عـلى المسـتوى العـالي مـن الإدارة؛ لأن مـع التقـدم التقنـي في مجـال الاتصـالات التـي تعتـبر جـزءاً مهـماً مـن المنظومـة الذكيـة، تـؤدي إلى سرعـة الاسـتجابة بـدلاً مـن نظـام الاتصـالات السـابقة.

وفي العـصر الحـاضر ظهـر مفهـوم الجيـل الخامـس 5th Generation (5G) فائـق السرعـة والـذي ينعكـس بشـكل إيجـابي عـلى نظـام الاسـتجابة والمرونـة والتفاعـل بـين الأنظمـة الذكيـة. لـذا فـإن تقنيـة الجيـل الخامـس أصبحـت ركيـزة مهمـة في التطبيقـات لإدارة المبنـى. كـما بـرز دور تقنيـة إنترنـت الأشـياء والتـي مثلـت نقطـة تحـول لعمليـة التحكـم والمراقبـة للنظـام الذكـي وحالـة مسـتمرة مـن التقـدم نحـو المسـتقبل لإعطـاء المزيـد مـن التقنيـة المبتكـرة تتعلـق بتشـغيل المبنـى وتوحيـد شـبكات الأنظمـة الذكيـة، وذلـك مـن خـلال التكيـف مـع احتياجـات المسـتخدمين والقـدرة عـلى إدارة المبنـى الإداري عـن بعـد دون تدخـل بـشري عـن طريـق تطبيقـات متخصصـة بتشـغيل المبـاني والتـي أصبحـت متوفـرة عـلى الأجهـزة اللوحيـة. كـما تطـورت إمكانيـات التشـغيل والتحكـم في هـذه التقنيـات بمشـاركة بعـض المسـتخدمين في عمليـة التحكـم بالأجهـزة بواسـطة تطبيـق مـن خـلال الهاتـف الذكـي وغـيره وإدارة العمليـة التشـغيلية للفراغـات حسـب الاحتيـاج (Lilis et al, 2017).

١ ,٣ مفهوم التقنيات الذكية لتشغيل المباني:

يحتوي مصطلح المباني الذكية على تعريفات متعددة؛ منها ما هو متعلق بالعملية التشغيلية، أو تعريف الأجهزة والتقنيات الرقمية، أو مفهوم الإدارة الذكية للبيانات. لذلك سيتم التطرق لأكثر من تعريف؛ لتعزيز الفكرة الرئيسة حول المبنى الذكي. وهي:

- تعريف (Zhou & Li, 2020) للمبنى الذكي بأنه «تطبيق أحدث تقنيات الكمبيوتر والاتصالات والتحكم في المبنى. بحيث يوفر المبنى للأشخاص بيئة عمل ومعيشة أكثر راحة وملاءمة وموفرة للطاقة وفعالة».
- تعريف (Aste et al, 2017) للمباني المؤتمتة بأنها: عبارة عن برامج حاسوبية تتولى إدارة التشغيل الرقمي من مراقبة وتحكم وتحسين العملية التشغيلية في سبيل الوصول إلى كفاءة استخدام الطاقة والمحافظة على تجهيزات المبنى قدر الإمكان.
- تعريف (Omar, 2018) للمبنى الذكي بأنه «مبنى يدمج التكنولوجيا وعمليات التشغيل لتحقيق منشأة أكثر أماناً وراحة وإنتاجية لشاغليها وأكثر كفاءة من الناحية التشغيلية لأصحابها. وتعمل التكنولوجيا جنباً إلى جنب مع العمليات المحسنة للتصميم والبناء والتشغيل في بيئة داخلية فائقة الجودة تعمل على تحسين راحة المستخدمين والإنتاجية مع تقليل استهلاك الطاقة».
- تعريف (Rashid et al, 2021) للمباني الذكية بأنها «تستجيب للمتغيرات في البيئة الخارجية والداخلية دون الحاجة إلى تدخل بشري من أجل توفير الراحة لشاغليها مع مراعاة منظور الطاقة والمنظور المالي».

ويلاحظ من خلال التعريفات السابقة أنها تتفق في جانب الكفاءة التشغيلية لمصدر الطاقة، وتوفير الراحة اللازمة لمستخدمي المبنى من خلال البيئة الملائمة. وهذا ما يعطي المباني الذكية تفرداً من بين المباني الأخرى التي تعمل بالطرق التقليدية.

٢ ,٣ استخلاص أهم اتجاهات وتحديات التقنيات الرقمية الذكية لدعم إدارة تشغيل المباني:

تتفرد المباني الإدارية ذات التشغيل الذكي بالعديد من الاتجاهات الرقمية في العصر الحديث؛ من أجل أهداف متعددة من أهمها: الاستخدام الأمثل لمصادر الطاقة الضرورية لتشغيل أنظمة المبنى. وبمراجعة العديد من الدراسات السابقة التي تناولت هذا الموضوع أمكن استخلاص خمسة من أهم الاتجاهات التي تم تناولها في الدراسات السابقة، ورصد الدراسات التي تناولت كل اتجاه من هذه الاتجاهات (كما يوضحها الجدول ١)، ولهدف البحث تم ترشيح ثلاثة من هذه الاتجاهات

بنـاء عـلى معيـار قلـة الدراسـات البحثيـة حولهـا مقارنـة بالدراسـات المتعلقـة بالاتجاهـات الأخـرى والتـي تناولـت تلـك الاتجاهـات بشـكل مكثـف. فكـما يوضحـه الجـدول (١)، وفي حـدود البحـث في الأوعيـة المحـددة في مقدمـة البحـث، أمكـن رصـد (١١) دراسـة تناولـت اتجـاه «اسـتخدام تقنيـة BIM وتقنيـة المحـاكاة في تشـغيل المبـاني، و(٧) دراسـات تناولـت تقنيـة اسـتخدام التقنيـات الافتراضيـة والواقـع المعـزز في العمليـة التشـغيلية، بينـما كل مـن اتجاهـات اسـتخدام تقنيـة الجيـل الخامـس 5G لسرعـة نقـل البيانـات، وتقنيـات الشـبكات الذكيـة لإدارة النظـام الذكـي، وإنترنـت وويـب الأشـياء تـم تناولهـا مـن قبـل ثـلاث دراسـات.

جدول رقم (١). أبرز الاتجاهات الرقمية لتشغيل المباني

الاتجاه	المراجع
تطبيق تقنية الجيل الخامس 5G لسرعة نقل البيانات	(Huseien & Shah, 2022) (Zhou & Li, 2020) (Shah & Mishra, 2016)
الشبكات الذكية المتكاملة	(Dong et al, 2019) (Linder et al, 2017) (Patel, 2017)
استخدام ويب الأشياء WoT وإنترنت الأشياء IoT	(Daissaoui et al, 2020) (Jia et al, 2019) (Plageras et al, 2018)
استخدام تقنية BIM وتقنية المحاكاة في تشغيل المبنى	(Wang et al, 2022) (Han & Zhang, 2020) (Salem et al, 2020) (Trothe et al, 2019) (Neuville et al, 2019) (Dikel et al, 2018) (Hu et al, 2018) (Chang et al, 2018) (Edirisinghe et al, 2017) (Olapade & Ekemode, 2017) (Aziz et al, 2016)
استخدام التقنيات الافتراضية (VR) Virtual Reality والواقع المعزز Augmented Reality (AR) في العملية التشغيلية	(Chung et al, 2021) (Alavi et al, 2021) (Khan & Panuwatwanich, 2021) (Ghoneim, 2021) (Wyke & Svidt, 2019) (Chung et al, 2018) (Carreira et al, 2017) (Shi et al, 2016)

كـما أمكـن مـن خـلال مراجعـة العديـد مـن الدراسـات السـابقة التـي تناولـت هـذا الموضـوع؛ اسـتخلاص مجموعـة مـن التحديـات الرقميـة التـي تواجـه تطبيـق هـذه الاتجاهـات وتحـد مـن الحفـاظ عـلى مسـتويات التشـغيل الذكـي العاليـة والأداء الأمثـل لهـا وبلغـت خمسـة تحديـات (كـما يوضحهـا الجـدول ٢)، وتـم اختيـار أهمهـا بنفـس منهجيـة اختيـار أهـم الاتجاهـات، وهـي التحديـات التـي تـم اسـتنتاج فجـوة بحثيـة بهـا نتيجـة قلـة الأبحـاث التـي تناولتهـا مقارنـة بالدراسـات التـي تناولـت التحديـات الأخـرى، وهـي انقطـاع الاتصـال بخدمـة الإنترنـت عـن تشـغيل النظـام الذكـي، والأمـن السـيبراني للبيانـات وحمايتهـا، والتكلفـة الأوليـة لتشـغيل المنظومـة الذكيـة.

جدول رقم (٢). أبرز التحديات الرقمية لتشغيل المباني

التحدي	المراجع
انقطاع خدمة الإنترنت عن تشغيل النظام الذكي في المبنى	(Pang et al, 2019) (Patel, 2017) (Shah & Mishra, 2016)
أمن البيانات وحماية خصوصيتها	(Graveto et al, 2022) (Sun et al, 2021) (Kandasamy et al, 2020)
التكلفة الأولية للنظام	(Eini et al, 2021) (Han & Zhang, 2020) (Berawi et al, 2017)
تفعيل التشغيل التنبؤي للتجهيزات الذكية للنظام	(Nagpal et al, 2021) (Sheikhnejad et al, 2020) (Dai et al, 2020) (Gholamzadehmir et al, 2020) (Zong et al, 2019) (Hadri et al, 2019) (Dubey et al, 2019)
تحويل المباني إلى صفرية الطاقة من خلال تقليل الانبعاثات الغازية نتيجة التشغيل التقليدي السابق	(Wilberforce et al, 2021) (Sandberg et al, 2021) (Ferrara et al, 2020) (الشنواني وآخرون، 2019) (العدوي، 2019) (Danza et al, 2018) (Moran et al, 2017)

٤. الاتجاهات الحديثة لواقع التقنيات الذكية في تشغيل المباني الإدارية

أصبحت الأنظمة الذكية لتشغيل المباني الإدارية من أهم المقومات الرئيسة في الجيل المعاصر لقياس كفاءة الاستخدام، وبخاصة ذلك النوع من المباني لكونها تعد من المباني المستهلكة للطاقة (الشنواني وآخرون، ٢٠١٩). لذلك فإن التقنية الذكية بدأت بالتوسع والاستعانة بالمجالات الأخرى مثل التقنيات المستخدمة في مجال الاتصالات بين الأجهزة والتي تدعى تقنية الجيل الخامس 5G. كما أن التقنية الحديثة أدت إلى خلق مجال أكثر تقدماً، مثل المجال الذي أطلق عليه إنترنت الأشياء Internet of Things (IoT) (Froufe et al, 202). تلك التقنية أعطت مجالاً أفضل في استخدام أجهزة المباني كالمستشعرات وأنواعها.

وفق ما تم مراجعته وتحليله من الدراسات السابقة حول أهم الاتجاهات الرقمية الحديثة في مجال تشغيل المباني، والتي تم تلخيص نتائجها في الجدول (١)، سيتم التركيز في هذا الجزء من الدراسة على ثلاثة من أهم الاتجاهات في هذا المجال وهي أولاً: تطبيق تقنية 5G لسرعة نقل البيانات من مكونات النظام الذكي إلى الخادم الرئيس. ثانياً: الشبكات الذكية المتكاملة. ثالثاً: استخدام ويب الأشياء Web of Things (WoT) وإنترنت الأشياء Internet of Things (IoT)، كما هو مبين في (الشكل ٣).

