

منهجية لتحقيق التكامل بين التصميم المعماري وعمليات الصيانة والتشغيل بالمشآت العامة

غسان بن عبد المجيد الفلاح

أستاذ مساعد، كلية العمارة والتخطيط، جامعة الملك سعود، المملكة العربية السعودية

galfalah@ksu.edu.sa

قدم للنشر في ١٤٤١/٩/٦ هـ؛ وقبل للنشر في ١٤٤٢/٤/٩ هـ.

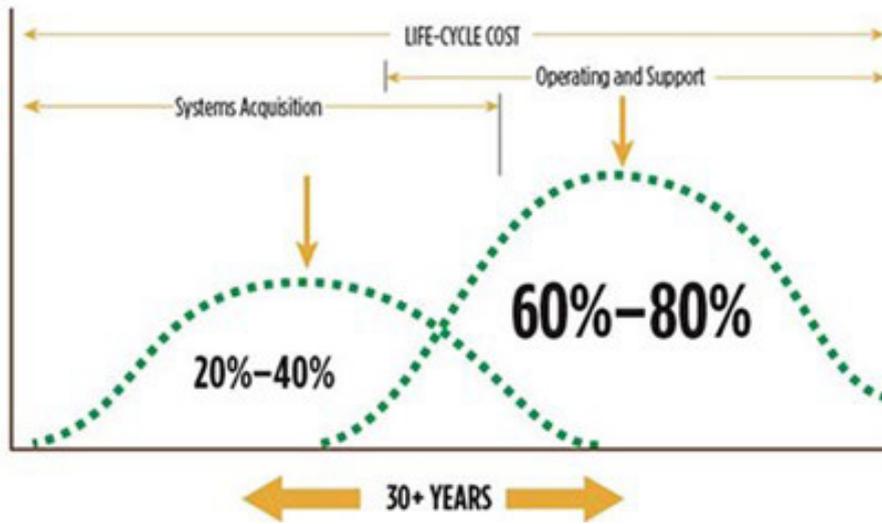
ملخص البحث. دور إدارة المرافق في القرارات المتخذة خلال مرحلة التصميم، يعدُّ من الأدوات الضرورية التي يجب على المعماري الاعتماد عليها خلال مرحلة التصميم. إلا أن هذا الدور لم يتم تطويره بالشكل المطلوب في دول العالم الثالث بشكل عام، والمملكة العربية السعودية، ونحصر فقط بتحقيق الصيانات الدورية بعد التشغيل. لذا؛ يهدف البحث إلى تحديد ودراسة العوامل التي تحقق كفاءة قابلية المنشآت العامة للصيانة من خلال مراحل تصميم المنشأة العامة من خلال: (١) تحديد ودراسة العوامل التي تسهم في بناء تعزيز قابلية الصيانة خلال مراحل تصميم المنشأة. (٢) تطوير منهجية تمكن من تحديد مستوى الأهمية لكل معيار من معايير التصميم من أجل الصيانة. (٣) تطوير منهجية لاكتساب المعارف والممارسات المتعلقة بالصيانة بشكل منهجي وتوثيقها بشكل صحيح خلال عملية التصميم. اتبع البحث منهج بناء المعرفة من مراجعة الأدبيات والممارسين المهنيين عن طريق المراجعات الأدبية السابقة والمقابلات مع المختصين، إضافة إلى استخدام مؤشر الأهمية النسبي لتقييم معايير قابلية الصيانة وترتيبها حسب الأولوية. خلص البحث إلى أن هناك عشرة معايير يجب مراعاتها خلال عملية التصميم، وهي: الوصولية، والمتانة، وقابلية التنظيف، وتوافر المواد، والتوحيد القياسي، والبساطة والمرونة، والنمطية، والقدرة على استقراء والتحكم في النظم ورغبة المستخدم وإكسسوارات المنشأة. وكان من أهم تلك المعايير التي يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار خلال العملية التصميمية، الوصولية. وتوافر المواد والمتانة من أهم معايير الصيانة التي يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار في مراحل التصميم الأولى لأي منشأة بمستوى أهمية ٩٤٪، ٩٨٪، ٨٧٪ على التوالي. أوصى الباحث بأهمية إنشاء قاعدة بيانات معرفية مشتركة على المستوى الوطني لسد الفجوة المعرفية في نقص المعلومات حول معرفة معايير قابلية الصيانة. تكمن أهمية البحث في مساعدة الممارسين الذين يهدفون إلى تصميم مشاريع يمكن صيانتها بسهولة، ويسعون إلى توفير المستوى الأكثر كفاءة من الخدمات لشاغلي المبنى والمالكين.

الكلمات المفتاحية: إدارة المرافق، التصميم من أجل الصيانة، صيانة وتشغيل المنشآت، دورة حياة المنشأة.

١. المقدمة

يشكل عامل ضغط كبير على ميزانيات صيانة وتشغيل المنشآت في الوقت الحاضر. ومن أهم المعايير التي أدت إلى نشوء كثير من المشاكل سابقة الذكر، هو أنه عادة لا يعطي المماريون تلك القضايا (عملية المواءمة بين تنوع وتعقد الأنظمة الهندسية في المنشآت، وتكاليف الصيانة التي ترتفع تدريجياً مع الوقت، ومحدودية الميزانيات المخصصة، وارتفاع تطلعات وتوقعات المستخدمين)؛ اهتماماً كبيراً بقدر تركيزهم أكثر على التكاليف المالية للمبنى، بما في ذلك تكاليف التصميم والإنشاء (Rounds, 2018; Wu and Clem-ents-Croome, 2007)، ما يدخل كثيراً من المنشآت في مشاكل تشغيلية وصيانة لا حصر لها تعوقها عن تحقيق أهدافها، حيث يشير (Rounds, 2018) إلى أنه عادةً ما يتم إنفاق ٦٠-٨٠٪ من التكلفة الإجمالية خلال مرحلة التشغيل والصيانة كما يبين الشكل (١).

يشهد العالم اليوم ازدهاراً كبيراً في سوق البناء، وأحد أهم معايير النجاح لأي منشأة ترغب في التميز في هذا السوق الضخم والمتنوع، هو قدرة تلك المنشأة على النجاح في تحقيق أهدافها، سواء كانت مادية أو معنوية. ويعتمد تحقيق النجاح عادةً على العديد من المعايير التي لها تأثير مباشر أو غير مباشر على أداء المنشآت. ولكن بسبب تنوع وتعقد الأنظمة الهندسية في المنشآت (Abraham, 2002)، وارتفاع تكاليف الصيانة، ومحدودية الميزانيات المخصصة، وارتفاع تطلعات وتوقعات المستخدمين (Lai, 2010)، وارتفاع وتنوع عيوب الصيانة الناتجة عند التشغيل (Chong and Low, 2006)، وارتفاع المخاوف المتزايدة لقضايا الأمن والسلامة في المنشآت (Moon et al., 2015)؛ أصبح كل هذا



الشكل رقم (١). تكاليف التشغيل والصيانة أكبر بثلاثة أضعاف من تكلفة الإنشاء الأولي. وإن تكاليف التشغيل والصيانة يمكن أن تعادل ٦٠٪ إلى ٨٠٪ من جميع تكاليف دورة الحياة (Rounds, 2018).

وتخفيض التكاليف المرتفعة.

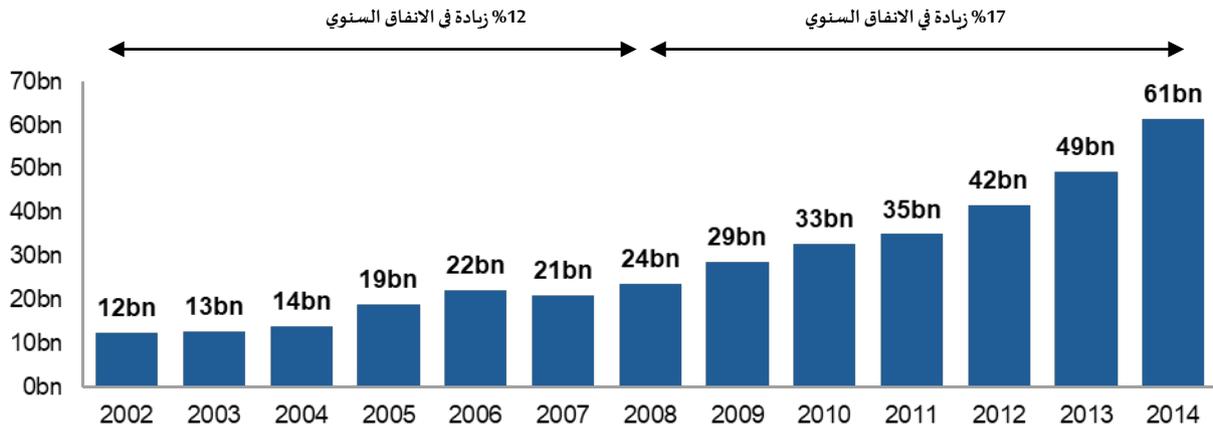
اعتمد البحث على النهج التحليلي النقدي في إطار استراتيجية متعددة الأبعاد تتضمن عدداً من طرق البحث، هذه الطرق تشمل العمل الميداني (مراجعة الدراسات السابقة، ومسح ميداني ودراسة استطلاعية لواقع قابلية المنشآت العامة للصيانة) وتوزيع استبيانات مصممة. ولتحديد المتغيرات الأولية التي تشكل دليل المقابلات الشخصية، تمت مراجعة معايير قابلية المنشآت العامة للصيانة، والتي تعدُّ حتى الآن أكثر المعايير شمولية ومنهجية بالنسبة لقياس قابلية المنشآت العاملة للصيانة. المعلومات الناتجة عن هذا الاستقصاء ستشكل أساساً لتحديد مستوى الأهمية لكل معيار من معايير قابلية المنشآت العامة للصيانة لترتيبها حسب أهمية كل معيار بالنسبة للآخر.

١, ١ سوق إدارة المرافق في المملكة العربية السعودية:

تعدُّ صناعة إدارة المرافق في المملكة العربية السعودية واحدة من الصناعات الواعدة في الآونة الأخيرة، ويعزى ذلك إلى نمو قطاع البنية التحتية مدعوماً بالإنفاق الحكومي (جاهد، ٢٠١٠). فمن خلال دراسة قامت بها اللجنة الوطنية لتقنين أعمال التشغيل والصيانة وتقييسها في المملكة العربية السعودية لدراسة حجم الإنفاق الحكومي في المملكة العربية السعودية على التشغيل والصيانة وكيفية تطوره خلال العقود الماضية

في ضوء ذلك، أوصى كثير من الباحثين (Jaafar and Othman, 2016; Chong and Low, 2006) بضرورة مشاركة مدير المرافق في العملية التصميمية، ومشاركة المعماري المعايير التي تساعد على تحقيق المواءمة بين تنوع وتعقد الأنظمة الهندسية في المنشآت، ومتطلبات الصيانة، وتحقيق ميزانية التشغيل والصيانة الأمثل لذلك، بما لا يؤثر في تطلعات وتوقعات المستخدمين.

لذا يهدف البحث إلى تحديد ودراسة العوامل التي تحقق كفاءة قابلية المنشآت العامة للصيانة من خلال مراحل تصميم المنشأة لتحقيق أفضل أداء تشغيلي للمنشآت، وتحقيق التكامل بين معايير الصيانة والتصميم المعماري، والتي تركز على الأداء وإدارة جوانب صيانة المباني المختلفة عن طريق تحقيق مفهوم «قابلية الصيانة»، من خلال التالي: (١) تبدأ هذه الورقة تحديد ودراسة العوامل التي تسهم في بناء تعزيز قابلية الصيانة خلال مراحل تصميم المنشأة. (٢) تطوير منهجية تمكّن من تحديد مستوى الأهمية لكل معيار من معايير التصميم من أجل الصيانة. (٣) أخيراً: كيف يمكن اكتساب المعارف والممارسات المتعلقة بالصيانة بشكل منهجي وتوثيقها بشكل صحيح خلال عملية التصميم لتقليل التكلفة للمساهمة بسهولة الصيانة وتخفيض تكاليف الصيانة والتشغيل المرتفعة، ولمساعدة المعماريين ومديري المرافق على تحقيق التكامل فيما بينهم من خلال دمج الصيانة خلال مرحلة تصميم المنشأة، وبالتالي المساهمة برفع كفاءة عمليات الصيانة

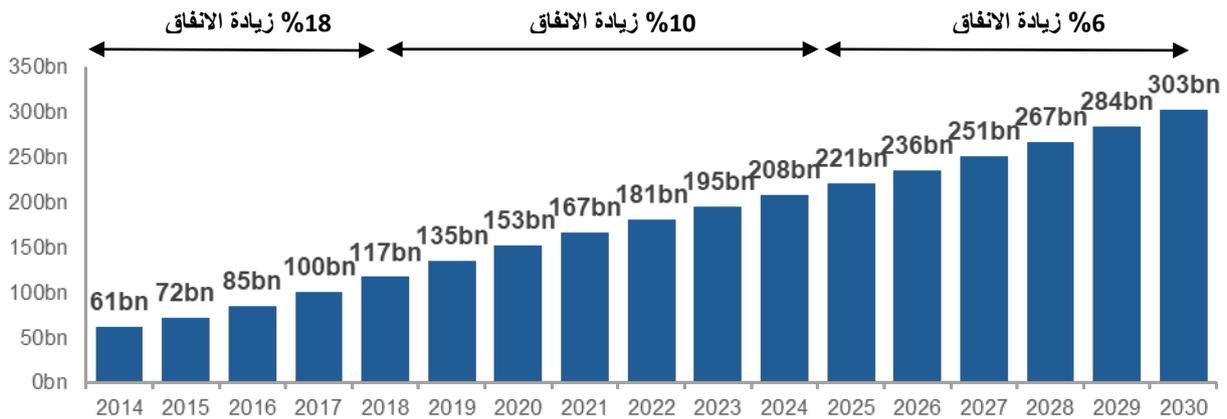


الشكل رقم (٢). حجم الإنفاق الحكومي في المملكة العربية السعودية على التشغيل والصيانة وكيفية تطوره خلال العقود الماضية ابتداءً من عام ٢٠٠٢ إلى عام ٢٠١٤ (اللجنة الوطنية لتقنين أعمال التشغيل والصيانة وتقييسها في المملكة العربية السعودية، ٢٠١٨).

الحقبة الثانية فكانت بين عامي ٢٠٠٨ إلى ٢٠١٤ بزيادة إنفاق بمعدل ١٧٪ عن الحقبة الأولى تبدأ بـ ٢٤ مليار ريال في ٢٠٠٨ وتنتهي بـ ٦١ مليار ريال في ٢٠١٤. كما يبين الشكل (٢).

كما يبين الشكل (٣) الحقبة الثالثة والأخيرة التي كانت بين عامي ٢٠١٤ إلى ٢٠١٨ بمعدل نمو يصل إلى ١٨٪، مدعوماً بحجم المشاريع الكبير التي كانت تحت التنفيذ، والتي

ابتداءً من عام ٢٠٠٢ إلى عام ٢٠١٤ (اللجنة الوطنية لتقنين أعمال التشغيل والصيانة وتقييسها في المملكة العربية السعودية، ٢٠١٨)؛ تُبين لنا هذه الدراسة أن الإنفاق الحكومي مر بثلاث حقب زمنية، الأولى كانت خلال عام ٢٠٠٢ إلى عام ٢٠٠٨ بزيادة معدل الإنفاق الحكومي على التشغيل والصيانة بمقدار ١٢٪ ابتداءً بـ ١٢ مليار ريال في ٢٠٠٢ إلى ٢٤ مليار ريال ٢٠٠٨. أما

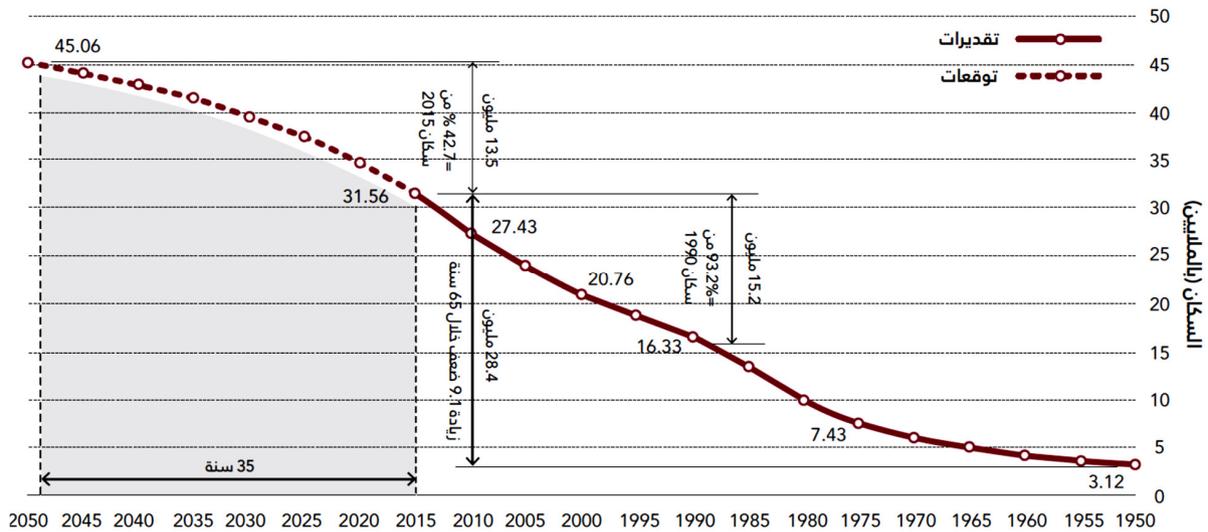


الشكل رقم (٣). حجم الإنفاق الحكومي في المملكة العربية السعودية على الصيانة والتشغيل المتوقع في عام ٢٠٣٠ (اللجنة الوطنية لتقنين أعمال التشغيل والصيانة وتقييسها في المملكة العربية السعودية، ٢٠١٨).

