



جامعة حلب

كلية الهندسة المدنية

قسم الإدارة الهندسية والإنشاء

استخدام أنظمة نمذجة معلومات الأبنية (BIM) في مشاريع التشييد

Using Building Information Modeling Systems

(BIM) in Construction Projects

أطروحة أعدت لنيل درجة الماجستير في الهندسة المدنية

قسم الإدارة الهندسية والإنشاء

إعداد

المهندسة لولوه خربوطلي



جامعة حلب

كلية الهندسة المدنية

قسم الإدارة الهندسية والإنشاء

استخدام أنظمة نمذجة معلومات الأبنية (BIM) في مشاريع التشييد

Using Building Information Modeling Systems

(BIM) in Construction Projects

أطروحة أعدت لنيل درجة الماجستير في الهندسة المدنية

قسم الإدارة الهندسية والإنشاء

إعداد

المهندسة لولوه خربوطلي

المشرف الرئيسي:

الدكتور المهندس : نبيل عدس

أستاذ مساعد في قسم الإدارة الهندسية والإنشاء

كلية الهندسة المدنية - جامعة حلب

نوقشت هذه الرسالة بتاريخ 28 / 4 / 2014

وأجيزت

لجنة الحكم

الأستاذ الدكتور

معد مدلجي

رئيساً اللجنة

الأستاذ المساعد الدكتور

نبيل عدس

مشرفاً وعضواً

الدكتور

محمد عبّادي

عضواً

تصريح

أصرح بأن هذا البحث بعنوان (استخدام أنظمة نمذجة معلومات الأبنية (BIM) في مشاريع التشييد) لم يسبق أن قبل الحصول على أي شهادة, ولا هو مقدم حالياً للحصول على أي شهادة أخرى.

المرشح

لولوه خربوطلي

DECLARATION

I hereby certify that this work " **Using Building Information Modeling Systems (BIM) in Construction Projects** " has not been accepted for any degree or it is not submitted to any other degree.

Candidate

Loulwa Kharboutli

شهادة

نشهد بأن العمل المقدم في هذه الرسالة هو نتيجة بحث علمي قام به المرشح لولوه خربوطلي بإشراف الدكتور نبيل عدس الأستاذ المساعد في قسم الإدارة الهندسية والإنشاء في كلية الهندسة المدنية. إن أية مراجع أخرى ذكرت في هذا العمل موثقة في نص الرسالة وحسب ورودها في النص.

المشرف الرئيس

د.نبيل عدس

المرشح

لولوه خربوطلي

Testimony

We witness that the described work in this treatise is the result of scientific search conducted by the candidate Loulwa Kharboutli under the supervision of Doctor Nabil Ades Professor at the department Counstruction Managenent, Faculty of Civil Engineering university of Aleppo.

Any other references mentioned in this work are documented in the text of the treatise.

Candidate

Loulwa Kharboutli

Main Supervisor

Nabil Ades

بسم الله الرحمن الرحيم

كلمة شكر

في البدء أشكر الله عز وجل الذي هداني وأرشدني لأقدم هذا العمل بما فيه من خير
لبلدي من غير حول لي ولا قوة.

شكر وتقدير لكل من ساهم في هذا البحث وأخص بالشكر:

الدكتور المهندس: **نبيل عدس** الدكتور المشرف على هذا البحث والذي كان مرشداً معلماً لم يبخل
بعلمه أو جهده في سبيل إتمام هذا البحث والذي أعطى المساندة للوصول إلى هذه الرسالة وكانت كلماته
مصدر تفاؤل لي.

كما أخص بالشكر المهندس **محمد طاهر** للمساعدة والعون وتقديم كل ما هو مطلوب من بيانات
ومخططات للحالة الدراسية وإتمام هذا البحث.

وأشكر المهندس **عمر سليم سلفيتي** للدعم الذي قدمه وإتاحة الفرصة لي للخوض في البحث من خلال
فرص الزيارة للعديد من الشركات بالدول العربية.

وأشكر إدارة **المعهد التقاني الهندسي** وأخص بالذكر زميلاتي وزملائي المهندسين والإداريين الذين
ساهموا بالدعم المعنوي الكبير لي وتوفير العون على مدى سنوات العمل وأخص بالذكر المهندسة **نوران
شحنة** والمهندسة **رحاب صالح** والمهندس **أحمد دهان**. وأدعو الله لهم أن يوفقهم لما هو خير ويهديهم لما
يحب ويرضى.

كما أشكر الأخوات المهندسات بكلية **الهندسة المدنية** وأخص بالذكر المهندسة **منذرة خواتمي** والمهندسة
ونام نعيان آغا على الدعم والمساندة مع فائق حبي لهن وأدعو الله أن أكون لهم عوناً وسنداً.

وأخيراً وليس آخراً... أشكر إدارة مركز **New Horizons** الذين هم بمثابة أسرة لي وأخص بالشكر
الزميل والصديق المهندس **محمود باندجي** الذي يعتبر بمثابة حجر الأساس بالنسبة لي ومفصل التغيير
الذي أيدني بدعمه وإيمانه بقدراتي وحثي على المثابرة والتقدم نحو الأفضل.

الإهداء:

أهدي رسالتي هذه:

إلى صديقتي ونور حياتي ... إلى ملاذي بالسراء والضراء ... إلى قدوتي ومنهل العطاء الذي لا ينضب ... إلى القلب الذي علمني معنى العطاء بلا مقابل والصبر على الصعاب وتحمل ما لا يطاق ... إلى من أرجو الله أن يحفظها لي.

أمي الغالية

إلى الصدر الحنون الذي أحاطنا بعطفه ورعايته بدون كلل أو ملل ... إلى من علمني معنى الحنان والرفق ... إلى من أرجو الله أن يديمه لنا.

أبي العزيز

إلى رفيق الدراسة والعمل ... وموطن أفراحي وآلامي ... إلى من كانت كلماته دواءً لي ومصدر راحة وتفاؤل ... إلى من ساندني وكان لي عوناً ومعلماً ومرشداً وخير صديق.

الغالي عمار

إلى فرحة قلوبنا ومصدر نسيان همومنا ... إلى من عشت معه أجمل الأيام ... إلى من علمني أن البسمة علاج كل الصعاب.

الرائع حسام

إلى الصغار الرائعين ... إلى من أشعر معهم بقيمة الحياة ومعنى السعادة ... إلى من هم موطن البراءة والرقّة ... إلى أحابي وأصدقائي الصغار الكبار ... أدعو الله أن يوفقهم وينير حياتهم.

نايا , جنى , ورد , زين

فهرس الأٲروحة

الصفحة	الفصل
1	ملخص البحث
2	الفصل الأول : مقدمة عن فكرة البحث
3	1-1 مشاكل البحث
4	2-1 فرضية البحث
5	3-1 أهداف البحث ونطاق العمل به
6	4-1 منهجية ومراحل البحث
7	5-1 أدوات البحث
9	6-1 دراسات سابقة
14	الفصل الثاني : أنظمة نمذجة معلومات البناء
15	1-2 مقدمة
16	2-2 نشأة وتطور أنظمة نمذجة معلومات البناء BIM
17	3-2 مفهوم أنظمة BIM وتعريفها في صناعة البناء
19	4-2 النمذجة البارمترية (المعلمية) Parametric لعناصر BIM مقارنة بعناصر CAD
19	1-4-2 التصميم بمعونة الحاسب (Computer Aided Design(CAD)
20	2-4-2 التصميم وفق مفهوم (Building Information Modeling (BIM) ...
21	5-2 أهمية أنظمة BIM لأطراف المشروع
21	1-5-2 الجهة المالكة Owner
23	2-5-2 المصممون Designers
24	3-5-2 المقاولون Contractors
26	6-2 استخدامات أنظمة BIM خلال مرحلة التنفيذ
27	1-6-2 نمذجة موقع البناء
27	2-6-2 تقدير كلف البناء
28	3-6-2 التخطيط الزمني للمشروع
31	4-6-2 التنسيق وكشف التضاربات

32	.....5-6-2 تنظيم موقع العمل	
33	.....6-6-2 تكنولوجيا إنشاء المبنى	
34	.....7-6-2 التصنيع الرقمي	
34	.....8-6-2 توثيق معلومات المبنى	
35	.....9-6-2 استخدامات أخرى	
36	.....BIM أنظمة	7-2
36	.....1-7-2 البرمجيات التصميمية	
39	.....2-7-2 البرمجيات التحليلية	
40	.....BIM التوافقية لتبادل الملفات بين برمجيات	8-2
42	.....1-8-2 الربط المباشر بين برمجيات BIM	
42	.....2-8-2 الربط غير المباشر بين برمجيات BIM	
42	.....1-2-8-2 صيغة DXF لتبادل الملفات الرسومية	
	.....2-2-8-2 صيغ تبادل الملفات (IFC) Industry Foundation	
43	.....Classes	
	.....3-2-8-2 صيغ تبادل الملفات (XML) Extensible Markup	
43	.....Language	
44	.....9-2 نماذج سير العمل	
45	.....1-9-2 المنهج الخطي	
45	.....2-9-2 المنهج الدائري	
46	.....3-9-2 النموذج التشاركي بالعمل	
48	.....10-2 مستقبل BIM	
50	.....الفصل الثالث : فاعلية استخدام أنظمة BIM في مرحلة التشييد	
51	.....1-3 كفاءة مرحلة التشييد	
51	.....1-1-3 تعريف الكفاءة بمرحلة التشييد	
52	.....2-1-3 العوامل التي تؤدي إلى انخفاض كفاءة مرحلة التشييد	
52	.....3-1-3 طرق رفع كفاءة مرحلة التشييد	

54	..... أنظمة نمذجة معلومات البناء وقياس الكفاءة.....	2-3
54	..... 1-2-3 علاقة BIM بتحسين الكفاءة.....	
56	..... 2-2-3 القيمة الفعلية لتطبيق أنظمة BIM.....	
57	..... 3-2-3 تأثير الوفر الناتج عن تطبيق أنظمة BIM على عوامل كفاءة البناء.....	
57	..... مؤشرات الأداء الرئيسية بمرحلة التشييد.....	3-3
57	..... 1-3-3 تعريف مؤشرات الأداء الرئيسية المؤثرة على كفاءة البناء.....	
58	..... 2-3-3 معايير مؤشرات الأداء.....	
	Request For 1-2-3-3 المعلومات المطلوبة من الجهة المنفذة	
58	..... (RFI) Information	
61	..... 2-2-3-3 تقدير كلف البناء.....	
65	..... 3-2-3-3 أوامر التغيير (CO) Change Order	
68	..... 4-2-3-3 الجودة وإعادة العمل Quality & Rework	
70	..... الفصل الرابع : دراسة تطبيقية لمؤشرات أداء كفاءة مشاريع التشييد باستخدام أنظمة BIM	
72	..... 1-4 توصيف المشروع.....	
73	..... 2-4 تحليل نموذج سير عملية تصميم المشروع بالطرق الكلاسيكية.....	
75	..... 3-4 تحليل المعلومات المطلوبة من الجهة المنفذة Request For Information	
82	..... 4-4 تحليل أوامر التغيير Change Order	
96	..... 5-4 استخدام أنظمة BIM لإدارة النقص في المعلومات وتغيرات البناء.....	
96	..... 1-5-4 المفاهيم والمبادئ الرئيسية لبرنامج Autodesk/Revit	
98	..... 1-1-5-4 برنامج Revit وإدارة معلومات المشروع.....	
98	..... 2-1-5-4 مجموعة العمل Workset	
98	..... 3-1-5-4 تزامن عناصر البناء	
99	..... 2-5-4 استخدام حلول BIM لتخفيض النقص في المعلومات اللازمة للتنفيذ.....	
99	..... 1-2-5-4 الربط متعدد الاتجاه (العناصر البارامترية)	
102	..... 3-5-4 استخدام حلول BIM لتخفيض أوامر التغيير	
102	..... 1-3-5-4 إنشاء قاعدة البيانات المشتركة Central Database	

103	..... 2-3-5-4 آلية عمل قاعدة البيانات المشتركة.....
110	..... 4-5-4 النتائج المستقصاة من توافي RFI و CO على الكلفة والزمن.....
	..... 1-4-5-4 أثر استفسارات الجهة المنفذة وأوامر التغيير على زمن
116	..... المشروع.....
	..... 2-4-5-4 أثر استفسارات الجهة المنفذة وأوامر التغيير على كلفة
117	..... المشروع.....
118	..... 6-4 تقدير كلف البناء.....
118	..... 1-6-4 جداول الكميات لتقدير كلف البناء.....
120	..... 2-6-4 البرمجيات المستخدمة في تقدير كلف البناء.....
124	..... 3-6-4 معايير تقييم طرق حساب الكميات.....
	..... 4-6-4 مقارنة الطرق التقليدية لحساب الكميات بالطرق الذكية باستخدام أدوات
124	BIM
125	..... 1-4-6-4 الأساسات.....
131	..... 2-4-6-4 الجدران القصية.....
137	..... 3-4-6-4 القواطع المعمارية.....
144	..... 7-4 مقارنة الزمن اللازم لتصميم المشاريع باستخدام أنظمة BIM مع الطرق الحالية.
149	..... الفصل الخامس : تقييم مدى استخدام أنظمة BIM في مرحلتي التصميم والتنفيذ.....
150	..... 1-5 إحصائيات سابقة.....
150	..... 2-5 الهدف من الاستبيان.....
151	..... 3-5 المشاركون في الاستبيان.....
151	..... 1-3-5 نوع الشركة.....
151	..... 2-3-5 طبيعة العمل في الشركة.....
152	..... 3-3-5 نوع المشاريع المنفذة.....
152	..... 4-5 اختبار صدق الاستبيان ومدى موثوقية البيانات.....
153	..... 5-5 تحليل نتائج الاستبيان.....
153	..... 1-5-5 مدى المعرفة بأنظمة BIM.....
154	..... 2-5-5 مدى استخدام الشركات لأنظمة BIM.....

155	.....BIM 3-5-5 الرغبة باعتماد أنظمة
157	.....BIM 4-5-5 الاستعانة بالمصادر الخارجية بالأعمال المتعلقة بأنظمة
158	.....BIM 5-5-5 مدى ملائمة تجهيزات الشركة لتطبيق أنظمة
159	.....BIM 6-5-5 الوسيلة الأفضل للتدريب لأنظمة
160	.....BIM 7-5-5 الميزات التي ترغب الشركة بإتقانها
161	.....BIM 8-5-5 الإنتاجية المفقودة خلال الفترة الأولى من تطبيق
163	.....BIM 9-5-5 برمجيات الأكثر استخداماً
164	.....BIM 10-5-5 أهم استخدامات أنظمة
167	.....BIM 11-5-5 أهمية BIM وفقاً لمراحل المشروع
168	.....BIM 12-5-5 ارتباط فائدة BIM بحجم المشروع
169	.....CAD 13-5-5 إمكانية استبدال أنظمة BIM بأنظمة
169	.....BIM 14-5-5 عوائق استخدام أنظمة
171	.....الفصل السادس : النتائج والتوصيات المستقبلية
172	.....1-6 أثر تطبيق أنظمة BIM على تخفيض استفسارات الجهة المنفذة وأوامر التغيير
174	.....2-6 أثر تطبيق أنظمة BIM على تقدير كلف البناء
175	.....3-6 تقييم مدى استخدام أنظمة BIM في مرحلتي التصميم والتشييد
176	.....4-6 التوصيات المستقبلية
179	.....المراجع المعتمدة
185	.....ملحق (1) الاستبيان باللغة العربية
186	.....ملحق (2) الشركات المشاركة بالاستبيان
187	.....قائمة بالمصطلحات العلمية
190	.....ملخص الأطروحة باللغة الإنكليزية

قائمة الأشكال

الصفحة	الشكل
6	الشكل (1-1) منهجية البحث.....
15	الشكل (1-2) علاقة BIM مع الجهات القائمة على دورة حياة المشروع.....
16	الشكل (2-2) المخطط الزمني لتطور BIM.....
19	الشكل (3-2) تطور عمليات وأدوات BIM مقارنة ب CAD.....
20	الشكل (4-2) أسلوب العمل بأنظمة CAD.....
20	الشكل (5-2) أسلوب العمل بأنظمة BIM.....
21	الشكل (6-2) أثر استخدام BIM على أطراف المشروع خلال دورة حياة المبنى.....
26	الشكل (7-2) استخدامات أنظمة BIM خلال دورة حياة المبنى.....
30	الشكل (8-2) تقسيم العمل إلى مراحل Phases.....
30	الشكل (9-2) تكوين النموذج 4D.....
31	الشكل (10-2) تحليل مدى تقدم العمل بمقارنة الخطة الأساسية مع الجدول الزمني الفعلي.....
37	الشكل (11-2) العناصر السطحية.....
38	الشكل (12-2) العناصر الذكية البارامترية.....
41	الشكل (13-2) النظام التقليدي لنقل المعلومات.....
41	الشكل (14-2) أثر التوافقية على نقل المعلومات.....
42	الشكل (15-2) مراحل تطور تبادل المعلومات بين برمجيات BIM.....
45	الشكل (16-2) المنهج الخطي.....
46	الشكل (17-2) المنهج الدائري.....
47	الشكل (18-2) النموذج التشاركي في العمل.....
55	الشكل (1-3) تأثير الكلفة لمنحني التصميم الأيسر.....
56	الشكل (2-3) ستاد الألعاب الأولمبية Beijing Olympic National Stadium.....
59	الشكل (3-3) مراحل العمل بطلب المعلومات من الجهة المنفذة وصولاً لأوامر التغيير والمطالبات.....
69	الشكل (4-3) العوامل المؤدية لإعادة العمل.....
73	الشكل (1-4) موقع مشروع سكن الأطباء والمرضات.....
73	الشكل (2-4) عناصر المشروع والموقع العام.....
74	الشكل (3-4) نموذج سير العمل.....
75	الشكل (4-4) عدم توصيف إكساء الطابق القبو والأرضي (واجهة AutoCAD).....
75	الشكل (5-4) عدم توصيف إكساء واجهات طوابق القبو والأرضي (واجهة AutoCAD).....
76	الشكل (6-4) عدم وجود واجهات للطابق البانورامي (واجهة AutoCAD).....

- 76 الشكل (7-4) إكساء الواجهات حجر بوشاردة (واجهة AutoCAD)
- 76 الشكل (8-4) إكساء الواجهات حجر نحيث مفرز (واجهة AutoCAD)
- 77 الشكل (9-4) جدول توصيف النوافذ (واجهة AutoCAD)
- 77 الشكل (10-4) النافذة D'2 في المسقط (واجهة AutoCAD)
- 77 الشكل (11-4) النافذة D'2 في جدول النوافذ (واجهة AutoCAD)
- 77 الشكل (12-4) النافذة D'2 في الواجهة (واجهة AutoCAD)
- 77 الشكل (13-4) النافذة D'2 في جدول أبعاد النوافذ (واجهة AutoCAD)
- 78 الشكل (14-4) النافذة F في المسقط و جدول توصيف النوافذ (واجهة AutoCAD)
- 78 الشكل (15-4) النوافذ الداخلية بدون توصيف (واجهة AutoCAD)
- 78 الشكل (16-4) تشابه وصف الأبواب المختلفة النوع (واجهة AutoCAD)
- 79 الشكل (17-4) عدم وجود توصيف لأنواع الأبواب (واجهة AutoCAD)
- 79 الشكل (18-4) الدرج في المسقط المعماري (واجهة AutoCAD)
- 79 الشكل (19-4) الدرج في المسقط الإنشائي (واجهة AutoCAD)
- 80 الشكل (20-4) إنزياح بالأعمدة في الطابق السابع (واجهة Revit)
- 80 الشكل (21-4) إنزياح بالأعمدة في الطابق العاشر (واجهة Revit)
- 80 الشكل (22-4) إنزياح بالأعمدة في الطابق السابع (واجهة AutoCAD)
- 81 الشكل (23-4) الظفر بلاطة هوردي سماكة 28 سم
- 81 الشكل (24-4) الظفر بلاطة مصمتة سماكة 14 سم
- 83 الشكل (25-4) الجوائز الطرفية قبل التعديل (واجهة AutoCAD)
- 83 الشكل (26-4) الجوائز الطرفية بعد التعديل (واجهة Revit)
- 84 الشكل (27-4) بروز الجوائز والبلاطة في الكتلة التاسعة (واجهة Revit)
- 84 الشكل (28-4) بروز الجوائز والبلاطة في الواجهة الشرقية (واجهة Revit)
- 85 الشكل (29-4) الفجوات بين الكتل (واجهة Revit)
- 85 الشكل (30-4) تحويل الجائر المتدلي إلى مقلوب (واجهة Revit)
- 86 الشكل (31-4) تضارب الجوائز مع النوافذ (واجهة Revit)
- 86 الشكل (32-4) تدلي الجيزان على الواجهة الشرقية (واجهة Revit)
- 87 الشكل (33-4) بروز الجائر على الواجهة المعمارية (واجهة Revit)
- 87 الشكل (34-4) بروز الجائر على الواجهة الزجاجية (واجهة Revit)
- 88 الشكل (35-4) تعديلات معمارية في الطوابق المتكررة (واجهة AutoCAD)
- 89 الشكل (36-4) تعديل بارتفاع الحصيرة البيتونية (واجهة AutoCAD)
- 90 الشكل (37-4) تخفيض البلوك في الواجهات
- 91 الشكل (38-4) إضافة Sky Light (واجهة AutoCAD)

	الشكل (4-39) عدم تطابق توضع الجوائز بين المخططات الإنشائية والمعمارية (واجهة
91	..... (AutoCAD
92	..... الشكل (4-40) زلق الجائز لسد الفجوة بين الكتلتين (واجهة AutoCAD)
92	..... الشكل (4-41) زلق الجائز لتحقيق التطابق (واجهة Revit)
93	..... الشكل (4-42) تعديل نموذج الحمامات في القبو (واجهة AutoCAD)
43	..... الشكل (4-43) إضافة غرف غسيل في الطوابق المتكررة (واجهة AutoCAD)
94	..... الشكل (4-44) البلوك المعزول
95	..... الشكل (4-45) الجدار المشترك بين المدخنة والدرج (واجهة Revit)
96	..... الشكل (4-46) مناسيب البناء التي تمثل مساقط البناء
97	..... الشكل (4-47) مستعرض برنامج Revit
100	..... الشكل (4-48) خصائص النافذة (واجهة Revit)
101	..... الشكل (4-49) جدول كميات النوافذ (واجهة Revit)
101	..... الشكل (4-50) جدول توصيف النوافذ (Legend) (واجهة Revit)
101	..... الشكل (4-51) الربط الآلي للعنصر (واجهة Revit)
102	..... الشكل (4-52) تخصيص workset خلال مرحلة التصميم
103	..... الشكل (4-53) نمذجة مبنى سكن الإطباء ببرنامج Revit
104	..... الشكل (4-54) Worksharing Window
104	..... الشكل (4-55) تقسيم عناصر البناء حسب التخصصات
105	..... الشكل (4-56) إنشاء نسخة محلية Local Copy
106	..... الشكل (4-57) المزامنة مع الملف المركزي Synchronize
106	..... الشكل (4-58) تحميل التحديثات ورؤية سجل النشاطات
107	..... الشكل (4-59) تحديد الصلاحيات للمستخدمين
107	..... الشكل (4-60) إستعارة العناصر
108	..... الشكل (4-61) تحديد العناصر التي ستخضع للتحقق من التضاربات
108	..... الشكل (4-62) آلية كشف التضاربات
109	..... الشكل (4-63) آلية عمل قاعدة البيانات المشتركة
116	..... الشكل (4-64) جزء من المخطط الزمني لمبنى سكن الأطباء والممرضات
121	..... الشكل (4-65) كميات البناء المحسوبة في برنامج Excel
121	..... الشكل (4-66) المخططات الالكترونية المستخدمة بحساب الكميات
122	..... الشكل (4-67) النموذج المعماري لمبنى سكن الأطباء ببرنامج Revit
122	..... الشكل (4-68) النموذج الإنشائي لمبنى سكن الأطباء ببرنامج Revit
123	..... الشكل (4-69) أدوات حساب الكميات schedule و material takeoff

123	..... الشكل (4-70) آلية استخراج الكميات
128	..... الشكل (4-71) تصنيف العناصر حسب المعيار الذي يحدده المستخدم
129	..... الشكل (4-72) استخدام الأداة Show ببرنامج Revit
129	..... الشكل (4-73) التمييز البصري للأساسات بإظهار الأساسات فقط من المبنى
130	..... الشكل (4-74) نموذج الطباعة للمشروع المعد يدوياً باستخدام برنامج Excel
130	..... الشكل (4-75) التصدير من Revit إلى Excel
131	..... الشكل (4-76) الجدران القصية في المبنى
134	..... الشكل (4-77) إدخال الحدود المتراكبة أكثر من مرة
134	..... الشكل (4-78) السهو عن ترميز بعض العناصر
135	..... الشكل (4-79) التحقق من العناصر باستخدام الأداة show
135	..... الشكل (4-80) حجب العناصر الخارجية للعنصر المحدد
137	..... الشكل (4-81) القواطع المعمارية بمبنى سكن الأطباء والمرضات
140	..... الشكل (4-82) الفتحات في المسقط
141	..... الشكل (4-83) الأبواب في جدول توصيف الأبواب في المساقط وفي جداول الكميات
141	..... الشكل (4-84) طرح ارتفاع الجوائز مرتين
142	..... الشكل (4-85) الاختلاف بمناسبة القواطع
142	..... الشكل (4-86) تقاطع الجوائز مع القواطع المعمارية
143	..... الشكل (4-87) السهو عن حساب تغطية أطراف الفتحات
143	..... الشكل (4-88) أداة section Box للتحقق البصري
145	..... الشكل (4-89) المبنى المدروس
145	..... الشكل (4-90) تصميم المشروع بالطرق الكلاسيكية
145	..... الشكل (4-91) تصميم المشروع باستخدام برنامج Revit
147	..... الشكل (4-92) متوسط عدد ساعات العمل للمستخدمين باستخدام CAD و BIM
153	..... الشكل (5-1) مدى المعرفة بأنظمة BIM
153	..... الشكل (5-2) مدى المعرفة بأنظمة BIM وفق طبيعة العمل
154	..... الشكل (5-3) مدى استخدام الشركات لأنظمة BIM
154	..... الشكل (5-4) مدى استخدام الشركات لأنظمة BIM
154	..... الشكل (5-5) النسب المئوية لعدد سنوات استخدام أنظمة BIM
155	..... الشكل (5-6) الرغبة باعتماد أنظمة BIM
155	..... الشكل (5-7) أسباب ودواعي اعتماد أنظمة BIM
156	..... الشكل (5-8) أسباب عدم الرغبة باعتماد أنظمة BIM
157	..... الشكل (5-9) مدى رغبة الشركة بالاستعانة بمصادر خارجية لتطبيق BIM

158	الشكل (5-10) النسب المئوية لمواصفات الأجهزة المتوجب تغييرها.....
158	الشكل (5-11) النسب المئوية لمواصفات الأجهزة المتوجب تحديثها.....
158	الشكل (5-12) النسب المئوية لمواصفات الأجهزة الملائمة لـ BIM.....
159	الشكل (5-13) التدريب ضمن مجموعة.....
160	الشكل (5-14) التدريب الذاتي.....
160	الشكل (5-15) التدريب بطريقة التعلم من شخص لشخص.....
161	الشكل (5-16) أهم ميزات BIM التي ترغب الشركة بإتقانها.....
162	الشكل (5-17) نسب الإنتاجية المفقودة خلال الفترة الأولى من تطبيق BIM.....
163	الشكل (5-18) علاقة إنتاجية المستخدم بتطبيق أنظمة BIM.....
163	الشكل (5-19) البرمجيات الأكثر استخداماً لأنظمة BIM.....
164	الشكل (5-20) عوامل اختيار البرمجيات.....
165	الشكل (5-21) أهم استخدامات أنظمة BIM.....
165	الشكل (5-22) أهم فوائد أنظمة BIM.....
167	الشكل (5-23) أهمية أنظمة BIM خلال مرحلة التخطيط.....
167	الشكل (5-24) أهمية أنظمة BIM خلال مرحلة التصميم.....
167	الشكل (5-25) أهمية أنظمة BIM خلال مرحلة التنفيذ.....
167	الشكل (5-26) أهمية أنظمة BIM خلال مرحلة الاستثمار.....
168	الشكل (5-27) علاقة الفائدة المكتسبة من استخدام BIM بحجم المشروع.....
169	الشكل (5-28) إمكانية استبدال أنظمة BIM بأنظمة CAD.....
170	الشكل (5-29) عوائق استخدام أنظمة BIM.....

قائمة الجداول

الصفحة	الجدول
61	الجدول (3-1) أنواع تقدير الكلف خلال مراحل المشروع.....
64	الجدول (3-2) الوظائف الإضافية المتاحة لتقدير الكلف.....
64	الجدول (3-3) برمجيات حساب الكميات.....
68	الجدول (3-4) أسباب إعادة العمل.....
110	الجدول (4-1) أثر أوامر التغيير واستفسارات الجهة المنفذة على الكلفة والزمن.....
125	الجدول (4-2) مدى توافر المعلومات المطلوبة لحساب الكميات ببرنامجي Revit و Excel...
126	الجدول (4-3) المقارنة بين أبعاد الأساسات المحسوبة في كل من برنامجي Revit و Excel..
127	الجدول (4-4) المقارنة بين مساحات وحجوم الأساسات المحسوبة في كل من برنامجي Excel و Revit.....
132	الجدول (4-5) مدى توافر المعلومات المطلوبة لحساب الكميات ببرنامجي Revit و Excel...
133	الجدول (4-6) المقارنة بين مساحات وحجوم الجدران القصية المحسوبة في كل من برنامجي Revit و Excel.....
138	الجدول (4-7) مدى توافر المعلومات المطلوبة لحساب الكميات ببرنامجي Revit و Excel...
139	الجدول (4-8) المقارنة بين مساحات وأطوال القواطع المعمارية في كل من برنامجي Excel و Revit.....
140	الجدول (4-9) نسبة الخطأ بحساب الكميات لكلا البرنامجين.....
146	الجدول (4-10) نتائج العمل المستقصة من المبنى المدروس.....
147	الجدول (4-11) نتائج العمل المستقصة من مشروع وردة مسار.....
151	الجدول (5-1) نسب الشركات المشاركة بالاستبيان.....
152	الجدول (5-2) طبيعة العمل المشاركون.....
152	الجدول (5-3) نسب أنواع المشاريع المنفذة.....

ملخص البحث

تواجه صناعة البناء انخفاض بمعدل الإنتاجية بمرحلة التشييد إذا ما قورنت بالصناعات الأخرى، ويعود ذلك بشكل رئيسي إلى سوء التخطيط والتنسيق وضعف التواصل بين أطراف المشروع . إن غاية هذا البحث هي دراسة إمكانية استخدام أنظمة نمذجة معلومات البناء (BIM) Building Information Modeling لرفع كفاءة مرحلة التنفيذ وذلك من خلال دراسة ثلاثة من مؤشرات الأداء الرئيسية key performance indicators القابلة للقياس وهي (نقص المعلومات بمرحلة التنفيذ Request For Information - أوامر التغيير Change Orders - تقدير كلف البناء Cost Estimating) وتطبيقها على حالة دراسية - مبنى سكن الأطباء والمرضات - وتحديد الفائدة المرجوة من ذلك. ووجدنا إرتفاع بمعدل إنتاجية البناء في حال تطبيق أنظمة BIM بسبب تخفيض حالات إعادة العمل والوقت المهدور الناجم عن ذلك وتلافي عدد كبير من نقص المعلومات المطلوبة في مرحلة التنفيذ وحل التضاربات، الأمر الذي أدى إلى تخفيض الكلفة وتلافي المشاكل التنفيذية قبل البدء بتنفيذ المشروع.

كما شمل البحث تقييم لمدى استخدام أنظمة نمذجة معلومات البناء في مرحلتي التصميم والتنفيذ من خلال تعميم استبيان استهدف شركات البناء داخل وخارج القطر العربي السوري بمعدل استجابة 55 مستجيب، وأظهرت النتائج أن أنظمة BIM رغم حداثة استخدامها ولكنها لاقت استحسان الكثير منهم لما لها أهمية في رفع كفاءة العمل من خلال تحسين التواصل بين جميع أطراف المشروع بمراحل مبكرة.

وعلى الرغم من وجود عوائق لاستخدام ممارسات BIM والتي تعزى لعدة أسباب أهمها ندرة الكوادر المؤهلة بهذا المجال إلا أن المستقبل القريب يعد باستخدام أنظمة BIM على نطاق واسع في صناعة البناء.

الفصل الأول

مقدمة عن فكرة البحث

1-1 مشاكل البحث

إن قطاع التشييد في معظم دول العالم هو من أكثر القطاعات تعقيداً وأقلها كفاءة من حيث الالتزام بالخطط المحددة مسبقاً لإنجاز البناء ضمن قيود (الوقت - الكلفة - الجودة) مقارنة بقطاعات الصناعات الأخرى كالسيارات والحواسيب وغيرها. ورغم الاختلافات الكبيرة بين طبيعة قطاع التشييد وتلك القطاعات إلا أن أصابع الانتقاد توجه دائماً إلى قطاع التشييد المعروف بكثرة تنوعاته ومشاكله.

إن السبب المنطقي لهذا كما وضحه علماء إدارة التشييد هو أن المشاريع الإنشائية تعتبر مشاريع مقيدة أي أن لها بداية ونهاية محددتان [12]. وفي تلك الفترة المحددة تتعاقد مجموعة من الشركات التي لها أهداف وروى مختلفة بشكل مؤقت للحصول على المنتج النهائي وهو المشروع سواء كان مبنى أو مصنع أو طريق بنية تحتية. ثم تنتهي هذه الشراكة مع انتهاء المشروع. وهذه البيئة المشتتة غالباً ما ينتج عنها الكثير من المشاكل والنزاعات قبل وأثناء وبعد تنفيذ المشروع [1]. وقد ظهرت العديد من الدراسات والمقالات التي تناولت هذه القضية وتسعى لإيجاد حل جذري لها من خلال تحسين كفاءة تنفيذ المشاريع وتقليل الهدر وزيادة الانتاجية بأقل كلفة أعلى جودة. ولكن مازالت التعغيرات التصميمية والتأخيرات وزيادة الكلف قائمة. فأين المشكلة إذاً؟

فيما يلي استعراض لبعض مشاكل مرحلتي التصميم والتنفيذ.

مشاكل مرحلة التصميم [12]

- ضعف التصور لدى مالك المشروع وبالتالي صعوبة فهم أو تخيل الشكل النهائي له وعدم الفهم الكامل لمتطلباته ورغباته في المراحل المبكرة، فيتم إصدار أوامر تغييريه Change Orders بشكل عشوائي وغير مدروس لإضافة أو إزالة جزء من المشروع مما يترتب عليها من زيادة أو نقصان في المواد المستخدمة إضافة إلى تغيرات في المخططات. الأمر الذي يؤدي إلى تأخير وزيادة الوقت والتكلفة المحددة للمشروع.
- تدني كفاءة عملية تقدير الكلف لعدة أسباب ومنها الحصر شبه اليدوي لكميات البناء. مما يترتب عليه عدم الدقة وارتفاع نسبة الخطأ والسهو.
- عدم الدقة في تحديد الزمن الكلي للمشروع بسبب أن عملية التصميم تتم بمعزل عن مرحلة الجدولة الزمنية.
- عدم وجود آلية كفوء تضمن التنسيق بين المخططات في حال حدثت تغيرات في التصميم.

مشاكل مرحلة التنفيذ [12]

- اعتبار المقاول آخر طرف يتم إدراجه في المشاريع الإنشائية، مما يترتب عليه إصدار عدد كبير من طلبات الإستفسار أثناء مرحلة التنفيذ أو مايسمى (Request For Information) وتعتبر كثرة طلبات الاستفسار مؤشراً واضحاً لأمرين.
 - افتقار التصميم لكافة المعلومات التي يحتاجها المقاول لتنفيذ المشروع.
 - ضعف خبرة المقاول في تنفيذ بعض أجزاء المشروع وخاصة المشاريع الحديثة والضخمة المعقدة وذات التقنيات العالية.
- ضعف التنسيق بين مختلف أعمال المشروع وخدماته وضعف قنوات الاتصال بين أطراف المشروع وبالتالي فإنه غالباً لا يتم اكتشاف نقاط التصادم والتداخل بين الأعمال إلا في مرحلة التنفيذ مما يترتب عليه زيادة في وقت المعالجة التي يمكن تجنبها مسبقاً والتي بدورها تؤثر على المدة الزمنية والكلفة الكلية للمشروع.

يشهد العالم تطوراً وتسارعاً في شتى المجالات حيث تستخدم تقنيات حديثة وتكنولوجيا متطورة لم تكن مستخدمة سابقاً , وقد ساهمت في تسريع عمليات الإنتاج وتطوير كفاءة المنتجات المستخدمة والتي تلائم متطلبات السوق. وإذا أسقطنا ذلك على قطاع التشييد فإن طبيعة المشاريع الإنشائية الحديثة بلا شك تختلف كثيراً عن طبيعة المشاريع في الماضي, وإن متطلبات المشاريع الحديثة أصبحت أكثر تعقيداً مما كانت عليه في السابق وبالتالي يجب تبني التقنيات الحديثة التي تلائم المشاريع الحالية.

1-2 فرضية البحث

إن عملية التصميم تعتبر من العمليات التفاعلية، والتي تتطلب عدة مدخلات من تخصصات مختلفة بمستويات مختلفة من المعرفة والخبرة. وعلى الرغم من أن هؤلاء الأشخاص يعملون بمدخلات مختلفة وبتصورات متباينة لسير عملية التصميم إلا أنهم يجب عليهم أن يتوصلوا لمجموعة منسقة من المخططات والموصفات والكميات بالتواصل الفعال والتنسيق فيما بينهم. وبالتالي فإن ضعف التواصل له تأثير سلبي على مخرجات عملية التصميم ينعكس من خلال نقص المعلومات اللازمة لعملية التنفيذ وعدم دقة الكميات المحسوبة بالإضافة إلى أوامر التغيير الناجمة عن الأخطاء والسهو وضعف التصور الحاصل أثناء مرحلة التصميم. وتلك التغييرات لها حصة كبيرة من مجمل التغييرات الحاصلة أثناء التنفيذ. إن استخدام الأنظمة التقليدية بواسطة مخططات CAD لا يضمن الوصول إلى حل مجدي لربط المخططات سواء التابعة للتخصص الواحد أو للتخصصات المختلفة فيما بينها أو ربطها بالمعلومات غير الرسومية (المواصفات - الكميات - الخصائص - الأسعار الخ) كونه يعتمد على إنشاء

مخططات متعددة لنفس المنشأ وتكون بمعزل عن الكميات والأسعار. وبالتالي لا تكون فعالة بالقدر المطلوب عند حدوث أي تغير وبالتالي يلجأ المستخدم لتحديث مجموعة كبيرة من المخططات والكميات المرتبطة بذلك التغير. الأمر الذي يستهلك الوقت الكبير والجهد ويكون عرضة للخطأ.

من ناحية أخرى فإن مفهوم نمذجة معلومات البناء طبق بواسطة برمجيات تستخدم تكنولوجيا العناصر الموجهة object oriented technology التي تقوم على إنشاء قاعدة بيانات مركزية تخزن فيها جميع مكونات المبنى (مخططات - كميات - مواصفات المواد ...) , فضلاً عن ترابطها وبالتالي مهما بلغت التغيرات فإنها تنعكس تلقائياً على باقي المخططات . تقوم فرضية الباحث على تجنب نقص المعلومات المطلوبة للتنفيذ وأوامر التغيير الناجمة عن الأخطاء والسهو وضعف التصور ورفع كفاءة عملية تقدير كلف البناء من خلال استخدام النمذجة البارامترية Parametric Modeling لتنسيق التغيرات بين مختلف عناصر البناء إضافة لتوفير تحقق بصري يتيح لكل أفراد المشروع وخاصة المالك من التجول والاطلاع على مكونات النموذج الإلكتروني الافتراضي من خلال قاعدة بيانات غنية بكافة مكونات ومعلومات البناء. وبالتالي يجب التحقق من مدى فعالية هذه الفرضية ومعرفة مدى استخدام أنظمة نمذجة معلومات البناء BIM في تخفيض أوامر التغيير الناجمة عن الأخطاء والسهو وتلافي نقص المعلومات اللازمة لعملية التنفيذ ورفع كفاءة عملية تقدير الكلف.

1-3 أهداف البحث ونطاق العمل به

يهدف البحث إلى دراسة إمكانية استخدام أنظمة نمذجة معلومات المباني BIM لرفع كفاءة مرحلة التنفيذ من خلال دراسة ثلاثة من أهم مؤشرات الأداء القابلة للقياس على حالة دراسية وتحديد الفائدة المرجوة من ذلك. وتم تحديد مؤشرات الأداء الرئيسية بالاعتماد على المراجعة العلمية للأبحاث السابقة ويتلخص ذلك بما يلي:

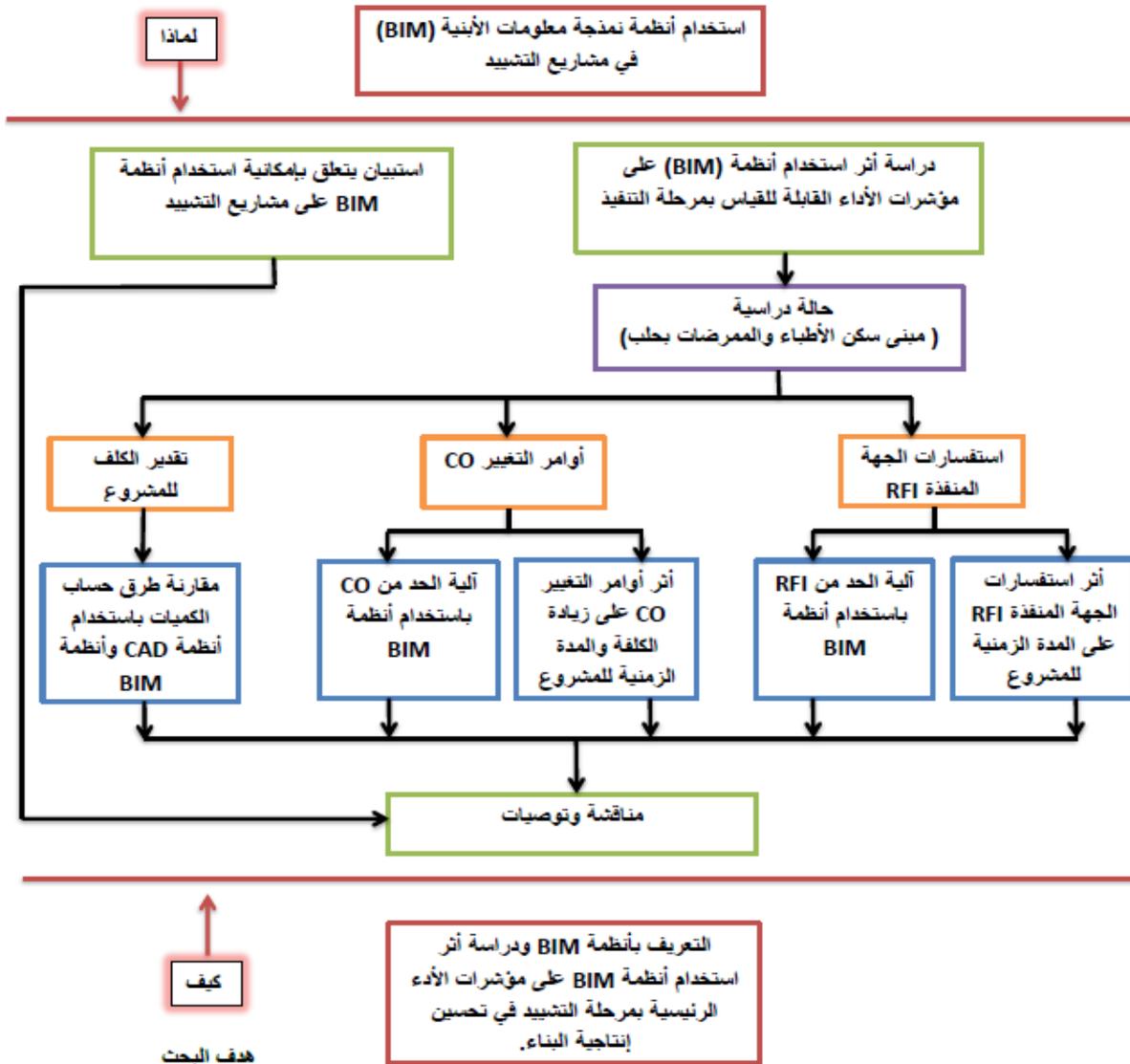
1- الحد من نقص المعلومات اللازمة للجهة المنفذة (Request for Information) وأوامر التغيير (Change Orders) وتفاديها كونها تقطع سير العمل وتؤدي إلى زلق المهام وتؤخر زمن المشروع عن ما هو مخطط له وبالتالي كما تؤدي إلى زيادة في الكلفة الكلية، الأمر الذي يؤدي إلى نشوء المطالبات. ويتم ذلك من خلال البحث بأثر تلك المؤشرات ودراستها على حالة دراسية (مبنى سكن الأطباء والمرضات - جامعة حلب) كما يلي:

- القياس الكمي للمعلومات اللازمة للجهة المنفذة ولأوامر التغيير الناجمة عن الأخطاء والسهو وضعف التصور البصري الذي يتيح لأطراف المشروع استعراض مكونات المبنى.
- تحديد مدى استخدام مفهوم النماذج البارامترية ثلاثية الأبعاد 3D parametric building model بتخفيض أوامر التغيير وتفادي النقص بالمعلومات اللازمة لعملية التنفيذ.

- 2- رفع كفاءة عملية تقدير كلف البناء خاصة عند حصول تغيرات بالتصميم وعند تقييم البدائل المختلفة, وذلك من خلال إجراء مقارنة بين الأنظمة الحالية المتبعة وأنظمة نمذجة معلومات البناء Building Information Modeling والمستخدم فيها الحالة الدراسية كنموذج للتطبيق.
- 3- البحث بمدى انتشار استخدام أنظمة BIM خلال مرحلتي التصميم والتنفيذ بين مختلف أطراف المشروع واستقراء ذلك من خلال مشاركة رأي مستخدمي أنظمة BIM على مشاريع فعلية منفذة بتعميم استبيان شمل تطبيق أنظمة BIM خلال مرحلتي التصميم والتنفيذ.

1-4 منهجية ومراحل البحث

تتلخص منهجية البحث بالشكل (1-1) الموضح أدناه.



الشكل (1-1) منهجية البحث

1-5 أدوات البحث

تم اختيار أدوات بحثية تتوافق مع منهجية العمل وتعززه وهي :

الدراسة النظرية

أجرى الباحث مراجعة علمية للوصول لمستوى من الرضا والثقة بأهمية وفائدة هذا البحث , وذلك من خلال تقديم عدة دراسات سابقة من قبل باحثين تناولوا موضوعات متعلقة بأنظمة نمذجة معلومات البناء ومناقشة طرق إدارة التغييرات الحاصلة أثناء مرحلة التنفيذ . إن الخلفية العلمية عن نمذجة معلومات البناء كان مصدرها مايلي:

- الاطلاع على عدد من المنشورات والكتب التي تناولت موضوع أنظمة BIM.
- الاطلاع على الأبحاث والمقالات المنشورة والتي تمت بصلة لأنظمة BIM.
- إتقان حزمة برمجيات BIM واختيار الأنسب منها بما يتوافق مع سير البحث.
- حضور دروس تعليمية online عبر الانترنت تتناول أنظمة BIM.

حالة دراسية (مبنى سكن الأطباء والمرضات - جامعة حلب)

أخذت الحالة الدراسية الحيز الأكبر من العمل البحثي كونها الأداة المثالية لتحري مشاكل المشاريع الهندسية وتؤدي إلى فهم أفضل حول المشكلة وكيفية حلها والاعتبارات المستقبلية الواجب أخذها. حيث قام الباحث بتطبيق أنظمة BIM على الحالة الدراسية باستخدام أحد برمجيات BIM (برنامج Autodesk Revit™) والمقارنة بين المخططات الناتجة عن برنامج Revit والمخططات الأساسية المصممة بواسطة برنامج AutoCAD . الهدف من تلك المقارنة تحديد ما إذا كان استخدام أنظمة BIM من شأنه رفع معدلات إنتاجية البناء من خلال مؤشرات أداء الإنتاجية القابلة للقياس الكمي (نقص المعلومات اللازمة لعملية التنفيذ - أوامر التغيير - تقدير كلف البناء) في المشروع أم لا.

قد تم اختيار مبنى سكن الأطباء والمرضات الذي هو قيد الإنشاء بجامعة حلب - سوريا كحالة دراسية لهذا البحث. وقد تم اختياره كونه مشروع ضخم ويحتوي عناصر متنوعة وقد خضع لتعديلات كثيرة وكون البيانات والمعلومات متاحة للباحث . حيث أنه كان من المتوقع وجود تنسيق كبير بين أطراف المشروع وكان هناك كم كبير من المعلومات التي يجب أن تكون متاحة خلال دورة حياة المشروع لإنجاحه. وكان هناك عدة أوامر تغيير

ناجمة عنه بسبب الأخطاء في التصميم والسهو وضعف التصور وعدم التنسيق السليم بين المخططات التابعة لنفس التخصص أو التخصصات ككل فيما بينها.

وقد تمت دراسة المخططات والكلف والجدول الزمني بعناية وتحليلها عن طريق تحديد التاريخ الفعلي لبداية النشاط بالمخطط الزمني وفق المسار الحرج وتاريخ النهاية الفعلية المتأخرة والمقارنة مع المخطط الزمني الأساسي واستخراج أزمته التأخير. أما الكلف الناجمة عن أوامر التغيير فقد تم الحصول عليها من إضبارة المشروع والمراسلات المرسلة من الجهة المنفذة وذلك خلال لقاءات مع الجهة المنفذة.

من خلال هذه الحالة الدراسية تم إجراء المهام التالية:

- ✓ جمع مخططات الأوتوكاد للمشروع.
- ✓ تحديد مخطط سير العمل وطريقة تبادل معلومات التصميم للوصول إلى التضاربات المنشودة.
- ✓ تحديد تغييرات التصميم الناجمة عن الأخطاء والسهو وضعف التصور والمعلومات المطلوبة للجهة المنفذة.
- ✓ تحديد أسباب نشوء التغييرات التصميمية.
- ✓ تحليل أوامر التغيير واستفسارات الجهة المنفذة وتحديد أثرها على الكلفة والزمن.
- ✓ نمذجة الحالة الدراسية وتحديد المشاكل التي كان لها الأثر الأكبر على الكلفة والزمن من خلال
 - تحديد قدرات أنظمة BIM بإدارة ونقل المعلومات بين مختلف أطراف المشروع.
 - مقارنة النتائج مع طرق العمل الفعلية المستخدمة على الحالة الدراسية.

إضافة لمقارنة كميات البناء المحسوبة بواسطة برنامج Excel مع الكميات المحسوبة بواسطة برنامج Revit من خلال عدة معايير طورها الباحث لأنواع مختلفة من عناصر البناء.

الاستبيان

أجرى الباحث استطلاعاً للتحقق من صحة فرضية البحث وكخطوة داعمة للسعي وراء المعلومات الواقعية حول استخدام أنظمة BIM. وقد قدمت الدراسة الاستقصائية ردود الفعل من العاملين في صناعة البناء محلياً وعربياً. وتم توزيعها داخل وخارج القطر للشركات الكبرى التي تعنى بتطوير صناعة البناء عن مقابلات ممنهجة أو طريق البريد الإلكتروني وذلك بالبدء بموجز عن البحث والتماس الرغبة بتعاون المشاركين وإعلامهم بهدف البحث.

