مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (38) العدد (4) 2016
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (38) No. (4) 2016

إدارة أعمال الصيانة لمباني السكن الجامعي باستخدام نمذجة معلومات البناء BIM

الدكتور فايز جراد [1]
باسل الحسن[2]

(تاريخ الإيداع 5 / 1 / 2016. قُبِل للنشر في 18/ 8 / 2016)

□ ملخّص □

حاز موضوع الصيانة على اهتمام كبير في مجال البحث العلمي وظهرت الحاجة لاستخدام تقنيات جديدة في إدارة أعمال الصيانة، حيث أن إدارة المنشأة تتعامل مع كم كبير من المعلومات المتعلقة بالصيانة والتي تتضمن الرسوم والمواصفات والقوائم والتقارير علماً أن استخدام الورقيات يؤدي إلى إنقاص الفعالية وخلق نقص في البيانات والمعلومات.

نقدم في هذا البحث أداة لإدارة عملية الصيانة باستخدام BIM ،حيث سوف نشكل قاعدة بيانات على الريفت تربط بين موديلات الانتكاس للصيانة وبين مكونات البناء في النموذج ثلاثي الأبعاد المشغول على الريفت، وتعويض بيانات التقصي الخارجية الخاصة بأعمال الصيانة(تقييم الحالة، الموازنة المتوقعة للصيانة، المورد المطلوب) في هذه الموديلات، لنتوصل في نهاية هذا البحث وبالاستعانة بالإمكانيات التي توفرها لنا قاعدة البيانات الملحقة بالريفت على: بنود الصيانة في عام قادم وترتيبها حسب أهميتها وتأثيرها على المنشأة، الوصول إلى موازنة تقديرية لأعمال الصيانة الدورية وتوزيع هذه الموازنة على مختلف عناصر البناء ،وضع خطة موارد للعام القادم وصولاً إلى قاعدة معرفة لأعمال الصيانة تساعد في تحديد دورة حياة المورد ومعامل الاستبدال.

الكلمات المفتاحية: إدارة تشييد، صيانة المباني، موديلات الانتكاس، نمذجة معلومات البناء

[1] مدرس – قسم هندسة وإدارة التشييد بكلية الهندسة المدنية–جامعة تشرين–اللاذقية–سورية.
[2] طالب ماجستير–قسم هندسة وإدارة التشييد–جامعة تشرين–اللاذقية –سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (38) العدد (4) 2016
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (38) No. (4) 2016

Maintenance management for dorm buildings using building information modeling BIM

Dr. Fayz Jrad[3]
Bassel Alhasn[4]

(Received 5 / 1 / 2016. Accepted 18 / 8 / 2016)

□ ABSTRACT □

Building maintenance is gaining an increasing attention in the field of scientific research and there was a need for the use of new technologies in maintenance management, , as the facility management deal with a large amount of information relating to maintenance, which includes drawings and specifications, lists, and reports, and the use of paper files leads to decrease the efficiency and create a shortage of data and information.

We offer in this research tool to manage the maintenance process by using the BIM through linking deterioration models and three-dimensional model of the facility to be maintained, then compensate the external investigation data for maintenance work in these models, to get at the end of this research and with the help of the possibilities offered by Revit database to an upcoming maintenance items and arrange them according to their importance and impact on the facility , the estimated budget for the periodic maintenance and distribution of this budget on the various construction elements , the development of resources plan for next year and up to the knowledge database of maintenance will help in determining the supplier lifecycle and the coefficient of replacement.

Keywords: construction management, buildings maintenance, deterioration models, building information modeling.

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

مقدمة:

تعرف الصيانة على أنها عملية مستمرة ونشاط دائم للحفاظ على الأبنية وبقاء التجهيزات في أفضل حال من أجل الاستخدام الاعتيادي وتتضمن الصيانة كامل البناء بأجزائه المختلفة الإنشائية، الصحية، الميكانيكية، الكهربائية، تجهيزات التهوية، أعمال الاكمالات [1]

تعددت الآراء التي تحدثت عن أن عملية الصيانة معقدة وتتطلب تكاليف عالية [1] ولكنها تؤدي إلى حياة أطول للمنشأة والحفاظ على التكلفة إذا ما نفذت وفق الجدول الزمني الصحيح [2]

هناك نوعين من الصيانة:

1-صيانة وقائية والتي هي نشاط اعتيادي ويتم بشكل منتظم ويتضمن عملية إصلاح للمعدات والتجهيزات للتأكد من استمرارها وإطالة عمرها المتوقع[3]

2-صيانة تصحيحية وتعرف بأنها عمل طارئ يتم بعد حدوث ضرر أو عطل ما [3]

إن تكلفة أعمال الصيانة الاعتيادية للتجهيزات يكون صغير بالمقارنة مع أعمال الصيانة غير المتوقعة والناجمة عن حصول عطل ما والذي يتطلب استبدال العنصر المتضرر عوضاً عن إصلاحه.

إن إدارة المنشآت ومن ضمنها إدارة أعمال الصيانة عملية صعبة ومعقدة وعادة تستخدم الأوراق أو نظام معلومات لتسجيل أعمال الصيانة التي تتم في المنشأة، وعلى كل الأحوال ليس من السهل على إدارة المنشأة اعتماد الرسوم ثنائية البعد (2D) كقاعدة معلومات في صيانة المنشآت والذي يسبب بعض المشاكل مثل النقص في تكامل المعلومات من خلال المساقط ثنائية البعد ونقص التعاون بين الأطراف المختلفة والاختصاصات المختلفة.

حيث من المشاكل التي تواجه إدارة المنشأة ضعف القدرة على توقع الموازنة اللازمة للصيانة أو المواد المطلوبة أو التوقع الذي لا يعتمد على أساليب علمية، وكذلك ضعف توثيق أعمال الصيانة وعدم القدرة على الاستفادة من أعمال الصيانة التي تم توثيقها في توقع أعمال الصيانة في عام قادم، وكذلك غياب دليل لأعمال الصيانة في سوريا لذلك حاولنا في هذا البحث ايجاد منهجية أو طريقة تساعد على تحديد وقياس أهم المؤشرات المتعلقة بالصيانة مثل التكلفة والموارد وانحراف الموازنة ودورة حياة المورد ومعامل استبدال المورد بناء على طريقة ومنهج علمي تعتمد على موديلات الانتكاس لأعمال الصيانة ولتحقيق هدف البحث تم استخدام نمذجة معلومات البناء BIM من أجل إدارة أعمال الصيانة، يمكن أن نعرف BIM كأداة من أجل التمثيل البصري لمختلف المكونات الفيزيائية في المنشأة وتأمين تقنية تواصل حديثة لمختلف الأطراف المشاركة في المشروع [4] . لقد وفر BIM فرصة مناسبة من أجل تحقيق مستوى أكثر تطوراً للخطط الإدارية وذلك من خلال:

1-تكامل بين جميع المعلومات والمكونات.

2-تبادل المعلومات بين جميع الأطراف.

3-تخيل أفضل للمنشأة.

أن استخدام BIM سوف يمكننا من تسجيل كل أعمال الصيانة مع التفاصيل الأساسية للجزء الخاضع للصيانة وهذا سوف يوفر تاريخ جيد مسجل ومناسب فيما يخص الكلفة وتاريخ الصيانة، ويمكن أن نحدد موديلات انتكاس لكل مكون طالما قمنا بالتسجيل بشكل دقيق وبالإضافة إلى تكاليف الصيانة المتوقعة لهذا المكون.

كما يمكننا ربط كل مكون مع معلومات مثل الموارد التي يحتاجها في الصيانة سنة التشييد، هدف الإنشاء، (عام، صناعي .....) أخر مرة تم فيها الصيانة، الترميم والأعطال السابقة وأمثلة أخرى عن أمكانية ربط العناصر والمكونات المختلفة مع معلومات مفيدة بالنسبة للإدارة.

هناك الكثير من البحوث الحديثة التي تحدثت عن استخدام BIM في إدارة أعمال الصيانة حيث تم إجراء بحث في جامعة تايوان [5] كان الهدف منه تحسين عملية إدارة الصيانة في المباني ومن ضمنها تعقب المعلومات والمشاركة الفاعلة وتبادل المعلومات باستخدام تطبيقات BIM واستنتج الباحث أن هذا التحليل الواقعي يؤدي بدوره لإحداث تخفيض في الكلفة والمخاطرة للمشروع من خلال القدرة على القيام بمحاكاة هندسية أكثر دقة وقام بتطبيق هذا البحث على أعمال الصيانة المنفذة في بناء مدرسي في تايوان .

إن منهج BIM يحتفظ بالمعلومات المتعلقة بالبناء في صيغة رقمية وسهل بذلك عملية نقل وتحديث المعلومات إلى بيئة ثلاثية الأبعاد، باستخدام معلومات المنشأة بطريقة ثلاثية الأبعاد يمكن للأطراف المشاركة في المشروع أن تحصل على معلومات كاملة عن حالة المنشأة الحالية والسابقة. ويمكن لطاقم المنشأة أن يتعقب ويحصل على معظم المعلومات الأخيرة أو الظروف أو الشروط أو الصيانات خلال مرحلة الصيانة.

لقد بين الباحث الفرق بين نموذج 3D ونموذج BIM حيث أن نموذج BIM يتميز بقدرته على احتواء المعلومات المتعلقة بالبناء وإظهارها بشكل نماذج وتقارير تساعد بإدارة أعمال الصيانة وكذلك فإن BIM يساعد على تقديم اتصال ثلاثي الأبعاد بين أطراف المشروع لفهم المتطلبات الهندسية.

