مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (37) العدد (6) 2015
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (37) No. (6) 2015

تحسين إدارة الصيانة للمباني الحكومية

الدكتور فايز جراد*
باسل الحسن**

(تاريخ الإيداع 5 / 7 / 2015. قُبِل للنشر في 28/ 12 / 2015)

□ ملخّص □

لقد حاز موضوع الصيانة على اهتمام عالمي متزايد في مختلف مجالات البحث العلمي، ونتيجة لذلك حدث تغير نوعي في صيانة الأبنية من المنهج الوقائي والاصلاحي إلى المنهج التوقعي، ويتم ذلك من خلال موديل تقييمي ليدعم ويساعد إدارة المنشأة في اختيار البدائل واتخاذ القرارات المناسبة في الصيانة بما يتلاءم ووضع البناء وموازنة الصيانة.

وقد لوحظ أن هناك نقص في فعالية الصيانة للأبنية الحكومية في سوريا، حيث أن المنهج المتبع هو القيام بالصيانة عند حدوث العطل مما يؤدي إلى تراكم في الأعطال.

تم في هذا البحث دراسة أسباب الصيانة للمباني الحكومية ودرجة أهمية كل عنصر من عناصر الصيانة وذلك من خلال تصميم استبيان قُسم فيه البناء إلى مكونات أساسية وعناصر ثم ربط كل عنصر ببنود الصيانة التي تنفذ فيه، وفي نهاية البحث تم وضع نماذج رياضية هي موديلات انتكاس تساعد بالتنبؤ بأعمال الصيانة وتوزيع الموازنة، وللتأكد من صحة هذه الموديلات تم تطبيقها على دراسة حالة السكن الجامعي في جامعة تشرين.

الكلمات المفتاحية: إدارة تشييد، صيانة المباني، موديلات الانتكاس.

* مدرس – قسم هندسة وإدارة التشييد بكلية الهندسة المدنية–جامعة تشرين–اللاذقية–سورية.
**طالب ماجستير–قسم هندسة وإدارة التشييد–جامعة تشرين–اللاذقية –سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (37) العدد (6) 2015
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (37) No. (6) 2015

Enhancing maintenance management for Governmental buildings

Dr. Fayz Jrad*
Bassel Alhasn**

(Received 5 / 7 / 2015. Accepted 28 / 12 / 2015)

□ ABSTRACT □

Building maintenance is gaining an increasing worldwide recognition in many fields of study.as a result; a remarkable shift in building maintenance management from preventive approach to predictive approach is taking a place now a days. That is achievable through building of an evaluative model to assess a variety of alternative decisions and make the right decisions, taking in the consideration building condition and the available budget for maintenance.

In Syria, there is lack of effective building maintenance for governmental buildings because we use an approach depends on doing the work after the fault happened, that leads to deteriorating in the all building's parts.

In this paper, we study maintenance reasons and importance degree for every single components by designing questionnaire, divide the building in to its essential parts and components, and link them to maintenance works.

At the end, we get mathematical models called deterioration models assist in predictable maintenance works and distributing the budget, and to make sure about validity of these models we apply them in the dormitory in Tishreen University.

Keywords: construction management, buildings maintenance, deterioration models

*Assistant Professor, Department of Construction and Management Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.
**Postgraduate Student , Department of Construction and Management Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia ,Syria.

مقدمة:

تعرف الصيانة بأنها أعمال المحافظة على مبنى ووقايته من التلف لكي يؤدي وظيفته على الوجه الأكمل أطول مدة ممكنة مع إصلاح العيوب حفاظا على المبنى وللإقلال من التكاليف الناتجة عن الإهمال أو الإرجاء، وذلك باشتراك جميع الوسائل الفنية والإدارية، وتشمل هذه الأعمال الإعداد والتخطيط والتنفيذ لعملية الصيانة بالإضافة إلى المتابعة والرقابة أثناء وبعد التنفيذ.

ومن أجل انتقال أعمال الصيانة من المنهج الذي يعتمد على اصلاح العطل عند حدوثه والذي يؤدي إلى تراكم في الأعطال إلى المنهج التوقعي الذي يساعد الإدارة على توقع الأعطال التي يمكن أن تحدث في البناء وتوقع الموازنة المطلوبة لأعمال الصيانة ، تم اقتراح أسلوب النمذجة التي تعتبر طريقة فعالة بشكل كبير وأسلوب ناجع في تبسيط المشاكل وحلها، وتتم النمذجة في مجال الصيانة من خلال بناء موديلات انتكاس هذه الموديلات تكون على شكل موديلات رياضية، و الموديل الرياضي هو نسخة مبسطة لشيء معقد ويستخدم في حل المسائل والقيام بالتوقعات وكأساس لأفكار متصلة بالموضوع [1] ، والموديل الرياضي يمكن أن يوصف كعملية تبسيط لمسائل الحياة المعقدة والتي يعبر عنها كمعادلة رياضية ويمكن أن يوصف الموديل التنبئي على أنه بناء موديل تقييمي، عادة رياضي يساعد في تقييم البدائل المختلفة[2].

هناك الكثير من البحوث التي تحدثت عن موديلات الانتكاس ففي العام 2012 قام (ABDEL ATY, A) [3] بتقديم رسالة ماجستير في جامعة القاهرة عن أعمال الصيانة لمترو الأنفاق، وكان هدف البحث هو وضع موديلات انتكاس لجميع المكونات الهامة لمترو الأنفاق لتحديد الزمن الفاصل بين كل عمليتي صيانة، وإيجاد الموازنة المخصصة لأعمال الصيانة وقام الباحث بوضع أولويات صيانة لمكونات مترو الأنفاق من خلال تأثير المكون على مستوى الخدمة في المترو.

وفي عام 2012 قام الباحث(olaguju) [1] في ولاية النيجر في نيجريا بوضع موديلات انتكاس للأبنية السكنية بالاعتماد على المكونات الأساسية للبناء، ولتحديد أكثر هذه المكونات تأثيراً على البناء قام الباحث بوضع (25) متغير تعبر عن مختلف مكونات البناء وبإجراء استبيان وجد الباحث أن (8) متغيرات تعبر بنسبة (94) % عن وضع أو حالة البناء.

في عام 2003 قام FRANGOPOL, D [4] بتقديم بحث كان الهدف منه وضع نموذج انتكاس يمكن الاعتماد عليه من أجل توقع أعمال الصيانة وأمثلة التكلفة الكلية لإعمال الصيانة، حيث عمل الباحث على وضع نموذج رياضي من أجل أمثلة تكلفة أعمال الصيانة للبنى التحتية في ظل عدم التأكد، حيث قام الباحث بدراسة مجموعة من المنشآت التي تحتاج لأعمال الصيانة مع التركيز على الجسور.

أهمية البحث وأهدافه:

حرصاً على الحفاظ على ثروتنا العقارية ولحقيقة استحالة إنشاء بناء لا يحتاج إلى صيانة وفي ضوء عدم وجود دليل صيانة في بلدنا سوريا، نسعى من خلال هذا البحث إلى تطوير موديلات انتكاس للأبنية الحكومية يساعد الإدارة على سرعة التقييم لوضع البناء وكذلك تحديد أهم أسباب الصيانة وتوقع أعمال الصيانة لعام قادم وترتيب هذه الأعمال وتنفيذ البنود الأكثر إلحاحاً وفقاً للموازنة الموضوعة لأعمال الصيانة.