والتشغيل والصيانة في الجهات العامة، بتاريخ ٨ / ١١ / ١٤٣٨ هـ، بحيث يغطي نطاق عمل هذا البرنامج خمسة مجالات أساسية، وهي: (١) المعايير / التعليمات الإرشادية الخاصة بإدارة المرافق. (٢) الامتثال: ضمان الامتثال للمعايير الموضوعية وذلك من خلال التدريب والتدقيق والرقابة. (٣) العقود / المشتريات: تصميم العقود / المشتريات الخاصة بخدمات إدارة المرافق. (٤) إعداد الموازنة: وضع الموازنات أو الإشراف عليها. وأخيراً (٥) إدارة الممتلكات / المرافق الحكومية: إدارة الممتلكات الحكومية وترشيدها. وذلك للتأكيد على إعادة هيكلة قطاع التشغيل والصيانة في الجهات العامة، وتوحيد مواصفات التشغيل والصيانة، ورفع كفاءة الإنفاق وإعطاء دور أكبر للقطاع الخاص، ورفع كفاءة العاملين وتوطين الوظائف، ووضع نظام مالي يحدد أسس إعداد ميزانيات الصيانة.

تقع ضمن الخطة التاسعة والعاشرية. ففي عام ٢٠١٨ فقط، يقدر حجم سوق إدارة المرافق في المملكة العربية السعودية بنحو ٣٠ مليون دولار، ومن المتوقع أن يصل إلى أكثر من ٨٠ مليون دولار في عام ٢٠٣٠، محققاً معدل نمو سنوي مركب بأكثر من ١٥٪. ويرجع هذا النمو الكبير في سوق إدارة المرافق في المملكة العربية السعودية إلى زيادة استخدام تطبيقات إدارة المرافق في كل من المنشآت التجارية، المنشآت السكنية، مشاريع البنية التحتية، المنشآت الصناعية، وزيادة عدد السكان المتوقعة، والذي مقدر أن يصل إلى نحو ٤٠ مليون نسمة في عام ٢٠٣٠، كما يبين الشكل (٤)، (وزارة الشؤون البلدية والقروية، ٢٠١٨).

ولمعالجة هذه المشاكل، عمدت المملكة العربية السعودية إلى إنشاء جهة مسؤولة عن الإدارة الاستراتيجية للمرافق الحكومية، وهي البرنامج الوطني لدعم إدارة المشروعات



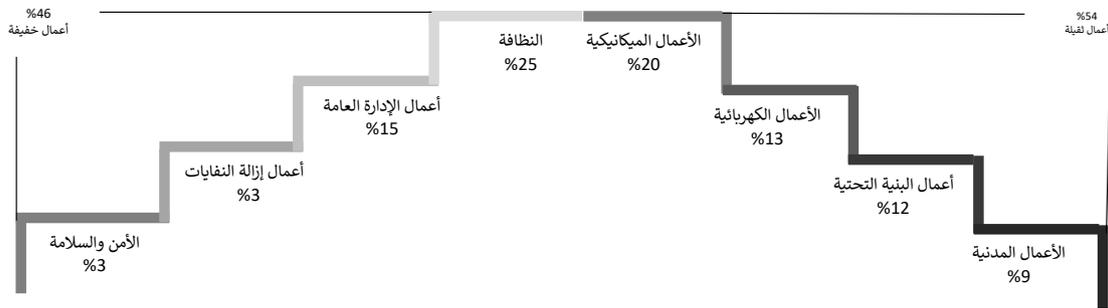
الشكل رقم (٤). النمو السكاني في المملكة العربية السعودية ١٩٨٥ - ٢٠٥٠ (وزارة الشؤون البلدية والقروية، ٢٠١٨).

٢. مشكلة البحث

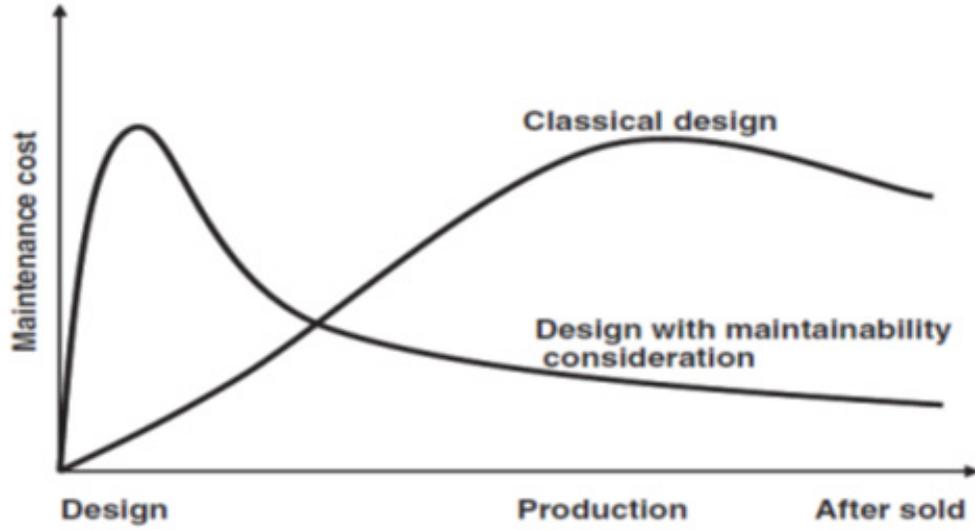
لكن ومع كل هذا الاهتمام الحكومي الواضح في حجم الإنفاق الكبير مقارنة بالأسواق الإقليمية والعالمية الذي كان واضحاً في الخطط التنموية الخمسية، وما أسفرت عنه من تطور ونهضة عمرانية شاملة للمملكة؛ إلا أن مشاريع الصيانة في المملكة العربية السعودية ما زالت تواجه ضعفاً في الكفاءة رغم استحوادها على ١٥ في المائة من ميزانية ٢٠١٩ المخصصة لإدارة المرافق (وزارة المالية، ٢٠٢٠). حيث بينت الدراسة المعدة من اللجنة الوطنية لتقنين أعمال التشغيل والصيانة وتقييمها في المملكة العربية السعودية (٢٠١٨)، أن تكلفة أعمال التشغيل والصيانة فاقت في متوسطها المستويات القياسية العالمية بنسبة ٢٠ بالمائة، مقارنة بالمرافق المماثلة عالمياً، بينما كان مستوى الجودة فيها أقل بواقع ٦٠ بالمائة تقريباً. وقد أشارت الدراسة إلى أن الصيانات الخفيفة مثلت ٤٦٪، والصيانات الثقيلة مثلت ٥٤٪، من إجمالي المصاريف الحكومية على أعمال إدارة المرافق المختلفة حسب الشكل (٥).

ولكن بينت الدراسة نفسها أنه إذا ما كانت أعمال التشغيل والصيانة نفذت وفقاً للمعايير العالمية لأفضل الممارسات، لكانت التكاليف المتراكمة المستحقة بالقيمة الحالية أقل خمسمائة مليار ريال للخمسة عشر عاماً القادمة.

ولأن مشاركة مدير إدارة المرافق في المرحلة الأولى بالتصميم تعدُّ من المعايير والممارسات العالمية التي تساعد على تخفيف التكاليف التشغيلية والرفع من كفاءتها خلال دورة حياة المنشأة، وتحقق التكامل بين معايير الصيانة والتصميم المعماري، خاصة أن كثيراً من تحديات التشغيل والصيانة التي يواجهها مدير المرافق في مرحلة التشغيل ترجع إلى القرارات غير الموفقة المتخذة خلال مرحلة التصميم. وهذا ما خلص إليه كل من (De Silva et al. 2004) و (Slavila et al. 2005)، وهو أنه من الأهمية وجود استراتيجيات تعتمد على معايير تساعد المعماري على تحقيق تقليل تكاليف دورة حياة المنشأة وتزيد من عمر الأصول لتحقيق أعلى درجات الكفاءة التشغيلية في إدارة المرافق، وذلك قبل



الشكل رقم (٥). نسبة الإنفاق الحكومي في المملكة العربية السعودية لأعمال إدارة المرافق بناء على كل خدمة (اللجنة الوطنية لتقنين أعمال التشغيل والصيانة وتقييمها في المملكة العربية السعودية، ٢٠١٨).



الشكل رقم (٦). يتجلى الاهتمام بزيادة قابلية صيانة المنشآت من خلال تقليل تكاليف دورة الحياة وزيادة عمر الأصول (Slavila et al., 2005).

نعيشه حالياً. كل هذه المسببات أدت إلى أن تكون مواصفات مواد المنشآت ضعيفة. كذلك النقص في المعلومات حول معايير قابلية الصيانة لاختيار مواد البناء ونقص الأدوات والبيانات لمقارنة البدائل المادية من حيث قابلية الصيانة، أدى إلى تفاقم مشاكل الصيانة. وإضافة إلى ذلك، رغم أن معظم المنشآت الحكومية تحتفظ بسجلات الصيانة، إلا أن هذه السجلات غير مستغلة بالكامل في وقت العمل اليومي، بل يعتمدون في ذلك على أشخاص محددين في مواجهة مشاكل الصيانة، ما قد يشكل ذلك خطراً كبيراً على المنشأة في حال مغادرة هؤلاء الأشخاص في حل مشاكل الصيانة. كما أن القليل من هذه المنشآت العامة استخدمت البيانات التاريخية بغرض تحسين قابلية صيانة النظام في منشآتها الجديدة، إضافة إلى أن معظم المنشآت الحكومية التي طورت سياسات

مرحلة التشغيل، كما يوضح الشكل (٦). وفي دراسة أخرى لقياس أداء المنشآت، أثبت (Gan-isen et al., 2015) أن الاعتماد على معايير إدارة المرافق بما يخص الصيانة والتشغيل، هو أفضل منهجية يمكن أن يتبناها المعماري بمشاركة من مدير المرافق لتخفيف تلك التكاليف وتحسين أداء المنشآت التشغيلية، من خلال ربط عمليات التصميم بعمليات وسياسات الصيانة والتشغيل.

أيضاً، لا تزال مشاركة مدير المرافق في مرحلة التصميم تتمتع بمقاومة كبيرة في الممارسة العملية (Liu and Issa, 2016; Meng, 2013)، ولا يزال هناك نقص في الممارسات والتقنيات التي يمكنها نقل المعلومات بين مرحلة التصميم والبناء ومرحلة التشغيل والصيانة (Liu and Issa, 2016)، خاصة مع التقدم التكنولوجي الذي

٣. أهداف البحث

تحديد ودراسة العوامل التي تحقق كفاءة قابلية المنشآت العامة للصيانة من خلال مرحلة تصميم المنشأة لتحقيق أفضل أداء تشغيلي للمنشآت، وتحقيق التكامل بين معايير الصيانة والتصميم المعماري، والتي تركز على الأداء وإدارة جوانب صيانة المباني المختلفة عن طريق تحقيق مفهوم «قابلية الصيانة»، من خلال:

- دراسة العوامل التي تسهم في بناء تعزيز قابلية الصيانة خلال مراحل تصميم المنشأة.
- تطوير منهجية تمكّن من تحديد مستوى الأهمية لكل معيار من معايير التصميم من أجل الصيانة.
- استنتاج خطوات عملية وتطبيقها لتطوير وتحديث معايير قابلية الصيانة في المنشآت العامة.

٤. منهجية البحث

بناءً على الهدف الرئيسي للبحث المتمثل في تحديد ودراسة المحددات التي تساعد على تحقيق التكامل بين معايير الصيانة والتشغيل من جهة، والتصميم المعماري من جهة أخرى، للمساهمة برفع كفاءة عمليات الصيانة وتخفيض التكاليف المرتفعة؛ فقد اعتمد البحث في جمع البيانات

تتعلق بالصيانة، كانت تستند بشكل أساسي إلى خبرتها الخاصة، والتي لا يمكن مشاركتها مع المنشآت الحكومية الأخرى.

لذلك، نجد أن كثيراً من المنشآت في دول العالم الثالث بشكل عام والمملكة العربية السعودية بشكل خاص (Hassanain et al., 2013; Ihsan and Alshibani, 2018)، تعاني ارتفاع تكاليف الصيانة والتشغيل في منشآتها، وتدني كفاءتها وسرعة تدهورها قبل عمرها الافتراضي، مقارنة بالإنفاق الحكومي الضخم لتلك المنشآت (الحمدي، ٢٠١٦). وذلك بسبب غياب التكامل بين العملية التصميمية وعمليات الصيانة والتشغيل في المراحل الأولى لتصميم المنشأة، ولا يتم التفكير في استراتيجيات عمليات الصيانة والتشغيل إلا في وقت متأخر، ما يجعل مدير المرافق يعاني في إدارة منشآته وتدخله في دوامة لا تنتهي من مشاكل الصيانة والتشغيل الناتجة عن تصميم المنشأة. على سبيل المثال: حدد (Lam, 2001) أن عيوب البناء الناتجة عن التصميم والبناء كانت ٤٠٪ و ٣٠٪ على التوالي في هونغ كونغ. علاوة على ذلك، (Mohammad et al. 2014) حددوا أن الفشل في مراعاة قابلية الصيانة أثناء مرحلة التصميم كان العامل الأكثر أهمية الذي أدى إلى حدوث المشكلات بعد عملية تشغيل المنشأة، وسبباً في تدني كفاءة المنشآت وسرعة تدهورها وتضخم ميزانيات الصيانة.

حيث تمثل:

$I =$ مستوى الأهمية (importance index)،

$a_i =$ ثابت يمثل الوزن المخصص لـ i ،
 $x_i =$ متغير يمثل التردد المخصص لـ i ، و $i =$ معيار
قابلية الصيانة. بحيث إن وزن a_i تكون قيمتها ٥
إذا كانت تحدث بتكرار كبير، وتكون a_i قيمتها ٤
إذا كانت تتكرر بشكل عادي، وتكون a_i قيمتها ٣
إذا كانت تحدث من حين إلى آخر أو مرة واحدة
في السنة، وتكون a_i قيمتها ٢ إذا كانت نادرة
الحدوث، وتكون a_i قيمتها ١ إذا كانت نادرة
الحدوث جداً كما هو موضح بالجدول رقم (١):

كما تم تطوير مستويات الأهمية بعد
استشارة المهنيين الأكاديميين المتخصصين في مجال
الصيانة بإدارة المرافق لتحديد مستوى أهمية لكل
معيار بالنسبة للآخر، وهو كما موضح بالجدول
رقم (٢):

جدول رقم (١). الوزن المخصص لـ i

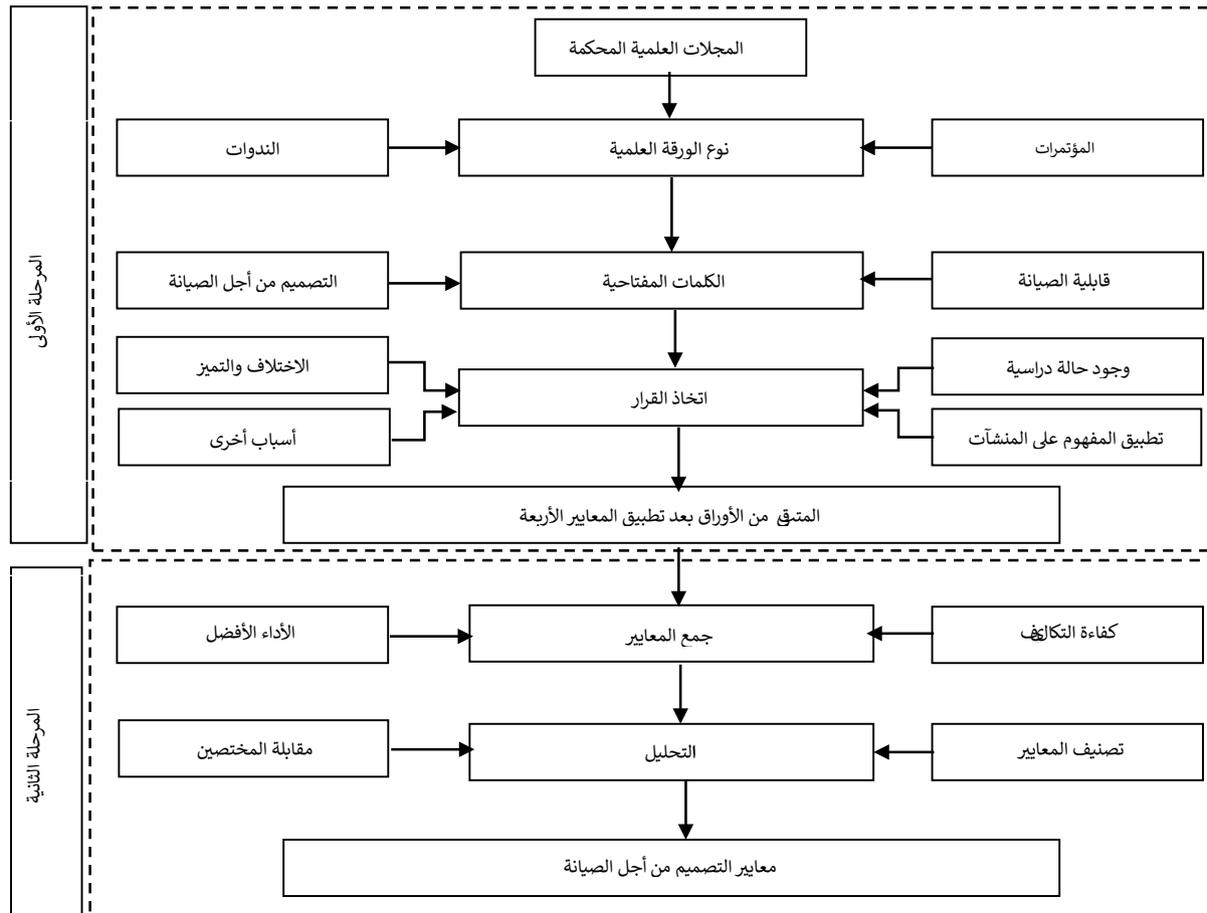
قيمة a_i	مستويات Likert scale
1	نادر جداً
2	نادر
3	من حين لآخر (مرة واحدة في السنة)
4	متكرر
5	متكرر جداً