الشكل رقم (٣).الاتجاهات الحديثة لتشغيل المباني الذكية

٤,١ تطبيق تقنية الجيل الخامس (5G) لسرعة نقل البيانات من مكونات النظام الذكي إلى الخادم الرئيس

المكون الرئيس لتشغيل منظومة الذكاء في المبنى هي أجهزة الاستشعار المنتشرة في أرجاء الفراغات. والتي هي عبارة عن جهاز يقوم باستشعار ما حوله وإرسال البيانات إلى الشبكة الرئيسة على هيئة أرقام وصور إذا تطلب الأمر. وفي السابق يؤدي المستشعر إلى قياس الحركة. أما مع التقدم الرقمي للمستشعرات وحتى الوصول إلى الراحة الحرارية للمستخدم ومع توفير الطاقة؛ فإنها قادرة في الكشف على الوجود البشري (صورة رقمية) وتركيز ثاني أكسيد الكربون CO2 في حال غياب الحركة أو سكون المستخدم من الحركة (Aste et al, 2017). ومن ثم فإن المستشعرات في حالة ازدهار تقني متواصل بما يتوافق مع الذكاء الرقمي.

أجهزة الاستشعار اللاسلكية Wireless Sensors أو التي تستخدم تقنية 5G فائقة السرعة، أدت إلى تسريع نقل المعلومات من المستشعر إلى النظام الرئيس دون وجود عوائق. وفي بعض الحالات تحتم الأجهزة السلكية Wired الكشف عن التمديدات الكهربائية التابعة لها بشكل

جدول رقم (٣). مقارنة الشبكات السلكية باللاسلكية

البند	الشبكة السلكية	الشبكة اللاسلكية
الكابلات	يوجد	لا يوجد
التكلفة	مرتفعة	منخفضة
الموثوقية	متوسطة	مرتفعة
الأمان	متوسطة	مرتفعة
معدل الإرسال	مرتفعة	متوسطة
قابلية التوسع	متاحة وتحتاج إلى كابلات	متاحة ولا تحتاج إلى كابلات

Source: (Zhou & Li, 2020)

مستمر تجنباً للأعطال. لذلك فإن عمل مقارنة للشبكة اللاسلكية مع الشبكة السلكية ينتج أهم الفوارق؛ كالتكلفة أو معدل الإرسال أو التمدد المستقبلي كما هو مبين في (الجدول ٣).

تم تطبيق أجهزة الاستشعار اللاسلكية من خلال اختيار مبنى قائم في هولندا. وهو عبارة عن مبنى مكاتب وقاعة مؤتمرات. حيث تم تركيب مستشعر لاسلكي ضمن كرسي المستخدم لكشف الحركة، ومستشعر في سقف الفراغ لاستشعار المراقبة الرقمية بواسطة التصوير. وقد تم أخذ البيانات من مستشعر الكرسي من خلال اتصاله بجهاز إرسال خاص به كما هو موضح في (الشكل ٤). ومن خلال هذه التجربة، تم خفض معدل استهلاك الطاقة نحو ٢٨٪ من معدل تشغيل الإضاءات مع الحفاظ على توفير الراحة الحرارية الملائمة للمستخدم (Labeodan et al, 2016).

الشكل رقم (٤). موقع جهاز الاستشعار المدمج بالكرسي وجهاز الإرسال في سقف الفراغ (Labeodan et al, 2016)

من خلال تجربة التقنية اللاسلكية، يمكن رفع مستوى الكفاءة التشغيلية عن طريق دقة تحليل البيانات دون أخطاء. كذلك سيكون المستخدم في حالة رضا حول توفير مستوى البيئة الملائمة. كما أن ذلك يؤدي إلى غياب بشكل تدريجي للكابلات الكهربائية للمعدات الذكية المستخدمة في المبنى. والسبب في استخدام تقنية 5G هو أنها تتفرد عن غيرها من 4G والجهاز السلكي، بأنها تستخدم شبكة النطاق الواسع Ultra Wide Band (UWB) وذات كفاءة أكبر للطاقة بنسبة ٩٠٪، وتتميز بسرعة نقل البيانات بين الأجهزة والبالغة ١٥ جيجا بايت/ ثانية، وحجم بيانات يبلغ ١٥ تيرابايت (Attaran, 2020). وتعزز تقنية 5G من أداء تقنية إنترنت الأشياء التي تعتمد على الاتصال الموثوق والدائم بشبكة الإنترنت من خلال معالجة البيانات بدقة عالية ونقلها إلى النظام المركزي. والتمكين من الوصول إلى مستوى عالٍ من الأمان والخصوصية المطلوبة (Serrano, 2021).

٢ , ٤ الشبكات الذكية المتكاملة

كانت أنظمة المباني في السابق تعمل بأكثر من مجال، مثل: مجال التكييف، التدفئة، الإضاءات، أنظمة الحرائق وغيرها، وهو ما أدى إلى زيادة حجم المنظومة التشغيلية وتعقيدها، ومن ثم احتمالية حدوث أخطاء تقنية في تشغيل الأنظمة بسبب أن لكل نظام استقلالية إدارية تامة عن الآخر. لذلك فإن معظم تلك المشكلات تمت معالجتها من خلال خلق نظام موحد يجمع بين إدارات الأجهزة الذكية تحت نظام واحد للسيطرة التامة وتفادي الأخطاء في السابق. كما أنه بموجب هذا النظام الموحد يؤدي إلى المهمات الأساسية لأتمتة المباني، وهي مراقبة تشغيل الأجهزة مثل التكييف وغيره، وتسجيل معدل الاستهلاك على هيئة إحصاءات رقمية مجدولة أو رسومات بيانية، واكتشاف أخطاء الأنظمة الذكية عند حدوثها ومحاولة إصلاحها، والتكامل بين الأنظمة لسير العملية بشكل فعال (رحيم، ٢٠١٩).

في الوقت المعاصر، أصبح المبنى الذكي ليس مقتصراً على توفير الطاقة وكفاءة استخدامها فحسب، بل أصبح يعمل جاهداً للوصول إلى راحة الإنسان بجميع أنواعها وهي: الراحة السمعية والبصرية والصوتية والحرارية. حتى ساعد ذلك في إمكانية إيجاد مستشعرات تتنبأ بالمتغيرات المستقبلية بناءً على البيانات التشغيلية للأنظمة والمستمدة من تحقيق الراحة الحرارية (Eini et al, 2021). وهذا التطور الهائل لعالم التكنولوجيا، أصبح يساعد على تقليص المدة الزمنية اللازمة لجمع وتحليل البيانات، وانسجام الأنظمة معاً؛ لأن المبنى الذكي إذا كان متكامل الشبكة التشغيلية، فإنه يؤدي إلى سمات الذكاء المتعددة مثل معرفة سلوكيات المستخدم المختلفة لتحقيق البيئة المناسبة، والتفاعل مع المناخ الداخلي والخارجي ومحاولة التوافق بينهما (Al Dakheel et al, 2020).

يمكن تصنيف مجال تشغيل الشبكات المتكاملة إلى فئتين، هما: كيفية أداء الشبكات المتكاملة وإدارتها، وطريقة تخزين وتحليل البيانات المقروءة من الأجهزة والتفاعل معها.

- **أداء الشبكات المتكاملة:**

تعتبر المباني الذكية في الوقت الحاضر ليست محصورة على جهاز استشعار أو نظام إضاءة متقدم، بل أصبحت في الوقت الراهن تدار من منظومة ذكية واحدة لمختلف الأجهزة الذكية؛ لأن ذلك يؤدي إلى وفرة في الوقت والجهد والأداء التشغيلي. من أهم سمات التكامل أنه يكمن في التحكم بشكل أدق للمعدات والسيطرة المركزية عليها بشكل أسرع، وزيادة معدل الأمان والخصوصية للمعلومات، وإمكانية الوصول إلى بيانات التشغيل عن بعد بواسطة التطبيقات (Patel, 2017) مثل مراقبة العملية التشغيلية عن طريق تطبيقات الأجهزة اللوحية كما هو مبين في (الشكل ٥) و (الشكل ٦).

الشكل رقم (٥). تشغيل المبنى عن طريق التطبيقات

(O Malley, 2020)

الشكل رقم (٦). إدارة تشغيل المبنى من خلال نظام واحد

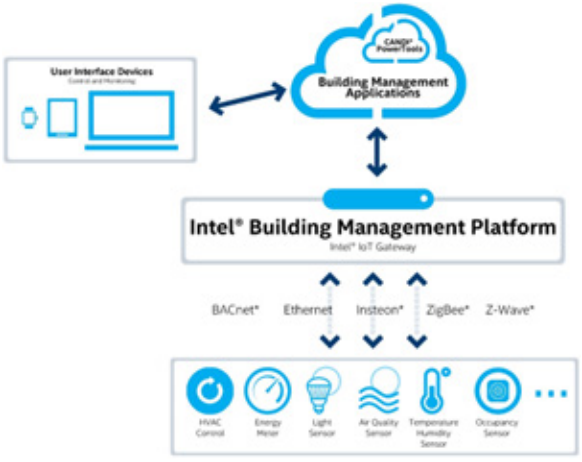
(ARCHITECTURE&DESIGN, 2022)

مـن أشـهر الأمثلـة عـلى تكامـل الشـبكات هـي منظمـة KNX التـي تعتـبر مـن رواد أتمتـة المبـاني الذكيـة حـول العـالم. ومـن ضمـن مميزاتهـا حسـب (أحمـد ش.، ٢٠١٦) أنهـا تجمـع الأنظمـة الرقميـة تحـت قبـة رقميـة واحـدة، والسـعي حـول توفـير المرونـة والسـلامة في الاسـتخدام ومحاولـة تقنـين مصـادر الطاقـة.

- **تخزين وتحليل البيانات والتفاعل معها:**

غالبـاً يحتـوي النظـام عـلى كميـات هائلـة مـن البيانـات مـن خـلال الأجهـزة الذكيـة؛ لـذا فـإن الأجهـزة ذات السـمة التقليديـة والتـي يتـم بواسـطتها حفـظ البيانـات تكـون غـير قـادرة عـلى مواجهـة الكـم الهائـل مـن المعلومـات المستنتجة مـن العمليـة التشـغيلية؛ لذلـك تـم طـرح مجـال السـحابة التخزينيـة أو مـا يسـمى بالحوسـبة السـحابية Cloud Computing (CC) والتـي تمـد المبنـى بخـوادم سـحابية ذات سـعة أكـبر وتكلفـة منخفضـة مـع مراعـاة التمـدد المسـتقبلي لحجـم البيانـات مـع تأمينهـا (Plageras et al, 2018).

في (الشـكل ٧) يوضـح هيكلـة العمليـة السـحابية بـدءاً بجمـع المعلومـات مـن حساسـات الاستشـعار في أسـفل الشـكل، مـروراً بنظـام إدارة المبنـى في الأعـلى عـن طريـق بروتوكـولات مثـل (Zigbee. Z, wave)، ووصـولاً حتـى السـحابة التخزينيـة.