طرائق البحث ومواده:

اعتمدنا في هذا البحث على المنهج الوصفي الاستنتاجي، حيث تم تصميم استبيان عن أعمال الصيانة ثم تم اخضاع البيانات التي حصلنا عليها إلى عدة طرق في التحليل باستخدام برنامج التحليل الاحصائي (spss) وباستخدام المنطق الضبابي (fuzzy logic) وقبل تصميم الاستبيان تم تقسيم البناء كما يأتي:

التقسيم الوظيفي للبناء:

نظراً لكثرة العناصر الموجودة في البناء ومن أجل سهولة معرفة هذه العناصر والتحكم بها سوف نلجأ إلى تقسيم البناء والأعطال والعيوب التي يمكن أن تحصل به وفقاً لثلاث طرق في التقسيم وهي:

1 - تقسيم البناء إلى عناصر. 2-تقسيم البناء تقسيماً مكانياً. 3-تقسيم البناء حسب الاختصاصات.

1 - تقسيم البناء إلى عناصر:

يقسم البناء وظيفياً إلى مجموعة من المكونات الأساسية التي تقسم بدورها إلى مجموعة من العناصر، وسوف نربط بكل عنصر من هذه العناصر جميع المشاهدات والعيوب التي تحتاج إلى عملية صيانة والتي يمكن أن تحدث في هذا العنصر، ووفقاً لهذا التقسيم قمنا بتقسيم البناء إلى أربع مستويات هذه المستويات هي:

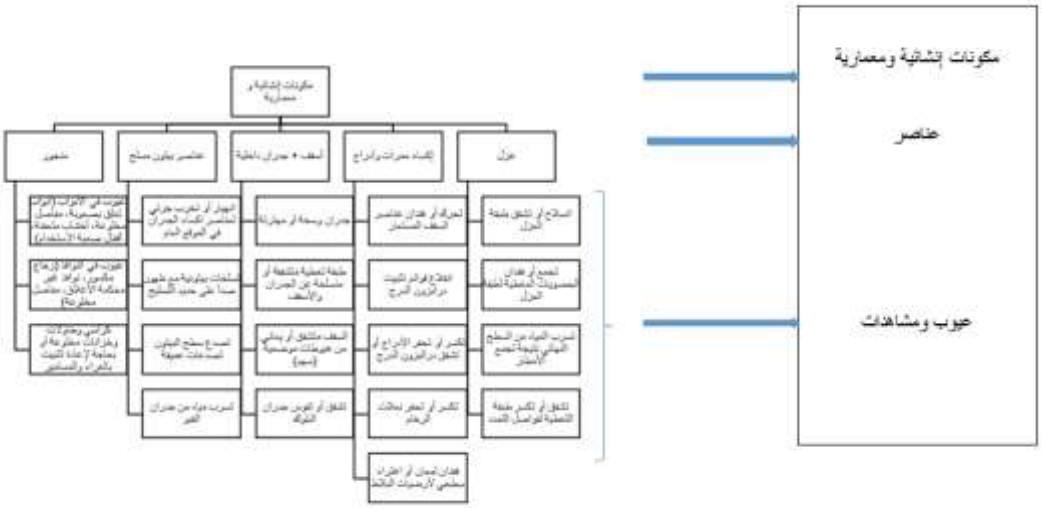
الشكل (1) تقسيم البناء إلى عناصر

وبذلك يكون لدينا 5 مكونات أساسية للبناء و17 عنصر ترتبط ب 82 عيب أو مشاهدة (كما تبين الأشكال من 2 إلى 7)، يمكن أن تحصل في هذه العناصر. وقد استفدنا من دليل الصيانة الفرنسي للمباني السكنية للحصول على هذه العيوب [5] (حيث تتماثل بنود الصيانة بشكل كبير بين الأبنية السكنية والحكومية بسبب وجود نفس العناصر ونفس المكونات الأساسية) بعد إجراء التعديلات الضرورية على هذه البنود لتتلاءم مع واقع وطبيعة الأبنية في بلدنا وذلك من خلال توزيع استبيان تجريبي في مختلف الاختصاصات على مهندسين ذوي خبرة في مجال صيانة الأبنية حتى وصلنا إلى الصيغة النهائية للاستبيان، وسوف يساعدنا هذا التقسيم لا حقاً في وضع موديلات انتكاس للأبنية الحكومية والسكنية

البناء

الشكل (2) تقسيم البناء إلى مكوناته الأساسي

المكونات الأساسية



الشكل (3) المكونات الإنشائية والمعمارية

الشكل(4) المكونات في محيط المبنى

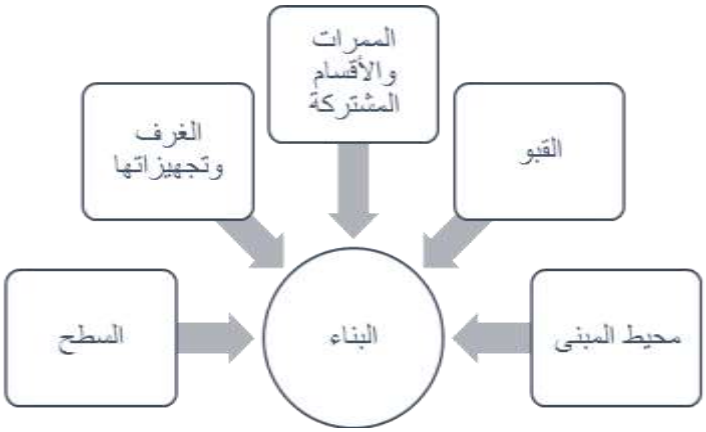
الشكل(5) المكونات الصحية

الشكل(6) المكونات والعناصر الميكانيكية

الشكل(7) المكونات والعناصر الكهربائية

تقسيم البناء تقسيماً مكانياً:

تم تقسيم البناء ضمن الاستبيان مكانياً إلى 5 أقسام أساسية [5]، وضمن الاستبيان تم توزيع المشاهدات والعيوب حسب موقعها ومكان حدوثها وسوف نستفيد من الاستبيان في معرفة أهمية كل عيب أو مشاهدة ومدى أهمية صيانته بالنسبة للمنشأة بشكل كامل:



الشكل (8) التقسيم المكاني للبناء

2 - تقسيم البناء حسب الاختصاصات:

تم توزع العيوب الحاصلة في كل قسم من الأقسام السابقة حسب الاختصاص المسؤول عن صيانتها، لنحصل بذلك على 5 نماذج مختلف من الاستبيان حسب الاختصاصات فهناك استبيان للأعمال الإنشائية والمعمارية واستبيان للأعمال الصحية واستبيان للأعمال الميكانيكية واستبيان للأعمال الكهربائية استبيان للمساحات الخضراء (تعتبر المساحات الخضراء من التقسيمات حسب الاختصاص المسؤول عن الصيانة وتكون ضمن محيط المبنى والذي يحتوي بالإضافة إلى المساحات الخضراء الساحات والأرصفة والسور الخارجي).