في العام 2010 قام مهندسون بتقديم بحث في جامعة أمريكية عن تطبيق BIM في أعمال الصيانة [6]، هدف البحث إلى إظهار مجموعة الإمكانيات التي يوفرها لنا تطبيق BIM في أعمال الصيانة وقام بتطبيقه على أعمال الصيانة لبناء جامعي مؤلف من ثلاث طوابق وقام بتسجيل أوامر الصيانة لمدة عام كامل وصنف أوامر تحت (استبدال\تركيب\إعادة تشغيل)، وقام باستخدام BIM من أجل توليد قاعدة بيانات تساعد في إدارة أعمال الصيانة. حيث قام المهندسون بالبحث باعتماد البناء الجامعي كقاعدة تجارب وقام بالتحري عن جميع ردود الأفعال أو الأعطال التي تم عمل صيانة لها. وقاموا بتسجيل جميع الأوامر الصيانة الاعتيادية المنفذة خلال سنة واحدة. كل النشاطات التي نفذت تم وضعها في قوائم وتصنيفها تحت (استبدال\تركيب\إعادة تشغيل) وقاموا الباحث بالتحري عن 112 امر عمل تم الحصول عليها خلال فترة سنة من أعمال الصيانة والإصلاح. ونظراً للإمكانات التي يقدمها BIM في مجال تشغيل وصيانة المنشآت انتشر تطبيقه ليشمل معظم الشركات الهندسية العاملة في هذا المجال، و في عام 2010 قام الباحث(FRANCISCO, F,2010) [7] من خلال استبيان بإجراء مسح ومقارنة بين الشركات التي لا تزال تستخدم الأنظمة التقليدية والشركات التي تحولت إلى تطبيق BIM في مجال صيانة وتشغيل المنشآت وكانت نتيجة الاستبيان كالتالي : 26% من الشركات يستخدمون BIM بشكل دائم في أعمال صيانة وتشغيل المنشآت ، 47% من العينة يستخدمون BIM غالباً ،26% من العينة يستخدمونه أحياناً، 1 % فقط من العينة لا يستخدمون BIM في أعمال صيانة وتشغيل المنشآت .

أهمية البحث وأهدافه:

حرصا عل الحفاظ على ثروتنا من الأبنية ولحقيقة استحالة إنشاء بناء لا يحتاج إلى صيانة والحاجة إلى زيادة فعالية أعمال الصيانة، نسعى من خلال هذا البحث إلى تطوير منهج لإدارة أعمال الصيانة بالاعتماد على تقنيات

نمذجة معلومات البناء BIM والتي تعد ثورة في مجال الهندسة المدنية والتي تساعد بشكل كبير على زيادة فعالية أعمال الصيانة من خلال: 1- تحديد أهم بنود الصيانة 2- تحديد الموارد المطلوبة 3- تحديد التكلفة المتوقعة 4- حساب انحراف الموازنة 5- التتبع البصري للصيانة.وحاولنا في هذا البحث حل مشكلة التعامل مع قاعدة البيانات الضخمة المخزنة على نموذج BIM ،حيث تطبيقات BIM لا تحوي الأدوات التي تساعد على التحكم بقاعدة البيانات لذلك قمنا بربط نموذج BIM مع برنامج قواعد البيانات (ACCESS).

طرائق البحث ومواده:

منهج البحث تحليلي يعتمد على نمذجة المنشأة على أحد تطبيقات BIM مثل (REVIT,TEKLA) ، و تتبع أعمال الصيانة التي يتم تنفيذها خلال مدة البحث والعمل على إدخال جميع بيانات أعمال الصيانة إلى موديلات الانتكاس التي تم ربطها بأقسام البناء في نموذج الريفت والعمل على إظهار الإمكانات التي يمكن أن يوفرها لنا هذا المنهج من بيانات واستعلام واتخاذ القرار المناسب. إن موديل الانتكاس هو عبارة عن نموذج رياضي احتمالي يعطينا القدرة على تقييم عمر الخدمة المتبقي واحتمالية حدوث عطل في فترة زمنية محددة، والهدف الأكثر شيوعاً للعديد من موديلات الانتكاس هو إيجاد استراتيجية للصيانة حيث تكون الكلفة الكلية للإصلاح والتقصيات والنتائج السلبية الناجمة عن حصول عطل ما في حدها الأدنى [8]، وسوف نعتمد على موديلات الانتكاس لعناصر البناء التي تم الحصول عليها في بحث سابق تم إجراؤه ليأتي هذا البحث متمماً للعمل [9] ، وتتكون معادلة الانتكاس من جزأين هما أهمية البند(عامل تثقيل) الذي يتضمن(5) معايير موضحة بالشكل(2) بالإضافة إلى تقييم حالة أو وضع المكون بإعطائه علامة (1-5) .

النتائج والمناقشة:

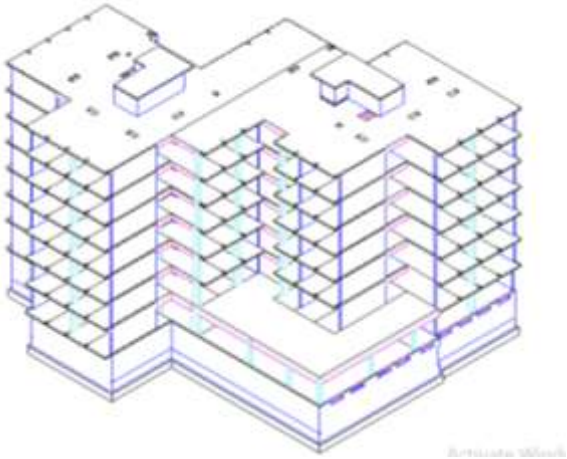
تم تنفيذ البحث وفق المراحل التالية :

1 تصميم نموذج ثلاثي الأبعاد للمنشأة التي تمثل حالة الدراسة (وحدة سكنية) على أحد تطبيقات BIM

2 تصميم قاعدة البيانات الخاصة بأعمال الصيانة من خلال إدخال موديلات الانتكاس إلى قاعدة البيانات الملحقة بالريفت وربطها مع النموذج ثلاثي الأبعاد.

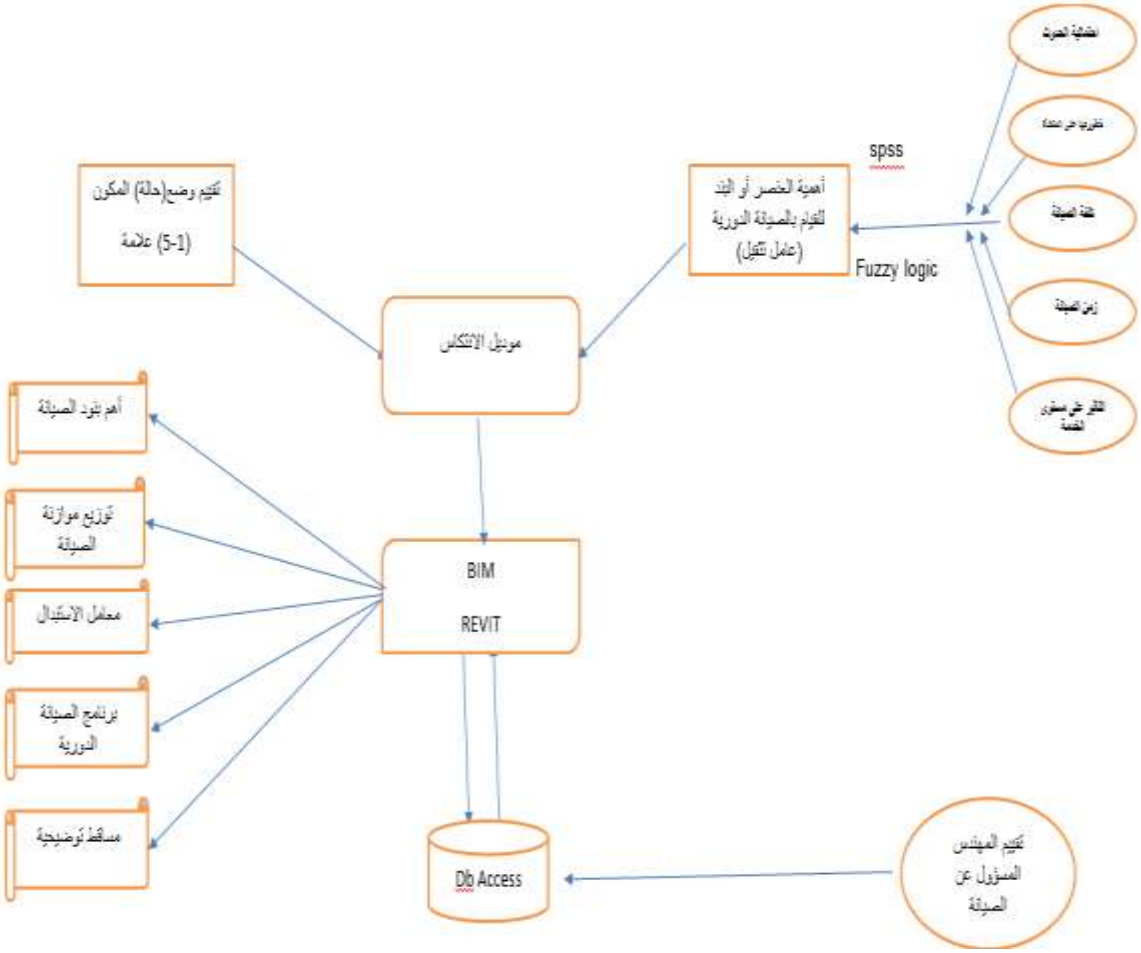
3 القيام بالتقصيات اللازمة لمختلف مكونات البناء وتقييمها وفقاً لنظام التقييم المعتمد من قبل هيئة التعليم العالي الاسترالية بإعطاء درجات تتراوح من 1إلى 5 لمختلف بنود الصيانة مع ذكر الموارد اللازمة لصيانة هذا البند والتكلفة المتوقعة.