الشكل رقم (٧). الهيكل التنظيمي لعملية السحابة التخزينية

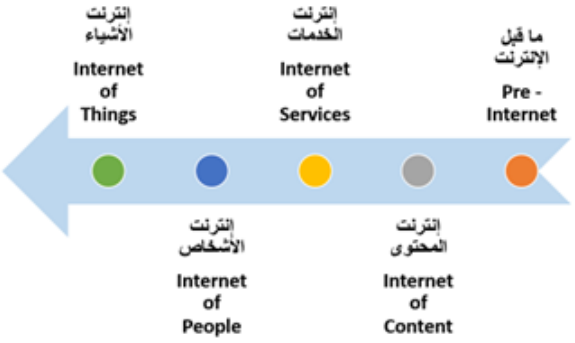
(Williston, 2016)

٤,٣ استخدام ويب الأشياء WoT وإنترنت الأشياء IoT

في ظل التطور التقني لإدارة نظام التشغيل، إلا أن ذلك لم يتوقف بالقدر الكافي من التكنولوجيا المستخدمة. ومن ثم ظهرت خلال الفترة الأخيرة مصطلحات حديثة، تهدف إلى زيادة التحكم والمراقبة الذكية للمبنى. ومن ضمن تلك المصطلحات، مصطلح ويب الأشياء (WoT) الذي تتزامن أهميته مع أهمية إنترنت الأشياء (IoT). وغالباً ما تتكون المباني من شبكة معقدة من الأنظمة. وعلى الرغم من صعوبة التحكم بالكم الضخم من البيانات، جاء ويب الأشياء للتخفيف من عملية مراقبة وجمع وتحليل البيانات ومعالجة إشكاليات الاتصالات بين الأجهزة. حيث تؤدي إلى أهداف رئيسة هي: التقليل من عدم التجانس بين الأجهزة الذكية، والمساهمة في خلق حلول لمشاكل إنترنت الأشياء (Ibaseta et al, 2021). لذا فإن الفكرة من إيجاد ويب الأشياء، هو العمل على دمج التقنيات الذكية في المبنى معاً وتوصيلها بالويب (Awad et al, 2021). ويوضح (الشكل ٨) الفكرة حول طريقة العملية التشغيلية لتقنية ويب الأشياء.

الشكل رقم (٨). عملية تشغيل ويب الاشياء (Awad et al, 2021)

عادة ما يقترن ويب الأشياء مع إنترنت الأشياء IoT؛ لأنها تعتبر عملية تكاملية بين المجالين. وعرّف شيا وآخرون (Xia et al) إنترنت الأشياء IoT بأنها «تتكون من كائنات تتواصل مع بعضها البعض عبر الإنترنت للحصول على المعلومات ومعالجتها وتخزينها ونقلها» (Lawal & Rafsanjani, 2022). ويبين (الشكل ٩) مراحل تطور تقنية الإنترنت بداية من قبل الإنترنت ووصولاً إلى إنترنت الأشياء.



الشكل رقم (٩). مراحل تطور مجالات الإنترنت (Lawal & Rafsanjani, 2022)

من أبرز إسهامات إنترنت الأشياء: أتمتة المباني التي تراعي تقليل الجهد البشري وتقليل مصادر الطاقة، والعمل على إنشاء تطبيقات خاصة بالأجهزة اللوحية لعمل المراقبة والتحكم (Shah & Mishra, 2016). ومن خلال (الشكل ١٠) تتضح طريقة عملية التحكم بالأجهزة الذكية من خلال التطبيقات.

إنترنت الأشياء حتماً ستعزز من استخدام التكنولوجيا في مجال تشغيل المباني مثل ما هو مطبق بالتطبيقات الحاسوبية؛ فبواسطتها يتم جمع معلومات المستخدمين التي تؤول إلى توفير

الشكل رقم (١٠). إمكانية التحكم بالنظام الذكي عن طريق تطبيقات الجوالات والأجهزة اللوحية (Mansuri, 2022)

الطاقة ورفع الإنتاجية (Dong et al, 2019). ومن ضمن المجالات التي تستخدمها هذه التقنية أولاً: إدارة المرافق الممثلة في معدلات استهلاك الطاقة والكشف عن عيوب التجهيزات الذكية. ثانياً: تعقب حركة المستخدمين ومواقع الأجهزة المستخدمة من مستشعرات وأنظمة إضاءات وغيرها. ثالثاً: محاولة تحفيز البيئة الداخلية لجعلها قابلة للتكيف لأن معظم الأشخاص يقضون ٨٠٪ من الوقت داخل المباني (Daissaoui et al, 2020)، (Jia et al, 2019).

تجعل إنترنت الأشياء الفراغ أكثر تفاعلاً. ويسمى بالفراغ التفاعلي الذي يتميز بأن يجعل الفرد قادراً على التحكم بالنظام الذكي الذي يساعد في الوصول إلى التحكم بتكاليف استهلاك التشغيل. كما أن الفراغ يستشعر سلوك المستخدم مثل إضاءة الممرات أثناء العبور من خلالها أو إعطاء إنذار للمالك حول العمليات التي تهدد أمن المنشأة عن طريق تنبيهات صادرة من تطبيقات الجهاز اللوحي أو الحاسب الآلي (محمد، ٢٠١٩).

٥. التحديات الحديثة لواقع التقنيات الذكية في تشغيل المباني الإدارية

في العصر الحالي والتطلعات نحو المستقبل، تأخذ المباني ذات الإدارة الرقمية للعملية التشغيلية اهتماماً واسعاً من قبل الجهات ذات الاختصاص بهذا المجال. كذلك الجهات البيئية والمراكز التي تعنى بكل ما يتعلق بالبيئة لديها اهتمام؛ لأن المبنى الذكي إضافة إلى الفوائد العديدة التي تنتج عن تطبيق تقنياته في تحقيق الراحة للمستخدمين وترشيد استخدام الطاقة، يساهم بشكل إيجابي في رصد وتقليل نسبة الغازات الضارة الانبعاثات الكربونية وغاز ثاني أكسيد الكربون كما هو الحال في المباني التقليدية. ومع التقدم التكنولوجي والاهتمام الدولي بالدراسات المناخية وطبقاتها، عززت المباني في استخدام آخر مستجدات التجهيزات الذكية كأجهزة الاستشعار لقراءة مناخ الفراغ واستخدام التصوير الرقمي والحراري للأشعة تحت الحمراء والقياس الصوتي لقياس الصوت البشري (Han & Zhang, 2020). ومن هذا المنطلق يمكن تحسين العملية التشغيلية بواسطة تركيب جهاز استشعاري بجانب كل وحدة إضاءة للتحقق الدقيق من قراءة البيانات داخل الفراغ كما هو موضح في (الشكل ١١) (Dikel et al, 2018).

على الرغم من السمات المتعددة للمباني الذكية واتجاهاتها الحديثة، إلا أنها تواجه تحديات مختلفة تم رصد أهمها في القسم الخاص باستخلاص الاتجاهات والتحديات. على سبيل

الشكل رقم (١١). توزيع أجهزة الاستشعار لكل وحدة إضاءة داخل الفراغ لزيادة دقة البيانات (Dikel et al, 2018)

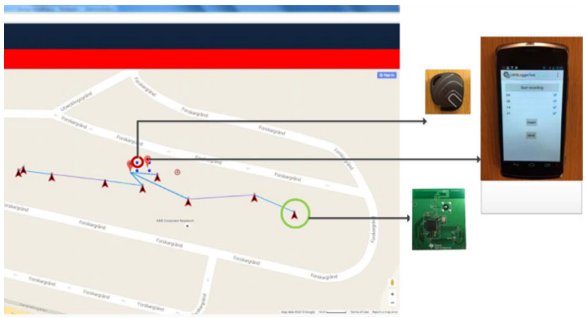
المثال: قلة الكادر الفني والمتمكن من استخدام البرامج المتقدمة، وعدم تفعيل قوانين تنظيمية لتشغيل المباني الذكية، وعدم تفضيل هذا النوع من المباني نظراً لعدم وجود إلمام بمزاياها من قبل المالك لأن من ضمن المزايا عدم الإضرار بالبيئة أثناء التشغيل الذكي، حيث إن نتيجة التشغيل التقليدي تؤدي إلى زيادة معدل الاحتباس الحراري بسبب الانبعاثات الغازية. مثلاً في أوروبا تمثل المباني نسبة ٤٠٪ من استهلاك الطاقة المسببة للمشكلات البيئية (Trothe et al, 2019).

وفق ما تم مراجعته وتحليله من الدراسات السابقة حول أهم التحديات الرقمية الحديثة في مجال تشغيل المباني، والتي تم تلخيص نتائجها في جدول (٢)، سيتم التركيز في هذا الجزء من الدراسة على تحليل أهم ثلاثة تحديات وهي، أولاً: انقطاع الاتصال بخدمة الإنترنت عن تشغيل النظام الذكي. ثانياً: الأمن السيبراني للبيانات وحمايتها. ثالثاً: التكلفة الأولية لتشغيل المنظومة الذكية. كما هو مبين في (الشكل ١٢).

الشكل رقم (١٢). التحديات الحديثة لتشغيل المبنى الذكي

٥,١ انقطاع الاتصال بخدمة الإنترنت عن تشغيل النظام الذكي

تستلزم المباني الذكية أن تكون على اتصال دائم بالإنترنت بحكم أنها تتكون من كم هائل من الأجهزة الذكية، والتي تكون عديمة الفائدة في حال عدم توفر الإنترنت. ومن ثم فإن هذه العملية تسمح باستمرارية الكفاءة التشغيلية وإدارة بياناتها دون خلل. ويعتبر وجود الإنترنت من أهم التحديات والأولويات؛ لأنه حسب مصادر شركة سيسكو Cisco للتكنولوجيا فإن عدد الأجهزة المتصلة تجاوزت عدد سكان العالم لعام ٢٠١١م. وفي عام ٢٠٢٠م سيكون العدد يفوق ٥٠ مليار جهاز متصل حول العالم (Rashid et al, 2021). لذلك عند دراسة مبنى ذكي نجد أنه يحتوي على كم هائل من الأجهزة الذكية الداخلية من مستشعرات وكاميرات مراقبة والأجهزة الخارجية حيث أسهم الإنترنت في تكوين تقنية ذكية تقع على غلاف المبنى الخارجي تعمل كمفلتر للهواء وحلقة تكاملية مع الأجهزة الداخلية في سبيل توفير الظروف المناخية الجيدة (العدوي، ٢٠١٩). ومع تلك الأجهزة والتقنيات المختلفة ذات الاتصال بالإنترنت، يمكن تحديد

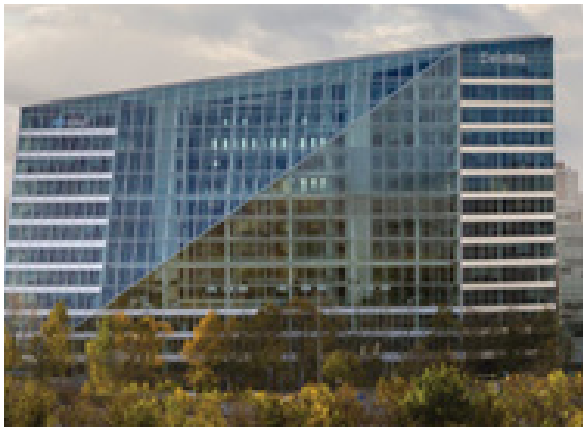


الشكل رقم (١٣). معرفة موقع المستشعر بواسطة

Google – Lac (Pang et al, 2019)

موقع كل جهاز عن طريق نظام خرائط يدعى (Google - Lac) والذي أجرى عليه التجربة (Pang et al, 2019) كما هو في (الشكل ١٣).

يساعد الإنترنت في التوسع باستخدام الأجهزة الذكية وتحسين البيئة التشغيلية في سبيل الوصول إلى مبنى ذي معدل عالٍ من الإدارة الذكية لجميع مرافقه، وبخاصة في المباني الضخمة التي يصعب إدارتها في حال انقطاع الاتصال. ومن المباني التي جعلت تقنية الإنترنت تحتل مكانة عالمية، مبنى ذا إيج (The Edge) الذكي كما في (الشكل ١٤).