الاستبيان:

لقد اعتمدنا في وضع موديلات الانتكاس للأبنية الحكومية والسكنية على معادلات رياضية تتكون كل معادلة من هذه المعادلات من جزأين الأول ثابت يعتبر معامل تثقيل أو ثابت يرتبط بكل بند من بنود الصيانة ويبقى ثابتاً في جميع الأبنية أما الثاني فهو متغير ويتعلق بوضع وحالة البند أو العنصر (component condition)، وهو يعتمد على تقييم المهندس المشرف على أعمال الصيانة وسوف نتحدث عن هذا الجزء بالتفصيل في فصل موديلات الانتكاس.

الشكل (9) معادلة موديل الانتكاس[1]

ولكن من أجل الحصول على الجزء الأول من موديل الانتكاس وهو الثابت أو معامل التثقيل تم وضع استبيان يتضمن(82) بند من بنود الصيانة والتي أطلقنا عليه اسم (مشاهدة أو عيب) وقمنا بربط كل بند من بنود الصيانة بمجموعة من المعايير(criteria). ومن المعايير التي تعبر عن مدى أهمية البند لإجراء أعمال الصيانة له سواء أكانت صيانة وقائية أو صيانة إصلاحية في حال حدوث العطل نظراً لأهمية بند الصيانة أو أهمية العنصر الذي يحصل فيه هذا البند بالنسبة للمنشأة والتي لوحظت في الدراسات السابقة هي: احتمالية الحدوث، خطورته على المنشأة، زمن صيانته، كلفة صيانته، تأثيره على مستوى الخدمة في البناء، تأثيره على البيئة، تأثيره على الامن والسلامة في المنشأة، تأثيره على مستوى الخدمة[6].

وبعد العودة إلى أصحاب الخبرة وجدنا أن المعايير ال (5) الأولى وهي (احتمالية الحدوث، خطورته على المنشأة، زمن صيانته، كلفة صيانته، تأثيره على مستوى الخدمة) الأكثر ملائمة لطبيعة المنشآت قيد الدراسة (الأبنية الحكومية والسكنية).

ونظراً للعدد الكبير لهذه البنود ومن أجل سهولة التحكم بها تم تقسيم البناء مكانياً إلى (5) أقسام وكذلك تم بتقسيم العيوب حسب الاختصاص المسؤول عن صيانتها إلى (5) اختصاصات ، وبذلك نكون قد حصلنا على 5 نماذج مختلفة من الاستبيان حسب الاختصاص المسؤول عن صيانتها، وكانت المرحلة الأولى هي وضع بنود الصيانة لمختلف الاختصاصات ولمختلف مكونات البناء، ثم توزيع مجموعة من الاستبيانات التجريبية على المهندسين ذوي

الخبرة في مجال الصيانة من أجل الحصول على بنود صيانة (المشاهدات) تكون أكثر ملائمة لواقع وطبيعة الأبنية الحكومية في سوريا بعد إجراء التعديلات الضرورية نكون قد حصلنا على النسخة النهائية من الاستبيان ،وبعد ذلك تم توزيع (112) استبيان على المهندسين العاملين في مجال الصيانة في مختلف الدوائر الحكومية في محافظة اللاذقية وقد تم تعبئة (95) استبانة من الاستبيانات التي تم توزيعها وتوزعت هذه الاستبيانات حسب الاختصاصات كما يأتي :

الجدول (1) توزع الاستبيانات حسب الاختصاص

الاختصاص	عدد الاستبيانات
إنشائي + عمارة	30 استبيان
صحية	20 استبيان
ميكانيك	20 استبيان
كهرباء	20 استبيان
مساحات خضراء	5 استبيانات

وبعد الحصول على كافة الاستبيانات تمت معالجة هذه الاستبيانات باستخدام برنامج التحليل الاحصائي(SPSS) [7]

وبعد الحصول على المتوسطات أصبح كل بند من بنود الصيانة مرتبط ب (5) أرقام تعبر هذه الأرقام عن: احتمالية حدوثه، خطورته على المنشأة، زمن صيانته، كلفة صيانته، تأثيره على مستوى الخدمة.

ويمكن أن يعرف مستوى الخدمة على أنه درجة الرضا عن قيام البناء بالوظيفة المنوطة به وإن الأعطال التي تحدث في البناء تتفوت في تأثيرها على مستوى الخدمة فبعضها يكون تأثيره طفيفاً وبعضها الأخر يسبب توقف الخدمة التي تقدمها المنشأة[6].

ولكي نحصل على رقم يعبر عن مدى أهمية البند يجب أن ندمج كافة الأرقام السابقة لكي نحصل على رقم واحد وأفضل طريقة لدمج هذه العناصر هي استخدام المنطق الضبابي حيث استخدمنا برنامج Fuzzy Tech 6.06 [8].

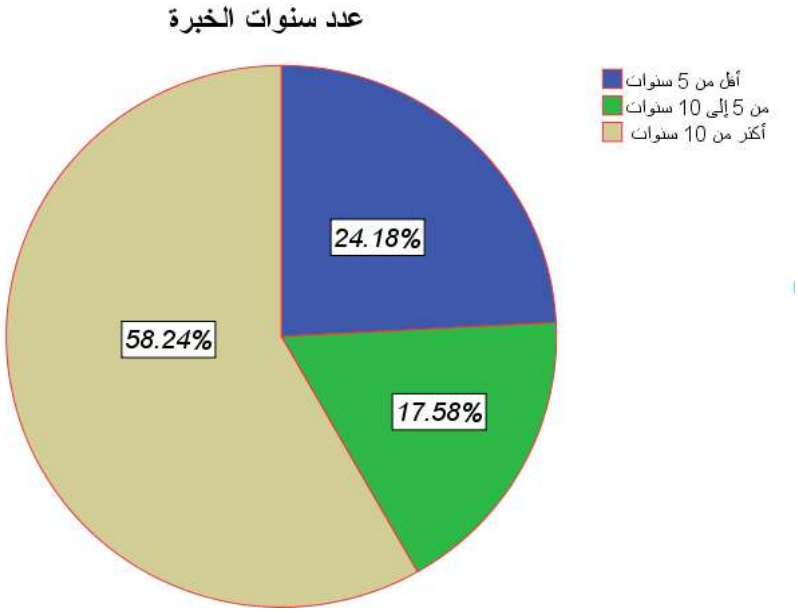
1 التحليل الإحصائي للاستبيان:

شارك في هذا الاستبيان (91) مهندساً من مختلف الاختصاصات وضمن قسيمة الاستبيان وجدت فقرة يطلب من المهندس تعبئتها وتتضمن معلومات عن المهندس وهذه المعلومات هي:

1 -اسم المهندس 2-عدد سنوات الخبرة 3-الاختصاص 4-مكان العمل

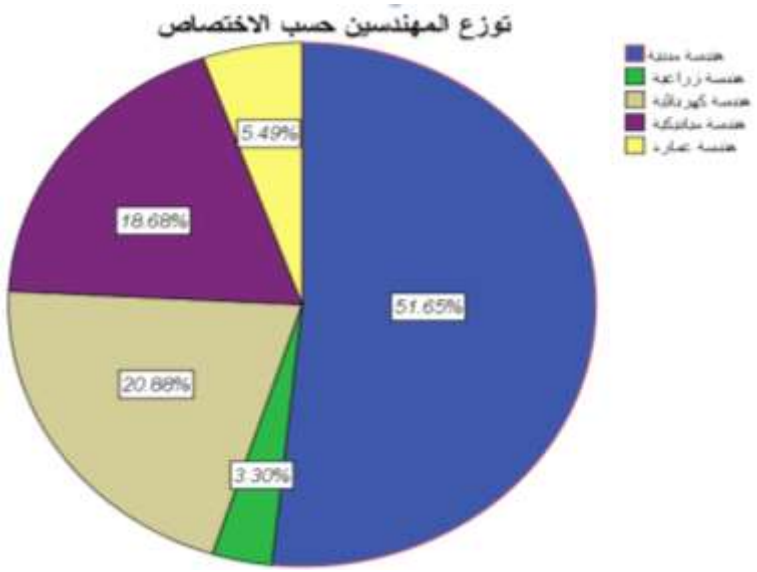
وقد تم معالجة هذه البيانات على برنامج التحليل الإحصائي ال spss فحصلنا على النتائج التالية:

1 -تحليل البيانات حسب عدد سنوات الخبرة للمهندسين المشاركين:



الشكل(10) توزع المهندسين المشاركين في الاستبيان حسب عدد سنوات الخبرة

2 - تحليل البيانات حسب اختصاصات المهندسين المشاركين:



الشكل(11) توزع المهندسين المشاركين في الاستبيان حسب مكان عمل المهندس

تحليل البيانات على مستوى العناصر:

تم تقسيم العناصر الإنشائية والمعمارية إلى 5 عناصر وسوف نقوم بتحليل البيانات المتعلقة بهذه العناصر والتي حصلنا عليها من استبيان الأعمال الإنشائية والمعمارية. لابد من الإشارة إلى أنه كلما نقصت النسبة المئوية للبند فهذا يعني أن احتمالية الحدوث هي أكبر أو بمعنى أخر ستعطي دلالة أكبر لهذا البند:

1 - احتمالية حدوثها:

الشكل(12) توزع عناصر البناء حسب احتمالية حدوث العطل فيها

2 - خطورتها على المنشأة:

الشكل(13) توزع عناصر البناء حسب خطورة العطل فيها على المنشأة

أكثر العناصر خطورة على المنشأة في حال حدوث العيوب فيها هي عنصر البيتون المسلح وأقلها المنجور.

3 - كلفة صيانتها:

الشكل(14) توزع عناصر البناء حسب كلفة الصيانة

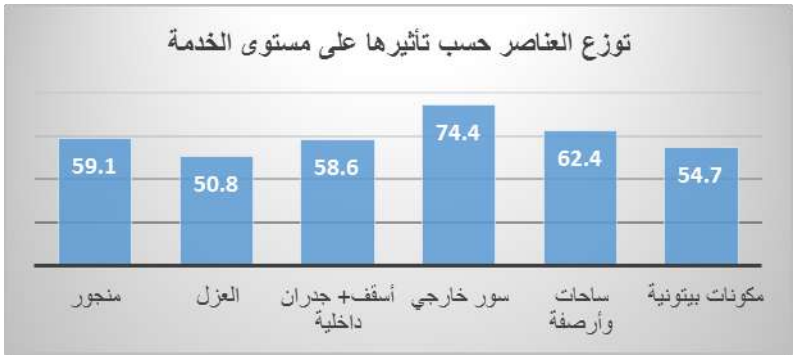
نلاحظ أن أعلى تكلفة للصيانة تكون المكونات البيتونية وأقل العناصر تكلفة هي عنصر السور الخارجي.

4 - زمن الصيانة:

الشكل(15) توزع عناصر البناء حسب زمن الصيانة

أكثر العناصر يحتاج زمناً لصيانته هو المكونات البيتونية وأقلها السور وذلك نتيجة التحليل الإحصائي للاستبيان.

5 - تأثيرها على مستوى الخدمة:

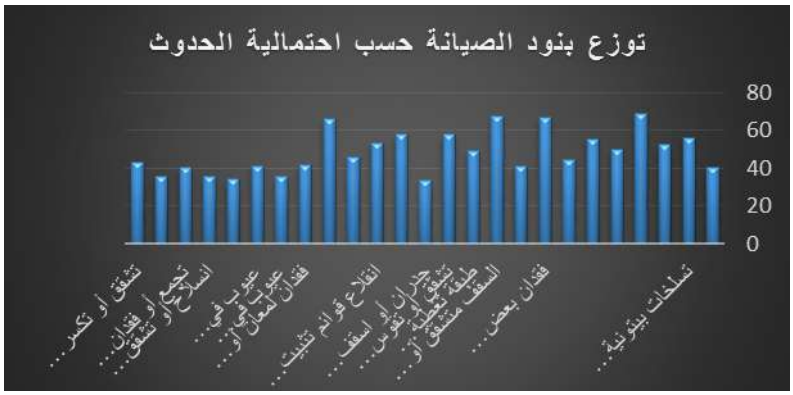


الشكل(16) توزع عناصر البناء حسب تأثير العطل فيها على مستوى الخدمة

أكثر العناصر تأثير على مستوى الخدمة في حال حدوث عطل فيها هو العزل وأقلها هو عنصر السور الخارجي.

تحليل بيانات استبيان الإنشائي والعمارة (على مستوى العيوب والمشاهدات):

1 - احتمالية الحدوث:



الشكل(17) توزع بنود الصيانة حسب احتمالية الحدوث

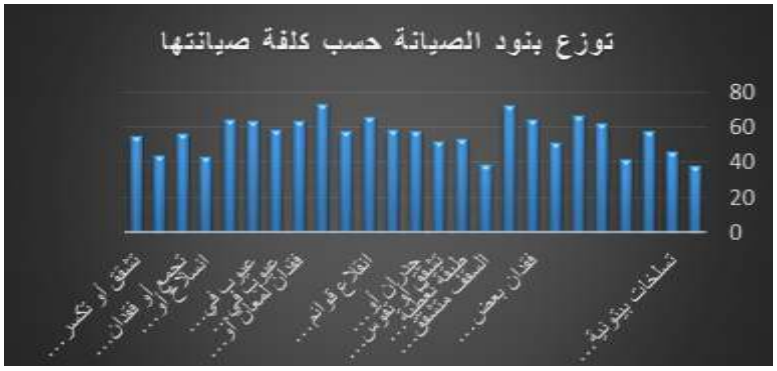
أكثر العيوب احتمالية للحدوث هي جدران أو أسقف وسخة أو مهترئة وأقلها تصدع سطح البيتون تصدعات عميقة.

2 - خطورتها على المنشأة:

الشكل(18) توزع بنود الصيانة حسب احتمالية الحدوث

أكثر البنود خطورة هو تسرب المياه من جدران القبو وأقلها هي كراسي وطاولات وخزانات مخلوعة.