4 – نمذجة بيانات التقصي من خلال إدخالها إلى قاعدة البيانات الملحقة بالريفت وربطها مع النموذج ثلاثي الأبعاد.ولتحقيق هذه المراحل سوف نعتمد النموذج ثلاثي الأبعاد(الإنشائي) للوحدة السكنية الثامنة عشر في جامعة تشرين المشغول على الريفت والموضح في الشكل (1)



الشكل (1) النموذج ثلاثي الأبعاد للوحدة السكنية الثامنة عشر

ومن أجل إدخال بيانات التقصي إلى قاعد البيانات الملحقة بالريفت تم الاستفادة من إمكانية الربط بين برنامج الريفت وبرنامج الأكسس والذي يوفر لنا إمكانات كبيرة في مجال تصميم قواعد البيانات والتحكم بها. وذلك وفقاً للخطوات التالية الموضحة في الشكل (2):



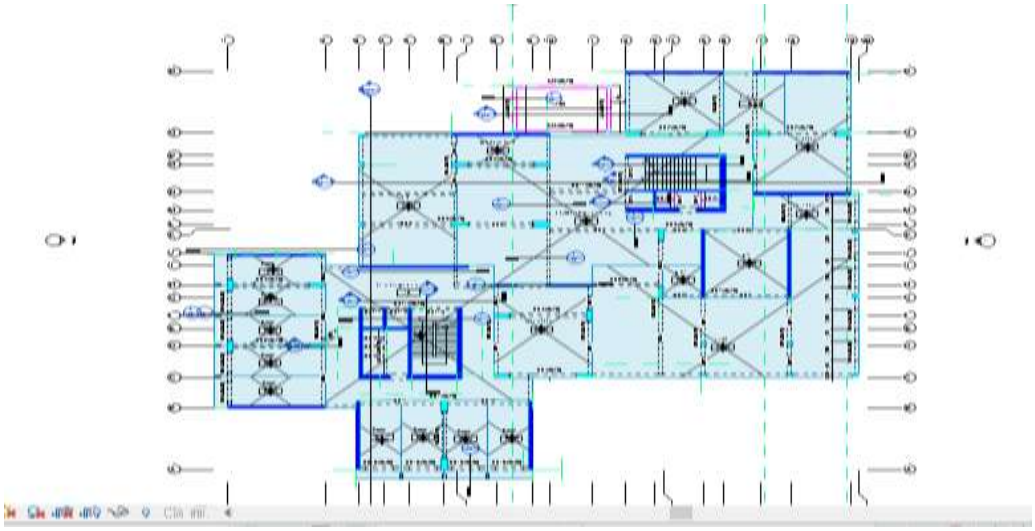
الشكل(2) خريطة طريق لاستخدام BIM في إدارة أعمال الصيانة

مراحل العمل على الريفت:

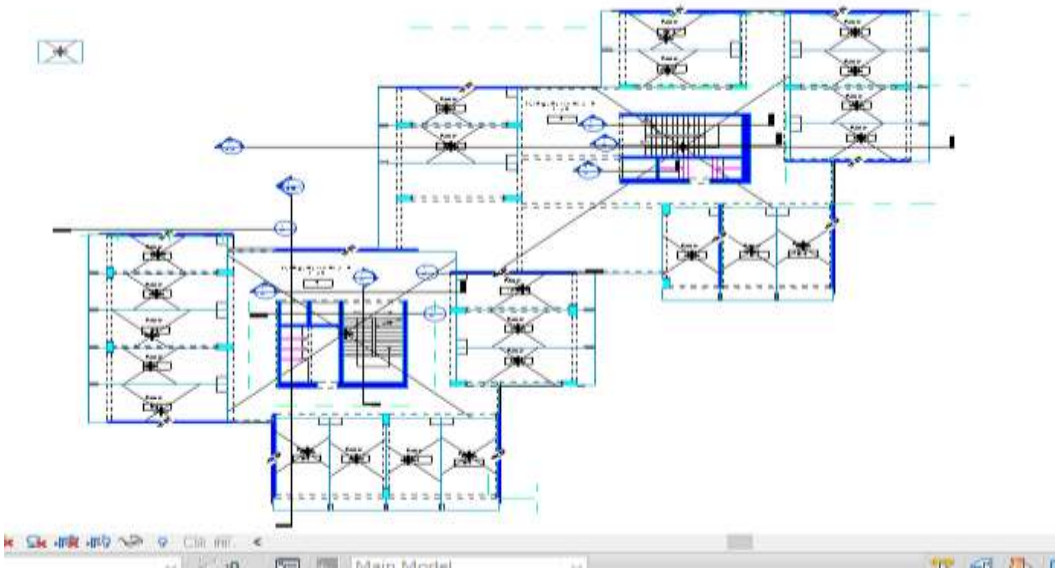
من أجل الوصول إلى هدف البحث قمنا بالعمل على برنامج الريفت وفقاً للمراحل التالية:

المرحلة الأولى–التقسيم المكاني:

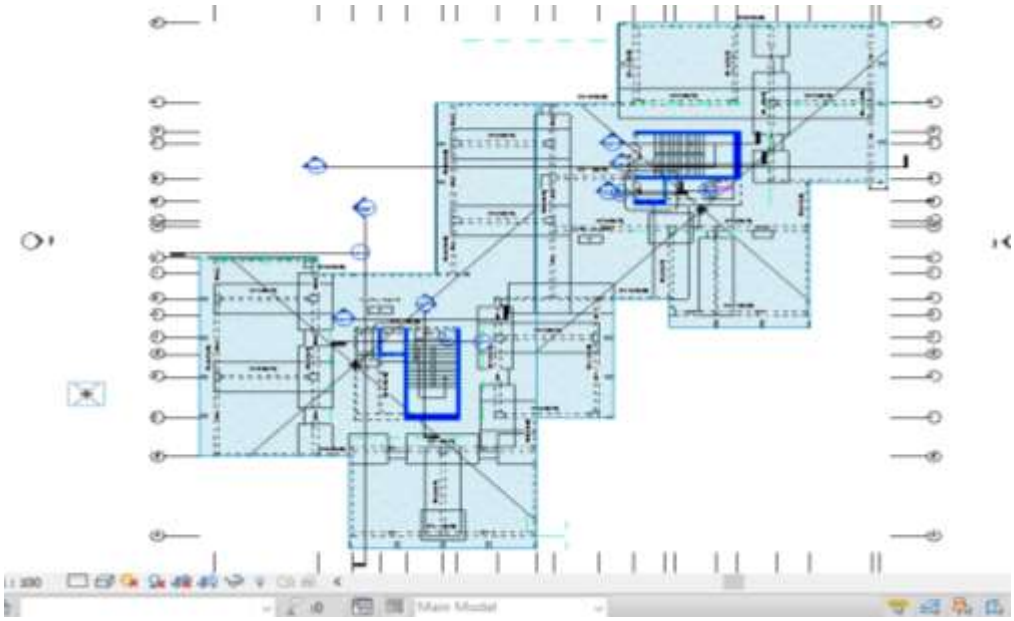
حيث سوف نقوم بالتقسيم المكاني لجميع المساقط الممثلة للبناء وفقاً للتقسيم المكاني المعتمد في النورمات العالمية حيث سوف يتم تقسيم القبو في الوحدة السكنية إلى قسم شرقي وقسم غربي وقسم شمالي والسطح إلى قسم شرقي وقسم غربي وتقسيم الطابق الأرضي حسب التقسيمات المعمارية (غرفة المدير–سكرتارية–غرفة اجتماعات كافتيريا.....) وتقسيم الطوابق المتكررة إلى (23) غرفة سكنية بالإضافة إلى تقسيم الممر إلى قسمين شرقي وغربي ويتضمن كل قسم الدرج الصاعد بالإضافة إلى المصعد. وذلك وفقاً لما هو وارد في الأشكال (3)،(4)،(5).



الشكل(3) التقسيم المكاني للطابق الأرضي



الشكل (4) التقسيم المكاني للطوابق المتكررة



الشكل (5) التقسيم المكاني لسطح الوحدة السكنية

المرحلة الثانية–تصميم جداول الصيانة وربطها بالتقسيمات المكانية:

بعد إتمام التقسيم المكاني للوحدة السكنية نأخذ الأمر (Schedule) ونختار التقسيم بالاعتماد على الغرف(Room) فيظهر لنا جدول يظهر لنا جميع الأقسام التي حددناها في المساقط ونضيف الحقول التي نحتاجها مثل(Area) الذي يعطينا مساحة كل قسم والحقل (Level) الذي يحدد الطابق الموجود فيه القسم والحقل (Comments) الذي ندخل فيه رقم الغرفة واتجاه واجهة الغرفة (شرقي–غربي....) وبعد ذلك تم ادخال بنود الصيانة المرتبطة بالعناصر الإنشائية المعمارية الموضحة في الجدول(1)،فمثلاً عنصر العزل يرتبط بأربع بنود صيانة(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) [9] وكل بند من هذه البنود سوف يتضمن ثلاث حقول فمثلاً بند صيانة النوافذ في الغرفة 1\1 سوف يتضمن الحقول التالية:

1) تقييم النوافذ في الغرفة 1\1 بإعطائها علامة من1 إلى 5 حسب نظام التقييم الذي اعتمدناه.
2) الموارد المطلوبة لصيانة النوافذ في الغرفة 1\1.
3) التكلفة المتوقعة لصيانة النوافذ في الغرفة 1\1.