الشكل رقم (١٤). مبنى ذا إيج يعتبر أذكى مبنى في العالم

(edge.tech, 2022)

يمكن حصر محاسن عدة للاتصال الدائم بالإنترنت. منها:

- إجراء أبرز التحديثات للتطبيقات المستخدمة في إدارة التشغيل، وإصلاح الأخطاء الواردة من قبل المطورين.
- السرعة في نقل البيانات بين الأجهزة دون عائق، ومعالجتها في أقرب وقت ممكن.
- إمكانية التبادل المعلوماتي بين المبنى والآخر سواء كان على المستوى المحلي أو الدولي.

ومن أهم مساوئ المباني المتصلة بالإنترنت:

- تعرض النظام للهجمات الإلكترونية واختراق الخصوصية.
- في حال وجود اختلاف في سرعة الإنترنت، فإن ذلك ينتج التأخر في إدارة المبنى للأجهزة ومراقبتها.

لذا على المباني الذكية الاستعانة بشبكات إنترنت ذات موثوقية عالية من الأمان، وخالية من الانقطاع والتذبذب في السرعة.

٢,٥ الأمن السيبراني للبيانات وحمايتها

تلتزم العملية التشغيلية الذكية بحماية بيانات المنشأة من الاختراقات الخارجية والداخلية، حيث يجب على النظام الأمني أن يكون شاملاً لأحدث التطبيقات التي تساهم

في الحماية؛ لأن المبنى لديه اتصال بالشبكة العنكبوتية، فهو معرض للهجمات. وتنتج تلك الهجمات إخلالاً في أداء التجهيزات التشغيلية للمبنى، وفقد خصوصية المعلومات سواء كانت لمرافق المبنى أو معلومات العاملين، وهناك أمثلة لا حصر لها عندما تعرضت للاختراقات الأمنية، ومنها اختراق المبنى المكتبي لشركة Google في سيدني عام ٢٠١٣م. ويعزى السبب إلى وجود ثغرات أمنية أتاحت للمستخدمين من الوصول إلى النظام المركزي. ومن ضمن تلك المعلومات التي تم الكشف عنها، المساقط المعمارية للمبنى والتمديدات الكهربائية والميكانيكية، وتمكن الباحثون من حماية أسماء المستخدمين وكلمات المرور الخاصة بهم. وتمت معالجة المشكلات الأمنية من تلك الاختراقات عن طريق شركة تريديوم (Tridium Graveto et al, 2022). يوضح (الشكل ١٥) مبنى قوقل الذي تعرض للهجمات الإلكترونية في أستراليا.

الشكل رقم (١٥). مبنى قوقل في أستراليا (Buildcorp, 2022)

يعتبر الأمن السيبراني من أولويات تشغيل النظام الذكي لأي منشأة؛ نظراً لأن الهجمات الإلكترونية تزداد مع مرور الوقت. وهي علاقة طردية مع عدد الأجهزة الإلكترونية. حيث إنه كلما زاد عدد الأجهزة الذكية كانت لديها فرصة أكبر لتلقي الهجمات.

عند إلقاء الضوء على تقنية إنترنت الأشياء IoT، حتماً ستتعرض للمخاطر الإلكترونية بسبب أن المبنى معزز بهذه التقنية التي تسعى لتوفير راحة المستخدم وعمليات مراقبة مستويات الطاقة؛ لذا فإن الاختراق الإلكتروني ليس مقتصراً على الاطلاع على سرية البيانات، بل هناك مسائل ربما تتعلق بإحداث إنذار وهمي من الحرائق عن طريق التحكم بالمستشعر، أو العمل على تعطيل بعض الدوائر الذكية. حيث إن تلك المشكلات تحدث نتيجة لغياب أو تقصير في زيادة الموثوقية للبنية التحتية أو عدم وجود تطبيق فعلي للمعايير العالمية المتعلقة بعوامل الأمن والسلامة (Al Sharif & Pokharel, 2022). وهناك أنواع مختلفة من المخاطر الأمنية التي تهدد نظام إنترنت الأشياء كما تمت دراستها من قبل (Kandasamy et al, 2020)، وهي:

- مخاطر الأمان والخصوصية المتعلقة في الكشف عن ثغرات النظام بهدف الوصول إلى البيانات التشغيلية للمنشأة كما حدث في عام ٢٠١٤م لشركة إي باي eBay من اختراق لبيانات العملاء وكلمات المرور الخاصة بهم.

- مخاطـر تقنيـة، والتـي تتعلـق بمكونـات النظـام الحاسـوبية الذكيـة مثـل وجـود عيـوب أمنيـة في رقائـق شرائـح الحاسـب الآلي أو وجـود معـدل منخفـض مـن كفـاءة التطبيـق المسـتخدم في حمايـة المعلومـات.

تختلـف أسـاليب المخاطـر الموجهـة نحـو النظـام الذكـي مـن هجـمات إلكترونيـة خارجيـة، وبعـض الأوقـات تكـون عـن طريـق مصـادر داخليـة بواسـطة أقـراص الحاسـب أو USB وغيرهـا. ولتخفيـف حـدة الأضرار الناتجـة مـن تلـك المخاطر، ووفقـاً للمعهـد القومـي للمعايـير والتكنولوجيـا National Institute for Standard & Technology, أصبحـت هنـاك اسـتراتيجيات تسـعى إلى تخفيـف أضرار الهجـمات عـلى الأمـن السـيبراني وهـي: التحديـد والحمايـة والكشـف والاسـتجابة والتعـافي (Sadik et al, 2020) كـما هـو مبـين في (الشـكل ١٦).

مـن أهـم المجـالات التـي يجـب حمايتهـا مـا يسـمى بالبيانـات الكبـيرة (Big Data)، وهـي التـي تحتـوي عـلى معلومـات أي جهـاز داخـل الدائـرة التشـغيلية، مثـل المستشـعرات ومـا تحويـه مـن اسـمها ونوعهـا وموقـع وجودهـا داخـل المبنـى أو عـلى الغـلاف الخارجـي. حيـث إن البيانـات الكبـيرة تتمحـور حـول مهمـة معالجـة البيانـات

الشكل رقم (١٦). آلية أداء الأمن السيبراني (Sadik et al, 2020)

وتخزينهـا بواسـطة معالـج محـدد، ويتـم مـن خلالهـا حفـظ سـلوكيات التشـغيل الذكـي وسـلوكيات المسـتخدمين، وبإمـكان تلـك البيانـات أن تسـاهم في حـل مشـكلة تقنيـة أثنـاء حدوثهـا (Linder et al, 2017).

الجديـر بالذكـر أن النظـام الذكـي يجـب أن يغطـي الجانـب الأمنـي للبيانـات الضخمـة. حيـث تتعـدد الحلـول حـول مجابهـة المخاطـر الموجهـة للبيانـات. منهـا أن يكـون هنـاك نظـام حمايـة للدفـاع عـن البيانـات ومكوناتهـا، والعمـل عـلى تعزيـز وتحسـين قـدرة النظـام الذكـي في إرسـال إنـذارات مسـبقة أثنـاء تلقـي الهجـوم الإلكـتروني (Sun et al, 2021).

٥,٣ التكلفة الأولية لتشغيل المنظومة الذكية

تتماشـى المبـاني الذكيـة بمختلـف أنظمتهـا مـع آخـر المسـتجدات التكنولوجيـة ومـا توصلـت إليـه؛ لـذا ففـي حالـة العمليـات التحويليـة مـن مبنـى تقليـدي إلى ذكـي أو إنشـاء مبنـى ذكـي، فـإن ذلـك يتـم عن طريـق إعـداد ميزانيـة خاصـة بالنظـام وجميع مجالاتـه مـن تشـغيل وصيانـة وتعديـل وتحديـث. وغالبـاً مـا تكـون تكلفـة بداية تشـغيل النظـام مرتفعة إلى حـدٍّ مـا. ومـع مراعـاة الجانـب الآخـر فـإن ذلـك يسـاهم في التخفيـف مـن معـدل اسـتهلاك الطاقـة. وتعتـبر هـذه التكلفـة المرتفعـة أحـرى مـن تكلفـة تشـغيل المبـاني التقليديـة عـلى المـدى البعيـد. وقـد يشـكل العـبء المـادي مانعـاً مـن الانتقـال إلى عـالم الـذكاء الرقمـي. ولا تقتـصر التكلفـة عـلى النظـام

الحاسوبي أو التجهيزات الداخلية، بل تشمل التقنيات الموجودة على الواجهات الذكية، والتي تحتوي على مواد ذكية ومتكيفة مع التغيرات المناخية والمستشعرات التي بمقدورها أن تلعب دوراً بارزاً في التحكم بالبيئة الداخلية من معدل إضاءة وتهوية وتكييف وتدفئة (Al-Qaraghuli & Alawsey, 2016). والمستشعرات الذكية ستعزز من توفير الطاقة وتكون مستجيبة للمناخ والسياق المحيط بالمبنى والراحة الحرارية للمستخدمين بمختلف سلوكياتهم (الصفار، ٢٠١٩).

يمكن التحكم في معدل تكلفة تركيب النظام الذكي من خلال تحديد الأهداف المرجوة والاحتياجات المهمة. على سبيل المثال: تقنية 5G التي يتم توزيع نقاطها على كامل المبنى لغرض جمع البيانات دون الحاجة إلى خطوط أنابيب أو إمدادات للكابلات؛ لأن ذلك حتماً سيودي إلى إعطاء نسبة توفير في التكلفة على مستوى التأسيس والتشغيل والصيانة (Huseien & Shah, 2022).

أجريت دراسة لتكلفة إدارة النظام الذكي للمبنى الجامعي في إندونيسيا. وقد تمت مقارنة العمر الافتراضي للنظام الذكي مع النظام التقليدي كما هو مبين في (الجدول ٤) والتكلفة التشغيلية في (الجدول ٥) حسب دراسة (Berawi et al, 2017).

في المباني الذكية، تصل نسبة تكلفة النظام إلى ٢٥٪ من التكلفة الإجمالية. والتي تعتبر التكلفة

جدول رقم (٤). العمر الافتراضي بين النظام الذكي والتقليدي

مكونات المبنى	مبنى تقليدي (سنة)	مبنى ذكي (سنة)
التكييف (HVAC)	15	25
المصاعد	20	24
الإضاءة	3	30
النظام الأمني	15	20
نظام إنذار الحريق	15	5

Source: (Berawi et al, 2017)

جدول رقم (٥). التكلفة التشغيلية بين النظام الذكي والتقليدي

مكونات المبنى	مبنى تقليدي (دولار)	مبنى ذكي (دولار)
التكييف (HVAC)	69545.61	45250.92
المصاعد	44028.06	29939.28
الإضاءة	81533.47	27178.06
النظام الأمني	327.35	228.94
نظام إنذار الحريق	1700.29	1190.06
المجموع	197134.78	103787.25

Source: (Berawi et al, 2017)

الأولية للتشغيل. وبالمقابل يتم توفير الطاقة وبخاصة طاقة التكييف التي تستحوذ على نسبة عالية تقدر بحوالي ٩٦٪ من القيمة التشغيلية (Berawi et al, 2017). ويمكن خفضها إلى نسبة ٧٠٪ (أحمد أ.، ٢٠١٦). وبعد التشغيل الذكي تكون التكلفة أقل من التشغيل التقليدي؛ نسبة إلى التحكم بالنظام وأن المستخدمين لا يوجدون طوال اليوم داخل المبنى مثل الفترة المسائية؛ لأن الشاغلين لديهم تأثير ملحوظ على التكلفة. ويمكن تقسيم سلوكياتهم إلى فئتين، هما: أولاً: وجود الشاغل داخل الفراغ. حيث يتم توفير

البيئة المناسبة له من خلال التحكم اليدوي كما يحدث في المباني التقليدية. ثانياً: أن المبنى يكون مستجيباً لسلوك الشاغل المتعددة ويعمل على توفير البيئة المثالية له (Fabi et al, 2017). وبمعرفة هذه السلوكيات، يمكن للمبنى الذكي أن ينتج نسبة من التوفير في الموارد المستخدمة.