على مراجعة الأطر النظرية والدراسات السابقة
التي تهتم بمفهوم التصميم من أجل الصيانة،
لتخفيف تكلفة الصيانة المرتفعة في المنشآت
للوصول إلى المحددات والمعايير التي تحقق
مفهوم التصميم من أجل الصيانة، وجمعها في
إطار واحد لتكون في المستوى التنظيمي، بهدف
معالجة المشاكل والعيوب التصميمية التي تحدث
أثناء مراحل ما بعد الإشغال. تم تقسيم المنهجية
المقترحة إلى ثلاث مراحل، كما هو مبين في الشكل
(٨)، وتشمل: (١) جمع واختيار الدراسات السابقة
ذات الصلة حول التصميم من أجل الصيانة
من أجل الوصول إلى معايير التصميم من أجل
الصيانة. (٢) تصنيف الأبحاث المختارة بناءً
على المعايير المستخلصة من الدراسات السابقة
التي تسهم في تحقيق أفضل أداء لصيانة المنشآت
وبأقل التكاليف. (٣) تحديد مستوى الأهمية لكل
معيار من معايير التصميم من أجل الصيانة من
خلال قسمة مجموع عدد الإجابات لكل مستوى
من Likert scale مضروبة بالوزن المخصص لها
على مجموع عدد الإجابات لكل معيار، والذي
يمثل مجموع الذين استجابوا للاستبيان، وهم
٤٢، مضروبة كما هو موضح في المعادلة رقم ١
(Dominowski, 1980):

$$I = \frac{\sum_{i=0}^n (a_i)(x_i)}{5 \sum x_i} \times 100\% \quad (1)$$

جدول رقم (٢). مستويات أهمية كل معيار بالنسبة للآخر

Sore	Level of Important	LoI
$0\% \geq I \leq 13\%$	Not Important	NI
$13\% > I \leq 38\%$	Somewhat Important	SI
$38\% > I \leq 63\%$	Important	I
$63\% > I \leq 88\%$	Very Important	VI
$88\% > I \leq 100\%$	Extremely Important	EI



الشكل رقم (٧). منهجية البحث

٥. الدراسات السابقة

الصيانة والتي تسهم بشكل طردي في زيادة تكلفة الصيانة (Ilozor et al., 2004). لذلك، يمكن أن يحقق تكامل الصيانة مع التصميم المعماري أداء أفضل، والذي بدوره سيسهم في سهولة الصيانة وتخفيض التكاليف المرتفعة. فقد أيد الباحثون أن دمج صيانة المباني في تصميم المعماري سيقود إلى سهولة في الصيانة من خلال تخفيف العيوب، وبالتالي المساهمة في تقليل تكلفة صيانة المبنى والوقت (Ramly, 2006; Wood, 2009; Slavila et al., 2005).

إضافة إلى ذلك، أصبح دور إدارة المرافق ينحصر شيئاً فشيئاً خلال العقود الماضية من كونه إدارة لدعم رسالة المؤسسة وتحقيق أهدافها عن طريق التخطيط للمستقبل، والاستغلال الأمثل للفراغات والمعدات والطاقة والأشخاص، وزيادة العوائد الإنتاجية، والمحافظة على مرونة وسهولة الصيانة، وتوفير أجواء مرضية ومشجعة للمستخدمين؛ إلى مجال محدد بعمليات الصيانة والتشغيل فقط التي تبدأ مباشرة عند استلام الجهة المالكة المنشأة من مقاول التنفيذ بعد الانتهاء من تنفيذها، ولا يُنظر لدورها الفاعل في تصميم وإدارة عمليات التشغيل والصيانة خلال مرحلة التصميم (MEFMA and Credo, 2018). لذلك، نجد أن كثيراً من العيوب تنتج بسبب عدم تكامل عمليات الصيانة مع تصميم المنشأة.

إضافة إلى ذلك، كشفت الدراسات السابقة (Erdener, 2003; Mohammed and Hassanain, 2010) عن أن من الأسباب الرئيسية لارتفاع

أكد مجموعة من الباحثين أن هناك العديد من المشكلات التي تواجهها إدارة المرافق لتحقيق أهدافها نتيجة عدم مراعاة التكامل بين مدير المرافق والمصمم المعماري (Chanter and Swallow, 2018; MEFMA and Credo, 2006; Raml, 2007). إضافةً، فإن تأثير عيوب الصيانة الناتجة عن التصميم وتصنيفها لم يحظ باهتمام كبير من قبل المماريين. لذلك، توضح العديد من الدراسات السابقة التي تركز على تصحيح العيوب الناتجة عن عدم التكامل بين مدير المرافق والمصمم المعماري (Davey et al. 2006; Sommerville 2007)، تحديد أولويات الصيانة التي يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار في مراحل التصميم الأولى (Shohet 2003; Shohet and Perelstein 2004) للوقاية من العيوب. عدم مراعاة التكامل بين مدير المرافق والمصمم المعماري أدى إلى ظهور مشاكل كبيرة يصعب معالجتها لاحقاً، مثل عيوب تكامل الأنظمة الهندسية، والتدهور المبكر لبعض أجزاء المنشأة لعدم كفاية أو صعوبة الوصول لإصلاح أو استبدال أو تنظيف أجزاء المنشأة (Das and Chew, 2007; Ishak et al., 2010). ويمكن أن تنعكس هذه القصورات في التصميم التي لا تأخذ سياسات الصيانة بعين الاعتبار من المراحل الأولى من تصميم المنشأة على تكاليف الصيانة (Silva and Ranasighe, 2010)، وذلك لأن العيوب التي تنشأ في المنشأة غالباً ما تظهر على شكل متسلسل ومتتابع بشكل يعوق الأداء، وتزداد أعباء أعمال

من حيث قابلية الصيانة. ولكن، من الصعب تحقيق ذلك، لأنه خلال مرحلة التصميم ربما لم يتم تشكيل فريق إدارة المنشأة بعد (Meng, 2013)، لذا يُعدُّ إحضار المعرفة اللازمة لفريق إدارة المرافق إلى مرحلة التصميم حلاً معقولاً لهذه المشكلة (Liu and Issa, 2014).

من خلال الاطلاع على الدراسات السابقة، نلاحظ أن هناك محدودية في الدراسات التي تهتم بمعايير قابلية المنشآت للصيانة في المملكة العربية السعودية (Lei 2018)، ومعظم هذه الدراسات التي تأخذ معايير قابلية الصيانة في المملكة العربية السعودية تنظر إلى المنشآت كأنظمة منفصلة ولا تأخذ المنشأة كوحدة كاملة بجميع مكوناتها (Hassanain et al., 2013; Hassa- nain et al., 2016). كما أن كثيراً من هذه الدراسات تنظر إلى معايير قابلية الصيانة من زاوية نظر تخصصية (كهربائي أو صحي) وليست معمارية. كما أن كثيراً من هذه الدراسات لا تركز على تحديد المعايير التي تؤثر في تكلفة الصيانة خلال مرحلة التصميم، بل تركز على تطوير أطر عمل لتحسين هذه النفقات خلال تشغيل المنشأة (بن عمار، ٢٠٠٦: العرجاني، ١٩٩٩). كما لم تراعى الأبحاث السابقة دراسة العوامل التي تؤدي إلى عدم التوافق بين الموارد المالية المتاحة للصيانة في المنشآت العامة، والتوقعات والمتطلبات المستقبلية اللازمة لتشغيل المنشأة خلال مرحلة التشغيل، لذا تعدّ معايير قابلية الصيانة أحد أهم هذه العوامل لتقليل

تكاليف الصيانة أنه نادراً ما تقوم إدارات الصيانة بالإبلاغ عن مشاكل الصيانة الناتجة عن التصميم المعماري للإدارات المشرفة على تصميم وتنفيذ المشاريع للاستفادة من الدروس وبناء الخبرات وتجنب تكرار أخطاء التصميم وتحسين قابلية الصيانة للمشاريع المستقبلية، وذلك بسبب تجزؤ المسؤوليات في المنظمة الواحدة وعدم وجود آلية للتواصل بين الإدارات المشرفة على تصميم وتنفيذ المشاريع والإدارات المشرفة على عمليات الصيانة.

علاوة على ذلك، من وجهة نظر الكثير من الباحثين، هناك فجوة معرفية في نقص البيانات التي تؤدي إلى خفض تكاليف الصيانة خلال مرحلة التصميم المعماري (Wu, 2010). وبالتالي، لا يركز المماريون كثيراً على تحقيق مبادئ قابلية الصيانة في تصاميمهم المعمارية، ليس فقط بسبب عدم وعيهم الكافي بمشكلات الصيانة أثناء فترة الخدمة، ولكن أيضاً بسبب عدم وجود عواقب للتصاميم المعيبة من زاوية نظر التشغيل والصيانة (shak et al., 2007). وتكمن أهمية اتخاذ القرارات الصحيحة في أن أثر القرارات المتخذة خلال مرحلة التصميم سيكون لها تأثير بعيد المدى، وتأثيرات كبيرة على قابلية الصيانة المستقبلية للمنشأة، واستدامتها على المدى الطويل (Lewis et al., 2010).

ولتحسين قابلية الصيانة للمنشآت خلال مرحلة التصميم، ستؤدي المشاركة المبكرة لمدير المرافق إلى تحسين التصاميم المعمارية بشكل كبير

هذه الفجوة.

التصميم من أجل الصيانة (Feldman, 1975). وكان أول من أخذ فكرة التصميم من أجل الصيانة هو Feldman، الذي أسهم في الدراسة الأولى عام ١٩٧٥ في نشوء علم التصميم من أجل الصيانة في المنشآت عندما عرفها بأنها حالة عنصر أو سطح يسمح بإصلاحه أو تعديله أو تنظيفه بجهد وتكلفة معقولين. ومع ذلك، فقد شهد مفهوم التصميم من أجل الصيانة حالة من عدم التطور قرابة عقدين من الزمن، حتى عاد للاهتمام مرة أخرى في سنغافورة عندما جذب مفهوم التصميم من أجل الصيانة الباحثين في سنغافورة رغبةً منهم بتحقيق إنتاجية أكبر في منشآتها. وكان تعريفهم لمفهوم التصميم من أجل الصيانة هو تحقيق الأداء الأمثل من خلال فترة حياة المنشأة ضمن تكلفة تشغيلية دنيا (Chew and De Silva, 2003). تم تحقيق ذلك عن طريق رفع مستوى المعرفة في مجال التصميم من أجل الصيانة، وتحديد معايير قياس للصيانة كقضايا ذات أولوية في أي منشأة تحت التصميم. ثم بدأ النظر في قابلية المنشآت للصيانة من خلال تحليل العيوب في المناطق الرطبة ووجهات المباني، مع ربط التصميم المعماري والمواد المستخدمة وطريقة التنفيذ بالصيانة كعوامل مهمة لتحقيق قابلية المنشآت للصيانة (Chew and De Silva, 2003; Chew et al., 2005). بعد ذلك، تم تطوير أنظمة على مستويات عدة للتنبؤ بقابلية الصيانة ومدى تكامل التصميم المعماري بعمليات الصيانة لمساعدة متخذي القرار على

لذلك، تهدف هذه الورقة إلى تحديد ودراسة وتحديث المعايير التي يجب أن يحققها المعماري السعودي لتحقيق كفاءة الإنفاق لعمليات الصيانة، ما يساعد على تسريع عمليات الصيانة وتحسين كفاءتها وتعزيز أدائها وتحقيق نتائج تشغيلية أفضل قيمة على مستوى دورة حياة المنشأة، وذلك بالنظر للمنشأة كمنظمة واحدة من خلال تطبيق مفهوم قابلية الصيانة Maintainability، والذي يعرف على أنه أداة لصنع القرار للتنبؤ بقابلية الصيانة المستقبلية للمبنى في مراحل التصميم، الذي سيحقق تقليل حدوث عيوب تشغيلية مستقبلية، وإنفاق ساعات عمل زائدة لإصلاح عطل ما، ورفع كفاءة استخدام المواد كقطع الغيار لتلبية احتياجات الصيانة في دورة حياة المبنى، ما سيساعد على خفض تكاليف الصيانة، وتقليل القوى العاملة المطلوبة، ومساعدة المماريين ومديري المرافق ومتخذي القرارات على الحد من نفقات الصيانة وتجنب العيوب والقصور التصميمية التي لا تخدم عمليات الصيانة خلال مرحلة الإشغال.

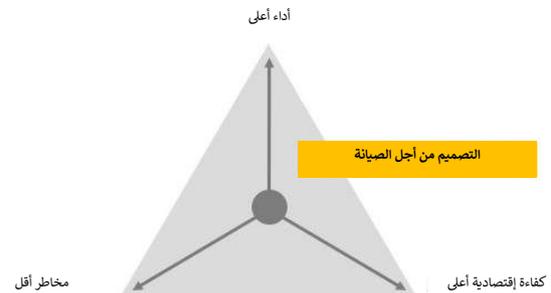
٦. التصميم من أجل الصيانة Maintainability

بدأ التفكير بمفهوم التصميم من أجل الصيانة بسبب العيوب والقصور التصميمية التي لا تخدم عمليات الصيانة خلال مرحلة الإشغال، وكان توفير إمكانية الوصول الكافي للأنظمة الهندسية مساهماً أساسياً في نشوء فكرة

صنع قراراتهم (Chew et al., 2004).

أيضاً في نيجيريا، تم تحقيق مفهوم التصميم من أجل الصيانة وجعله إلزامياً في المنشآت العامة (Ikpo, 2009). لكن من خلال رغبة سنغافورة بتحقيق مفهوم التصميم من أجل الصيانة عن طريق تحقيق الأداء الأمثل للمنشآت، وتحقيق الحد الأدنى من التكلفة خلال دورة حياة المنشأة؛ نجد أن نيجيريا قد اتخذت منحى آخر في تحقيق مفهوم قابلية المنشآت للصيانة، من خلال تقليل قدر المستطاع وقت وعدد عمليات إصلاح واستعادة عنصر فاشل إلى حالته الطبيعية التشغيلية في فترة محددة من الوقت الذي يتم فيه إجراء الإصلاح وفقاً لإجراءات محددة. وتم اعتماد إمكانية الوصول ودليل إجراءات الصيانة والتقنية المتاحة في تنفيذ عمليات الصيانة والمؤشرات الاقتصادية للمنشآت، والدقة في إمكانية التشغيل؛ أحد أهم العوامل التي تؤخذ بعين الاعتبار في متوسط ووقت وعدد عمليات الإصلاح.

ومن خلال ذلك، يمكن أن نستنتج بأن مفهوم قابلية المنشآت للصيانة هو أداة من الأدوات التي من المهم على المعماري الأخذ



الشكل رقم (٨). أهداف مفهوم التصميم من أجل الصيانة .

بها، والتي تعتمد على عدة مكونات عقلانية للمساعدة على اختيار تصاميم المنشآت التي يمكن صيانتها بدرجة عالية لتحسين أداء المباني وتقليل تكلفة دورة الحياة خلال فترة ما بعد الإشغال. الشكل (٧): أهم أحد أهداف مفهوم التصميم من أجل الصيانة هو تحقيق الحد الأدنى من المخاطرة وبتكلفة أقل وأداء أعلى من أجل الصيانة. يجب الأخذ بعين الاعتبار مجموعة من المعايير التي تتطلب اتخاذ قرارات حاسمة خلال العملية التصميمية للمنشأة، مثل الاختيار الأمثل لعناصر المنشأة التي تتطلب الحد الأدنى من التنظيف والإصلاح والاستبدال، مع الأخذ بعين الاعتبار جميع المخاطر التي قد تواجه إدارة المنشأة خلال مرحلة التشغيل، وهي العدد الكبير من المواد والنظم الهندسية وطريقة تكاملها مع بعضها البعض، وتقلب الأداء، سواء كان لهذه النظم، أو عوامل خارجية ساعدت على هذا التقلب، ورسم السيناريوهات المختلفة لمخاطر الفشل المرتبطة بالأنظمة والمكونات المختلفة الداخلة في تكوين المنشأة. كما أنه يمكن لمفهوم التصميم من أجل الصيانة أن يأخذ أشكالاً مختلفة لتحقيق أهداف معينة، وأحد أهم هذه الأشكال هو دورة حياة المنشأة LCC، وفي هذه الحالة يمكن تحقيق التكامل بين سياسات التشغيل والصيانة مع العمليات التصميمية للوصول إلى طريقة الصيانة المثلى للمنشأة التي تأخذ بعين الاعتبار دورة حياة المنشأة LCC عند الحد الأدنى من المخاطرة وبتكلفة أقل وأداء أعلى.