ويتم إدخال الحقول في الجدول الموجود في الريفت من خلال (Add Parameter) وبعد إدخال كل بنود الصيانة لعنصر المنجور الخشبي وهي (نوافذ–أبواب– كراسي وطاولات) سوف نضيف حقل حسابي (Calculated Value) لحساب موديل الانتكاس للمنجور الخشبي والمعطى بالعلاقة التالية: (Y=0.73X1+0.75X2+0.78X3) وبنفس الطريقة لباقي البنود والعناصر لكل قسم من أقسام البناء حيث ندخل العلاقات الرياضية المعبرة عن موديلات الانتكاس والتي تم الوصول إليها بناءً على دراسة سابقة [9]، ونورد في الجدول (1) موديلات الانتكاس للعناصر الإنشائية والمعمارية التي تم الاعتماد عليها في هذا البحث

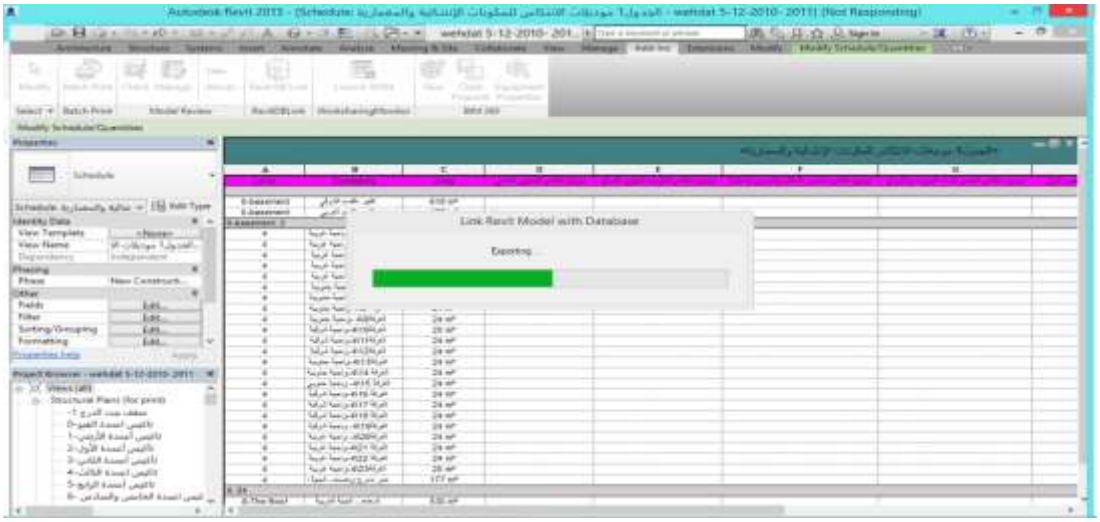
الجدول(1) موديلات الانتكاس للعناصر الإنشائية والمعمارية

اسم العنصر	موديل الانتكاس
العزل	$Y1 = 0.41X1 + 0.7X2 + 0.41X3 + 0.59X4$
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 $\mathbf{Z1 = y1L1 + y2L2 + y3L3 + y4L4 + y5L5}$	

سوف نحصل على برنامج الريفت على الجدول الأول والذي يعطينا موديلات انتكاس للعناصر الإنشائية والمعمارية لكل أقسام البناء والجدول الثاني الذي يعطينا تكاليف الصيانة الدورية للعناصر الإنشائية والمعمارية، الجداول موضحة في الشكلين (9)،(10)وذلك بعد استيراد البيانات من برنامج الأكسس.(Y1,Y2,...Y5) في موديل الانتكاس للمكونات الإنشائية والمعمارية تعبر عن تقييم الوضع أو الحالة على مستوى عناصر البناء.

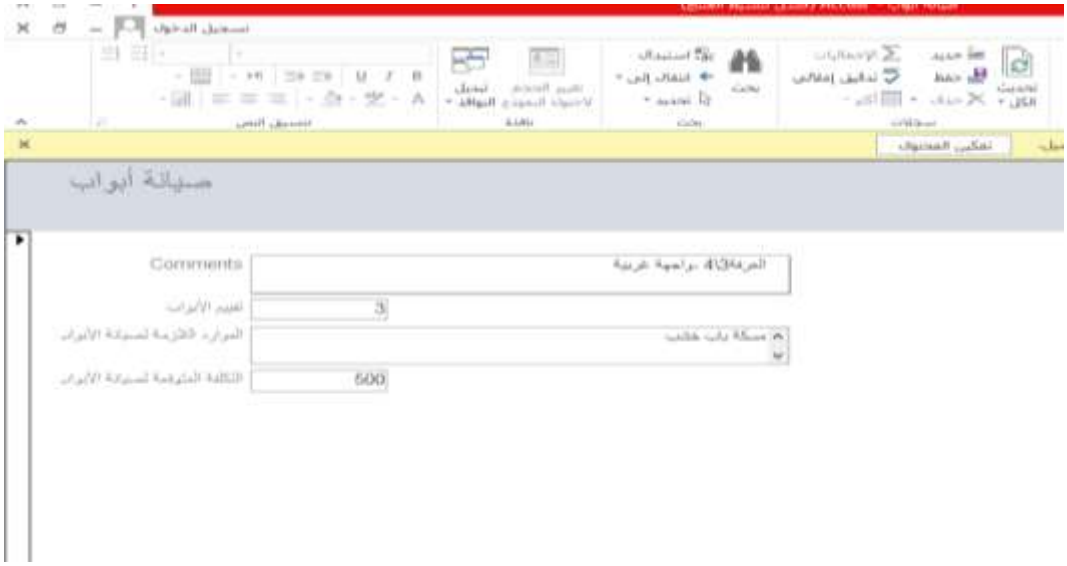
المرحلة الثالثة–تصدير الجدول إلى برنامج الأكسس:

انطلاقاً من أن بيئة الريفت ليست مألوفة بالنسبة إلى كثير من المهندسين ومن أجل سهولة إدخال بيانات التقصي بالنسبة لأعمال الصيانة تم تصدير الجداول (جدول موديلات الانتكاس، جدول تكاليف الصيانة الدورية) التي حصلنا عليها في برنامج الريفت إلى الأكسس وذلك باستخدام إضافة خاصة لبرنامج الريفت (Extensions) تدعى (DB) أي قاعدة بيانات:



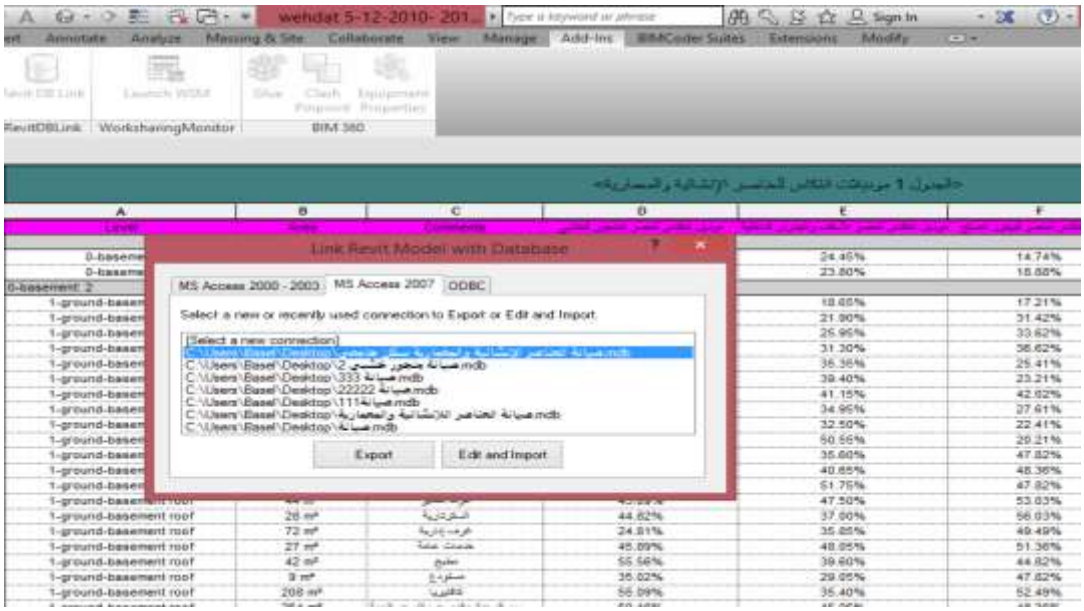
الشكل (6) تصدير جداول التقصي إلى برنامج الريفت

وبعد تصدير البيانات نحصل على ملف أكسس يتضمن جميع الجداول الموجودة في ملف الريفت ولكن ما يهمنا منها هي الجداول المرتبطة ب(Room) حيث يتضمن هذا الجدول جميع البارامترات المرتبطة بالغرف ويجب الانتباه إلى التوافق بين أنواع البيانات في حقول الريفت والأكسس فعندما نحدد بيانات من نوع (Currency) في الريفت فيجب تحديد نفس نوع البيانات للحقل في الأكسس وإلا لن يقوم البرنامج باستيراد البيانات المدخلة في هذا الحقل إلى الريفت، ونقوم بتشكيل نموذج لكل بند من بنود الصيانة على الأكسس كما هو موضح في الشكل(7):



الشكل(7) نموذج صيانة عنصر الأبواب على برنامج الأكسس

وبعد إدخال كامل بيانات التقصي بالإضافة إلى الموارد المطلوبة والتكلفة المتوقعة لكل بند من بنود الصيانة (التي تم الحصول عليها بزيارات ميدانية للسكن الجامعي خلال فترة الدراسة) نقوم بعملية استيراد لملف الريفت (Import) كما هو موضح في الشكل(8):

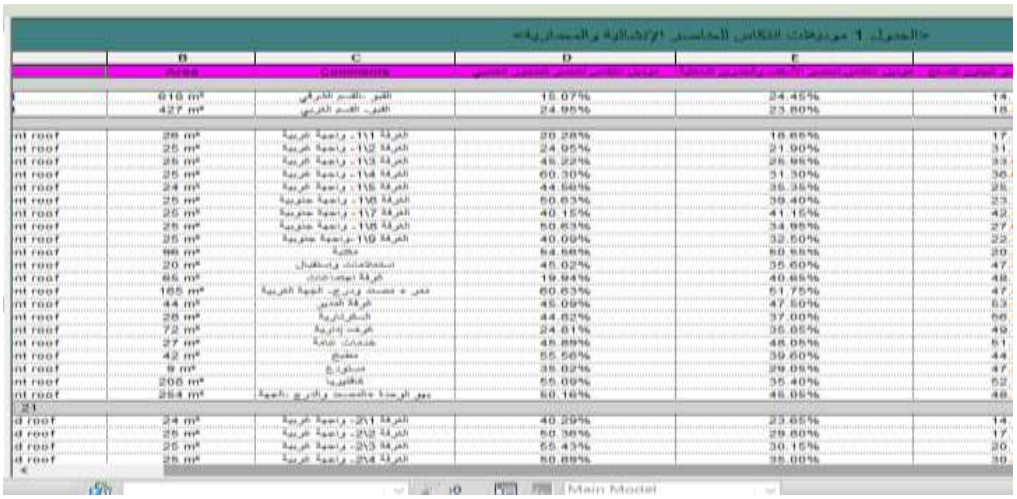


الشكل(8) استيراد الملفات من برنامج أكسس إلى الريفت

وبعد الانتهاء من عملية الاستيراد يعطينا الريفت تقرير يبين فيه البيانات التي تم استيرادها بنجاح والبيانات التي فشل في استيرادها مع توضيح سبب الفشل بالألوان، بعد استيراد البيانات من الأكسس إلى الريفت نحصل على مجموعة من الجداول التي تتعلق بالصيانة:

أ) الجدول الأول:

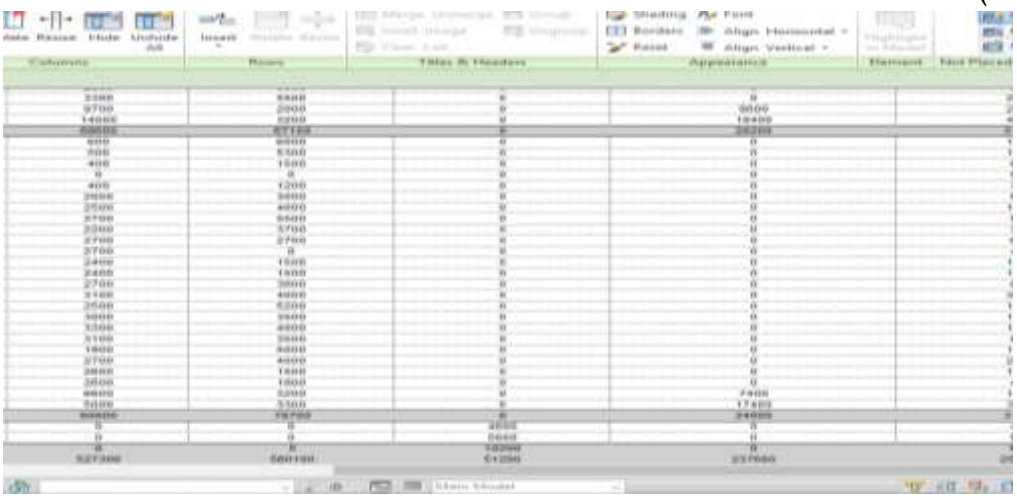
ويظهر فيه موديلات انتكاس للعناصر الإنشائية والمعمارية لكل أقسام البناء(حيث كل ما كانت قيمة موديل الانتكاس أقل عبر عن حاجة أكبر للقيام بالصيانة).



الشكل(9) موديلات الانتكاس للعناصر الإنشائية والمعمارية لكل أقسام البناء

ب) الجدول الثاني:

الذي يعطينا التكاليف المتوقعة للصيانة الدورية لكامل البناء للعناصر الإنشائية والمعمارية مع توزيع الموازنة على كل عنصر من هذه العناصر(والتي هي مجموع التكاليف المتوقعة لصيانة كل بند والتي تم إدخالها وجمعها بواسطة الريفت):



الشكل(10) الموازنة المطلوبة لتنفيذ الصيانة الدورية

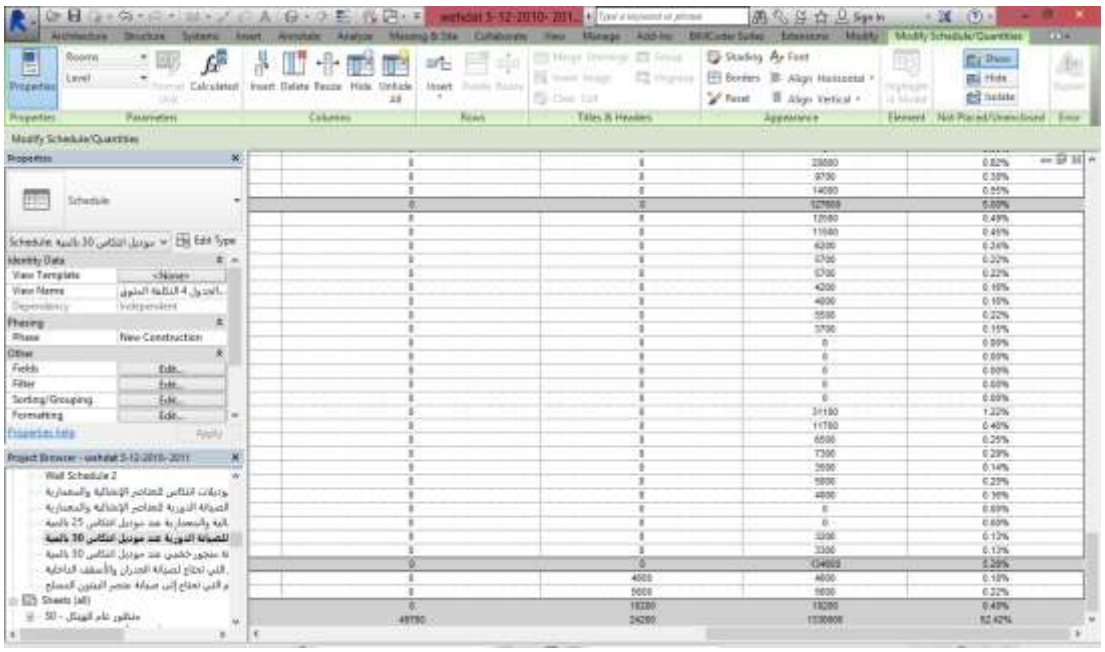
نلاحظ أن تكلفة الصيانة الدورية للعناصر الإنشائية والمعمارية وفقاً للموارد التي تم ادخالها الموازنة المطلوبة لكل مورد (2550100) ل.س موزعة على عناصر الصيانة بالشكل التالي:

1) صيانة منجور خشبي (527300) ل.س
2) صيانة عناصر البيتون المسلح (560100) ل.س
3) صيانة عنصر الأسقف والجدران الداخلية(1173900) ل.س
4) صيانة عنصر إكساء الممرات والأدراج(237600) ل.س
5) صيانة عنصر العزل(51200) ل.س

فإذا كانت الموازنة المخصصة للصيانة الدورية غير كافية لتنفيذ كل الصيانة الدورية عندئذٍ نستطيع أن نحدد تكاليف الصيانة الدورية للأقسام التي موديل انتكاسها أقل من (30%) وهو رقم تتحكم فيه المؤسسة وفقاً للموازنة المتوفرة للصيانة وبذلك نحصل على الأقسام الأكثر إلحاحاً لإجراء صيانة دورية لها ويتم ذلك بإدخال شرط إلى جدول الريفت بجمع تكلفة الصيانة للعناصر التي موديل انتكاسها أقل من (30%) واعتبر باقي العناصر تكلفة صيانتها صفر (IF (Deterioration MODEL <30%,COST,0)) وبذلك نحصل على الجدول الثالث:

ج) الجدول الثالث:

وفيه نحصل على موازنة الصيانة الدورية للعناصر الإنشائية والمعمارية للأقسام التي يقل موديل الانتكاس فيها عن (30%).

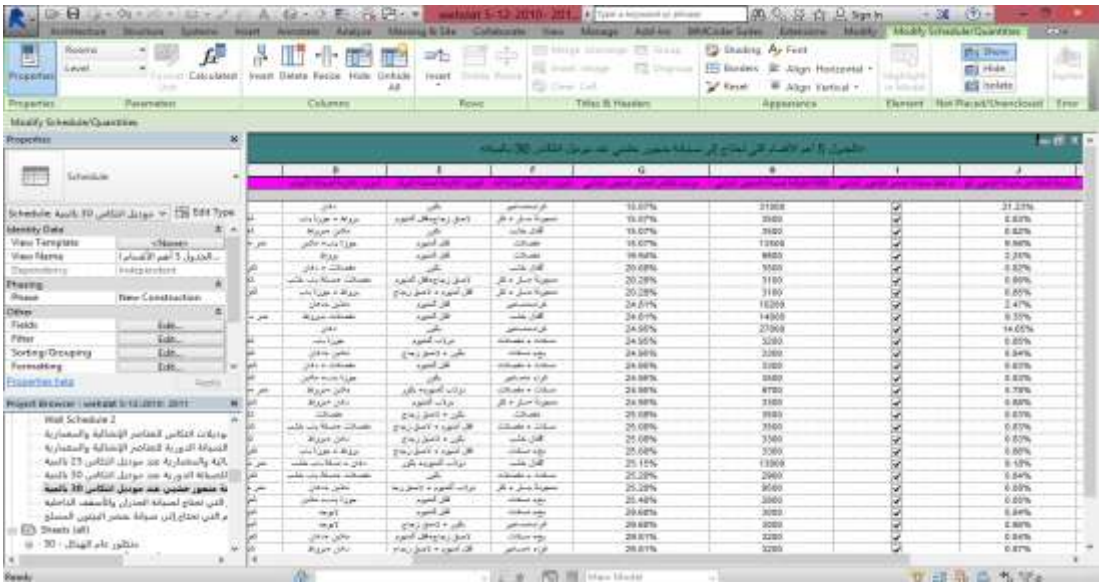


الشكل(11) تكاليف الصيانة الدورية عند موديل انتكاس (30%)

نلاحظ أن موازنة الصيانة الدورية للعناصر التي موديل انتكاس أقل من 30% هي(1336800) وإذا نفذنا عملية الصيانة لهذه العناصر نكون قد قمنا ب (52.42%) من كامل الصيانة الدورية التي يجب القيام بها فإذا كانت هذه الموازنة متوفرة فإننا نطلب من برنامج الريفت إظهار جميع الأقسام التي تحتاج إلى صيانة منجور خشبي مع الموارد المطلوبة لصيانتها(موارد مالية ومواد للصيانة) ومرتبة حسب حالة المنجور الخشبي فيها من الأسوأ إلى الأفضل لكي نبدأ بعملية الصيانة من الأقسام الأكثر حاجة وبذلك نحصل على الجدول الرابع.