كان الهدف الأساسي لإرسال الاستبيان هو ربط البيانات البحثية مع التجارب العملية حول استخدام أنظمة BIM. وكان معدل الاستجابة 55 مستجيب حيث أنه تم تعميم الاستبيان عن طريق الانترنت وإرساله إلكترونياً لعدة شركات داخل وخارج القطر، وقد تم التحليل الإحصائي للبيانات المجمعة باستخدام برنامج التحليل الإحصائي SPSS وتم عرض ومناقشة النتائج بالفصل الخامس.

6-1 دراسات سابقة

فيما يلي بعض الدراسات السابقة حول استخدام أنظمة BIM، مع العلم أن هناك عدد كبير من الدراسات تم ذكرها خلال سير البحث.

بحث ماجستير للباحث Xinan Jiang من جامعة Northeastern University -USA عام 2011 بعنوان :

Developments in Cost Estimating and Scheduling in BIM technology [2]

الهدف من البحث: عرض الجدولة الزمنية وعملية تقدير الكلف مع نموذج BIM ضمن الإمكانيات المتاحة ومعرفة التحسينات التي يمكن أن تطبق في المستقبل. واقتصر البحث على إجراء محاكاة للجدول الزمني 4D واستخراج جداول الكميات وربطها ببرامج تقدير الكلف 5D للحالة الدراسية المختارة باستخدام مخططات ذات مستوى منخفض من التفاصيل LOD. توصل الباحث للنتائج التالية:

تم الوصول إلى الكميات آلياً من خلال الربط بين نموذج BIM وبرنامج QTO™ مما يوفر الوقت والجهد للمسؤول عن تقدير الكلف. ومن ناحية أخرى انعكاس تغير التصميم مباشرة على الكميات من خلال الربط الآلي بينهما مما يساهم بتحسين آلية العمل.

إن الربط بين المخطط الزمني للمبنى والنموذج البارامترى ثلاثي الأبعاد ساهمت بتوضيح مخطط سير العمل خلال الزمن والمقارنة بين الجدول الزمني الفعلي والمخطط له.

بحث ماجستير للباحث Phuwadol Samphaongoen من جامعة Marquette University عام 2010 بعنوان :

A Visual Approach to Construction Cost Estimating[3]

الهدف من البحث: جعل عملية تقدير الكلف أبسط من خلال دمج تكنولوجيا المحاكاة المرئية. حيث يستطيع المسؤول عن تقدير الكلف من خلال التجوال الإلكتروني بالمبنى ورؤية العلاقات المكانية بين العناصر وترحيل الكميات من النموذج BIM إلى برمجيات تقدير الكلف.

تقوم منهجية البحث على مايلي:

- تطوير نموذج مرئي للمساعدة في عملية تقدير الكلف البصرية باستخدام Microsoft DirectX graphic library التي تساهم بتوفير المعلومات الرسومية وغير الرسومية .
- تطوير طرق التمكن من التنقل والتفاعل مع العناصر ضمن نموذج BIM باستخدام خاصية Walkthrough
- استخدام تكنولوجيا قاعدة البيانات لتخزين معلومات الكلف اللازمة لعملية تقدير الكلف.
- تطوير تطبيق يسمح بالربط المباشر بين أدوات تقدير الكلف والعناصر المنمذجة ببرمجيات BIM ضمن بيئة محاكاة تفاعلية تبسط عملية تقدير الكلف.

بحث دكتوراه للباحث PATRICK C. SUERMANN من جامعة FLORIDA University عام 2009
بعنوان :

EVALUATING THE IMPACT OF BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) ON CONSTRUCTION [4]

إن هدف البحث هو تقييم أثر تطبيق أنظمة BIM على إنتاجية البناء. واستخدام أنظمة BIM على المباني الحكومية - الفدرالية - بولاية فلوريدا وذلك وفقاً للمقاييس العامة المتعارف عليها من خلال الطرق النوعية مثل المقابلات المنهجية مع الأطراف ذات الصلة واستقصاء الرأي من خلال الاستبيانات وكذلك من خلال الطرق الكمية عن طريق تحليل معطيات حالة دراسية من خلال المقارنة بالمخرجات مع مشاريع مشابهة من حيث النطاق والحجم والوظيفة ومنفذة بالطرق التقليدية السائدة. حيث شملت المعايير المستخدمة لقياس درجة تأثير أنظمة BIM مايلي: (استفسارات المقاول - أوامر التغيير - الامتثال للجدول الزمني - التأخيرات الزمنية - معدلات الإنتاجية للبناء - متغيرات المشروع), وتضمن البحث مايلي:

- قياس أثر استخدام أنظمة BIM خلال مرحلة التصميم وانعكاسها على مرحلة التنفيذ.
- تحديد نوع المعلومات التي تدخل بعملية التوافقية بين مختلف التطبيقات ولأي مستوى يمكن استخدامها.
- قياس درجة تأثير BIM على مرحلة التنفيذ.
- دراسة الفوائد القابلة للقياس من خلال الاستثمار في تكنولوجيا أنظمة معلومات البناء من قبل أصحاب المشاريع
- اقتراح أداة للتحقق من جودة البيانات المدخلة والمستخدمة مستقبلاً لتحسين الإنتاجية باستخدام أدوات .BIM

بحث ماجستير للباحث Mehmet F. Hergunsel من جامعة WORCESTER POLYTECHNIC
 INSTITUTE عام 2011 بعنوان:
 BENEFITS OF BUILDING INFORMATION MODELING FOR CONSTRUCTION
 MANAGERS AND BIM BASED SCHEDULING[40]

إن هدف البحث هو فهم استخدامات ومنافع أنظمة BIM لمدراء المشاريع الهندسية واختبار نموذج المبنى الإلكتروني رباعي الأبعاد بالربط مع المخطط الزمني. وكانت منهجية البحث كمايلي:

- تحديد الاستخدامات الحالية لأنظمة BIM بصناعة البناء والوصول إلى فهم مدى فائدة نموذج BIM من خلال مفهومي "build to design" و "design to build" واللذان يستخدمان من قبل مدراء المشاريع الهندسية ضمن إطار أنظمة تسليم المشاريع الهندسية والمخاطر المرافقة لها.
 - التركيز على تحليل النموذج الإلكتروني وربطه بالمخطط الزمني.
- وقد أجرى الباحث المراجعة العلمية المرتبطة بالبحث واختار عدة حالات دراسية لتوثيق نتائج البحث وقام بإجراء مقابلات ممنهجة. وقد عرف الباحث أهم استخدامات أنظمة BIM خلال مراحل (قبل التنفيذ - أثناء التنفيذ - بعد التنفيذ). وقد خصص الباحث بالدراسة العملية أثر أنظمة BIM على مرحلة التنفيذ من خلال التحري والاختبار على عدة حالات دراسية. ومن ثم تم إنشاء نموذج 4D من خلال دمج النموذج ثلاثي الأبعاد بالجدول الزمني. وأخيراً انتهى البحث بتحليل استخدامات BIM في المراحل آنفة الذكر من خلال عرض أهم الفوائد والعوائق لأنظمة BIM وتضمن مايلي:
- أهم الفوائد المذكورة:

- رفع الإنتاجية من خلال تلافي التكرار واستثمار النتائج المرحلية.
- تطوير عملية التنسيق من خلال الربط الأوتوماتيكي بين مخططات المشروع من خلال النموذج ثلاثي الأبعاد وبالتالي تتضح مباشرة التضاربات بين أطراف المشروع عن طريق الربط بين التخصصات المختلفة.
- الحد من الهدر الذي قد يهدد المشروع والحد من التأخير في تسليم المشروع وبالتالي عدم تجاوز الميزانية المسموحة.
- تقليل الكلفة على المدى الطويل (حيث وجد الباحث أن نسبة الوفر قد تصل إلى 10%-20% من كلفة المشروع الإجمالية).

أما عن أهم العوائق المذكورة فكانت كما يلي:

- عدم وجود الخبرات الكافية والنقص في الكوادر المدربة والدورات التأهيلية.

- أنظمة غير شائعة الاستخدام بعد وغير مطلوبة من قبل الجهات المالكة.
- الكلفة الكبيرة نسبياً لأنظمة BIM, حيث وجد الباحث أن تكلفة الاستثمار الأولى تكون كبيرة نسبياً مما قد يشكل مخاوف بعدم تلافي تلك الكلف بالعائد على الاستثمار.
- غياب التشريعات المؤدية إلى استخدام أنظمة BIM في كافة مراحل المشروع وبين جميع أطرافه إضافة إلى غموض توزيع المهام والمسؤوليات.

بحث ماجستير للباحث Edwin Anthony Perkins من جامعة FLORIDA عام 2007 بعنوان:

BUILDING INFORMATION MODELING IMPLEMENTATION IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY[46]

وضح الباحث أهمية تطبيق أنظمة BIM في الولايات المتحدة الأمريكية سيما أنها أصبحت مطلب أساسي بالعمل وتوالت الضغوط على الشركات الهندسية لتطبيق تلك الأنظمة. وبين الباحث أن الطلب الأكبر لتطبيق BIM يعود للجهات المالكة التي هي بحاجة لأسلوب عمل كفوء وتكنولوجيا متطورة تدعم مراحل التصميم والتنفيذ والاستثمار والصيانة. وقد استخدم الباحث أبحاث سابقة للباحثين M.E. Rinker, Sr. Hall لإيجاد مدى استخدام أنظمة BIM وفوائدها من وجهة نظر المقاولين.

إن هدف البحث هو إنشاء مرجع معتمد والذي يعتبر دليل يستخدم من قبل الجهات المنفذة لتسهيل تطبيق BIM وتوجيههم بالشكل الأمثل. وتناول البحث جميع فوائد أنظمة BIM للمقاولين مع الإشارة إلى المخاطر والعوائق المحتملة من الاستخدام وسبل علاجها. كما ناقش الباحث التوجهات المستقبلية لأنظمة BIM داعماً ذلك من خلال أمثلة عن التطبيقات التي من الممكن أن تواكب أنظمة BIM وتكون مفيدة خاصة بموقع العمل. إن الدليل أو المرجع المعتمد الذي قام الباحث بإنشائه يتكون من أربع محاور أساسية وهي:

- 1- ماهي أنظمة نمذجة معلومات المباني.
 - 2- كيف يمكن للجهات المنفذة الاستفادة من تلك الأنظمة.
 - 3- ماهي العوائق المحتملة الحدوث لتجنبها الجهات المنفذة مسبقاً.
 - 4- آلية تطبيق أنظمة نمذجة معلومات المباني.
- وقام الباحث بالبحث بأهم استخدامات وفوائد وعوائق أنظمة BIM بالطرق النوعية من خلال استبيان استهدف الشركات المعنية باستخدام أنظمة BIM, كما قام بالبحث بالطرق الكمية من خلال إيجاد أثر أنظمة BIM على مرحلة التنفيذ والفوائد العائدة منها على المقاولين.

بحث ماجستير للباحث Yoosef Asen من جامعة Concordia, Canada عام 2012 بعنوان:

Building Information Modeling Based Integration and Visualization for Facilities Management [50]

وضح الباحث الوسائل المتاحة لإدارة المرافق بعد إنتهاء مرحلة التنفيذ, وبين كفاءة الأنظمة إدارة حوسبية لصيانة المبنى (CMMSS) Computerized Maintenance Management Systems. والتي تركز على إدارة المرافق بصورة مستقلة كجرد الممتلكات وطلبات العمل وإدارة الموارد, الأمر الذي يؤدي إلى عدم توفر الوظائف الضرورية لتحليل وجمع البيانات للمشروع. لذا هناك حاجة لوسائل تعمل على ربط المرافق والقدرة على تحليلها والمساعدة في حل مشاكل البناء وصيانتها أثناء فترة الاستثمار. وقد وضح الباحث أهمية أنظمة نمذجة معلومات البناء بتحسين كفاءة إدارة المرافق (FM) Facilities Management من خلال المشاركة والتبادل لمعلومات البناء بين التطبيقات المختلفة خلال دورة حياة المشروع.

إن هدف البحث هو دمج بيانات إدارة المرافق من مصادر مختلفة مثل أنظمة الإدارة الحوسبية لصيانة المبنى وأنظمة BIM من خلال إضافة بيانات الصيانة وإدارة المرافق إلى قاعدة بيانات أنظمة BIM. حيث أن هذا الدمج يضمن تعريف العلاقات المنطقية والمكانية بين العناصر ويعطي علاقات تأثير المسببات المحتملة الحدوث كمشاكل تقنية بالمبنى من خلال تحليل نموذج BIM والتحقق البصري من ذلك. مما يسهل حل المشكلة في حال حدوثها وبالتالي رفع كفاءة مرحلة الصيانة والتشغيل. كما تضمن البحث مقترح لربط أنظمة الإدارة الحوسبية لصيانة المبنى وأنظمة BIM والفيديوهات والمخططات الزمنية باستخدام تقنيات دمج التصور الحقيقي للمبنى وذلك لاسترجاع مراحل التنفيذ أو الترميم مع الزمن وآلية تسلسل تنفيذ المهام وعلاقة العناصر ببعضها البعض لتسهيل بذلك عمليات الصيانة والتحكم بالمرافق. وقد تم تطبيق المقترح على عدة حالات دراسية لاختباره وإيجاد الفائدة المرجوة منه. ويمكن تلخيص أهداف البحث كما يلي:

- 1- العمل على إدخال أنظمة BIM كأداة مفيدة وفعالة في تحسين عملية التشغيل والصيانة وإدارة المرافق بالإضافة إلى مراحل التنفيذ وذلك من نواحي الوقت والكلفة والجودة.
- 2- التحري حول إمكانية دمج أنظمة الإدارة الحوسبية لصيانة المبنى بقاعدة بيانات أنظمة BIM.
- 3- علاقات تأثير مسببات حدوث المشاكل التقنية من خلال تحليل نموذج BIM.
- 4- دمج التقنيات البصرية والمخططات الزمنية لاستعادة عملية البناء وتسلسل تنفيذ الأعمال وعلاقة العناصر ببعضها البعض.

من خلال الدراسات السابقة أنفة الذكر إضافة إلى مجموعة كبيرة من الأبحاث ذكرت خلال سير البحث وجد الباحث أهمية دراسة أنظمة BIM بشكل عام كونها حديثة العهد ولم يتطرق لها الباحثون بتوسع بعد وخلال مرحلة التنفيذ بشكل خاص كون تأثيرها هو الأكبر على المشروع من حيث الالتزام بالجودة والكلفة والزمن وبالتالي كانت المنطلق للبحث الحالي.

الفصل الثاني

أنظمة نمزجة معلوماً البناء

1-2 مقدمة

تعد منهجية " نمذجة معلومات البناء " من أحدث ما توصل إليه علم هندسة التشييد وهي عبارة عن منظومة متكاملة تشمل كل ما يتعلق بالمشروع وتضعه في قالب واحد . فهي تعتبر قاعدة بيانات مركزية تغذي جميع أطراف المشروع وتحتوي على كل مستندات المشروع سواء كانت مخططات أو مواصفات أو جداول كميات أو الجدول الزمني لتنفيذ أعمال المشروع. وتوفر للمستخدمين معلومات دقيقة ومنسقة ومتاحة خلال مراحل المشروع وجميع الوظائف اللازمة لإتمام المبنى من خلال نموذج افتراضي الكتروني يحاكي الواقع. وقد أصبحت تلك الأنظمة شائعة الاستخدام لأطراف المشروع خلال دورة حياته كالمالك والمصممون والمقاولون ومدراء المشاريع كما هو مبين بالشكل (1-2).

وتعتبر مرحلة التنفيذ من أهم مراحل المشروع من حيث الالتزام بالوقت والكلفة والجودة. سيظهر هذا البحث فوائد انظمة BIM خلال مرحلة التنفيذ بتوفير الوقت والكلفة.



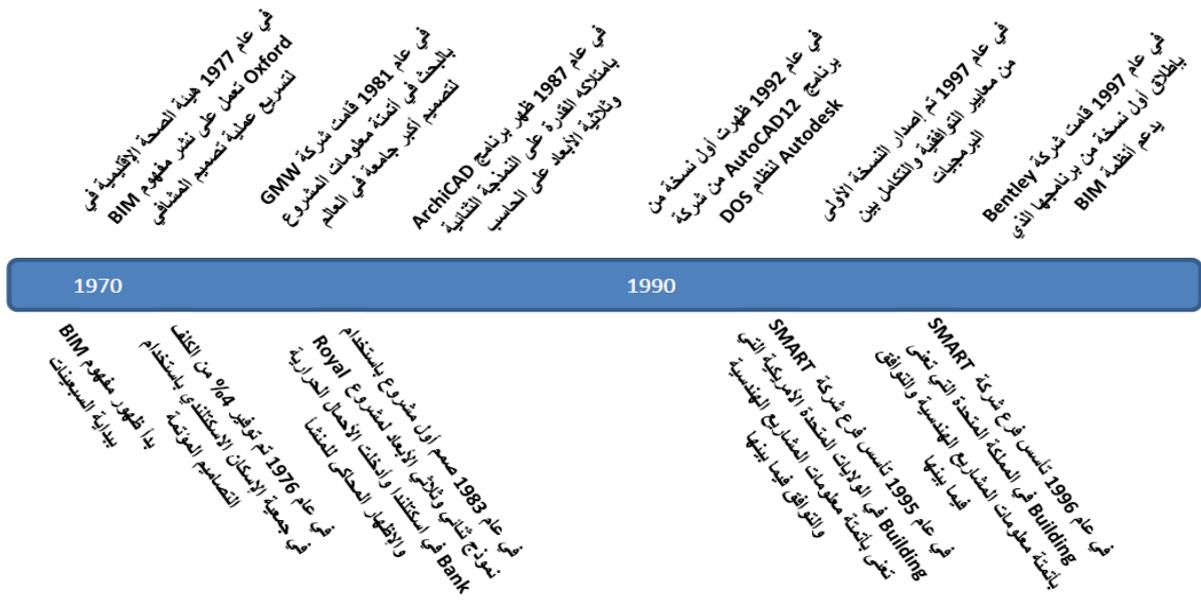
الشكل (1-2) علاقة BIM مع الجهات القائمة على دورة حياة المشروع [5] Source

2-2 نشأة وتطور أنظمة نمذجة معلومات البناء BIM

تم تطوير التصميم ثلاثي الأبعاد اعتماداً على النماذج الحية ثلاثية الأبعاد mock ups في أواخر السبعينات. وكان مفهوم النمذجة صعب الاستخدام بذلك الوقت كون مفهوم العناصر ثنائية الأبعاد هو الأكثر شيوعاً، إضافة إلى أن المعدات والتجهيزات الحاسوبية لم تكن مهيئة بعد لهذا النوع من النمذجة ولم تكن قوية كفاية لدعم الاحتياجات التشغيلية لبرامج النمذجة ثلاثية الأبعاد.

إن التصنيع الآلي والميكانيكي حفز ابتكار أدوات فعالة للنمذجة البارامترية القائمة على علاقة العناصر ببعضها البعض وتمثيلها والتغير بمكوناتها. منذ عام 1990 سارعت مهن الأشغال الميكانيكية إلى احتضان أدوات النمذجة لما لها فائدة في عملية التصنيع بإخراج النموذج بطريقة حرفية وفعالة جداً [6].

ومع الانفجار التكنولوجي والتقدم الحوسبي من خلال السرعة وسعة الذاكر، بدأ المصممون والجهات المنفذة بتبني تقنيات أنظمة نمذجة معلومات البناء لدمج مختلف عناصر البناء وتصويرها.



الشكل (2-2) المخطط الزمني لتطور BIM [7] Source

وفي العقد الأخير أصبحت أدوات النمذجة متاحة لصناعة البناء التي أصبح بمقدورها ربط العناصر بحيز فراغي متضمنة تلك العناصر كل المعلومات حول العنصر النمذج. حيث اكتسب مفهوم نمذجة معلومات البناء شعبية كبيرة خلال السنوات الأخيرة وأصبح يضاهي التقنيات الحالية. الشكل (2-2)



تتمة الشكل (2-2) المخطط الزمني لتطور BIM

3-2 مفهوم أنظمة BIM وتعريفها في صناعة البناء

تعرف اللجنة الدولية لمعايير أنظمة البناء The National Building Information Model Standard™ (NBIMS) نموذج معلومات البناء (BIM) Building Information Modeling على أنها " التمثيل الرقمي للخصائص الوظيفية والفيزيائية للمبنى [8]. ويعتبر مورد المعرفة التشاركية للحصول على معلومات المنشأ والتي تعتبر أساس لاتخاذ القرارات خلال دورة حياة المشروع اعتباراً من مرحلة التصور أو الدراسة التمهيديّة إلى مرحلة الهدم " ويشير هذا التعريف إلى البيانات المنظمة والتي تمثل المشروع بصورة الكترونية لكون أنظمة نمذجة معلومات البناء عبارة عن عملية وتقنية تستخدم لإنشاء النموذج الإلكتروني.

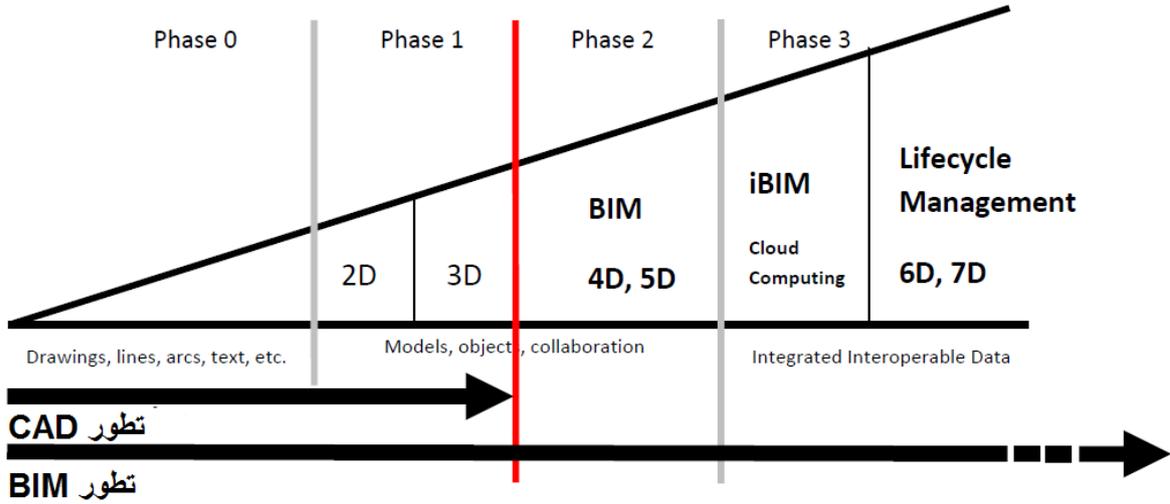
كما عرفت Graphisoft نمذجة معلومات البناء Virtual Building على أنها " العملية المؤسسية التي تسمح لجميع أطراف المشروع بالوصول إلى نفس المعلومات بنفس الوقت من خلال إمكانية التشغيل المتداخل أو العمل المشترك interoperability بين مختلف الأدوات التكنولوجية " [9].

كما عرف المعهد الأمريكي للمهندسين المعماريين (AIA) أنظمة BIM بوصفها إدارة معلومات المباني Building Information Management كما يلي " العملية التي توفر الفوائد التي تظهر جلية من خلال النموذج الإلكتروني، وتشمل مركزية المعلومات والتواصل البصري لعناصر المبنى والإستدامة وكفاءة التكامل بين مختلف التخصصات ومراقبة الجودة وتنظيم الموقع والحصول على مخططات تنفيذية أكثر دقة " [6].

ويقوم مبدأ أنظمة نمذجة معلومات البناء على أتمتة بيانات المشروع من عناصر المبنى وتقدير الكلف والمواسفات وكميات مواد البناء وتحليل الحمولات الحرارية وأنظمة التدفئة والتبريد والحمولات الإنشائية وغيرها

ضمن قاعدة بيانات مركزية. حيث أن عملية البناء بحاجة إلى توثيق كل المعلومات اللازمة بالطرق الأسرع والأسهل والتي تضمن الجودة بالمرجات وعدم تكرار الأعمال. وبالتالي فإن تعزيز استخدام النماذج الالكترونية في عمليات البناء يحمل وعوداً بتوفير الوقت والمال والحد من المطالبات ورفع إنتاجية البناء ولاسيما في المشاريع المعقدة والتي أصبح من الصعب السيطرة عليها بالطرق الحالية.

إن التمثيل الرقمي لنموذج BIM يزود بالمبنى بشكل افتراضي بجميع مكوناته وخصائصه. وبمجرد اكتمال النموذج نستطيع الحصول على المعلومات اللازمة لتحليل المنشأ وبنائه وربطه مع الزمن لنحصل على البعد الرابع 4D وربطه أيضاً مع الكلف لنصل على البعد الخامس 5D, ويستخدم النموذج أيضاً لإدارة المرافق خلال مرحلة الاستثمار 6D والذي يحتوي على جميع معلومات المشروع وخاصة التي تستخدم خلال مرحلة الاستثمار مثل بيانات المنتج والموردين والمصنعين والمعلومات اللازمة للصيانة والمواصفات للعناصر ومواصفات حول تفاصيل الآليات مثلاً والأعطال ومعلومات شركات الصيانة برباط مباشر أو على سبيل المثال برمجة مسارات تدفق المياه ضمن الأنابيب وتوجيهها إلى مسارات إحتياطية عند حدوث أي مشكلة وغيرها. أيضاً تم الوصول لتطبيق أنظمة المباني المستدامة صديقة البيئة (LEED) بالبعد السابع 7D ويتضمن أيضاً تحليل الحمولات الحرارية للمبنى واهتلاك المواد والاحتباس الحراري وغيرها من العوامل البيئية المحيطة بالمبنى وتسمى أيضاً Green BIM. وتم تطوير مفهوم الأبعاد بأنظمة BIM لتصل إلى الإحاطة بكل مراحل البناء خلال دورة حياته بأبعاد لانهائية nD [10][11] كما هو مبين بالشكل (2-3) لتطور عمليات وأدوات BIM مقارنة بأنظمة CAD. حيث كان التصميم بمساعدة الكمبيوتر (CAD) في الأساس تكراراً وأتمتة جزئية لعملية الصياغة اليدوية عندما كان يتم إعداد نسبة كبيرة من وثائق البناء والمخططات التنفيذية من خلال أجهزة الكمبيوتر بدلاً من أن تكون مرسومة على لوحات الرسم يدوياً. واستمر التطور مع إدخال التصميم الموجه بمساعدة الكمبيوتر. وبرزت الحاجة إلى جيل آخر من الحلول البرمجية المصممة بالتكنولوجيا الحالية لتحقيق كامل الاستفادة من الميزات التي توفرها تكنولوجيا أتمتة المعلومات لصناعة البناء. هذا الجيل القادم من البرنامج المرتكز على المعلومات توفره أنظمة BIM بدلاً أنظمة CAD.



الشكل (2-3) تطور عمليات وأدوات BIM مقارنة ب CAD [7] Source

4-2 النمذجة البارامترية (المعلمية) Parametric لعناصر BIM مقارنة بعناصر CAD

طورت امكانيات النمذجة ثلاثية الأبعاد بأدوات التصميم بمعونة الحاسب Computer Aided Design (CAD) ببداية عام 1980, ولكنها كانت مجرد تمثيل ثلاثي الأبعاد للمبنى بخطوط ودوائر ومستقيمات لا معنى لها وتفتقر إلى إمكانية إدخال خصائص ومكونات العناصر الفيزيائية. إضافة وجود هوة بين النموذج ثلاثي الأبعاد والمخططات ثنائية الأبعاد بسبب عدم الربط الآلي بينهم. لذا طور مفهوم أنظمة نمذجة معلومات المباني BIM لتعزيز فكرة النمذجة البارامترية والتي تعرف عناصر البناء على أنها عناصر محاكية للواقع بالأبعاد والخصائص والمواد المكونة لها.

وفيما يلي مقارنة بين هذين النموذجين

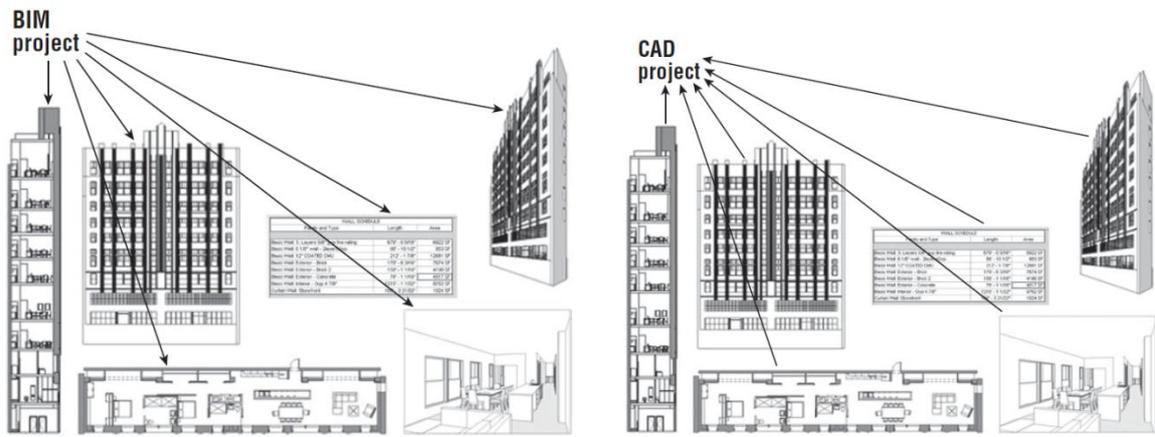
1-4-2 التصميم بمعونة الحاسب (CAD) Computer Aided Design

يقوم أسلوب العمل بأنظمة CAD على تمثيل عناصر البناء من خلال مخططات إلكترونية, حيث أن العناصر هي عبارة عن تجميع لخطوط وأقواس ودوائر لتنتج الشكل المطلوب. حيث أن العناصر تصنف بسهولة بواسطة طبقات بمختلف الخواص من لون وسماكة , فعلى سبيل المثال النوافذ موجودة بطبقة خاصة بها بلون خاص أيضاً لتميزها عن بقية العناصر.

ومن المعروف أن المخططات المعمارية تعتبر المنطلق لعمل بقية التخصصات, والتغيرات بها سيرافقها تغير بالمخططات الإنشائية والكهربائية والميكانيكية والصحية وغيرها. إضافة إلى تقدير الكلف والكميات والمخطط

الزمني. وباستخدام أنظمة CAD فإن كل تلك التغييرات ستجرى يدوياً لكل مخطط على حدة، الأمر الذي يستغرق وقتاً طويلاً ويكون عرضة للسهو والخطأ. على سبيل المثال الجدار المرسوم باستخدام أدوات CAD يمتلك طول وسماكة وارتفاع وإن أي تغير بأحد تلك الأبعاد يوجب المستخدم التغيير اليدوي لكل العناصر المرتبطة بذلك البعد بما فيها الكميات.

وبالتالي فإن المخططات بأنظمة CAD تعتبر كيانات مستقلة عن بعضها وتقع مسؤولية التعديل على المصمم حيث أن التعديل بأحدها يستوجب التعديل بالبقية فضلاً عن تعديل الكلف والكميات والمخططات الزمنية كما هو موضح بالشكل (4-2).



الشكل (4-2) أسلوب العمل بأنظمة CAD Source [5] الشكل (5-2) أسلوب العمل بأنظمة BIM Source [5]

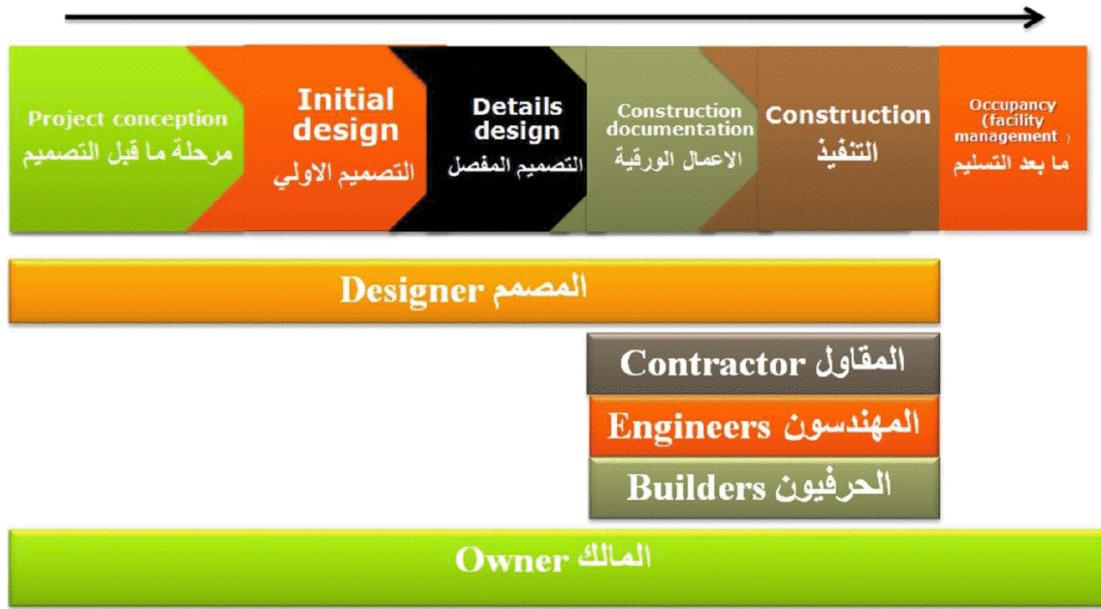
2-4-2 التصميم وفق مفهوم Building Information Modeling (BIM)

إن العناصر بمفهوم BIM تمثل من خلال بارامترات وقواعد لربط العناصر ببعضها. إن الكائنات تعرف بخصائصها الهندسية (طول - عرض - ارتفاع ...) وخصائصها الأخرى مثل المعلومات المكانية والجغرافية والمواد المكونة ومتطلبات الكود والأسعار والكميات والمصنع والمورد وغيرها من المعلومات غير الرسومية. حيث أنه لا يتم تمييز العناصر بالطبقات أو الألوان ولكن يتم تصنيفها كعناصر مسماة كالنوافذ ويمكننا التعرف على خصائص النافذة كالمواد المكونة والمواصفات والأبعاد والتفاصيل لها. والتي يمكن أن تعدل بسهولة من خلال تغيير القيم ضمن خصائصها بدل من محي وتعديل وتكبير وتصغير الخطوط والمنحنيات بالطرق التقليدية. حيث أنه تم تصنيف العناصر وفقاً لمواصفات معهد البناء (CSI) Masterformat أو Uniformat مع قواعد ناظمة لعلاقة العناصر فيما بينها [5]. وتلك القواعد تحدد آلية ربط العناصر أو مدى تقاربها أو توازيها أو تعامدها وتسمح بالتحديث الآلي لكل العناصر المرتبطة بالتغيير بالتصميم. وبالتالي يختصر جهد ووقت كبير ويقلل العرصة للسهو والخطأ التي غالباً ما تحدث بالطرق التقليدية وخاصة في المشاريع الكبيرة والمعقدة. فنجد أن

عملية الربط فعالة جداً لتلافي الأخطاء وتوفير الوقت والتنسيق بين المخططات ككل كما هو موضح بالشكل (5-2).

5-2 أهمية أنظمة BIM لأطراف المشروع

تعمل أنظمة BIM على تحقيق دعم عمليات البناء وتحقيق الفائدة لكل طرف من أطراف المشروع. ويبين الشكل (6-2) تأثير استخدام BIM على كل طرف من أطراف المشروع خلال دورة حياة المبنى .



الشكل (6-2) أثر استخدام BIM على أطراف المشروع خلال دورة حياة المبنى [12] Source

5-2-1 الجهة المالكة Owner:

إن أصحاب المشاريع يقيمون نجاح المشروع بتحقيق ثلاثة عوامل (الكلفة - الزمن - الجودة). وعند البحث بطرق تسليم مشاريع البناء وجد أن طريقة (Design-Build) هي الأمثل من حيث الالتزام بالمدة الزمنية وتخفيض الكلف والمطالبات [13].

أظهرت الدراسات تدني كفاءة عملية البناء من خلال عدم الالتزام بالعوامل الثلاثة. وبدراسة أجريت على مشاريع البناء بأستراليا أظهرت أن 67% من المشاريع تجاوزت الوقت المقدر للمشروع و22% منها لم تحقق الاحتياجات المطلوبة بما يصل إلى نسبة 10%. وبدراسة أخرى أجريت بالولايات المتحدة الأمريكية أظهرت بأن 45% من المشاريع تجاوزت الكلفة بنسبة 5%. وأيضاً بدراسة أجريت ببريطانيا بينت ان 26% من مشاريع البناء تجاوزت الكلفة والوقت المحدد بنسبة 5% [14].

وقد وجد إن أنظمة BIM تعمل على تقليص زمن إنجاز المشروع بشكل ملحوظ من خلال عدة دراسات وأبحاث ومنها البحث الذي قام الباحث Kaner [15] وذلك بإجراء دراسة على مشروع مصمم ومنفذ باستخدام أنظمة BIM والمقارنة مع طرق العمل التقليدية باستخدام الأنظمة الحالية، حيث أنه بواسطة أنظمة BIM تم تنفيذ أحد كتل المشروع خلال 23 يوم. وبالرجوع لطرق العمل التقليدية تم تقدير الوقت ب 35 يوم. أي أنه تم توفير مايقارب 33% من الزمن. حيث أن أنظمة BIM تعمل على تسريع عملية التصميم من خلال تلافي تكرار العمل ورفع سويته من خلال التعاون المثمر بين أطراف المشروع وبالتالي تلافي التضاربات ونقص المعلومات خلال مرحلة التنفيذ. الأمر غير الكفوء في طرق العمل التقليدية باستخدام المخططات ثنائية الأبعاد والتي يجب من خلالها إتباع خطوات عمل متسلسلة تكرارية.

ولتقييم المردود التخفيض في الكلفة الناجم عن استخدام أنظمة BIM، تم إجراء دراسة شاملة واسعة النطاق [15] شملت ست حالات مدروسة باستخدام أنظمة BIM والتي أنفقت جهود كبيرة في تقييم أداؤها باستخدام BIM وكانت النتائج على الشكل التالي:

- ارتفاع معدل إنتاجية العمال والتي ساهمت بوفر زمني وصل إلى 30% - 10%.
- انخفاض كبير بأوامر التغيير وطلبات الاستفسار من المقاول التي أصبحت شبه معدومة بسبب تخفيض التضاربات وتخفيض حالات إعادة العمل Rework.
- تخفيض الكلفة الكلية للمشروع بحوالي 7%.

وبالتالي فإن استخدام أنظمة BIM سيمكن أصحاب المشاريع من تحقيق مايلي [6]:

- ✚ تحليل ومقارنة التصاميم والبدائل المختلفة والمواد المستخدمة. وهذا سيمكن من تحسين عملية البناء وتقدير الكلف والأزمنة في وقت مبكر من المشروع.
- ✚ استخراج أوتوماتيكي لمعلومات المشروع التي تكون موثقة ودقيقة. على سبيل المثال كميات البناء المرتبطة بالعناصر المنمذجة وبالتالي تسمح للمالك برؤية التغييرات الخاصة به وانعكاسها المباشر على الكلفة في المراحل المبكرة وتأثيرها على الكلفة الإجمالية للبناء.
- ✚ تخفيض زمن المشروع، من خلال التنسيق بين المهام المختلفة ومخططات البناء المختلفة الأمر الذي يخفض من التضاربات بشكل كبير. حيث تساهم أنظمة BIM أيضاً بتخفيض زمن المشروع من خلال استخدام العناصر مسبقة الصنع على نطاق واسع بسبب الدقة بنموذج BIM مقارنة بأساليب العمل الحالية.

استخدام نموذج BIM خلال مرحلة الاستثمار وإدارة المرافق. وخلال عملية الصيانة للبناء وذلك من خلال العودة للنموذج وللموردين وتراكم عناصر البناء المختلفة. وباستخدام نموذج BIM خلال مرحلة تطوير التصميم يمكن المالك من توضيح آثار التعديلات المختلفة على البناء.

2-5-2 المصممون Designers:

إن استخدام أنظمة نمذجة معلومات البناء من قبل المالك يهدف بشكل أساسي للحد من الأخطاء والكلف غير المتوقعة والهدر. بينما يلجأ المهندسون المصممون إلى استخدام BIM غالباً للمشاريع الضخمة والمعقدة عندما لا يكون استخدام الأنظمة ثنائية الأبعاد أمر مجدي [15]. ومثال على ذلك مشاريع المصانع البتروكيمياوية والمشافي والمباني التجارية والهياكل المعدنية التي تحتاج إلى تنسيق وثيق لا توفره الأنظمة الحالية. وتعتبر مدينة دبي موطن لكثير من تلك المشاريع المعقدة والتي لا يمكن تصورها أو تصميمها عملياً دون اللجوء للنماذج البارامترية [16].

ويعتبر التدريب أمر مهم جداً لفريق التصميم. وتعلم الوظائف الأساسية للبرنامج لا يعني كفاءة الاستخدام لأنظمة BIM. وقد بينت الدراسات أن التدريب الجيد من شأنه رفع إنتاجية التصميم. مما يدل على أن معدل الإنتاجية خلال استخدام BIM يرتبط ارتباطاً وثيقاً بالتدريب الجيد [15].

وخلال دراسة لمحطة توليد كهرباء في ولاية وايومنغ بالولايات المتحدة الأمريكية تبين أنه باستخدام أنظمة BIM تم تخفيض ما يقارب حوالي 20% من المخططات والتي تحتاج إلى عدد من ساعات العمل والتكاليف الناجمة عن الطباعة والنسخ الورقية [17]. وأيضاً بدراسة أجريت على ثلاثة مشاريع مصممة بالأنظمة التقليدية تم دراستها بواسطة أنظمة نمذجة معلومات البناء. وجد أنه تم تخفيض ساعات العمل الهندسي وتوثيق المخططات بحوالي 58% لمشروعين كبيرين و 21% للمشروع الثالث الذي يعتبر الأصغر بينهم.

وبالنسبة للأعمال الكهربائية والميكانيكية الدقيقة فوجد أن أنظمة BIM تسمح للمعدات الدقيقة وأماكن توضع الأنابيب بتصويرها بوضوح وسهولة وإسقاطها على المخططات وبالتالي خفضت ساعات عمل العمال مرتين ونصف فيما لو استخدمت الأنظمة الحالية [17].

ونجد أن التوجه يزداد نحو تبني أنظمة BIM نظراً للمكاسب الكبيرة في الإنتاجية التي يحققها BIM، مع العلم أن هذا التبني قد يستغرق عدة سنوات. ومن المتوقع بأن نصف المهندسين سيكونون مستخدمين فعليين لأنظمة BIM بحلول عام 2018، وسيصل معدل الاستخدام إلى 80% بحلول عام 2018 [7].

وبالتالي فإن استخدام أنظمة BIM سيتمكن المصممون من تحقيق مايلي [6]:

زيادة جودة مخططات البناء. ومراقبة الجودة من خلال التحقق من صحة المخططات وعدم وجود تضاربات بين مختلف عناصر البناء.

القدرة على تحليل ومحاكاة البناء الأمر غير الممكن بالطرق الحالية.

التفاعل الكبير بين المصمم والمالك وتحقيق احتياجاته من خلال النموذج الذي يوضح المبنى وبصوره كما سينفذ بالواقع وبالتالي سيعزز ذلك من ثقة العملاء بالشركات المصممة، حيث أن المالك كما ذكر بالفقرة السابقة يحتاج لدراسة للبدائل المختلفة وتأثيرها على الكلفة والزمن وهذا ما سينجزه المصمم وبالتالي ستفتح أنظمة BIM آفاق جديدة وطرق عمل مختلفة لشركات التصميم.

تحسين صيانة المبنى بمرحلة ما بعد التنفيذ.

2-5-3 المقاولون Contractors:

غالباً ما يهتم المقاولون بتلافي إعادة العمل لأي سبب من الأسباب والذي من شأنه أن يضعف الإنتاجية ويزيد من كلفة المشروع.

ونجد أنه من خلال النماذج الذكية يمكننا زيادة القدرة على تنفيذ الأعمال المسبقة الصنع والكثير من عناصر المنشأ الممكن إنجازها خارج الموقع مما يزيد بمعدلات الإنتاجية الكلية لأنها تنجز ببيئة أكثر رقابة واستخدام المواد بدقة أكبر واستخدام آليات ومعدات أكثر تخصصاً وكفاءة.

ومن خلال التنسيق والتواصل بين أطراف المشروع بمراحل مبكرة من المشروع ، فقد قام المقاولون بالانخراط بعمليات التخطيط والتنسيق للأعمال الإنشائية والمعمارية والميكانيكية وبالتالي كشف الصراعات في النموذج (مثلاً تضارب الجوائز بأنابيب التهوية) وبالتالي تخفض أوامر التغيير بشكل ملحوظ [18].

كما أن ربط المنشأ ثلاثي الأبعاد بالزمن للحصول على البعد الرابع يمكن من تنظيم المشروع بشكل أكثر كفاءة من خلال تحديد أماكن توضع الآليات وحركة سيرها وتسلسل بناء العناصر وتلافي مشاكل موقع العمل.

وبتطبيق أنظمة BIM على مشاريع فعلية تم حصد النتائج التالية:

- في ملعب واشنطن الوطني تم إحصاء 100 استفسار من المقاول فقط بدلاً من 1000 استفسار في حال تطبيق الأنظمة التقليدية التي تنتج عادة عن هذا النوع من المشاريع. وتم تغيير 2% فقط من الهياكل المعدنية التي تصل عادة بالطرق الحالية إلى 10% بالنسبة لهذا النوع من المشاريع المشابهة بالحجم والوظائف والتعقيد [19] .

- عند بناء مصنع جنرال موتورز بمدينة Toledo, Ohio تم استخدام النموذج ثلاثي الأبعاد لكشف أعداد هائلة من التضاربات عن طريق العمل التشاركي بين مختلف المصممين وبوفر يصل إلى 3% - 5% من الكلفة الكلية نتيجة تلافي التضاربات.
- ارتفعت معدلات الإنتاجية بمشروع Camino MOB بولاية كاليفورنيا بالولايات المتحدة الأمريكية بحوالي 15% - 30% وقد انعدمت أوامر التغيير الناجمة عن التضاربات كلياً. و فقط تم احصاء اثنان من استفسارات المقاول بخصوص تنسيق وتنظيم الموقع [19].
- مشروع مول دبي بمدينة دبي بتنفيذ من شركة CCC نفذ باستخدام أنظمة BIM وخاصة لحساب كميات البناء تحضيراً لعملية تقدير الكلف والكشوف الشهرية والتي أدت إلى تحسين كفاءة العمل واستخلاص 95% من الكميات المحسوبة بشكل أوتوماتيكي. وتخفيض الكلفة الناجمة عن تلك العملية بحدود 65% [17].

إن أنظمة نمذجة معلومات البناء توفر للجهات المنفذة المعلومات المطلوبة فقط دون تحميل المخططات معلومات إضافية تجعل من الصعب قراءتها . حيث أن الكثير من البيانات له تأثير سلبي على مدى فهم المخططات كما هو الحال عند فقر المخططات من المعلومات اللازمة لعملية التنفيذ .

نجد أن استخدام أنظمة BIM يمكن المقاولون من تحقيق ما يلي [6]:

- ✚ الحصول على معلومات مفصلة لنموذج البناء, والتصور الكامل للبناء من خلال النموذج ثلاثي الأبعاد حيث أن النموذج يجب أن يحتوي على كافة عناصر البناء بكافة معلوماتها لتمكن المقاول من الحصول على أي كمية أو معلومة حول أي عنصر من عناصر البناء.
- ✚ الحصول على معلومات حول العناصر المؤقتة مثل القوالب المستخدمة أو المعدات التي تستخدم خلال مرحلة التنفيذ.
- ✚ كشف التضاربات خلال مراحل مبكرة من المشروع وتخفيض عدد الاستفسارات وأوامر التغيير بشكل ملحوظ.
- ✚ التحقق من تحليل البيانات التي انجزها المصمم الإنشائي مثل الحمولات الإنشائية وردود الأفعال وتراكيب الحمولات والعزوم الأعظمية وقوى القص وغيرها من البيانات المنجزة بواسطة فريق التصميم.
- ✚ تقييم وضع التصميم والبناء من خلال القدرة على المقارنة بين الخطة الموضوعية وبين التنفيذ الفعلي, حيث تمكن المقاول من المقارنة بين التصميم والتنفيذ والمشتريات.

6-2 استخدامات أنظمة BIM خلال مرحلة التنفيذ

إن الخطوة الأولى من وضع خطة تنفيذ أنظمة BIM هو تحديد استخدامات BIM اعتماداً على متطلبات فريق العمل والمشروع . والتحدي الأكبر هو تحديد الاستخدامات المجدية والأكثر ملائمة والتي تدل على مدى فائدة أنظمة BIM بحسب خصائص المشروع وأهدافه والمخاطر المحتملة . وهناك العديد من المهام المختلفة والتي يمكن أن تستفيد من استخدام أنظمة BIM بها وتشمل 25 استخدام وهي خلاصة مقابلات مع خبراء بصناعة التشييد [20] ومن خلال تحليل حالات دراسية والرجوع إلى المراجع. وقد حددت وأعطيت أهميتها من قبل

مجموعة باحثي دمج الحاسب بالتصميم الهندسي بجامعة بنسلفانيا بالولايات المتحدة الأمريكية The

The Pennsylvania State – Computer Integrated Construction Research Group

University موضحة بالشكل التالي :

PLAN	DESIGN	CONSTRUCT	OPERATE
Existing Conditions Modeling			
Cost Estimation			
Phase Planning			
Programming			
Site Analysis			
Design Reviews			
Design Authoring			
Energy Analysis			
Structural Analysis			
Lighting Analysis			
Mechanical Analysis			
Other Eng. Analysis			
LEED Evaluation			
Code Validation			
3D Coordination			
Site Utilization Planning			
Construction System Design			
Digital Fabrication			
3D Control and Planning			
Record Model			
Maintenance Scheduling			
Building System Analysis			
Asset Management			
Space Mgmt/Tracking			
Disaster Planning			

Primary BIM Uses
 Secondary BIM Uses

الشكل (7-2) استخدامات أنظمة BIM خلال دورة حياة المبني : Source [20]

وفيما يلي وصف لاستخدامات أنظمة BIM خلال مرحلة التنفيذ فيما يتعلق بمجال البحث. يتضمن كل وصف لمحة عامة عن استخدام BIM والفوائد المحتملة والكفاءات المطلوبة من فريق العمل:

2-6-1 نمذجة موقع البناء

Existing Conditions Modeling

الوصف

هي العملية التي يقترح من خلالها فريق المشروع نموذج البناء من شروط موقع البناء والمرافق المحيطة. ويمكن تطوير هذا النموذج بطرق متعددة: منها المسح بالليزر وتقنيات المسح التقليدية، اعتماداً على ما هو المطلوب وما هو الأكثر فعالية.