٦. واقع الإتاحة والاستخدام في مدينة الرياض والأهمية النسبية للاتجاهات والتحديات

بناءً على أهداف البحث، تم إعداد أداة قياسية لجمع المعلومات المطلوبة لتحقيق أهداف الدراسة وهي الاستبانة التي فحواها يدور حول رصد الأهمية النسبية للاتجاهات والتحديات. لذا من خلال استقراء نتائج الإجابات عنها، سيتم التطرق إلى تحليلها بداية من نوعية العينة المستهدفة من الأداة، ومن ثم معرفة الإحصاءات حول مدى إتاحة الاتجاهات في منطقة الدراسة وأهميتها النسبية. وكذلك بالنسبة للتحديات التي تعيق تطبيقها. وفيما يلي سيتم التعرف إلى النتائج التحليلية من استجابات الاستبيان.

٦,١ خصائص عينة الدراسة

المنهجية المستخدمة في علمية المسح الميداني اعتمدت على مشكلة البحث. حيث إن متخصصي المجال الرقمي لتشغيل المباني من مختلفي المستويات، كالأكاديميين المتخصصين في هذا المجال أو المهنيين. وطبقاً لذلك، تم تحديد مجتمع العينة الدراسية وهم: (٨٠ أكاديمياً متخصصاً)، و(٥٤ مكتباً هندسياً في مدينة الرياض عاملاً بمجال التشغيل الذكي تم استخراجهم من الهيئة السعودية للمهندسين. وبافتراض أن كل مكتب يمثل استجابة واحدة منهم)، و (٣٣ شركة مصنعة لأنظمة الذكاء الرقمي لتشغيل المباني). وبلغ المجموع ١٦٦ عينة متنوعة من جهات وأفراد. وبالاعتماد على أحد مواقع حساب عينة الدراسة بلغ عدد العينات (٧٩).

المجالات المحددة من أداة الاستبيان تدور حول العمارة والتصميم الداخلي وأنواع الهندسة الأخرى (ميكانيكا - كهرباء - مدني) وهي ما تتصل بالمجال الرقمي لإدارة المبنى. وتوصلت نتائج الاستجابات إلى ٥٤ من أصل ٧٩ استجابة محددة في مجتمع العينة المحدد سابقاً والتي تمثل حوالي ٧٠٪ من النسبة الإجمالية من الاستجابات. وفيما يلي عملية تحليل المعلومات العامة للمستجيب مثل التخصص والمستوى التعليمي والقطاع المهني من حكومي أو خاص وغيره وعدد سنوات الخبرة المهنية.

من خلال استقراء الاستجابات وترتيبها تنازلياً، يتبين أن المعماريين يشكلون النسبة الراجحة وهي ٤٤٪ وهي حوالي نصف عدد الاستجابات. بينما بلغت الهندسة المعمارية ١٨٪. وأشار بند أخرى إلى ثلاثة مستويات وهي: أولاً: الهندسة الكهربائية حصلت على نسبة ١٣٪؛ لأن المجال الكهربائي لديه صلة وثيقة واطلاع دائم بالتمديدات الرقمية والتطبيقات الحاسوبية التي تتكامل مع التشغيل الذكي للمبنى. ثانياً:

الهندسة الميكانيكية تمثلت بنسبة ١١٪. ثالثاً: الهندسة المدنية أخذت نسبة ٦٪. رابعاً: مجال التخطيط والتصميم العمراني حاز على ٤٪. أما التصميم الداخلي فإنه قد حصل على أقل نسبة هي ٤٪ وهي ما تعادل نسبة التصميم والتخطيط العمراني.

أما المستوى التعليمي فإن لديه اختلافاً كبيراً في النسب المرصودة. حيث يتضح أن درجة البكالوريوس هي النسبة العظمى والتي تقدر بـ ٧٤٪، ودرجة الماجستير نسبتها ٢٠٪، ودرجة الدكتوراه حصلت على نسبة ٦٪ وهي أقل نسبة استجابة.

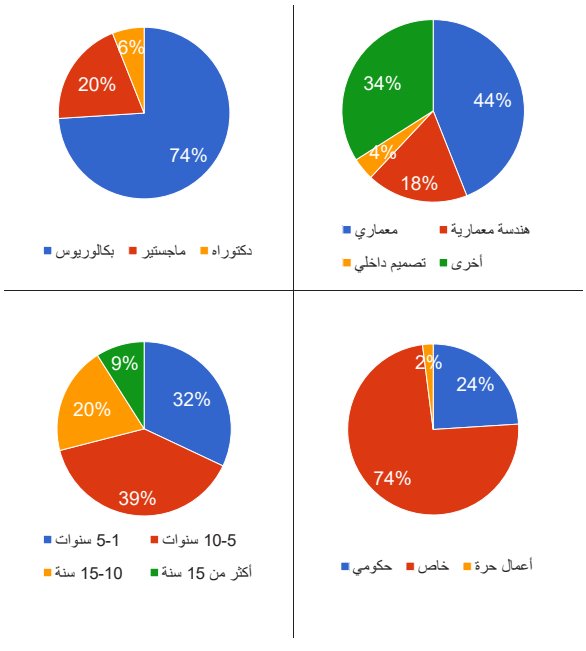
من ضمن المعلومات العامة نوعية الجانب المهني للمستجيب والتي أعطت ثلاثة مؤشرات نسبية (خاص - حكومي - أعمال حرة)، وكان أعلى مؤشر للقطاع الخاص بنسبة ٧٤٪، ثم القطاع الحكومي بنسبة ٢٤٪، وبقية النسبة كانت للأعمال الحرة وهي ٢٪.

ومن ثم تم إحصاء معدلات الخبرة العملية في المجالات المستهدفة. حيث أشارت التحليلات إلى أن معدل الخبرة ٥ - ١٠ سنوات هو الأعلى، والذي يشكل ٣٩٪. ومعدل الخبرة ١ - ٥ سنوات هو ٣٢٪. ومعدل الخبرة ١٠ - ١٥ سنة يمثل ٢٠٪. والأقل هو مؤشر خبرة أكثر من ١٥ سنة ويقدر بـ ٩٪. وفي حالة أكثر تفصيلاً يتبين أن خبرة ١٠ - ١٥ سنة وأكثر من ١٥ سنة تمثلان حوالي ٣٠٪؛ لأن الخبرة ذات المستوى العالي تعطي توصيات واتجاهات أكثر من الأخرى؛ بسبب الممارسة المهنية ذات المدى البعيد التي أنتجت تلك التوصيات. وسيتم ذكر ذلك في مرحلة تحليل البيانات الأخرى.

يبين (الشكل ١٧) رسماً توضيحياً لخصائص العينة الدراسية للمعلومات العامة حول المستجيبين.

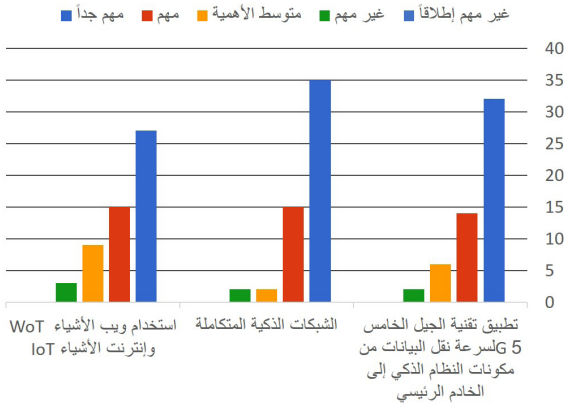
٦,٢ الأهمية النسبية للاتجاهات

تم تناول أهم الاتجاهات الحديثة للتشغيل الذكي للمباني الإدارية. وبواسطة تأثير الاستجابات على أهمية كل من تلك الاتجاهات، كان أعلى نسبة من حيث الأهمية القصوى هو اتجاه الشبكات الذكية المتكاملة؛ نظراً لتأثيرها المباشر على الأداء بشكل رئيس، وأن جميع



الشكل رقم (١٧). خصائص عينة الدراسة

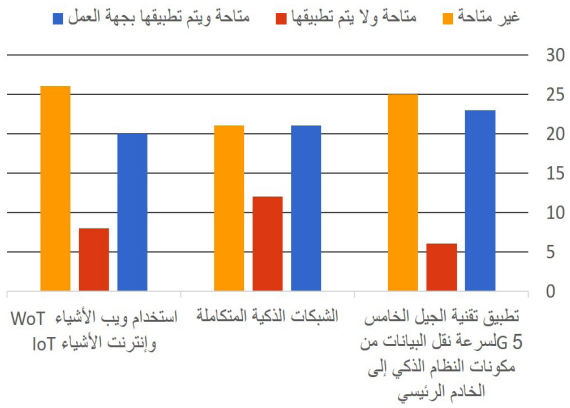
الأجهـزة الذكيـة تحـت نظـام واحـد، حيـث تسـهل مـن عمليـة المراقبـة والتحكـم عـلى الأنظمـة كافـة. ومـن ثـم اتجـاه تقنيـة الجيـل الخامـس 5G فإنـه مقـارب للشـبكات الذكيـة مـن حيـث الأهميـة. أمـا الاتجـاه المتعلـق بويـب وإنترنـت الأشـياء فيتضـح أنـه أقـل نسـبة مـن الآخريـن كـما هـو مبـين في (الشـكل ١٨). وأجمعـت الاسـتجابات عـلى أهميـة الاتجاهـات بمختلـف عناصرهـا لتتماشـى مـع متطلبـات العـصر الحـاضر.



الشكل رقم (١٨). الأهمية النسبية للاتجاهات

٦,٣ واقـع إتاحـة وتطبيـق الاتجاهـات الحديثـة في المملكـة

تصـدرت ويـب الأشـياء وإنترنـت الأشـياء النسـبة العليـا بأنهـا غـير متاحـة في منطقـة الدراسـة. بخـلاف تقنيـة الجيـل الخامـس 5G فقـد كانـت متاحة ويتـم تطبيقهـا في جهـة العمـل للمسـتجيب. ومـن ثـم يوضـح (الشـكل ١٩) مـدى إتاحـة التطبيقـات الحديثـة لبقيـة الاتجاهـات، حيـث إنهـا أصبحـت

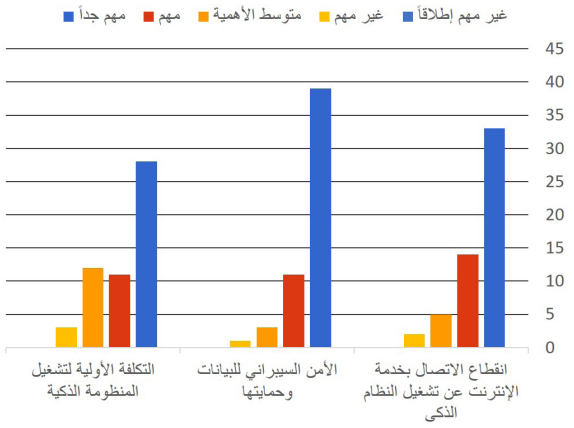


الشكل رقم (١٩). مدى إتاحة اتجاهات التطبيقات في الواقع

متقاربـة في مقـدار نسـبة الإتاحـة. أمـا الاتجـاه المتـاح ولا يتـم تطبيقـه فهـو الشـبكات الذكيـة المتكاملـة، ويعتـبر حـوالي ضعـف الاتجاهـات الأخـرى.