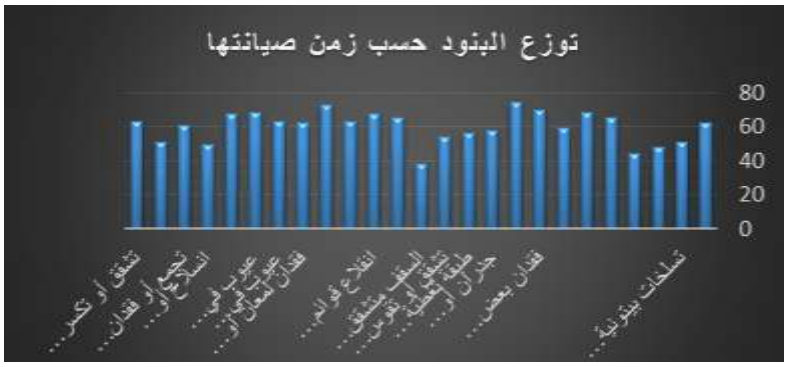
3 - كلفة الصيانة:



الشكل(19) توزع بنود الصيانة حسب احتمالية الحدوث

أكثر بنود الصيانة كلفة أثناء صيانته هو (تسرب المياه من جدران القبو) وأقلها (تكسر أو تحفر نعلات الرخام)

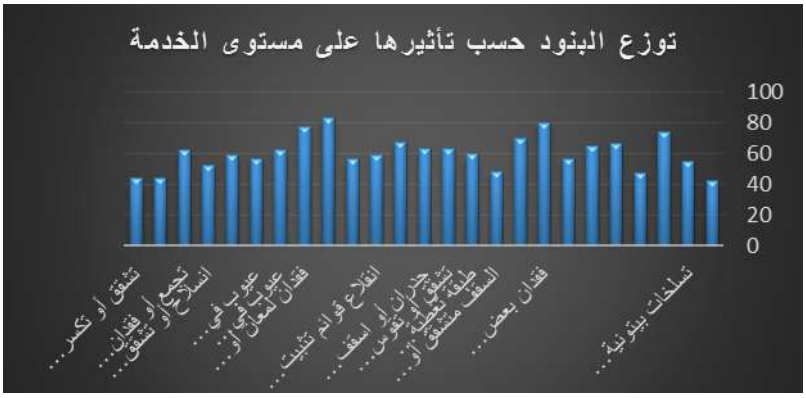
4 - زمن الصيانة:



الشكل(20) توزع بنود الصيانة حسب زمن صيانتها

أكثر البنود يحتاج زمن لصيانته هو (السقف متشقق أو يعاني من هبوطات موضعية(سهم)).

5 - تأثيرها على مستوى الخدمة:



الشكل(21) توزع بنود الصيانة حسب تأثيرها على مستوى الخدمة

أكثر البنود تأثيراً على مستوى الخدمة هو تسرب المياه من جدران القبو وأقلها تكسر أو تحفر نعلات الرخام. وقد تم إجراء الدراسة الإحصائية لجميع مكونات المبنى وعناصره وعيوبه لكن لا يمكن عرضها في هذه المقالة لتقيدنا بعدد صفحات محدد ولنفس السبب اضطررنا إلى تصغير المخططات من 17 إلى 21 ونتيجة لذلك يقوم برنامج أكسل باختصار لبعض تسميات المحاور والتي لا تؤثر على صحة المخطط لذلك اقتضى التنويه.

موديلات الانتكاس:

للاستفادة من نتائج الدراسة الإحصائية تم تطوير نماذج لموديل الانتكاس يقوم بالتنبؤ بأعمال الصيانة ويستخدم هذا الموديل التنبئي من أجل التحكم وسرعة التقييم للأبنية [9]، ويتحقق ذلك من خلال تقسيم البناء إلى مكونات وعناصر ودراسة كل مكون وثم دمج هذه المكونات من أجل الحصول على موديل انتكاس للبناء بشكل كامل واستخدام هذا الموديل من أجل توقع حالة البناء لعام قادم، كل ذلك يتم من خلال طريقة علمية منطقية بدلاً من الاعتماد على العوامل الشخصية، وبهذه الطريقة يمكن أن نحافظ على ديمومة البناء واستمراره بإداء عمله بشكل مثالي وباستخدام كلفة تشغيل اصغرية [10]. بعد معالجة الاستبيان ربطنا كل بند صيانة برقم يعبر عن أهمية هذا البند ومدى تأثيره على الأداء في المنشأة وهذا الرقم سوف يدخل في معادلة موديل الانتكاس كثابت أو معامل تثقيل قيمته أصغر أو تساوي الواحد أما وضع أو حالة العنصر وهي المكون الثاني لموديل الانتكاس فسوف نحصل عليه من خلال تقييم المهندس المشرف على أعمال الصيانة لهذا العنصر وللحصول على هذا التقييم بشكل علمي، سوف نعتمد على ورقة معتمدة من قبل: (Australasian Association of Higher Education Facilities Officers, 2000) [11]وهذه الورقة تعتمد على تقييم حالة المكون (component condition) بإعطائه درجة تتراوح بين [5-1].

الجدول (2) توزع درجات التقييم للمهندس المشرف على الصيانة

الدرجة	وصف الحالة
1	حصول فشل في المكون حيث أن المكون لا يعمل مع احتمالية وجود اضرار إنشائية أو بيئية أو اضرار على الأمن والسلامة في المنشأة
2	المكون يعمل ولكن يتعطل كثيراً مع وجود إشارات واضحة على تدهور وضع المكون واحتمالية تسببه بإضرار على المنشأة
3	المكون في حال متوسطة حيث أنه يعمل ولكن بحاجة إلى مراقبة ويحتاج إلى صيانة وقائية

4	المكون يعمل بشكل جيد مع وجود اعطال صغيرة وسطحية لا تؤثر على عمل المكون ويمكن تأجيل إجراء الصيانة
5	المكون يعمل كما لو كان جديدا ولا يوجد أي إشارات لوجود عطل مع مظهر خارجي جديد

موديلات انتكاس للمكونات الإنشائية والمعمارية:

موديل الانتكاس لعنصر العزل:

$$Y1 = m1X1 + m2X2 + m3X3 + m4X4$$

$$Y1 = 0.41X1 + 0.7X2 + 0.41X3 + 0.59X4$$

m1, m2, m3, m4 ثوابت أو معاملات تثقيل لبنود الصيانة المرتبطة بعنصر العزل حيث بالعودة إلى تقسيم البناء نلاحظ وجود أربع بنود صيانة ترتبط بعنصر العزل وهي (انسلاخ أو تشقق طبقة العزل، تجمع أو فقدان الحصويات المغطية لطبقة العزل، تسرب المياه من السطح النهائي نتيجة تجمع الأمطار، تشقق أو تكسر طبقة التغطية لفواصل التمدد) وقيمة هذه المعاملات حصلنا عليه نتيجة معالجة الاستبيان.

X1, X2, X3, X4: تقييم المهندس المشرف على الصيانة لوضع العيوب والمشاهدات المرتبطة بعنصر العزل حيث أن كل تقييم مضروب بمعامل التثقيل المرتبط به حيث بعد تعويض تقييم المهندس المسؤول عن الصيانة في موديل الانتكاس لعنصر العزل سوف نحصل قيمة موديل الانتكاس لعنصر العزل.

وإن المعادلة السابقة صالحة كمعادلة انتكاس لعنصر العزل في مختلف أنواع الأبنية وبعد أو نعوض في المعادلة السابقة تقييمات المهندس المشرف على الصيانة نحصل على قيمة تعبر وضع عنصر العزل في المنشأة من ناحية حاجته للصيانة. وبطريقة مماثلة نحصل على موديلات انتكاس لباقي العناصر في المكونات الإنشائية والمعمارية.