الفوائد من استخدام BIM في نمذجة موقع البناء

- توفر التحريات المترولوجية للاستخدامات المستقبلية (كل ما يتعلق بظروف الموقع العام)
- يوفر تمثيلاً دقيقاً من موقع البناء وما يحيط به من مرافق
- تصور مبدئي للموقع يفيد خلال مرحلة الدراسة الأولية للمشروع

الموارد المطلوبة

- برمجيات نمذجة معلومات المباني
- برمجيات الماسح الضوئي
- ماسح ضوئي ثلاثي الأبعاد
- معدات المسح التقليدية

الكفاءات المطلوبة للفريق

- معرفة بأدوات نمذجة معلومات البناء
- معرفة بأدوات الماسح الليزري
- معرفة بأدوات المسح التقليدية والمعدات
- القدرة على فلترة الكميات الكبيرة من البيانات التي يوفرها الماسح الليزري
- القدرة على تحديد مستوى التفاصيل المحتاجة
- القدرة على بناء نموذج ثلاثي الأبعاد أولي إما الماسح الضوئي ثلاثي الأبعاد أو من بيانات المسح التقليدي .

2-6-2 تقدير كلف البناء

Cost Estimation

الوصف

تستخدم برمجيات أنظمة BIM للحصول على الكميات الدقيقة لعناصر البناء وتقديرات التكلفة خلال دورة حياة المشروع. هذه العملية تسمح لفريق العمل معرفة تأثير التغييرات الخاصة بهم على كلفة المشروع خلال جميع

مراحله، والتي يمكن أن تساعد في الحد من التجاوزات المفرطة للميزانية بسبب التعديلات في المشروع.

الفوائد من استخدام BIM في تقدير كلف البناء

- تحديد الموارد المطلوبة بدقة
- الحصول على الكميات بسرعة للمساعدة على اتخاذ القرارات خلال مراحل مبكرة من المشروع.
- الحصول على تقديرات الكلفة بمعدل أسرع من الطرق الحالية خاصة للمالك وذلك خلال مرحلة التصميم وطول دورة حياة المشروع بما في ذلك التغييرات أثناء عملية البناء
- تمثيل بصري أفضل لعناصر المشروع من خلال التقنيات المرئية المتاحة العالية الجودة.
- توفير وقت المسؤول عن تقدير الكلف من خلال توفير وقت حساب الكميات.
- يسمح لمقدر التكلفة بالتركيز أكثر على أنشطة ومهام أخرى مثل تحليل كلف المخاطر، الأمر الذي من شأنه أن يؤدي إلى تقديرات كلفة عالية الجودة
- تطوير عملية تقدير الكلف من خلال إدخال الزمن كبعد إضافي مع الكلفة (5D) مما يساعد بتعقب مسار الكلفة خلال مرحلة التنفيذ.
- تمثيل كفاء للبدائل مع الأخذ بالاعتبار ميزانية المشروع.

الموارد المطلوبة

- برمجيات تقدير الكلفة
- برمجيات BIM
- بيانات الكلف (Uniformat data – Masterformat)

الكفاءات المطلوبة للفريق

- التمثيل الصحيح للبناء للحصول على كميات صحيحة.
- القدرة على استخراج الكميات بأي معيار مطلوب (المنسوب – النوع – المادة ...).
- القدرة على الربط بين المنشأ ثلاثي الأبعاد وبرامج تقدير الكلف.

3-6-2 التخطيط الزمني للمشروع

Phase Planning (4D Modeling)

الوصف

هي العملية التي يستخدم فيها النموذج ثلاثي الأبعاد مع إضافة الزمن كبعد رابع وذلك للتحقق البصري من تسلسل مراحل البناء ومتطلبات الموقع العام، وهو أداة تصور قوية وتؤدي إلى التواصل الفعال لفريق العمل بما فيهم المالك والتي توفر فهم أفضل لمراحل المشروع وخطة البناء. وقد تصل عدد المهام بالمشاريع الكبيرة إلى الآلاف، حيث أن زيادة عدد المهام يتناسب عكساً مع فهم المخطط الزمني.

الفوائد من استخدام BIM في التخطيط الزمني للمشروع

- توفر فهم أفضل للجدول الزمني وخاصة من قبل المالك والمشاركين بالمشروع وتمثيل المسار الحرج له.

- تنظيم أفضل للمشروع وتقديم حلول مباشرة لأي تضاربات بحركة الآليات والعمال وأماكن تخزين المواد والطرق المحيطة بالمشروع.
 - في الموقع قبل البدء بعملية التنفيذ.
 - دمج الموارد المادية والبشرية والمعدات بالنموذج ثلاثي الأبعاد لتخطيط زمني أفضل وتسعير أكثر جودة.
 - ترغيب الزبون من خلال القدرة على تمثيل العناصر مع الزمن والتجول بالمبنى الإلكتروني.
 - تحكم أفضل بالمشتريات.
 - زيادة الإنتاجية وتخفيض الهدر بأعمال الموقع.
 - التواصل بين أطراف المشروع, من خلال تصوير كافة مهام مرحلة التنفيذ. الأمر الذي يساهم بتواصل أطراف المشروع وفريق العمل بالموقع على حد سواء. وتوضيح آلية تنفيذ النشاطات المعقدة. وتلافي الأخطاء الممكن حدوثها بالمخطط الزمني من حيث منطقية تسلسل المهام أو السهو عن بعض منها.
 - تحليل مدى تقدم العمل من خلال مقارنة المخطط الأساسي مع المخطط الزمني الفعلي باستخدام UP-4D dated فيستطيع المستخدم تحديد ما إذا كان المشروع يسير ضمن الخطة الموضوعة أم لا.
- الشكل (2-10)

الموارد المطلوبة

- برمجيات التصميم
- برمجيات التخطيط الزمني للمشروع
- برمجيات ربط الزمن مع النموذج ثلاثي الأبعاد

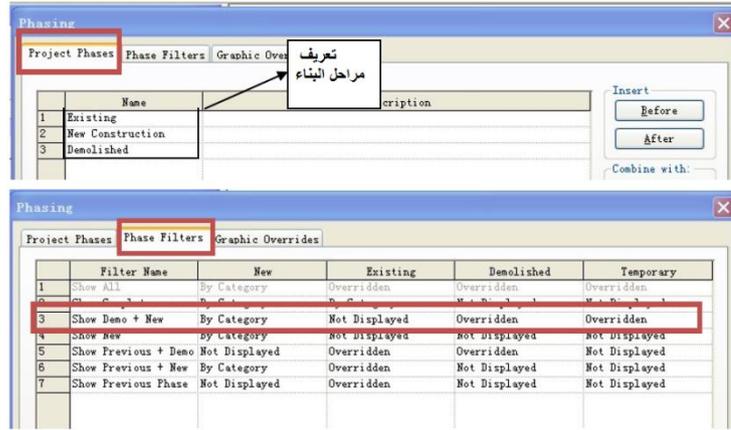
الكفاءات المطلوبة للفريق

- معرفة بعملية الجدولة الزمنية وعمليات المشروع ككل
- القدرة على التنقل والتحكم واستعراض النموذج ثلاثي الأبعاد
- معرفة ببرمجيات 4D واستيراد وإدارة الروابط للمهام المجدولة والتحكم بالمخرجات النهائية والتي هي عبارة عن فيديوهات توضيحية.

طرق ربط المخطط الزمني مع النموذج ثلاثي الأبعاد :

1- ميزات 4D الأساسية ضمن نفس البرنامج (3D Model).

تعتمد هذه الطريقة على تقسيم العمل إلى مراحل Phases من خلال إضافة مراحل البناء المختلفة ونسب العناصر إلى المراحل حسب تسلسل بنائها. ويمكن التحكم بخصائص كل مرحلة من خلال الإظهار أو الإخفاء. فمثلا يمكننا تعريف عدة مراحل منها المرحلة الحالية والمرحلة المستقبلية والمرحلة المؤقتة والمراحل السابقة ونقوم بتصميم العناصر اللاحقة للتنفيذ ونسبها إلى المرحلة المستقبلية وبالتالي نقوم بإخفائها والتحكم بها حسب المرحلة كما يبين الشكل (2-8):

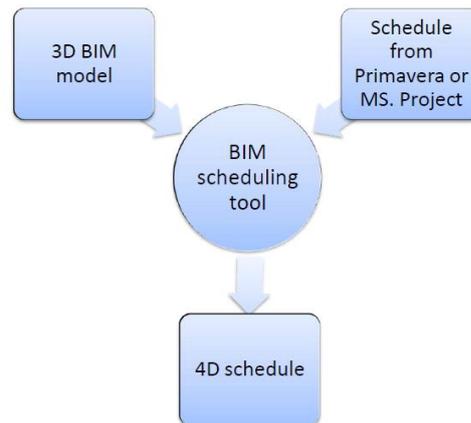


الشكل (8-2) تقسيم العمل إلى مراحل Phases

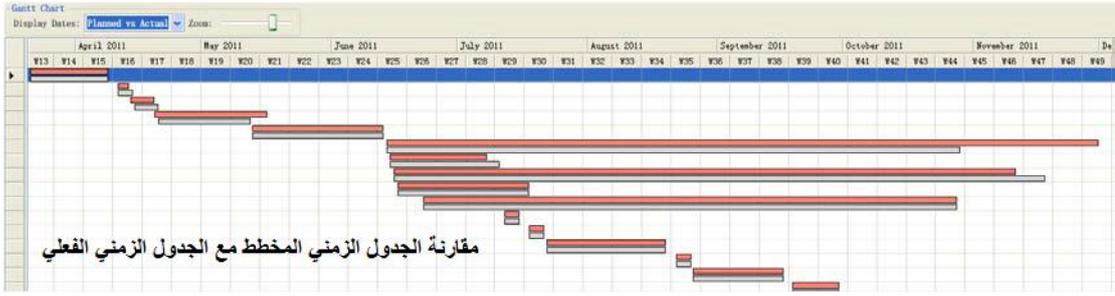
ولتستند تلك الطريقة على تاريخ محدد، لذا تعتبر من الطرق الأولية لتحديد مراحل سير العمل. ولتتبع المخطط الزمني مع بناء المشروع كتواريخ البدء والانتهاؤ الفعلي والمقارنة مع المخطط الأساسي يتطلب العمل بالطريقة الثانية.

2- تصدير النموذج ثلاثي الأبعاد إلى أحد أدوات المحاكاة الزمنية.

وتقوم تلك الطريقة على استيراد البرنامج الزمني المنشأ بأحد برامج الجداول الزمنية مثل Primavera™ أو Microsoft Project™ لأحد أدوات التحليل مثل برنامج Naviswork واستيراد النموذج ثلاثي الأبعاد من أحد برامج التصميم المستخدمة ضمن برامج BIM، ويربط الجدول الزمني بالنموذج نحصل على المحاكاة الزمنية لعناصر البناء وتسلسل تنفيذها مع الزمن. الشكل (9-2)



الشكل (9-2) تكوين النموذج 4D



الشكل (10-2) تحليل مدى تقدم العمل بمقارنة الخطة الأساسية مع الجدول الزمني الفعلي

المصدر : (برنامج Naviswork Manage)

ومن خلال نمذجة الشكل ثلاثي الأبعاد يجب الأخذ بالاعتبار متطلبات المخطط الزمني. على سبيل المثال في حال سيتم صب البلاطة البيتونية على ثلاثة أقسام يجب نمذجة البلاطة بنفس أسلوب الصب. لذا فإن التنسيق بين النموذج ثلاثي الأبعاد والمخطط الزمني أمر هام. كما يجب إدخال المعلومات المتعلقة بالعناصر المؤقتة كالقوالب البيتونية والمعدات والسقالات، لإكمال عملية التحقق من أي تعارض بين الأنشطة المختلفة في موقع البناء.

كما يساهم النموذج رباعي الأبعاد بإدارة المخاطر من خلال وضع تصور للموقع واكتشاف المخاطر المحتملة أثناء عملية التنفيذ وذلك بمرحلة ما قبل التنفيذ مما يساهم بتخطيط أفضل للمشروع ولآلية العمل تضمن تحقيق السلامة العامة في الموقع.

2-6-4 التنسيق وكشف التضاربات

3D Coordination

الوصف

تتميز أنظمة BIM بأدوات تسهل عملية كشف التضاربات الحاصلة بين عناصر البناء أثناء عملية التنسيق بين مختلف النماذج من جميع التخصصات لتحديد مجال التضارب إن وجد. وقد تحدث حالة عدم تحديث للمخططات التنفيذية مما يؤدي إلى بناء أجزاء معينة من البناء بشكل غير صحيح. الأمر المكلف والذي قد يستغرق وقت إضافي وخاصة بالمهام الحرجة. إن السيطرة على التضاربات الكبيرة والصغيرة هو من أهم ميزات أنظمة BIM. ونقصد بالتضاربات الكبيرة أي عندما تتوضع عناصر البناء بنفس الحيز (مثل تضارب أنابيب التهوية بالجوائز البيتونية)، أما التضاربات الصغيرة هي عندما تتقارب عناصر البناء بشكل كبير من بعضها الأمر الذي يمنع من إمكانية الوصول إليها وإنشاؤها.

الفوائد من استخدام BIM في التنسيق وكشف التضاربات

- تنسيق المبنى من خلال دمج النماذج ثلاثية الأبعاد وتوفير تصور لكافة عناصر البناء.
- الحد من التضاربات والتي تقلل أوامر التغيير وتخفيض النقص في المعلومات اللازمة للجهة المنفذة وبالتالي تخفيض المطالبات.
- زيادة بالإنتاجية
- الحصول على مخططات تنفيذية أكثر دقة

الموارد المطلوبة

- برمجيات التصميم
- برمجيات كشف التضاربات

الكفاءات المطلوبة للفريق

- القدرة على التحكم والتنقل والمراجعة للنموذج ثلاثي الأبعاد
- معرفة جيدة بتطبيقات BIM لتحديثات النموذج وطرق ربط عناصر البناء من مختلف النماذج.
- معرفة جيدة بنظم البناء.

وهناك طريقتان رئيسيتان لإجراء المراقبة والسيطرة على التضاربات من خلال نموذج BIM وهما:

1- التحكم بالتضاربات من خلال أدوات BIM: إن مطوري البرمجيات الكبرى غالباً ما يقومون بإدخال أدوات كشف التضاربات مع البرمجيات للتمكن من السيطرة عليها أثناء عملية النمذجة. ولكن يمكن أن تكون تلك الطريقة مرهقة للمقاوم، حيث أنه يحتاج لدمج عدة نماذج من شتى الاختصاصات.

2- التحكم بالتضاربات من خلال برمجيات منفصلة: ويستخدم هذا النهج عندما يكون كل مصمم قد نمذج عناصر المنشأ على حدة ومن ثم يقوم المستخدم باستيراد تلك النماذج ودمجها وإجراء عملية كشف التضاربات. ولكن يجب التنويه إلى أن أي تعديل يجرى على النموذج المدمج لا ينعكس على النموذج الأساسي ما لم يكن مربوطاً معه. حيث أن عملية التحديث تتطلب دقة وحذر، فإذا لم تنعكس التعديلات على النموذج الأساسي بشكل صحيح سيحدث تضارب وعدم تنسيق بمخططات البناء ويقود ذلك إلى تأخيرات بالعمل.

2-6-5 تنظيم موقع العمل

Site Utilization Planning

الوصف

هي العملية التي يتم فيها استخدام أدوات BIM للتمثيل البصري لكل من المرافق الدائمة والمؤقتة خلال مراحل عملية البناء، ويمكن أيضاً أن تكون مربوطة مع الجدول الزمني لمعرفة تسلسل أنشطة العمل. ويمكن دمج معلومات إضافية تشمل الموارد لليد العاملة والمواد وطرق تسليمها وموقع المعدات.

الفوائد من استخدام BIM في تنظيم موقع العمل

- الكفاءة بالتخطيط لمواقع المرافق المؤقتة والدائمة ومناطق تجميع وتسليم المواد لجميع مراحل البناء
- إدراك أكبر للمواقع والمساحات الموجودة بالموقع العام ولمدى حدوث تضاربات زمنية ومكانية.
- تخطيط دقيق لموقع البناء من أجل السلامة العامة.
- التقليل من الوقت المهدور بعملية تنظيم وتخطيط الموقع.

الموارد المطلوبة

- برمجيات التصميم
- برمجيات التخطيط الزمني للمشروع
- برمجيات ربط النموذج ثلاثي الأبعاد بالمخطط الزمني
- تفاصيل الموقع العام وخطة تنظيم موقع البناء.

الكفاءات المطلوبة للفريق

- القدرة على النمذجة والتحكم والتنقل خلال النموذج ثلاثي الأبعاد
- القدرة على تقييم الجدول الزمني بما يناسب النموذج ثلاثي الأبعاد
- القدرة على فهم طرق أساليب البناء
- القدرة على ترجمة المعرفة الميدانية إلى المعرفة العملية التكنولوجية.

2-6-6 تكنولوجيا إنشاء المبنى

3D Control and Planning (Digital & Construction System Design (Virtual Mockup Layout)

الوصف

هي العملية التي يستخدم فيها نموذج BIM لتصميم وتحليل طرق تنفيذ أجزاء المبنى المعقدة (طرق تركيب القوالب البيتونية - طرق تركيب الواجهات الزجاجية - أنظمة التدعيم للحفريات ...)

الفوائد من استخدام BIM في تكنولوجيا إنشاء المبنى

- زيادة قابلية تنفيذ الأجزاء المعقدة بالمبنى
- زيادة إنتاجية البناء.
- زيادة الوعي بالسلامة العامة في الموقع.
- كسر الحواجز اللغوية بين أطراف المشروع.

الموارد المطلوبة

- برمجيات التصميم ثلاثية الأبعاد

الكفاءات المطلوبة للفريق

- القدرة على التحكم والتنقل بالنموذج ثلاثي الأبعاد
- القدرة على اتخاذ القرارات المناسبة باستخدام أنظمة وبرمجيات BIM

- المعرفة جيدة بأساليب تنفيذ كل مكون من مكونات البناء.

2-6-7 التصنيع الرقمي

Digital Fabrication

الوصف

هي العملية التي تستخدم فيها المعلومات الرقمية لتسهيل عملية التصنيع الرقمي لأجزاء البناء. ويمكن استخدام التصنيع الرقمي بتصنيع الهياكل المعدنية، الأنابيب وغيرها من العناصر ...

الفوائد من استخدام BIM في عملية التصنيع الرقمي

- ضمان جودة التصنيع.
- تخفيض قيم التسامحات لأجزاء العناصر ضمن برامج الآليات المصنعة.
- زيادة انتاجية التصنيع والسلامة.
- تخفيض فترة تسليم المشروع
- كفاءة تطبيق التغييرات في التصميم مع المراحل اللاحقة.
- التقليل من الاعتماد على المخططات ثنائية الأبعاد

الموارد المطلوبة

- برمجيات تصميم النماذج ثلاثية الأبعاد
- جهاز قارئ لبيانات التصنيع
- طرق التصنيع

الكفاءات المطلوبة للفريق

- القدرة على فهم وإنشاء النماذج لعملية التصنيع
- القدرة على التحكم والتنقل بالنموذج ثلاثي الأبعاد
- القدرة على استخراج المعلومات الرقمية للتصنيع من النموذج ثلاثي الأبعاد
- القدرة على تركيب مكونات المبنى باستخدام المعلومات الرقمية
- القدرة على فهم طرق التصنيع النموذجية.

2-6-8 توثيق معلومات المبنى

Record Modeling

الوصف

إن توثيق معلومات البناء والنموذج هو الوصف الدقيق للظروف المحيطة بالمنشأ وبالعناصر المنشأ. والذي يجب أن يحتوي كحد أدنى على معلومات متعلقة بالعناصر المعمارية والإنشائية والميكانيكية والكهربائية والصحية وهي

تتويج لنمذجة BIM بجميع مراحل المشروع بما في ذلك مرحلة التشغيل والصيانة للمنشأ القائم (المنشأ من عملية التصميم والتنفيذ والتنسيق والربط مع الجداول الزمنية والعناصر المصنعة الآلية وتفاصيل البناء بشكل عام) لتقديم نموذج قياسي متكامل للمالك, كما يتضمن معلومات حول المعدات وتخطيط المساحات والموقع العام في حال كانت ضرورية للمالك للإستفادة منها مستقبلاً.

الفوائد من استخدام BIM في توثيق معلومات المبنى

- المساعدة في تحسين التصاميم المستقبلية
- أرشفة الوثائق للإستخدامات المستقبلية
- القدرة على الحصول على بيانات مستقبلية لغاية تجديد أو استبدال معدات أو عناصر في البناء.
- توفر للمالك نموذج دقيق للبناء والمعدات والمساحات داخل
- سهولة ربط احتياجات الزبائن بالمبنى من حيث مساحات الغرف والموقع والبيئة المحيطة.

الموارد المطلوبة

- التحكم بأدوات النموذج ثلاثي الأبعاد
- إمكانية الحصول على ما هو مطلوب بشكل إلكتروني
- قاعدة بيانات كاملة لمكونات البناء والمعدات وكافة العناصر.

الكفاءات المطلوبة للفريق

- القدرة على التعامل والتنقل والتحكم بالنموذج ثلاثي الأبعاد
- القدرة على استخدام برامج BIM لتحديثات البناء
- القدرة على الفهم الدقيق لعمليات البناء لضمان دقة المعلومات المدخلة
- القدرة على التواصل بشكل فعال بين فرق البناء والتصميم وإدارة المرافق.

2-6-9 استخدامات أخرى

توجد في الوقت الحاضر العديد من الأدوات البرمجية المستخدمة للتحكم بالعمليات المختلفة لسير المشروع. ومنها التحكم بالكلف ونظام المشتريات والكشوف الشهرية ... الخ. وهذه العمليات تعتمد على معلومات العناصر بالمبنى والتي تحضر غالباً بشكل يدوي, ويعتبر هذا ممل وعرضة للخطأ البشري.

وقد أصبحت عملية تتبع المشتريات أمر أكثر سهولة باستخدام أنظمة BIM من خلال ربط المخطط الزمني مع النموذج ثلاثي الأبعاد. مما يسهل تتبع سير المشروع والتوريد للموقع بالوقت المناسب وتلافي التأخيرات الناجمة عن التقدير غير الدقيق للأزمنة اللازمة للتوريد. فمن خلال تقسيم النموذج إلى مراحل Phases نستطيع إخفاء أو اعطاء مراحل البناء ألوان حسب فترة إنجازها. الأمر الذي يسهل معرفة المهام المطلوبة بوقت محدد وتأمين الاحتياجات المطلوبة من المواد والمشتريات.

• التفكير بطريقة عكسية Begin with the End in Mind

إن التطبيق الناجح لأنظمة BIM يعني إدراك فريق العمل الاستخدامات المستقبلية للمعلومات المدخلة . على سبيل المثال عندما يعرف المصمم المعماري الجدران بالنموذج المعماري فيجب تضمين الجدار خصائص تبعاً للاستخدامات اللاحقة له مثل (كميات المواد المكونة له- الخصائص الميكانيكية - الخصائص الإنشائية ومعلومات أخرى) ويجب على المعماري أن يعرف إذا كانت تلك المعلومات ستستخدم مستقبلاً وإذا كان كذلك فكيف ستستخدم . فالإستخدام المستقبلي لتلك المعلومات سيؤثر كثيراً على طرق تطوير النموذج والتحكم بجودة البيانات المدخلة.

إن المبدأ الأساسي لآلية عمل BIM هي تحديد الاستخدامات الملائمة ونوعية البيانات المدخلة من خلال " البدء بالمتطلبات المحتملة للمعلومات في النموذج " ولعمل ذلك , فيجب على فريق العمل أن يضع بحسابه أولاً المرحلة الأخيرة من المشروع لإستيعاب ماهي المعلومات التي ستكون بحاجة إليها خلال تلك المرحلة ثم الرجوع عكسياً لجميع مراحل المشروع بالترتيب التالي (مرحلة التشغيل - الإنشاء - التصميم - التخطيط) [20]. وبذلك فإن فريق العمل سيركز على تمييز المعلومات المطلوبة للمشروع والمعلومات المهمة للتبادل.

7-2 برمجيات أنظمة BIM

مع تطور أنظمة BIM والتي تعتبر واحدة من أكثر التقنيات المتقدمة في صناعة البناء, تطورت العديد من الأدوات البرمجية التي تدعم أنظمة BIM, والتي تتنوع بالاستخدام لتشمل كافة مراحل المشروع من التصميم التمهيدي ودراسة الجدوى الاقتصادية وتوثيق المخططات والتصنيع وتقدير الكلف والجدولة الزمنية ومشاركة الملفات بين مختلف أطراف المشروع. وفيما يلي استعراض لأنواع البرمجيات المستخدمة

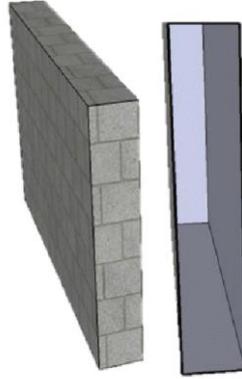
1-7-2 البرمجيات التصميمية

• برامج التصميم السطحية Surface objects

تعتبر برامج التصميم السطحية بأنها ليست بالأدوات الحقيقية لأنظمة BIM, وهي عبارة عن مجسمات بمجموعة من الأسطح تعطي فقط النموذج ثلاثي الأبعاد وتوضح مواد الإكساء والشكل النهائي للمبنى.

ومن تلك البرمجيات برنامج 3D max وبرنامج Google SketchUP, حيث أنه يبين الشكل (2-11) والذي يمثل جدار منمذج بأحد برامج التصميم السطحية 3D Max, حيث أنه عند بناء الجدار فإنه لا يميز أكثر من مجسم مكون من ستة أوجه وهو نفس الفكرة بالنسبة لأي نموذج آخر

مثل الأبواب والأسقف والعناصر الأخرى .. حتى أننا بإمكاننا وضع نافذة بأي مكان ولو كان في الفراغ لأن البرنامج باختصار لا يميز العناصر بماهيتها الحقيقية وإنما فقط مجسمات.



Unintelligent

الشكل (2-11) العناصر السطحية

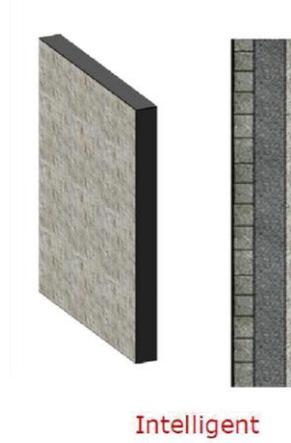
• برامج التصميم البارامترية الذكية Parametric Objects

هناك العديد من البرامج الذكية ومنها Revit , Graphisoft ArchiCAD , Tekla , Vico , Bentley , Vectorworks , Dprofiler , Innovaya وغيرها من البرامج التي تدعم فكرة العناصر الذكية القائمة على أن العنصر النمذج يحاكي الواقع بكل أبعاده وخصائصه ومكوناته.

وكما يبين الشكل (2-12) فإن الجدار له خصائص (طول - عرض - سماكة - طبقات مكونة للجدار - مواد) وأثناء بناء النمذج باستخدام البرمجيات الذكية فإنه إذا حاولنا وضع نافذة في الفراغ أو في مكان لا يصلح لاستقبال النافذة مثل البلاطة فإن البرنامج سيمنعنا من ذلك أما إذا وضعنا النافذة في الجدار مثلا فإنه سيسمح بذلك. وهذا الأمر من شأنه أن يؤثر وبشدة على أمرين أساسيين وهما

- تحديد التضاربات Clash detection

- حساب الكميات Quantities Take Off



Intelligent

الشكل (2-12) العناصر الذكية البارامترية

وفيما يلي استعراض لأهم البرمجيات التصميمية البارامترية.

:Revit

إن برنامج Revit المشتري من شركة Autodesk® في عام 2002, يعتبر من أكثر البرامج شهرة واستخداماً

(<http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/pc/index?siteID=123112&id=84792>
63).

ويعود السبب لسهولة التعامل مع واجهة البرنامج إضافة إلى التوافقية الكبيرة مع الكثير من البرامج , الأمر الذي يجعل العمل أكثر تكاملاً بين مختلف التخصصات.

ويتضمن حزمة من البرمجيات وهي النسخة المعمارية Revit Architecture™ والنسخة الإنشائية Revit Structure™ والنسخة الألكتروميكانيكال Revit MEP™ . وجميع برمجيات هذه الحزمة تدعم صيغ مختلفة ومنها DXF, IFC, SAT, SKP, ,DGN, DWG, DWF وAVI, ODBC, gbXML, BMP, JPG, TGA, TIF وغيرها.

:Vico

يتميز بأدوات متكاملة تابعة لنفس الشركة وتعمل بيئة واحدة متكاملة. مما يجعل التوافقية كبيرة بين التطبيقات المختلفة. وخاصة لأدوات الجدولة الزمنية وتقدير الكلف.

http://www.vicosoftware.com/products/Vico_constructor_2008/tabid/84569

/Default.aspx

وتتضمن الحزمة البرمجيات التالية : Vico Constructor , Vico Estimator , Vico Control , Vico Change Manager , Vico Cost Explorer , Vico 5D Presenter .

Bentley:

يعتبر من الشركات الرئيسية الرائدة ضمن اسنظمة BIM وقد أنتجت برمجياتها في عام 2004 [2], وتتضمن حزمة برمجياتها مايلي: Bentley Architecture™ , Bentley Structural , Bentley Building Mechanical Systems , Modeler , Bentley Generative Components , Bentley Facilities , Electrical Systems , Bentley Building , Bentley Building Mechanical Systems , Modeler , Bentley Generative Components , Bentley Facilities , Electrical Systems .Project Wise Navigator .

جميع تلك البرمجيات تتشارك بالعمل خلال مراحل دورة حياة المبنى. وتتميز حزمة برمجيات Bentley بالتوافقية مع الكثير من البرمجيات الأخرى ولمختلف أنواع المشاريع مثل مشاريع الطرق والبنية التحتية ومشاريع النقل والجسور ومحطات المعالجة وشبكات المياه وغيرها. وتدعم صيغ مختلفة تتضمن IGES, STL, IFC, DGN, DWG, DXF, PDF, STEP وغيرها.

Tekla

تأسست شركة Tekla الفنلندية في عام 1990. ويعتبر برنامج Tekla Structures™ من أشهر برامجها الذي كان مسمى سابقاً Xsteel [2]

ويتميز البرنامج بالقوة في تصميم وتحليل المنشآت المعدنية. ويستخدم بشكل كبير لعمل الوصلات المعدنية والتفاصيل للهياكل. ويدعم الصيغ التالية : IFC, DWG, CIS/2, DTSV, SDNF, DGN, DXF .

ويتملك قدرة كبيرة على العمل التشاركي, فمن الممكن أن يصل عدد المستخدمين إلى حوالي 40 مستخدم بنفس الوقت ويتزامن للملفات مع الملف المركزي. ولكنه يحتاج إلى تدريب كبير ومهارة عالية للاستفادة من كل الوظائف المتاحة.

2-7-2 البرمجيات التحليلية:

وهي الأدوات التي ترتبط مع البرامج التصميمية بروابط مباشرة أو غير مباشرة بهدف إتمام العمل باستخدام النماذج ثلاثية الأبعاد.

Navisworks

يعتبر برنامج Navisworks manage™ من البرامج التحليلية ضمن أدوات BIM, حيث أنه يستخدم لعدة أغراض ومنها

- ربط الجداول الزمنية بالنموذج ثلاثي الأبعاد للحصول على المحاكاة الزمنية للمبنى ورؤية تسلسل العمل 4D Simulation.
- دمج النماذج من جميع التخصصات وكشف التضاربات بين العناصر لتلافيها قبل الوصول لمرحلة التنفيذ.

ويتميز البرنامج بإمكانياته بالتعامل مع معظم الملفات ثلاثية الأبعاد. وبالتالي يتميز بالقوة بالتوافقية بين البرمجيات. ويعتبر من أكثر الأدوات التي تساهم في تحسين إنتاجية البناء لقدرته على كشف جميع مشاكل البناء خلال مرحلة التصميم. [22] لذا تعتبر من الأدوات المهمة للمقاول بشكل خاص.

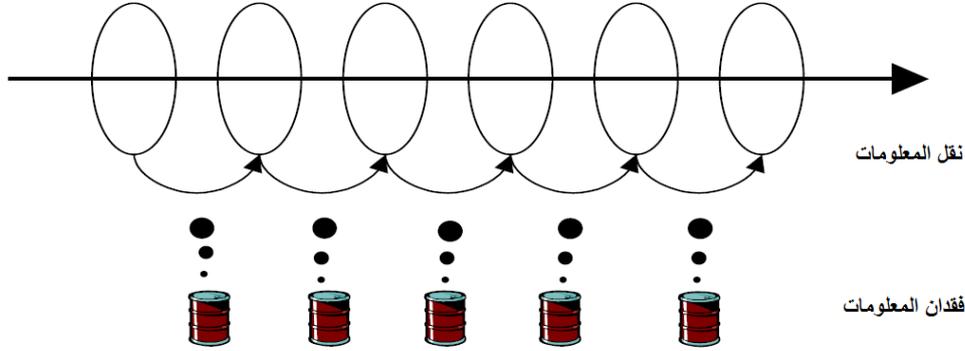
يشار إلى أنه يوجد العديد من الأدوات البرمجية التي تصنف كأدوات تحليلية مثل Robot™ Structural Analysis للتحليل الإنشائي للمبنى وبرنامج SKYBIM لتقدير الكلف وغيرها.

مع العلم بأنه لا يوجد فعلياً أداة برمجية واحدة تستطيع الجمع بين وظائف أنظمة BIM. لذا فالمستخدم بحاجة لإتقان حزمة من البرمجيات لتحقيق المستوى المطلوب من BIM, الأمر الذي يدعو معظم الشركات إلى استخدام الأنظمة الحالية والتي تعتبرها الأنسب لاحتياجاتها بدل من العمل على الأنظمة المتكاملة بالرغم من أن الأنظمة الحالية ذات مخرجات أبطأ وأقل كفاءة. مما يؤدي إلى أن إتقان العمل والوصول إلى مستوى جيد من التدريب على أنظمة BIM هو من أهم عوائق أنظمة BIM التي لا تزال بحاجة إلى سنوات من الفهم والتبسيط المطلوبة للتطبيق الفعال لتلك الأنظمة.

8-2 التوافقية لتبادل الملفات بين برمجيات BIM

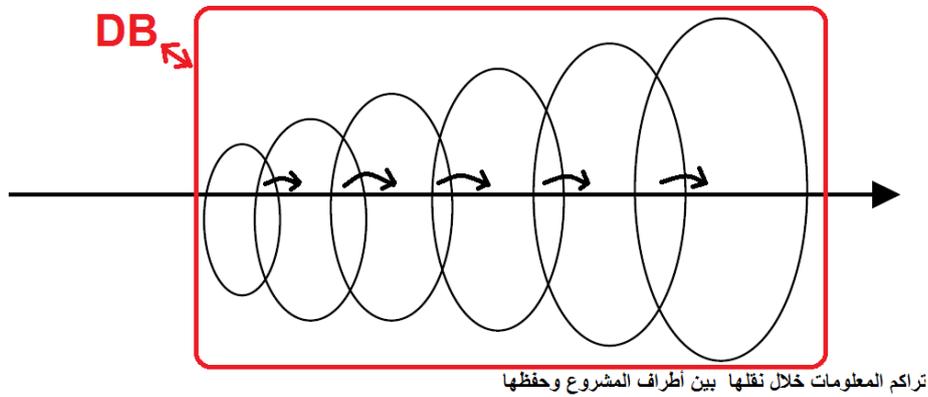
تعرف التوافقية Interoperability بالقدرة على تبادل المعلومات الالكترونية بطريقة سهلة وسلسة من برنامج إلى آخر دون ضياع المعلومات أثناء نقلها [6].

وتم تكريس الجهود من قبل التحالف الدولي لتوافقية البرامج International Alliance of Interoperability (<http://iaiweb.vtt.fi>) لتطوير وتعزيز استخدام معايير عالمية للتبادل الآلي للبيانات بين برمجيات الحاسب مثل برامج التصميم وتقدير الكلف والجدولة الزمنية.



الشكل (2-13) النظام التقليدي لنقل المعلومات

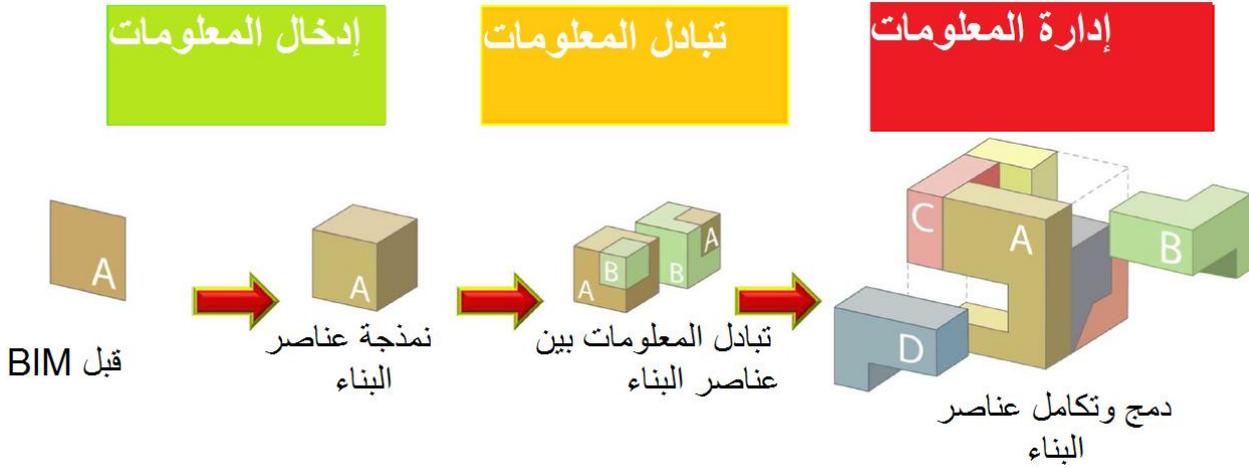
ويبين الشكل (2-13) النظام التقليدي لنقل المعلومات خلال دورة حياة المشروع (التخطيط - التصميم - التنفيذ) حيث انه يمكن ضياع بعض المعلومات خلال عملية النقل , على عكس الأنظمة التوافقية التي تؤدي إلى نمو وارتفاع كمية المعلومات أثناء نقلها من مرحلة لمرحلة الشكل (2-14).



الشكل (2-14) أثر التوافقية على نقل المعلومات

تتضمن دورة حياة المبنى العديد من المسؤوليات والمهام, ولا يمكن لأداة برمجية واحدة مهما بلغت درجة تطورها أن تغطي كل الاحتياجات المطلوبة. لذا فإن تبادل البيانات بين التطبيقات المختلفة يعد متطلب أساسي خلال مراحل المشروع وذلك من خلال دمج وتكامل عناصر البناء كما هو مبين الشكل (2-15). حيث أنه لدينا التصاميم المعمارية والإنشائية والميكانيكية والكهربائية وتحليلات الطاقة والتصنيع وتقدير الكلف والجدولة الزمنية وغيرها من المهام. حيث أن كل مهمة تحتاج لتطبيق أو أداة برمجية محددة لدعم العمل, وبالتالي فإن تبادل

البيانات على مستوى البرمجيات ضروري لنجاح تكامل العمل بها. وتعرف صيغ تبادل البيانات بين البرمجيات كما يلي:



الشكل (2-15) مراحل تطور تبادل المعلومات بين برمجيات BIM [23] Source

1-8-2 الربط المباشر بين برمجيات BIM

تستخدم بين برمجيات BIM إمكانيات ربط وسيطة لدمج تلك الأدوات. وتتضمن قواعد البيانات المفتوحة الاتصال Component Object Model (COM), ولغة الوصف الجغرافي (GDL) Geographic Description Language [2][6]. وترتبط لغات البرمجة الثنائية تلك أدوات BIM للوصول وتبادل البيانات في النموذج. حيث يمكننا تعديل وإضافة أو حذف عناصر من خلال الرابط المباشر بين الأدوات البرمجيتين, على سبيل المثال الرابط المباشر بين Revit وبرنامج Robot الذي يمكننا من خلال تحديد بعض المعطيات من واجهة البرنامج لتحقيق التوافقية بينهما. وأي تعديل حاصل سينعكس على النماذج المرتبطة بالرابط المباشر بالاتجاهين. ويعتبر الرابط المباشر مفضل بين شركات البرمجيات لأنها تضمن جودة نقل المعلومات.

2-8-2 الربط غير المباشر بين برمجيات BIM

1-2-8-2 صيغ DXF لتبادل الملفات الرسومية

تعتبر هيئة قياسية موحدة لتبادل الملفات الرسومية بين البرامج. وتعتبر ملفات Data Exchange Format (DXF) من أشهر الصيغ التي تدعم تبادل الملفات بين البرمجيات المختلفة. يمكن للعديد من البرامج الرسومية تبادل الملفات بهذه الصيغة فيما بينها، كما تدعم الكثير من البرامج تصدير ملفات بصيغة DXF، وذلك من أجل نقل نتائج العمل فيها إلى برامج التصميم بمساعدة الحاسب. ويمكن للعديد من البرامج التي تدعم هذه الهيئة

تبادل الملفات فيما بينها، مثل AutoCAD، 3D Studio، برامج Microsoft Office، Adobe Illustrator، Paint Shop Pro، وبرنامج الحساب الإنشائي SAP وغيرها. ولكن تطوير تلك الصيغ أمر صعب للحصول على مستوى التوافقية المطلوب سيما أنها غير مفتوحة المصدر [24] [6].

2-2-8-2 صيغ تبادل الملفات (IFC) Industry Foundation Classes

عرف التحالف الدولي لتوافقية البرامج آلية لتوحيد تعريف العناصر وخصائصها من خلال ما يسمى " تصنيفات مؤسسة الصناعة " IFCs وذلك للحفاظ على معلومات المشروع خلال جميع مراحلها والنتيجة عن البرمجيات المتاحة. إن الشكل الموحد لمعلومات البناء يتيح بناء معلومات جديدة دون الحاجة لإعادة تعريف المعلومات السابقة كونها موجودة ويتم البناء لمرحل لاحقة على أساس المعلومات السابقة. وهذا النهج يمنع ضياع المعلومات عند نقلها من طرف إلى آخر

تعتبر صيغ IFC ذات مواصفات مفتوحة المصدر لتنسيق الملفات التي لم يتم السيطرة عليها من قبل شركة واحدة أو مجموعة من الشركات وتعرف بأنها صيغ التبادل الأشهر للتصاميم الذكية التي طورت منذ عام 1995 من قبل مجموعة من شركات البرامج وضعت المعايير من قبل building SMART واعتبرت منذ عام 2005 صيغة لتبادل الملفات للنماذج الذكية. وتوجد حالياً الكثير من البرمجيات تدعم هذه الصيغة ومنهم برنامج Revit وبرنامج Bentley وبرنامج ArchiCAD و برنامج Tekla Structure حيث أنه قوي جدا في إنشاءات الحديد لكنه لا يعمل الكتروميكانيكل لذا نستخدم صيغة ifc للتوصيل بينه وبين برنامج الكهرباء والصحية والميكانيك مثل برنامج Revit MEP وغيرها من البرامج [25].

2-2-8-3 صيغ تبادل الملفات Extensible Markup Language XML

لغة التوصيف الموسعة (XML) Extensible Markup Language باستخدام لغات ترميز مخصصة، والغرض من استخدام صيغة تبادل الملفات XML هو لمساعدة نظم المعلومات في تبادل البيانات المهيكلة، خصوصا عن طريق الانترنت، لتشفير الوثائق، وتسلسل البيانات [26].

وقد تم تطوير تلك الصيغة نظراً لسهولة تبادل البيانات بين مختلف التطبيقات وربط نموذج BIM عبر شبكة الانترنت. ولكنها تستخدم لكميات محدودة من المعلومات المتبادلة وليست قوية بما يكفي في حال كانت الملفات والمعلومات المتبادلة كبيرة أو معقدة. [6] [26]

ولتوضيح كيفية تبادل الملفات باستخدام الصيغ المختلفة نعرض المثال التالي:

يحتاج المستخدم إلى استخدام برنامج Autodesk Quantity Takeoff™ لإنشاء جداول الكميات والتسعير من خلال الشكل المنمذج بواسطة برنامج Revit™. الصيغة الافتراضية لتخزين الملف هي RVT وهي غير مدعومة ببرنامج Autodesk Quantity Takeoff (DWG أو DWF) وبالتالي نقوم بحفظ الملف ضمن برنامج Revit بصيغة DWG أو DXF أو DWF. وبالتالي نحصل على توافقية بين البرنامجين وتبادل سليم للمعلومات المطلوبة.

وبالتالي نجد أن التوافقية بين مختلف برمجيات أنظمة BIM من خلال صيغ تبادل المعلومات يسمح للمستخدمين لتمرير معلومات أدق باستخدام تطبيقات حاسوبية تابعة لبيئات مختلفة. مما يقلل نسبة الخطأ والسهو والمشاكل المرافقة لتبادل المعلومات ويصبح النموذج متاح للعملية التشاركية بجميع مراحل دورة حياة المبنى.

2-9 نماذج سير العمل

تم البحث بأساليب سير عملية نقل المعلومات خلال عملية التصميم من أجل فهم أفضل لبيئة العمل التعاونية ولاقتراح نموذج لسير عملية تبادل ونقل المعلومات بين أطراف المشروع من أجل التوثيق وتعزيز الفهم للمشروع والوصول لكفاءة أكبر بتواصل أطراف المشروع لتلافي نقص بالمعلومات وتلافي نشوء أوامر التغيير خلال مرحلة التنفيذ. وقد وجد الباحث أن أساليب سير عملية نقل وتبادل المعلومات والتفاعل والتعاون بمراحل مختلفة من دورة حياة المشروع لها أثر كبير لنجاح التوقعات المرجوة من البناء لذا فإن تحديد نمط سير العمل يعتبر أمر ضروري لتحقيق الفعالية والكفاءة المطلوبة لأي تعديلات أو إضافات خلال مرحلة التصميم وبالتالي نجاح المشروع ككل.

إن إهمال طريقة نقل وتبادل معلومات المشروع تؤدي إلى تراكم المشاكل والأخطاء وتقديم تنازلات بمستوى الجودة أو الكلفة أو الزمن للحصول على المنتج النهائي. وفيما يلي بعض أمثلة طرق سير العمل سواء كانت معتمدة على أدوات برمجية مساعدة أم لا وهي:

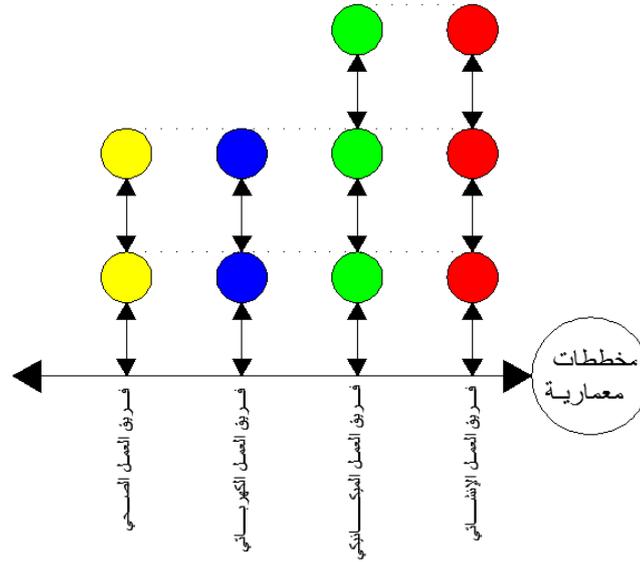
✚ المنهج الخطي

✚ المنهج الدائري

✚ النموذج التشاركي بالعمل

2-9-1 المنهج الخطي

يبين الشكل (2-16) طريقة عمل المنهج الخطي , حيث أن المعلومات الأساسية تبدأ من المصمم المعماري الذي يقوم بدوره بإرسال المعلومات إلى المصممين بالتخصصات الأخرى (الإنشائية - الميكانيكية - الكهربائية) بمسار خطي . حيث يقوم كل مصمم باستخدام تلك المعلومات للوصول إلى المخططات الخاصة به بشكل منعزل عن بقية المخططات حتى الإنتهاء من عملية التنفيذ. على الرغم من أن هناك معايير تصميمية مترابطة ولكن لا يوجد تعاون مباشر بين مختلف المصممين فضلاً عن عدم وجود معايير واضحة لنقل المعلومات. الأمر الذي يتسبب بتبديد المعلومات و حدوث أخطاء وتضاربات في الأعمال والتي تظهر في مراحل لاحقة.

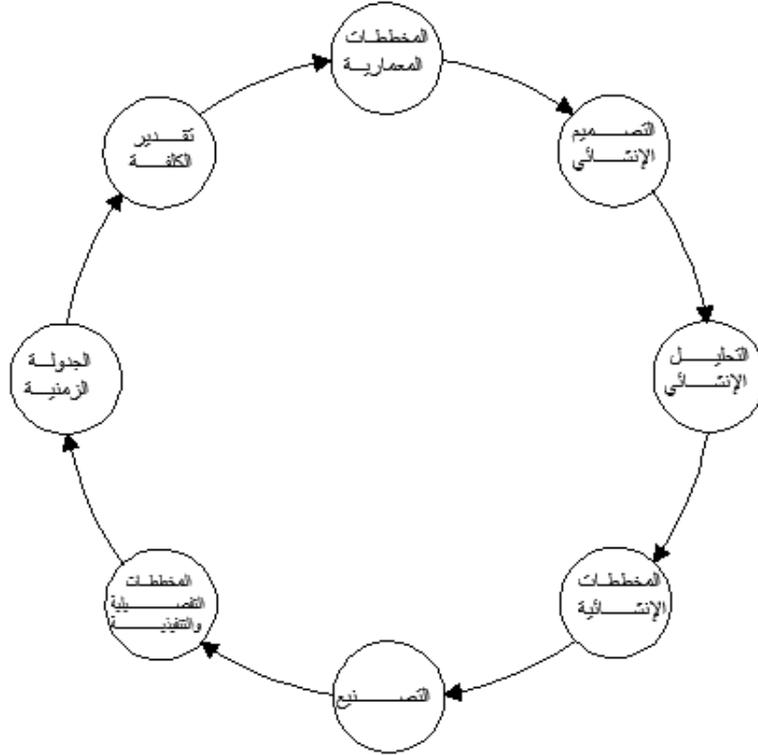


الشكل (2-16) المنهج الخطي

2-9-2 المنهج الدائري

يفترض هذا المنهج العمل ضمن دائرة عمل تبدأ من المصمم المعماري وكل دائرة تحتوي على اختصاص , وتمر المعلومات من شخص إلى آخر بطريقة متسلسلة . ويتم تقسيم المشروع إلى تطبيقات يمثل كل منها يمثل منظومة عمل تسير بمسار دائري. الشكل (2-17) يوضح مثال من احد التطبيقات (الإنشائي). وكما ذكر فإن كل تطبيق يبدأ من المصمم المعماري من خلال تمرير المعلومات الأساسية حول المبنى ليبدأ المصمم الإنشائي بوضع تصاميمه على ضوء المخططات المعمارية ويقوم بتحليلها ورسم المخططات الإنشائية ومن ثم الوصول لمرحلة التصنيع وتفصيل تلك المخططات وعمل المخططات التنفيذية وصولاً للجدولة الزمنية للمهام المتعلقة بالعمل الإنشائي ومن ثم تقدير الكلف والعودة إلى المصمم المعماري الذي يعتبر نقطة البداية. وبالتالي تستكمل

حلقة العمل المتزايدة بالمعلومات. إن المعلومات لأي عنصر يمكن أن تمر بأكثر من دورة إلى أن تصل إلى القبول . وبالتالي أي تغير بأي عقدة سينتقل إلى بقية العقدة وكذلك سينقل من تطبيق إلى آخر تفاديا للتضاربات بين عناصر البناء المختلفة.