٦,٤ الأهمية النسبية للتحديات وأولويات تناولها

مـن خـلال تحليـل الاسـتجابات لتحديـات الاتجاهـات الرقميـة، كان الأمـن السـيبراني للبيانـات وحمايتهـا مـن أهـم التحديـات التـي يجـب الإلمـام بهـا وتحقيقهـا في تشـغيل المبـاني كـما يعـد مـن العنـاصر الرئيسـة في تشـغيل المبـاني الذكيـة وحمايـة بياناتهـا مـن الاخـتراق الإلكـتروني. وبالنسـبة لأهميـة التحـدي الـذي يتعلـق بالتكلفـة الأوليـة لتشـغيل المنظومـة الذكيـة فإنـه يعتـبر أقـل تحديـاً نظـراً لأن الجانـب المـالي لا يعتـبر عائقـاً أمـام العمليـة التشـغيلية للمبنـى الذكـي، وأن هنـاك ميزانيـات خاصـة بهـذا البنـد. ويبـين (الشـكل ٢٠) معـدل الأهميـة النسـبية للتحديـات وأولوياتهـا في السـوق المحـلي.



الشكل رقم (٢٠). الأهمية النسبية لتحديات الاتجاهات

٦,٥ تحليل بيانات أخرى من الاستبيان

اقترح مجموعة من عينة الدراسة اتجاهات وتحديات متعددة يمكن أن تسهم في التطوير المستمر للعالم الرقمي. والتي تشكل فارقاً كبيراً في إدارة تشغيل المباني. ولعل من أبرز الاتجاهات هي:

- تطبيق تقنية الواقع الافتراضي Virtual Reality والواقع المعزز Augmented Reality لتشغيل المبنى. حيث إن ذلك يساعد على إدارة الأنظمة الذكية من خلال برامج خاصة تعطي تصوراً حول ما سيكون عليه النظام الذكي. كما أنها تسهم في اتخاذ القرارات حول اختيار الأنظمة المناسبة للمبنى، ووجود إلمام كامل لكيفية تشغيل التقنية دون عوائق.
- إدراج تقنية الذكاء الاصطناعي وأجهزة الروبوت لتعزيز عملية المراقبة للأجهزة الذكية ورفع مستوى الإنتاجية لكفاءة العملية التشغيلية.
- إيجاد تقنيات مستدامة؛ لأن بعضها يمكن أن يؤدي إلى أهمية صيانتها وكثرة أعطالها، وهو ما ينتج زيادة في التكلفة وقصوراً في تشغيل المبنى.
- النظر في إمكانية دمج وتوفير التفاصيل الهندسية وأدلة التشغيل والصيانة لمرافق المبنى في البرامج الرقمية مثل: تقنية Building Information Modelling (BIM) وDigital Twin التي تعمل على النقل المباشر للتجهيزات الذكية من مستشعرات وتمديدات كهربائية وميكانيكية وغيرها والاطلاع عليها من خلال البرامج الحاسوبية.

هناك تحديات مقترحة يجب أن تراعى في المستقبل حتى لا ينتج إخفاق في عملية التشغيل. وهي:

- الصعوبة في إيجاد كفاءات مهنية. وإن وجدت لا بد من ضرورة إعداد فريق عمل محترف في المجال الرقمي عن طريق تدريب وتعليم كيفية التعامل مع تطبيقات التشغيل الذكي؛ لأنه يعتبر من التحديات المهمة في منطقة الدراسة. وهذا يساعد في التوسع باستخدام المباني ذات التشغيل الذكي. كما أن التعليم المستمر لهم يجعل من التقنيات المستقبلية سهلة التعامل معها حتى وإن كانت مبتكرة؛ لأن ذلك يتخطى الصعوبة

في الاستخدام الأولي للتقنيات. ويعتبر هذا التحدي من ضمن التحديات التي أجمع عليها معظم المستجيبين.

- استدامة التحديث والإحلال والتجديد للأجهزة الذكية وللبرامج الحاسوبية. حيث إن هذا يتماشى مع تغير التقنية والمتطلبات التشغيلية. كما أن أهمية توفير الأجهزة اللازمة للتوافق مع التقنية المعاصرة تجعل المبنى مواكباً للتطور الرقمي.
- عدم توفير البيانات اللازمة والمتزامنة لتسهيل عمليات التشغيل؛ لأن ذلك قد يشكل عائقاً نحو تحقيق نسبة عالية من كفاءة تشغيل المبنى وحدوث أخطاء بسبب نقص البيانات.
- غياب الكادر المهني لصيانة الأجهزة الذكية، وغياب الشركات المصنعة لتجهيزات المبنى الذكي وهو ما ينتج عنه عدم وجود قطع بديلة في حال تعطل بعض من أجزاء الأجهزة.

٧. النتائج والمناقشة

استهدفت هذه الدراسة استكشاف أهم الاتجاهات الرقمية والتحديات التي تواجه التشغيل الذكي للمباني وواقع تطبيقها في مدينة الرياض. ومن خلال الإجراءات التي تمت لتطبيق منهج الدراسة في مرحلة المراجعات الأدبية ومرحلة الدراسة الميدانية خلصت الدراسة إلى عدد من النتائج، من أهمها:

- ناقشت الدراسة ثلاثة من أهم الاتجاهات الرقمية التي تدعم عملية التشغيل الذكي للمرافق، وتمثلت في تطبيق تقنية الجيل الخامس لسرعة نقل البيانات من مكونات النظام الذكي إلى الخادم الرئيس، والشبكات الذكية المتكاملة، واستخدام ويب الأشياء وإنترنت الأشياء، كما ناقشت الدراسة ثلاثة من أهم التحديات التي تواجه تطبيق الاتجاهات الرقمية الحديثة لتشغيل المباني وتمثلت في: أولاً: انقطاع الاتصال بخدمة الإنترنت عن تشغيل النظام الذكي. ثانياً: الأمن السيبراني للبيانات وحمايتها. ثالثاً: التكلفة الأولية لتشغيل المنظومة الذكية.
- تأثرت التقنيات المستخدمة في تشغيل المباني بالتطورات المتسارعة وبالثورة الرقمية غير المسبوقة التي يشهدها عصرنا الحاضر.
- هناك توسع كبير في تطبيق تقنية الجيل الخامس في تشغيل المباني؛ نظراً لسرعة أدائها وأنها لا تحتوي على متطلبات عديدة كما كانت في التقنيات السابقة التي تتكون من الكابلات والنظام الذكي ذي الشبكات الإدارية المتعددة. وهذه النتيجة تكاد تتوافق مع دراسة (Zhou & Li, 2020) من جانب التكلفة، والتي تعتبر من أهم تحديات العصر كما تم تحليلها من قبل الباحث (Berawi et al, 2017).

- النظام الذكي الذي يستعين بتقنية الجيل الخامس قد يكون بحاجة إلى بعض الكابلات المهمة لدعم تشغيل النظام في حال كان هناك عدم الاتصال بالإنترنت، حيث تكون تلك الكابلات بمنزلة عنصر مساعد في بقاء المبنى قيد التشغيل، حتى وإن كانت العملية دون المأمول في الأداء. وهناك حالات تكون خدمة الاتصال غير متوفرة بسبب ما، وفي بعض العمليات التي تستلزم وجود الاتصال بالرغم من وجود التمديدات الكهربائية مثل تطبيقات إنترنت الأشياء، المتصلة بالنظام بشكل مباشر. كما أنه في بعض الأحيان تكون إدارة المبنى ليست بالمبنى ذاته، وإنما تكون في مكان آخر مثل بعض تجمعات المباني الإدارية حيث إنها تكون على اتصال بالشبكة اللاسلكية.

- التوجه العالمي نحو الذكاء الرقمي جعل من المباني الذكية ذات قيمة عالية على مستوى التشغيل الذي لا ينتج عنه تكلفة مرتفعة كما كانت في تشغيل المباني التقليدية. وإنما التكلفة تكون باهظة في بداية تأسيس النظام. أما مستوى البيئة، فإن العملية الذكية تعمل جاهدة في التقليل من الانبعاثات الضارة. ومع هذا التوجه توسع مفهوم إدارة المباني الذكية، فلم تعد مقتصرة على نظام مركزي تتم إدارته من قبل فريق فني متخصص. بل أصبح بإمكان بعض المستخدمين إدارته كما هو المنفذ من قبل تطبيقات إنترنت الأشياء IoT التي تسمح بتشغيل النظام بمكوناته المتعددة. كما تم ذكرها في دراسة (Daissaoui et al, 2020) من قدرة أي مستخدم من إدارة المبنى كإدارة الطاقة وإعداد بيئة داخلية ملائمة للفراغ.

- ساهمت عملية توحيد إدارات الأنظمة المختلفة من إدارة نظام التكييف والإضاءات والأمان ومكافحة الحرائق في جعل مهمة المراقبة والتحكم تحت مظلة واحدة قادرة على إدارتها وحل المشكلات أثناء وقوعها، ورفع كفاءة استخدام الأنظمة الذكية.

- أظهرت الدراسة الميدانية أن الشبكات الذكية المتكاملة تمثل أهم اتجاه من الاتجاهات الرقمية الثلاثة التي تناولتها هذه الدراسة؛ بسبب أن ذلك يعطي أداء أفضل ومعدل سرعة أعلى من السابق وقدرة الفريق في السيطرة على كافة الأنظمة الواردة في المبنى، ومن ثم كمية البيانات ذات التشغيل الرقمي تكون تحت السيطرة للتحكم بها. وبالنسبة لواقع تطبيقه فإنه يعتبر الأعلى من بين الاتجاهات الأخرى، حيث إن هذا التوجه لم يتم التطرق إليه بشكل مكثف من قبل الدراسات السابقة. كدراسة (Dong et al, 2019) ودراسة (Linder et al, 2017) التي تدور حول البيانات الكبيرة Big Data الناتجة من إدارة الشبكات المتكاملة.

● نظراً لاتصال المباني الذكية المستمر بشبكة الإنترنت؛ للحصول على أفضل أداء تشغيلي، فيجب أن تكون هذه العملية مدعومة بنظام حماية فائق وذي موثوقية عالية ضد الهجمات الإلكترونية. حيث اتضح من الدراسة الميدانية أن تحدي الأمن السيبراني للبيانات وحمايتها من أبرز التحديات التي يواجهها تشغيل المبنى، كما تم استعراض بعض المباني من قبل (Graveto et al, 2022). ويعتبر تحدي التكلفة الأولية لتشغيل المنظومة الذكية من أقل التحديات في الإدارة التشغيلية للمبنى.

● أعطت بعض الاستجابات حول وجود اتجاهات يمكن مراعاتها في المستقبل القريب كتقنية الذكاء الاصطناعي ووجود الروبوتات في المبنى لتسهيل عملية الكشف عن الأخطاء إذا تعذر ذلك من قبل العنصر البشري. وهذا يتوافق مع الحافز الرئيس حول اهتمام المملكة بجانب الروبوتات على أغلب المجالات، والتي من مضمونها إدارة المرافق.