أجل الصيانة إلى مراجعة العديد من الدراسات السابقة التي تهتم بتحقيق أفضل أداء لصيانة المنشآت وبأقل التكاليف التي يمكن أن تعالج المشاكل والعيوب التصميمية التي تحدث أثناء مراحل ما بعد الإشغال. تم جمع الدراسات في ثلاثة أقسام، الأول في الربع الأخير من ٢٠١٨، والثاني في الربع الثاني من ٢٠١٩. تم استخدام الكلمات الافتتاحية التالية للبحث عن الدراسات التي تهتم بمفهوم التصميم من أجل الصيانة: «Design for Maintenance»، وقابلية الصيانة «Maintainability»، ودورة حياة المنشأة «Life Cycle Cost»، وكفاءة الصيانة والتشغيل «Efficiency of O&M». يتم تضمين الأوراق المنشورة في المجالات العلمية المحكمة أو في المؤتمرات والندوات المتخصصة فقط إذا كانت هذه الكلمات الرئيسية موجودة في العنوان أو الملخص أو الكلمات المفتاحية. يجب أن يكون طول الورقة المحددة لا يتجاوز أربع صفحات على الأقل، ما ساعد على استبعاد التعليقات التحريرية. البحث الأولي ولد مجموعة من الأوراق العلمية وتقدر بـ ١٢٥.

وللتأكد من اختيار الأوراق التي تحقق أهداف البحث، يوضح الجدول ٣ معايير الاستبعاد الرئيسية الأربعة (Majd et al., 2015) التي تم اتباعها لمجموع ما نتج عن البحث الأولي، وهو ١٢٥ ورقة علمية. أولاً: إذا لم تكن الدراسة ناتجة عن حالة دراسية واقعية، فقد تم تجاهل المعايير الضبابية التي يصعب تحديدها، أو

كما أن تعدد المعايير التي تساعد على تحقيق مفهوم التصميم من أجل الصيانة كمدخلات للمنشأة أثناء عملية التصميم، بهدف تقليل تكلفة الصيانة وزيادة سهولة الصيانة وتقليل عدد عمليات الصيانة الوقائية والتصحيحية. وفقاً لذلك، يجب تحديد تصميم المنشأة بناءً على محددات الصيانة من أجل أن يساعد هذا النهج على الوفاء بمتطلبات الصيانة وتحقيق التكامل بينها وبين التصميم. يساعد الفهم الجيد لمفهوم التصميم من أجل الصيانة على تحديد تصميم محددات الصيانة التي تؤثر في التكلفة التشغيلية للمنشأة بشكل يساعد على تحقيق عمليات الصيانة والتشغيل بالتكلفة الدنيا، سواء كانت استبدال المواد والعناصر المتدهورة، وتقليل تكاليف الأعمال الدورية والإصلاحات والصيانة التفاعلية.

٧. جمع البيانات

٧, ١ جمع واختيار الدراسات السابقة ذات الصلة حول التصميم من أجل الصيانة

في حين أن العيوب في المباني يمكن أن تكون ناجمة عن سوء الإدارة أو سوء اختيار المواد أو التخريب المتعمد من قبل المستخدم النهائي أو إهمال الصيانة، فقد ركزت هذه الورقة على تحديد عيوب الصيانة الناتجة عن التصميم المعماري، والتي تنشأ نتيجة عدم مشاركة مدير المرافق خلال مراحل تطوير التصميم والمراجعة. استند تحديد معايير التصميم من

جدول رقم (٣). معايير الاستبعاد الرئيسية الأربعة التي تم اتباعها لمجموع ما نتج عن البحث الأولي.

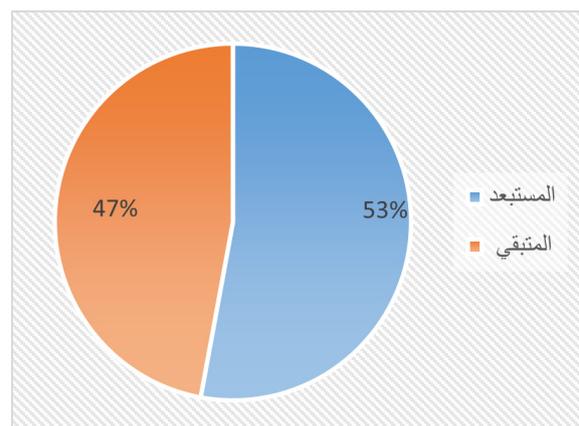
العدد المستبعد	سبب الاستبعاد
21	إذا لم تكن الدراسة ناتجة عن حالة دراسية واقعية
18	إذا كان تركيز الأوراق على تطبيقات التصميم من أجل الصيانة على مشاريع مختلفة
14	إذا لم تقدم الورقة العلمية أجزاء مختلفة من الدراسات السابقة
6	أسباب أخرى
66	المتبقي بعد تطبيق المعايير الأربعة للاستبعاد

هو موضح في الجدول ٣. عدد الأوراق المستبعدة استناداً إلى معايير الاستبعاد الأربعة هي: ٢١ و١٨ و١٤ و٦ على التوالي. وكانت نسبة الأوراق المستبعدة هي ٥٣٪، كما يوضح الشكل (٩).

٢, ٧ تصنيف الأبحاث المختارة بناءً على المعايير المستخلصة من الدراسات السابقة

بناءً على ذلك، تم تجميع أكثر من ٦٦ دراسة التي لها تأثير كبير في تحقيق أفضل أداء لصيانة المنشآت وبأقل التكاليف. علاوة على ذلك، تم إجراء ١٢ مقابلة مع مختصي إدارة المرافق في المملكة العربية السعودية بقطاعات مختلفة، منها التعليمي، الصناعي، السكني، والتجاري، وذلك لمناقشة هذه المعايير وترتيبها بشكل تسلسل هرمي مترابط، وللتأكيد على تضمين أهم الخصائص التي تؤثر في أداء الصيانة أثناء مراحل ما بعد الإشغال. أسفرت المقابلات أيضاً عن تحديد معايير إضافية التي لم يتم توثيقها في مراجعة الأدبيات السابقة، والتي تميز الثقافة التشغيلية في المملكة العربية السعودية.

كانت معايير حجم العينة واختيارها غير مناسبة. المعيار الثاني هو ما إذا كان تركيز الأوراق على تطبيقات التصميم من أجل الصيانة على مشاريع مختلفة (مثل البنية التحتية) بدلاً من التركيز على المنشآت، وهو محور هذه المراجعة. ثالثاً: تم استبعاد الأوراق المكررة إذا لم تقدم أجزاء مختلفة من الدراسات السابقة. رابعاً: تم استبعاد الأوراق لأسباب أخرى، مثل فقدان البيانات الكمية، أو إذا كانت طرق تقييم النتائج غير مقنعة. أدى تطبيق معايير الاستبعاد الأربعة إلى تقليل تجمع الورق بمقدار ٦٦ ورقة من أصل ١٢٥ ورقة كما



الشكل رقم (٩). نسبة الأوراق المستبعدة من المتبقي.

وإصلاحها بأقل وقت وبأقل عدد عمال
ممكن وبأقل معدات.

● تخدم تطوير وتنفيذ نظام إجراءات الصيانة
المجدولة بانتظام لمنع الفشل المبكر للمنشأة
وأنظمتها ومكوناتها.

● تساعد على أداء الإصلاحات بناءً على أقل
تكلفة لدورة الحياة.

● تحديد التصميم وإكمال مشاريع التحسين
لتقليل إجمالي تكاليف التشغيل والصيانة
وتقليلها.

● تساعد على تشغيل المرافق بأكثر الطرق
اقتصاداً مع توفير الوثوقية اللازمة.

● تقديم تقارير سهلة وكاملة وتحديد أعمال
الإصلاح والصيانة اللازمة.

● إجراء تقدير دقيق للتكلفة لضمان حلول
أقل تكلفة لمشاكل الصيانة.

المعايير الثمانية هي: الوصولية، والمتانة،
وقابلية التنظيف، وتوافر المواد، والتوحيد
القياسي، والبساطة والمرونة، والنمطية، والقدرة
على استقرار والتحكم في النظم، كما يوضحه
الجدول (٤)، وهي مفصلة كما هو آت:

١, ٢, ٧ الوصولية

يعد الوصول إلى صيانة مكونات المنشأة
من أهم خصائص قابلية الصيانة. يؤثر ضعف
الوصول إلى الصيانة في حالة مكونات المنشأة،

يعدّ من أجريت معهم المقابلات خبراء في مجال
صيانة المباني، لأنه تقع على عاتقهم مسؤولية
القيام بجميع الإجراءات الفنية والإدارية للحفاظ
على ظروف تشغيلية آمنة، مثل الحفاظ على حالة
تشغيلية جيدة للمنشأة، الحفاظ على إطالة عمر
المنشأة والأنظمة الموجودة بها، التوفير في التكلفة
التشغيلية، ضمان الحصول على درجات عالية من
الأداء وطاقات إنتاجية أفضل، الحفاظ على السلامة
للمنشأة والعاملين بها، وبناء الخبرات اللازمة
لمعرفة طبيعة عمل المنشأة وأنظمتها وتطويرها.

تم استخلاص ثمانية معايير لتحقيق مبادئ
قابلية الصيانة التي من المهم أن تؤخذ بعين
الاعتبار بالمرحلة الأولى لتصميم المنشأة، وذلك
بهدف تحقيق التكامل بين العملية التصميمية
وعمليات الصيانة والتشغيل. تساعد هذه المعايير
على تسليط الضوء على المعايير التي يتم تجاهلها
عادة في مرحلة التصميم، والتي ينتج عنها
صعوبة أداء مهام الصيانة وكثرة عدد عمليات
الصيانة الوقائية والتصحيحية، وزيادة تكلفة
الصيانة وقصر دورة حياة المنشأة. تم الأخذ بعين
الاعتبار أن تحقيق هذه المعايير الثمانية مبادئ
الصيانة والتي توصل إليها Magee في عام ١٩٨٨
وهي كالتالي: (ضبط الجملة السابقة)

● تساعد على مرونة أداء أعمال النظافة
والخدمات العامة اليومية للحفاظ على
المنشأة بالشكل الصحيح.

● تساعد على الاستجابة الفورية للأعطال

منظور متانة الهياكل الإنشائية والمواد المستخدمة، ولا يعتبرون أنفسهم مسؤولين أمام المستخدم عن تحقيق المتانة في مكونات المنشأة التي تعتمد على كثافة الاستخدام وطرق استخدام هذه المواد، مثل ضمان الوفاء بالمعيار الفني والقدرة على الوقوف ضد العواقب المختلفة، وضمان توافق المواد مع بعضها البعض، واختيار المواد التي لديها القدرة على مقاومة الطقس القاسي، وضمان استخدام المواد ذي الصنعة عالية المستوى. ما يضطر ملاك هذه المنشآت لاتخاذ تدابير لإعادة بناء وإعادة تشكيل أو استبدال مكونات المنشأة القديمة بمكونات جديدة أكثر ملاءمة لمختلف الوظائف تلبية لاحتياجات المنشأة (Celadyn, 2014).

٣, ٢, ٧ قابلية النظافة

قابلية تنظيف المواد هي القدرة على تنظيف المواد بسهولة أو مكوناتها المجاورة بحيث تكون قادرة على تلبية متطلبات الأداء الجمالي والوظيفي. تؤكد معايير قابلية التنظيف تكرار وطريقة تنظيف وصيانة أنواع مختلفة من المواد التي تعزى إلى عمر أطول للمبنى. وبالتالي، كلما زادت قابلية الصيانة، انخفض التنظيف المطلوب للحفاظ على عمل المواد. النظافة هي أحد المعايير المهمة التي يجب تقييمها عند اختيار مواد الواجهة. لذا، من الضروري أن تكون مكونات المنشأة سهلة التنظيف لتكون قادرة على تلبية متطلبات الأداء الجمالية والوظيفية المحددة لذلك،

ويعرض سلامة موظفي الصيانة للخطر، ويتسبب في إعادة العمل، ويتطلب عملاً إضافياً وتكلفة إضافية. عندما يختلف الوقت المنقضي في أنشطة الصيانة عن الفترات المتوقعة، فمن المحتمل أن تكون هناك مشكلة في الصيانة تتعلق بالوصول إلى الصيانة (Stapelberg, 2009). يجب أن يأخذ التصميم في الاعتبار مشكلات قابلية الصيانة بطريقة تجعل المعدات ذات الموثوقية المنخفضة هي أكثر مكونات المباني التي يمكن الوصول إليها، والتي يمكن صيانتها بسهولة وأمان اقتصادي (Smith, 2011). يمكن تجاهل الوصول إلى الصيانة بسهولة في مرحلة التصميم. يمكن أن يكون التحقق من التصميم من منظور الوصول إلى الصيانة مسؤولية عضو المشروع، على وجه الحصر (Moua and Russell, 2001).

٢, ٢, ٧ المتانة

المتانة في اختيار المواد هي قدرة المادة على أداء وظائفها الضرورية مما لا يتطلب استبدالها بمواد جديدة طوال فترة حياتها. تلعب المتانة دوراً مهماً في اختيار المواد في تقليل قابليتها للصيانة، نظراً لأن المواد المتينة تتطلب صيانة أقل أثناء عمرها، وبالتالي ستحصل على الحد الأدنى من تكلفة الصيانة. وبالتالي، تعد متانة المواد من المعايير التي اتفق عليها كثير من الباحثين وأوصوا بمراعاتها (Chew et al., 2010; Mayer and Brewer, 2001) أثناء اختيار مواد لتعزيز قابلية صيانة المنشأة. ولكن عادة ما ينظر المعماريون للمتانة من

٥, ٢, ٧ التوحيد القياسي

عندما المنشأة تكون غير قادرة على التوحيد القياسي لمكوناتها، فإنها تفقد إنتاجيتها بشكل طبيعي. يتحكم التوحيد في سير العمل والعمليات بطرق تقلل من الإسراف في المواد المستخدمة للصيانة وتقلل من المخاطر. غالباً ما يتفهم المماريون فوائد توحيد مكونات وأجزاء تصميمهم، ولكن ربما قليل منهم من يأخذها بعين الاعتبار. إذا لم يؤخذ معيار التوحيد القياسي لأجزاء ومكونات المنشأة ستتضرر عمليات الصيانة بشكل كبير، حيث إنه عندما لا تكون هناك عمليات موحدة يبدأ كل فريق وكل قسم من فرق الصيانة الأداء بشكل مستقل. وقد تستغرق العمليات وقتاً أطول من اللازم. وبمرور الوقت، ستصبح هذه الفرق والأقسام الفردية أكثر اختلافاً. من خلال التوحيد القياسي لأجزاء المنشأة، ستكون المنشأة قادرة على التفوق في المنافسة مع نتائج أسرع وأكثر دقة.

٦, ٢, ٧ البساطة والمرونة

من المستحسن أن يكون تصميم هياكل المنشآت مرناً لاستيعاب الاحتياجات المستقبلية، خاصة من حيث التعديلات. تعد الاستراتيجيات التعاونية والتكيفية في الهندسة المعمارية مفهوماً معروفاً يتم فيه الاحتفاظ بالخلجان عند أقصى مستوياتها في التوزيع الوظيفي للمساحة. يتم اعتماد الأقسام غير الهيكلية للتجزئة. يمكن إعادة

مثل التوحيد الصحيح للون الطلاء، والاختيار الصحيح للأرضيات، والاختيار الصحيح للتشطيبات الجدارية، بشكل تكون لها المقدرة على التنظيف الذاتي، خاصة للمنشآت التي تقع في أماكن جغرافية معرضة للتراكم السريع للغبار (Axcell, 2001).

٤, ٢, ٧ توافر المواد

يُحسب مدى توافر المواد عادةً كمعيار موثوقيته وقابلية تلك المادة للصيانة. كلما زادت وفورات المواد التي تتركب منها مكونات المنشأة، زادت الموثوقية. لذا، يتطلب على المعماري بمشاركة مدير إدارة المرافق أن يحققوا التوازن المطلوب بين اعتبارات الجاذبية الجمالية والتكاليف الأولية والمستمرة، واعتبارات تقييم دورة الحياة (مثل أداء المواد، والتوافر والتأثير في البيئة)، والقدرة على إعادة استخدام المواد أو إعادة تدويرها أو التخلص منها في النهاية من حياتها. إضافة إلى ذلك، يجب الاعتماد في اختيار المواد على المحتوى المحلي الذي يضمن - بعد الله - استدامة التوريد لمدة طويلة، لأن أي تأخيرات قد تسبب في توقف الأنظمة عن العمل وتكبد المنشأة خسائر مالية كبيرة نتيجة تأخر أو انقطاع في التوريدات. أيضاً يجب الأخذ بعين الاعتبار توافر المواد وتوافر معدات دعم الصيانة (معدات لدعم أنشطة الصيانة)، وتوافر أفراد صيانة عالية المهارة يمكنهم التعامل مع المواد المستخدمة.