الجدول(3) موديلات الانتكاس للعناصر الإنشائية والمعمارية

اسم العنصر	موديل الانتكاس
الاكساء في الممرات والأدراج	$Y2 = 0.8X1 + 0.79X2 + 0.63X3 + 0.83X4 + 0.76X5$
الأسقف والجدران الداخلية	$Y3 = 0.65X1 + 0.58X2 + 0.42X3 + 0.62X4$
المكونات البيتونية	$Y4 = 0.7X1 + 0.53X2 + 0.45X3 + 0.34X4$
عنصر المنجور	$Y5 = 0.73X1 + 0.75X2 + 0.78X3$
موديل انتكاس للمكونات الإنشائية والمعمارية $\mathbf{Z1 = y1L1 + y2L2 + y3L3 + y4L4 + y5L5}$	

وبذلك نحصل على 5 موديلات انتكاس للمكونات الإنشائية والمعمارية وباستخدام هذ المعادلات نستطيع الحصول على موديل انتكاس يعبر عن المكونات الإنشائية والمعمارية حيث يكون عدد المتغيرات مساو لعدد العناصر حيث أن قيم Y1، Y2، Y3، Y4، Y5 : ثوابت أو معاملات تثقيل لعناصر المكون الإنشائي والمعماري وقد حصلنا عليها من موديلات الانتكاس أما L1، L2، L3، L4، L5 فهي عبارة عن تقييم المهندس المشرف لحالة هذه العناصر وهي (العزل، إكساء الممرات والأدراج، الأسقف والجدران الداخلية، البيتون المسلح، المنجور)

وبنفس الطريقة نحصل على موديلات الانتكاس لباقي العناصر:

الجدول(4) موديلات انتكاس لعناصر البناء

	اسم العنصر	موديل الانتكاس
المكونات الكهربائية	التجهيزات الكهربائية	Y1=0.52X1+0.63X2+0.83X3+0.62X4+0.5X5+0.69X6+0.46X7+0.83X8
	التمديدات الكهربائية	Y2=0.56X1+0.62X2+0.67X3+0.81X4+0.83X5+0.83X6+0.65X7
	تجهيزات الإنارة	$Y3 = 0.78X1 + 0.81X2 + 0.81X3 + 0.83X4 + 0.83X5$
		موديل انتكاس للمكونات الكهربائية $Z2 = y1L1 + y2L2 + y3L3$
المكونات الميكانيكية	تجهيزات ميكانيكية وملحقات بنظام التدفئة	$Y1 = 0.72X1 + 0.56X2 + 0.77X3 + 0.81X4 + 0.48X5 + 0.76X6$
	المشعات والصواعد والنوازل	$Y2 = 0.74X1 + 0.72X2 + 0.58X3 + 0.81X4$
	غرفة المرجل	$Y3 = 0.5X1 + 0.57X2 + 0.6X3 + 0.45X4$
		موديل انتكاس للمكونات الميكانيكية $Z3 = y1L1 + y2L2 + y3L3$
المكونات الصحية	ملحقات شبكة الصرف الصحي	$Y1 = 0.74X1 + 0.34X2 + 0.71X3$
	شبكة الصرف الصحي	Y2=0.67X1+0.46X2+0.56X3+0.6X4+0.47X5+0.38X6+0.54X7
	تمديدات وأكسسوارات المياه الحلوة	$Y3 = 0.59X1 + 0.71X2 + 0.83X3 + 0.47X4 + 0.67X5$
		موديل انتكاس للمكونات والتجهيزات الصحية $Z4 = y1L1 + y2L2 + y3L3$
المكونات في محيط المبنى	عنصر الساحات والأرصفة	$Y1 = 0.785X1 + 0.82X2 + 0.59X3$
	عنصر المساحات الخضراء	Y2=0.83X1+0.83X2+0.83X3+0.83X4+0.83X5+0.83X6+0.83X7+0.83X8
	السور الخارجي	$Y3 = 0.83X1 + 0.83X2$
		موديل انتكاس للمكونات والعناصر في محيط البناء $Z5 = y1L1 + y2L2 + y3L3$

وبذلك نكون حصلنا على (17) موديل انتكاس لجميع العناصر في البناء و(5) موديلات انتكاس للمكونات الأساسية في البناء وباستخدام موديلات الانتكاس للمكونات الأساسية للبناء يصبح بإمكاننا أن نضع موديل انتكاس للبناء كاملاً ويكون من الشكل:

$$D = z1N1 + z2N2 + z3N3 + z4N4 + z5N5$$

حيث Z1،Z2، Z3، Z4، Z5 هي ثوابت نحصل عليها من موديلات الانتكاس لمكونات البناء و N1،N2 ، N3،N4 ، N5 هي تقييم المهندس المشرف لوضع أو حالة مكونات البناء.

دراسة حالة:

للتأكد من صلاحية ومصداقة موديلات الانتكاس تم تطبيقها على مبنى السكن الجامعي في جامعة تشرين حيث تم أخذ تقييم المهندسين المشرفين على الصيانة في السكن الجامعي لمختلف عناصر ومكونات البناء وتعويض قيمة هذه التقييمات في موديلات الانتكاس التي حصلنا عليها سابقاً وبذلك حصلنا على موديلات انتكاس لجميع مكونات السكن الجامعي وقمنا بالتعويض للحصول على موديل انتكاس لطبقة العزل كما يلي:

$$Y1 = 0.41 * 1 + 0.7 * 1 + 0.41 * 1 + 0.59 * 1 = 2.11$$

هذه الدرجة التي حصلنا عليه هي من (20) حيث أنه لدينا أربع قيم ل x *كل منها* تم تقيمه من 5 درجات وبالتالي أعلى نتيجة يمكن أن نحصل عليها هي عشرين ولتحويل هذه النتيجة إلى نسبة مئوية يجب أن نضربها ب 5 فنحصل على قيمة موديل الانتكاس للعزل. *Y1=2.11/20=10.5%*

وبطريقة مماثلة نحصل على موديلات انتكاس لباقي العناصر في البناء.

الجدول(5) موديلات انتكاس لعناصر البناء في وحدة سكنية (تطبيق الحالة)

	اسم العنصر	تقييم المهندسين المشرفين على الصيانة (على مستوى بنود الصيانة)								قيمة موديل الانتكاس
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	Y%
المكونات الإنشائية والمعمارية	الاكساء في الممرات والأدراج	3	3	2	3	2				40.16%
	عنصر الأسقف والجدران الداخلية	3	2	2	2					25.95%
	البيتون المسلح	2	2	2	1					18.5%
	عنصر المنجور	3	3	3						45.15%
	موديل الانتكاس للمكونات الإنشائية والمعمارية $Z1 = 0.11L1 + 0.4L2 + 0.26L3 + 0.19L4 + 0.45L5$									
المكونات الكهربائية	التجهيزات الكهربائية	1	3	1	1	1	2	1	1	17.58%
	التمديدات الكهربائية	3	3	3	5	3	3	3		47.23%
	تجهيزات الإنارة	3	3	3	5	3	3	3		45.48%