● الاتجاهات التي تم رصدها من قبل بعض الاستجابات هي نتيجة العمل الميداني وما يحويه من اتجاهات لم يتم ذكرها في صلب الدراسة، وإنما كانت ناتجة من متطلبات الوقت الراهن، ومواكبة تحقيق اتجاه المملكة نحو هذا المجال، مثل تقنية التوأم الرقمي Digital Twins. والواقع الافتراضي والمعزز. وهذه الاتجاهات الرقمية تعطي للمباني الذكية منافع متعددة؛ كاتخاذ القرارات في التشغيل والصيانة، ووجود رؤية شاملة لما سوف تصبح عليه المنظومة.

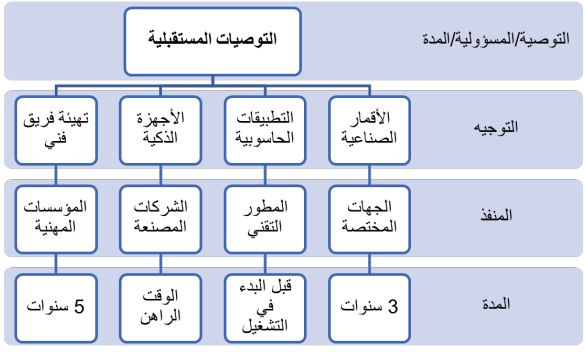
● هناك أوجه قصور في بعض التفاصيل الهندسية والمعرفة في استخدام بعض البرامج الحاسوبية بسبب قلة الكادر المهني، ويؤدي ذلك إلى إخفاق في تحقيق مستوى مأمول من التشغيل، وتجنب بعض التحديات المعاصرة.

٨. التوصيات والرؤى المستقبلية

من خلال محاولة تحسين تشغيل المباني بالتطبيقات الذكية، وما توصلت إليه مؤخراً من مستجدات في العالم الرقمي. يتضح من (الشكل ٢١) إمكانية اقتراح مجموعة من التوصيات التي تضيف لهذا المجال مواصلة التقدم والازدهار.

ويمكن مناقشة التوصيات فيما يلي:

● على الجهات الرسمية ذات الاختصاص بالمجال مثل وزارة الاتصالات وتقنية المعلومات؛ الاستعانة بالاتصال الرقمي مع الأقمار الصناعية في تشغيل المبنى،



الشكل رقم (٢٠). الأهمية النسبية لتحديات الاتجاهات

وذلك عوضاً عن تقنية الجيل الخامس، حتى يتم منع أو تقليل نسبة الاختراقات الإلكترونية. ويمكن تنفيذها خلال السنوات الثلاث القادمة نظراً لزيادة عدد التهديدات على المبنى الذكي، وبخاصة المباني ذات الاستخدام الأمني.

- على المالك وقبل البدء بتشغيل المبنى بناء جسر تعاوني مع مطوري الأنظمة الذكية ذات الموثوقية العالية من الخصوصية والأمان؛ لأن ذلك يجعل من التطبيقات تعمل على تحديث مستمر يمنع من وجود الثغرات.
- على الشركات المصنعة للأجهزة الذكية العمل على تطويرها والحرص على دقة أدائها، مثل: مدى دقة قراءة البيانات من خلال المستشعرات وغيرها، ومن ثم فإن ذلك يعطي محاولة التقليل من انتشار مواقعها، والذي ينعكس إيجاباً على خفض التكلفة العالية، ويمكن تنفيذها في الوقت الحالي.
- على المؤسسات المهنية القيام بتدريب وتعليم وتهيئة فريق فني حول استخدام التطبيقات الذكية في تشغيل المباني؛ لأن هذا سوف يتخطى المصاعب الإدارية التقنية في عدم إتقان العملية التشغيلية. ويمكن تحقيق هذا الطموح في السنوات الخمس المقبلة.

٩. محاور البحث المستقبلية

تم استعراض أهم الاتجاهات الذكية لعمليات تشغيل المباني وتحدياتها. حيث إن هذا البحث تطرق لدراسة هذا المجال في مدينة الرياض. ومن هذا المنطلق، فإن هناك مجموعة من المحاور المستقبلية التي تعزز هذا المجال في المملكة العربية السعودية. وهي موجهة بشكل رئيس للباحثين في المجال. من أهمها:

- تطبيق دراسات مماثلة على مناطق المملكة الأخرى؛ لمعرفة ما إذا كانت هناك اتجاهات أو تحديات مستجدة تتلاءم مع ظروف المنطقة.
- تطبيق دراسات تستهدف زيادة مستوى الأمن السيبراني المرتبط بتطبيق التقنيات الرقمية حيث إن أهم أسباب بطء تطبيق التقنيات الرقمية في السوق المحلي ومن ثم عدم مواكبة التغيرات الرقمية بشكل مباشر ومتسارع، هو احتمالات تعرض المبنى الذكي للاختراقات الأمنية. وهذا يعتبر من أهم التحديات المعاصرة بناء على نتائج الاستجابات.
- دراسة تأثير التشغيل الرقمي على أنواع المباني الأخرى؛ كالمباني التعليمية من مدارس وكليات أكاديمية، والمباني الصحية كالمستشفيات. ومن ثم فإن تلك المباني عادة ما يكون لديها متطلبات محصورة عليها؛ كمراعاة الجانب الصحي وتوفيره

والجانــب الســلوكي؛ لأنهــا تعتــبر مبــاني معقــدة نوعــاً مــا.

- إجــراء دراســات لتحديــد معايــير الاختيــار بــين الأنظمــة الثلاثــة وبحــث تأثــير الوظيفــة الأساســية أو نــوع المبنــى في اختيــار النظــام المناســب.
- إجــراء دراســات لبحــث تأثــير المحــاكاة للنظــام الذكــي لإدارة التشــغيل قبــل التنفيــذ بواســطة الواقــع الافــتراضي أو المعــزز ، بهــدف معرفــة التكلفــة الأوليــة للتجهيــزات وطــرق أداء الأنظمــة الذكيــة.

١٠. المراجع

المراجع العربية

الشــنواني وآخــرون. (٢٠١٩). دراســة تحليليــة لتأثــير تطبيــق ســمات المبانــى الذكيــة عــلى بيئــة المبانى الإداريــة و معــدل إســتهلاك الطاقــة داخلهــا. مــصر: مجلــة القطــاع الهنــدسي لجامعــة الأزهــر.

ســنان الصفــار. (٢٠١٩). اســتخدام التقنيــات الذكية في المبــاني المســتدامة – الشــكل الخارجــي لمبــاني منطقــة الخليــج العــربي كحالــة دراســية. العــراق: مجلــة هندســة الرافديــن.

عصــام محمــد. (٢٠١٩). اســتخدام التقــدم التكنولوجــي في تصميــم فراغــات داخليــة أكثــر تفاعليــة. مــصر: مؤتمــر الفــن وثقافــة الآخــربكليــةالفنــونالجميلــةبجامعــةالمنيــا.

منــار رحيــم. (٢٠١٩). دور التقنيــات الحديثــة في تعزيــز المحــددات التصميميــة لعوامــل الســلامة والأمــان في المبــاني. العــراق: مجلــة العلــوم الهندســية وتكنولوجيــا المعلومــات.

أمــاني أحمــد. (٢٠١٦). نظــام إدارة المبنــى الذكــي ، دراســة بــرج الاتصــالات، مدينــة الخرطــوم. الســودان: رســالة ماجســتير مقدمــة لقســم هندســة العــمارة بجامعــة الســودان للعلــوم والتكنولوجيــا.

شــذى أحمــد. (٢٠١٦). دراســة نظــام إدارة المبــاني في بــرج الهيئــة القوميــة للاتصــالات. الســودان: رســالة ماجســتير مقدمــة لكليــة العــمارة والتخطيــط بجامعــة الســودان للعلــوم والتكنولوجيــا.

منــى العــدوي. (٢٠١٩). دور الأنظمــة الذكيــة الســالبة بغــلاف المبنــى في دعــم تطبيــق العــمارة الخــضراء. القاهــرة: رســالة ماجســتير مقدمــة لكليــة الهندســة بشــبرا بجامعــة بنهــا.

Arabic References

Al-Shanwani and others. (2019). Analytical study of the impact of the application of smart building features on the administrative building environment and the rate of energy consumption within them. Egypt: Journal of the Engineering Sector of Al-Azhar University.

Sinan al-Saffar. (2019). The use of smart technologies in sustainable buildings - the external appearance of the buildings in the

www.gulftoday.ae/business/2021/08/18/experts-highlight-challenges-of-facilities-management-industry

Al Dakheel et al. (2020). Smart buildings features and key performance indicators: A review. Italy: ELSEVIER.

Al Sharif, R., & Pokharel, S. (2022). Smart City Dimensions and Associated Risks: Review of literature. Qatar: ELSEVIER.

Alavi et al. (2021). BIM-based Augmented Reality for Facility Maintenance Management. Spain: 2021 European Conference on Computing in Construction.

Al-Qaraghuli, A., & Alawsey, W. (2016). Intelligent Facades in Buildings Facades of local Office Buildings – Case Study. Iraq: MATEC Web of Conferences.

ARCHITECTURE&DESIGN. (2022). Building automation from Siemens. Retrieved from ARCHITECTURE&DESIGN: https://www.architectureanddesign.com.au/suppliers/siemens-building-technologies/building-automation-from-siemens#

Aste et al. (2017). Building Automation and Control Systems and performance optimization: A framework for analysis. Italy: ELSEVIER.

Attaran, M. (2020). The impact of 5G on the evolution of intelligent automation and industry digitization. USA: Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing.

Awad et al. (2021). Composing WoT services with uncertain and correlated data. Algeria: Springer Link.

Aziz et al. (2016). Building Information Modelling (BIM) in Facilities Management Opportunities to be Considered by Facility Managers. Malaysia: ELSEVIER.

Berawi et al. (2017). Improving building performance using smart building concept: Benefit cost ratio comparison. Indonesia: AIP Publishing.

Arab Gulf region as a case study -. Iraq: Al-Rafidain Engineering Journal.

Essam Mohamed. (2019). Using technological advances to design more interactive interior spaces. Egypt: Art and Culture of the Other Conference, Faculty of Fine Arts, Minia University.

Manar Rahim. (2019). The role of modern technologies in enhancing the design determinants of safety and security factors in buildings. Iraq: Journal of Engineering Sciences and Information Technology.

Patel, D. (2017). Design and Implementation of Intelligent Building /Smart Building. Canada: Master Degree Presented to Electrical and Computer Engineering Department in Ryerson University.

Amany Ahmed. (2016). Smart Building Management System - Study of the Communication Tower - Khartoum City. Sudan: Master›s thesis submitted to the Department of Architecture at Sudan University of Science and Technology.

Shatha Ahmed. (2016). Study of the building management system in the National Communications Authority tower. Sudan: Master›s thesis submitted to the Faculty of Architecture and Planning at Sudan University of Science and Technology.

Mona Al-Adawi. (2019). The role of passive smart systems in the building envelope in supporting the application of green architecture. Cairo: Master›s thesis submitted to the Faculty of Engineering in Shubra, Benha University.

English References

Ahmad, S. (2021, 8 18). Gulf Today. Retrieved from Experts highlight challenges of Facilities Management industry: https://

Power & Energy Society General Meeting (PESGM).

Edge.tech. (2022). The Edge. Retrieved from edge.tech: https://edge.tech/developments/the-edge

Edirisinghe et al. (2017). Building information modelling for facility management Are we there yet. Australia: Emerald Insight.