إن للنمطية دوراً مهماً في تسهيل قابلية الصيانة من حيث التأكد من تصميم أجزاء الأنظمة أو المعدات لسهولة الفتح والتجميع والتركيب والتثبيت، وضمان تصميم الوحدات لسهولة أكبر للاختبار التشغيلي، وتعطي حرية أكبر ومرونة لشخص واحد للقيام باستبدال مكون معطل.

تجميع هذه الوحدات بسهولة إذا كان هناك أي حاجة مستقبلية لتغيير الإطار المكاني (التحويل أو التغيير). يعد إجراء الصيانة هذا شائعاً في الممتلكات العامة، مثل قاعات المدينة والمكاتب والمستشفيات والمباني المدرسية (Ikpo, 2009).

٧, ٢, ٧ النمطية

٧, ٢, ٨ القدرة على الاستقراء والتحكم في النظم

يزيد نقص الوصول المرئي إلى المعدات بشكل كبير من وقت الصيانة المستغرق في المعدات (Stapelberg, 2009). يسمح الوصول المرئي لعرض

تعرف النمطية بتقسيم عناصر المنشأة إلى وحدات للسماح بسهولة الإزالة والاستبدال أو التغيير. تعد النمطية من المعايير المهمة لتحقيق قابلية الصيانة لتحقيق أقصى قدر من السرعة والبناء والفاعلية من حيث التكلفة. إضافة،

جدول رقم (٤). معايير التصميم من أجل الصيانة .

المؤلف	التعريف	المعيار
(Ali et al., 2010) (Chew et al., 2010)	القدرة على الوصول إلى أجزاء أو عناصر أو مكونات المنشأة بسرعة وبدون حواجز عند الضرورة	الوصولية
(Chew et al., 2010) (Mayer and Brewer, 2001)	قدرة مواد البناء على أداء وظيفتها المقصودة ليس فقط عند تركيبها حديثاً ولكن أيضاً لفترة زمنية مقبولة	المتانة
(Chew et al., 2010) (Chew et al., 2005)	القدرة على سهولة تنظيف مكونات المبنى لتكون قادرة على تلبية متطلبات الأداء الجارية والوظيفية	القدرة على التنظيف
(Silva and Ranasinghe, 2010) (Ali et al., 2010)	يقصد بتوافر المواد أي أنواع من أدوات البناء أو الأدوات التي يمكن الحصول عليها بسهولة أثناء أعمال إصلاح واستبدال المنشأة (ضبط الجملة السابقة)	توافر المواد
(Slavila et al., 2005) (Dhillon, 2008) (Ali et al., 2010)	تحقيق أقصى قدر من التوحيد في أجزاء المنشأة	التوحيد القياسي
(Ali et al., 2010) (Mayer and Brewer, 2001) (Othman, 2007)	تصميم المنشأة بدون تعقيد وبطريقة مرنة عن طريق تجنب الارتفاعات التي يصعب الوصول إليها والتواءات التشكيلية التي تجمع الأثرية	البساطة والمرونة
(Dhillon, 2006) (Dhillon, 1999) (Ali et al., 2010)	تقسم عناصر المنشأة إلى وحدات للسماح بسهولة الإزالة والاستبدال أو التغيير	النمطية
(Dhillon, 1999) (Ali et al., 2010)	القدرة على تحديد بسهولة أجزاء المبنى والأنظمة والتحكم بالخدمات بهدف الإصلاح أو الاستبدال	القدرة على استقراء أنظمة المنشأة

والهدف والدقة المثلى. تم الاتصال بأكثر من ٨٠ مهتماً بإدارة المرافق مختصين بمجالات الصيانة. احتوى الاستبيان المصمم على ثلاثة أقسام: (١) جمع المعلومات الأساسية عن عينة الدراسة. (٢) العثور على فاعلية وشمولية معايير قابلية الصيانة. و (٣) تصنيف مدى أهمية المعايير تبعاً لكل نظام. تم استخدام Likert scale من خمس نقاط بدلاً من التقييم المباشر أو الوزن لتفادي التحيز أو اللبس (Ekanayake and Ofori, 2004). تم تصنيف فاعلية معايير قابلية الصيانة على أنها ١ = غير فاعلة و ٥ = فاعلة جداً. تم تصنيف أهمية المعايير تبعاً لكل نظام (تكرار الحدوث والكفاءة في تكلفة الصيانة، وأداء النظام). وتم تشجيع عينة الدراسة على إضافة عناصر جديدة إذا لزم الأمر، وتصنيفها بناء على Likert scale. ولتأكيد ملاءمة الاستبيان المصمم، تم استشارة عشرة خبراء في إدارة المرافق، جميعهم لديهم أكثر من ١٥ عاماً من خبرة إدارة المرافق في المنظمات الكبيرة، مثل: (١) حكومية. (٢) أكاديميون. و (٣) جمعيات مهنية تختص بإدارة المرافق. تم الانتهاء من الاستبيان بالشكل المناسب والشامل لجمع البيانات بعد الكثير من النقاش. تم استبعاد أنظمة أتمتة البناء على أساس أنها ليست عناصر بناء رئيسية من حيث قابلية الصيانة.

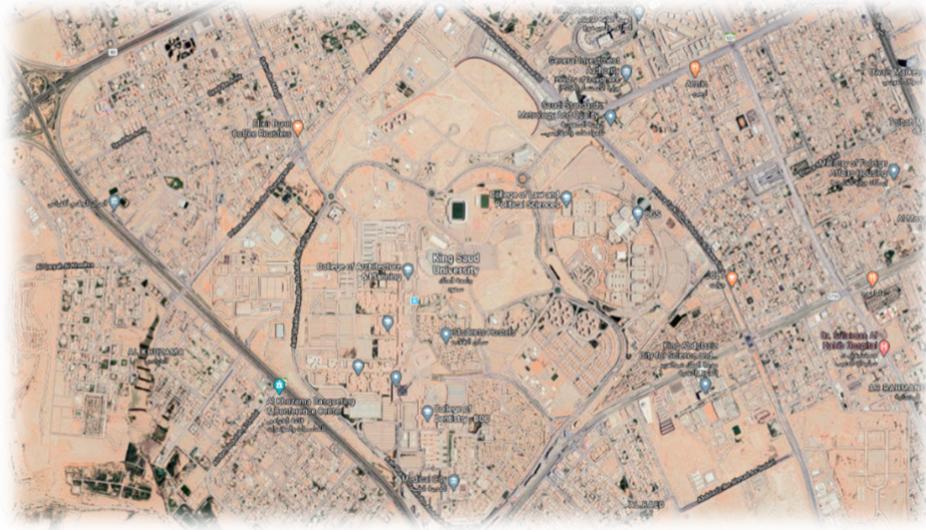
تم اختيار جامعة الملك سعود، شكل (١٠)، كعينة للدراسة نظراً لعمر الجامعة الطويل ومخزونها الكبير من المباني ذات الوظائف المختلفة والخبرات المتراكمة التي تكونت خلال هذه الفترة

المعدات لموظفي الصيانة بأداء أنشطة الصيانة بشكل آمن ومريح، لأن عرض المعدات غالباً ما يحتوي على رموز ملونة ورموز وملصقات مفيدة لموظفي الصيانة (Smith, 2011). يتم تحديد مستوى الوصول البصري من خلال ما إذا كان يمكن لأفراد الصيانة فحص قطعة معينة من المعدات دون نقل مكونات المبنى الأخرى (Putt, 2001; Department of Energy, 2013). خاصة في الغرف الميكانيكية، يجعل نقص الوصول البصري من المستحيل تقريباً على موظفي الصيانة تنفيذ أنشطة الصيانة (Cavka et al., 2015). يمكن عدّ نقص الوصول البصري نتيجة تصميم لا يأخذ في الاعتبار مشكلات قابلية الصيانة بشكل صحيح (Kumar et al., 2009).

٣, ٧ تحديد مستوى الأهمية لكل معيار من معايير التصميم من أجل الصيانة

تم اختيار جامعة الملك سعود الواقعة بمدينة الرياض في المملكة العربية السعودية، كحالة دراسية ومصدر لمسح الاستبيان لتحديد مستوى الأهمية لكل معيار من معايير التصميم من أجل الصيانة التي تم استخلاصها في الخطوة السابقة.

خضع الاستبيان للعديد من التعديلات للوصول لأقل وقت ممكن للإجابة عن جميع الأسئلة، بحيث لا تتجاوز من ١٠ إلى ١٥ دقيقة. إضافة إلى ذلك، تم تعديل كيفية تطوير الأسئلة في الاستبيان مرات عدة لتحقيق الوضوح



الشكل رقم (١٠). جامعة الملك سعود.

بجامعة الملك سعود، من محطات للمبردات والغلايات المركزية اللازمة لأغراض التكييف والتدفئة والتغذية الكهربائية، فضلاً عن محطات مياه الصرف الصحي ومياه البلدية ومحطة الغاز الطبيعي المصنوع. ويتفرع منه نفق رئيسي وأنفاق فرعية تتعدى ١٢ كيلو متراً لتغطي المنطقة الأكاديمية بأكملها بجميع الخدمات. كما يتم إمداد كل من إسكان الطلاب، والمجمعات والموظفين، وإسكان الطلاب، والمجمعات الرياضية، والمناطق الخارجية للجامعة؛ بمياه البلدية اللازمة للأغراض المختلفة، وكذلك خدمات الصرف الصحي.

٨. نتائج الدراسة التطبيقية

بعد دراسة ٦٦ ورقة علمية والتي لها تأثير كبير في تحقيق أفضل أداء لصيانة المنشآت وبأقل التكاليف، تم استخلاص ثمانية معايير لتحقيق

الطويلة من التشغيل. تم اعتبار خبراء الصيانة في جامعة الملك سعود كأفضل العينات لإجراء الاستبيان عليهم لتحليل الأنظمة ومكونات المنشآت التي يديرونها من أنظمة بسيطة إلى معقدة وفقاً للمعايير التي تم استخلاصها سابقاً. أيضاً لما تحويه الجامعة من منشآت ذات أعمار مختلفة، والتي تحوي منشآت لا يتجاوز عمرها السنة إلى منشآت قد يصل بعضها إلى ٤٠ سنة. لذلك، ستساعد عينة الدراسة المختارة من جامعة الملك سعود على تحقيق أهداف البحث وتقليل الخلاف حول تعريف المشكلة والمتطلبات والأهداف والمعايير نظراً لمشاركتهم المباشرة في صيانة المنشآت.

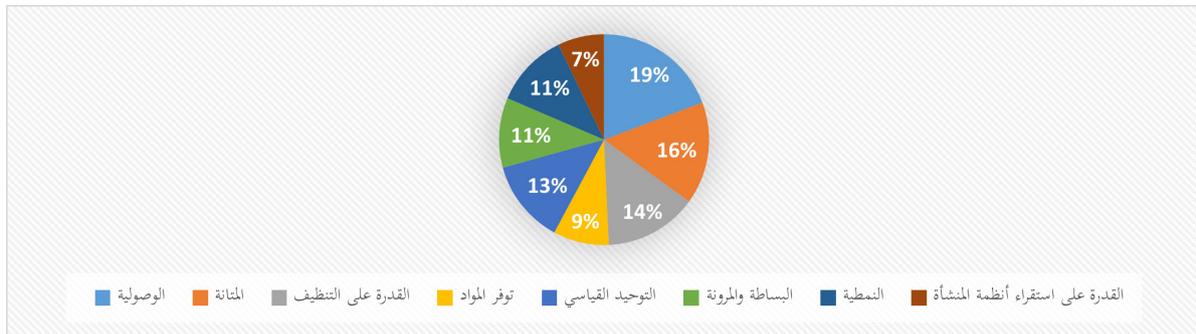
تحتوي جامعة الملك سعود على أنظمة معقدة وحساسة كونها تحوي أنظمة الخدمات المختلفة التي تحتاج إليها مباني المدينة الجامعية

الأساسية الداخلة في تشكيل المنشأة مثل الخراسات أو مواد التكسيات الخارجية أو الداخلية ودرجة التوافق مع بعضها البعض ودرجة تحملها مختلف الظروف الطبيعية والصناعية من جهة أخرى، والتي شكلت ١٦٪ من الأهمية (ضبط الجملة السابقة)

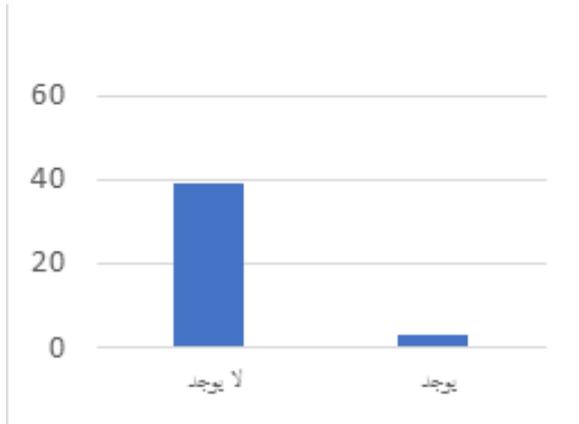
المنية على المرجعيات السابقة. ثالث تلك المعايير كان قابلية المواد المستخدمة للتنظيف والتي شكلت من أهمية ١٤٪، ويقصد هنا درجة سهولة ويسر تنظيف التكسيات والمواد المستخدمة في المنشأة بشكل تلبى عمليات النظافة لهذه المواد المستخدمة متطلبات الأداء الجمالية والوظيفية عن طريق الاختيار السليم للون الطلاء الخارجي أو الداخلي، ونوع التشطيبات، واختيار مدى إمكانية التنظيف الذاتي لبعض الأنظمة التي تكون عرضة للتراكم السريع للأتربة. رابعاً: التوحيد القياسي لأجزاء ومكونات المنشأة شكلت من أهمية ١٣٪، وتتضمن أساليب اتباع تصميم المنشأة وحدة قياسية لإعطاء المنشأة مرونة أكثر للتكيف مع المتطلبات المستقبلية، أيضاً يمكن تحقيق فكرة التوحيد القياسي من خلال استخدام

مبادئ قابلية الصيانة في المنشآت التي من المهم أن تؤخذ بعين الاعتبار بالمرحلة الأولى لتصميم المنشأة، وذلك بهدف تحقيق التكامل بين العملية التصميمية وعمليات الصيانة والتشغيل. تساعد هذه المعايير على تسليط الضوء على المعايير التي يتم تجاهلها عادة في مرحلة التصميم، والتي ينتج عنها صعوبة في أداء مهام الصيانة وكثرة عدد عمليات الصيانة الوقائية والتصحيحية وزيادة تكلفة الصيانة وقصر دورة حياة المنشأة. المعايير الثمانية هي: الوصولية، والمتانة، وقابلية التنظيف، وتوافر المواد، والتوحيد القياسي، والبساطة والمرونة، والنمطية، والقدرة على استقراء والتحكم في النظم.

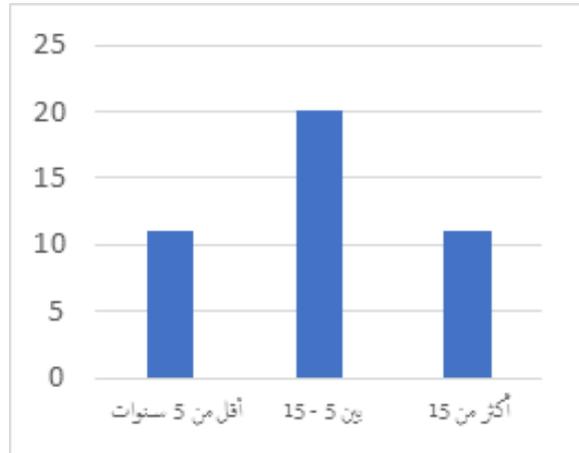
وكما يوضح الشكل (١١)، كانت الوصولية من أهم تلك المعايير من خلال البحث في المرجعيات السابقة من خلال ١٩٪ دراسة، لا سيما فيما يتعلق بسهولة الوصول المباشر إلى النظم والمكونات الهندسية التي تشكل المنشأة، وخاصة سهولة الوصول للتنظيف أو التفتيش المنتظم لهذه النظم والمكونات. ثانياً: كانت المتانة في استخدام المواد ثاني تلك المعايير، سواء كانت تلك المواد



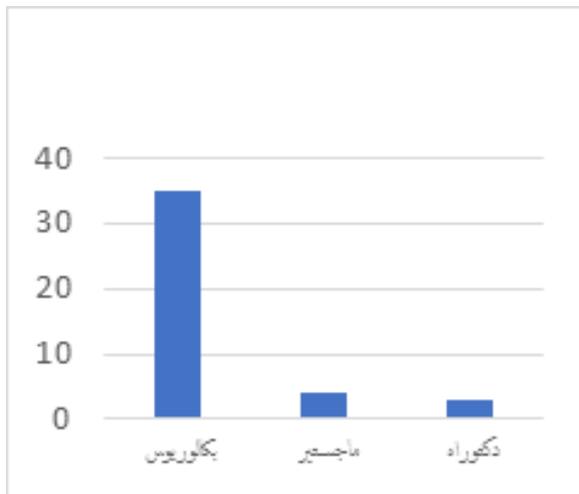
الشكل رقم (١١). درجة أهمية معايير قابلية الصيانة في مراحل تصميم المنشأة.



الشكل رقم (١٣). امتلاك شهادات مهنية لعينة الدراسة .