الشكل (2-17) المنهج الدائري

2-9-3 النموذج التشاركي بالعمل

نموذج البناء التشاركي هو عبارة عن قاعدة بيانات تخزن فيها معلومات المشروع بأكمله. ويستطيع جميع أطراف المشروع الدخول إلى بيانات المشروع بأي وقت وخلال أي مرحلة من المشروع. والقصد منه إنشاء لغة عامة لكل مرحلة من مراحل البناء لتمكين المراحل اللاحقة من بناء معلوماتها على معلومات المراحل السابقة. وهذا النموذج يوفر المعلومات الهامة القابلة للتداول عبر تطبيقات مختلفة توفر نظام إدارة معلومات كفوء من خلال القضاء على تكرار المعلومات.

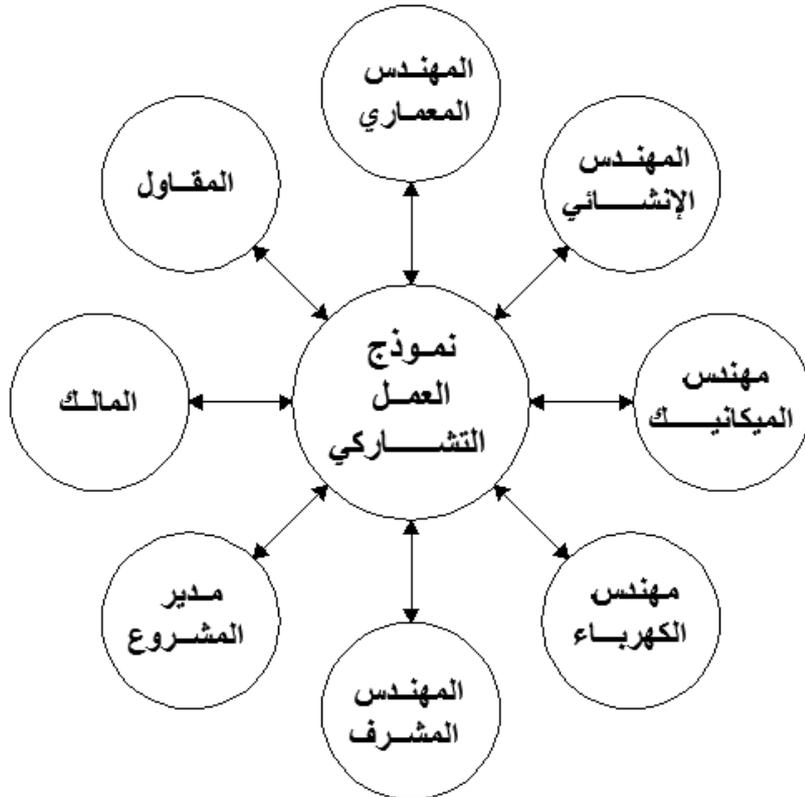
وبالتالي تحول مفهوم التصميم من الرسومات ثنائية الأبعاد والخطوط التي لامعنى لها إلى مفهوم العناصر الحدودية (Parametric Object) التي تملك خصائص مختلفة تبعا للحالة والحاجة. إن هذا النوع من العمليات التشاركية يمكن أن يحل مشاكل التضارب والتنسيق مما يزيد من كفاءة فريق العمل ويخفض زمن وكلفة المشروع خلال كل مرحلة من مراحل العمل به.

حيث أنه تم الوصول إلى النموذج التشاركي بعد المشاكل التي رافقت منظومة العمل بمنهج خطي التي ترافقها الأخطاء والسهو والمشاكل وعدم وجود توافق بين كافة الأنظمة كما هو مبين في الشكل (2-18). وعدم التوافق سيصبح مع الوقت تراكمي وسيكتشف بمراحل لاحقة خلال مرحلة التنفيذ مما يؤدي إلى زيادة في الكلف وعدم تحقيق الجدول الزمني للبناء.

إن نموذج البناء التشاركي يضمن عمل جميع أطراف المشروع معاً منذ البداية لتحقيق الجودة بالتصميم والتنسيق المشترك. وبالتالي يعتبر البناء وحدة متكاملة بجميع العناصر وهذا أفضل من جمع المعلومات المنفصلة كل على حدة.

وبالتالي فإن أي إضافة أو تعديل على العناصر من أي طرف لا يتم إلا بعد التنسيق مع الأطراف الأخرى بالعمل.

كل ذلك يؤدي إلى استنتاج أنه عند تحقيق نظام ناجح لإدارة التغيير فإننا نحقق نجاح للمشروع بأكمله وتضمن عمل جميع أطراف المشروع بنفس البيئة المنسقة المتكاملة.



الشكل (2-18) النموذج التشاركي في العمل

10-2 مستقبل BIM

على الرغم من أن مفهوم نمذجة معلومات البناء يعتبر حديث نسبياً ولكنه أصبح يستخدم تدريجياً في صناعة البناء لما له من أهمية في رفع سوية العمل وتحسين المخرجات. ومع استمرار التقدم التكنولوجي فإنه لا بد من مواصلة تطور وتحسين منهجية وأدوات BIM. وأشارت الأبحاث إلى أنه سيتم التركيز على تحليل البيانات وأساليب العمل الحالية المستخدمة لتطبيق أنظمة BIM وذلك للإستخدام الأمثل لأنظمة BIM بإدارة المرافق. ووضع استراتيجيات تضمن التنفيذ الأمثل لأنظمة نمذجة معلومات المباني. وفيما يلي توقعات لمستقبل البناء باستخدام أنظمة BIM [12]:

- 1- إكتساب خبرة باستخدام BIM يؤدي إلى تحقيق وفورات ملحوظة في الكلفة والوقت . وهذا بدوره يؤدي إلى زيادة الطلب على استخدام BIM اعتباراً من المراحل المبكرة للمشروع.
- 2- الوصول للبعد السادس بإدارة المرافق من خلال تحسين وتسهيل البرمجيات التي تساعد على إدارة المرافق من خلال BIM.
- 3- التحول بطرق تنفيذ المشاريع إلى التسليم المتكامل للمشروع (IPD) Integration Project Delivery الذي يعرف من قبل المعهد الأمريكي للمهندسين المعماريين (AIA) على أنه "دمج الأشخاص والنظم والهياكل التجارية والممارسات في عملية تسخر بشكل تعاوني مواهب وأفكار جميع المشاركين لتحسين نتائج المشروع، وزيادة القيمة للمالك، والحد من المواد المهذرة، وتعزيز الكفاءة خلال جميع مراحل التصميم والتصنيع والبناء" وبالتالي فإن عملية التصميم ستصبح أكثر تعاوناً مما مضى.
- 4- اعتماد التكنولوجيا المتنقلة وخاصة في ظل التقدم التكنولوجي، حيث أنه أصبح بإمكان إدخال تكنولوجيا BIM على الأجهزة المحمولة الذكية كالأجهزة اللوحية والمساعدات الرقمية الشخصية، واستخدامها بموقع العمل من قبل المهندسين ومدراء المشاريع ومواكبة تحديثات النموذج الإلكتروني، وتسهل بذلك التعاون بين أطراف المشروع وخاصة الجهات المنفذة مع الجهات المصممة.
- 5- تطوير العمل المشترك من خلال التوافقية والدمج بين حزم برمجيات BIM.
- 6- سيتم دمج نظم المعلومات الجغرافية GIS بأنظمة BIM.
- 7- تقليص الاستخدامات الورقية والتحول إلى النماذج الإلكترونية.
- 8- تحديد المسؤوليات وصلاحيات امتلاك المعلومات وإمكانية تعديلها.
- 9- الجمع بين تكنولوجيا المباني الخضراء وأنظمة التشغيل الآلي التي تساهم بتطوير المباني الذكية.

إن الوصول إلى هذا المستوى من النضج في صناعة البناء يحتاج إلى التكاتف والتعاون بين جميع الأطراف. والتوظيف الأمثل للأدوات والتقنيات لتبادل أو مشاركة المعلومات. وقد زرعت في الوقت الحالي بذور الرؤية

المتكاملة والتشاركية بالعمل من خلال أنظمة BIM ولازنا على بعد من النهج الأمثل لأنظمة BIM لتكون حقيقة واقعية.

الخلاصة

تساعد أنظمة BIM على خلق وتشغيل قواعد بيانات رقمية لضمان التعاون بين أطراف المشروع، فضلاً عن إدارة التغيير خلال قواعد البيانات هذه، بحيث يتم التنسيق بين أي تغيير يحدث في أي جزء من قاعدة البيانات وجميع الأجزاء الأخرى، إلى جانب جمع وحفظ المعلومات لإعادة استخدامها من قبل تطبيقات أخرى. وتساعد أنظمة BIM في إدارة العلاقات بين عناصر البناء إلى ما هو أبعد من مستوى أنظمة CAD.

مع زيادة استخدام نماذج BIM، فإن أصحاب المباني يستطيعون ممارسة دور أكثر نشاطاً في تحديد متطلبات المشاريع، كما أن تطبيق تلك النماذج يمكن أن يساعد شركات البناء في كسب المزيد من الأعمال. وفي حين يواصل نموذج BIM طريقه في أن يصبح قياسياً في صناعة العمارة والهندسة والبناء، فإن الشركات التي تروج لنفسها على أنها مستعدة لتطبيق نموذج BIM تتفوق كثيراً على منافسيها.

الفصل الثالث

فاعلية استخدام أنظمة BIM في مرحلة التصميم

1-3 كفاءة مرحلة التشييد

إن تواصل أفراد المشروع بمرحلة التصميم وإيصال الفكرة التصميمية من المالك إلى المصمم وإلى بقية أفراد المشروع تعتبر من المهام الصعبة، وذلك بسبب الخلفيات والأهداف المختلفة لكل منهم. سيما أن تعريف متطلبات البناء كثيراً ما يتسم بالغموض من قبل المالك.

إن وسائل التواصل التقليدية عبر المخططات ثنائية الأبعاد أصبحت غير مجدية بسبب عدم الوضوح وعدم الربط الفعال فيما بينها، الأمر الذي يستهلك الوقت بطلبات التوضيح من قبل الجهة المنفذة والتعديل بالمخططات وإعادة العمل للعناصر التي نفذت وفقاً لرؤية الجهة المنفذة وتفسيرها للمخططات والذي يمكن أن يتعارض مع رغبة المالك.

هذا القصور يزيد بمدة تنفيذ المشروع ويستنزف الموارد وبالتالي تنخفض معدلات الإنتاجية بالعمل وتزداد الكلفة. إن التواصل الفعال وإيصال أهداف وغايات التصميم لفريق العمل يحل معظم المشاكل المرافقة لعدم تلبية الاحتياجات وزيادة التكاليف وتأخير إنجاز المشروع.

إن أنظمة BIM تعتبر أداة فعالة للتواصل ورفع معدل الإنتاجية بمرحلة التنفيذ وتحسين كفاءتها. فيما يلي وصف لوجهات النظر الحالية حول تعريف كفاءة البناء وقياسها والتحكم بها في مشاريع البناء.

1-1-3 تعريف الكفاءة بمرحلة التشييد

تقاس كفاءة أي مشروع من خلال الالتزام بالقيود الثلاثة وهي الوقت، الكلفة والجودة، وبشكل واقعي فإن هذه القيود تتعارض مع بعضها البعض، حيث في معظم الحالات يتطلب إنهاء المشروع في وقت أقصر استثمارات أكبر وبالتالي كلفة أعلى وكذلك الأمر في حال طلب جودة تنفيذ عالية. لذلك يجب على الجهات ذات الصلة إيجاد حل عام مناسب عن طريق الموازنة بين تحقيق الأهداف الثلاثة.

وترتبط كفاءة المشاريع الهندسية ارتباطاً وثيقاً بإنتاجية المشاريع. إن اجتماع الكفاءة والفعالية يساهمان بتحقيق إنتاجية البناء [29].

حيث أن الكفاءة تعبر عن المخرجات الفعلية التي تم إنجازها منسوبة إلى المخرجات القياسية المتوقعة (عمل الأشياء بالشكل الصحيح).

أما الفعالية فهي درجة تحقيق الأهداف (عمل الأشياء الصحيحة).

إن كلفة إنخفاض الكفاءة في مرحلة البناء كبيرة خاصة عند الأخذ بالاعتبار أن صناعة البناء هي واحدة من أكبر الصناعات التي تساهم بالنتائج الإجمالي. وتشكل العمالة حوالي 40 - 60% من كلفة المنتج تبعاً لكمية العناصر المصنعة مسبقاً ونوعية المواد [28].

كما أن التخطيط الإضافي لرفع الكفاءة والإنتاجية سيأخذ وقت وكلفة إضافيين ولكن كلفة التغيير والتخطيط بوقت مبكر من المشروع وقبل البدء بالتنفيذ أقل بكثير من كلفة التغييرات والتوضيحات المطلوبة أثناء عملية التنفيذ.

3-1-2 العوامل التي تؤدي إلى انخفاض كفاءة مرحلة التشييد

- إن السبب الأكبر والأهم الذي يؤدي إلى إنخفاض كفاءة البناء وبالتالي إنخفاض بمعدلات الإنتاجية هو عدم التخطيط الجيد وعدم القدرة على السيطرة والتحكم بعمليات البناء. وقد أظهرت الدراسات بأن 35% من وقت العمال ضائع إنتظاراً للتعليمات أو المواد أو العمال الآخرين [6].
- الكفاءة لا تعني فقط السعي لتحقيق الإنتاج المطلوب فمن أجل تحسين الكفاءة, قد تلجأ الجهة المنفذة إلى الضغط على العمال وإجبارهم على العمل بمشقة، أو ربما تلجأ إلى التخلص من البعض منهم لتخفيض نفقات الإنتاج. فالكفاءة تعني العمل ببراعة وليس بجهد مضني [27].
- لا يمكن اعتبار العمل منتج لمجرد الانتاج أكبر قدر من الأعمال في أقصر مدة من الزمن , بينما لا تلقى تلك المنتجات قبولاً واستحساناً لدى الجهة المالكة.
- إن عدم مراقبة كفاءة وإنتاجية البناء يؤدي إلى عدم القدرة على تحليل أسباب انحراف النتائج عن الخطط الموضوعه.

3-1-3 طرق رفع كفاءة مرحلة التشييد

• التصنيع المسبق

إن تصنيع مكونات المبنى خارج موقع العمل يقلل من كلفة البناء لأنه يمكن التحكم ببيئة العمل ويمكن رصد النوعية عن كثب. إن التصنيع المسبق يزيد الإنتاجية في المعمل ولكنه يؤثر بشكل غير مباشر على إنتاجية ورشة البناء لأنه فقط يشمل العناصر التي تحتاج إلى تصنيع مسبق بالمعامل . بالمجمل فإن معدلات الكفاءة تزداد بمجمل المشروع.

إن شركات المنشآت المعدنية تسعى لتصنيع أكبر قدر ممكن من العناصر في المعامل من حيث التركيب واللحام والوصلات والتركيب لتقليل الوقت المستهلك فيما لو تم إنجازها بالورشة, حيث أن التصنيع بالمعمل أفضل وأسهل من حيث الأداء والفحص والتحقق من العناصر.

• التخطيط والتنسيق

إن شركات البناء تستخدم عدة أساليب بالإدارة لتحسين الأداء ولرفع معدلات إنتاجية وكفاءة مرحلة التنفيذ. وذلك عن طريق تحديد الأهداف وقياس النتائج والسير نحو التغييرات التي تحسن من العملية ككل. إن عملية التخطيط تستهلك وقت وموارد في مراحل مبكرة من المشروع، الأمر الذي يدعو معظم الشركات بالتردد في إنفاق المال قبل البدء بالعمل بسبب مشاكل التدفق النقدي. إن التخطيط والتنسيق يؤدي إلى الحد من التضاربات وتنظيم سير العمل، ويجب أن ينجز بمرحلة مبكرة من المشروع ويؤدي إلى رفع نسبة الالتزام بالجدول الزمني (Percent Plam Complete) والتي تعرف بعدد المهام التي التزمت بوقتها المحدد للإنجاز، وبالتالي فإن الانخفاض في تلك النسبة يدعونا أثناء سير المشروع إلى تعديل الجدول الزمني بما يتوافق مع الموارد والمهام لضغطه ما أمكن لتلافي الزيادة في الزمن من خلال الحد من الهدر في الوقت وإجراء التعديلات المناسبة. وقد وجد بأنه من خلال التخطيط المسبق لمرحلة التنفيذ فإن نسبة الالتزام بالجدول الزمني قد زادت بحوالي 40%-80% وبالتالي رفع كفاءة العمل ككل [29].

ويتم التخطيط المسبق للبناء من خلال العمل على البرنامج الزمني وتتبع الموارد والمهام المرتبطة وجداول البيانات وبرامج التحليل لمقارنة تكاليف وأزمنة أساليب البناء المختلفة، ومن خلال برامج مراقبة لتنظيم عملية التواصل. أما عملية التنسيق بالمرحل التي تسبق مرحلة التنفيذ فتتم عادةً بدمج المخططات ثنائية الأبعاد لتحديد التضاربات بالتخصص الواحد أو بين التخصصات المختلفة.

• الحد من الهدر

يعرف التنفيذ الانسيابي (Lean Construction) على أنه أسلوب الإدارة الذي يحد ويقضي على الهدر في البناء [29] ويعتبر أي نشاط لا يساهم بشكل مباشر بالوصول للمنتج النهائي هو هدر وينبغي التخلص منه.

إن التحسين في عملية الإنشاء لا تشمل المنتج فقط وتعتبر أي نشاط لا يضيف قيمة للمالك هو هدر. غالباً ينتج الهدر عن التداخل بين المهام بسبب ضعف التنسيق. وتساهم أنظمة BIM بكشف التضاربات بين المهام من خلال المحاكاة الرقمية قبل أن تصبح تلك التضاربات على أرض الواقع.

وبالتالي نجد أن معدل رفع كفاءة العمل يتوقف على ما يلي:

- درجة التطور التكنولوجي والاستغلال الأمثل للموارد المتاحة.
- الأيدي العاملة المدربة والمؤهلة التي تساهم بتقليل الفاقد من الانتاج.
- أساليب الرقابة على الجودة.
- تحسين مواصفات المنتج لتقليل المرفوض.

- رفع الطاقة الإنتاجية من خلال القضاء على توقفات العمل وزمن الانتظار .
- التصنيع المسبق
- الجدولة الزمنية الجيدة والتنسيق فيما بين المهام.

2-3 أنظمة نمذجة معلومات البناء وقياس الكفاءة

1-2-3 علاقة BIM بتحسين الكفاءة

إن إدارة معلومات البناء أصبحت أكثر صعوبة بالسنوات الأخيرة وتعقدت أنظمة البناء. في الماضي وقبل تطور أشكال البناء وتعقيدها كان شكل المبنى النهائي يتكون بذهن الجهة المنفذة التي تتجز على هذا الأساس. أما في الوقت الحالي فلا يمكن لشخص وضع تصور كامل عن العلاقات المكانية والمتطلبات لجميع جوانب المبنى. إن التنسيق بين جميع التخصصات المشاركة بعملية البناء ليس بالأمر السهل باستخدام المخططات ثنائية الأبعاد كون المعلومات غير مركزية وآلية التواصل والعلاقات المكانية بين العناصر أكثر صعوبة من ذي قبل.

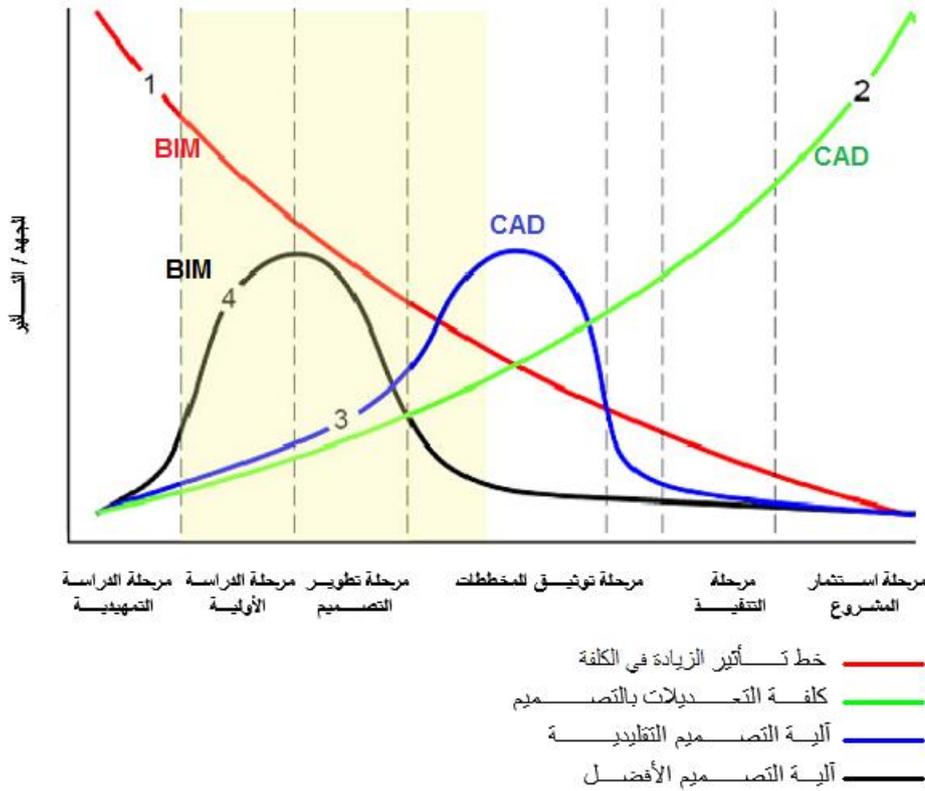
إن أنظمة BIM طورت مفهوم الكيان الواحد الذي يسهل عملية التصور والتخطيط. ويمثل الكيان مجموعة التخصصات المختلفة التي تبين عناصر المبنى كاملة وآلية العمل بغية الوصول للفكرة التصميمية المنشودة والتي توفرها برمجيات BIM.

ومن أهم ميزات أنظمة BIM أنها تتطلب التخطيط والتصميم الجيد وبمرحلة مبكرة من المشروع، الأمر الذي يزيد معدلات الإنتاجية ويحسن الكفاءة بشكل واضح. إن الشكل (3-1) يوضح كيف أن أنظمة BIM تفرض اتخاذ قرارات مبكرة للمشروع بالوقت الذي تنخفض فيه تأثيرات ارتفاع الكلفة (المنحني 1). حيث أنه يتطلب تطبيق أنظمة BIM جهد وكلفة مرتفعة نسبية مقارنة بأنظمة CAD، وينخفض تأثير منحنى الزيادة في الكلفة مع الزمن نظراً لتحقيق التنسيق والتخطيط بمراحل مبكرة وتلافي أوامر التغيير واستفسارات الجهة المنفذة وإعادة العمل خلال مرحلة التنفيذ وبالتالي تحقيق الإدارة الأمثل للتغيرات في التصميم. وعندما تكون ومخططات البناء ثلاثية الأبعاد فإن احتمال وقوع التضاربات ينخفض بشكل ملحوظ ويزداد التصور وضوحاً عن شكل المبنى وسير العمل من خلال النموذج الإلكتروني المحاكي للواقع. الأمر الذي يؤدي إلى تخفيض الأخطاء من خلال التنسيق بين عناصر البناء ككل. وبالتالي تخفيض زمن المشروع من خلال تقليل كمية التأخير وإعادة الأعمال التي ظهرت فيها تلك المشكلات أثناء مرحلة التنفيذ.

كما يوضح المخطط الفرق بين الجهد المبذول بين أنظمة CAD وأنظمة BIM. حيث أن الجهد المبذول بأنظمة BIM يتركز بالمراحل الأولية من العمل وبعملية تطوير التصميم (المنحني 4) بينما من خلال أنظمة CAD

فتركز الجهود الأكبر بتنسيق وتوثيق المخططات وضمان مطابقتها (المنحني 3). ومع ذلك نجد أنه رغم كل الجهود المبذولة لمطابقة مخططات CAD يظهر عدد كبير من التغيرات والأخطاء التصميمية خلال مرحلة التنفيذ مما يسبب إرتفاع بالكلفة (المنحني 2).

إن الحالة الدراسية التي درست بهذا البحث (مبنى سكن الأطباء والمرضات) في الفصل الرابع توضح كمية الوفورات في الزمن والكلفة في حال تطبيق أنظمة BIM وتلافي الأخطاء والسهو والتضاربات وضعف التصور.



الشكل (1-3) تأثير الكلفة لمنحني التصميم الأيسر

Source : [CURT WP 1202, August 2004]

إن إنفاق الجهد والمال بمرحلة التخطيط للمشروع لها تأثير مباشر على الكفاءة بمرحلة التنفيذ وعلى ربحية المشروع بأكمله. بالرغم من ذلك فمن الصعب المعرفة بالضبط قيمة الوفر المجني باستخدام أنظمة BIM كما هو موضوع الصحة الجسدية التي توصي دائماً بالوقاية خير من العلاج. إن تدني الكفاءة بمرحلة التنفيذ يعد مصدر قلق كبير للمقاولين حيث أن تقييم العمل يقاس بمدى إنتاجية طاقم العمل. بالتالي هناك علاقة عكسية بين زيادة إمكانيات التخطيط واتخاذ القرارات بالمراحل المبكرة وبين خفض التضاربات والتأخير وإعادة العمل الناجم عن سوء التصميم والأخطاء التي تؤدي إلى زيادة تكاليف العمالة والمواد.

ومن المتوقع ارتفاع عدد مستخدمي أنظمة BIM بصورة كبيرة وخاصة للشركات التي تستخدم أنظمة BIM بالطرق الأمثل [30]. حيث أنها لمست زيادة بجودة البناء وتخفيض للكلف والحصول على تصاميم أكثر إبداعاً.

وقد صممت مشاريع رفيعة المستوى مثل ستاد الألعاب الأولمبية الشكل (2-3) Beijing Olympic National Stadium (the Bird's Nest) الذي صممه Herzog & de Meuron وقاعة الحفلات بدزني في لوس أنجلوس التي صممها Frank Gehry الذي أبدع بتصميمها بتشكيلات أكثر تعقيداً كانت لم تكن بدون استخدام أنظمة BIM.



الشكل (2-3) ستاد الألعاب الأولمبية (the Bird's Nest) Beijing Olympic National Stadium

هناك بعض الشركات وعند اعتماد أنظمة BIM أطلقت شعار " الشركات التي حولت إلى BIM لا يمكنها العودة إلى 2-D " [31]. بالمحصلة فإن أنظمة BIM ستصبح جزءاً أساسياً من الهيكل التنظيمي للتصميم والبناء والتشغيل بما في ذلك جميع جوانب دورة حياة المبنى، وينبغي تضمين جميع المعلومات المتضمنة بالمشروع لإمكانية إيصالها إلى أي طرف يحتاجها [6].

2-2-3 القيمة الفعلية لتطبيق أنظمة BIM

يمكن أن تواجه اعتماد التكنولوجيا الجديدة البطء بالتطبيق والصعوبات المرافقة لها، بالتالي فلن يطبق إلا عندما تقتضيها اللوائح الحكومية ورغبات الجهة المالكة أو عندما يتسم بمزايا اقتصادية لا يمكن إنكارها رغم العناء المبذول والتدريب المحتاج وكلفة تطبيق تلك التكنولوجيا. إن العديد من الجهات المالكة تطلب نماذج حية تعبر عن مشروعاتها لإيصال الفكر التصميمي وتحديد متطلباتها كما أن المقاولين والجهات المنفذة أصبحت تطالب بالمشاركة بالعمل منذ البداية وإقامة اجتماعات دورية مع كل أطراف المشروع لحل المشكلات التصميمية والتضاربات بمرحلة مبكرة قبل التنفيذ وخاصة للأعمال الميكانيكية التي هي غالباً المسبب الأكبر للتضاربات. إن مدراء المشاريع عندما يفكرون في اعتماد مثل تلك التكنولوجيا غالباً يسعون لمعرفة كلفة تطبيق BIM والوفورات الناجمة عن ذلك التطبيق. وتظهر القيمة الفعلية لأنظمة BIM من خلال مقدار الكلفة الذي يمكن توفيره عن طريق زيادة الكفاءة في العمل. ولتأكيد تلك القيمة فعلياً يجب الاعتماد على حالات مدروسة والتي

توضح قيمة الوفر في الكلف والزمن. إن حداثة أنظمة BIM تجعل من الصعب تحديد القيمة الفعلية المجناة من تطبيقها لذا يصعب على أصحاب المشاريع التنبؤ بالعائد المتوقع على الاستثمار (Return on Investment) (ROI).

3-2-3 تأثير الوفر الناتج عن تطبيق أنظمة BIM على عوامل كفاءة البناء.

إن التطبيق الصحيح لأنظمة BIM يخفض من الأخطاء في التصميم والبناء وبالتالي تنخفض عدد طلبات الاستفسار من قبل الجهة المنفذة وأوامر التغيير الناجمة عن الأخطاء والسهو والتضاربات والتي تتحدر إلى أقل النسب [22]. وتكمن الزيادة بمعدلات الإنتاجية من خلال تخفيض الوقت الناجم عن الأعمال التي لا تساهم مباشرة بالوصول للمنتج النهائي. حيث أن تخفيض الزمن لا يتم عبر إضافة موارد جديدة ولكن عن طريق استخدام الموارد بكفاءة أكبر من خلال التخطيط الأمثل بالاستعانة بأدوات BIM.

ولفهم صافي الوفورات يجب أولاً معرفة الكلفة الإضافية الناجمة عن تطبيق أنظمة BIM والجهود المبذولة بالمرحلة التمهيديّة للمشروع. ثم يجب إجراء مقارنة لمشاريع متماثلة باستخدام أنظمة BIM وفي حال استخدام الطرق التقليدية المتبعة من حيث تقادي زيادة الكلفة والوفر الناجم عن ارتفاع معدلات الإنتاجية وذلك لتحديد القيمة الفعلية لممارسات BIM. ومنها يمكننا تحديد القيمة الفعلية للوفر الناجم عن تطبيق أنظمة BIM الأمر الذي يساعد على تقدير الكلف والميزاتيات بصورة أدق .

وكما ذكرنا آنفاً، فإن التقييم العام للوفر الناجم عن تطبيق BIM يعتمد بشكل كبير على كمية التغيرات التي سيتفادها قبل مرحلة التنفيذ. إن معظم مستخدمي BIM وبالرغم من اختلاف البرمجيات والأدوات قد حددوا الوفر بالكلفة تقريبا بين 10% - 30% من الكلفة الكلية للمشروع كما يلي [32]:

- ارتفاع إنتاجية العمالة بمعدل (15% إلى 30%) نتيجة استخدام BIM.
- انخفاض عدد المهندسين والرسامين بمعدل 47% وتخفيض الوقت اللازم لعملية التصميم وإدارة المشاريع.
- وصلت نسبة العائد على الاستثمار من استخدام BIM بحدود (11% إلى 30%).

3-3 مؤشرات الأداء الرئيسية بمرحلة التشييد

3-3-1 تعريف مؤشرات الأداء الرئيسية المؤثرة على كفاءة البناء

تستخدم مؤشرات الأداء الرئيسية لمراقبة أداء طواقم عمل الجهات المنفذة من قبل مدراء التنفيذ في شركات البناء. تختلف أهمية المؤشرات حسب استراتيجية الشركات وأهدافها . ولكن تتبع الكثير من التقارير حول الأداء يمكن أن يصرّف الانتباه عن الأهداف الأساسية للمشروع. وبالتالي إذا اعتبرنا الكثير من المؤشرات هي مؤشرات رئيسية "Key Performance Indicators or KPI" فلن تصبح تلك المؤشرات هي مؤشرات رئيسية. لذا يجب تتبع ومراقبة أكثر المؤشرات تأثيراً على كفاءة مرحلة التنفيذ.

3-3-2 معايير مؤشرات الأداء

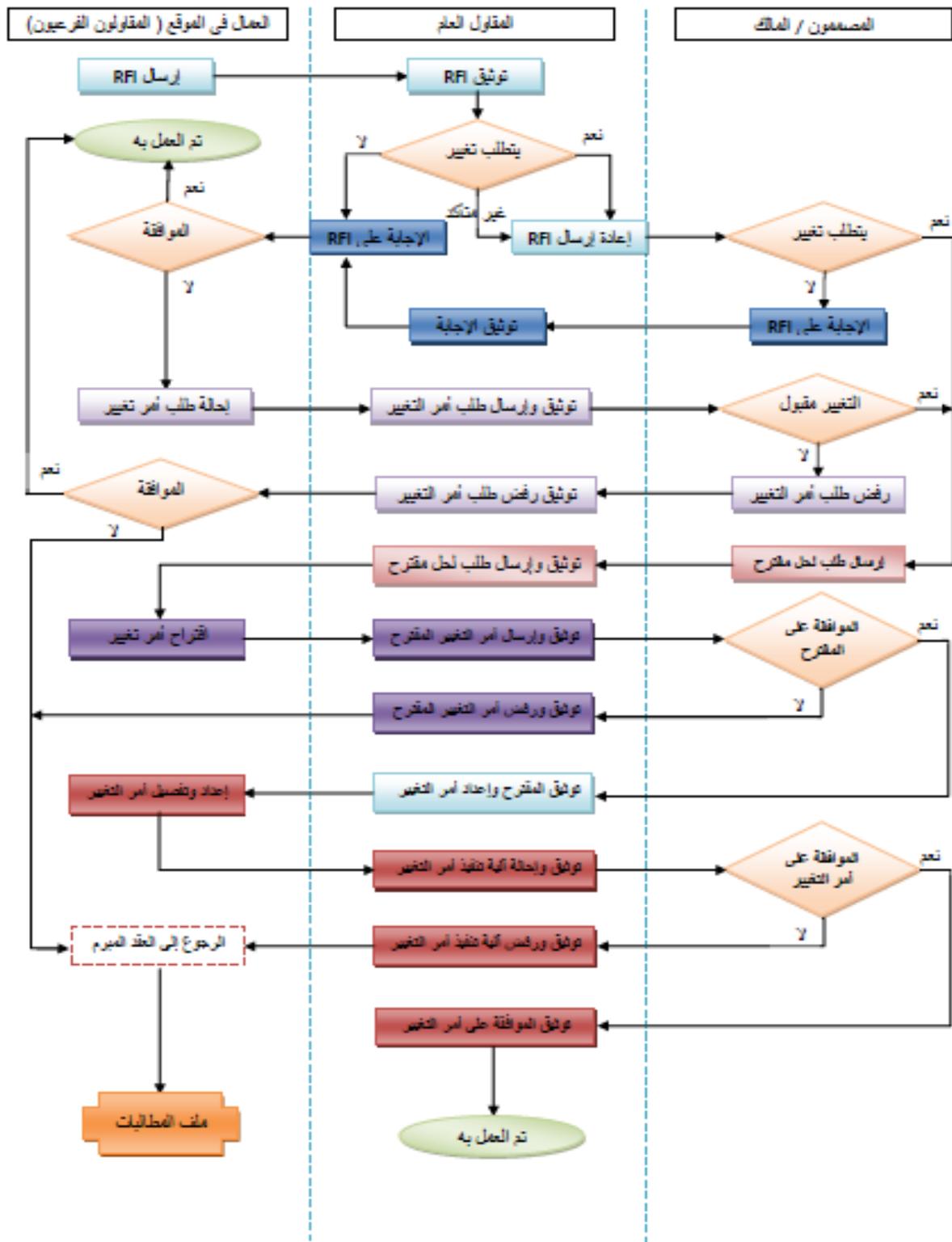
قام الباحث بالبحث بالمعايير التي تتطابق مع أهداف وسير البحث وهي:

3-3-2-1 المعلومات المطلوبة من الجهة المنفذة (RFI) Request For Information

وهي الاستفسارات المرسلة من قبل المقاول إلى المصمم أو المالك بغية توضيح الأجزاء الغامضة في المخططات أو المواصفات أو في حال التباس الأمر عند الاختلاف بين المخططات.

وقد قام الباحث بالرجوع إلى المرجع [12] بترتيب منهجية ظهور المشكلة بمرحلة التنفيذ بدءاً من الاستفسارات من الجهة المنفذة وصولاً إلى المطالبات كما هو مبين بالشكل (3-3)، حيث يتم اكتشاف المشكلة بداية من عمال الموقع وترفع المشكلة إلى المقاول العام الذي ويعتبر صلة الوصل بين الجهات الأخرى والموقع من حيث طلب المعلومات المراد توضيحها. ويقوم بالتحقق من الاستفسار المرسل والإجابة عليه أو إرساله للجهة الاستشارية أو المالك للتحقق منه في حال عدم المقدرة على الإجابة أو التوضيح. تقوم الجهة الاستشارية بالتحقق من الاستفسار وإرسال التوضيحات والنواقص إلى عمال الموقع عن طريق المقاول العام. وفي حال عدم كفاية الإجابة بحل المشكلة، يقوم الجهة المنفذة بإعادة إرسال طلب على شكل أمر تغييرى والذي يوثق من قبل المقاول العام. وفي حال الموافقة على الأمر التغييرى تقوم الجهة الاستشارية بإرسال طلب لحل مقترح للمشكلة للجهة المنفذة. والتي بدورها تقترح الحل وتوثقه عن طريق المقاول العام وترسله مرة أخرى إلى الجهة الاستشارية. وفي حال تمت الموافقة على المقترح، يتم إعداد وتفصيل آلية معالجة الأمر التغييرى الحاصل ويوثق ويوافق عليه. وفي حال عدم الموافقة على الأمر التغييرى أو آلية العمل به، فيتم الرجوع إلى العقد المبرم ويضاف ذلك إلى ملف مطالبات المشروع.

ويعبر عدد المعلومات المطلوبة من الجهة المنفذة على مستوى وضوح واكتمال المخططات والمواصفات . وغالباً فإن وقت الإجابة على استفسارات الجهة المنفذة يكون أكبر من الوقت المبذول لتحسين وتوضيح المخططات خلال مرحلة التصميم. وقد أشارت معظم الشركات التي بدأت باستخدام أنظمة BIM إلى تدني كبير بعدد المعلومات والتوضيحات المطلوبة من الجهة المنفذة الأمر الذي يؤدي إلى زيادة إنتاجية البناء وتخفيض الأعمال الورقية .



الشكل (3-3) مراحل العمل بطلب المعلومات من الجهة المنفذة وصولاً لأوامر التغيير والمطالبات [12] source

وقد أشارت معظم الحالات الدراسية والمشاريع المطبق عليها أنظمة BIM انخفاض كبير بعدد المعلومات المطلوبة والتوضيحات من قبل الجهة المنفذة . ففي مشروع Washington National's stadium البالغ كلفته الكلية 611 مليون دولار والذي استخدمت فيه أنظمة BIM بدل الطرق التقليدية وثقت إدارة المشروع عدد طلبات الاستفسار التي بلغت أقل من 100 طلب للهيكل المعدني للمشروع بينما كانت متوقع إن تصل عددها من 1000 إلى 10000 طلب استفسار في حال تطبيق الطرق التقليدية في التخطيط والتصميم [34].

وتصنف طلبات الاستفسار من الجهة المنفذة RFI إلى ما يلي:

• إستبدال / تغيير في العناصر

- خلال مرحلة تقديم العروض فإن التعديلات في عناصر البناء أو استبدال المعدات يجب أن يرسل إلى المصمم قبل 10 أيام على الأقل من فض العروض . أما خلال مرحلة التنفيذ فالتعديلات بعناصر البناء يجب أن تتم بأسرع مايمكن لتجنب الهدر في الوقت والعمالة وإرفاق الحلول بالشكل المناسب وإلا فيجب على المهندس العودة إلى المقاول لإيجاد الحلول المناسبة
- لايقوم المهندس بأي تعديل إلا اذا تلقى الطلب الموثق من المقاول بخصوص التعديل
- يجب على المقاول أثناء عملية توثيق التعديل تحديد المواصفات أو المخطط المتضمن التعديل المطلوب. وسبب التعديل بالإضافة إلى التأثيرات على الكلفة والزمن.

• توضيحات أو إضافة معلومات جديدة.

- يجب مراجعة طلبات المعلومات وترميم النقص فيها وإعادة إرسالها في حال عدم الوضوح والاكتمال.
- يجب تحديد مدى تأثير تلك التوضيحات أو المعلومات المضافة على الزمن والكلفة خلال مرحلة التنفيذ .
- لايجوز القيام بأي عمل إلا بعد الاتفاق على الزمن والكلفة الناجمتين عن تلك التعديلات.

• نقص في عناصر البناء أو مخططات البناء التنفيذية.

- إذا كان هناك نقص في بعض عناصر البناء أو بالمخططات التنفيذية يجب على المهندس ترميم النقص وتوثيقه وإحالته إلى المقاول.
- ويجب أن يتم التعديل بأسرع وقت ممكن من تاريخ اكتشافه خلال مرحلة التنفيذ.
- إن النقص بعناصر البناء يؤول إلى المقاول بطلب مقترح حول آلية حل تلك المشكلة.

3-3-2-2 تقدير كلف البناء

إن عملية تقدير الكلفة هي التنبؤ بالكلفة الإجمالية للمشروع وتعتبر من مسؤولية المقدر الذي يساعد صاحب المشروع بمعرفة مدى كلفة المشروع والتخطيط المناسب له [3]. وتعتبر عملية تقدير الكلف من المهام الأساسية لإعداد ميزانية المشروع من أجل طرحه للتعاقد والتنفيذ. وتعتمد جودة عملية تقدير الكلف على عدة عوامل تتضمن الزمن المستهلك بعملية تقدير الكلف وخبرة المقدر [2] وتشمل عملية تقدير الكلف جمع وتحليل وتلخيص كل البيانات المتاحة بالمشروع.

وهناك ثلاثة أنواع من تقديرات الكلف المستخدمة خلال مراحل المشروع وهي موضحة بالجدول (1-3) أدناه.

نوع الكلفة المقدر	المرجع المعتمد في التقدير	درجة الدقة المطلوبة
أولية	الدراسة الأولية (الكروكي)	تقريبي
تقديرية	الدراسة النهائية	$\pm 5-10\%$
النهائية	المخططات التنفيذية ودفاتر المساحة	دقيقة 100%

الجدول (1-3) أنواع تقدير الكلف خلال مراحل المشروع

[المصدر : تكنولوجيا الإنشاء د. عبد الكريم الشامي]

وكون المقاولون يستخدمون أساليب وتقنيات مختلفة بالعمل لذا يجب أن يتمتع المسؤول عن تقدير الكلف بالخبرة والمعرفة والإبداع لنجاح العملية. وتتم عملية تقدير الكلف من خلال خطوتين أساسيتين وهما:

1- تقدير وحساب الكميات

2- التسعير

ويتم وضع معايير لتصنيف كميات البناء ومن ثم حساب كميات عناصر المبنى ومن ثم تحليل كلف العناصر من خلال كلفة الواحدة من المادة متضمنة العمالة والمعدات والآليات والمواد وفقاً للإنتاجيات وأسعار كل منها على حدة.

التحول في عملية تقدير كلف البناء باستخدام BIM

إن إطراف المشروع وخاصة الجهات المالكة والمصممة وخلال دورة حياة المشروع وخاصة بالمراحل الأولية بحاجة لحسابات سريعة للكلفة والجدوال الزمنية للمشروع وبحاجة لوسائل تدعم إتخاذ قراراتها باختيار البدائل المتعددة في مجال تصميم البناء. إن أنظمة البناء الحالية المعتمدة على الأنظمة التقليدية المستخدمة المخططات ثنائية الأبعاد لا تعتبر كافية في تلبية احتياجات المشروع لأنها تتطلب من المستخدم الذي يقوم بعملية تقدير

الكلف وقت كبير لإيجاد المخرجات المطلوبة والتي تستند غالباً على العمليات اليدوية التي هي عرضة للخطأ والسهو.

ومع تزايد التعقيد بمشاريع البناء والقيود المفروضة بشأن تسليم المشروع ضمن الزمن والكلفة المحددتين جعل الأمر أكثر صعوبة بإدارة معلومات البناء وتسليم المشروع ضمن الزمن والكلفة المحددة [35].

إن أنظمة نمذجة معلومات البناء BIM باتت نكتسب شعبية وتعد بالتصدي لتلك التحديات. إن أدوات BIM تصنف إلى نوعين

1- أدوات مستقلة : تتسم بأنها تعطي مخرجات متكاملة دون الاستعانة بأدوات أخرى (التقارير - المخططات - الكميات - تفاصيل البناء - المواصفات..)

2- أدوات مرتبطة : هي الأدوات التي تتطلب توجيه المخرجات والربط مع أدوات أخرى للحصول على المخرجات المتكاملة (مثل تصدير الكميات من برمجيات BIM إلى برمجيات تقدير الكلفة - أو النموذج الإنشائي بحمولاته إلى برمجيات تحليل الهيكل الإنشائي...)

إن أدوات BIM لحساب الكميات هي الأدوات التي تعطي المخرجات المطلوبة من خلال استخراجها من نماذج BIM. وتعتبر كل أدوات BIM فعالة لاستخراج أعداد العناصر وحجوم ومساحات الأماكن وكميات المواد .

وتعتبر عملية حساب الكميات الهامة بالنسبة لجميع أطراف المشروع خلال دورة حياة المشروع. الأمر الذي أدى إلى ظهور الكثير من الأدوات التي تخدم هذا المجال والتي تحسن من كفاءة العمل.

ومع ذلك فإن تلك الأدوات عملياً وباستخدام الطرق التقليدية لاستخراج الكميات من المخططات ثنائية الأبعاد مازالت تعتمد على أساليب الحساب اليدوية أو الشبه يدوية من المخططات المطبوعة أو الالكترونية. والتي هي عرضة للخطأ ولضياع الكثير من الوقت.

إن برمجيات BIM والتي نذكر منها , Buildsoft , Autodesk , Tocoman , Innovaya , VICO , Digital Alchemy , Construction software , Gala , Nomitech تقدم ميزات أدوات BIM لأفضل الطرق باستخراج الكميات والحصول على تقدير أمثل للكلفة. [35]

وقد وجد المستخدمون مستوى عالي من المخرجات لأدوات BIM بسبب التحديثات الديناميكية المستمرة للنموذج الإلكتروني. حيث تحولت المخرجات من مخططات وصور إلى عناصر تظهر بالمناظير المختلفة وتسمح بتخزين كافة خصائص تلك العناصر.

وتتسم نماذج BIM بما يلي:

- 1- تمثيل مكونات البناء من خلال النماذج الذكية المترابطة بالطريقة والمكان الصحيحين من خلال قواعد رسومية بارامترية. فعلى سبيل المثال لرسم باب فإنه فقط سيرسم بحالة وجود جدار يرتبط معه Host element ولا يمكن رسم باب وربطه مع الاسقف مثلاً.
- 2- إن البيانات المنسقة والمتكاملة وغير المكررة تؤدي إلى إدارة جيدة للتغيرات من خلال ترابط المخططات.
- 3- تتضمن مكونات البناء البيانات التي تصف العناصر لغايات التحليل والإجراءات الأخرى . مثل المواصفات والكميات وتقدير الكلف وغيرها.

وهناك ثلاث خيارات أساسية لتطبيق أنظمة BIM لاستخراج الكميات ودعم عملية تقدير الكلفة وهي: [2]

- تصدير الكميات من برمجيات BIM إلى برمجيات تقدير الكلفة

إن معظم أدوات أنظمة BIM تشمل إمكانية استخراج الكميات والتي تتضمن أيضاً إمكانية تصدير الكميات إلى قاعدة بيانات خارجية أو إلى جداول بيانات محددة ومنها Win QS – CostX – QTO و Easy Tender – QS Plus وغيرها من البرمجيات المختصة بحساب الكميات وتقدير الكلف. ويعتبر برنامج مايكروسوفت إكسل Microsoft Excel™ من البرامج المستخدمة والشائعة والتي تصدر كميات البناء إليها برمجيات BIM (مثل برنامج Revit) لتصدير الكميات المستخرجة من النموذج المنشأ إليها. إن هذا النوع من تصدير المخرجات يؤدي إلى دقة أكبر بالكميات وبمرحلة مبكرة من المشروع. مع العلم أن هذا النهج يتطلب نمذجة صحيحة ومتكاملة للحصول على المخرجات المطلوبة لعملية تقدير الكلف وتحضير الكشف التقديري للمشروع .

- الربط المباشر بين برمجيات BIM وبرمجيات تقدير الكلفة

إن البديل الثاني لتقدير الكلفة هو استخدام أدوات BIM والتي يمكنها الربط المباشر لعناصر المبنى مع برامج تقدير الكلف والتي تعرف بالوظائف الإضافية plug-in , إن العديد من أدوات تقدير الكلف ومع تطور BIM أصبحت تقدم هذا النوع من المكونات أو الوظائف الإضافية للربط المباشر لمكونات البناء معها. الجدول (2-3) أدناه يوضح بعض من تلك الأدوات وبالتالي طورت عملية الربط المباشر مع برمجيات BIM والتي تسمح للمستخدم بربط عناصر البناء بأدوات ومواصفات برامج تقدير الكلفة.

اسم المنتج	الشركة المصنعة	الاستخدامات المتاحة مع أنظمة BIM	الموقع الإلكتروني للمصدر
Success Estimator	U.S. Cost	تقدير الكلفة	www.uscost.com
Graphisoft Estimator	Graphisoft	تقدير الكلفة	www.graphisoft.com
Innovaya	Innovaya	تقدير الكلفة	www.innovaya.com

الجدول (2-3) الوظائف الإضافية المتاحة لتقدير الكلف

وبذلك يتم الحصول على مستوى عالي من المعلومات المترابطة والمتزامنة مع النموذج المنشأ إضافة إلى تلافى النقص لأي خاصية من خصائص العناصر المنمذجة والتي تلزم بعملية تقدير الكلف.

• الأدوات المستقلة لحساب الكميات

البديل الثالث هو استخدام أداة متخصصة لحساب الكميات والتي تستورد بياناتها من برمجيات BIM . ومن ميزات هذا البديل هو أن المستخدم يمكنه اختيار أداة حساب الكميات التي تتوافق مع احتياجاته والتي اعتاد على استخدامها دون الحاجة إلى تعلم ومعرفة كل الميزات وامكانيات برمجيات BIM. والجدول (3-3) يعطي أمثلة عن تلك البرمجيات مع الشركات المصنعة.

اسم المنتج	الشركة المصنعة	الاستخدامات المتاحة مع أنظمة BIM	الموقع الإلكتروني للمصدر
QTO	Autodesk	حساب الكميات	www.autodesk.com
Exactal	Exactal	حساب الكميات	www.exactal.com
Innovaya	Innovaya	حساب الكميات	www.innovaya.com
Takeoff Manager	Vico	حساب الكميات	www.vicosoftware.com
OnCenter	OnCenter	حساب الكميات	www.oncenter.com

الجدول (3-3) برمجيات حساب الكميات

ويمكن لتلك البرمجيات إضافة ملاحظات على عناصر المبنى وإنشاء المناظير المختلفة لتوضيح الكميات المحددة للعناصر. حيث أن المستخدم يقوم بتجميع عناصر البناء وتتم نقل بيانات العناصر البعدية ومواصفاتها إلى برمجيات حساب الكميات ولمواصلة عملية التسعير. إن التحقق البصري لكافة عناصر البناء يقلل من احتمالية نسيان العناصر وخاصة في المشاريع الكبيرة. ولكنها بالمقارنة مع الربط المباشر بين عناصر المبنى المنمذج وبين برمجيات تقدير الكلف نجد أن هذا البديل يستغرق وقت أطول لاستخراج المعلومات المطلوبة من نموذج BIM وتجميعها وإعدادها لعملية التسعير.