Eini et al. (2021). Smart building management system: Performance specifications and design requirements. USA.

Fabi et al. (2017). Insights into the effects of occupant behavior lifestyles and building automation on building energy use. Italy.

Ferrara et al. (2020). Optimizing the transition between design and operation of ZEBs: Lessons learnt from the Solar Decathlon China 2018 SCUTxPoliTo prototype. Italy.

Froufe et al. (2020). Smart Buildings: Systems and Drivers. Switzerland.

Gholamzadehmir et al. (2020). Adaptive-predictive control strategy for HVAC systems in smart buildings – A review. Italy.

Ghoneim, A. (2021). The Integration of BIM in Facility Management using AR/VR. Finland: University of Applied Science.

Graveto et al. (2022). Security of Building Automation and Control Systems: Survey and future research directions. Portugal: ELSEVIER.

Hadri et al. (2019). A Comparative Study of Predictive Approaches for Load Forecasting in Smart Buildings. Morocco.

Han, K., & Zhang, J. (2020). Energy-saving building system integration with a smart and low-cost sensing/control network for sustainable and healthy living environments: Demonstration case study. USA.

Hu et al. (2018). BIM-based integrated delivery technologies for intelligent MEP management in the operation and maintenance phase. China.

Bhatia, N. (2016, 8 1). Construction Week-Middle East. Retrieved from How are GCC's FM firms tackling market challenges?: https://www.constructionweekonline.com/products-services/article-40288-how-are-gccs-fm-firms-tackling-market-challenges

Buildcorp. (2022). Workplace 6 Darling Island. Retrieved from Buildcorp: https://buildcorp.com.au/project/workplace-6-darling-island

Carreira et al. (2017). Virtual Reality as Integration Environments for Facilities Management Application and Users Perception. Portugal: Emerald Insight.

Chang et al. (2018). An Automated IoT Visualization BIM Platform for Decision Support in Facilities Management. Taiwan: MDPI.

Chung et al. (2018). Smart Facility Management Systems Utilizing Open BIM and AugmentedVirtual Reality. Korea: International Symposium on Automation and Robotics in Construction.

Chung et al. (2021). Smart Facility Management System Based on Open BIM and Augmented Reality Technology. Korea: MDPI.

Dai et al. (2020). A review of studies applying machine learning models to predict occupancy and window-opening behaviours in smart buildings. China.

Daissaoui et al. (2020). IoT and Big Data Analytics for Smart Buildings: A Survey. France.

Danza et al. (2018). Durability of technologies in the keeping of ZEB's performances. Italy.

Dikel et al. (2018). Potential energy savings from high-resolution sensor controls for LED lighting. Canada.

Dong et al. (2019). A review of smart building sensing system for better indoor environment control. USA.

Dubey et al. (2019). Smart Building Energy Management using Nonlinear Economic Model Predictive Control. USA: IEEE

how-iot-is-building-the-smart-offices-of-tomorrow.html

Moran et al. (2017). Super-insulate or use renewable technology? Life cycle cost, energy and global warming potential analysis of nearly zero energy buildings (NZEB) in a temperate oceanic climate. Ireland.

Mordor Intelligence. (2022). Middle East and Africa Facility Management Market - Growth, Trends, COVID-19 Impact, and Forecasts (2022 - 2027). Mordor Intelligence Inc. Retrieved from https://www.marketresearch.com/Mordor-Intelligence-LLP-v4018/Middle-East-Africa-Facility-Management-32076613/

Nagpal et al. (2021). Optimal energy management in smart sustainable buildings – A chance-constrained model predictive control approach. Luxembourg.

Neuville et al. (2019). Identification of the Best 3D Viewpoint within the BIM Model Application to Visual Tasks Related to Facility Management. Belgium: MDPI.

Olapade, D., & Ekemode, B. (2017). Awareness and utilisation of building information modelling (BIM) for facility management (FM) in a developing economy Experience from Lagos, Nigeria. Nigeria: Emerald Insight.

O›Malley, A. (2020). CAFM systems: simplifying facilities management. Retrieved from PlanRadar: https://www.planradar.com/gb/cafm-systems-simplifying-facilities-management/

Omar, O. (2018). Intelligent building, definitions, factors and evaluation criteria of selection. Lebanon.

Pang et al. (2019). Location aided commissioning of building automation devices enabled by high accuracy indoor positioning. Sweden.

Patel, D. (2017). Design and Implementation of Intelligent Building /Smart Building.

Huseien, G., & Shah, K. (2022). A review on 5G technology for smart energy management and smart buildings in Singapore. Singapore.

Ibaseta et al. (2021). Monitoring and control of energy consumption in buildings using WoT: A novel approach for smart retrofit. Spain.

Jia et al. (2019). Adopting Internet of Things for the development of smart buildings: A review of enabling technologies and applications. USA.

Kandasamy et al. (2020). IoT cyber risk: a holistic analysis of cyber risk assessment frameworks, risk vectors, and risk ranking process. India: EURASIP Journal on Information Security.

Khan, S., & Panuwatwanich, K. (2021). Applicability of Building Information Modeling Integrated Augmented Reality in Building Facility Management. Australia: Springer Link.

Labeodan et al. (2016). On the application of wireless sensors and actuators network in existing buildings for occupancy detection and occupancy-driven lighting control. Netherlands.

Lawal, K., & Rafsanjani, H. (2022). Trends, benefits, risks, and challenges of IoT implementation in residential and commercial buildings. USA: ScienceDirect.

Lilis et al. (2017). Towards the next generation of intelligent building: An assessment study of current automation and future IoT based systems with a proposal for transitional design. Switzerland.

Linder et al. (2017). Big Building Data - a Big Data Platform for Smart Buildings. Switzerland.

Lohia et al. (2019). Open Communication Protocols for Building Automation Systems. India.

Mansuri, S. (2022). How IoT is building the smart offices of tomorrow? Retrieved from peerbits: https://www.peerbits.com/blog/

Prospects. China: KeAi.

Trothe et al. (2019). Fault Isolability Analysis and Optimal Sensor Placement for Fault Diagnosis in Smart Buildings. Denmark: MDPI.

Wang et al. (2022). Exploring a body of knowledge for promoting the building information model for facility management. Malaysia: Ain Shams Engineering Journal.

Wilberforce et al. (2021). A review on zero energy buildings – Pros and cons. UK: KeAi.

Williston, K. (2016). Bring Smart Building Tech to Smaller Facilities. Retrieved from insight.tech: https://www.insight.tech/content/bring-smart-building-tech-to-smaller-facilities

Wyke, S., & Svidt, K. (2019). Virtual Reality based Facilities Management planning. UK: CIB.

Zhou, Y., & Li, L. (2020). The 5G communication technology-oriented intelligent building system planning and design. China.

Zong et al. (2019). Model Predictive Control for Smart Buildings to Provide the Demand Side Flexibility in the Multi-Carrier Energy Context: Current Status, Pros and Cons, Feasibility and Barriers. Denmark.

Web References

ARCHITECTURE&DESIGN. (2022). Building automation from Siemens. Retrieved from ARCHITECTURE&DESIGN: https://www.architectureanddesign.com.au/suppliers/siemens-building-technologies/building-automation-from-siemens#

Buildcorp. (2022). Workplace 6 Darling Island. Retrieved from Buildcorp: https://buildcorp.com.au/project/workplace-6-darling-island

edge.tech. (2022). The Edge. Retrieved from edge.tech: https://edge.tech/developments/the-edge

Canada: Master Degree Presented to Electrical and Computer Engineering Department in Ryerson University.

Plageras et al. (2018). Efficient IoT-based sensor BIG Data collection–processing and analysis in smart buildings. Greece.

Rashid et al. (2021). Communication and Network Technologies of IoT in Smart Building: A Survey. Iraq: NTU Journal of Engineering and Technology.

Sadik et al. (2020). Toward a Sustainable Cybersecurity Ecosystem. Bangladesh: MDPI.

Salem et al. (2020). BIM AND VR/AR TECHNOLOGIES: FROM PROJECT DEVELOPMENT TO LIFECYCLE ASSET MANAGEMENT. USA: ISEC.

Sandberg et al. (2021). Large potentials for energy saving and greenhouse gas emission reductions from large-scale deployment of zero emission building technologies in a national building stock. Norway.

Serrano, W. (2021). iBuilding: artificial intelligence in intelligent buildings. UK: Journal of Neural Computing and Applications.

Shah, J., & Mishra, B. (2016). Customized IoT enabled Wireless Sensing and Monitoring Platform for Smart Buildings. India.

Sheikhnejad et al. (2020). Can buildings be more intelligent than users?- The role of intelligent supervision concept integrated into building predictive control. Portugal.

Shi et al. (2016). A Multiuser Shared Virtual Environment for Facility Management. USA.

Shouab, K. (2022, 2 15). Smart Top Management. Retrieved from Management: http://smart-top-management.com/Building_Management_Systems.aspx

Sun et al. (2021). Data security governance in the era of big data: status, challenges, and

Mansuri, S. (2022). How IoT is building the smart offices of tomorrow? Retrieved from peerbits: https://www.peerbits.com/blog/how-iot-is-building-the-smart-offices-of-tomorrow.html

O›Malley, A. (2020). CAFM systems: simplifying facilities management. Retrieved from PlanRadar: https://www.planradar.com/gb/cafm-systems-simplifying-facilities-management/

Williston, K. (2016). Bring Smart Building Tech to Smaller Facilities. Retrieved from insight.tech: https://www.insight.tech/content/bring-smart-building-tech-to-smaller-facilities

doi:10.33948/JAP-KSU-35-2-1

Top Trends and Challenges of Smart Technologies to Enhance the Operation Management of Office Buildings and the Reality of its Practice in Riyadh City, KSA

Abdullah A. Al-Surour **Ahmed Omar M. S. Mostafa**

MSc Student *Associate Professor*

College of Arch. And Planning, King Saud University, KSA.

442105694@student.ksu.edu.sa *ahmedoms@ksu.edu.sa*

Received 10/4/2022; accepted for publication 26/10/2022

Abstract. The rapid developments in most areas of digital technologies have led to parallel developments in computer applications and smart systems that affected all aspects of life social and professional fields, including the field of Facility Management (FM). Despite the diversity of smart technologies trends that could support and improve FM activities, the literature review showed an imbalance of its coverage in different studies and a lack of sufficient data about the reality of its availability, priority, practice, and the challenges facing its application in the local market of Saudi Arabia. This represents the research gap, problem, and incentive for this research, which aims to explore the top trends of smart technologies to enhance the Operation Management of Office buildings, the challenges facing its application, and the reality of its practice in Riyadh city, Saudi Arabia. These types of data are important to support the decision-makers in directing the necessary support and resources to achieve the effectiveness of smart technologies' application, overcome the challenges it faces, and take advantage of its capabilities in achieving user comfort and operating sustainability. The research adopted the descriptive analytical approach in its first part to explore top trends and challenges, and the descriptive survey approach in its second part to explore the reality of smart technologies' Practice in the Saudi local market. The research is considered one of the important initiatives of "bridging the research gap", encouraging future studies in this research field, and documenting the reality of smart technologies' practice in the Saudi local markets to support decision makers in directing related resources for developing such ternds. In addition, the research is compatible with the Saudi Vision 2030 related to coping with the rapid international developments of smart technologies and digital transformations.

Key words: Smart Buildings, Building Management Systems, BMS, Internet of Things (IoT), Web of Things (WoT), 5G technologies..