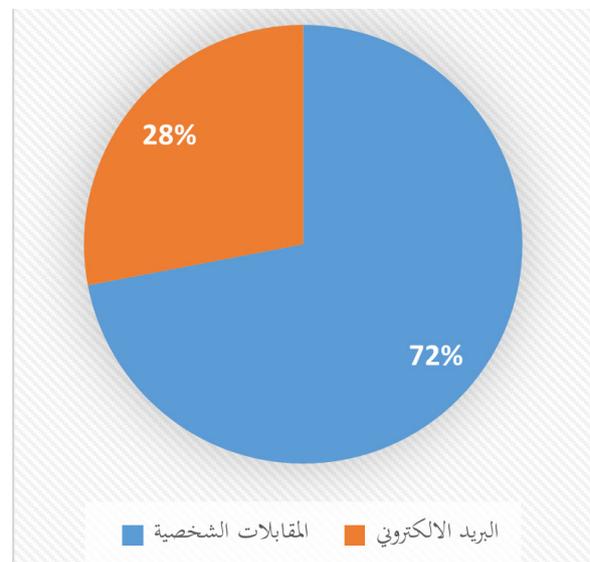
الشكل رقم (١٤). تصنيف عينة الدراسة بعدد سنوات الخبرة.



الشكل رقم (١٥). توزيع الشهادات الأكاديمية لعينة الدراسة.

وحدات موحدة لأجزاء النظم ومكونات المنشأة. خامساً: احتلت البساطة والمرونة في تصميم المنشأة والنمطية المركز الخامس من أهمية المعايير التي يجب أن تتحقق في مرحلة التصميم وشكل كل منها ١١٪.

وبعد الاستشارة والحصول على الإجابات من الاستبيانات عدد ٤٢ من أصل ما تم توزيعه عدد ٨٠ على صانعي القرار من ذوي الخبرة في إدارة المرافق في جامعة الملك سعود، التي تم الاعتماد على المقابلات الشخصية بنسبة ٧٢٪ من مجموع عدد الاستبيانات التي تم جمعها، وهي ٤٢ استبياناً بدلاً من إرسالها من خلال البريد الإلكتروني كونها أكثر دقة (Yeung, 1995). علاوة على ذلك كما هو موضح بالشكل (١٢)، كان المستطلعون حريصين على مشاركة تصوراتهم حول أهمية معايير قابلية الصيانة واستراتيجيات تقليل مثل هذه الأخطاء.



الشكل رقم (١٢). وسائل تجميع البيانات

السابقة، بل يجب إدراج وتوقع كيفية تفاعل وسلوك المستخدم داخل المنشأة من خلال توفير مجموعة شاملة من المعايير والاستراتيجيات لتقليل تكلفة الصيانة وضمان استخدام أمثل لجميع الأصول الداخلة في تكون المنشأة؛ لأن عدم اتخاذ ذلك من المراحل الأولية للتصميم يعني ضياع الجهود الرامية لتحقيق قابلية الصيانة، وتكون كقيود تعوق فاعلية وفائدة ذلك. ومن أمثلة تحقيق نظرة المستخدم في استخدام المنشأة لا الحصر: الافتقار إلى الاختيار الأمثل لمؤشرات رضا المستخدمين، وعدم مراعاة الاختلافات في احتياجات المستخدمين. ثانياً: يُقصد بالكماليات المستخدمة في المنشأة هو في حين أن هناك اهتماماً كبيراً بشكل وحجم وتميز المنشأة معمارياً، يوجد هناك تغافل كبير في عناصره الوظيفية التي تجعل منه مبنى سهل استخدامه دون مشقة وعناء أو تبذير وهدر للموارد. ومن الأمثلة على الكماليات: أجهزة التنشيف في دورات المياه، نظم الدخول، الطابعات وطرق استخدامها، وأجهزة الاستشعار للحركة.

تم إدراج النقطتين اللتين تم إدراجهما من قبل ذوي الخبرة في إدارة المرافق، وهي: (١) تحقيق نظرة المستخدم في استخدام المنشأة. (٢) الكماليات المستخدمة في المنشأة.. إضافة إلى المعايير الثمانية التي تم استخلاصها من مراجعة الأدبيات السابقة لترتيبها تبعاً للثقافة التشغيلية في المملكة العربية السعودية. تم الإجابة عن مدى

تم تصنيف عينة الدراسة إلى ثلاث مجموعات كما هو موضح بالشكل (١٤)، وهي سنوات خبرتهم (أقل من ٥ سنوات، بين ٥-١٥ سنة، وأكثر من ١٥ عاماً)، الدرجة الأكاديمية (درجة البكالوريوس، درجة الماجستير، ودكتوراه) كما هو موضح بالشكل (١٥)، والشهادات المهنية (PFM, PMP, LEED O&M) كما هو موضح بالشكل (١٣). في المجموعة الأولى، نجد أن ٢٦٪ من عينة الدراسة ممن يمتلكون عدد سنوات أقل من ٥ سنوات، بينما ٤٨٪ من عينة الدراسة يمتلكون سنوات خبرة في الصيانة بين ٥ و ١٥ سنة. وبالنسبة للمجموعة الثانية، ٣٥٪ من عينة الدراسة يمتلكون شهادة البكالوريوس في مختلف التخصصات الهندسية، بينما ١٠٪ و ٧٪ ممن يمتلكون شهادات عليا ماجستير ودكتوراه على التوالي. أما فيما يخص المجموعة الثالثة والأخيرة، نجد أن هناك قلة بالاهتمام بخصوص الشهادات المهنية، فنلاحظ فقط ٧٪ من عينة الدراسة ممن يمتلكون شهادات مهنية أكثر PMP مقارنة بـ ٩٣٪ ممن لا يمتلكون أي شهادة مهنية.

من خلال الاستبيان، تم إضافة معيارين إضافةً للثمانية معايير التي تم استخلاصها من خلال المراجعات الأدبية السابقة، وهما: (١) تحقيق نظرة المستخدم في استخدام المنشأة. (٢) الكماليات المستخدمة في المنشأة. يُقصد بتحقيق نظرة المستخدم للمنشأة عدم التركيز على إدارة المنشأة من وجهة نظر المنظمة كما هو الحال في المعايير الثمانية المستخلصة من الأدبيات

ولتحديد مستوى أهمية (importance index) كل معيار، تم استخدام المعادلة رقم ١ المطورة من قبل Dominowski، والمطورة في عام ١٩٨٠. تم ترتيب المعايير تبعاً لدرجة أهميتها، فمن خلال استشارة الخبراء في إدارة المرافق، والذين يملكون خبرة واسعة بمجال الصيانة، تم تطوير مقياس يبين مدى أهمية هذه المعايير لتناسب مع الثقافة المجتمعية والتشغيلية للمنشآت في المملكة العربية السعودية حسب ما هو موضح بالجدول رقم (٧) والشكل (١٦):

من خلال نتائج الدراسة، نلاحظ أن الوصولية وتوافر المواد والمتانة كانت من أهم معايير الصيانة التي يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار في مراحل التصميم الأولى لأي منشأة بمستوى أهمية ٩٤٪، و٨٩٪، و٨٧٪ على التوالي،

أهمية المعايير تبعاً لكل معيار باستخدام Likert scale المكون من خمس نقاط، بدلاً من التقييم المباشر أو الوزن لتفادي التحيز أو اللبس بناء على الجدول رقم ٤. كانت الإجابات حسب ما هو موضح في الجدول رقم (٥):

ولتقليص وتنسيب البيانات التي تم جمعها من عينة الدراسة بشكل أن تكون مقيسة في النطاق ٠ و ١، تم تطبيق Normalization Technique للمساعدة على عملية مقارنة القيم المجمعة من عينة الدراسة تبعاً لكل معيار، بحيث إننا نضمن إزالة آثار التباين في البيانات المجمعة، أي أنه يمكن مقارنة المعايير ذات القيم الكبيرة بسهولة بأخرى ذات قيم أصغر كما هو موضح بالجدول رقم (٦):

جدول رقم (٥). إجابات عينة الدراسة تبعاً لنقاط التقييم الخمس.

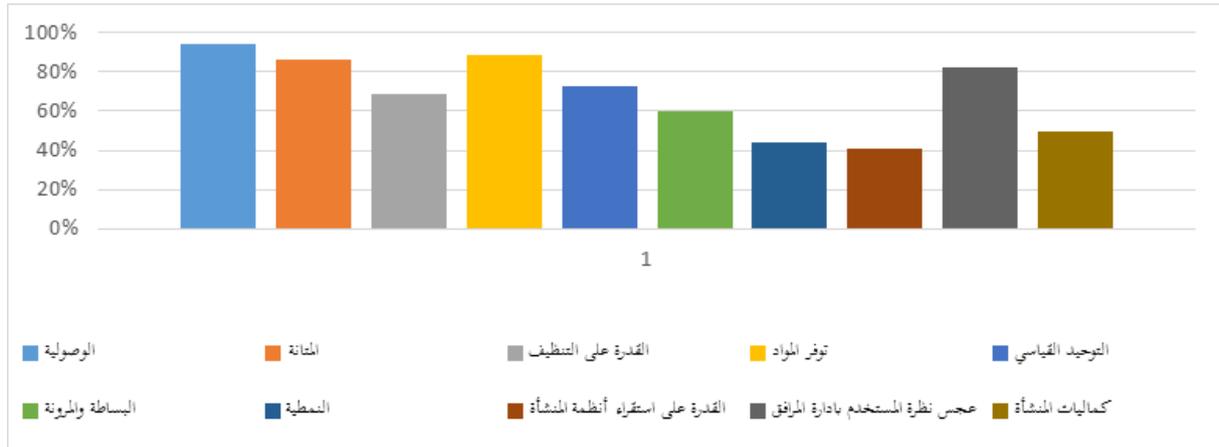
#	المعايير	نادر جداً	نادر	معتدل الحدوث	متكرر	متكرر جداً	المجموع
1	الوصولية	0	0	0	12	30	42
2	المتانة	0	0	10	13	19	42
3	القدرة على التنظيف	1	8	7	5	5	42
4	توافر المواد	0	1	5	14	22	42
5	التوحيد القياسي	2	9	12	12	7	42
6	البساطة والمرونة	4	14	17	3	4	42
7	النمطية	9	19	13	1	0	42
8	القدرة على استقراء أنظمة المنشأة	7	27	8	0	0	42
9	تحقيق نظرة المستخدم	1	3	7	17	14	42
10	كماليات المنشأة	9	10	21	1	1	42
	المجموع	33	91	100	78	102	404

جدول رقم (٦). تطبيق Normalization Technique على إجابات عينة الدراسة.

#	المعايير	نادر جداً	نادر	معتدل الحدوث	متكرر	متكرر جداً
1	الوصولية	0.00	0.00	0.00	0.15	0.29
2	المتانة	0.00	0.00	0.10	0.17	0.19
3	القدرة على التنظيف	0.03	0.03	0.24	0.15	0.02
4	توافر المواد	0.00	0.01	0.05	0.18	0.22
5	التوحيد القياسي	0.06	0.10	0.12	0.15	0.07
6	البساطة والمرونة	0.12	0.15	0.17	0.04	0.04
7	النمطية	0.27	0.21	0.13	0.01	0.00
8	القدرة على استقراء أنظمة المنشأة	0.21	0.30	0.08	0.00	0.00
9	تحقيق نظرة المستخدم	0.03	0.03	0.07	0.22	0.14
10	كفايات المنشأة	0.27	0.11	0.21	0.01	0.01
	المجموع	1	1	1	1	1

جدول رقم (٦). أهمية معايير قابلية الصيانة مقارنة ببعضها البعض بعد تطبيق importance index

#	المعايير	نادر جداً	نادر	معتدل الحدوث	متكرر	متكرر جداً	I	مستوى الأهمية
1	الوصولية	0.00	0.00	0.00	0.62	1.47	94%	مهم للغاية
4	توافر المواد	0.00	0.02	0.15	0.72	1.08	89%	
2	المتانة	0.00	0.00	0.30	0.67	0.93	87%	
9	تحقيق نظرة المستخدم	0.03	0.07	0.21	0.87	0.69	83%	مهم جداً
5	التوحيد القياسي	0.06	0.20	0.36	0.62	0.34	72%	
3	القدرة على التنظيف	0.03	0.07	0.72	0.62	0.10	69%	مهم
6	البساطة والمرونة	0.12	0.31	0.51	0.15	0.20	60%	
10	كفايات المنشأة	0.27	0.22	0.63	0.05	0.05	50%	
7	النمطية	0.27	0.42	0.39	0.05	0.00	44%	
8	القدرة على استقراء أنظمة المنشأة	0.21	0.59	0.24	0.00	0.00	41%	



الشكل رقم (١٦). أهمية معايير قابلية الصيانة مقارنة ببعضها البعض.

من التنظيف والإصلاح والاستبدال. من مشاكل الصيانة في الواجهات الناتجة عن التصميم، هي على سبيل المثال لا الحصر: تبقع الحوائط الساترة، تهشم أغلفة المنشآت الزجاجية (Glass Cladding)، والتواء أغلفة المنشآت المعدنية (Metal Cladding)، وتصدع الحوائط الساترة للمنشأة (Crack on clad-ding). جميع المشاكل ناتجة عن عدم الأخذ بطبيعة سلوك المواد ومتانتها وعدوم وضوح الرؤية في كيفية صيانة هذه الواجهات لمدة زمنية طويلة. مثلاً التبقع أو التلون في الواجهات، وخاصة في الواجهات الخرسانية، هذا التلون يحدث بسبب أن عملية الوصول صعبة للتنظيف الروتيني لهذه الواجهات، ما يراكم الأوساخ، وخاصة ببيئات مناخية مثل مدينة الرياض. ففي مدينة الرياض، التي يعتبر مناخها مناخاً صحراوياً مصحوباً بأتربة معظم فصول السنة، يترك غسل الغبار المتراكم على الواجهة فقط عند هطول الأمطار. ولكن إذا كانت كثافة المطر منخفضة، فقد لا يكون تأثير الغسيل شاملاً. وخاصة أن الخرسانة

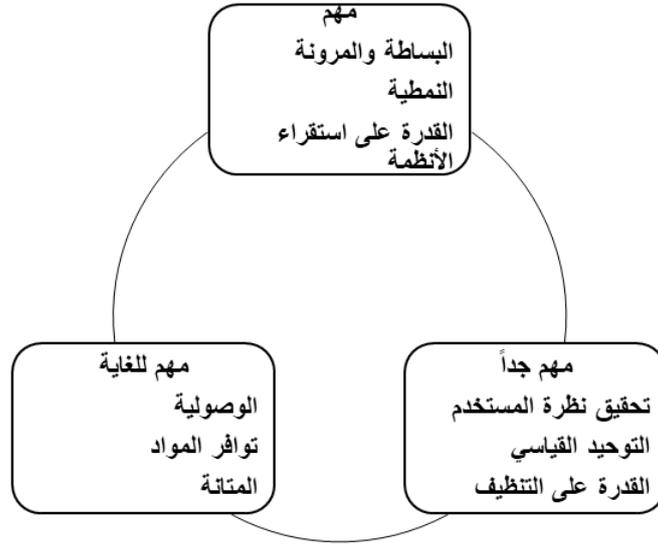
كما يوضح الشكل (١٧)، لأن جميع مكونات وعناصر المبنى وما إلى ذلك، تحتاج إلى الفحص المنتظم وتنظيف وأعمال الصيانة الأخرى للحفاظ على أدائها. لذا؛ تعد إمكانية الوصول الآمن لهذه الأنشطة وتوافر المواد ومتانتها أمراً مهماً، وبالتالي، من المتوقع أن يفني المصممون بالمعايير والمتطلبات القانونية ذات الصلة لتوفير وصول أمان مناسب لموظفي الصيانة واختيار المواد التي تضمن تغذية مستدامة للمنشأة على مر عمرها، وأن تكون مناسبة وذا متانة عالية للتعامل مع مختلف الظروف البيئية والاجتماعية التي سوف تتفاعل معها هذه المواد.

على سبيل المثال، تعد قابلية الصيانة للواجهات عاملاً مهماً يجب مراعاته، لأن الواجهات في مختلف المنشآت تتعرض باستمرار للطقس وتعاني عيوباً روتينية تستدعي الحاجة إلى أعمال الإصلاح باستمرار. لذا من المهم أن تكون هذه الواجهات سهلة الصيانة وتتطلب الحد الأدنى

بين المصممين المعماريين ومديري المرافق لتفادي التعديلات اللاحقة الناتجة عن طبيعة احتياجات المستخدمين. كما أن تقييم أساليب الصيانة الحالية في المباني دائماً تنظم من منظور تنظيمي ولا تهتم بمنظور واحتياجات المستخدم. العوامل التي تؤثر في صيانة المباني من منظور المستخدم من المهم تحديدها من وقت مبكر وتقييمها ودمجها في إطار عمل تصميم المنشأة، آخذين بعين الاعتبار نوع المنشأة (على سبيل المثال: تجاري أو تعليمي أو سكني)، وكذلك على مجموعة واسعة من الجوانب، مثل: جودة البيئة الداخلية والوظيفية وكفاءة الطاقة. أما بخصوص التوحيد القياسي فيعدّ من الأمور المهمة في ضمان سهولة الصيانة والانتهاء من معالجة ذلك بوقت قصير، لأنه إذا لم يؤخذ معيار التوحيد القياسي لأجزاء ومكونات المنشأة في الاعتبار ستتضرر عمليات الصيانة بشكل كبير نتيجة للعدد الكبير الذي يتطلب من مدير المرافق توفيره للمنشأة، لأن كل فريق من الصيانة يجب أن يتعامل مع مكون خاص، أو أن عامل الصيانة يتطلب أن يمتلك مهارة عالية للتعامل مع مختلف العناصر المكونة للمنشأة، وهذا يعني تكلفة أكبر ووقتاً أطول. إضافة إلى ذلك، قد يدخل مدير المرافق في تحدٍ كبير للتعامل مع عدد كبير من الأنواع التي تدخل في تكوين المنشأة. وهذا التعامل مع عدد أكبر من مزودي هذه قطع الغيار، ما قد تكون تكلفة مالية أكبر مقارنة إذا تعامل مع مزود واحد وبكمية كبيرة من قطع. أما ما يخص بقابلية

كونها مسامية وتمتص الرطوبة بسهولة أثناء المطر من خلال الامتصاص الشعري. لذا عند تشعب الجدار الخرساني، ستتشكل طبقة من الماء محملة بالأوساخ على أسطح الجدران الخارجية. ومع جفاف الماء وصعوبة الوصولية لهذه البقع لتنظيفها، تبقى الأوساخ على الواجهة، ومع مرور الوقت تتشكل بقع داكنة. وبالنسبة إلى تهشم أغلفة المنشآت الزجاجية، والتواء أغلفة المنشآت المعدنية، وتصعد الحوائط الساترة للمنشأة؛ فقد يحدث نتيجة عدم تصميم الحوائط الساترة الخارجية لتحمل الأحمال الحية الناتجة عن أنشطة الصيانة الدورية، أو إن واجهة المنشأة تحتوي على زوايا حادة والتي ينتج عنها صعوبة بالتحكم بجندول التنظيف ويعوق الوصول إلى هذه المشاكل.