	موديل انتكاس للمكونات والتجهيزات الكهربائية $Z1 = 0.18L1 + 0.47L2 + 0.45L3$									
المكونات الميكانيكية	تجهيزات ميكانيكية وملحقات بنظام التدفئة	3	3	3	1	1				27.31%
	المشعات والصواعد والنوازل	3	3	3						42.75%
	عنصر غرفة المرجل	3	3	3						31.8%
	موديل انتكاس للمكونات والتجهيزات الميكانيكية $Z3 = 0.27L1 + 0.43L2 + 0.32L3$									
	اسم العنصر	تقييم المهندسين المشرفين على الصيانة (على مستوى بنود الصيانة)								قيمة موديل الانتكاس
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	
المكونات الصحية	ملحقات شبكة الصرف الصحي	3	2	3						33.5%
	شبكة الصرف الصحي	3	2	3	3	3	2	3		29.14%
	تمديدات وأكسسوارات المياه الحلوة	3	3	3	3	3				39.24%
	موديل الانتكاس للمكونات الصحية $Z4 = 0.34L1 + 0.29L2 + 0.39L3$									
محيط البناء	الساحات والأرصفة	4	4	4						58.47%
	المساحات الخضراء	3	3	3	4	4	1	4	3	51.88%
	السور الخارجي	3	3							49.8%
	موديل انتكاس للمكونات والعناصر في محيط البناء $Z5 = 0.58L1 + 0.52L2 + 0.5L3$									

مناقشة موديلات الانتكاس للمكونات الإنشائية والمعمارية:

وبالعودة إلى ورقة التقييم التي تم اعتمادها لتقييم وضع مكونات البناء نلاحظ أن الدرجة(1) تعبر عن وضع متدهور بشدة لحالة العنصر وكلما زادت الدرجة عبرت عن وضع أفضل للمكون وبذلك فإنه كلما تناقصت قيمة النسبة المئوية لموديل الانتكاس سوف تعطي دلالة أكبر عن تدهور وضع هذا العنصر وحاجته أكثر للقيام بالصيانة. بإلقاء نظرة على موديلات الانتكاس نلاحظ أن 1- العزل في السكن الجامعي(القديم) كانت قيمة موديل انتكاسه (10.55%)فيكون أكثر العناصر الإنشائية والمعمارية إلحاحاً لإجراء عملية صيانة وقائية أو إصلاحية ومع وجود جميع العيوب المتعلقة بطبقة العزل من تسرب للمياه من السطح النهائي وتشققات في طبقة العزل وفقدان الحصويات المغطية لطبقة العزل والعنصر الذي يليه في الأهمية هو 2- عنصر البيتون المسلح حيث كانت قيمة موديل انتكاسه (18.5%) حيث في هذا العنصر يجب معالجة تسرب المياه في القبو ومعالجة التصدعات العميقة في سطح البيتون ومعالجة حالات انسلاخات طبقة التغطية عن الجدران والأسقف في بعض الأماكن في الوحدة السكنية، يليه في درجة الأهمية 3-عنصر الأسقف والجدران الداخلية حيث يكون هذا العنصر بحالة متوسطة ومع التنبه إلى وجود حالات من تشقق وتقوس جدران البلوك يجب معالجتها ، يليه في درجة الأهمية 4-عنصر الممرات والأدراج وعنصر 5- المنجور

الخشبي حيث كان هذين العنصرين بحالة جيدة نسبياً بالمقارنة مع بقية العناصر و يمكن تأجيل إجراء صيانة لهذين العنصرين في حال عدم توفر الميزانية الضرورية لإجراء هذه الصيانة .

مناقشة موديلات الانتكاس للعناصر الكهربائية:

نلاحظ من قيم موديلات الانتكاس أن هناك حاجة ملحة لإجراء صيانة للتجهيزات الكهربائية في الوحدة السكن القديم، أكثر هذه التجهيزات إلحاحاً لإجراء صيانة هي المولدة الاحتياطية في حال انقطاع الكهرباء وكذلك المصعد ومحركات ضخ المياه مع وجود أعطال كهربائية في مراجل تسخين المياه وتعطل كامل لمراوح التهوية والتكييف وانزياح أو انقطاع في مانعات الصواعق، أما عنصر التمديدات الكهربائية فكان في حالة جيدة نسبياً مع التنبه إلى احتمالية وجود انقطاعات للكهرباء عن كوابل التغذية وتجهيزات التحكم والحاجة لتوفير المزيد من القواطع وكابلات التغذية للتجهيزات الجديدة ، أما عنصر تجهيزات الإضاءة فكان بحالة جيدة نسبياً مع وجود تكسر لأعمدة الإضاءة في محيط المبنى وما يرافقها من إضاءة غير كافية في محيط المبنى.

مناقشة موديلات الانتكاس للمكونات الميكانيكية:

أكثر العناصر الميكانيكية حاجةً لإجراء الصيانة هي 1- التجهيزات الميكانيكية وملحقات نظام التدفئة وأكثر هذه التجهيزات يتعرض لأعطال ميكانيكية هو المصعد مع وجود تعطل كامل لمراوح شفط الهواء والحاجة لمراقبة وضع محركات ضخ المياه ومعالجة للصدأ والاهتراء الحاصل في الخزانات والمواسير خارج البناء ، العنصر الذي يليه بالأهمية هو 2- غرفة المرجل حيث أنه بحالة متوسطة مع ضرورة مراقبة وجود تسربات في غرفة المرجل وضرورة استبدال فقرات المرجل في حال تعرضها للانكسار وخروجها عن العمل ، أما العنصر الذي يليه في الأهمية فهو

3- عنصر المشعات والصواعد والنوازل حيث أن هذا العنصر بحالة جيدة نسبياً مع وجوب مراقبة وجود اهتراء أو تسرب من صواعد ونوازل التدفئة وإجراء صيانة وقائية لها إن أمكن.

مناقشة موديلات الانتكاس للمكونات الصحية في السكن الجامعي:

أكثر عنصر من المكونات الصحية بحاجة لصيانة هو 1- عنصر شبكة الصرف الصحي حيث نلاحظ وجود حالات تسرب من تمديدات الصرف الصحي في المنشأة وحاجتها لصيانة إصلاحية مع وجود حالات تصريف سيء ورجوع المياه في الأنابيب و وجوب معالجة تجمع المياه وفيضان القبو، العنصر الذي يليه في الأهمية هو 2-عنصر ملحقات شبكة الصرف الصحي وضرورة معالجة تسربات المياه في القبو نتيجة سوء تنفيذ العزل و الدريناج ، العنصر الثالث هو3- تمديدات وأكسسورات المياه الحلوة حيث يجب مراقبة تمديدات المياه الحلوة لمنع حدوث تسرب ومعالجة هذه التسربات إن وجدت.

مناقشة موديلات الانتكاس لعنصر محيط البناء:

نلاحظ من موديل الانتكاس أن هذا العنصر بحالة جيدة نسبياً إذا تمت مقارنته مع باقي المكونات في البناء حيث أن عنصر الساحات المرصوفة كان بوضع جيد وكذلك عنصر المساحات الخضراء مع ضرورة إصلاح شبكة الري للأشجار والأعشاب وعنصر السور الخارجي كان بحالة جيدة أيضاً.

وبذلك نكون قد حصلنا على 17 موديل انتكاس تغطي جميع العناصر الموجودة في السكن الجامعي القديم.