مع العلم أنه بكل الحالات آنفة الذكر يمكننا إما بدء العمل بالتصميم باستخدام برمجيات BIM أو تحويل مخططات الرسم الالكترونية إلى برمجيات BIM (إما تصدير أو ربط مباشر) وذلك لعناصر المبنى ومناسيب الموقع العام (وبالتالي يمكننا استخلاص أوتوماتيكي لكميات الحفر والردم) وكذلك يمكن تحويل المخططات الورقية إن لم تتوفر الالكترونية إلى برمجيات BIM مثل برنامج Dprofiler من خلال عمل scan للمخططات الورقية وتحويل الخطوط المرسومة إلى عناصر ثلاثية الأبعاد ذات خصائص محددة.

3-2-3-3 أوامر التغيير (CO) Change Order

يعرف التغيير بأنه أي إضافة أو حذف أو تعديل بالنطاق العام لعقد البناء مما يخلق الحاجة لإعادة العمل وتغييرات بتسلسل الجدول الزمني كتأخير أو تسارع بعض المهام الأمر الذي يؤدي إلى انخفاض كفاءة مرحلة التنفيذ [21]. إن التغيير يؤدي أيضاً إلى زيادة كلفة المشروع من خلال زيادة الكلف المباشرة للعمالة وبنشاً تباطؤ بالعمل وإطالة للمخطط الزمني المقدر وبالتالي زيادة في النفقات العامة والإدارية , الأمر الذي يؤدي إلى تقليل الربحية للمقاول بنسبة كبيرة وتخفيض العائد على الاستثمار للمالك.

إن أمر التغيير هو عمل يحدد ويبرر تغيير عقد المشروع من خلال تغيير بالزمن المحدد له أو الكلفة أو كليهما معاً والذي ينتج غالباً عن طلبات الاستفسار من المقاول RFI .

إن عدد أوامر التغيير يدل غالباً على كمية التضاربات والكلفة المرتبطة بالتأخيرات بسبب قلة المعلومات المطلوبة لعملية البناء وتغيير العمل أو إعادة العمل وذلك بعد اكتشاف المشكلة وحلها. حيث أن المشاريع الإنشائية أثناء تنفيذها تصادف العديد من الصعوبات والمشاكل غير المتوقعة في مرحلة التصميم. وفي بعض الحالات تكون هذه المشاكل نابعة من التصميم ذاته. وفي معظم الأحيان يلجأ المهندس الاستشاري أو المشرف إلى الاجتهاد في حلّ هذه المشاكل من خلال التعليمات التي يصدرها إلى المقاول على هيئة أوامر تغيير Change Orders بسيطة محدودة أو كبيرة شاملة. وعادة ما يقود ذلك إلى مطالبات للمقاول Contractor's claims ، مادية أو زمنية، أو كلاهما معاً. وهذا بدوره يؤدي إلى زيادة غير منظورة في كلفة المشروع ومدته بالنسبة لمالك المشروع. ويكون أمر التغيير إما موجباً (أي إضافة مالية للمقاول) أو سالباً (أي حسم أو خصم مالي من المقاول) من القيمة التعاقدية الكلية للمشروع، ويتم ترقيم أوامر التغيير ثم تجميعها لتضاف قيمتها الكلية النهائية الى التعاقد الكلية للمشروع. ويعزى أمر التغيير للأسباب التالية [36]:

- الظروف الخاصة بالبناء والموقع.

- التغييرات بالتشريعات بعد إبرام العقد مع المقاول.

- الأخطاء والسهو بالتصميم

غالبا ماتكون اوامر التغيير الناجمة عن الخطأ والسهو هي بالمخططات من حيث الأبعاد غير الصحيحة أو غير المتناسقة أو التداخلات المكانية أو الحاجة إلى وقت وإلى المعلومات المحتاجة لعملية البناء لتلاقي الاحتياجات المطلوبة. وتحدث هذه التغييرات غالباً إما نتيجة عدم كفاية عملية التصميم أو عند تغيير ببعض

الأجزاء في البناء دون أن ينعكس ذلك التغيير على بقية المخططات والتخصصات بسبب ضعف عملية التواصل والتنسيق فيما بينهم.

- عدم توافر بعض المواد أو المعدات.
- مقترحات متعلقة بهندسة القيمة: والتي اقترحت بعد بدء التنفيذ بتغيير بعض مواصفات عناصر البناء.
- اختلافات في المستندات التعاقدية : نظراً لظروف سرعة انتهاء أعمال التصميم سواء المعمارية في الفكرة التصميمية (Conceptual stage) او في المخططات التنفيذية يكون وبسبب تلك السرعة والضغط في العمل لدى مكاتب التصميم نجد في اثناء التنفيذ بعض التضاربات والاختلافات (Discrepancies) بين تلك المستندات بعضها عن بعض . فما نجده في المخططات يكون مختلفاً عنه في المواصفات أو في جداول الكميات وتوصيفها وبالتالي يقوم المقاول بتنفيذ ما يجد نفسه قد وضع سعره على أساسه من تلك الاختلافات ونجد أن المشرف غالباً ما يطلب المواصفات الأفضل لصالح المشروع وبالتالي يتم اللجوء إلى أوامر التغيير لسد تلك الثغرة وهذا يكون بعد تدقيق في كل المستندات عن البند الذي يمكن ان يكون فيه أمر تغيير من حيث أحقية المقاول في أخذ امر التغيير من عدمه إستناداً على مستندات التعاقد جميعها.
- تطوير وتعديل بمخططات بالمشروع: Modifications

يكون في الكثير من المشاريع تعديلات وتطويرات للتصميمات الاصلية للمشروع وذلك يكون لاجد سببين:

- ✓ تطوير الفكرة لدى ممثل المالك او المشرف بشكل فني خاص به.
- ✓ بناء المشروع على أرض الواقع مما يسمح لممثل المالك (خصوصاً ان لم يكن مهندس) بان يرى الفراغات والتفاصيل على الطبيعة مما يجعله احياناً يطلب تعديلات ضرورية من وجهة نظره لاهميتها الوظيفية والتي لم يكن يستشعرها وهي مخططات.

- طلب زيادة او امتدادات بالمشروع: Extension

وهي حاجة المشروع الى أعمال ضرورية غير مدرجة بجداول الكميات بالعقد وهو ما يسمى بنود مستحدثة وفيه نرى طلب المالك زيادة في بعض اجزاء المشروع او امتدادات جديدة غير منصوص عليها بالعقد وللزيادة نوعان:

1- زيادة لها اسعار في جداول الكميات ويتم التقيد بتلك الاسعار في حدود النسبة المسموح بكميتها في العقد، ومازاد عنها فيكون من حق المقاول ان يضع سعراً لها جديد.

2- زيادات ليس لبنودها اسعار بجداول الكميات وهي التي يقدم فيها المقاول أسعاراً حسب السوق ويتم تدقيقها من المشرف حسب ما ينص عليه التعاقد مثل وجوب تقديم 3 أسعار من السوق، ويجب إرفاق مواصفات وكتالوجات ورسومات وتفاصيل البند المستحدث مع العرض، ويتم تدقيق الأسعار وكميات الزيادة من المشرف.

- استبدال بنود: Replace

يحدث احيانا ان يتم استبدال بعض البنود بنود اخرى مثل ان تكون مناطق خضراء ويتم استبدالها حسب رؤية ممثل المالك باسفلت او مواقف وغيرها.

وهنا يجب ان يكون امر التغيير به موجب وسالب ليتم طرح القيم واستخراج النتيجة النهائية لامر التغيير اما سالبة او موجبة.

- الغاء بعض البنود: Deletion

وفيه يتم الغاء بعض البنود مما ورد في المستندات التعاقدية وبالتالي يجب معها حسم (او خصم) قيمتها من قيمة التعاقد الكلية ويكون الالغاء بالقدر الذي يسمح به العقد حسب النسبة المسموح بها في الغاء البنود من القيمة الكلية للتعاقد.

✚ طرق قياس تأثير أوامر التغيير على مشاريع التشييد

أجرى معهد صناعة البناء بعض الأبحاث للتغيرات التي تحصل أثناء عملية التنفيذ ونشر عدة تقارير تناقش أثر تغير كلفة وزمن المشروع من خلال الأمور التالية [36]:

- معدل انخفاض الإنتاجية
- التأخيرات بتسلسل سير الأعمال.
- المعدات والعمالة التي تنفق لإعادة العمل الناجم عن التعديل.
- المواد المهذورة نتيجة إعادة العمل عند وجود أي تعديل.
- الفترات غير المنتجة التي تكون خلال مرحلة إعادة توجيه العمل.
- كلفة المعدات بالفترات التي تتوقف فيها عن العمل.

وقد أعطت البحوث المنشورة بعض التوصيات لتحسين عملية التغيير ولتقليل الآثار السلبية الناجمة عنها من خلال قياس الأثر الكمي لتغيرات المشروع . وقد توصلت البحوث إلى وجود ارتباط كبير بين كمية التغيرات بالمشروع والإنتاجية خلال مرحلتي التصميم والتنفيذ. وأوصت أيضاً الأبحاث أن يؤخذ بعين الاعتبار بإدارة المشاريع الهندسية الكميات غير المتوقعة للتغيرات بالمشروع على مر الزمن كأداة مساعدة باتخاذ القرارات.

إن كمية أوامر التغيير تختلف بحسب نوع المشاريع الهندسية . وقد قدرت النسبة الأعلى لها في المشاريع التجارية والتي تفوقها في مشاريع الطرق والمشاريع الصناعية والمباني السكنية [36].

3-3-2-4 الجودة وإعادة العمل Quality & Rework

تعرف جودة الإنشاء بأنها الالتزام بالموصفات ومدى مطابقة المشروع لاحتياجات ورغبات المالك. وقد تم العمل على برامج لضمان الجودة من قبل الجهات المنفذة لضمان مطابقة المنتج للمخططات والموصفات. إن أداء العمل والوصول إلى الهدف المحدد له من المرة الأولى دون الحاجة لإعادته يضمن رفع معدل الإنتاجية بسبب عدم هدر الموارد الناجمة عن إعادة الأعمال كالعمال والمواد والمرافق [37].

ويجد الباحثون فروقات بين التحكم بالجودة وضمان الجودة. حيث تستند مراقبة الجودة على فحص النوعية بعد الإنشاء، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة الكلفة [38] بالتالي ستتم معالجة المشاكل في المنشأ بعد أن تنفذ عناصر البناء من خلال إعادة العمل لإصلاحها.

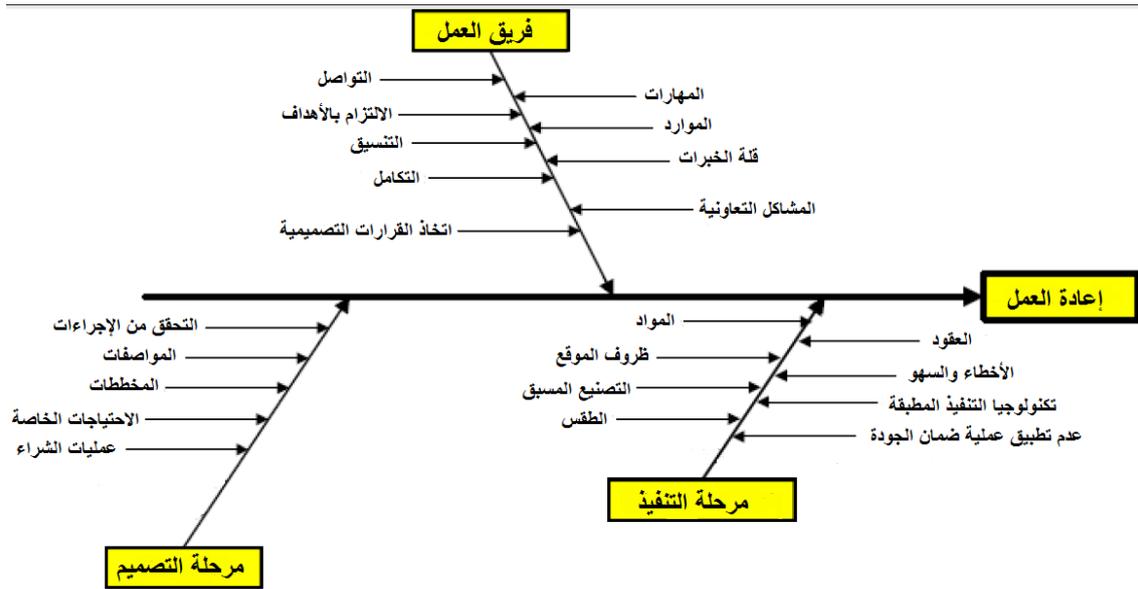
أما ضمان الجودة فتعرف بأنها العملية التي تستند إلى تجنب حدوث الأخطاء بدل إصلاحها بعد وقوعها. مما دعا شركات البناء إلى اتباع عملية ضمان الجودة عندما وجدت أن تكاليف إعادة العمل تقدر بقيمة 5% من قيمة العقد الكلية عند تطبيق عملية مراقبة الجودة، بينما انخفضت التكاليف الناجمة عن إعادة الأعمال بغية إصلاح عناصر البناء إلى 1% عند اعتماد آلية ضمان الجودة في العمل. لذا فإن الاهتمام بإصلاح الأخطاء بدلاً من تجنبها يعتبر من العوامل الرئيسية في عدم كفاءة البناء وزيادة الكلفة. فيما يلي في الجدول (3-4) أهم ما توصل إليه الباحثون بأسباب إعادة العمل في مشاريع التشييد [37]:

الوصف	العوامل المسببة لإعادة العمل
التغيرات بتكنولوجيا التنفيذ وتعزيز وتحسين جودة البناء	تغيرات بالبناء
ناجمة عن الأساليب الخاطئة في البناء	أخطاء تنفيذية
ناجمة عن السهو عن بعض المهام وأنشطة البناء	الإسقاط والسهو بمرحلة التنفيذ
ناجمة عن الأخطاء التي تحدث أثناء عملية التصميم (مخططات - مواصفات ...)	الأخطاء التصميمية
ناجمة عن السهو الحاصل أثناء مرحلة التصميم (السهو بالمخططات أو المواصفات ...)	الإسقاط والسهو بمرحلة التصميم
ناجمة عن التغيير بالتصميم بطلب من طاقم العمل بالموقع	التغيرات التصميمية / التنفيذية
ناجمة عن الظروف الميدانية والتي لا يمكن التنبؤ بها خلال مرحلة التصميم	التغيرات التصميمية القاهرة
ناجمة عن رغبة الجهة المالكة لتلاقي احتياجاتها المطلوبة	التغيرات التصميمية من قبل المالك
ناجمة عن طلب من المصنع أو المورد لتحسين جودة المنتج	التغيرات التصميمية من قبل المورد أو المصنع

الجدول (3-4) أسباب إعادة العمل

ويعتبر عدم التواصل والتنسيق خلال عملية التصميم من أهم العوامل التي تسبب إعادة العمل في الورشة، ودراسات أجريت تبين أن 79% من المشاكل التي تسبب إعادة العمل والإصلاح ناتجة عن ضعف العمل في مرحلة التصميم وتسبب 12.4% زيادة في الكلفة من قيمة العقد [39].

وقد تمت دراسة الأسباب الأكثر شيوعاً لإعادة العمل في مشاريع التشييد من خلال دراسة عدد من المشاريع السكنية والصناعية وتم توزيعها على ثلاث فئات رئيسية (مرحلة التصميم - مرحلة التنفيذ - فريق العمل) موضحة بالشكل أدناه في الشكل (3-4) [37]:



الشكل (3-4) العوامل المؤدية لإعادة العمل

الخلاصة

بنهاية هذا الفصل نجد بأهمية استخدام أنظمة BIM برفع كفاءة عملية التشييد من خلال النموذج الإلكتروني البارامتري الذي يمثل قاعدة بيانات غنية بمكونات المبنى، كما توفر آلية الربط الآلي بين المخططات والعناصر والتنسيق الفعال بين التخصصات أداة مثالية لتلافي مشاكل مرحلة التنفيذ قبل حدوثها. وقام الباحث بالاستعراض النظري لأهمية استخدام أنظمة BIM وأثرها على معايير الأداء الرئيسية التي أختيرت كمحاور أساسية للدراسة كونها قابلة للقياس الكمي وإتاحة المعلومات حولها ولما لها الأثر الأكبر والفائدة المرجوة من استخدام أنظمة BIM على مشاريع التشييد.

الفصل الرابع

دراسة تطبيقية لمؤشرات الأداء كفاءة مشاريع التسخير

باستخدام أنظمة BIM

مقدمة

يتضمن هذا الفصل عرض للدراسة التطبيقية التي كان لها الحيز الأكبر من العمل البحثي كونها الأداة المثالية لتحري مشاكل المشاريع الهندسية وتؤدي إلى فهم أفضل حول المشكلة وكيفية حلها والاعتبارات المستقبلية الواجب أخذها. حيث أنه قام الباحث بتطبيق أنظمة BIM على الحالة الدراسية باستخدام أحد برمجيات BIM (برنامج Autodesk Revit™) والمقارنة بين المخططات الناتجة عن برنامج Revit والمخططات الأساسية المصممة بواسطة برنامج AutoCAD. الهدف من تلك المقارنة تحديد ما إذا كان استخدام أنظمة BIM من شأنه رفع كفاءة مرحلة التنفيذ من خلال مؤشرات الأداء القابلة للقياس الكمي (نقص المعلومات اللازمة لعملية التنفيذ - أوامر التغيير - تقدير كلف البناء) في المشروع أم لا.

قد تم اختيار مبنى سكن الأطباء والمرضات الذي هو قيد الإنشاء بجامعة حلب - سوريا كحالة دراسية لهذا البحث. وقد تم اختياره كونه مشروع ضخم ويحتوي عناصر متنوعة وقد خضع لتعديلات كثيرة وكون البيانات والمعلومات متاحة للباحث. حيث أنه كان من المتوقع وجود تنسيق كبير بين أطراف المشروع وكان هناك كم كبير من المعلومات التي يجب أن تكون متاحة خلال دورة حياة المشروع لإنجاحه. إضافة لعدد من أوامر التغيير الناجمة عنه بسبب الأخطاء في التصميم والسهو وضعف التصور وعدم التنسيق السليم بين المخططات التابعة لنفس التخصص أو التخصصات ككل فيما بينها.

وقد تمت دراسة المخططات والكلف والجدول الزمني بعناية وتحليلها عن طريق تحديد التواريخ الفعلية لبداية ونهاية النشاط (strat Delay and Finish Delay) والمقارنة مع المخطط الزمني الأساسي وفق المسار الحرج واستخراج أزمنة التأخير الناجمة عن أوامر التغيير واستفسارات الجهة المنفذة. أما الكلف الناجمة عن أوامر التغيير فقد تم الحصول عليها من إضارة المشروع والمراسلات المرسله من الجهة المنفذة وذلك خلال لقاءات ممنهجة مع الجهة المنفذة (شركة مدماك).

من خلال هذا الفصل تم مايلي:

- ✓ توصيف مبنى سكن الأطباء والمرضات.
- ✓ تحديد مخطط سير العمل وطريقة تبادل معلومات التصميم للوصول إلى التضاربات المنشودة.
- ✓ تحديد تغيرات التصميم الناجمة عن الأخطاء والسهو وضعف التصور والمعلومات المطلوبة للجهة المنفذة.
- ✓ تحديد أسباب نشوء التغيرات التصميمية
- ✓ تحليل أوامر التغيير واستفسارات الجهة المنفذة وتحديد أثرها على الكلفة والزمن.

✓ نمذجة الحالة الدراسية وتحديد المشاكل التي كان لها الأثر الأكبر على الكلفة والزمن من خلال

○ تحديد قدرات أنظمة BIM بإدارة ونقل المعلومات بين مختلف أطراف المشروع.

○ مقارنة النتائج مع طرق العمل الفعلية المستخدمة على الحالة الدراسية.

إضافة لمقارنة كميات البناء المحسوبة بواسطة برنامج Excel مع الكميات المحسوبة بواسطة برنامج Revit من خلال عدة معايير طورها الباحث لأنواع مختلفة من عناصر البناء.

1-4 توصيف المشروع

يقع المشروع (مبنى سكن الأطباء والمرضات) بمدينة حلب ضمن الحرم الجامعي يحده شرقاً الشارع الموازي للمحلق الغربي ومن الجهة الشمالية المبنى الهيكلي للمشفى العسكري كما يوضح بالشكل (1-4).

يقع المبنى على مساحة من الأرض أبعادها (200 * 150) م تقدر بـ 30000 م² حيث خصص 25000 م² للحدائق ومواقف السيارات وممرات المشاة والمداخل، ويتكون المشروع من عنصرين رئيسيين هما:

1- قسم إقامة الأطباء

يقع في الجهة الشرقية من المشروع ويضم برج إقامة لأكثر من 800/ طيبب ويتألف من طابق قبو وطابق أرضي وطابق صحي وعشر طوابق متكررة وطابق بانورامي بمساحة طابقية تعادل 24500 م².

2- قسم إقامة الممرضات

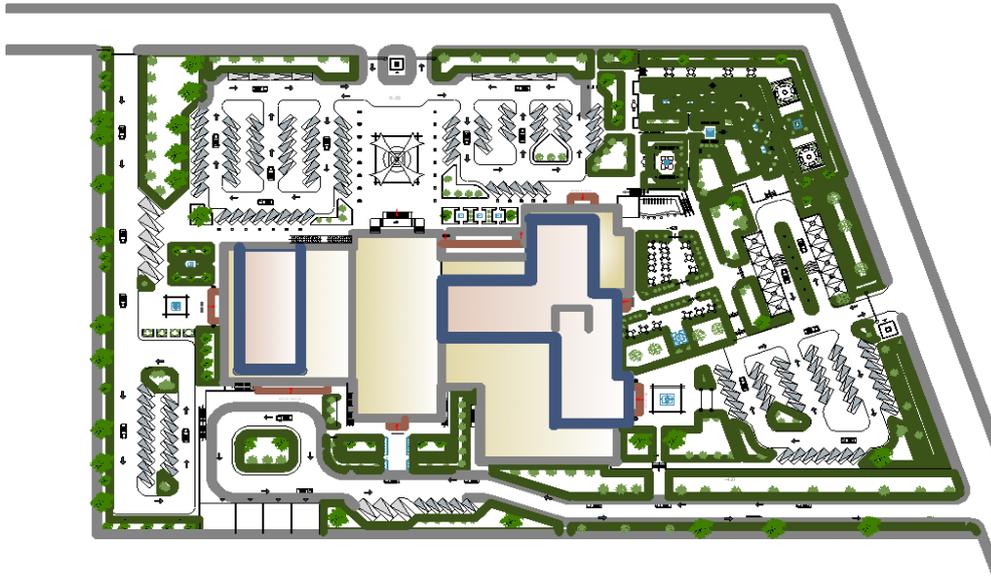
يقع هذا القسم في الجهة الغربية للمشروع ويتألف من طابق قبو وطابق أرضي وطابق صحي وعشر طوابق متكررة وطابق بانورامي بمساحة طابقية تعادل 10600 م²

مع تأمين اتصال في القبو المشترك لتأمين الخدمات المشتركة والمدرج الذي يتسع لأكثر من 500/ شخص بمساحة 900 م²، يوضح الشكل (2-4) عناصر المشروع والموقع العام.

مدة التنفيذ المشروع 1200 يوم وقيمة العقد: 504,736,320 ل.س.



الشكل (1-4) موقع مشروع سكن الأطباء والمرمضات



الشكل (2-4) عناصر المشروع والموقع العام

2-4 تحليل نموذج سير عملية تصميم المشروع بالطرق الكلاسيكية

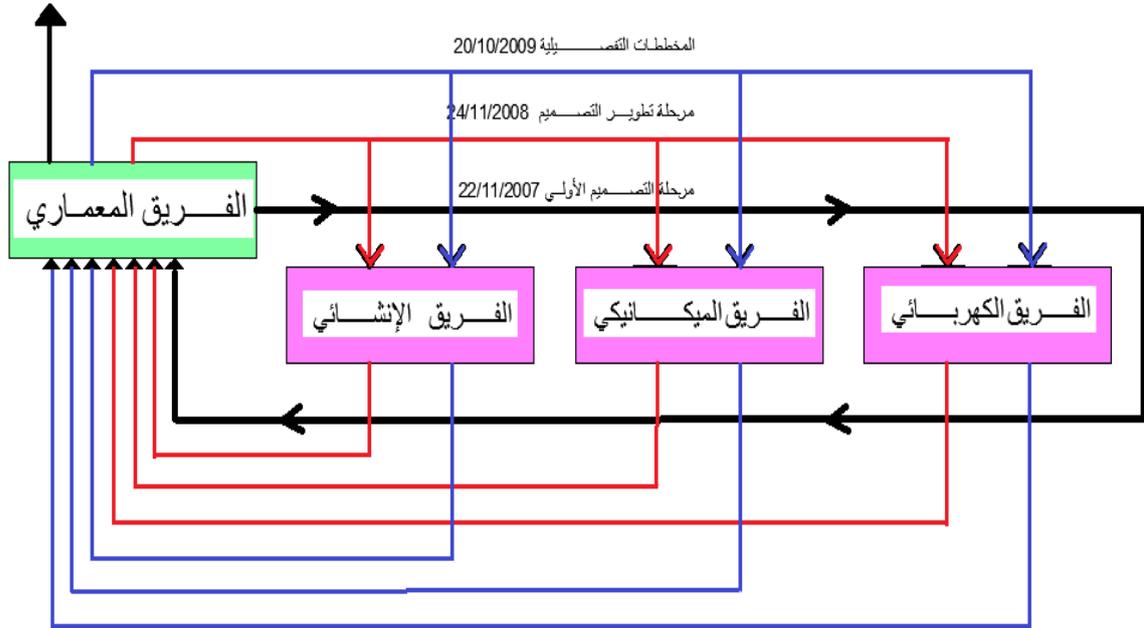
مع بداية الاعداد للاقتراح بتنفيذ مجمع سكن الاطباء والمرمضات والذي يتكون بشكل رئيسي من ثلاثة أقسام - قسم لسكن الأطباء المقيمين (ويضم ثلاثة ابراج نوم) وقسم لسكن الممرضات (يضم برج واحد) وقاعة محاضرات تتوضع بينهما كانت هناك تعديلات على الدراسة المعدة سابقاً ويمكن إجمالها بالنقاط التالية :

1- إعادة دراسة الموقع العام وربط الكتل بالموقع.

- 2- إعادة دراسة الطابق الأرضي وطابق القبو لكافة الأقسام
 - 3- إجراء تعديلات وظيفية على أبراج النوم
 - 4- تحويل أحد الأبراج الثلاثة في قسم سكن الأطباء لدار ضيافة
 - 5- تطوير قاعة المحاضرات إلى مدرج متكامل الخدمات مع زيادة الاستيعاب والكفاءة.
 - 6- إلغاء أدراج الهروب الخارجية المعلقة والإستعاضة عنها بأدراج هروب داخلية
 - 7- خفض إرتفاع الطابق الأرضي بعد إلغاء الطابق المسروق المخصص للغرف الإدارية وتأمين البديل في فراغات الطابق الأرضي التي تفي بالحاجة .
 - 8- إعادة تشكيل الطابق الأخير (البانورامي في قسم الأطباء)
 - 9- إعادة دراسة كافة المقاطع تماشياً مع التعديلات المشار إليها أعلاه
 - 10- إعادة دراسة الواجهات بحيث تتلاءم مع الوظائف الجديدة والتعديلات أنفة الذكر .
- مما أدى إلى تأخير بدء مرحلة التنفيذ إلى 2008/3/1 .

يوضح الشكل (3-4) نموذج سير العمل الذي يبين تطور المبنى وفقاً للتعديلات المعمارية المقترحة وصولاً للمخططات التنفيذية بعد الاقتراحات والتعديلات من قبل فريق العمل للحصول على التصميم الأمثل.

مرحلة التنفيذ



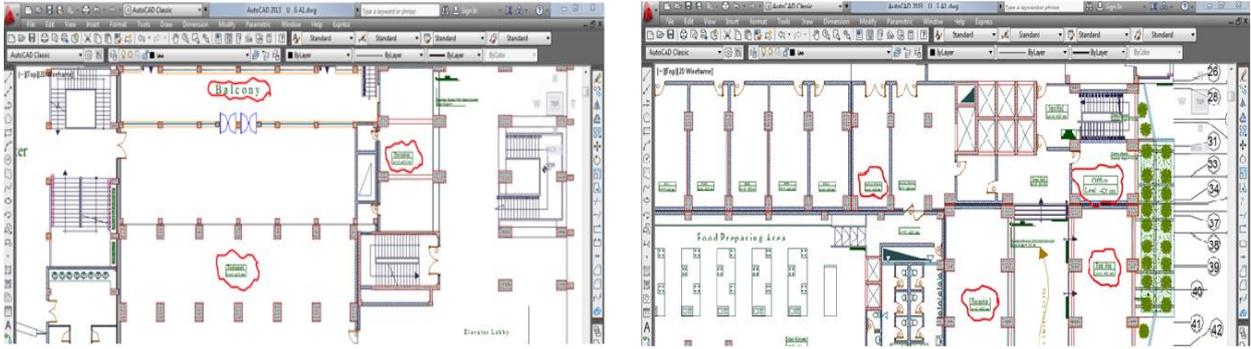
الشكل (3-4) نموذج سير العمل

3-4 تحليل المعلومات المطلوبة من الجهة المنفذة Request For Information

قام الباحث بجمع وتحليل المعلومات المطلوبة من الجهة المنفذة RFI عن طريق متابعة محاضر الاجتماع الدورية والمخططات التنفيذية المستخدمة خلال مرحلة التنفيذ. وهي:

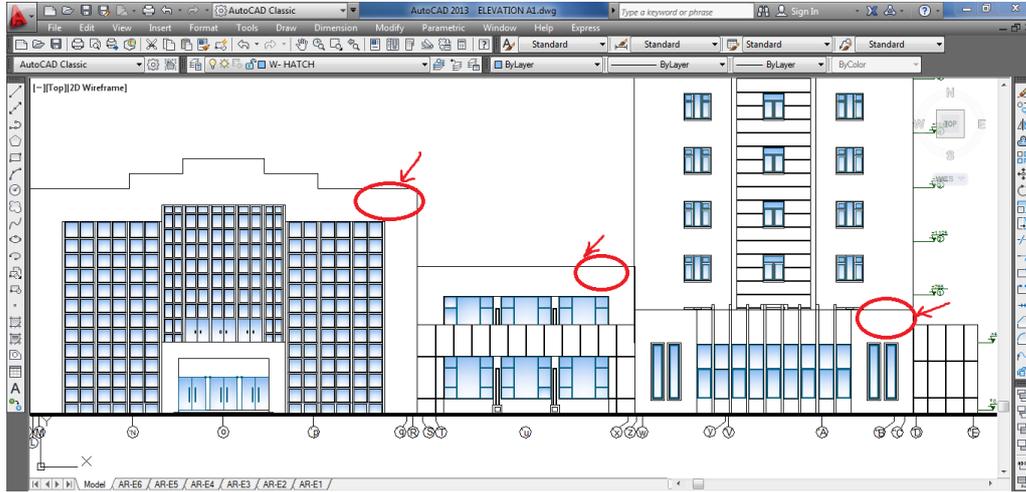
• مواد الإكساء

❑ لا يوجد توصيف لإكساءات كل من الطوابق (القبو والأرضي والصحي) وأسطح جميع الكتل. الشكل (4-4).



الشكل (4-4) عدم توصيف إكساء الطابق القبو والأرضي (واجهة AutoCAD)

❑ لا يوجد توصيف لإكساءات واجهات كل من الطابقين القبو والأرضي الشكل (5-4).



الشكل (5-4) عدم توصيف إكساء واجهات طوابق القبو والأرضي (واجهة AutoCAD)

❑ تمت إعادة تشكيل الطابق البانورامي فقط على المساقط بدون واجهات أو مقاطع أو مواد إكساء الأمر الذي أدى إلى إغفال كميات واجهات الطابق عن الكميات الكلية إضافة إلى عدم انعكاس كميات الطابق المضاف على الكميات الكلية. الشكل (6-4)



الشكل (4-6) عدم وجود واجهات للطابق البانورامي (واجهة AutoCAD)

☒ تم تغيير نوع الاكساء بالواجهات الحجرية لبعض الأجزاء من حجر بوشاردة الشكل (4-7) إلى حجر نحيث مفرز الشكل (4-8), ولم يتم عكس ذلك على الكميات المحسوبة إضافة إلى الاختلاف الوارد بالمخططات, حيث أن بعضها تم تغييره إلى حجر مفرز والبعض الآخر بقي بدون تعديل.



- 1- حجر نحيث مفرز كل 90 cm
- 2- حجر نحيث مفرز كل 90 cm
- 3- حجر نحيث مفرز كل 90 cm
- ملاحظة: جميع الأطنان الداخلية للتوافذ
- حجر نحيث مفرز كل 90 cm
- ملاحظة: جميع الأطنان الخارجية للتوافذ
- cm 90

الشكل (4-7) إكساء الواجهات حجر بوشاردة (واجهة AutoCAD) الشكل (4-8) إكساء الواجهات حجر نحيث مفرز (واجهة AutoCAD)

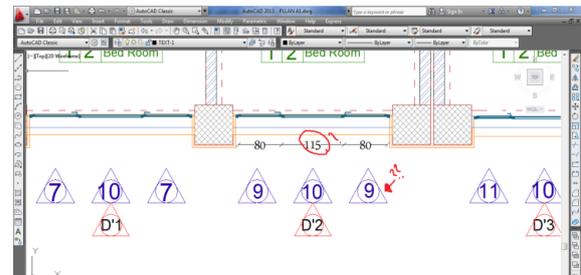
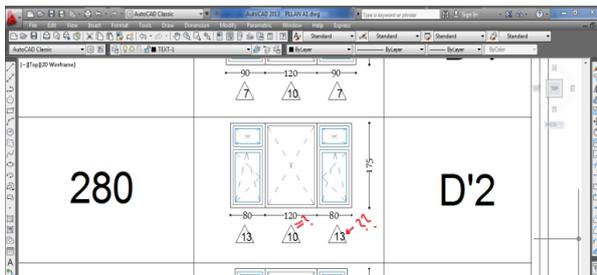
• النوافذ

☒ عدم تطابق توصيف النوافذ بين جداول توصيف النوافذ الشكل (4-9).

رمز النافذة	الارتفاع (H)	العرض (W)	العمق (D)	المساحة (A)	المساحة (A')	المساحة (A'')	المساحة (A''')
زجاج ثابت ومتحرك	8	97	85	180	290		D3
زجاج ثابت ومتحرك	8	97	85	180	310		D'
زجاج ثابت ومتحرك	3	97	85	180	300		D'1
زجاج ثابت ومتحرك	1	97	85	180	280		D'2
زجاج ثابت ومتحرك	9	97	85	180	260		D'3

الشكل (9-4) جدول توصيف النوافذ (واجهة AutoCAD)

اختلاف الرموز بين جداول توصيف النوافذ وبين المخططات في المساقط والواجهات.

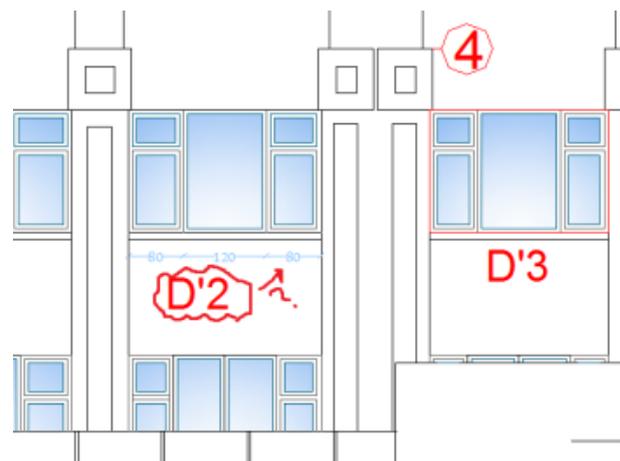


الشكل (11-4) النافذة D'2 في جدول النوافذ (واجهة AutoCAD)

الشكل (10-4) النافذة D'2 في المسقط (واجهة AutoCAD)

جدول النوافذ						
الرمز	العرض (W)	الارتفاع (H)	العمق (D)	المساحة (A)	المساحة (A')	المساحة (A'')
زجاج ثابت ومتحرك	13	52	40	230	140	
زجاج ثابت ومتحرك	54	97	85	170	60	
زجاج ثابت ومتحرك	30	97	85	180	80	
زجاج ثابت ومتحرك	14	97	85	170	65	
زجاج ثابت ومتحرك	2	97	85	170	65	
زجاج ثابت ومتحرك	6	97	85	180	140	
زجاج ثابت ومتحرك	6	97	85	180	90	
زجاج ثابت ومتحرك	5	97	85	180	120	
زجاج ثابت ومتحرك	2	97	85	180	85	
زجاج ثابت ومتحرك	2	97	85	180	70	
زجاج ثابت ومتحرك	1	97	85	180	100	
زجاج ثابت ومتحرك	2	97	85	180	70	
زجاج ثابت ومتحرك	12	97	85	180	50	

الطابق الاول

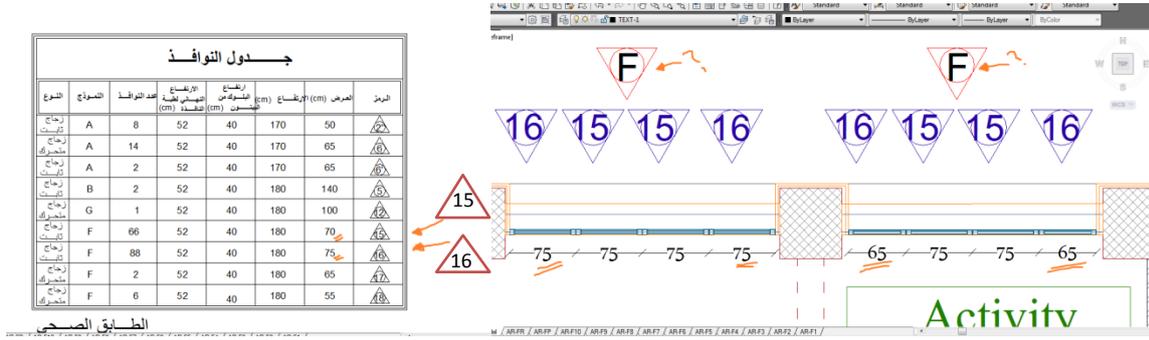


الشكل (13-4) النافذة D'2 في جدول أبعاد النوافذ (واجهة AutoCAD)

الشكل (12-4) النافذة D'2 في الواجهة (واجهة AutoCAD)

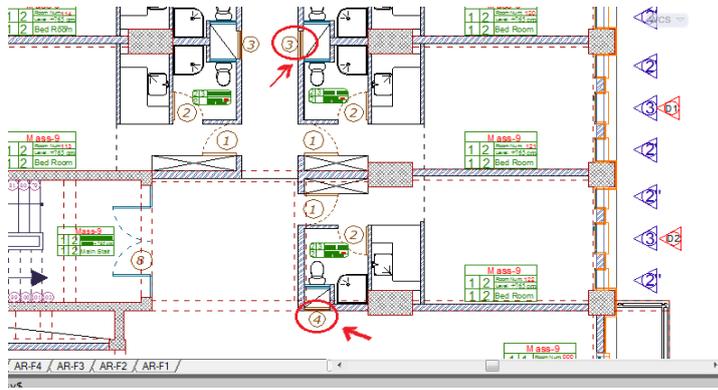
فجد من الأشكال (10-4) (11-4) (12-4) (13-4) أن أبعاد النافذة D'2 تختلف بين المسقط والواجهة وداول توصيف النوافذ.

☒ من المفترض أن تكون النافذة F بالطابق الصحي بالواجهة الشمالية على المحور 13 متطابقة بين كل من المساقط وجداول التوصيف والواجهات الشكل (4-14). وهذا حال عدد من النوافذ



الشكل (4-14) النافذة F في المسقط وجدول توصيف النوافذ (واجهة AutoCAD)

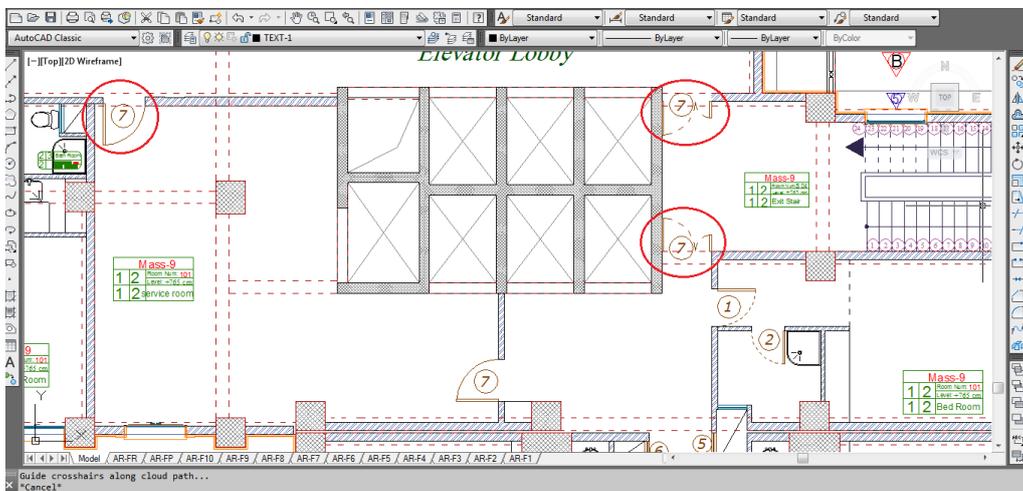
☒ جميع النوافذ الداخلية بدون توصيف الشكل (4-15).



الشكل (4-15) النوافذ الداخلية بدون توصيف (واجهة AutoCAD)

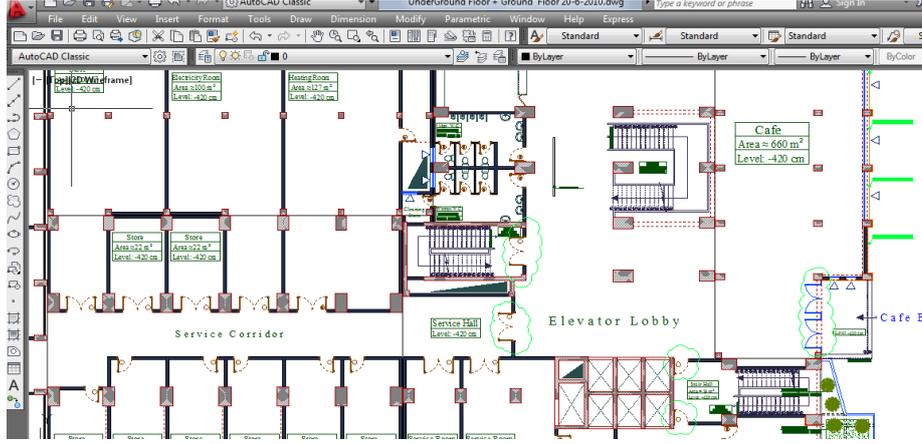
• الأبواب

☒ عدم تطابق بعض الأبواب بين المساقط وجداول توصيف الأبواب الشكل (4-16).



الشكل (4-16) تشابه وصف الأبواب المختلفة النوع (واجهة AutoCAD)

☒ هناك الكثير من الأبواب مجهولة النوع والشكل ولا يوجد لها توصيف الشكل (4-17).

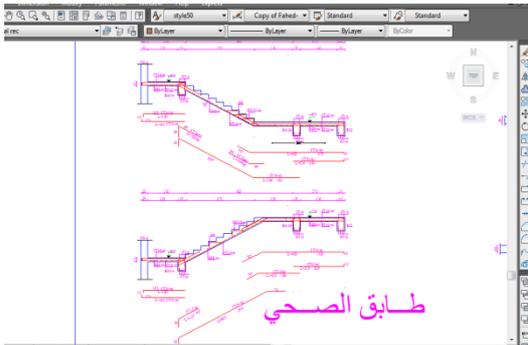


الشكل (4-17) عدم وجود توصيف لأنواع الأبواب (واجهة AutoCAD)

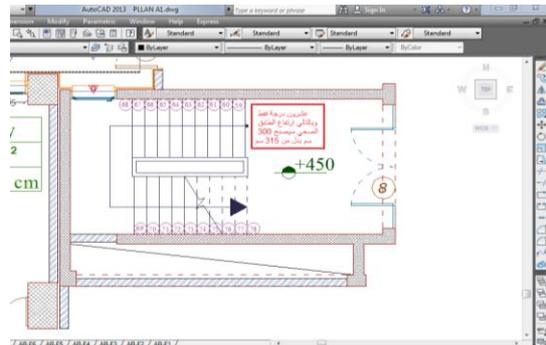
• الأدرج

☒ يوجد عدم تطابق بين ارتفاع الطابق الصحي وعدد الدرجات بالمخططات المعمارية والإنشائية الشكل (4-18) والشكل (4-19).

البنـد	زمن الاستجابة
تعديل الدرج بالمخططات المعمارية والإنشائية	2 يوم



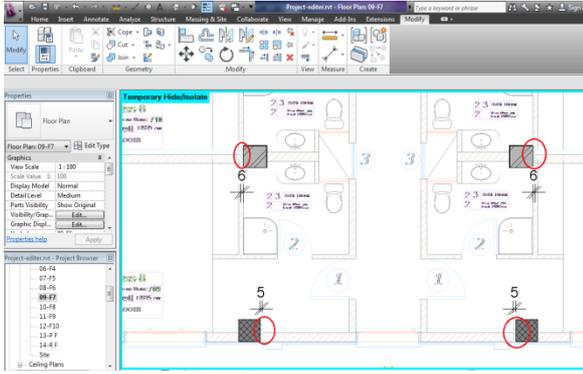
الشكل (4-19) الدرج في المسقط الإنشائي (واجهة AutoCAD)



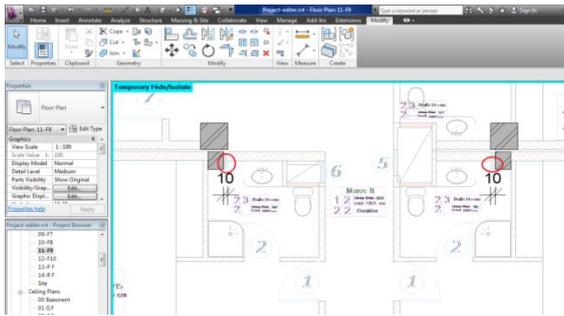
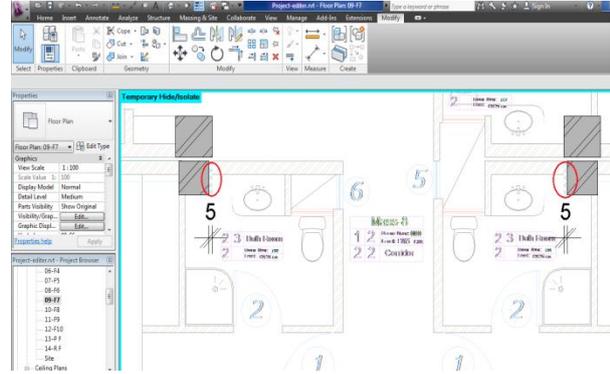
الشكل (4-18) الدرج في المسقط المعماري (واجهة AutoCAD)

• الأعمدة

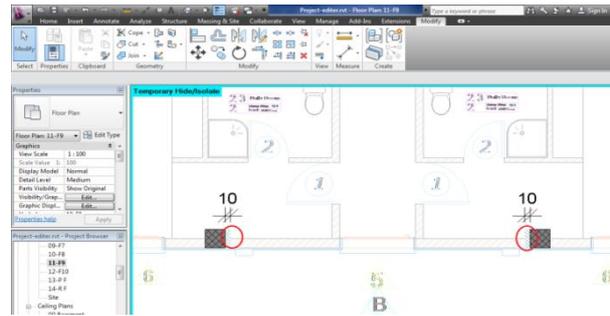
- ☒ اختلاف المحاور الإنشائية عن المحاور المعمارية بسبب التعديلات المتكررة
- ☒ انزياح ببعض محاور الأعمدة والجدران بين المساقط الإنشائية والمعمارية كما هو موضح في كل من الأشكال (20-4) (21-4) (22-4). حيث بدأ الانزياح من الطابق السابع بمقدار 5cm وصولاً للطابق الأخير بإزياج وقدره 10cm.



الشكل (20-4) إنزياح بالأعمدة في الطابق السابع (واجهة Revit)



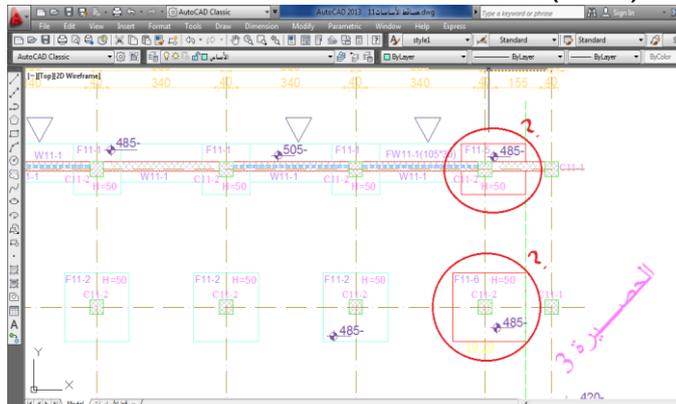
الشكل (21-4) إنزياح بالأعمدة في الطابق العاشر (واجهة Revit)



البنء	زمن الاستجابة
انزياح بتوضعات الأعمدة بين المخططات المعمارية والإنشائية	10 أيام

• الأساسات

- ☒ هناك بعض الأساسات لا يوجد لها تفصيل كمقاطع وحديد تسليح كالأساسات F5-F6 في الكتلة الحادية عشر الشكل (22-4).



الشكل (22-4) إنزياح بالأعمدة في الطابق السابع (واجهة AutoCAD)

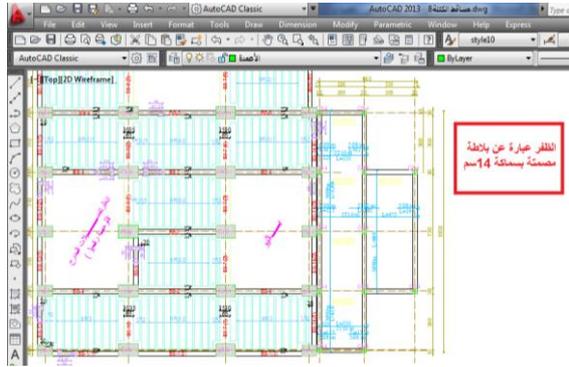
البند	زمن الاستجابة
نقص بأبعاد وتفاصيل الأساسات F11-5 F11-6 وحديد تسليحها	3 يوم

☒ كان هناك إستفسار من المقاول بأقطار التسليح للحصائر والأساسات المعدل والتي تغيرت من 30 مم إلى 25 م.