يأتي بالمرحلة الثانية من الأهمية بالنسبة لمعايير قابلية الصيانة التي من الضروري أن تؤخذ بعين الاعتبار في المرحلة التصميمية للمنشأة، تحقيق نظرة المستخدم والتوحيد القياسي وقابلية التنظيف بدرجة أهمية ٨٣٪، و ٧٢٪، و ٦٩٪ على التوالي، كما يوضح الشكل (١٧). من المهم إدراك احتياجات المستخدمين وعلاقتها بعمليات الصيانة من مراحل التصميم الأولية للمنشأة. إن دمج أدوات تقييم رضا المستخدمين في مرحلة مبكرة من التصميم سيسهل تنفيذ استراتيجيات الصيانة لاحقاً، ويضمن تحقيق درجات عالية من رضا المستخدمين. من المهم استخدام أداة تصميم تسمح بالتعاون المبكر



الشكل رقم (١٧). مستويات أهمية قابلية الصيانة.

الغرفة إذا لزم الأمر، وما يتطلبه ذلك من مرونة واتباع النمطية التي تتوافق مع تصميم المنشأة، مثل متطلبات التهوية، ومتطلبات مكافحة الحرائق حسب المعايير المحلية والدولية. كما أن يعد القدرة على استقراء والتحكم في النظم جزءاً ضرورياً من أي برامج صيانة تنبؤية. في كثير من الحالات، سيكتشف الفحص البصري والقدرة على استقراء والتحكم في النظم المشكلات المحتملة التي قد لا تؤخذ بعين الاعتبار من خلال استخدام تقنيات الصيانة التنبؤية الأخرى. حتى مع مناقشة التقنيات التنبؤية، يمكن أن تظل العديد من المشكلات الخطيرة غير مكتشفة. ستؤدي القدرة على استقراء والتحكم في النظم باستخدام حواس الإنسان التي يجب أن تتم بشكل روتيني لجميع أنظمة المصنع الحيوية، إلى زيادة التقنيات الأخرى، والتأكد من اكتشاف

التنظيف لمكونات وأجزاء المنشأة، فعدم وجود طريقة لتنظيف هذه المكونات بشكل تكون به أمانة وسهلة ولا تستدعي الحاجة إلى استخدام أدوات أخرى، كالرافعات لتنظيف هذه المكونات. يعني ذلك أموالاً سيواجهها المالك للمنشأة من عدم الكفاءة في تنظيف المنشأة، ما يدخله في تحدٍ كبير للمحافظة على المنشأة في مستوى غير لائق.

أما المرحلة الثالثة في درجة أهمية المعايير التي تضمن قابلية صيانة سهلة وأمنة وغير مكلفة، هي: البساطة، والمرونة، والنمطية، والقدرة على استقراء والتحكم في النظم، والكماليات المستخدمة في المنشأة بدرجة أهمية ٦٠٪، و ٥٠٪، و ٤٤٪، و ٤١٪ على التوالي، كما يوضح الشكل (١٧). وتكمن أهمية هذه المعايير الثلاثة في القدرة على التوسع في الفراغات الداخلية للمنشأة أو في

قابلية الصيانة خلال مراحل تصميم المنشأة من خلال أن يكون المعماري بصفته قائد فريق التصميم بتنسيق العملية التي سيقوم فيها جميع المصممين (إنشائي، ميكانيكي، كهربائي، صحي، إنارة، تصميم داخلي) بتقديم مقترحاتهم وإرسالها إلى مدير المرافق لفحص قابلية الصيانة خلال مراحل التصميم المختلفة وبمراحل تطويرية مختلفة. وتكون مدخلات مدير المرافق مختلفة باختلاف مدى التوسع في التفاصيل. فكل مرحلة من مراحل التصميم المختلفة باختلاف التخصصات يجب أن يتم إرسالها لإدارة المرافق للمراجعة والتأكد من قابلية التصميم للصيانة واستدراك الأخطاء التصميمية منذ وقت مبكر.

الفكرة في هذا النهج هي إعطاء مدير المرافق فرصة للمساهمة، ليس فقط في مرحلة البرمجة، ولكن أيضاً في المراحل الابتدائية والمتوسطة والأخيرة من عملية التصميم. هذا النهج إذا تم اعتماده عملياً في المهنة سيقبل بالتأكيد من تكلفة ووقت صيانة المنشأة. تتمثل مهام إدارة المرافق في مرحلة تصميم المباني في نقل الخبرات من المنشآت السابقة، والتحقق من تكامل اعتبارات التشغيل والاستدامة، والتأكد على متطلبات التوثيق (رسومات، مواصفات) حول المنشأة، ومراجعة الاعتبارات الخاصة باحتياجات المستخدم كما يوضح شكل (١٨).

وفي السياق نفسه، تعدّ نوعية العقود من العوامل التي تؤثر في تحقيق معايير قابلية الصيانة لتحديد الاحتياجات المستقبلية تبعاً لتطور

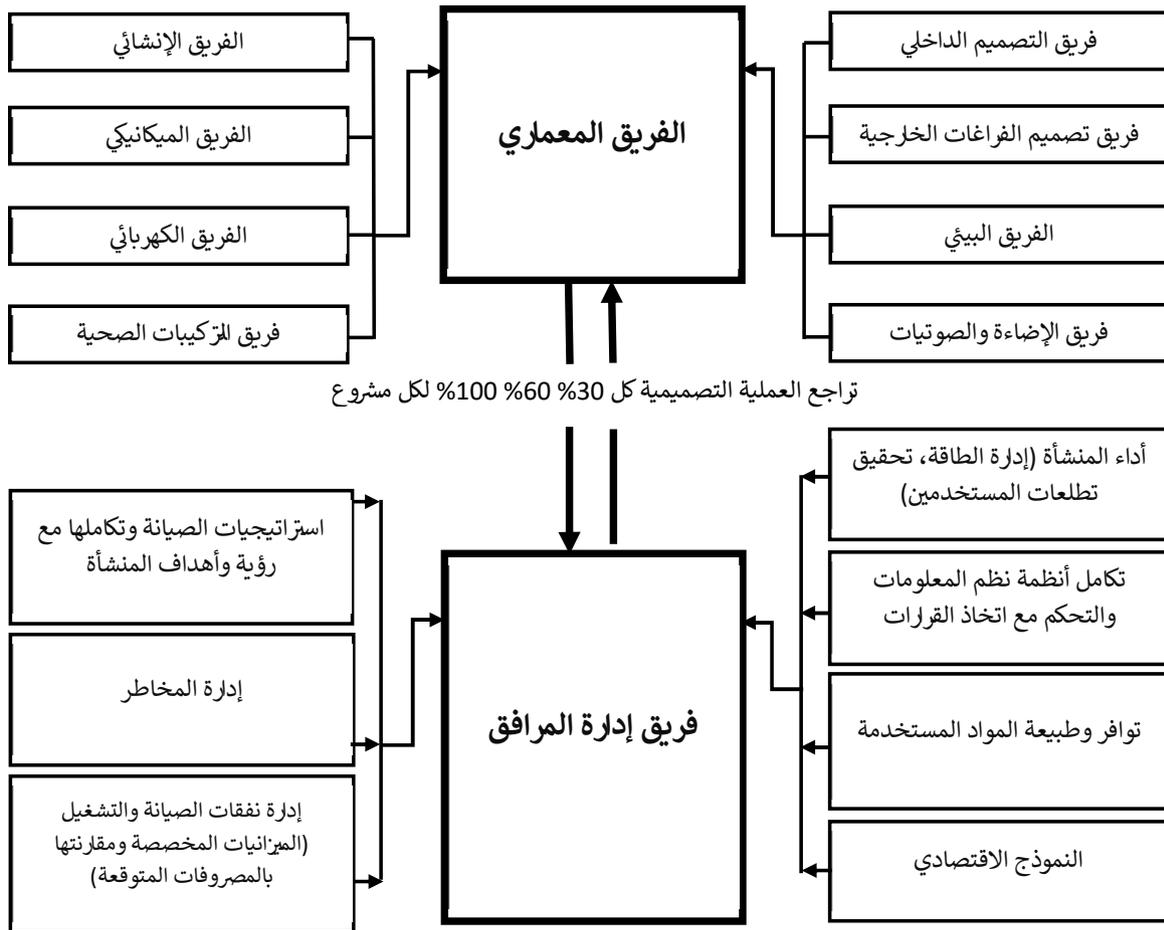
المشكلات المحتملة قبل حدوث أضرار جسيمة.

٩. المناقشة

مما لا شك فيه أن هناك حاجة إلى بذل جهود كبيرة لتعديل ممارسات أو أساليب إدارة العملية التصميمية لتحسين وتنفيذ معايير قابلية الصيانة، والتأكيد على أخذها بعين الاعتبار في وقت التصميم. بالنظر إلى القضايا المذكورة أعلاه، هناك سؤالان يمكن أن يكونا حجر الزاوية لتحقيق ذلك، وهما:

- كيف يمكن تطوير منهجية تقوم على تحديد ودراسة العوامل التي تسهم في بناء تعزيز قابلية الصيانة خلال مراحل تصميم المنشأة؟
- كيف يمكن تعديل المعايير والمواصفات المتعلقة تبعاً لتطور الاحتياجات المستقبلية تبعاً لوظيفة المنشأة (تعليمي، تجاري، صناعي، سكني)؟

بالنسبة للسؤال الأول، إن العائقين الرئيسيين أمام اكتساب المعارف والممارسات المتعلقة بتطبيق معايير قابلية الصيانة في المنشآت العامة بشكل منهجي وتوثيقها بشكل صحيح خلال عملية التصميم، هما: (١) نقص المعلومات حول معرفة معايير قابلية الصيانة. (٢) عدم إدراك مسببات عيوب الصيانة التي تنتج عن التصميم. ولتلافي ذلك، يجب على الجهات العامة تطوير منهجية عمل تسهم في بناء تعزيز



الشكل رقم (١٨). منهجية عمل لإشراك مدير المرافق مع فريق التصميم.

معرفة قابلية الصيانة المشتركة لتعزيز التواصل بين الأطراف ذات الصلة وتقاسم معرفة قابلية الصيانة. كما أن المشاريع التي يشارك فيها القطاع الخاص في تصميم وتنفيذ وإدارة المنشأة، تكون أكثر ملاءمة من المشاريع التي لا يشارك فيها، وذلك للمشاركة المبكرة لمديري المرافق في مرحلة التصميم؛ لأن تلك المشاريع ستعرض وتقيم التصميم من زاوية قابلية التشغيل، وقابلية الصيانة، ووجهة نظر مقدم الخدمة. يؤدي ذلك

الاحتياجات المستقبلية، والتي من أهمها: (١) استخدام طرق الشراء المتكاملة، مثل التصميم والبناء Design and Build والتأكيد على مبادرات التمويل من القطاع الخاص. (٢) اعتماد معيار تكلفة دورة الحياة LCC للتصميم أو في تقديم العطاءات. (٣) تطوير نظام تسجيل قابلية الصيانة. (٤) وضع مبادئ توجيهية للصيانة. (٥) توفير برامج التدريب على تطبيق معايير قابلية الصيانة في المنشآت. و(٦) تطوير قاعدة بيانات

الموضوعة، وذلك من خلال التدريب والتدقيق والرقابة. وتكون مدعومة بعقود تضمن تحقيقها، بحيث لا يعتمد المعماريون والمستثمرون على التكلفة الأولية للإشارة إلى القبول الاقتصادي للمشروع، بل يكون القرار مبنياً على دورة الحياة الكاملة للمنشأة، لأن التكلفة الأولية قد لا تكون الحل الأكثر اقتصادية حيث تتطلب المواد الأرخص غالباً المزيد من الصيانة المتكررة.

١٠. الخلاصة والتوصيات

يُعزى السبب الرئيسي لتحديات الصيانة إلى القرارات التي يتم اتخاذها خلال مرحلة تصميم المشروع. وأشارت الدراسات السابقة إلى أن المشاركة المباشرة لمدير المرافق في مرحلة التصميم توفر إمكانية تقليل تحديات الصيانة خلال مرحلة التشغيل. لذا من أبرز الإضافات التي قدمتها هذه الدراسة هي:

دراسة شاملة لقضايا قابلية المنشآت العامة للتصميم .

تحديد عشرة معايير من شأنها تحقق قابلية المنشآت للصيانة وترتيبها حسب أهميتها وأولويتها، وهي: الوصلية، والمتانة، وقابلية التنظيف، وتوافر المواد، والتوحيد القياسي، والبساطة والمرونة، والنمطية، والقدرة على استقرار والتحكم في النظم، وتوقعات المستخدم، وإكسسوارات المنشأة.

● تطوير منهجية تقوم على تحديد أولوية

إلى المزيد من التفكير في عوامل قابلية الصيانة، وتبرز الحاجة إلى آلية تحفيز لتنفيذ ذلك. علاوة على ذلك، من المهم تحديد تطوير معرفة قابلية الصيانة وتطوير أنظمة قياس الأداء باعتبارها العوامل الرئيسية التي تسهم في تعديل المعايير والمواصفات المتعلقة تبعاً لتطور الاحتياجات المستقبلية تبعاً لوظيفة المنشأة. تطوير أنظمة قياس الأداء لأنواع محددة من المشاريع، مثل المباني التجارية أو المستشفيات، أو مناطق محددة، مثل المنطقة الرطبة أو الواجهات أو لبلدان محددة؛ سيسهم في ملء الفجوة المعرفية الخاصة لكل نوع من أنواع المنشآت تبعاً للظروف الخاصة التي تتواجد فيها تلك المنشآت، لأنه سيسهل أيضاً إنشاء قاعدة بيانات مشتركة لمعارف الصيانة بشكل فاعل بسبب سهولة التشغيل البيئي في صناعة البناء بأكملها وبين البلدان.

وبالنسبة للسؤال الثاني في كيفية تعديل المعايير والمواصفات المتعلقة تبعاً لتطور الاحتياجات المستقبلية تبعاً لوظيفة المنشأة (تعليمي، تجاري، صناعي، سكني)، هناك حاجة ملحة لوضع السياسات والإطار القانوني فيما يتعلق بقابلية المنشآت للصيانة لسد الفجوة المعرفية لمعايير قابلية المنشآت للصيانة من خلال بناء قاعدة بيانات مركزية للعيوب التصميمية التي تخلق مشاكل صيانة مستقبلية، والتي يمكن من خلالها للمعماري بالتعاون مع مدير المرافق تجنب كثير منها، مع ضمان تلك السياسات والأطر ضمان الامتثال لمعايير قابلية المنشآت للصيانة

- معايير قابلية الصيانة حسب الأهمية.
- استنتاج خطوات عملية يمكن تطبيقها لتطوير وتحديث معايير قابلية الصيانة في المنشآت العامة.
- تطوير منهجية تقوم على تحديد ودراسة العوامل التي تسهم في بناء تعزيز قابلية الصيانة خلال مراحل تصميم المنشأة.
- تعديل المعايير والمواصفات تبعاً لتطور الاحتياجات المستقبلية لموظفي المنشأة.
- ولتحقيق أفضل النتائج بشكل تكون فيه ملموسة على أرض الواقع، أوصى الباحث بما يلي:
- في حال توافر الموارد المناسبة، يوصى بتوسيع عينة الاستبيان من أجل الوصول لنتائج عالية المصدقية والتعبير بدقة أكبر عن آراء أصحاب المصلحة.
- ضرورة توسعة المعايير التي تدرس قابلية المنشآت العامة للصيانة وتقسم هذه المعايير تبعاً لأهمية كل معيار لنوعية المنشأة (تعليمي، صناعي، سكني، تجاري).
- أهمية إنشاء قاعدة بيانات معرفية مشتركة على المستوى الوطني لمساعدة مختلف التخصصات خلال دورة حياة مشروع البناء على فهم بعضهم البعض بشكل أفضل وحل المشكلات في مراحل المشروع السابقة.
- إيجاد منهجية أكثر فاعلية في المنشآت العامة لإشراك أقسام إدارة المرافق في المراحل الأولى في التصميم بشكل يعزز سبل التعاون بين مختلف المهنيين في فريق التصميم، بمن فيهم مدير إدارة المرافق، خاصة أن هناك قلة في الدراسات التي تبحث تحديد المسؤوليات الفعلية لمدير المرافق في فريق التصميم المتكامل.
- تحديث معايير قابلية المنشآت العامة للصيانة تبعاً لمتطلبات الزمن، ويكون تحديث ذلك بشكل دوري.
- تحديد جهة مستقلة تكون مسؤولة عن آلية التنفيذ، وأن تقوم بتطوير معايير قابلية الصيانة على أن تحدثها باستمرار.
- تكمن أهمية هذه الورقة في مساعدة المعماريين الذين يهدفون إلى تصميم مشاريع يمكن صيانتها بسهولة، ويسعون إلى توفير المستوى الأكثر كفاءة من الخدمات لشاغلي المبنى والمالكين.