موديلات الانتكاس على مستوى المكونات الأساسية للبناء:

الجدول(6) موديلات الانتكاس للمكونات الأساسية للسكن القديم في السكن الجامعي

اسم المكون	تقييم المهندس المشرف على الصيانة					قيمة موديل الانتكاس
	L1	L2	L3	L4	L5	
المكونات الإنشائية والمعمارية	1	2	2	2	3	Z1=12.64%
المكونات والتجهيزات الكهربائية	2	3	3			Z2=20.78%
المكونات الميكانيكية	3	3	3			Z3=20.38%
المكونات الصحية	2	3	3			Z4=17.98%
المكونات والعناصر في محيط البناء	3	3	3			Z5=31.97%

مناقشة موديلات الانتكاس للمكونات الأساسية للبناء:

نلاحظ أن 1- المكونات الإنشائية والمعمارية هي أكثر المكونات حاجة لإجراء صيانة وقائية أو اصلاحية ، مع إيلاء الاهتمام الأكبر لعنصر العزل وعنصر البيتون المسلح، يليه في الأهمية 2- المكونات الصحية حيث نلاحظ ضرورة معالجة التسربات الحاصلة في التمديدات الصحية ومعالجة تسرب المياه من جدران القبو ، المكون الذي يليه هو 3- المكونات الميكانيكية حيث يجب إجراء صيانة لعنصر التجهيزات الميكانيكية وملحقات نظام التدفئة ، المكون الذي يليه هو 4-المكونات الكهربائية حيث نلاحظ وجود تدهور في مختلف التجهيزات الكهربائية في الوحدة السكنية مثل المولدة الاحتياطية وأعطال كهربائية في المصاعد وغيرها من التجهيزات وضرورة إصلاحها . وأفضل مكون من مكونات البناء هو 5-(محيط البناء) حيث بالإمكان تأجيل إجراء صيانة لهذا المكون. وبذلك أصبح لدينا (5) موديلات انتكاس للمكونات الأساسية للبناء وأصبح بإمكاننا وضع موديل انتكاس للبناء كاملاً.

موديل انتكاس للبناء:

الجدول(7) موديلات الانتكاس للعناصر للوحدة السكنية في السكن الجامعي

موديلات انتكاس للبناء			
$D = z1N1 + z2N2 + z3N3 + z4N4 + z5N5$			
$D = 0.12N1 + 0.21N2 + 0.2N3 + 0.18N4 + 0.32N5$			
تقييم المهندس المشرف على أعمال الصيانة	N5=3	N3=3	N1=2
		N4=3	N2=3
D=11.88%			

الاستنتاجات والتوصيات:

النتائج:

1) في موديلات الانتكاس أن تقييم المهندس المشرف على الصيانة تم على (3) مستويات وهي:
1 مستوى المشاهدات والعيوب. 2-مستوى عناصر البناء. 3-مستوى المكونات الأساسية في البناء.
وذلك يجعل النتيجة التي نحصل عليها من موديل الانتكاس أكثر دقة وموضوعية.
2) تساعد موديلات الانتكاس على إعطاء الإدارة العليا نظرة شاملة للمنشأة بجميع اختصاصاتها.

3) تساعد موديلات الانتكاس على الحصول على تقييم سريع لحالة البناء.

4) تساعد موديل الانتكاس في توزيع الميزانية الخاصة بالصيانة بحسب أولوية العناصر

5) يساعد بالتنبؤ بمقدار الموازنة المطلوبة للصيانة.

6) يعطينا أداة علمية تساعد في وضع خطة لتأمين مستلزمات الصيانة في الخطة القادمة للصيانة.

التوصيات:

نظراً إلى أن المجتمع سوف يتوقع مستويات أداء عالية من المباني المقامة والجديدة، وبالتالي فإن مستوى الصيانة المنفذ له أهمية كبيرة على حياة المباني على ذلك سوف تبقى الصيانة قسماً مهماً في أعمال صناعة البناء.

وحاولنا في هذا البحث تسليط الضوء على موضوع الصيانة وأهم ما توصل إليه البحث:

1 تقسيم المبنى إلى مكونات وإلى عناصر. 2-تحديد أهم أسباب الصيانة. 3-الحصول على موديلات انتكاس من خلال دمج عنصرين مهمين هما حالة العنصر أو المكون والعنصر الثاني أهميته بالنسبة للمنشأة. 4-تطبيق موديلات الانتكاس على السكن الجامعي. 5-استنتاج أهم العناصر في البناء التي تحتاج لإجراء الصيانة لها حسب الموازنة المتوفرة لأعمال الصيانة.

المراجع:

1-OLAGUNJU, R.E. *Predictive Modelling for Sustainable Residential Building Maintenance in Developing Countries: A Nigeria Case*. Interdisciplinary Journal of Contemporary Research in Business, Vol. 4, N. 6, 2012, 1273-1283.

2- Barnes, B. and Fulford, G. R. (2002), *Mathematical Modelling with Case Studies: A Differential Equation Approach Using Maple*, Taylor and Francis Publishers, 2008, 366P.

3-ABDEL ATY، A. *Framework For Monitoring And Maintenance Subways Stations Using Building Information Modeling.* Master Thesis, Cairo University, 2013, 94P.

4-FRANGOPOL, D. *Reliability Deterioration and Life Time Maintenance Cost Optimization.* University of Colorado, Boulder, 2003, 14P.

5-BORNAND, *E. Le guide de maintenance*, Berne, 1991.147p

6-صلاح الدين، وائل. *منهج لتحسين كفاءة الصيانة في الفنادق من خلال تقييم الأداء الفعلي بعد الإشغال* ، جامعة مصر للعلوم والتكنولوجيا،1997، 20ص.

7-سليمان، أسامة. *التحليل الإحصائي باستخدام برنامج SPSS، الطبعة* الثانية، مكتبة أنجلو، مصر، 2007، 189ص.

8-عبد المجيد، قتيبة . *استخدام الذكاء الصناعي في تطبيقات الهندسة الكهربائية (دراسة ومقارنة)*، رسالة ماجستير، الأكاديمية العربية في الدنمارك،2009، 76ص.

9- LIN, L; HOU, KOU. *EMQ Model with Maintenance Actions for Deteriorating Production System.* Information and Management Sciences, Vol. 16, N.1, 2005,53-65.

10-خضير، هاجر. *تقييم إدارة صيانة أبنية مستشفيات محافظة بابل* ، مجلة جامعة بابل، مجلد.18، العدد.2، 2010، 36-55.

11- B´ERENGUER,C;VAN,P. *Condition based maintenance model for a production deteriorating system*, IEEE Conference on Control and Fault-Tolerant Systems (SysTol'10),France ,2010,6P.

12-FARRAN, M; ZAYED, T. *Comparative Analysis of Life Cycle Costing For Rehabilitating Infrastructure Systems*. JOURNAL OF PERFORMANCE OF CONSTRUCTED FACILITIES U.S.A, 2009, 320-326.

13-MOBLEY, K. *An Introduction to Predictive Maintenance*.2nd.ed, British Library, British, 2002, 450p.

14-حداد، ربا. *وضع منهجية لتحليل العوامل المؤثرة على كلف الصيانة في المشافي* الحكومية، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، مجلد.33، العدد.4 ،2011، 153-172.