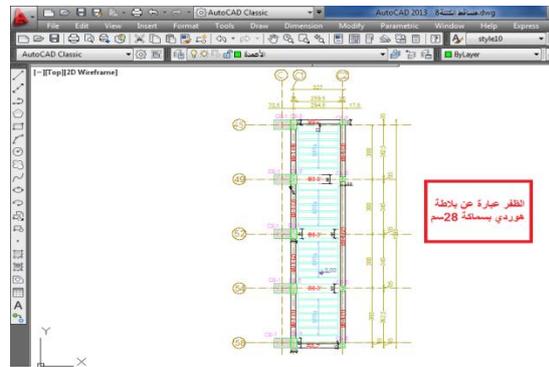
البند	زمن الاستجابة
تعديل المخططات الإنشائية بتغيير أقطار حديد التسليح	4 يوم

• البلاطات

☒ اختلاف بالمخططات الإنشائية بالنسبة للظفر بسقف القبو في الكتلة الثامنة الأشكال (23-4)(24-4).



الشكل (24-4) الظفر بلاطة مصمتة سماكة 14 سم



الشكل (23-4) الظفر بلاطة هوردي سماكة 28 سم

البند	زمن الاستجابة
تعديل وتوحيد المخططات الإنشائية للظفر	2 يوم

• الاستفسارات الميكانيكية

☒ عدم إمكانية دراسة تدفئة الصالات في الطابق الأرضي والقبو لعدم معرفة برنامجها الوظيفي وماهية النشاطات التي ستكون بها.

• الاستفسارات الصحية

☒ عدم تطابق الدراسة الصحية الخاصة بالمشروع مع الدراسة الإنشائية وواقع التصريف بالمنطقة.

البند	زمن الاستجابة
تغير منسوب الحفر ادى الى تغير الدراسة الصحية والتي لم تغير ولم تأخذ بالتعديلات وتم تغير مناسيب الطوابق الصحي والارضي لم يرافقه تغير بالدراسة الصحية	1.5 شهر

● استفسارات عامة

☒ اعتماد منسوب تأسيس للبناء

البند	الزمن الاستجابة
عدم اعتماد مناسيب الموقع العام مع واقع الرفع الطبوغرافي	6 أشهر

☒ عدم وجود تصور للنظام اللوني

البند	الزمن الاستجابة
عدم وجود تصور للنظام اللوني لكامل المبنى color Scheme	2 شهر

☒ عدم وضوح المساحات التخديمية اللازمة

البند	الزمن الاستجابة
عدم وضوح المساحات التخديمية اللازمة	1 شهر

☒ لم يحدد منسوب السقف المستعار وبالتالي لم يتم التحقق فيما إذا كان ارتفاع الجوائز ودكتات التكيف ستكون بالمنسوب المناسب لتقع فوق الأسقف المستعارة إضافة إلى عدم حسم كميات الدهان والسيراميك فوق الأسقف المستعارة.

4-4 تحليل أوامر التغيير Change Order

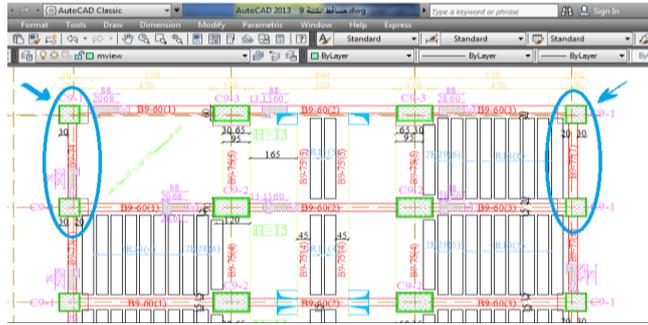
ظهرت خلال مرحلة التنفيذ وبسبب السهو وعدم التنسيق بين المخططات وضعف التصور للمالك العديد من أوامر التغيير وصفها الباحث كما يلي :

☒ من بعد بدء التنفيذ وصولاً للطابق الخامس وبسبب ضعف التصور لدى المعماري والجهة المالكة قررت الجهة المالكة تعديل الواجهات لتصبح عبارة عن إطارات ابتداءً من الطابق الصحي وصولاً للطابق العاشر كما هو مبين بالأشكال (4-25) (4-26)، وأدى ذلك لتقديم الواجهة المعمارية لجميع الكتل على جميع الواجهات، الأمر الذي أدى لنشوء أوامر التغيير التالية :

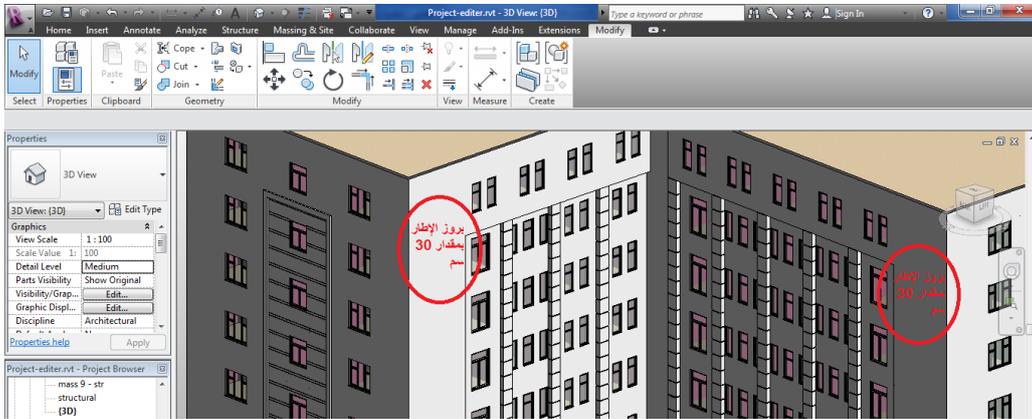
❖ زرع قضبان حديد بالإيبوكسي وصب جوائز بسماكة البلاطة ليستند عليها البلوك.

البند	الكلفة الإضافية	الزمن الإضافي
الكتلة التاسعة		
تقديم الإطار بالواجهة الشرقية	253600 ل.س	سنة أيام إضافية لكل طابق
تقديم الإطار بالواجهة الغربية	77400 ل.س	
الكتلة الثامنة		

سنة أيام إضافية لكل طابق	79800 ل.س	تقديم الإطار بالواجهة الشرقية
	79800 ل.س	تقديم الإطار بالواجهة الغربية
الكتلة الخامسة		
سنة أيام إضافية لكل طابق	79800 ل.س	تقديم الإطار بالواجهة الشمالية
	79800 ل.س	تقديم الإطار بالواجهة الجنوبية
الكتلة الثانية		
سنة أيام إضافية لكل طابق	159600	تقديم الإطار بالواجهة الشرقية
	159600	تقديم الإطار بالواجهة الغربية
36 يوم إضافي + 12 أيام لتعديل التصميم	969400 ل.س	الإجمالي



الشكل (4-25) الجوائز الطرفية قبل التعديل (واجهة AutoCAD)

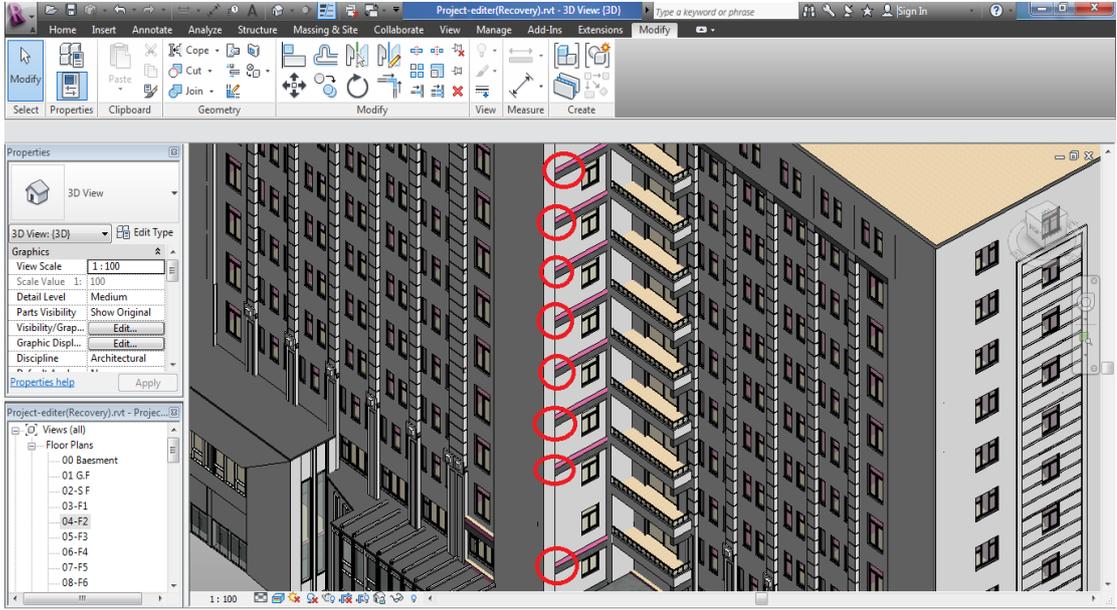


الشكل (4-26) الجوائز الطرفية بعد التعديل (واجهة Revit)

❖ تم تكسير البلوك من الطابق الصحي حتى الطابق الخامس لتعديل الموديول الأخير من جميع الواجهات بجميع الكتل. يوضح الجدول أدناه الزيادة بالكلفة والزمن.

البند	التكلفة الإضافية	الزمن الإضافي
تكسير البلوك لتعديل الموديول الأخير	800000 ل.س	15 يوم

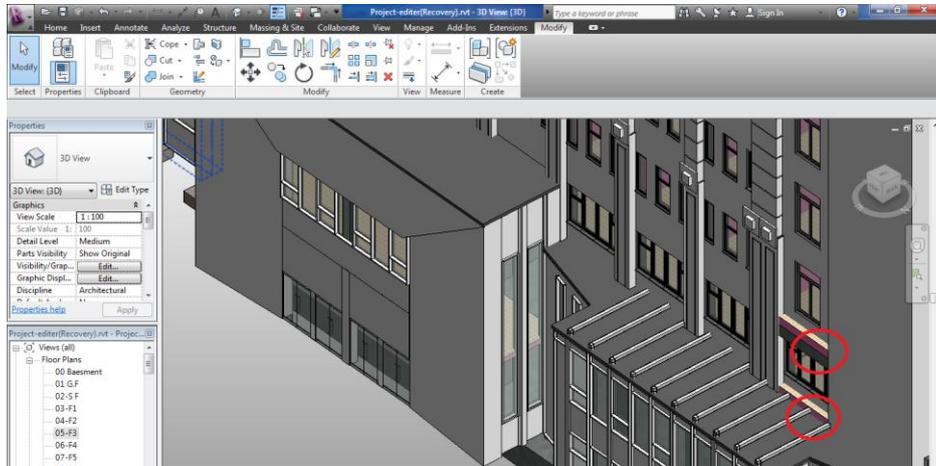
☒ عند مطابقة المخططات المعمارية مع الإنشائية تم كشف تضارب للجائز (B9-69) الواقع على المحور 28 مع الواجهة المعمارية ولوحظ ذلك خلال مرحلة التنفيذ الشكل (4-27). وكان الحل بتعديل المخططات المعمارية وتقديم الجدار الخارجي ليغطي بروز البلاطات والجوائز أو تلبس البروزات لتغطيتها على الواجهة، والذي يعتبر غير مقبول جمالياً.



الشكل (4-27) بروز الجوائز والبلاطة في الكتلة التاسعة (واجهة Revit)

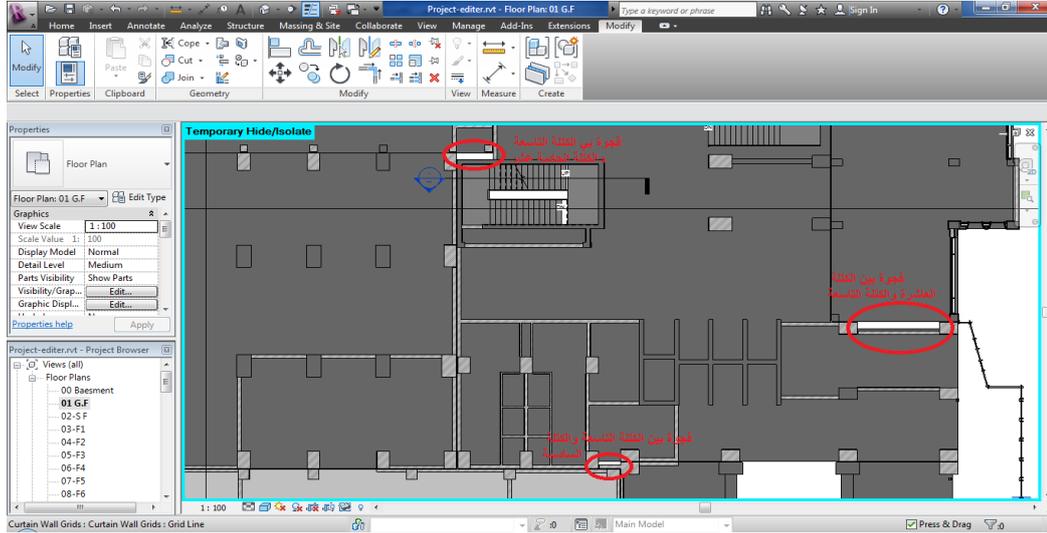
☒ تضارب الجائز (B9-85, B9-56, B9-28) مع الواجهة المعمارية بالطوابق القبو والأرضي والصحي على الواجهة الشرقية بعد التنفيذ كما هو مبين بالشكل (4-28). وكان الحل بتكسير الجوائز والبلاطة وإرجاعهما لتتناسب مع الواجهة والتصميم المعماري

البند	التكلفة الإضافية	الزمن الإضافي
بروز الجائز والبلاطة عن الواجهة المعمارية	140000 ل.س	7 أيام



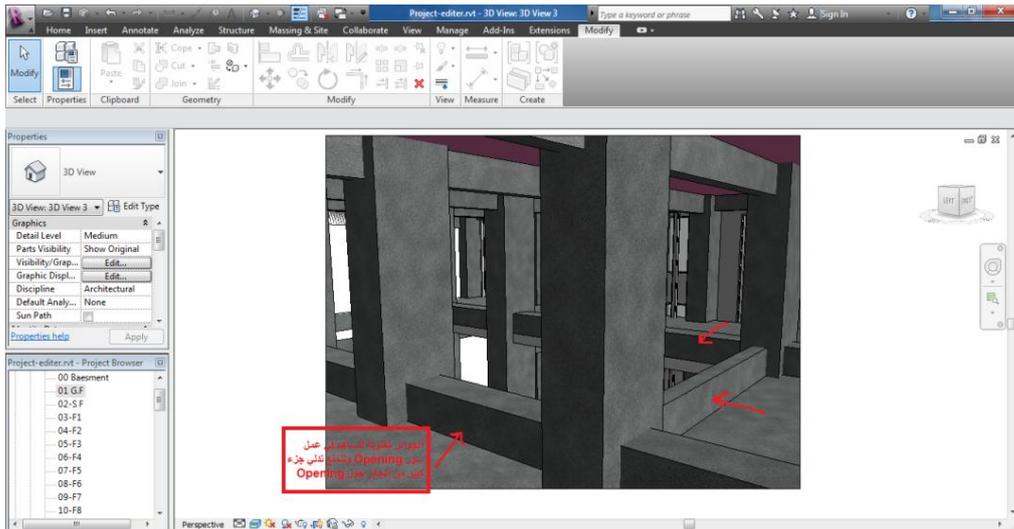
الشكل (4-28) بروز الجوائز والبلاطة في الواجهة الشرقية (واجهة Revit)

☒ بما أن المخططات الإنشائية كانت بدراسة كل كتلة على حدة أدى بذلك عند ربط الكتل مع بعضها البعض إلى نشوء بعض الفجوات بين الكتل (القبو والأرضي) للكتل الكبيرة مع الكتل الصغيرة كما هو مبين بالشكل (4-29). وكان الحل المقترح بتصميم وتنفيذ بلاطات لترميم الفجوات بالقبو أما بالطابق الأرضي فتم بناء جدران بلوك حول تلك الفجوات.



الشكل (4-29) الفجوات بين الكتل (واجهة Revit)

☒ أثناء تنفيذ الفتحات في الكتلة الثامنة في الطابق الأرضي ، لوحظ أثناء تركيب القوالب للجوائز البيتونية المتدلية أن تدليها الكبير سيحجب جزء من الفتحات لذلك تم تحويل الجوائز المتدلي إلى جائز مقلوب حول الفتحة فيمنع بذلك ظهور التدلي الكبير للجوائز على الفتحات إضافة لكونه يساهم بتشكيل السور للفتحة الشكل (4-30).

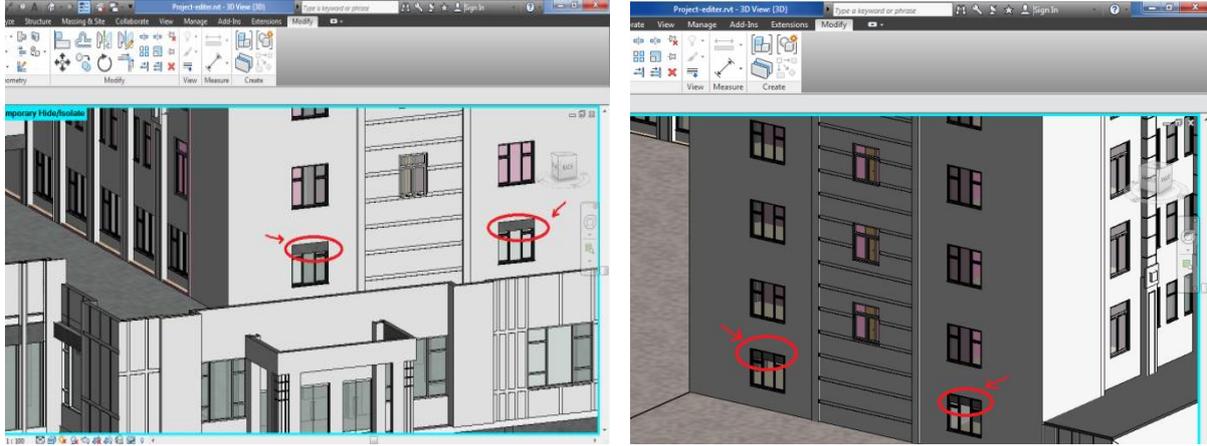


الشكل (4-30) تحويل الجوائز المتدلي إلى مقلوب (واجهة Revit)

☒ لوحظ وجود تضارب بعض النوافذ بالطابق الصحي مع الجوائز المتدلية نظراً لإنخفاض منسوب الطابق وكبر ارتفاع الجوائز وقد ظهرت تلك المشكلة أثناء التنفيذ كما هو مبين بالشكل (4-31).

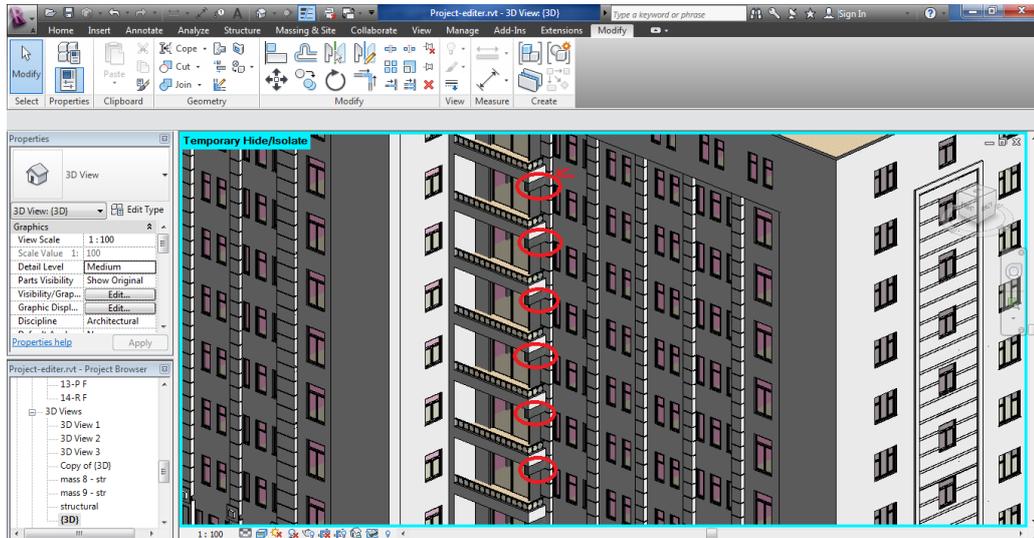
وكان الحل المقترح بتغيير النوافذ لتصبح من النواع الثابت وغير القابل للفتح والزجاج من النوع فيميه حتى لاتظهر من الواجهة تداخل الجوائز بالنوافذ.

البند	الكلفة الإضافية	الزمن الإضافي
تغيير نوع النوافذ في الطابق الصحي لتفادي مشكلة الجوائز المتدلية الظاهرة على الواجهة (زيادة بند بالعقد)	275600 ل.س	—



الشكل (31-4) تضارب الجوائز مع النوافذ (واجهة Revit)

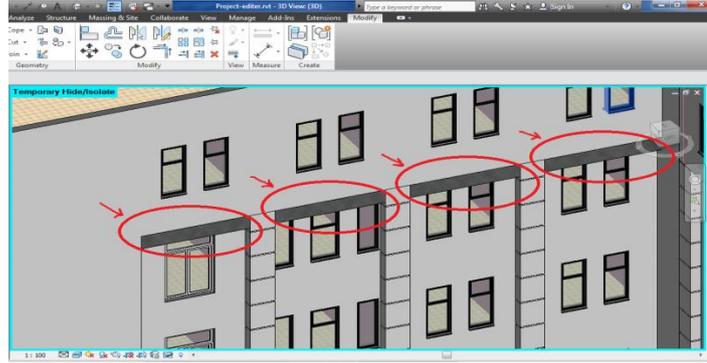
☒ عند التنفيذ لوحظ تدلي جيزان الظفر للشرفات على الواجهة الشرقية والتي هي استمرار لجوائز البلاطة الأمر الذي لم يوافق عليه المعماري والجهة المالكة من بعد أن نفذت حتى الطابق الخامس الشكل (32-4). وكان الحل المقترح بجعل تلك الجوائز مخفية اعتباراً من الطابق الخامس وصولاً للطابق العاشر أما في الطوابق اعتباراً من الأول حتى الخامس فقرر المعماري إيجاد حل معماري بتغطية تلك الجوائز بالإكساء على أن تبقى متدلية.



الشكل (32-4) تدلي الجيزان على الواجهة الشرقية (واجهة Revit)

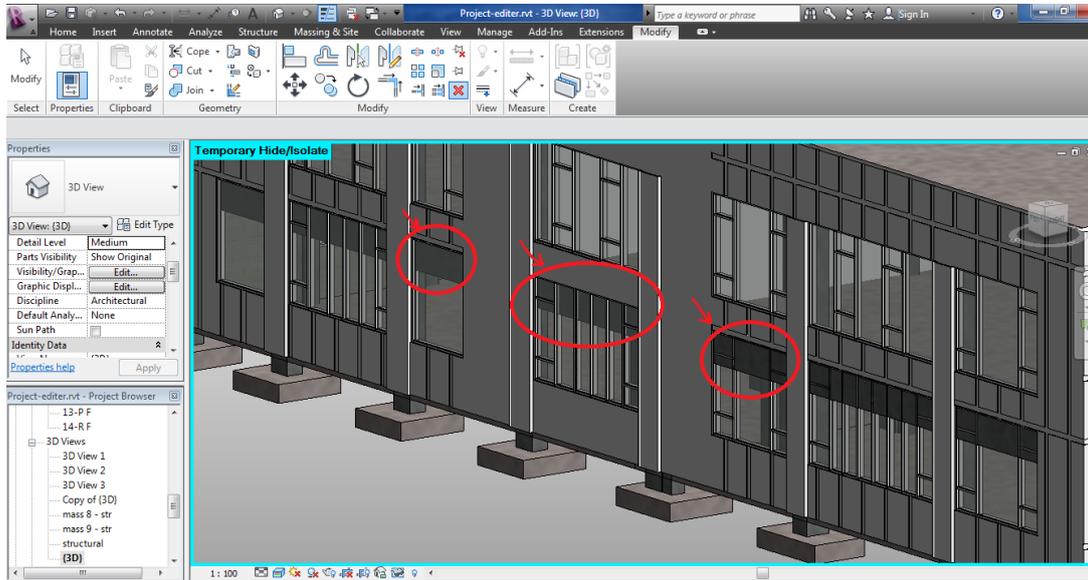
☒ ظهرت مشكلة بالطابق الأخير بجميع الكتل عند صب البلاطة للطابق الأخير مع الجوائز، حيث أن الإطار سيساهم في بروز الجائز المتدلي على الواجهة الشكل (4-33)، حيث ظهرت تلك المشكلة بعد التنفيذ وبالتالي قرروا الهدم وإعادة صب الجيزان لتكون مع القاطع البلوك أما البلاطة فتبقى ممتدة لتلاقي البلوك للطابق الأخير.

البند	الكلفة الإضافية	الزمن الإضافي
تكسير وإعادة صب الجوائز المحيطة التي تشكل الإطارات على جميع الواجهات	3950000 ل.س	75 يوم



الشكل (4-33) بروز الجائز على الواجهة المعمارية (واجهة Revit)

☒ ظهرت الجوائز للكتل الصغيرة متدلّية لتغطي جزء من الواجهات الزجاجية، الشكل (4-34). وحلت تلك المشكلة بجعل نوع الزجاج بالفتحات عبارة عن فيميه لكي لا تظهر على الواجهة.

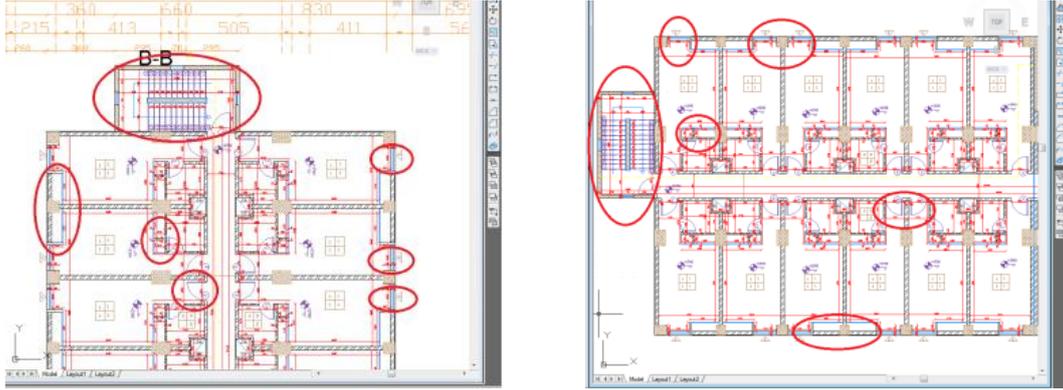


الشكل (4-34) بروز الجائز على الواجهة الزجاجية (واجهة Revit)

☒ كان هناك أمر تغيري من قبل المالك بتعديل ارتفاع الطابق الأرضي ليصبح الإرتفاع الكلي 4.5 م بدلاً من 6 م

البند	الكلفة الإضافية	الزمن الإضافي
تعديل ارتفاع الطابق الأرضي من 6 م إلى 4.5 م	-	سنة أيام لإعادة دراسة كافة المخططات + 15 يوم لحساب الكميات الجديدة

✘ تعديل في المخططات المعمارية للطوابق المتكررة للكتل الخامسة والتاسعة والثانية كما هو مبين بالشكل (35-4).



الشكل (35-4) تعديلات معمارية في الطوابق المتكررة (واجهة AutoCAD)

البند	الكلفة الإضافية	الزمن الإضافي
تعديل جزئي في المخططات المعمارية للطوابق المتكررة للكتل (التاسعة - الخامسة - الثانية)	-	40 يوم إضافي لتعديل الكميات والإكساءات

✘ تحويل الطوابق المتكررة بأمر تبغيري من قبل المالك للكتلة الثامنة إلى دار ضيافة لزوار جامعة حلب

البند	الكلفة الإضافية	الزمن الإضافي
تحويل الطوابق المتكررة من الكتلة الثامنة إلى دار ضيافة وتغيير في المساحات ونوع الإكساء	-	35 يوم لإجراء التعديلات المعمارية بالكميات والمساحات

✘ تعديل ارتفاع الطابق الصحي بأمر تبغيري من قبل المالك ليصبح الارتفاع الكلي 3.2 م بدلاً من 2.3 م

البند	الكلفة الإضافية	الزمن الإضافي
تعديل ارتفاع الطابق الصحي من 2.3 م إلى 3.2 م	-	18 يوم لإجراء التعديلات بالتصميم والمخططات الإنشائية والكميات

☒ تغيير البرنامج الوظيفي في الطابق الصحي

البند	الكلفة الإضافية	الزمن الإضافي
تغيير البرنامج الوظيفي للطابق الصحي وإضافة وإزالة قواطع	-	10 يوم لإجراء التعديلات على الكميات والمخططات

☒ إضافة طابق بانورامي بارتفاع 4 م فوق الطابق الأخير لكل من الكتل (الثانية - الخامسة - الثامنة - التاسعة) بأمر تغيير من المالك.

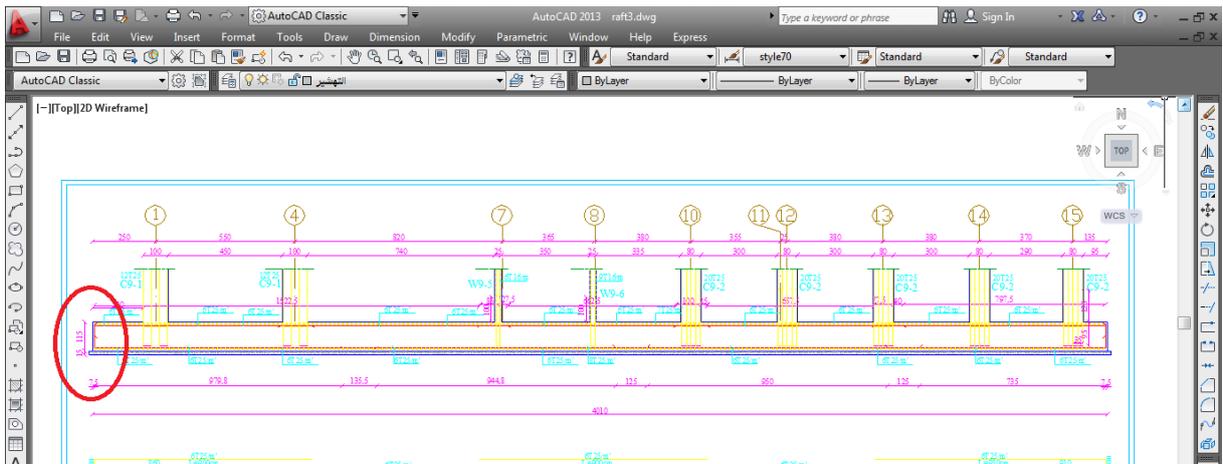
البند	الكلفة الإضافية	الزمن الإضافي
إضافة طابق بانورامي فوق الطابق الأخير بارتفاع 4 م	-	30 يوم إضافي لدراسة الحوائط والتصميم الإنشائي للطابق البانورامي + 30 يوم لباقي الإختصاصات

☒ تعديل دراسة الكتل (الثالثة - السادسة - السابعة) إلى بيتون مسبق الصنع بأمر تغيير من المالك.

البند	الكلفة الإضافية	الزمن الإضافي
تعديل دراسة الكتل الثالثة والسادسة والسابعة إلى بيتون مسبق الصنع	-	20 يوم إضافي لإعادة دراسة الكتل مسبق الصنع.

☒ تم تعديل ارتفاع الحوائط من 1.5م إلى 1.15 م بسبب التأخر بتقرير التربة الشكل (4-36).

البند	الكلفة الإضافية	الزمن الإضافي
تعديل ارتفاع الحوائط من 1.5م إلى 1.15 م	-	4 أيام إضافية لإعادة دراسة الحوائط



الشكل (4-36) تعديل ارتفاع الحصىرة البيتونية (واجهة AutoCAD)

☒ تم إعطاء أمر تغيير من قبل المالك بتعديل نماذج النوافذ في الطوابق الثالث والرابع.

البند	الكلفة الإضافية	الزمن الإضافي
تغيير بشكل ونوع نوافذ الطوابق الثالث والرابع	-	13 يوم إضافية لتعديل المخططات والكميات

☒ تكسير وتخفيض البلوك في الواجهات بسبب عدم تطابق أبعاد النوافذ المصممة مع النوافذ المشتركة الفعلية الشكل (4-37).

البند	الكلفة الإضافية	الزمن الإضافي
تخفيض جلسة النوافذ بمقدار صفيين بلوك	360000 ل.س	12 يوم إضافي لتكسير البلوك وتعديل الكميات والمخططات

MASS-5



MASS-8



MASS-9



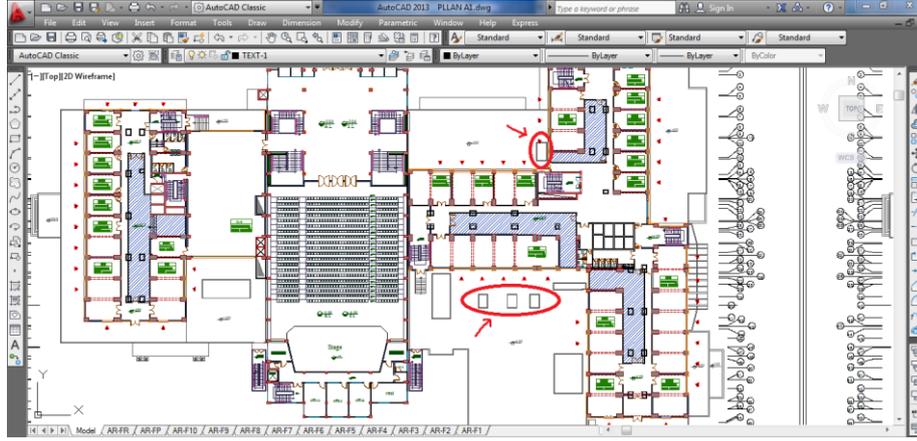
الشكل (4-37) تخفيض البلوك في الواجهات

☒ تعديل أبعاد الأعمدة في الطوابق الخمسة الأخيرة بسبب خطأ في التصميم.

البند	الكلفة الإضافية	الزمن الإضافي
إنقاص أبعاد الأعمدة في الطوابق الخمسة الأخيرة	—	15 يوم إضافي لتعديل التصميم والمخططات والكميات

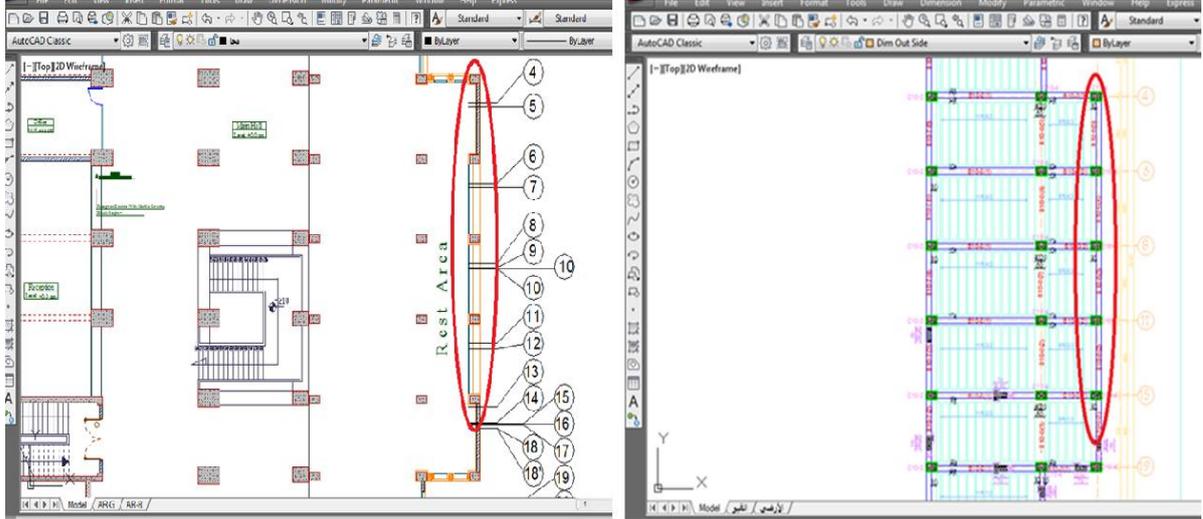
☒ إضافة Sky light لكل من الكتل السادسة والحادية عشر بأمر تغيير من المالك الشكل (4-38).

البند	الكلفة الإضافية	الزمن الإضافي
تعديل في السقف الأخير لكل من الكتل السادسة والحادية عشر	—	4 أيام إضافية لتعديل التصميم والمخططات والكميات



الشكل (4-38) إضافة Sky Light (واجهة AutoCAD)

✘ إجراء تعديل إنشائي في الواجهة الشرقية للكتلة العاشرة بإزاحة الجوائز لتتساوى مع الأعمدة كونها لم تطابق المخططات المعمارية كما هو مبين بالشكل (4-39).



الشكل (4-39) عدم تطابق توضع الجوائز بين المخططات الإنشائية والمعمارية (واجهة AutoCAD)

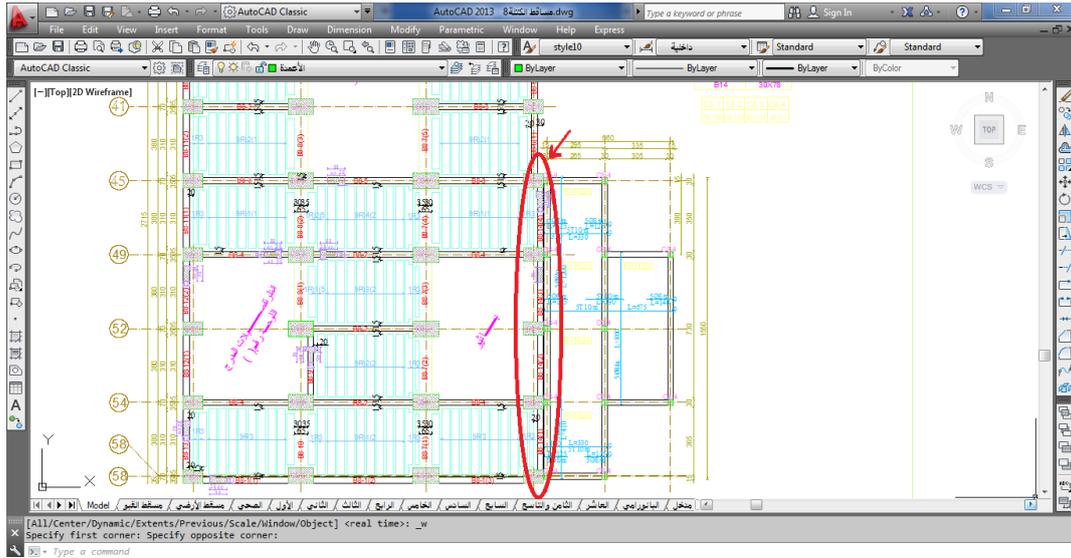
البند	الكلفة الإضافية	الزمن الإضافي
زلق جوائز الكتلة العاشرة على الواجهة الشرقية لتطابق المخططات المعمارية	—	3 أيام إضافية لتعديل التصميم والمخططات

✘ إضافة خزان علوي فوق بيت درج الكتلة التاسعة بسبب تعديلات الدراسة الصحية .

البند	الكلفة الإضافية	الزمن الإضافي
إضافة خزان علوي فوق بيت درج الكتلة التاسعة	—	10 أيام إضافية لتصميم الخزان وتعديل تصميم الكتلة والمخططات والكميات

☒ تعديل بواجهة الكتلة الثامنة بسقف القبو بزلق الجائز بمقدار 30 سم لتفادي وجود فجوات بين الكتل كما هو مبين بالشكل (4-40).

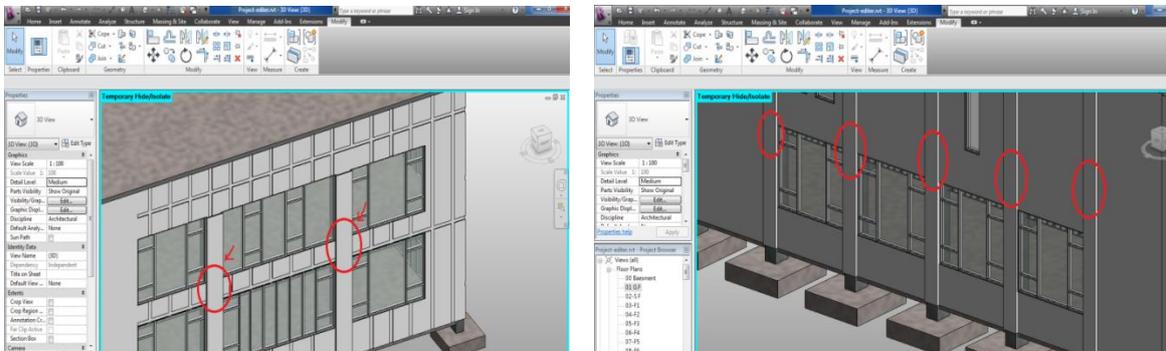
البند	الكلفة الإضافية	الزمن الإضافي
زلق الجائز بواجهة الكتلة الثامنة بسقف القبو على الواجهة الشرقية بمقدار 30سم	—	3 أيام إضافية لتعديل التصميم والمخططات



الشكل (4-40) زلق الجائز لسد الفجوة بين الكتلتين (واجهة AutoCAD)

☒ تعديل إنشائي في واجهة الكتلة السادسة والسابعة بالوجهتين الغربية والجنوبية لتتطابق المخططات الإنشائية مع المخططات المعمارية كما هو مبين بالشكل (4-41).

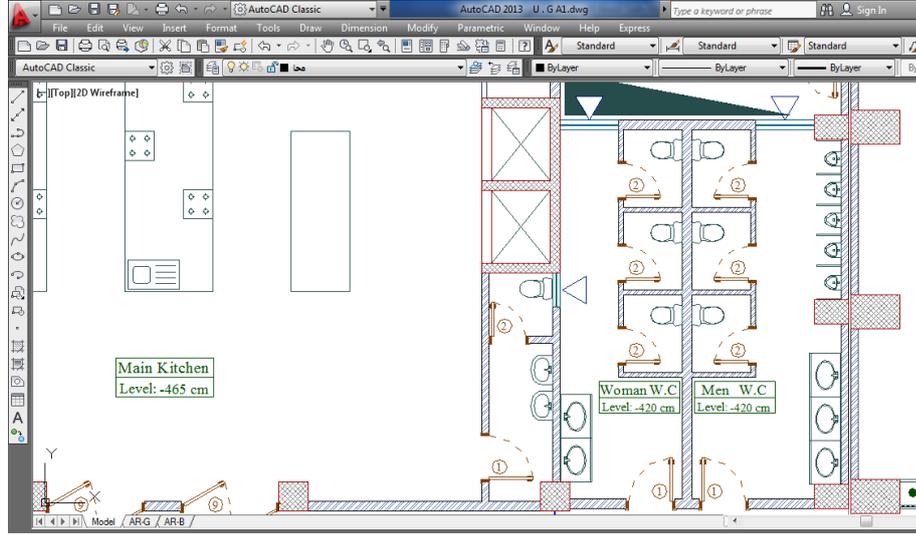
البند	الكلفة الإضافية	الزمن الإضافي
زلق الجسر بالكتل السادسة والسابعة لسقفي القبو والأرضي بمقدار 10 سم	—	4 أيام إضافية لتعديل التصميم والمخططات



الشكل (4-41) زلق الجائز لتحقيق التطابق (واجهة Revit)

☒ تم تعديل في نموذج الحمامات في الكتلة السادسة في القبو كما هو مبين بالشكل (4-42).

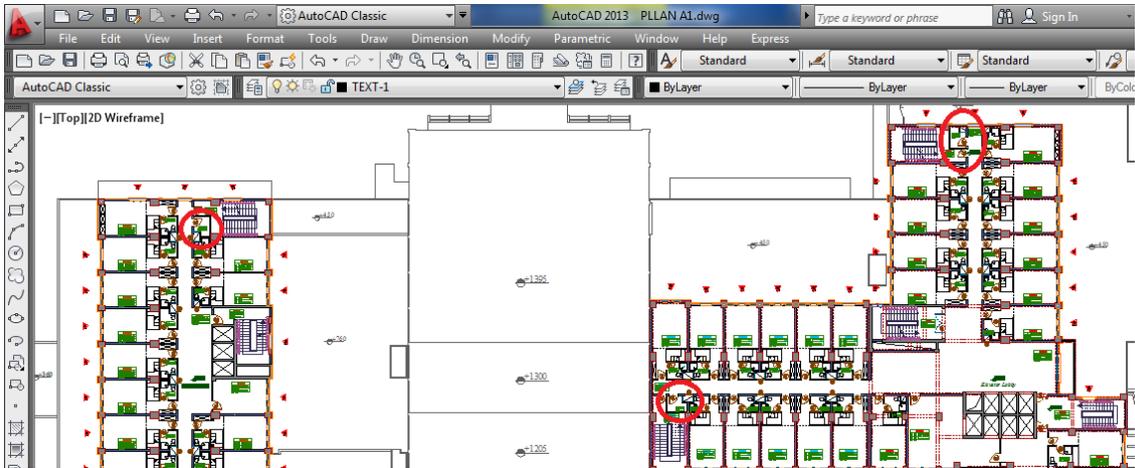
البند	الكلفة الإضافية	الزمن الإضافي
تغير بمساحات الحمامات وفي المهواة	—	3 أيام إضافية لتعديل المخططات والكميات



الشكل (4-42) تعديل نموذج الحمامات في القبو (واجهة AutoCAD)

☒ تعديل معماري في الطوابق المتكررة بإضافة غرفة غسيل بكل طابق كما هو مبين بالشكل (4-43).

البند	الكلفة الإضافية	الزمن الإضافي
إضافة غرفة غسيل بكل طابق من الطوابق المتكررة	—	3 أيام إضافية لتعديل المخططات والكميات



الشكل (4-43) إضافة غرف غسيل في الطوابق المتكررة (واجهة AutoCAD)

☒ تم تعديل مناسيب الموقع العام بسبب إختلاف مناسيب الحفر.

البند	الكلفة الإضافية	الزمن الإضافي
تعديل مناسيب الموقع	—	20 يوم إضافي للتعديل بالمخططات والكميات

☒ تعديل بمدخل البناء وذلك بتعديل أبعاد المدخل.

البند	الكلفة الإضافية	الزمن الإضافي
تعديل مدخل البناء	—	10 أيام إضافية للتعديل بالمخططات

☒ إضافة شرفات في الواجهة الشرقية للمبنى بأمر تغيير من المالك.

البند	الكلفة الإضافية	الزمن الإضافي
إضافة شرفات للمبنى على الواجهة الشرقية	—	7 أيام إضافية لتعديل المخططات والكميات

☒ باستبدال السقيفة البيتونية في الحمامات بأسقف مستعارة وذلك لسهولة الصيانة بالإضافة إلى توفير في الكلفة.

البند	الكلفة الإضافية	الزمن الإضافي
استبدال السقيفة البيتونية في الحمامات بأسقف مستعارة	—	4 أيام إضافية لتعديل المخططات والكميات

☒ تعديل نوع البلوك الخارجي من بلوك عادي بسماكة 20 سم إلى بلوك معزول بسماكة 40 سم كما في الشكل (4-44).



الشكل (4-44) البلوك المعزول

البند	الكلفة الإضافية	الزمن الإضافي
تعديل نوع البلوك الخارجي	—	70 يوم لإعادة الدراسة الميكانيكية وسحب كميات البلوك الخارجي من الكميات الكلية للبلوك وتغيير النوع والكلفة.

☒ بسبب التعديل بالمخططات تطلب الأمر تغيير مكان المدخنة للمرجل مآدى إلى كلفة إضافية بسبب التغيير

البند	الكلفة الإضافية	الزمن الإضافي
تغيير مكان المدخنة	440000 ل.س	30 يوم لإيجاد المكان المناسب والدراسة للمدخنة

☒ تغيير مكان المرجل في الطابق القبو بسبب التعديل بالمخططات

البند	الكلفة الإضافية	الزمن الإضافي
تغيير مكان المرجل	195000 ل.س	-

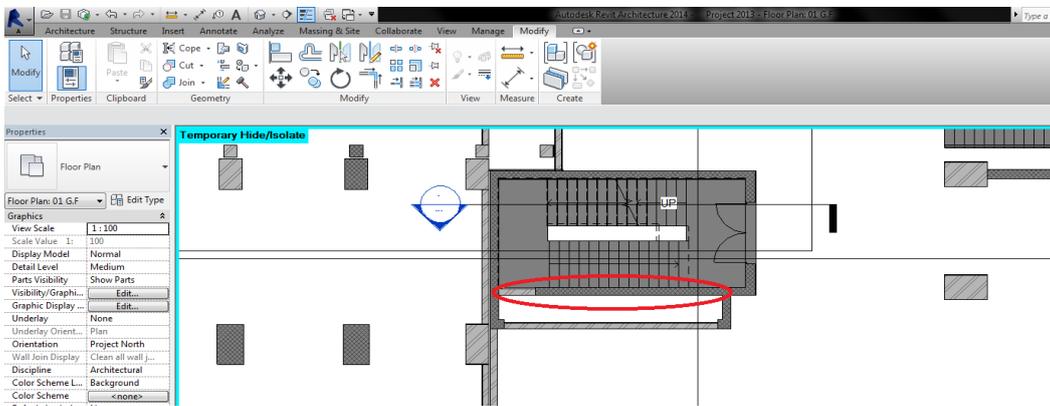
☒ تغيير مكان خزانات الوقود بسبب تغيير الموقع العام والطابق القبو سبب زيادة في الانابيب

البند	الكلفة الإضافية	الزمن الإضافي
تغيير مكان الخزانات	1625000 ل.س	-

☒ أثناء الدراسة ظهرت مشكلة أن المبادلات والدكتات غير مناسبة في الطابق الصحي لان ارتفاع الطابق الصحي صغير مما استدع الامر الى إيجاد حلول بالتنسيق مع المهندس المعماري والإنشائي وخاصة بوجود نشاطات وصلالات في الطابق الصحي ووجود جسر متدلي بمقدار 60 سم مع العلم ان ارتفاع الطابق الصحي 210 سم فقط. تم اقتراح تعليق الدكتات من خارج البناء ولكن تم الرفض من قبل المعماري ولازالت المشكلة قائمة.

☒ أثناء التنفيذ ظهرت مشكلة وقوع المدخنة بجانب الدرج الشكل (4-45). وكان الحل بتليبس الجدار المشترك بينهما بالأجر الحراري.