د) الجدول الرابع:

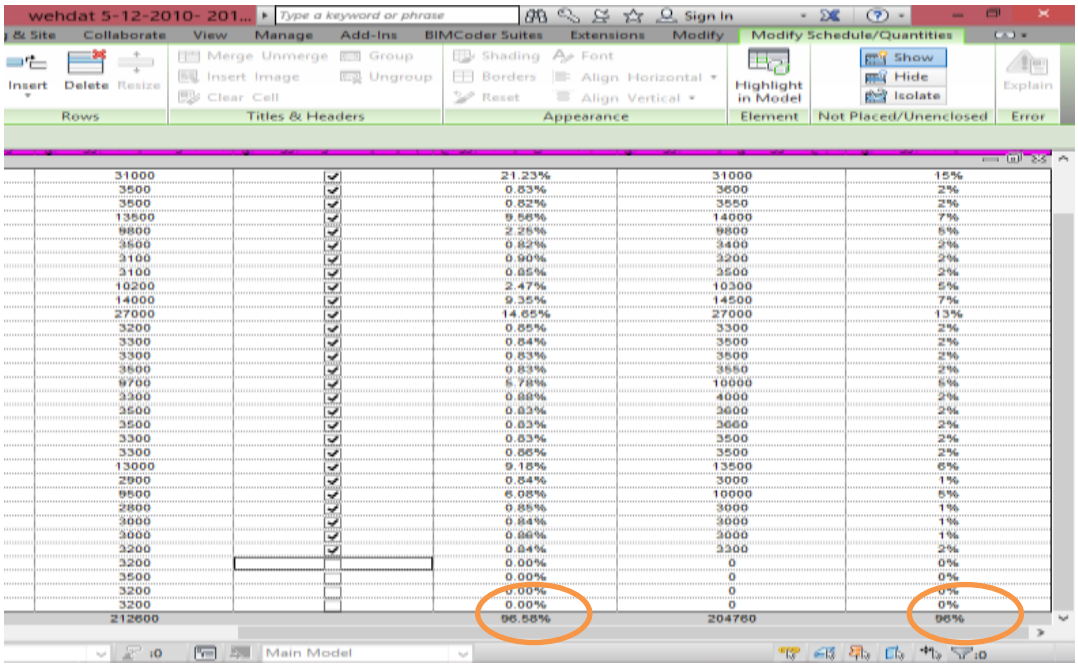
وفيه يظهر أهم الأقسام التي تحتاج إلى صيانة المنجور الخشبي بالإضافة إلى الموارد المطلوبة لصيانة كل قسم من هذه الأقسام والتكلفة المتوقعة كما هو موضح في الشكل (12):



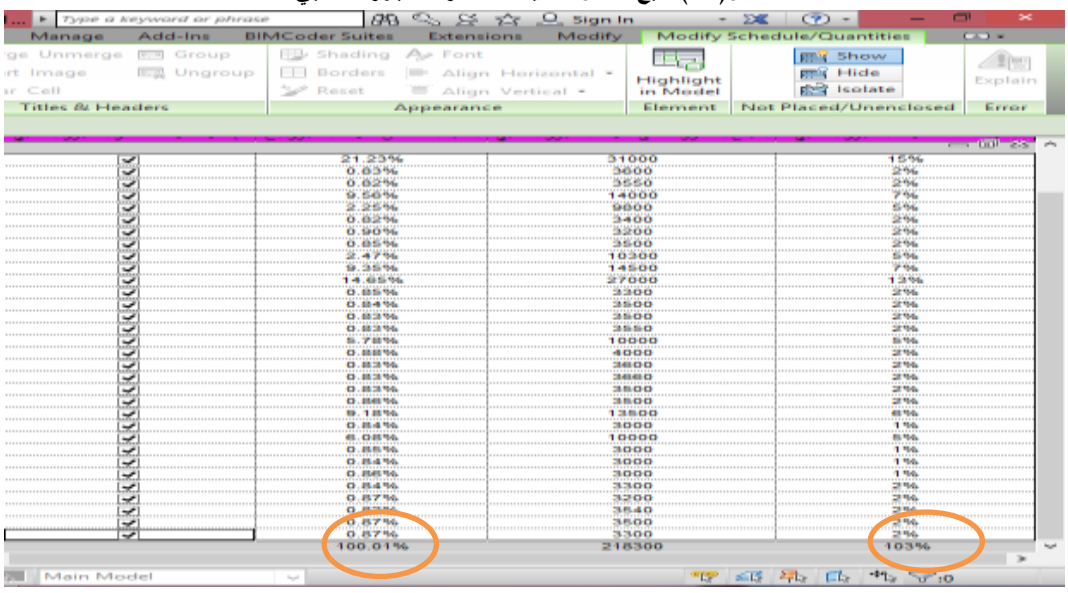
الشكل(12) الأقسام التي تحتاج إلى صيانة عند موديل انتكاس (30%)

وبعد تحديد الأقسام التي تحتاج إلى صيانة المنجور الخشبي نضيف حقل جديد يساعدنا في تتبع أعمال الصيانة وذلك بوضع وضع إشارة بجوار كل قسم تم إجراء الصيانة فيه ويساعدنا في تحديد النسبة التي تم تنفيذها من الصيانة الدورية وكذلك التكلفة الحقيقية لأعمال الصيانة وبذلك نكون قادرين على حساب انحراف التكلفة لعنصر المنجور الخشبي، نلاحظ في الشكل(13) أننا لم ننفذ الصيانة للأربع أقسام الأخيرة فنكون بذلك نفذنا نسبة (96.58%) من الصيانة الدورية ونكون قد صرفنا (98%) من الموازنة المتوقعة.

نلاحظ في الشكل (14) و بعد تنفيذ الصيانة للأربع أقسام الأخيرة نكون قد نفذنا الصيانة الدورية كاملة ونكون قد أنفقنا (103%) من التكلفة المتوقعة للصيانة الدورية بذلك يكون لدينا انحراف في موازنة الصيانة الدورية لعنصر المنجور الخشبي بنسبة (3%) لذلك عند إدخال الموازنة المخصصة لعنصر المنجور الخشبي في عام قادم نضيف (3%) لنحصل على موازنة أكثر دقة.



الشكل(13) تتبع أعمال الصيانة لعنصر المنجور الخشبي



الشكل(14) تتبع أعمال الصيانة للمنجور الخشبي

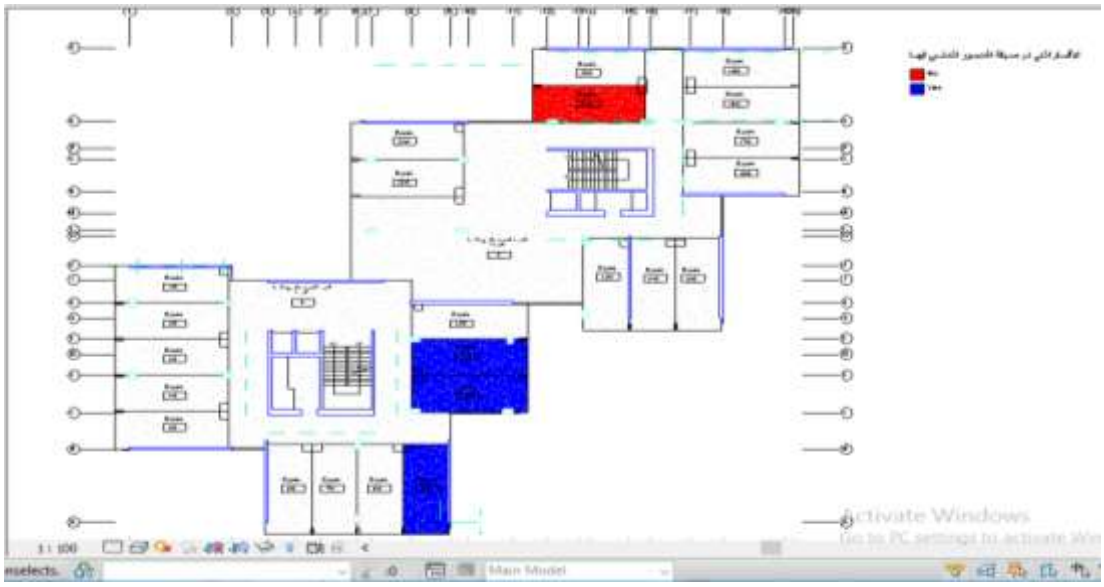
وبنفس الطريقة نحصل على جداول مماثلة لعناصر البيتون المسلح والعزل وإكساء الممرات والأدراج والجدران والأسقف الداخلية تساعدنا في تحديد أهم الأقسام التي تحتاج إلى صيانة مع ترتيبها والمواد المطلوبة لصيانة كل قسم مع تتبع أعمال الصيانة يساعدنا في كل مرحلة تحديد النسبة التي تم تنفيذها من الصيانة والمبالغ التي تم إنفاقها على إجراء الصيانة والنسبة التي تشكلها هذه المبالغ من الموازنة المتوقعة وفي نهاية أعمال الصيانة لكل عنصر يساعدنا في تحديد انحراف الموازنة لكل عنصر من العناصر لكي نحصل في السنة القادمة على موازنة أكثر دقة، ولا يسعنا أن نورد جميع الجداول الممثلة للعناصر بسبب التزامنا بعدد محدد من الصفحات وفقاً لشروط نشر المقالة.

المرحلة الرابعة–الحصول على مساقط لتوضيح أعمال الصيانة:

أن الميزة الأساسية لاستخدام الريفت في أعمال الصيانة هي قدرة هذا البرنامج على نمذجة البارامترات التي تم ربطها بكل قسم من أقسام البناء فجميع البيانات التي أدخلناها إلى البرنامج من المواد المطلوبة للصيانة وتقييمات المهندسين يمكن ربطها بالنموذج ثلاثي الأبعاد وتوضيحها بمساقط مشروحة بالألوان وكذلك تساعدنا هذه الخاصية على تتبع أعمال الصيانة من خلال إظهار الأقسام التي تمت صيانتها بلون يختلف عن الأقسام التي لا نريد إجراء صيانة لها. وباستخدام الأمر (Color Fill Legend) نستطيع الحصول على هذه المساقط وبمجرد تطبيقها على أحد الطوابق فإنها تتطبق على البناء كاملاً.