١١. المراجع

المراجع العربية:

- جاهد تارم (٢٠١٠)، «هندسة إدارة المنشآت والمرافق بين النظرية والتطبيق في الدوائر الحكومية بالملكة العربية السعودية». مركز بحوث كلية العمارة والتخطيط بجامعة الملك سعود، ١-٣٤

and empowering the private sector”, Ministry of Finance, < <https://www.mof.gov.sa/>> (September 2020)

UN Habitat for Better Urban Future (2018) « The State of Saudi Cities Report 2019» Ministry of Municipal & Rural Affairs, <https://unhabitat.org/sites/default/files/2020/05/saudi_cities_report_2019_arabic.pdf>, (April 2020)

Yarim, J (2010) “Theory and Practics of facility management in Saudi Governmental Organizations” The Research Center at the College of Architecture and Planning, 1-34

English Refreences:

Abraham G. (2002). “Identification of Critical Success Factors for Construction Organizations in the Architectural/Engineering/Construction (A/E/C) Industry,” Ph.D. Thesis, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, USA.

Ali, A. S., Kamaruzzaman, S. N., Sulaiman, R. and Peng, Y. C. (2010) “Factors Affecting Housing Maintenance cost in Malaysia.” Journal of Facilities Management, 8(4), 285-298.

Ali, A. S., Kamaruzzaman, S. N., Sulaiman, R. and Peng, Y. C. (2010) “Factors Affecting Housing Maintenance cost in Malaysia.” Journal of Facilities Management, 8(4), 285-298.

Axcell, A. (2001). “The Cleanability of Buildings” (City University Business School) Alistair Ratcliff (City University Business School).

Othman, A. (2007) “Generating Sustainable Values and Achieving Client Satisfaction in Construction Projects through Maintenance Management: The Case of Housing Projects in Abu Dhabi, United Arab Emirates.” Architectural Engineering and Design Man-

الحمدي، أمل (٢٠١٦) « دراسة: تدني كفاءة الصيانة والتشغيل مقارنة بالإنفاق

الحكومي» الاقتصادية، <https://www.ale-qt.com/2016/12/11/article_1109538.html>، (أغسطس، ٢٠١٩)

السراج، زهير (٢٠١٨)، «واقع التشغيل والصيانة وإدارة ادارة المرافق في المملكة العربية السعودية»، كلية الهندسة، جامعة الملك سعود، محاضرة.

برنامج الأمم المتحدة للمستوطنات البشرية

(٢٠١٨) «تقرير حالة المدن السعودية

٢٠١٩»، وزارة الشؤون البلدية

والقروي، <https://unhabitat.org/sites/default/files/2020/05/saudi_cities_re-

<port_2019_arabic.pdf> (ابريل ٢٠٢٠)

وزارة المالية (٢٠٢٠). «كفاءة الانفاق وتمكين

القطاع الخاص، بيان الميزانية العامة للدولة

١٤٤١ - ١٤٤٢ هـ» وزارة المالية، <<https://www.mof.gov.sa>

> (سبتمبر ٢٠٢٠)

Arabic Refreences:

alhamdi, A. (2016) “Low maintenance and operating efficiency compared to government spending”, Alaiqtisadia, >https://www.ale-qt.com/2016/12/11/article_1109538.html< (Augst 2019)

Al-Sarraj, Z. (2018) “The status of operation and maintenance in the Kingdom of Saudi Arabia” Engineering College, King Saud Uiversity, Riyadh. Lecture.

Ministry of Finance (2020) “Efficient spending

- Facil., 3(213), 213–221.
- Choon Hua, G., Sher, W. and Sui Pheng, L.** (2005), «Factors affecting effective communication between building clients and maintenance contractors», *Corporate Communications: An International Journal*, 10 (3), 240-251
- Das, S., and Chew, M. Y. L.** (2010) “Multi-criteria Decision Analysis in Building Maintainability Using Analytical Hierarchy Process.” *Construction Management and Economics*, 28(10), 1043-1056.
- Davey, C., McDonald, J., Lowe, D., Duff, R., Powell, J. A., and Powell, J. E.** (2006). “Defects liability management by design.” *Build. Res. Inf.*, 34(2), 145–153.
- De Marco, A., Ruffa, S. and Mangano, G.** (2010), «Strategic factors affecting warehouse maintenance costs», *Journal of Facilities Management*, 8 (2), 104-113.
- De Silva, N., Dulaimi, M. F., Ling, F. Y. Y., and Ofori, G.** (2004). “Improving the maintainability of buildings in Singapore.” *Build. Environ.*, 39(10), 1243–1251.
- Department of Energy (DOE)** (2011) “Human Factors/Ergonomics Handbook for the Design for Ease of Maintenance” Department of Energy, Washington, D.C, 7-111
- Dhillon, B. S** (1999) “Design Reliability: Fundamentals and Applications.” CRC, Boca Raton, FL.
- Dhillon, B. S.** (2008) “Mining Equipment Reliability, Maintainability and Safety” Springer-Verlag London, London.
- Dhillon, B.S.** (2006) “Maintainability, Maintenance and Reliability for Engineers.” Tylors and Francis Group, London.
- Dominowski, R. L.** (1980). “Research methods”, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Ekanayake, L. L., and Ofori, G.** (2004). “Building waste assessment score: Design based management, 3:3, 145-159
- Cavka, H.B., Staub-French, S., Pottinger, R.** (2015) “Evaluating the alignment of organizational and project contexts for BIM adoption: a case study of a large owner organization.” *Buildings*, 5(4), 1265–1300
- Celadyn, W** (2014) “DURABILITY OF BUILDINGS AND SUSTAINABLE ARCHITECTURE” *Technical Transaction Architecture*, 7(A), 17-26
- Chanter, B., and Swallow, P.** (2007) “Building Maintenance Management.” 2nd Ed. Oxford, UK: Blackwell Publishing.
- Chew M Y L and De Silva N** (2003) “Maintainability Problems of Wet Areas in High-rise Residential Buildings.” *Building Research and Information*, 31(1), 60-69.
- Chew, M. Y. L., & Tan, S. S.** (2004) “A multivariate approach to maintenance prediction of wet areas.” *Construction Management and Economics*, 22(4), 395-407.
- Chew, M. Y. L., Tan, S. S., & Kang, K. H.** (2005) “Contribution analysis of maintainability factors for cladding facades.” *Architectural Science Review*, 48(3), 215-227.
- Chew, M. Y. L., De Silva, N., and Tan, S. S.** (2004). “A neural network approach to assessing building façade maintainability in the tropics.” *Constr. Manage. Econ.*, 22(6), 581–594.
- Chew, M. Y. L., Silva, N. D. and Tan, S. S.** (2010) “A Neural Network Approach to Assessing Building Façade Maintainability in the Tropics.” *Construction Management and Economics*, 22(1), 581-594.
- Chew, M. Y. L., Tan, S. S. and Kang, K. H.** (2005) “Contribution Analysis of Maintainability Factors.” *Architectural Science Review*, 48(3), 215-228.
- Chong, W. K., and Low, S. P.** (2006). “Latent building defects: Causes and design strategies to prevent them.” *J. Perform. Constr.*

- al, 3(2), 115-24.
- Jaafar, M., and Othman, N. L.** (2016). "Maintainability and design aspect of public hospital." *Jurnal Teknologi*, 78(5), 107-113.
- Kanniyapan, G., Mohammad, I. S., Nesan, L. J., Mohammed, A. H., Abdullah, M. N., Asmoni, M., & Ganisen, S.** (2015). «Implementing maintainability in building material selection: A preliminary survey». *Jurnal Teknologi*, 77(30), 145-154.
- Kumar, R., Barabady, J., Markeset, T., Kumar, U.** (2009) "Improvement of performance of oil and gas production facilities in Arctic regions by applying human factors/ergonomic principles at the design phase." *International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions*, Sweden, 09-12
- Lam, K.C.** (2001), "Quality assurance system for quality building services maintenance", *National Conference*, 1(1), 1-13.
- Lewis, A., Riley, D., and Elmualim, A.** (2010) "Defining high performance buildings for operations and maintenance." *Int. J. Facil. Manage.*, 1(2), 1-16.
- Liu, R., and Issa, R. R. A.** (2014). "Design for maintenance accessibility using BIM tools." *Facilities*, 32(3), 153-159.
- Liu, R., and Issa, R. R. A.** (2016). "Survey: Common knowledge in BIM for facility maintenance." *J. Perform. Constr. Facil.*, 04015033.
- Magee, G. H.** (1988) "Facilities maintenance management." *R. S. Means Company Inc.*, Kingston, Mass.
- Mayer, P. D. and Brewer, B.** (2001) "Auditing for Durability". *Proceedings of The Whole-Life Performance of Facades: Centre for Window and Cladding Technology*, University of Bath, 2001, Bath. 23-32.
- MEFMA and Credo** (2018), "Facility Management in Saudi Arabia – an emerging giant." *Middle East Facility Management Association*.
- Erdener, E.** (2003). "Linking programming and design with facilities management." *J. Perform. Constr. Facil.*, 17:1(4), 4-8.
- Feldman E B** (1975) "Building Design for Maintainability" *McGraw-Hill*, New York
- Ganisen, S., Mohammad, I. S., Nesan, L. J., Mohammed, A. H., and Kanniyapan, G.** (2015). "The identification of design for maintainability imperatives to achieve cost effective building maintenance: A Delphi study." *Jurnal Teknologi*, 77(30), 75-88.
- Hassanain, M. A., Assaf, S., Al-Ofi, K., and Al-Abdullah, A.** (2013). "Factors affecting maintenance cost of hospital facilities in Saudi Arabia." *Property Manage.*, 31(4), 297-310.
- Hassanain, M.A., Assaf, S., Al-Ofi, K. and Al-Abdullah, A.** (2013), "Factors affecting maintenance cost of hospital facilities in Saudi Arabia", *Property Management*, 31 (4), 297-310.
- Her, B. M. and Russell, J. S.** (2002) "Maintainability Implemented by Third-Party Contractor for Public Owner." *Journal of Management in Engineering*, 18(2), 95-102.
- Ihsan, B., and Alshibani, A.** (2018) "Factors affecting operation and maintenance cost of hotels." *Property Management*, 36(3), 296-313.
- Ikpo, I. J.** (2009) "Maintainability indices for public building design." *Journal of Building Appraisal*, 4(4), 321-327.
- Ilozor, B. D., Okoroh, M. I., and Egbu, C. E.** (2004) "Understanding Residential House Defects in Australia from the State of Victoria." *Build. Environment*, 39(3), 327-337.
- Ishak, Sr. N. H., Chohan, A. H. and Ramly, A.** (2007) "Implications of Design Deficiency on Building Maintenance at Post-Occupational Stage." *Journal of Building Appraisal*.

- Shah Ali, A.** (2009), «Cost decision making in building maintenance practice in Malaysia» *Journal of Facilities Management*, Vol. 7 No. 4, pp. 298-306.
- Shohet, I. M.** (2003). "Building evaluation methodology for setting maintenance priorities in hospital buildings." *Constr. Manage. Econ.*, 21(7), 681–692.
- Shohet, I. M., and Perelstein, E.** (2004). "Decision support model for the allocation of resources in rehabilitation projects." *J. Constr. Eng. Manage.*, 130(2), 249–257.
- Silva, N. and Ranasinghe, M.** (2010) "Maintainability Risks of Condominiums in Sri Lanka." *Journal of Financial Management of Property and Construction*, 15(1), 41-60.
- Slavila, C. A., Decreuse, C. and Ferney, M.** (2005) "Fuzzy Approach for Maintainability Evaluation in the Design Process." *Journal of Concurrent Engineering*, 13(1), 291-300.
- Smith, D.J.** (2011) "Reliability, maintainability and risk: practical methods for engineers including reliability centred maintenance and safety-related systems." Elsevier, New York
- Sommerville, J.** (2007). "Defects and rework in new build: An analysis of the phenomenon and drivers." *Struct. Surv.*, 25(5), 391–407.
- Stapelberg, R.F.** (2009) "Handbook of reliability, availability, maintainability and safety in engineering design." Springer Science & Business Media, Berlin
- Wood, B. R.** (2009) "Building Maintenance.", Wiley-Blackwell, Oxford, UK
- Wu, S.** (2010). "Reviews and case studies: Research opportunities in maintenance of office building services systems." *J. Qual. Maint. Eng.*, 16(1), 23–33.
- Wu, S., and Clements-Croome, D.** (2007). "Burn-in policies for products having dormant states." *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, 92(3), 278–285.
- tion, Dubai, UAE
- Meng, X.** (2013). "Involvement of facilities management specialists in building design: United Kingdom experience." *J. Perform. Constr. Facil.*, 10(1061), 500–507.
- Mohammad, I.S., Zainol, N.N., Abdullah, S., Woon, N.B. and Ramli, N.A.** (2014), "Critical factors that lead to green building operations and maintenance problems in Malaysia", *Theoretical and Empirical Researches in Urban Management*, 9 (2), 68-86
- Mohammed, M. A., and Hassanain, M. A.** (2010). "Towards improvement in facilities operation and maintenance through feedback to the design team." *Built Hum. Environ. Rev.*, 3, 72–87.
- Moon, S. M., Shin, C. Y., Huh, J., Oh, K. W., and Hong, D.** (2015). "Window cleaning system with water circulation for building façade maintenance robot and its efficiency analysis." *Int. J. Precis. Eng. Manuf. Green Technol.*, 2(1), 65–72.
- Moua, B. Russell, J.S.** (2001) "Comparison of two maintainability programs." *J. Constr. Eng. Manage.*, 127(3), 239–244
- Putt, J.** (2013) "Why equipment maintainability should not be an afterthought." *Reliable Plant Conference*, Ohio
- Ramly, A.** (2006) "Link between Design and Maintenance." *Builders & Engineers*. 81(5).
- Rounds, D.** (2018). "Design for Maintainability: The Importance of Operations and Maintenance Considerations During the Design Phase of Construction Projects." *Whole Building Design Guide*, <<https://www.wbdg.org/resources/design-for-maintainability>> (June, 2019)
- Ryan, P. A., Wolstenholme, R. P. and Howell, D. M.** (1994) "Durability of Cladding: A State of the Art Report." Thomas Telford, London.

Wu, S., Clements-Croome, D., Fairey, V., Albany, B., Sidhu, J., Desmond, D., and Neale, K. (2006). "Reliability in the whole life cycle of building systems." *Eng. Constr. Archit. Manage.*, 13(2), 136–153.

Yeung, H. W. C. (1995). "Qualitative personal interviews in international business research: Some lessons from a study of Hong Kong transnational corporations." *Int. Bus. Rev.*, 4(3), 313–339.

A Methodology for Achieving Integration Between Architectural Design, Maintenance and Operation in Public Facilities

Ghasan Alfalah

Associate Professor

College of Architecture and Planning, King Saud University, Saudi Arabia

galfalah@ksu.edu.sa

Received 29/4/2020; accepted for publication 24/11/2020

Abstract. The role of facilities management in decisions made during the design phase is an essential tool that an architect must rely on during the design phase. However, this role has not been developed as required in the Kingdom of Saudi Arabia, and third world countries in general. In the Kingdom, we are limited to considering periodic maintenance only after operation. Therefore, the research aims to identify and study the factors that achieve the efficiency of the capacity of public facilities for maintenance through the stages of designing the public establishment, through: 1) identifying and studying the factors that contribute to building the enhancement of maintainability during the design stages of the facility. 2) To develop a methodology that enables determining the level of importance of each design criterion for maintenance. 3) Developing a methodology to systematically acquire and properly document maintenance knowledge and practices throughout the design process. The research followed a knowledge building approach derived from literature review and from professional practitioners through previous literary reviews and interviews with specialists. This, in addition to using the indicator of relative importance to assess the standards of maintainability and arrange them according to priority. The research concluded that there are ten criteria that must be taken into account during the design process which are accessibility, durability, cleanability, availability of materials, standardization, simplicity and flexibility, modularity, ability to extrapolate and control systems, user desire and facility accessories. Among the most important criteria that must be taken into account during the design process are accessibility, availability of materials and durability, among the most important maintenance criteria that must be taken into account in the initial design stages of any facility with a level of importance of 94%, 89%, and 87% respectively. The researcher recommended the importance of establishing a common knowledge database at the national level to bridge the knowledge gap witnessed in the lack of information about knowledge of maintainability standards. The importance of the research is to assist architects who aim to design easily maintainable projects and strive to provide the most efficient level of services to building occupants and owners.

Key words: facility management, design for maintenance, facility maintenance and operation, facility life cycle.