البند	الكلفة الإضافية	الزمن الإضافي
تليبس جدار المشترك بين المدخنة وبيت الدرج بالأجر الحراري	830000	9 أيام



الشكل (4-45) الجدار المشترك بين المدخنة والدرج (واجهة Revit)

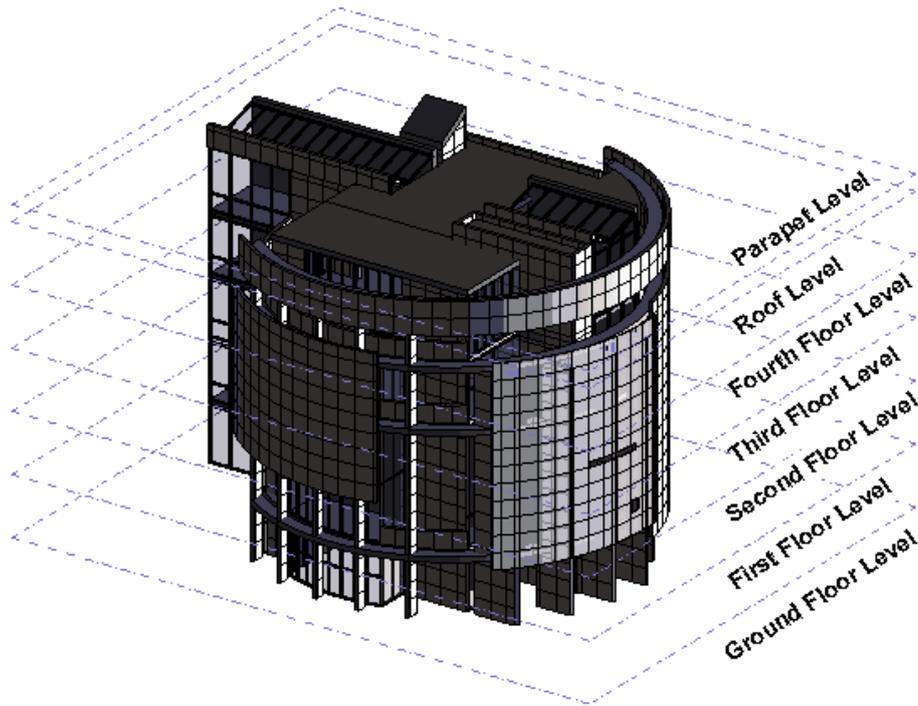
4-5 استخدام أنظمة BIM لإدارة النقص في المعلومات وتغيرات البناء

توصل الباحث إلى استنتاج مفاده أن تنسيق ملفات المشروع بين كامل أطراف المشروع يمكن حلها عن طريق أتمتة عملية تبادل المعلومات للمشروع من خلال النموذج البارامتري. ولغرض هذه الدراسة تم اختيار برنامج Revit / Autodesk من مجموعة برامج التي تدعم أنظمة نمذجة معلومات البناء BIM. وبنى الاختيار على عدة معايير منها أنه متاح ومتوفر بدعم من شركة Autodesk للطلبة حيث أنها توفر الدعم التقني والتدريب عبر الإنترنت.

وسيتم في الفقرة التالية عرض المبادئ والمفاهيم الرئيسية لبرنامج Autodesk Revit.

4-5-1 المفاهيم والمبادئ الرئيسية لبرنامج Autodesk/Revit

يتم من خلال البرنامج Revit تعريف مناسيب البناء Levels كما هو مبين بالشكل (4-46) والتي تعتبر بمثابة مساقط البناء. وترتبط عناصر البناء بالمناسيب بحيث أي تغيير بمنسوب البناء ينعكس ذلك تلقائياً على العناصر المرتبطة معه ومثال على ذلك فإن الأعمدة والبلاطات والجدران والأسقف جميعها عناصر مرتبطة بارتفاع الطابق وبالتالي أي تغير بارتفاع الطابق سيؤدي إلى تغير ارتفاع الجدران والأعمدة وتعديل منسوب البلاطات والأسقف المستعارة تلقائياً.



الشكل (4-46) مناسيب البناء التي تمثل مساقط البناء

ويوفر البرنامج للمستخدم مكونات البناء الأساسية التي تمكنه من إنشاء عناصر المبنى بأكمله وتدعى العائلات Families التي تتميز بتنوعها وتوصف بأنها كما يلي:

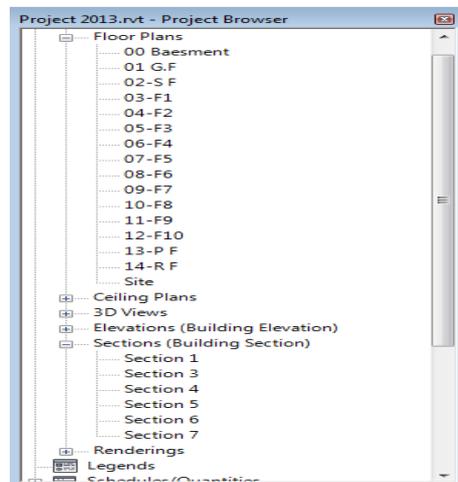
✚ أنظمة العائلات System Family : تكون معرفة مسبقاً وقابلة للتعديل من قبل المستخدم وفقاً لخواص معرفة مثل المناسيب والجران والبلاطات. ويستطيع المستخدم تعريف أنواع جديدة من خلال تعديل مواصفاتها الأساسية.

✚ العائلات القياسية Standard Family : أيضاً تكون معرفة مسبقاً وتشبه البلوكات Block الموجودة بالأوتوكاد ولتعديلها يمكننا تعديل خواصها بالنسبة للمواد والأبعاد والمقياس من خلال الخصائص الخاصة بها. وتعتبر الأبواب والنوافذ والأعمدة كأمثلة للعائلات القياسية.

✚ العائلات المصنوعة بالمكان Family in Place : ينشأ هذا النوع من العائلات من خلال المشروع نفسه ويعتبر ملكية لهذا المشروع فقط. ويتم إنشاؤها عندما نقوم ببناء العناصر غير المعرفة مسبقاً والتي تكون خاصة بهذا المشروع. مثل الأنواع الخاصة من المطريات – أنواع خاصة من الأعمدة – أنواع خاصة من الكنتورارات وغيرها.

حيث أن العناصر يمكن أن تكون معتمدة على بعضها (الأبواب والنوافذ تعتمد بتعريفها على الجدران) أو قائمة بذاتها مثل (الأعمدة – الأثاث ...) ويستطيع البرنامج القراءة والاستيراد من برامج مختلفة والتي تعتبر منطلق لإنشاء العناصر الحدودية ببرنامج Revit .

يحتوي البرنامج على مستعرض مبني بهيكل تفرعي منطقي. والذي يحتوي على كل مناظير المشروع وعناصره وخصائصه كالمساقط والواجهات والمقاطع والتفاصيل والمنشأ ثلاثي الأبعاد كما في الشكل (4-47) وكلها تابعة لنفس المبنى.



الشكل (4-47) مستعرض برنامج Revit

4-5-1 إدارة معلومات المشروع Revit برنامج

يقدم برنامج Revit أسلوب عمل قائم على نهج تشاركي والنموذج المتكامل . مما يسهل الوصول إلى معلومات البناء ويمكن من تشارك التصميم من قبل كل أطراف المشروع بكل مراحله.

إن دور البرنامج في تنسيق وثائق البناء مشابه لدور مدير المشروع من خلال:

✚ تمكين فريق المشروع الحفاظ على التنسيق والتسلسل المطلوب بين التخصصات المختلفة خلال دورة حياة المشروع.

✚ القدرة على اكتشاف التضاربات بين عناصر المشروع المختلفة.

وهذا الدور التنسيقي يعتمد في الدرجة الأولى على مايسمى بمجموعة العمل Workset وعلى تزامن بناء عناصر المشروع.

4-5-2 مجموعة العمل Workset

وهي عبارة عن مجموع عناصر البناء (الجدران - الأعمدة - البلاطات - الأبواب - المشعات - التمديدات الكهربائية والصحية ... الخ) ويعطى كل مصمم صلاحيات لإضافة وتعديل العناصر الخاصة به ولايستطيع أحد من المستخدمين الآخرين العمل ضمن صلاحياته من العناصر . مما يمنع التضاربات بين العناصر حيث أن مجموعات العمل المختلفة تمكن من تنسيق ونشر التغييرات بين المصممين . من خلال مجموعات العمل يستطيع كل مستخدم تحديث آخر التغييرات بإضافة أو حذف أو تعديل أي عنصر للبناء التي قام بها المستخدمون الآخرون وبالتالي ضمان التنسيق الجيد . حيث أن كل مستخدم يمكن أن يزامن الملف المركزي بعد أن ينفذ الأعمال الخاصة به على ملف محلي.

4-5-3 تزامن عناصر البناء

إن كل المستخدمين يستطيعون العمل بطريقة تبادلية بملف مركزي يحتوي على عناصر معتمدة على بعضها البعض ويتم التحكم في العلاقة بين المكونات المختلفة للمبنى من خلال تزامن عناصر البناء.

ويقوم التزامن بتجميع المعلومات المدخلة من قبل كل مستخدم ضمن قاعدة بيانات واحدة وجعلها متاحة بالتنسيق المعروف لمختلف المستخدمين كالمصممين المعماريين والمهندسين الإنشائيين والمكيانيكيين وغيرهم.

حيث أن المهندس المعماري على سبيل المثال يستطيع تفحص العناصر الإنشائية كما الإنشائي يستطيع رؤية العناصر المعمارية . وبالتالي يستطيع كل المستخدمون معرفة الخصائص الإنشائية للعناصر أو أماكنها وتربطها مع العناصر الأخرى

ويمثل التزامن بين العناصر القياس الكمي لبيانات عمل مشاريع البناء من خلال قاعدة بيانات علائقية بصورة أوتوماتيكية، ويتم تمثيل مخططات البناء ببرنامج Revit. وكون القياس كمي فنستطيع استخلاص الكميات لحساب وتقدير الكلف. وتتوفر بالشكل المناسب للتعامل مع برامج تقدير الكلفة دون الحاجة إلى تصدير خصائص العناصر أو تعريفها من جديد.

4-5-2 استخدام حلول BIM لتخفيض النقص في المعلومات اللازمة للتنفيذ

بعد تحليل المعلومات المطلوبة من قبل الجهة المنفذة تبين أن معظمها ناتج عن الأخطاء والسهو وعدم التنسيق بين المخططات.

بالبحث بحلول أنظمة BIM نجد أنه يمكن حل المشاكل الناجمة عن نقص في المعلومات اللازمة للتنفيذ باستخدام الربط المتعدد الاتجاه بين عناصر البناء Parametric Object والتي تساهم بالتنسيق الآلي لكل عنصر مصمم بكافة المخططات والكميات المرتبطة بذلك العنصر ضمن قاعدة البيانات للمشروع.

فيما يلي سيقوم الباحث بشرح خاصية الربط المتعدد الإتجاه.

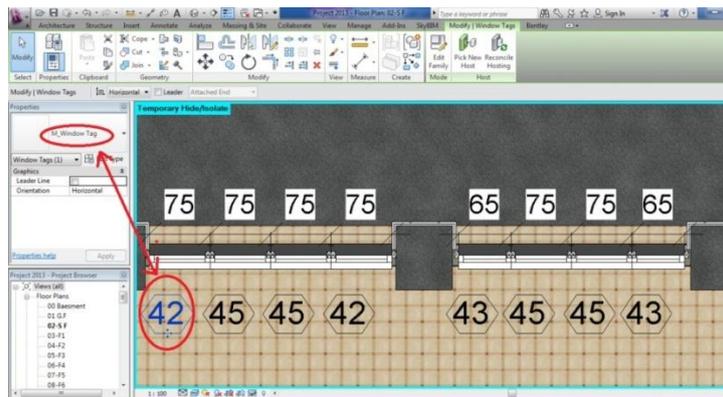
4-5-2-1 الربط المتعدد الإتجاه (العناصر البارامترية)

إن المقصود من الربط متعدد الإتجاه هو أنه من خلال نموذج واحد مصمم باستخدام برمجيات BIM نستطيع إنشاء كل المخططات من مساقط ووجهات ومقاطع وتفاصيل ومناظير وبيانات غير رسومية كجداول الكميات وخواص العناصر وهذا يعني أن التغيير بمخطط واحد سينعكس على بقية المخططات آلياً، الأمر الذي يوفر الكثير من الوقت ويساهم في إلغاء الخطأ البشري أو السهو الناتج عن التعديل اليدوي لجميع المخططات والكميات. وبالرجوع إلى إستفسارات الجهة المنفذة نأخذ حالة الاختلاف الناجم عن عدم تطابق النوافذ بالمخططات مع الجداول.

من المفترض أن تكون النافذة F بالطابق الصحي بالواجهة الشمالية على المحور 13 متطابقة بين كل من المساقط وجداول التوصيف والواجهات كما هو مبين بالشكل (4-14).

ونجد عدم التطابق بين المخططات وجداول النوافذ بسبب عدم ترابط المخططات والسهو عن التعديل مما نجم عن نشوء تساؤل عن الاختلاف الوارد.

قام الباحث بنمذجة المبنى باستخدام برنامج Revit . بالتالي فإن الترابط الآلي بين المساقط وجداول الكميات وجداول توصيف النوافذ من خلال نموذج واحد جعل إحتمال السهو والخطأ البشري غير وارد, الأمر الذي يحقق التنسيق الأفضل بين مخططات المشروع ويساهم بالإدارة الأمثل للتغيرات. حيث أنه بالشكل (4-48) نلاحظ بأن كل عنصر (النافذة بمثالنا) يمتلك خصائص تبعاً لنوعه, كما أن ترقيم العناصر يعطى بقيم افتراضية قابلة للتغيير.



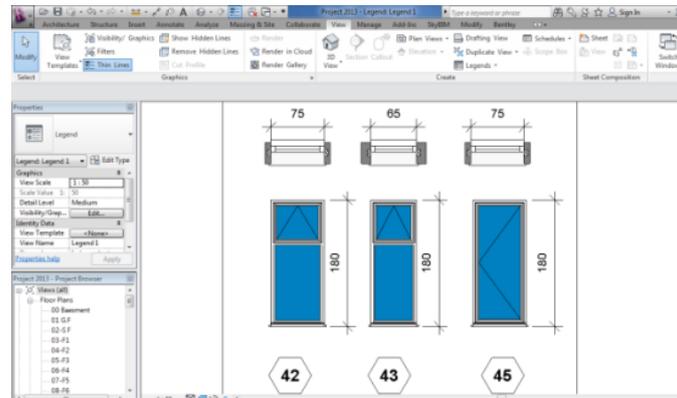
الشكل (4-48) خصائص النافذة (واجهة Revit)

وبين الشكل (4-49) جدول الكميات الخاص بالنوافذ الحاوي على جميع خصائص النوافذ المعرفة في Family الخاصة بها والتي تظهر على شكل خصائص قابلة للتعديل والإضافة ضمن المخططات الرسومية.

Window Schedule						
Family and Type	Height	Level	Sill Height	Type Mark	Width	Count
02-S F						
Double Shutter with Openable Glass2: B (140 x 170)	120	02-S F	97	20	140	1
Sgl Casement - Top Hung: F	180	02-S F	52	42	75	42
Sgl Casement - Top Hung: F1	180	02-S F	52	43	65	10
Sgl Casement - Top Hung: F2	180	02-S F	52	44	55	2
Sgl Plain: F	180	02-S F	52	45	75	44
Sgl Plain: F1	180	02-S F	52	46	75	8
Sgl Plain: F2	180	02-S F	52	47	75	2
Tpl Casement - Top Hung Side: A1 (180 x 170)	170	02-S F	97	19	180	1
Tpl Casement - Top Hung Side: A (180 X 170)	170	02-S F	97	23	180	3
02-S F: 113						
Grand total: 113						

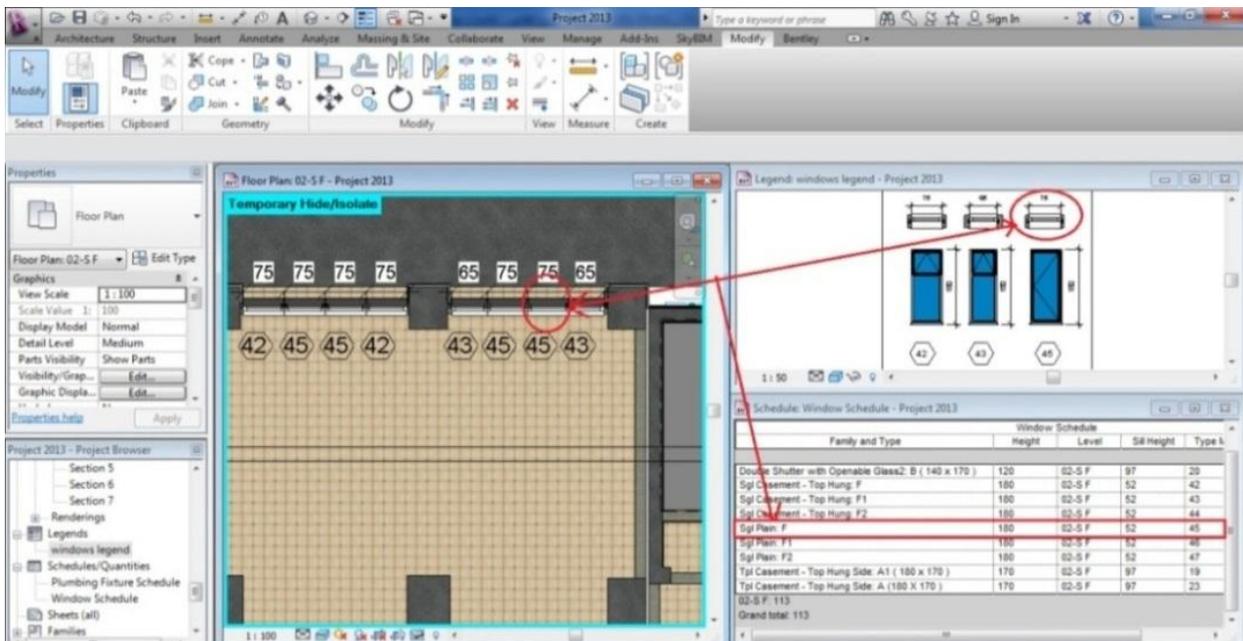
الشكل (4-49) جدول كميات النوافذ (واجهة Revit)

ويوضح الشكل (4-50) جدول توصيف النوافذ ببرنامج Revit الذي يوضح أبعاد النوافذ وأشكالها والترقيم الخاص بها والمتطابق بكل المخططات والجداول التي توجد فيها تلك النوافذ.



الشكل (4-50) جدول توصيف النوافذ (Legend) (واجهة Revit)

وبالتالي بمجرد الإنتهاء من عملية النمذجة نجد أن جداول الكميات ستتولد تلقائياً وسينشأ رابط آلي للنافذة بجميع المخططات والجداول المحتواة على تلك النافذة كما هو مبين بالشكل (4-51) بحيث أنه في حال أجري أي تعديل سينعكس ذلك على الكميات وعلى جداول توصيف النوافذ والواجهات والمساقط والمقاطع. الأمر غير الوارد بالطرق التقليدية.



الشكل (4-51) الربط الآلي للعنصر (واجهة Revit)

3-5-4 استخدام حلول BIM لتخفيض أوامر التغيير

بعد تحليل أوامر التغيير تبين أن معظمها ناتج عن الأخطاء والسهو وعدم التنسيق بين التخصصات (مثل التضارب بين النوافذ المعمارية والجوائز البيتونية) وضعف التصور لدى المالك.

بالبحث بحلول أنظمة BIM نجد أن المشاكل الناجمة عنها أوامر التغيير تعالج بواسطة إنشاء قاعدة البيانات المشتركة والتي تؤدي إلى التواصل التقني والتنسيق الفعال بين فريق العمل.

ونستطيع تلافي التضاربات الحاصلة بين التخصصات المختلفة من خلال تفعيل العمل بقاعدة بيانات مشتركة تسمح بتراكب عناصر البناء كافة (المعمارية والإنشائية والميكانيكية والكهربائية والصحية) بنموذج واحد متكامل.

وقد قام الباحث بإنشاء قاعدة بيانات مشتركة الحالة الدراسية المعتمدة بالدراسة (مبنى سكن الأطباء والمرضات) باستخدام برنامج Revit Structure & Revit Architecture .

1-3-5-4 إنشاء قاعدة البيانات المشتركة Central Database

نقوم بتقسيم المنشأ لعدة اجزاء تبعاً للعناصر (معماري - إنشائي - ميكانيكي - كهربائي - صحي) تسمح لكل المستخدمين أن يعملوا بألية مشتركة ويتعاون. ويمكن بتلك الخاصية أن يؤدي محرك التغيير البارامتري التغيرات والتنسيقات المطلوبة بين عناصر المبنى والتي كانت من مهمة المصمم بالأنظمة التقليدية .

بدايةً وقبل البدء بتفعيل المشاركة ينبغي على المنسق الرئيسي تخصيص workset لكل عضو من أعضاء المشروع , بالتالي يجب عليه تحري كل أجزاء المشروع التي يمكن أن يكون من مسؤولية أحد أعضاء فريق العمل كما هو مبين بالشكل (4-52).



الشكل (4-52) تخصيص workset خلال مرحلة التصميم

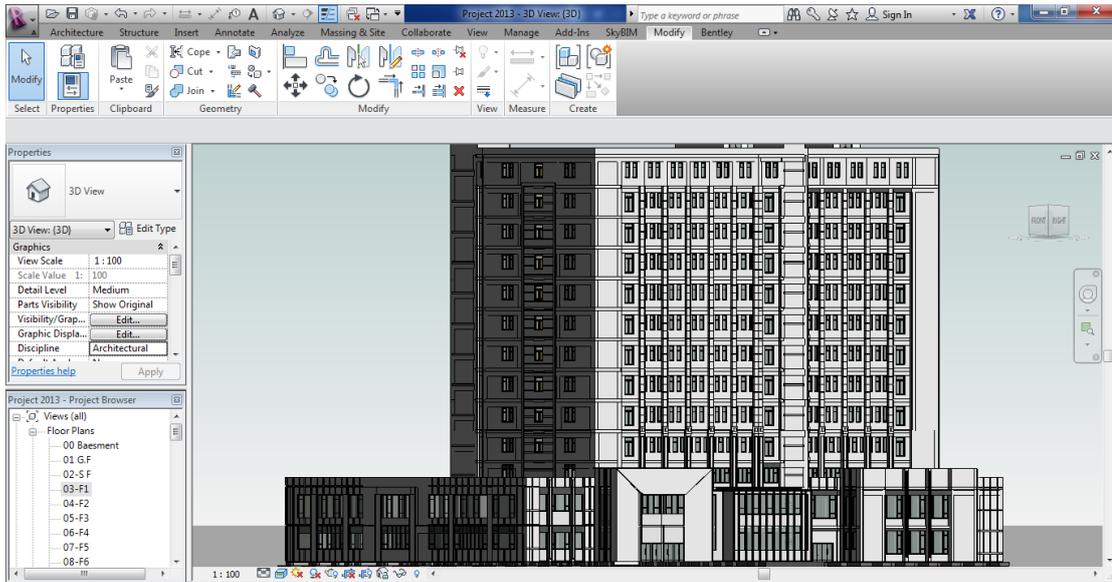
كل عضو من أعضاء فريق العمل سيكون مسؤول عن البقاء ضمن حدود صلاحياته التي يملكها والتي يستطيع من خلالها (إضافة عناصر - تعديل عناصر - التحكم برؤية وإظهار العناصر).

هذه الخطوة تساهم بتجنب الكثير من المشاكل التي تكون غالباً مرتبطة بضعف التنسيق بين مخططات البناء التي اذا نفذت بالطرق التقليدية أدت إلى حدوث أخطاء تؤدي إلى زيادة الكلف ومدة البناء. حيث أن هذه الميزة ستجبر عملية التفاعل بين أعضاء فريق العمل ضمن نموذج عمل واحد وكل الأعضاء سيجبرون على إيصال قراراتهم إلى الآخرين. بنفس الوقت فإن التقنية البارمترية للعناصر ستكون مسؤولة عن التنسيق الآلي بين مختلف المخططات الرسومية والمعلومات غير الرسومية (المساط - الواجهات - المقاطع - جداول الكميات وغيرها).

4-3-2 آلية عمل قاعدة البيانات المشتركة

لاختبار آلية عمل نموذج البناء المشترك باستخدام برنامج Revit, تم تنفيذ الخطوات التالية:

- ✓ بدايةً تم نمذجة مبنى سكن الأطباء والمرضات معمارياً باستخدام برنامج Revit الشكل (4-53)
- ✓ تم حفظ نسخة من ملف العمل بالحاسب الرئيسي لاستخدامها كملف مركزي (Central File).

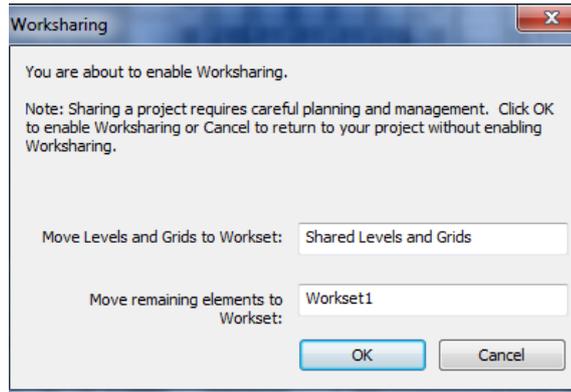


الشكل (4-53) نمذجة مبنى سكن الأطباء ببرنامج Revit



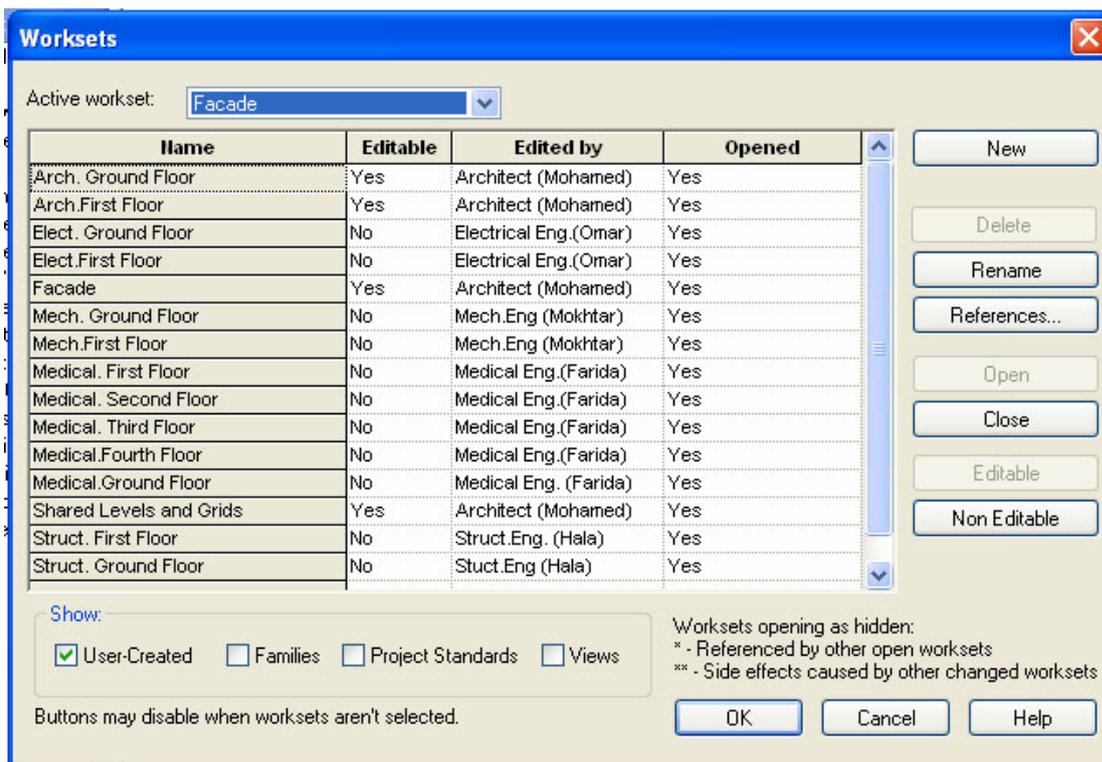
✓ تفعيل المشاركة من خلال Worksets ضمن قائمة Collaborate

حيث نصل إلى نافذة worksharing والتي تخزن جميع عناصر البناء بدايةً بمجموعة عمل واحدة تسمى worset1 والتي ستعدل لاحقاً الشكل (4-54).



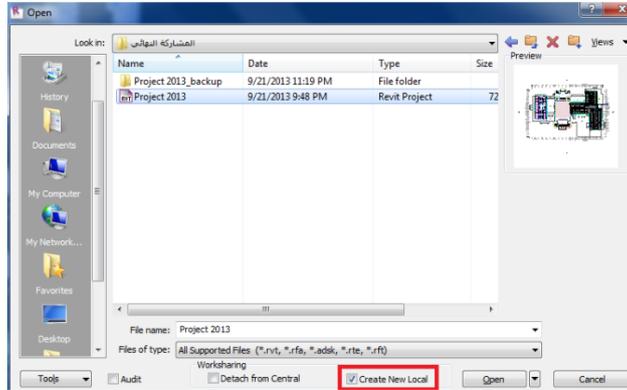
الشكل (54-4) Worksharing Window

✓ تقسم عناصر المبنى حسب عناصر المشروع الموجودة بكل التخصصات (المعمارية - الإنشائية - الميكانيكية - الكهربائية - الصحية - الخ) إضافة إلى حاسبي الكميات والرسامون وآخرون وبالتالي يجب تقسيم عناصر البناء حسب التخصصات المختلفة وحسب أعداد المهندسين بالتخصص الواحد الشكل (55-4).



الشكل (55-4) تقسيم عناصر البناء حسب التخصصات

✓ يستطيع كل شخص حفظ نسخة محلية (Local Copy) من النسخة المركزية الموجودة بالجهاز المركزي وتحفظ تلقائياً باسم المستخدم. وهكذا يتم توزيع صلاحيات العناصر وأقسام البناء على أعضاء فريق العمل الذين يعملون على شبكة واحدة موصولة بالجهاز المركزي الشكل (4-56).



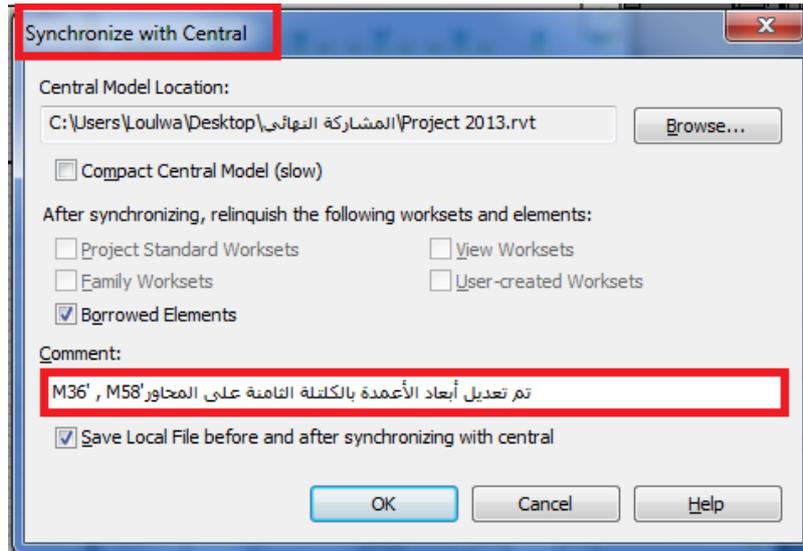
الشكل (4-56) إنشاء نسخة محلية Local Copy

يمكن لهذه الشبكة أن تكون شبكة محلية (LAN) أو شبكة واسعة (WAN)

فمثلاً نجد أن المهندس محمد مسؤول عن العناصر المعمارية فقط الموجودة بالطابق الأرضي بحسب الصلاحيات المعطاة له ولا يمكنه إضافة أو تعديل عناصر أخرى باستثناء المحجوزة ضمن صلاحياته فيمكنه التحكم بنوعية وارتفاع الأسقف المستعارة وسماكات القواطع وماهيتها ومواقعها بنفس الطابق فقط. كذلك الأمر بالنسبة للمهندس مختار القائم على الأعمال الميكانيكية الموجودة في الطوابق (الأرضي والأول والثاني والثالث والرابع) وهكذا ...

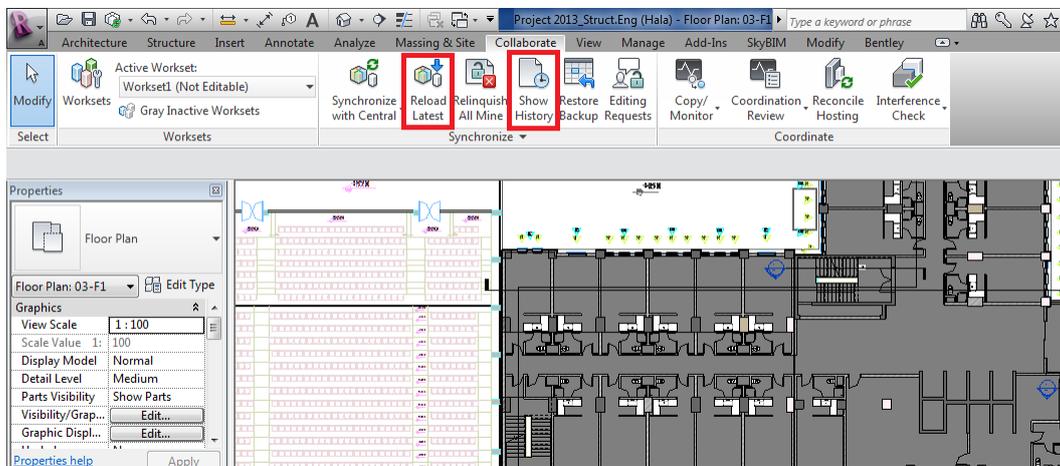
✓ كل عنصر معدل أو مضاف من قبل أي فرد من المجموعة يستطيع مشاركة عمله من خلال المزامنة مع الملف المركزي

فمثلاً عند قيام المهندس الإنشائي بتعديل أبعاد الأعمدة ضمن صلاحياته بالطابق أو الجزء المخصص له فيقوم بإجراء مزامنة مع الملف المركزي لتحديث تعديلاته مع المصممين ككل الشكل (4-57).



الشكل (57-4) المزامنة مع الملف المركزي Synchronize

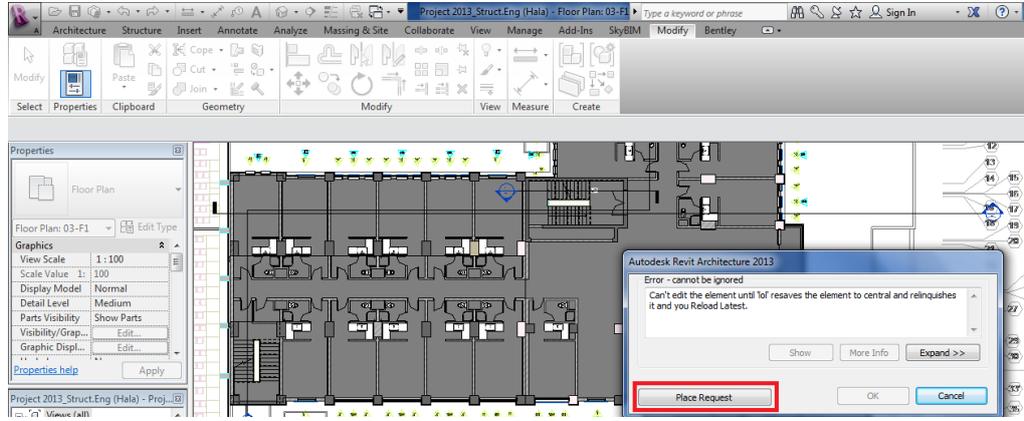
- ✓ يستطيع كل مستخدم رؤية الإضافات والتعديلات التي قام بها المستخدمون الآخرون ضمن صلاحياتهم من خلال تحديث ملفاتهم المحلية مع الملف المركزي (Reload Lasted) الشكل (4-55).
- ✓ ويستطيع أي مستخدم رؤية ملف آخر التعديلات بالتوقيت والمستخدمين الذين قاموا بالتعديل (Show History) الشكل (4-58).



الشكل (58-4) تحميل التحديثات ورؤية سجل النشاطات

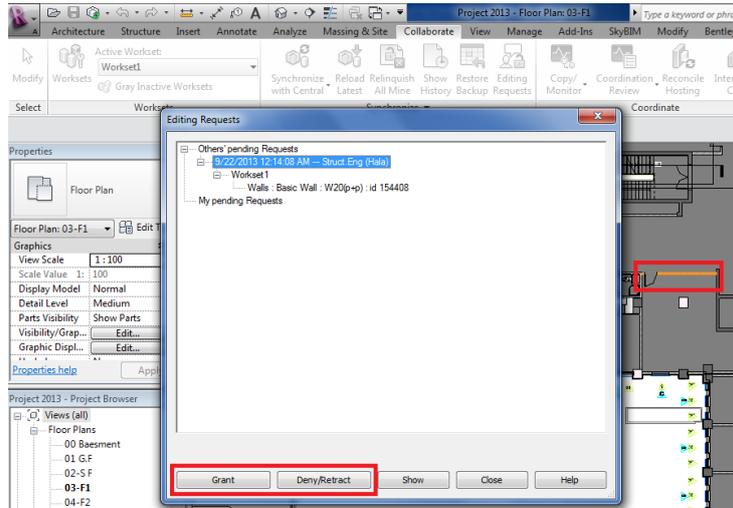
- عندها يمكن لبقية المصممين أن يجرؤا التعديلات اللازمة ضمن صلاحياتهم وفقاً لتعديلات المحدثه من قبل المصممين الآخرين وهكذا ...
- سيقوم البرنامج آلياً بتنسيق التغيرات المحدثه لجعل النموذج المركزي متكامل بجميع عناصر البناء.

✓ لا يستطيع أي مستخدم التعدي على صلاحيات مستخدم آخر أو تغيير صلاحياته وعند المحاولة ستظهر رسالة تحذيرية بأن العناصر التي يقوم المستخدم بتعديلها هي ليس من ملكياته الشكل (4-59).



الشكل (4-59) تحديد الصلاحيات للمستخدمين

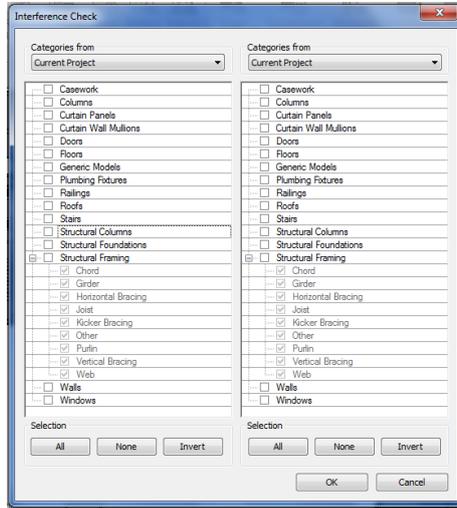
✓ يمكن للمستخدم أن يرسل طلب لإستعارة عناصر غير واقعة ضمن صلاحياته , ويستطيع التحكم بهذا العنصر في حال موافقة المستخدم المالك لذلك العنصر الشكل (4-60).



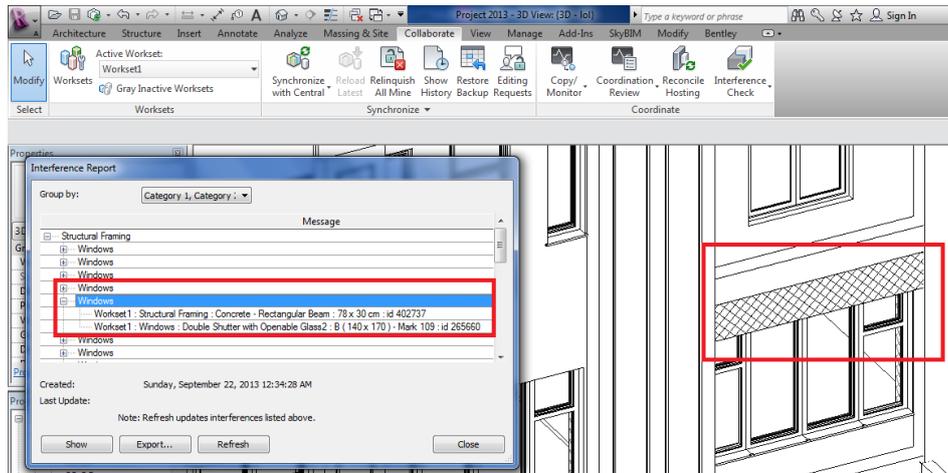
الشكل (4-60) إستعارة العناصر

بالمقارنة مع آلية العمل التقليدية نجد أن أي تعديل يجب أن يعكسه المصمم على بقية المخططات يدوياً الأمر المضيئ والمسبب للأخطاء والسهو وإطالة وقت التصميم ونشوء طلبات الإستفسار وأوامر التغيير.

✓ بعد الإنتهاء من عملية التصميم وتراكب جميع عناصر المبنى بمنشأ إفتراضي يحاكي الواقع يمكننا تفعيل خاصية كشف التضاربات لتفادي وقوع تضاربات بين العناصر وحلها خلال مرحلة التصميم قبل الوصول لمرحلة التنفيذ الشكل (61-4) (62-4).

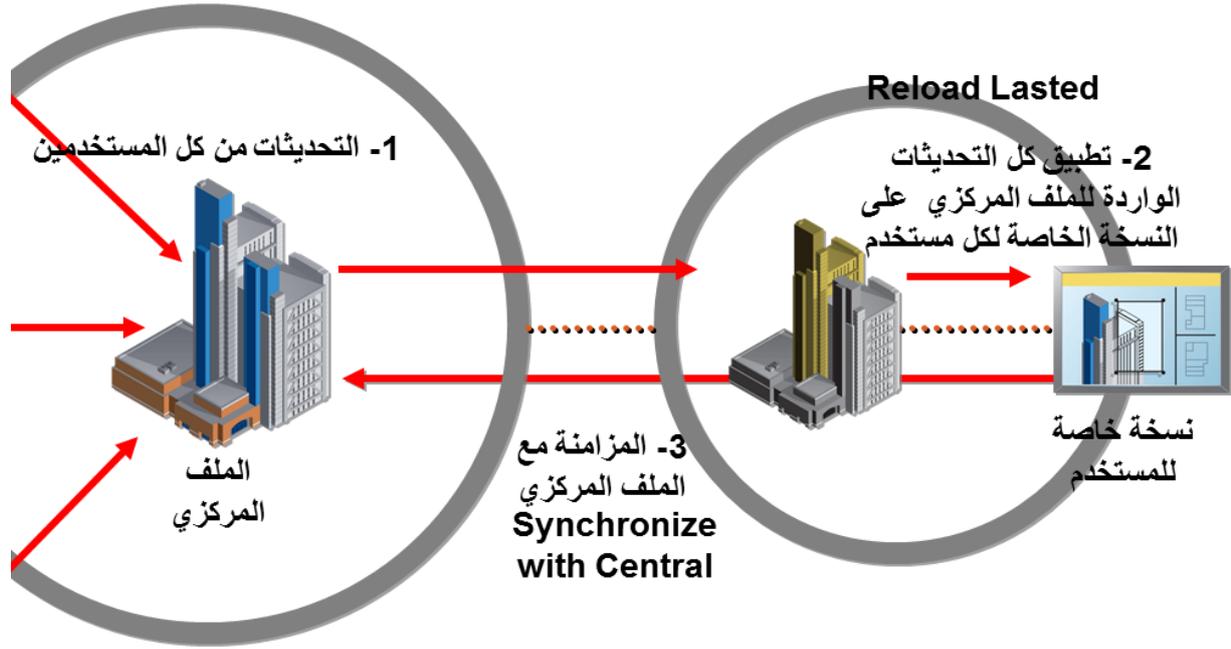


الشكل (61-4) تحديد العناصر التي ستخضع للتحقق من التضاربات



الشكل (62-4) آلية كشف التضاربات

ويمكن تلخيص آلية عمل قاعدة البيانات المشتركة من خلال الشكل (63-4) الذي يوضح طريقة تبادل المعلومات وتخزينها ضمن قاعدة البيانات.



الشكل (4-63) آلية عمل قاعدة البيانات المشتركة

وبالتالي وجد الباحث أنه بعد مراجعة مخططات البناء ومطابقتها باستخدام برمجيات أنظمة معلومات البناء BIM تبين أن معظم أوامر التغيير وطلبات الإستفسار من الجهة المنفذة نشأت عن الأخطاء والسهو وضعف التصور الناتج عن ضعف التنسيق بين المخططات وبين التخصصات . والحل كان بالتبادل المنسق المنظم لمعلومات البناء بآلية عمل توافقية وتشاركية ومن خلال تواصل فريق العمل خلال مراحل عمل المشروع.

وفيما يلي استعراض للنتائج التي استخلصها الباحث من خلال قياس أثر استفسارات الجهة المنفذة وأوامر التغيير الناتجة عن الأخطاء والسهو وضعف التصور على كلفة وزمن المشروع بتتبع المراسلات بين الجهة المنفذة والمصممة والرجوع لمحاضر الاجتماع لفريق المشروع والرجوع للمخطط الزمني ودراسة تتبع مهام المشروع . إضافة لإجراء المقابلات الممنهجة مع الجهة المنفذة والحصول على كلف أوامر التغيير الناتجة عن الأخطاء والسهو وضعف التصور .

4-5-4 النتائج المستقصاة من تلافى استفسارات الجهة المنفذة (RFI) وأوامر التغيير (CO) على الكلفة والزمن

تم تلخيص النتائج بالجدول (1-4)، حيث يوضح الباحث فيه جميع أوامر التغيير وإستفسارات الجهة المنفذة وآلية معالجتها باستخدام حلول BIM والوفر الناجم بالزمن والكلفة لمبنى سكن الأطباء والمرضات:

العنصر	الوصف	التخصص	الحلول باستخدام BIM	الأثر على الزمن (يوم)	الأثر على الكلفة (ل.س)
1	لا يوجد توصيف لإكساء كل من الطوابق (القبو والأرضي والصحي) وأسطح جميع الكتل	معماري	التواصل المرئي لمعلومات البناء	-	-
2	لا يوجد توصيف لإكساءات واجهات كل من الطابقين القبو والأرضي لجميع الكتل	معماري	التواصل المرئي لمعلومات البناء	-	-
3	تم تشكيل الطابق البانورامي فقط على المساقط بدون واجهات أو مقاطع أو مواد إكساء	معماري	الربط المتعدد الاتجاه بين المخططات	-	-
4	تم تغيير نوع الاكساء بالواجهات الحجرية لبعض الأجزاء من حجر بوشاردة إلى حجر مفرز ولم يتم عكس ذلك على الكميات المحسوبة إضافة إلى الاختلاف الوارد بالمخططات	معماري	الربط المتعدد الاتجاه بين المخططات	5 أيام	-
5	عدم تطابق توصيف النوافذ بين المخططات وجداول توصيف النوافذ واختلاف الرموز بينهم.	معماري	الربط المتعدد الاتجاه بين المخططات	-	-
6	جميع النوافذ الداخلية بدون توصيف	معماري	التواصل المرئي لمعلومات البناء	-	-
7	انزياح ببعض محاور الأعمدة والجدران بين المساقط الإنشائية والمعمارية في الكتلة الثامنة وصل لفرق 10 سم بالطوابق العليا	إنشائي	الربط المتعدد الاتجاه بين المخططات	10 أيام	-
8	بعض الأساسات لا يوجد لها تفصيل	إنشائي	الربط المتعدد	3 أيام	-

		الاتجاه بين المخططات		كمقاطع وحديد تسليح F11-5 F11-6	
9	2 يوم	الربط المتعدد الاتجاه بين المخططات	إنشائي	اختلاف بالمخططات الإنشائية بالنسبة للظفر بسقف القبو في الكتلة الثامنة	
10	57 يوم	التواصل المرئي لمعلومات البناء	معماري وإنشائي	تعديل الواجهات لتصبح عبارة عن إطارات ابتداءً من الطابق الصحي وصولاً للطابق العاشر ادت لتقديم الواجهة المعمارية لجميع الكتل	1769400
11	-	كشف التضاربات	معماري وإنشائي	تضارب للجائز (B9-111) (B9-94) (B9-127) (B9-69) الواقع على المحور 28 مع الواجهة المعمارية بالكتلة التاسعة	200000
12	7 أيام	كشف التضاربات	معماري وإنشائي	تضارب الجائز (, B9-56 , B9-85 (B9-28) الواقع على المحور C مع الواجهة المعمارية بالطوابق القبو والأرضي والصحي على الواجهة الشرقية	140000
13	-	الربط المتعدد الاتجاه بين المخططات	إنشائي	نشوء بعض الفجوات بين الكتل بالطوابق (القبو + الأرضي) للكتل الكبيرة مع الكتل الصغيرة بسبب دراسة كل كتلة على حدة	-
14	-	التواصل المرئي لمعلومات البناء	إنشائي	التدلي الكبير للجائز حول الفتحات في الكتلة الثامنة بالطابق الأرضي	-
15	-	كشف التضاربات	معماري وإنشائي	تضارب بعض النوافذ بالطابق الصحي مع الجوائز المتدللية نظراً لانخفاض منسوب الطابق وكبر ارتفاع الجوائز	275600
16	-	كشف التضاربات	معماري وإنشائي	تدلي جيزان الظفر للشرفات على الواجهة الشرقية والتي هي استمرار لجائز البلاطة	-
17	75 يوم	كشف التضاربات	معماري وإنشائي	تبين عند صب البلاطة للطابق الأخير مع الجوائز أن الإطار سيؤدي إلى بروز	3950000

				الجائز المتدلي على الواجهة	
18	معظم الكتل الصغيرة ظهرت الجوائز بتدلي كبير خلال الفتحات المعمارية	معماري وإنشائي	كشف التضاربات	-	-
19	بتعديل ارتفاع الطابق الأرضي ليصبح الارتفاع الكلي 4.5 م بدلاً من 6 م	معماري وإنشائي	الربط المتعدد الاتجاه بين المخططات والتواصل المرئي لمعلومات البناء	18 يوم	-
20	تعديل في المخططات المعمارية للطوابق المتكررة للكتل الخامسة والتاسعة والثانية	معماري وإنشائي	الربط المتعدد الاتجاه بين المخططات	33 يوم	-
21	تحويل الطوابق المتكررة بأمر تعري من قبل المالك للكتلة الثامنة إلى دار ضيافة	معماري	الربط المتعدد الاتجاه بين المخططات	31 يوم	-
22	تعديل ارتفاع الطابق الصحي بأمر تعري من قبل المالك ليصبح الارتفاع الكلي 3.2 م بدلاً من 2.3 م	معماري وإنشائي	الربط المتعدد الاتجاه بين المخططات والتواصل المرئي لمعلومات البناء	15 يوم	-
23	تغير البرنامج الوظيفي في الطابق الصحي	معماري	الربط المتعدد الاتجاه بين المخططات	10 أيام	-
24	تعديل دراسة الكتل (الثالثة - السادسة - السابعة) إلى بيتون مسبق الصنع	معماري وإنشائي	الربط المتعدد الاتجاه بين المخططات	11 يوم	-
25	إستفسار من المقاول بأقطار التسليح للحصائر والأساسات المعدل والتي تغيرت من 30 مم إلى 25 مم.	إنشائي	الربط المتعدد الاتجاه بين المخططات	13 يوم	-
26	بتعديل نماذج النوافذ في الطوابق الثالث والرابع	معماري	الربط المتعدد الاتجاه بين	13 يوم	-

		المخططات			
360000	12 يوم	الربط المتعدد الاتجاه بين المخططات	معماري	تكسير وتخفيض البلوك في الواجهات بسبب عدم تطابق أبعاد النوافذ المصممة مع النوافذ المشتركة الفعلية	27
-	11 يوم	الربط المتعدد الاتجاه بين المخططات	إنشائي	تعديل أبعاد الأعمدة في الطوابق الخمسة الأخيرة بسبب خطأ في التصميم	28
-	3 أيام	التواصل المرئي لمعلومات البناء والربط المتعدد الاتجاه بين المخططات	معماري	إضافة Sky light لكل من الكتل السادسة والحادية عشر	29
-	3 أيام	كشف التضاربات	معماري وإنشائي	تعديل إنشائي في الواجهة الشرقية للكتلة العاشرة بإزاحة الجوائز لتتساوى مع الأعمدة كونها لم تطابق المخططات المعمارية .	30
-	2 يوم	كشف التضاربات	معماري وإنشائي	تعديل بواجهة الكتلة الثامنة بسقف القبو بزلق الجسر بمقدار 30 سم لتفادي وجود فجوات بين الكتل	31
-	3 أيام	كشف التضاربات	معماري وإنشائي	تعديل إنشائي في واجهة الكتلة السادسة والسابعة بالوجهتين الغربية والجنوبية لتطابق مع المخططات المعمارية.	32
-	3 أيام	الربط المتعدد الاتجاه بين المخططات	معماري	تعديل في نموذج الحمامات في الكتلة السادسة في القبو .	33
-	2 يوم	الربط المتعدد الاتجاه بين المخططات	معماري	تعديل معماري في الطوابق المتكررة بإضافة غرفة غسيل بكل طابق .	34
-	16 يوم	الربط المتعدد الاتجاه بين المخططات	معماري	تم تعديل مناسيب الموقع العام بسبب إختلاف مناسيب الحفر	35

36	تعديل بمدخل البناء	معماري	الربط المتعدد الاتجاه بين المخططات	8 يوم	-
37	إضافة شرفات في الواجهة الشرقية للمبنى	معماري	الربط المتعدد الاتجاه بين المخططات	6 يوم	-
38	باستبدال السقيفة البيتونية في الحمامات بأسقف مستعارة	معماري	الربط المتعدد الاتجاه بين المخططات	3 يوم	-
39	تعديل نوع البلوك الخارجي من بلوك عادي بسماكة 20 سم إلى بلوك معزول بسماكة 20 سم	معماري	الربط المتعدد الاتجاه بين المخططات	29 يوم	-
40	بسبب التعديل بالمخططات تطلب الأمر تغيير مكان المدخنة للمرجل	ميكانيكي	الربط المتعدد الاتجاه بين المخططات	9 يوم	440000
41	تغيير مكان المرجل في الطابق القبو بسبب التعديل بالمخططات	ميكانيكي	الربط المتعدد الاتجاه بين المخططات	-	195000
42	تغيير مكان خزانات الوقود بسبب تغيير الموقع العام والطابق القبو	ميكانيكي	الربط المتعدد الاتجاه بين المخططات	-	1625000
43	المبادلات والدكتات غير مناسبة في الطابق الصحي لان ارتفاع الطابق الصحي صغير وتدلي الجوائز كبير	ميكانيكي وإنشائي	كشف التضاربات	المشكلة قائمة ولم تحل بعد	المشكلة قائمة ولم تحل بعد
44	عدم امكانية دراسة تدفئة الصالات في الطابق الأرضي والقبو لعدم معرفة برنامجها الوظيفي وماهية النشاطات	ميكانيكي	التواصل المرئي لمعلومات البناء	لم نستطع الحصول على الأثر الفعلي على الزمن	لم نستطع الحصول على الأثر الفعلي على الكلفة
45	أثناء التنفيذ ظهرت مشكلة وقوع المدخنة بجانب الدرج	ميكانيكي ومعماري	كشف التضاربات	7 يوم	830000
46	لم يتم بعد اعتماد منسوب التأسيس إلا	معماري	الربط المتعدد	لم نستطع	لم نستطع

متأخراً بسبب عدم انسجام مناسيب الموقع العام مع واقع الرفع الطبوغرافي		الاتجاه بين المخططات	الحصول على الأثر الفعلي على الكلفة
47	عدم وجود تصور للنظام اللوني لكامل المبنى color Scheme	معماري	التواصل المرئي لمعلومات البناء
48	عدم وضوح المساحات التخديمية اللازمة	معماري	التواصل المرئي لمعلومات البناء
49	إعادة النظر بالدراسة الصحية الخاصة بالمشروع بسبب عدم تطابقها مع الدراسة الإنشائية للمشروع وواقع التصريف في المنطقة	معماري وصحي	الربط المتعدد الاتجاه بين المخططات
50	إضافة طابق بانورامي فوق الطابق الأخير بارتفاع 4 م	جميع التخصصات	الربط المتعدد الاتجاه بين المخططات

الجدول (1-4) أثر أوامر التغيير وإستفسارات الجهة المنفذة على الكلفة والزمن

التواصل المرئي لمعلومات البناء: وتعني أن أنظمة BIM تسمح للمستخدم بالتجوال بالمنشأ ثلاثي الأبعاد وإكتشاف المبنى ككل من حيث المساحات والعناصر والمواد المستخدمة وتوليد المناظير اللازمة لفهم المشروع . وتزويد المواد الممثلة لعناصر البناء الأمر الذي يساهم بتخفيض الحاجة للتساؤلات بخصوص العناصر من حيث المواصفات والمواد المكونة لها ومن دون الحاجة لتوليد مخططات تفصيلية أكثر للتوضيح.