نلاحظ في هذا المسقط الموضح بالشكل(15) وجود أربع غرف يجب إجراء صيانة للمنجور الخشبي فيها (موديل الانتكاس لعنصر المنجور أقل من 30%)، وهناك 3 غرف منها باللون الأزرق أي تم إجراء صيانة للمنجور فيها وغرفة واحدة باللون الأحمر وهي الغرفة رقم (5\21) حيث لم نقم بصيانة المنجور في هذه الغرفة بعد.

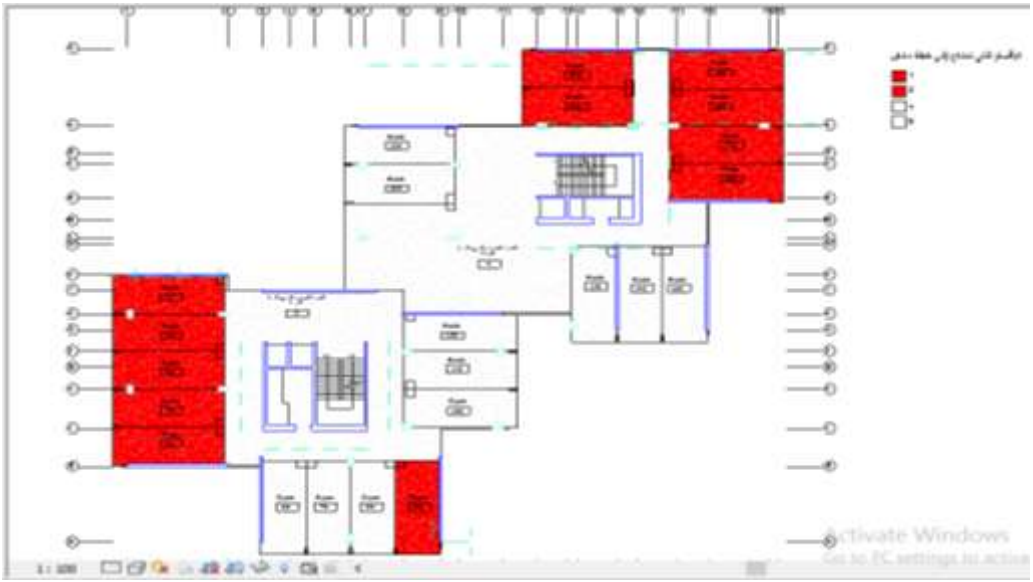
أ)المسقط الأول–تتبع أعمل صيانة المنجور الخشبي:



الشكل(15) تتبع أعمال المنجور الخشبي

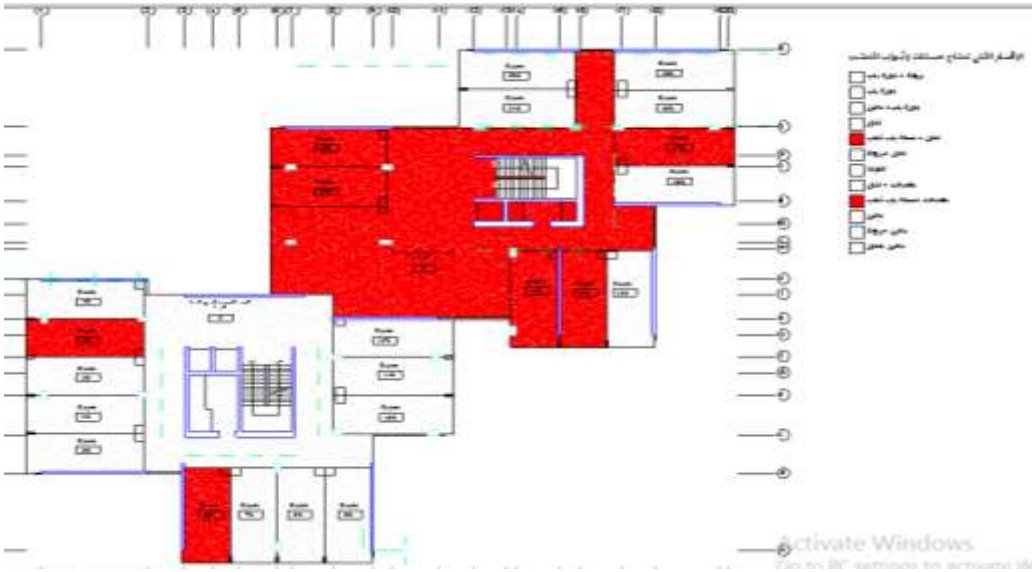
ب) المسقط الثاني–الأقسام التي تحتاج إلى طبقة دهان جديدة:

نلاحظ أن الغرف التي حصلت على تقييم (1أو 2) من قبل المهندس المشرف على الصيانة لبند (وجود جدران وسخة أو مهترئة) تظهر باللون الأحمر وبذلك أستخدمنا تقييم المهندس المشرف للحصول على المساقط، وكذلك بإمكاننا استخدام المواد التي تم إدخالها لمعرفة المواد التي يحتاجها كل قسم من الأقسام أو توزيع مواد الصيانة على أقسام البناء وذلك يظهر في الشكل (17):



الشكل(16) الغرف التي تحتاج طبقة دهان

ج) المسقط الثالث–الأقسام التي تحتاج إلى مسكات لأبواب الخشب:

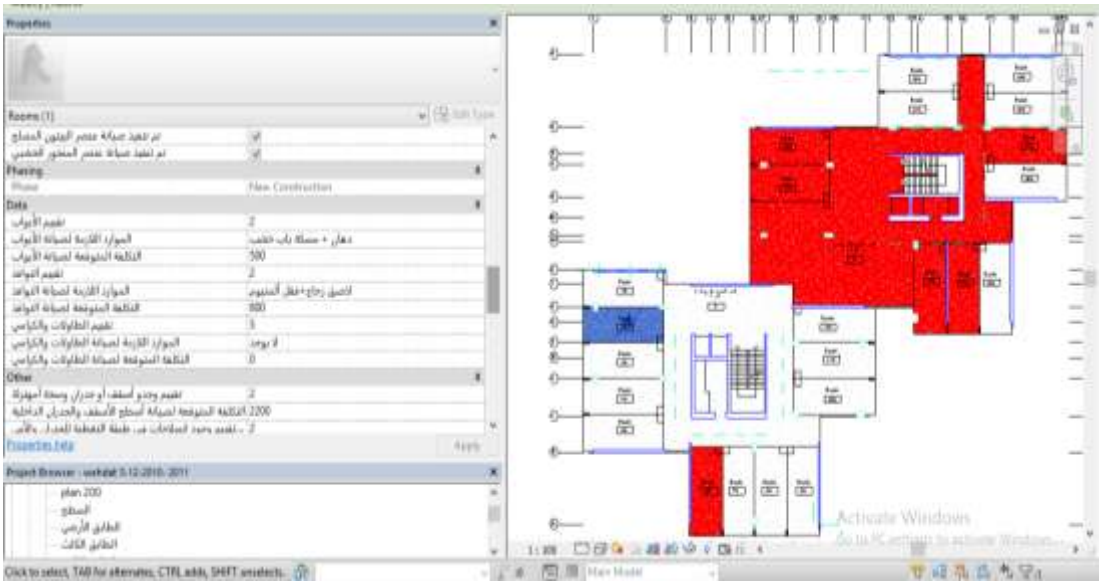


الشكل(17) الأقسام التي تحتاج مسكات لأبواب الخشب

حيث نلاحظ وجود مجموعة من الغرف بالإضافة إلى باب الخشب الموجود في الممر–القسم الغربي تحتاج إلى مسكات أبواب جديدة وكذلك من خلال اللوحة التوضيحية الموجودة على اليمين بإمكاننا الحصول على مسقط ملون يبين لنا الأقسام التي تحتاج لأي مورد من موارد صيانة الأبواب (ملابن–دهان–مفصلات–ألواح بللور–برواظ.....).

وبذلك يمكننا الحصول على عدد كبير من المساقط لتوضح بشكل بسيط ومفهوم جميع الجوانب التي تتعلق بالصيانة من حيث وهذه المساقط تتغير بشكل تلقائي بمجرد تغير في بيانات الصيانة وبذلك نكون قد وظفنا النمذجة البصرية التي توفرها لنا تطبيقات (Bim) من أجل إدارة وتتبع أعمال الصيانة.

ويمكننا الريفت أيضاً من معرفة وضع كل قسم من أقسام البناء من ناحية الصيانة حيث وبمجرد تحديد القسم يظهر لدينا في القسم الأيسر من واجهة البرنامج جميع المعلومات التي تتعلق بهذه القسم من تقييمات المهندسين والموارد المطلوبة والتكاليف المتوقعة وتتبع الأعمال والتكاليف الحقيقية وبالإمكان إضافة أي بيانات بشكل مباشر إلى هذا القائمة بدلاً من إدخالها إلى الجداول:



الشكل (18) بيانات الصيانة للغرفة 5\2

نلاحظ أنه عندما حددنا الغرفة 5\2 والتي ظهرت بلون مختلف عن باقي الغرف فإنه أصبح بإمكاننا الاطلاع على كل المعلومات المتعلقة بصيانة هذه الغرفة في الجزء اليساري من واجهة البرنامج.

أن كل المراحل السابقة والتسجيل لأعمال الصيانة في كل سنة صيانة يساعد في توليد قاعدة معرفة لأعمال الصيانة على برنامج الريفت كما هو موضح في الفقرة التالية:

الحصول على قاعدة معرفة لأعمال الصيانة باستخدام BIM:

يوفر برنامج الريفت إمكانية إدخال بيانات الصيانة لعدد كبير من السنوات وذلك باستخدام الأمر (phase) هذا الأمر يعطينا إمكانية التنقل بين قواعد بيانات الصيانة بسهولة حيث أن كل جدول من الجداول التي تم شرحها سابقا وكل مسقط من المساقط التوضيحية بمجرد فتحه فإن هناك من خصائصه الأمر (مرحلة) أو (phase) يساعدنا على التنقل بين سنوات الصيانة للجدول أو المسقط حيث يمكننا من المقارنة ومعرفة تاريخ الصيانة لكل قسم من أقسام البناء وجميع الموارد التي تم استخدامها والتكاليف التي تم إنفاقها ومقارنة موديلات الانتكاس بين سنة سابقة والسنة الحالية يساعدنا في معرفة وجود تحسن أو تدهور أو ثبات في حالة أي عنصر أو مكون من مكونات البناء.

ونستطيع الحصول على قاعدة معرفة باستخدام الأمر (phase) وباستخدام معامل يدعى معامل التجديد أو معامل الاستبدال الذي يتم استخدامه لكل مورد من الموارد التي نستخدمها في الصيانة فمثلاً:

معامل الاستبدال لدهان الجدران والأسقف الداخلية=المساحة التي تحتاج إلى طبقة دهان جديدة \ المساحة الكلية للبناء

الشكل (19) معامل الاستبدال لأقفال نوافذ الألمنيوم لعام 2013

نجد من الصورة السابقة أن معامل الاستبدال لأقفال نوافذ الألمنيوم في سنة الصيانة 2013 كانت (5.61) أي أنه تم استبدال (5.61%) من أقفال نوافذ الألمنيوم في سنة 2013.

الشكل (20) معامل استبدال أقفال نوافذ الألمنيوم لعام 2014

ومعامل الاستبدال لنفس البند في سنة الصيانة 2014 كانت (7.77%) فإذا أخذنا متوسط معامل الاستبدال لعدد من سنوات الصيانة سوف نستطيع ربط كل بند من بنود الصيانة بمعامل يساعدنا على تحديد عدد السنوات التي يجب بانقضائها استبدال البند أو تجديده فإذا عدنا إلى مثال أقفال نوافذ الألمنيوم فإننا نلاحظ أننا سوف نضطر لاستبدال قفل نافذة الألمنيوم بعد حوالي (15) سنة من استخدامه أي أن كل (15) سنة سوف يتم تجديد أقفال نوافذ الألمنيوم في البناء كاملاً وبنفس الطريقة نستطيع حساب معامل الاستبدال لجميع بنود وأعمال الصيانة.

وضع برنامج للصيانة الدورية:

بعد حساب معامل الاستبدال لكل بند من بنود الصيانة أصبح بإمكاننا تحديد دورة حياة البند أو عدد السنوات التي بانقضائها يجب إجراء صيانة لهذا البند فإذا أخذنا بند دهان الأسقف والجدران فقد حصلنا على معامل استبدال لهذا البند قيمته (15%) أي أنه سوف نضطر سنوياً إلى تجديد دهان (15) من مساحة البناء أي كل قسم من أقسام البناء سوف نضطر لتجديد طبقة الدهان فيه كل (7) سنوات وهي الأقسام التي تكون فيها قيمة موديل الانتكاس لطبقة الدهان الأقل، وبالتالي أصبح بإمكاننا وضع برنامج صيانة لأعمال الدهان يحدد فيه السنة الواجب تجديد طبقة الدهان فيها لكل قسم من أقسام البناء كما هو موضح في الشكل(21):

«الجدول 12 برنامج الصيانة الدورية»

A	B	C	D	E	F
Level	Area	Comments	طبقة دهان الجدران والأسقف		
0-basement	427 m²		2008	7	2015
0-basement	618 m²		2008	7	2015
0-basement	137 m²		2008	7	2015
0-basement: 3	1182 m²				
1-ground-basement roof	26 m²		2008	7	2015
1-ground-basement roof	25 m²		2008	7	2015
1-ground-basement roof	25 m²		2009	7	2016
1-ground-basement roof	25 m²		2009	7	2016
1-ground-basement roof	24 m²		2009	7	2016
1-ground-basement roof	25 m²		2009	7	2016
1-ground-basement roof	25 m²		2010	7	2017
1-ground-basement roof	25 m²		2011	7	2018
1-ground-basement roof	25 m²		2011	7	2018
1-ground-basement roof	65 m²		2011	7	2018
1-ground-basement roof	208 m²		2011	7	2018
1-ground-basement roof	9 m²		2011	7	2018
1-ground-basement roof	42 m²		2011	7	2018
1-ground-basement roof	27 m²		2011	7	2018
1-ground-basement roof	254 m²		2008	7	2015
1-ground-basement roof	72 m²		2013	7	2020
1-ground-basement roof	28 m²		2013	7	2020
1-ground-basement roof	44 m²		2014	7	2021
1-ground-basement roof	20 m²		2014	7	2021
1-ground-basement roof	96 m²		2014	7	2021
1-ground-basement roof	165 m²		2008	7	2015
1-ground-basement roof: 21	1253 m²				

الشكل (21) برنامج الصيانة الدورية لأعمال الدهان

نلاحظ في الشكل السابق الأقسام التي تحتاج إلى تجديد الدهان في العام 2015 وقد تم تطبيق تنسيق شرطي عليها لكي تظهر الأقسام التي تحتاج إلى تجديد دهان باللون الأحمر وهذه الأقسام كانت أخر عملية لتجديد الدهان فيها قد تمت في سنة(2008).

إن مستوى الصيانة المنفذ له أهمية كبيرة على حياة المباني، وخاصةً إذا علمنا أن المجتمع سوف يتوقع مستويات أداء عالية من المباني المقامة والجديدة، وبناءً على ذلك سوف تبقى الصيانة قسماً مهماً في أعمال صناعة البناء. وان استخدام BIM في مجال الصيانة يساهم في جعل هذه العملية أكثر سهولة وشفافية ويساعد في تحويل الصيانة من المنهج الذي يعتمد على القيام بالصيانة عند وقوع العطل إلى منهج توقعي يساهم في الحفاظ على البناء وتوفير في التكاليف.

حاولنا في هذا البحث تسليط الضوء على موضوع الصيانة وأهم ما قمنا به في هذا البحث:

1 – تقسيم المبنى إلى أقسام مكانية .

2 – توظيف موديلات الانتكاس في عملية الصيانة.

3 – تحديد أهم بنود الصيانة في حالة الدراسة وهي الوحدة السكنية 18 في السكن الجامعي لجامعة تشرين مختلف الاختصاصات بالاعتماد على قاعة البيانات الملحقة بالريفت مع الآخذ بالاعتبار الموازنة المتوفرة للصيانة.

4 - تتبع أعمال الصيانة التي تتم في البناء .

5 - حساب معامل انحراف الموازنة.

6 - الحصول على خطة موارد لأعمال الصيانة لعام قادم.

7 - تحديد معامل استبدال لجميع الموارد المستخدمة ودورة حياة المورد.

8 - توضيح كل ما سبق من خلال مساقط ملونة تجعل عملية الصيانة أكثر مرونة وشفافية.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1 يوفر المنهج المقترح في البحث أداة تساعد في توزيع الميزانية الخاصة بالصيانة بحسب أولوية العناصر.

2 يساعد هذا المنهج على التنبؤ بالموازنة بالموازنة المطلوبة للصيانة.

3 يوفر أداة تساعد في توزيع الموازنة الخاصة بالصيانة حسب أولوية العناصر.

4 يساعد المنهج المقترح في تخزين عدد غير محدد من بيانات الصيانة لكل سنة من سنوات الصيانة وسهولة المقارنة بين أعمال الصيانة بين سنة وأخرى.

التوصيات:

في نهاية البحث نوصي في اعتماد BIM من أجل الإدارة والتحكم بأعمال الصيانة للمباني الحكومية وذلك للأسباب التالية:

1) يساعد المنهج المقترح على إعطاء الإدارة العليا نظرة شاملة للمنشأة بجميع اختصاصاتها.

2) أن هذا المنهج يساعد في الحصول على تقييم سريع لحالة البناء.

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

4) ربط موديلات الانتكاس مع النموذج ثلاثي الأبعاد يساعد على تشكيل قاعدة بيانات مرتبطة بنموذج البناء توفر تاريخ كامل لأعمال الصيانة.

5) الجداول والمساقط التوضيحية التي يوفرها الريفت تجعل عملية الصيانة أكثر وضوحاً وشفافية.

6) استخدام BIM خطوة ضرورية من أجل تطوير أعمال الصيانة بما يتوافق والتطور الحاصل عالمياً في مهنة الهندسة المدنية.

المراجع:

1- BIN AKASAH. *Generic Process Model for Maintenance Management of School Buildings*, Malaysia University, 2007,92p.

2- ARDITI; NAWAKORAWIT .*Designing Buildings for Maintenance: Designers' Perspective,* Technical Papers, 1999, 117–132.

3- MOHD SABRI. . *Reka Bentuk Elemen Dan Sistem Mekanik*, University Of Malaysia, 2007, 1363-1370.

4- ABDEL ATY، A. *Framework For Monitoring And Maintenance Subways Stations Using Building Information Modeling.* Construction Research Congress, 2012, 2320-2328.

5- WANG, Y; CHEN, H. *A 3-dimensional Visualized Approach for Maintenance and Management of Facilities.* Information and Computational Technology, 2011, 468-475.

6- AKCAMETE,A;AKINCI,B. *Potential Utilization Of Building Information Models For Planning Maintenance Activity*. Carnegie Mellon University, USA, 2010,7P.

7- FRANCISCO, F. *Perceived Value Of Building Information Modeling In Facilities Operation and Maintenance.* University Privada Boliviana, 2010, 112p.

8- 25-OLAGUNJU, R.E. *Predictive Modeling 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.

9 – الحسن، باسل ; جراد، فايز. *تحسين إدارة الصيانة للمباني الحكومية* . مجلة جامعة تشرين. العدد(6)،2079،2015−3081.

10- YEN, C; CHEN, J; HUANG, F. *The Study of BIM-Based Mrt Structural Inspection System.* Taiwan University of Science and Technology, Taipei,Taiwan,2009,6p.