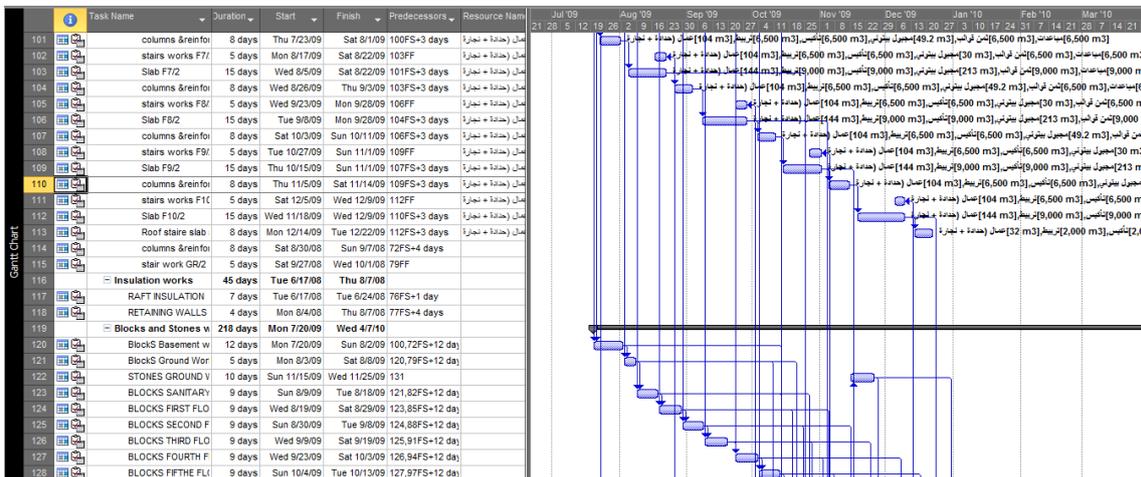
الربط المتعدد الاتجاه بين المخططات: وتعني أنه من خلال نموذج واحد مصمم باستخدام برمجيات BIM نستطيع إنشاء كل المخططات من مساقط ووجهات ومقاطع وتفاصيل ومناظير وبيانات غير رسومية كجداول الكميات وخواص العناصر وهذا يعني أن التغيير بمخطط واحد سينعكس على بقية المخططات آلياً الأمر الذي

يوفر الكثير من الوقت ويساهم في إلغاء الخطأ البشري أو السهو الناتج عن التعديل اليدوي لجميع المخططات والكميات.

كشف التضاربات: إن أداة كشف التضاربات تعمل على التحقق آلياً من عدم تداخل عناصر البناء مع بعضها البعض على سبيل المثال تقوم تلك الأداة من تقادي تضارب دكتات التهوية مع الجوائز البيتونية ويتم ذلك خلال مرحلة التصميم, الأمر الذي يساهم بتوفير الزمن والكلفة الناتجة عن أوامر التغيير وإعادة العمل وبالتالي تحسين الجودة والإنتاجية.

4-5-4 أثر استفسارات الجهة المنفذة وأوامر التغيير على زمن المشروع

قام الباحث بمراجعة المخطط الزمني للمشروع المدروس مع الجهة المنفذة كما هو مبين بالشكل (4-64), وتمت دراسة المهام المتضمنة الأوامر التغييرية الناجمة عن الأخطاء والسهو وضعف التصور إضافة لاستفسارات الجهة المنفذة. وتمت الدراسة بعناية وتحليلها عن طريق تحديد تواريخ البداية والنهاية الفعلية للمهام (Start Delay & Finish Delay) ومقارنتها بتواريخ البداية والنهاية المخطط لها بالجدول الزمني. ومن ثم تحديد المهام الواقعة على المسار الحرج والتي يؤدي تأخيرها إلى زيادة زمن المشروع, كما تم تحديد المهام غير الواقعة على المسار الحرج والتي أستهلكت الاحتياطي الكلي للمهمة أو العملية (Total Float) وبالتالي جعلت المهام اللاحقة لها شبه حرجة.



الشكل (4-64) جزء من المخطط الزمني لمبنى سكن الأطباء والمرمضات

بالمحصلة تم حساب الزيادة في أزمنا المهام المرتبطة بأوامر التغيير وإستفسارات الجهة المنفذة وتوصل الباحث إلى 449 يوم إضافي عن المدد الزمنية المخطط لها للمهام, وكان منها 359 يوم تقع على المسارات الحرجة وبنسبة إنجاز 63% للوقت الحالي حيث أن المشروع مازال قيد الإنشاء , وبالتالي فإن نسبة الوفر في الزمن

أصبحت 47.48% من زمن المشروع وصولاً للمرحلة الحالية. وبالتالي نتوصل لنتيجة مفادها أنه فيما لو طبقت أنظمة نمذجة معلومات المباني على مشروع مبنى سكن الأطباء والممرضات كان ممكن أن ينتج وفر في الزمن يقدر بـ 47.48%.

4-5-4-2 أثر استفسارات الجهة المنفذة وأوامر التغيير على كلفة المشروع

بالرجوع إلى إضبارة المشروع والمراسلات المرسلّة من الجهة المنفذة وبإجراء لقاءات ممنهجة مع الجهة المنفذة (شركة مدماك)، تم الحصول على كلف أوامر التغيير الناجمة عن الأخطاء والسهو وضعف التصور وذلك بتحليل كلفة أوامر التغيير والتي تؤدي إلى استبدال أو إعادة العمل، متضمنة المواد والعمالة والآليات وأزمنة السكون الناجمة عن الانتظار وتأثيرها على كل من الآليات المستأجرة والعمالة. والجدول (4-1) يبين كلفة كل أمر تعديري متضمناً جميع العناصر التي تدخل بتحليل تكاليف استبدال أو إعادة العمل. وبالتحليل تبين أنه حصلت زيادة بكلفة المشروع بلغت 7,525,000 ل.س وبالمقارنة مع كلفة المشروع ووصولاً للمرحلة الحالية، حيث أنه معظم الأعمال الميكانيكية لم تتجز بعد والتي تعتبر المسبب الأكبر للتضاربات، فنجد أن نسبة الوفر في الكلفة بلغت 2.19% من الكلفة الناجمة عن الأعمال وصولاً للمرحلة الحالية (نسبة الإنجاز 63%). وهذا يتوافق مع الاحصائيات المحلية والعالمية حول نسبة الزيادة بالكلفة الناجمة عن أوامر التغيير نتيجة الأخطاء والسهو وضعف التصور والتي تبلغ حوالي 3% إلى 10% [36].

4-6 تقدير كلف البناء

تناول الباحث بهذا الجزء من الفصل آلية حساب الكميات باستخدام برمجيات أنظمة نمذجة معلومات البناء BIM لدعم آلية تقدير كلف البناء.

إن كميات المبنى الدقيقة ضرورية لحساب كلفة المشروع ولتسهيل عملية إتخاذ القرار المبكر.

وقد قام الباحث بتقييم عملية حساب الكميات باستخدام أنظمة BIM مقارنة بالطرق التقليدية (برنامج Excel) من خلال دراسة حالة - مشروع سكن الإطباء والممرضات الذي يعتبر حالة دراسية جيدة لدراسة الكميات نظراً لكبر حجم المشروع والتعقيدات المرافقة له وتنوع عناصره.

ستتم دراسة العناصر البحثية التالية :

- 1- تحديد احتياجات عملية حساب الكميات لدعم عملية تقدير كلف التنفيذ وتقييم دورة حياة المبنى .
- 2- التقييم من خلال مقارنة آلية حساب الكميات بالطرق التقليدية وباستخدام أنظمة نمذجة معلومات البناء.
- 3- تحديد مزايا وعيوب هذه الأدوات لدعم عملية حساب الكميات لمختلف عناصر البناء لتلاقي الاحتياجات المعرفية بالبند الأول.

4-6-1 جداول الكميات لتقدير كلف البناء

بالوقت الحالي إن عملية تقدير كلف البناء هي من أهم العوامل التي تساهم بعملية صنع القرار حول البدائل التصميمية المختلفة, خصوصاً بمرحلة مبكرة من المشروع . والخطوة الأولى والأهم نحو تقدير كلف دقيقة هو عملية حساب الكميات بشكل دقيق وفعال. باعتبار أصبحت المباني أكثر تعقيداً . لذا فالكميات يجب أن تكون دقيقة ومحسوبة بطريقة ملائمة.

حساب الكميات هو نشاط يؤديه عادةً المقاولون والمقاولون بالباطن أو مقدر الكلف من الجهة الاستشارية لتحديد عدد العناصر أو كمية المواد المرتبطة بمبنى معين.

وتعتبر من أكثر المهام مضيعة لوقت المشروع , وتحسب بمعدل سبع مرات خلال دورة حياة تنفيذ المشروع فقط لعملية تقدير الكلف [41] وهذه المعلومات تستخدم بمراحل متعددة من العمل كتقدير الكلف والعرض للمناقصة وتقدير المشتريات وإتخاذ القرارات.

وفي هذا البحث سنركز على استخدام الكميات لأغراض تقدير الكلف.

تقدير كلف البناء :

تعتبر الكلفة من العوامل المهمة في المراحل المبكرة من المشروع , ومن المهم الحصول على كلفة سريعة أولية تساهم في عملية إتخاذ القرار لتقييم البدائل المختلفة [42] ونظراً لطبيعة تنفيذ المشاريع السريعة , فإن كلف المواد ضروري عند حدوث أي تغيير خلال مرحلة التنفيذ . لذا تعتبر عملية تقدير الكلف العمود الفقري لنجاح تنفيذ المشروع والدقة عامل جوهري بتقدير الكلف . لتحقيق الدقة المطلوبة بتقدير الكلف ينبغي الحصول على كميات دقيقة. إن مستوى الدقة المطلوبة بتقدير الكلفة يختلف حسب مراحل المشروع. [43] على سبيل المثال مستوى الدقة المطلوب بمرحلة التصميم الأولي (مرحلة التصور) أقل منها بمرحلة التنفيذ.

ويحتاج مقدر الكلف الحصول على معلومات ضمن مجال المشروع وجداول تفصيلية للبناء. ومن خلال ذلك يبدأ بحساب كميات المبنى ويقدر الكلفة المطلوبة لكل عنصر محسوب من خلال عوامل تتعلق ماهية العناصر والعمالة المستهلكة. إن عملية حساب الكميات تتطلب من مقدر الكلف حوالي (50% إلى 80%) من وقته لأي مشروع [43] [44] [45].

لذا نجد أنه من الكميات الدقيقة المكتملة تلعب الدور الأكبر بتقدير كلف الإنشاء وتقييم الأثر البيئي لدورة حياة المبنى.

الطرق التقليدية تستخدم برنامج ال Excel لحساب الكميات الأمر المضجر والمستهلك للزمن.

وقد طورت أدوات عديدة وبرمجيات تساعد على توفير الزمن وتحقيق الدقة المطلوبة

ولكن المخططات ثنائية الأبعاد تفتقر إلى الخواص التصميمية المتواجدة بالمنشأ ثلاثي الأبعاد والتي يحتاجها مقدر الكلف.

وقد أجرى الباحث تقييم لطرق حساب الكميات بين أحد برمجيات أنظمة BIM (Revit Autodesk) مع الأساليب التقليدية (برنامج مايكروسوفت Excel) من خلال حالة دراسية - مبنى سكن الأطباء والمرضات.

وقد تمت المقارنة من خلال مدى انتشار وشعبية البرنامج - سهولة الاستخدام - والإمكانيات المتاحة .

وقد طورت عدة معايير للتقييم البرمجيات وفقاً للاحتياجات المتعلقة بتقدير كلف البناء.

وقد قورنت الكميات لثلاثة عناصر رئيسية بالبناء (الأساسات - الجدران القصية - القواطع المعمارية) بالطرق التقليدية وباستخدام أنظمة BIM مع تقييم منافع ومساوئ كل آلية عمل.

4-6-2 البرمجيات المستخدمة في تقدير كلف البناء

اختير برنامج Revit كأحد برمجيات أنظمة BIM لأنه شائع الاستخدام بنمذجة والتصميم ودعم العديد من الأهداف متضمنة المخططات ثنائية الأبعاد , التصور البصري للمبنى , الحصول على بيانات غير رسومية كجداول الكميات والمواد.

ومن برمجيات الأنظمة التقليدية اختير برنامج (Microsoft Excel) الشائع الإستخدام والمستخدم لحساب كميات مبنى سكن الأطباء والممرضات.

❖ حساب الكميات ببرمجيات الطرق التقليدية

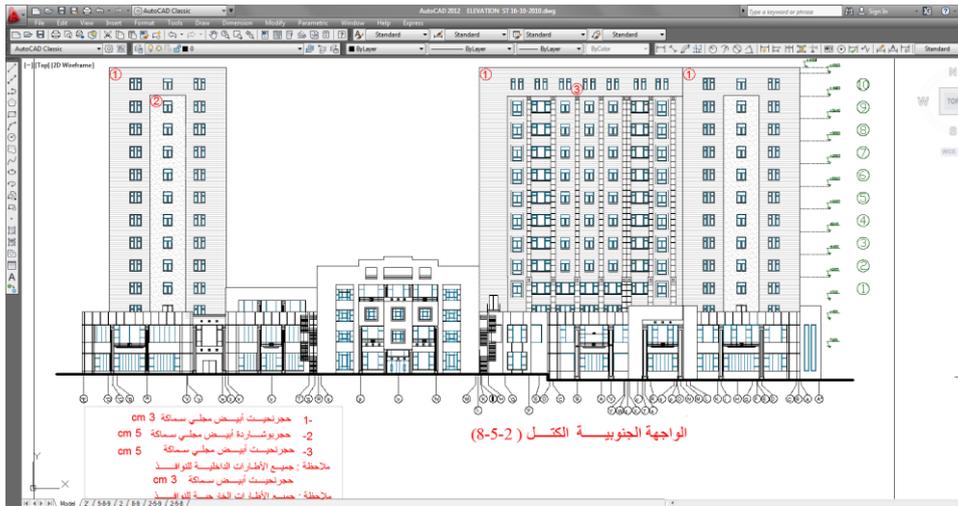
هناك عدة برمجيات مختصة بحساب الكميات والتي تتعامل مع المخططات إما بالشكل الإلكتروني أو الورقية ونذكر منها Autodesk Quantity Takeoff المختص بحساب الكميات والتعامل مع المخططات الإلكترونية ثنائية الأبعاد. وكذلك برنامج AutoQTY المتخصص بحساب الكميات وتقدير الكلف, إضافة لبرنامج On Screen Take off الشهير بحساب الكميات وقراءة البيانات من المخططات ثنائية الأبعاد. وهناك عدة برمجيات أخرى شهيرة بحساب الكميات ومنها QS Plus – U QTO – CostX – Win QS – Easy Tender وغيرها من البرمجيات المختصة بحساب الكميات وتقدير الكلف.

كما يستخدم برنامج Excel وخاصة على الصعيد المحلي لحساب الكميات كونه أداة سهلة ومتاحة وتتم تشكيل المعادلات والمدخلات والمخرجات فيها بحسب رغبة المسؤول عن تقدير الكلف, وتتم عملية حساب الكميات ببرنامج Excel بشكل يدوي. حيث يلجأ المقدر إلى استخدام الملفات الإلكترونية للمخططات ثنائية الأبعاد لحساب الكميات . يمكنه من خلالها قياس الأبعاد المطلوبة باستخدام تلك الملفات , ويجب على المستخدم إيجاد طريقة للتحقق من العناصر المحسوب كمياتها لكي لا يغفل عن أي عنصر خاصة بالمشاريع الكبيرة والمعقدة.

في الحالة الدراسية لدينا استخدمت المخططات المعمارية والإنشائية والميكانيكية والكهربائية والصحية لحساب الكميات للمبنى كل على حدة. فمثلا لحساب مساحات حجر الإكساء الخارجي , قام المسؤول عن تقدير الكلف باستخدام مخططات الواجهات المعمارية ولجأ إلى ترقيم الواجهات حسب نوع الحجر المستخدم وحسبت الكميات لكل مادة على حدة وتم حسم الفتحات وكل ذلك تم بالبرمجة اليدوية باستخدام Excel كما في الأشكال (4-65) (4-66).

الرقم	المساحة (2م)	رمز التفتحة	مساحة التفتحة (2م)	عدد التوافذ	المساحة الكلية لكل التوافذ (2م)	المساحة النهائية للحجر (2م)	الرقم
الواجهة الجنوبية - الكتل (8-5-2)							
1	540	A	3.2	22	70.4	467	1
1*	200	B	2.5	9	22.5	178	1*
2	300	E	1.2	14	16.8	283	2
3	986	B	2.5	24	60	705	3
		C	3.2	18	57.6		
		D	5.5	8	44		
		D*	5	8	40		
		D**	5.4	11	59.4		
		1	2.5	6	15		
		2	4.9	1	4.9		
4	540	A	3.2	22	70.4	73	4
1*	200	B	2.5	9	22.5	178	1*
المساحة النهائية (2م)		1883					

الشكل (4-65) كميات البناء المحسوبة في برنامج Excel



الشكل (4-66) المخططات الإلكترونية المستخدمة بحساب الكميات

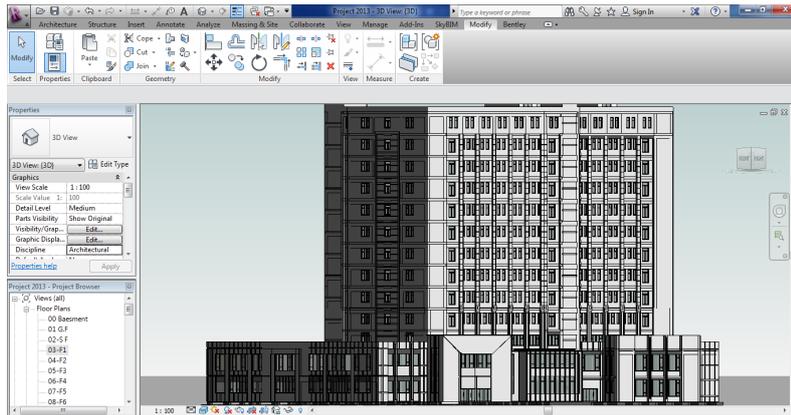
مع العلم أنه تم تعديل بعض أنواع الحجر المستخدم (تم استبدال حجر البوشردة إلى حجر نحيت مفرز) دون أن ينعكس ذلك على الكميات المحسوبة، فضلاً عن إضافة طابق بانورامي ولم يتم معرفة ماهية المواد المستخدمة فيه وبالتالي لم يتم حساب كميات الطابق البانورامي.

ولا يوجد آلية محددة للعمل بجداول الكميات باستخدام برنامج Excel. فالمستخدم يحدد التنسيق والآلية المناسبة له وبالتالي أي تعديل يطرأ يجب على الشخص المسؤول عن تقدير الكلف المصمم الجداول التعامل معها دون عن غيره.

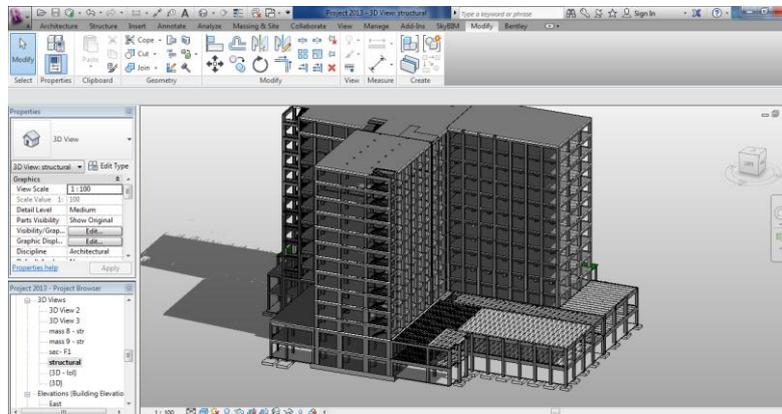
إن احتمال السهو والخطأ باستخدام تلك الطريقة وارد جداً خاصة مع كبر وتعقيد المشاريع , إضافة لوقت المقدر المهودر معظمه لاستخدامه الطرق التقليدية.

❖ حساب الكميات ببرمجيات أنظمة BIM:

هناك العديد من البرمجيات المصنفة كبرمجيات تصميم وحساب كميات والتابعة لأنظمة BIM وقد تم تفصيلها بالفصل الثالث بالفقرة 3-3-2-4 , وقد اختار الباحث منها برنامج Revit, حيث يمكننا من خلال برنامج Revit الذي يعتبر من برمجيات أنظمة BIM استخلاص الكميات لعناصر البناء المنمذجة. حيث أن نموذج BIM يحتوي على جميع عناصر البناء مجتمعة . من خلال تجميع النماذج المعمارية والإنشائية والميكانيكية والكهربائية والصحية لنفس المبنى بنموذج واحد . فالنموذج الإنشائي يحتوي كل العناصر الإنشائية مثل الأساسات والحوائط والأعمدة والجوائز والبلاطات البيتونية والجدران القصية . بينما النموذج المعماري يحتوي على العناصر المعمارية من قواطع ونوافذ وأبواب وإكساءات وأسقف مستعارة وهكذا بالنسبة لبقية النماذج للتخصصات الأخرى. الأشكال (4-67) (4-68) تظهر نماذج البناء المعمارية والإنشائية.



الشكل (4-67) النموذج المعماري لمبنى سكن الأطباء ببرنامج Revit

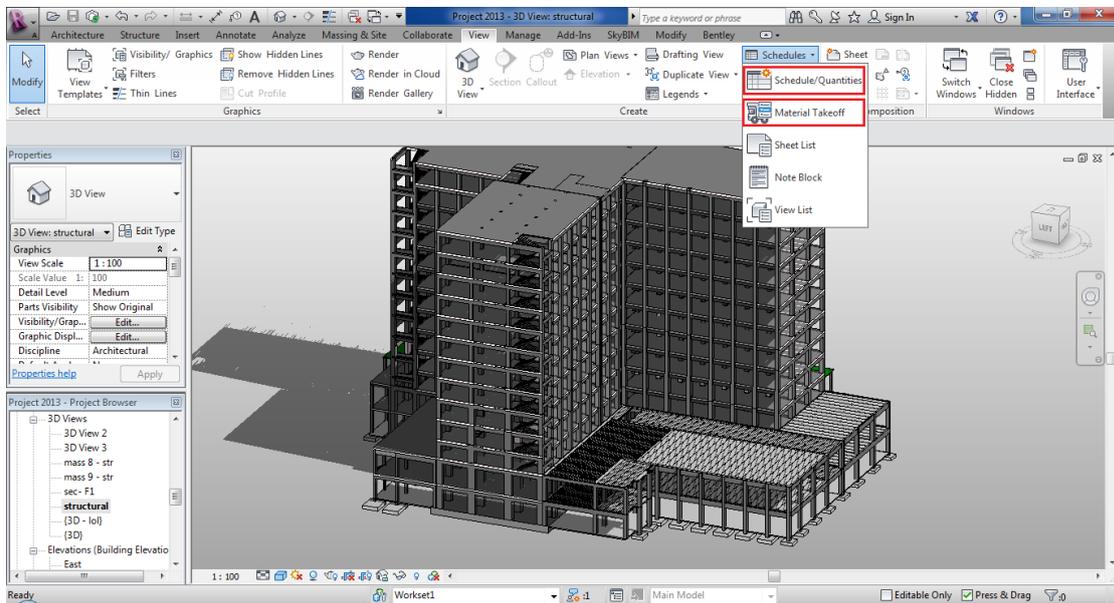


الشكل (4-68) النموذج الإنشائي لمبنى سكن الأطباء ببرنامج Revit

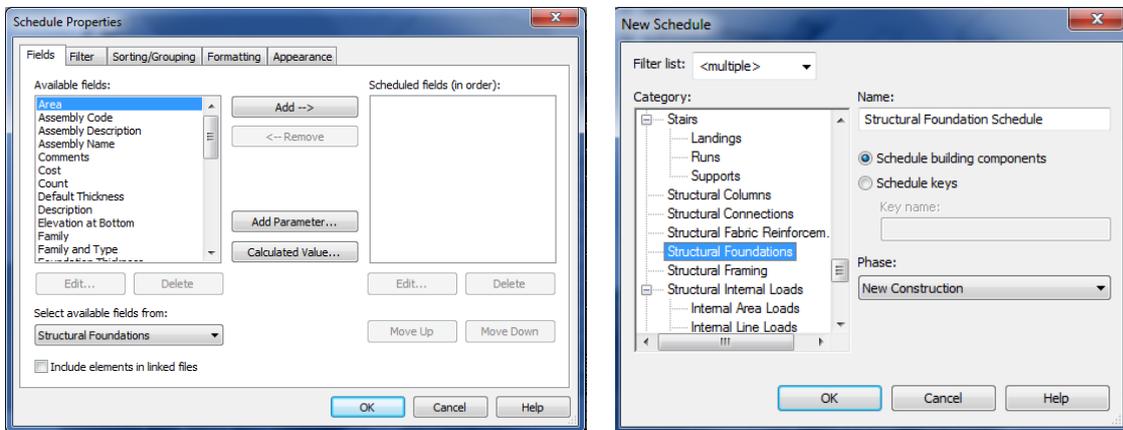
إن كل جدول للكميات يمكن تصنيفه كقائمة حسب نوع العنصر مثل الجدران والأعمدة والجوائز لذا لحساب كميات الجدران استخدام الأمر "schedule/quantity" أو "material takeoff". واللذان تعطيان الكميات إما لمجمل العنصر أو للمواد المكونة لهذا العنصر كل على حدة.

مثال عند استخدام الأداة "material takeoff" للجدران فإننا نحصل على كميات الزريقة والبلوك والدهان والحجر كل على حدة.

بعد إختيار الأداة schedule أو material takeoff الشكل (4-69) فيمكن تحديد فئة العنصر. يظهر الشكل (4-70) آلية استخلاص الأساسات, حيث نقوم بتحديد الأعمدة المطلوب إظهارها لخصائص العنصر من مواد مكونات وأبعاد وأعداد وكلف.



الشكل (4-69) أدوات حساب الكميات schedule و material takeoff



الشكل (4-70) آلية استخراج الكميات

يملك البرنامج القدرة على فرز العناصر وفقاً لمقياس معين (الطول أو العرض أو المنسوب أو النوع والمادة ..الخ)، بالتالي نحصل على جداول الكميات جاهزة مربوطة بالنموذج ثلاثي الأبعاد المصمم.

4-6-3 معايير تقييم طرق حساب الكميات

بالعودة إلى طرق حساب الكميات وأهميتها لعملية تقدير كلف البناء ولتقييم الأثر البيئي للمبنى ، فقد طور الباحث عدة معايير تساهم بتقييم آليات وطرق حساب الكميات ومقارنة الطرق التقليدية بالطرق المرتبطة بأنظمة BIM.

هذه المعايير تعتبر العوامل المطلوبة للمستخدم لتحليل البيانات والتزويد بالنتائج المطلوبة. مثال على ذلك فإن مقدر الكلف يريد معرفة حجوم الجدران القصية بطابق معين . فمن خلال استخدام آلية تتميز بإمكانية تجميع العنصر حسب مقياس معين يساهم في تقليل وقت العمل بشكل كبير. فيستطيع المقدر تصنيف الجدران القصية حسب المنسوب أو النوع أو الحجوم أو الخ. لذا قام الباحث بتطوير معايير التقييم التالية:

- 1- **توفر المعلومات:** البحث فيما إذا كان البرنامج يستطيع توفير الكميات لشتى الاحتياجات. على سبيل المثال يحتاج المستخدم لمعرفة المساحات الجانبية للأساسات لحساب كميات القوالب . لذا تم التقييم فيما إذا كان البرنامج يمتلك إمكانية حساب المساحة الجانبية للأساسات أم لا من خلال هذا المعيار.
- 2- **الدقة وإمكانية التعديل :** البحث بمدى دقة الكميات المحسوبة وانعكاس التعديلات المطبقة على المخططات على كميات المواد.
- 3- **التجميع أو التصنيف:** البحث بمدى إمكانية البرنامج تجميع كميات العناصر إستناداً لمقاييس معينة . مثلاً يحتاج المستخدم لمعرفة كمية نوع محدد من المواد في منسوب معين أو جزء معين من البناء.
- 4- **التحقق البصري:** البحث بمدى قوة البرنامج رؤية مكونات المبنى المحسوب كمياتها. على سبيل المثال التحقق من إمكانية البرنامج بالقدرة على رؤية كميات محددة في المنشأ من خلال عزلها أو إبرازها في المخططات.
- 5- **المخرجات النهائية والتقارير:** البحث بقدرة البرنامج على إنتاج تقارير جيدة منسقة وواضحة.

4-6-4 مقارنة الطرق التقليدية لحساب الكميات بالطرق الذكية باستخدام أدوات BIM

قام الباحث بمقارنة ثلاثة عناصر رئيسية بالبناء (الأساسات-الجدران القصية - القواطع المعمارية) ويعود سبب اختيارها إلى الاحتياجات الخاصة لكل منها من حيث أنواع الكميات المطلوبة لتقدير كلف البناء. فعلى سبيل المثال لحساب كميات الأساسات فالمستخدم بحاجة لإضافة للأبعاد المساحات الجانبية للعزل والقوالب أما

بحسابات الجدران والقواطع المعمارية فنحن بحاجة لتفصيل كميات المواد الداخلة بتركيب القواطع المعمارية كما هناك الحاجة لحساب كميات ونسب حديد التسليح بالجدران القصية. فيما يلي ستمم مقارنة العناصر الثلاثة المختارة من خلال المعايير التي طورها الباحث.

4-6-4-1 الأساسات

هناك نوعين من الأساسات في المبنى وهي: الأساسات المنعزلة والحصائر البيتونية .

كانت رؤية الباحث باستخلاص الكميات بالبرمجيات المختلفة ثم مقارنتها حسب المعايير التي طورها الباحث

توفر المعلومات :

إن الكميات المطلوبة للأساسات لأغراض تقدير الكلفة والإمكانيات المتاحة لكل برنامج موجودة بالجدول (4-2) مع ترميز الإمكانيات التي يوفرها كلا البرنامجين على الشكل التالي:

Excel		Revit		
الوصف	التوفر	الوصف	التوفر	
يمكننا حساب الحجم والمساحات للأساسات عن طريق إدخال معادلات حسابية بعد إدخال أبعاد الأساسات يدوياً	☺	-	☺	الحجم
	☺	تستخرج من الأداة Material takeoff	☺	مساحة الوجوه العلوية والسفلية
	☺	تستخرج الأداة Calculated Value باستخدام أبعاد الأساس	☺	المساحة الجانبية
بحاجة إلى إدخال المعطيات يدوياً	☹	-	☺	الطول
	☹	-	☺	العرض
	☹	-	☺	السماعة
	☹	-	☺	خصائص المواد المكونة للأساسات

الجدول (4-2) مدى توافر المعلومات المطلوبة لحساب الكميات ببرنامجي Revit و Excel

☺ البرنامج يقوم بالتزويد بالمعلومات المطلوبة مباشرة.

☺ الكميات تستخلص من البرنامج بطريقة غير مباشرة. مثال على ذلك فإن بعض البرامج تقوم باستخلاص الطول والعرض والسماكة ولكن لاتعطي مباشرة المساحة المحيطة لذا يقوم المستخدم بإدخال دالة لحساب المساحة المحيطة باستخدام الطول والعرض والسماكة.

☹ البرنامج لايزود المعلومات المطلوبة ولايمكن استخلاصها بطرق غير مباشرة.

نجد من الجدول أعلاه أن برنامج Revit يمكنه إيجاد معظم الكميات المطلوبة لأغراض تقدير الكلفة وتحليل دورة حياة المبنى باستثناء المساحات والتي يمكن حسابها بالطرق غير المباشرة. أما برنامج Excel فهو بحاجة إلى الإدخال اليدوي لمعطيات الأساس واستخدام الطرق غير المباشرة لجميع الكميات المطلوبة بالاعتماد على أبعاد الأساس المدخلة يدوياً.

الدقة وإمكانية التعديل :

تبيين الجداول (3-4) (4-4) فروق الكميات بين برنامجي Excel و Revit.

نلاحظ أن الأبعاد اختلفت بالكتلة العاشرة بسبب عدم انعكاس التعديل الحاصل بالتصميم والمخططات على الكميات . إضافة إلى أن البرنامجين لم يحسبا الطول والعرض لحصيرة الكتلة التاسعة بسبب شكلها غير المنتظم مما أدى إلى عدم حساب المساحات لها بكلا البرنامجين.

أما بالنسبة للمساحات الجانبية فلم يحسبها المسؤول عن تقدير الكلف للمبنى بواسطة برنامج Excel.

السماكة (م)		العرض (م)		الطول (م)		العنصر
Excel	Revit	Excel	Revit	Excel	Revit	
0.6	0.6	2.5	2.5	2.5	2.5	F6-1
0.5	0.5	2	2	2	2	F6-2
0.5	0.5	2	2	2	2	F6-3
0.6	0.6	2.5	2.5	2.7	2.7	F6-4
0.5	0.5	2.5	2.5	4.25	4.25	F6-5
0.6	0.6	2.5	2.5	2.5	2.5	F6-6
0.6	0.6	5.10	5.10	3.65	3.65	F6-7
0.5	0.5	1.6	1.6	2.5	2.5	F7-1
0.5	0.5	1.8	1.8	2.05	2.05	F7-2
0.5	0.5	1.5	1.5	1.5	1.5	F7-3
0.5	0.5	1.8	1.8	1.8	1.8	F7-4
0.5	0.5	2	2	3.35	3.35	F7-5
0.5	0.5	*1	1.2	*1	1.2	F10-1
0.5	0.5	*1.5	1.5	*1.5	1.7	F10-2

0.5	0.5	*1.7	2	*1.7	2	F10-3
0.5	0.5	*1.7	2	*2	2.2	F10-4
0.5	0.5	1.4	1.4	1.4	1.4	F11-1
0.5	0.5	1.85	1.85	1.85	1.85	F11-2
0.6	0.6	2.6	2.6	3.95	3.95	F11-3
0.6	0.6	2.6	2.6	3.2	3.2	F11-4
0.5	0.5	1.4	1.4	1.9	1.9	F11-5
0.5	0.5	1.9	1.9	2.15	2.15	F11-6
1.15	1.15	23.25	23.25	20.35	20.35	RAFT 5
1.15	1.15	20.80	20.80	28.40	28.40	RAFT 8
1.15	1.15	**_	**_	**_	**_	RAFT 9

* تم تعديل التصميم على أساسات الكتلة العاشرة وتم تعديل المخططات ولم يتم تعديل الكميات

** لم يتم حساب أبعاد حصىرة الكتلة التاسعة لأنها لاتملك شكل محدد كالمربع أو المستطيل لذلك لا يستطيع البرنامج تحديد الطول والعرض.

الجدول (3-4) المقارنة بين أبعاد الأساسات المحسوبة في كل من برنامجي Excel و Revit

المساحة الجانبية (م2)		مساحة الوجوه العلوية/السفلية (م2)		الحجم (م3)		العنصر
Excel	Revit	Excel	Revit	Excel	Revit	
*** -	6	*** -	6.25	3.75	3.75	F6-1
*** -	4	*** -	4	2	2	F6-2
*** -	4	*** -	4	2	2	F6-3
*** -	6.24	*** -	6.75	4.05	4.05	F6-4
*** -	6.75	*** -	10.63	5.31	5.31	F6-5
*** -	6	*** -	6.25	3.75	3.75	F6-6
*** -	10.50	*** -	18.62	11.17	11.17	F6-7
*** -	4	*** -	4	2	2	F7-1
*** -	3.75	*** -	3.49	1.74	1.74	F7-2
*** -	3	*** -	2.25	1.13	1.13	F7-3
*** -	3.60	*** -	3.24	1.62	1.62	F7-4
*** -	4.35	*** -	4.70	2.35	2.35	F7-5
*** -	2.40	*** -	1.44	** 0.5	0.72	F10-1
*** -	3.20	*** -	2.55	** 1.125	1.28	F10-2
*** -	4	*** -	4	** 1.445	2	F10-3
*** -	4.20	*** -	4.40	** 1.7	2.20	F10-4
*** -	2.80	*** -	1.96	0.98	0.98	F11-1
*** -	3.70	*** -	3.42	1.71	1.71	F11-2

*** -	7.86	*** -	10.27	6.16	6.16	F11-3
*** -	6.96	*** -	8.32	4.99	4.99	F11-4
*** -	3.30	*** -	2.66	1.33	1.33	F11-5
*** -	4.05	*** -	4.09	2.04	2.04	F11-6
*** -	100.28	*** -	473.16	544.14	544.14	RAFT 5
*** -	113.16	*** -	590.72	679.33	679.33	RAFT 8
*** -	* -	*** -	* -	1021.87	1021.87	RAFT 9

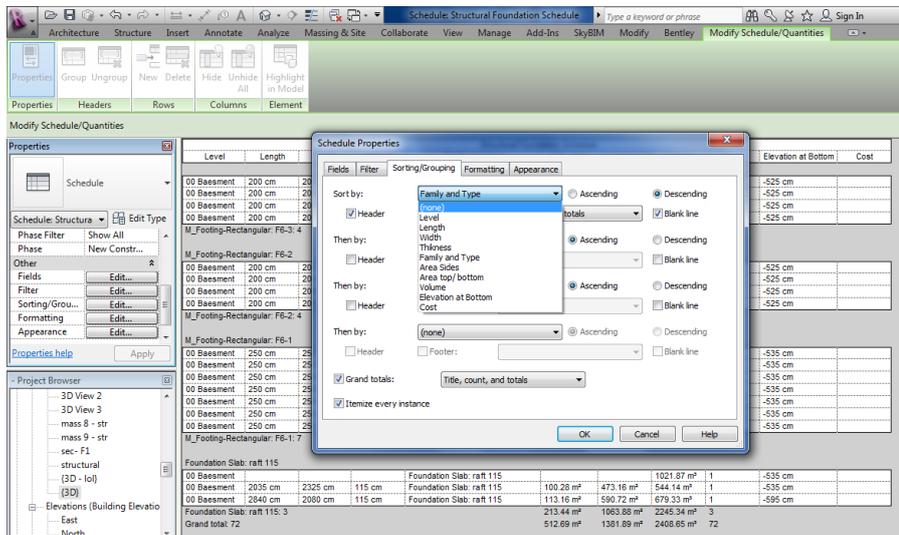
* لم يحسب البرنامج المساحات كون شكل الحصيعة غير منتظم.
 ** اختلفت الحجوم بسبب الاختلاف بالأبعاد التي لم تطابق المخططات
 *** لم يحسب المقدر المساحات ببرنامج Excel
 الجدول (4-4) المقارنة بين مساحات وحجوم الأساسات المحسوبة في كل من برنامجي Revit و Excel

ونجد أنه بالنسبة للأبعاد والحجوم فهي متطابقة بكلا البرنامجين باستثناء الكتلة العاشرة.

التجميع أو التصنيف:

في هذا المعيار نجد برنامج Revit يتفوق على غيره من حيث إمكانيته بتجميع العناصر حسب أي من خصائصها. الشكل أدناه يبين مثال من الفئات التي يستطيع المستخدم وفقها تجميع العناصر (المنسوب - النوع - المادة - الطول - العرض - السماكة - المساحات - الحجوم - القطاعات أو الأقسام للمبنى ... الخ)

أما برنامج Excel فالمستخدم يقوم يدوياً بتجميع العناصر غالباً فقط حسب المنسوب . ويمكن للمستخدم أن ينشأ أكثر من ملف لعمل معايير تجميع أكثر للعناصر مثال (ملف حسب المنسوب - ملف حسب النوع - ملف حسب أقسام المبنى ... الخ) ثم يقوم بنسب كل أساس حسب طريقة التصنيف . فهذا الأمر يعتبر مضيعة للوقت مقارنة ببرنامج Revit خاصة إذا أراد المستخدم تغيير معايير التجميع. الشكل (4-71)

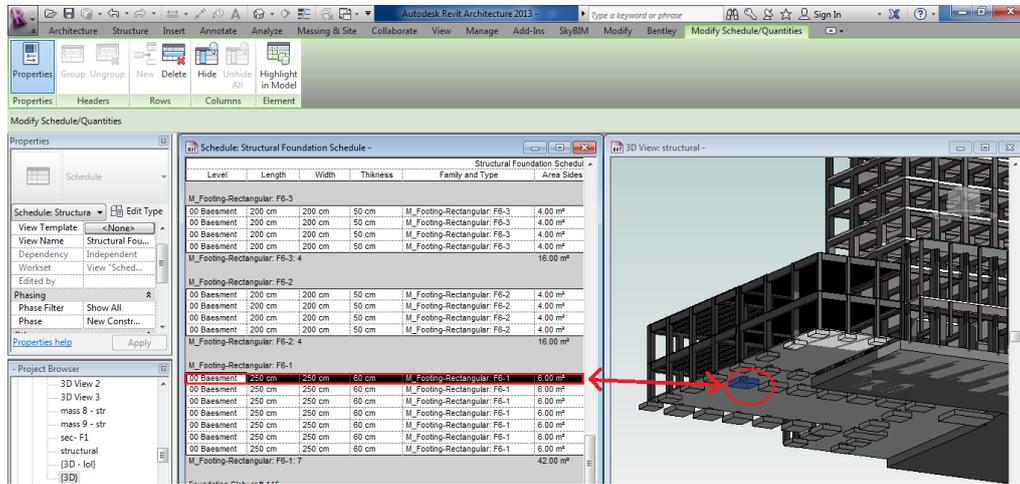


الشكل (4-71) تصنيف العناصر حسب المعيار الذي يحدده المستخدم

التحقق البصري:

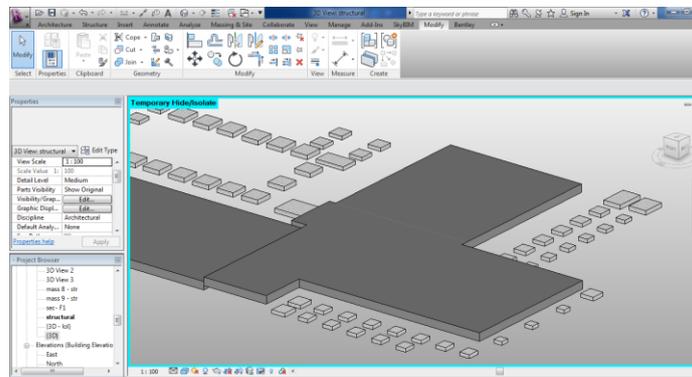
لا يوجد رابط بين الكميات والمخططات بواسطة برنامج Excel إطلاقاً وبالتالي فإن إمكانية التحقق البصري معدومة وأحتمال السهو أو نسيان بعض العناصر وارد تزامناً مع كبر حجم وتعقيد المشاريع. لذا يلجأ المستخدم يدوياً لوضع دلالات على العناصر المحسوبة على المخططات لضمان عدم نسيان أي عنصر كون مسؤولية التحقق تلك تقع على عاتقه.

يتميز برنامج Revit بخاصية الربط الآلي بين الكميات والمخططات الأمر الذي يريح المستخدم ويدع مهمة التحقق من كل العناصر للحاسب. من خلال الأمر Show نستطيع رؤية أي عنصر محدد بجدول الكميات كما يبين الشكل (4-72) أدناه.



الشكل (4-72) استخدام الأداة Show ببرنامج Revit

يستطيع المستخدم من خلال برنامج Revit أيضا التمييز البصري للأساسات المحسوب كمياتها ورؤيتها جميعاً بوقت واحد كما في الشكل (4-73) أدناه. الأمر الذي يساهم بالتحقق البصري من جميع الأساسات المنمذجة والتأكد فيما إذا كان هناك سهو أو نقص بالمخططات.



الشكل (4-73) التمييز البصري للأساسات بإظهار الأساسات فقط من المبنى

المخرجات النهائية والتقارير :

باستخدام برنامج Excel نجد أن المستخدم يجهز يدوياً نموذج معد للطباعة. ويعمل على ربط الكميات النهائية المحسوبة بهذا النموذج. الشكل (4-74)

الكشف التقديري وتحليل الأسعار لسكن الأطلية						
بيان الأعمال	الحجم	المعر الإفرادي	المعر الإجمالي	الكمية	السرعة	القيمة ل.س.
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						

الشكل (4-74) نموذج الطباعة للمشروع المعد يدوياً باستخدام برنامج Excel

أما باستخدام برنامج Revit فالكميات ترتب بجدول قابل للتنسيق ضمن البرنامج نفسه ويمكننا إظهار وإخفاء الأعمدة وحساب إجمالي الأعداد والمساحات والحجوم والكلف. يمكننا تصدير الملف لبرنامج Excel ولكنه بحاجة لتنسيق. الشكل (4-75)

Family and Type	Level	Length	Width	Thickness	Area Sides	Area top/ bottom	Volume	Count	Elevation at Bottom	Cost
M_Footing-Rectangular: F11-6	00 Baesment	215 cm	190 cm	50 cm	4.05 m ²	4.09 m ²	2.04 m ³	1	-535 cm	
M_Footing-Rectangular: F11-6: 1					4.05 m ²	4.09 m ²	2.04 m ³	1		
M_Footing-Rectangular: F11-5	00 Baesment	190 cm	140 cm	50 cm	3.30 m ²	2.66 m ²	1.33 m ³	1	-535 cm	
M_Footing-Rectangular: F11-5: 1					3.30 m ²	2.66 m ²	1.33 m ³	1		
M_Footing-Rectangular: F11-4	00 Baesment	320 cm	260 cm	60 cm	6.96 m ²	8.32 m ²	4.99 m ³	1	-535 cm	
M_Footing-Rectangular: F11-4: 1					6.96 m ²	8.32 m ²	4.99 m ³	1		
M_Footing-Rectangular: F11-3	00 Baesment	395 cm	260 cm	60 cm	7.86 m ²	10.27 m ²	6.16 m ³	1	-535 cm	
M_Footing-Rectangular: F11-3: 1					7.86 m ²	10.27 m ²	6.16 m ³	1		
M_Footing-Rectangular: F11-2	00 Baesment	185 cm	185 cm	50 cm	3.70 m ²	3.42 m ²	1.71 m ³	1	-535 cm	
M_Footing-Rectangular: F11-2: 1					3.70 m ²	3.42 m ²	1.71 m ³	1		
M_Footing-Rectangular: F11-2: 2					3.70 m ²	3.42 m ²	1.71 m ³	1		
M_Footing-Rectangular: F11-2: 3					3.70 m ²	3.42 m ²	1.71 m ³	1		
M_Footing-Rectangular: F11-2: 4					3.70 m ²	3.42 m ²	1.71 m ³	1		
M_Footing-Rectangular: F11-2: 5					18.50 m ²	17.11 m ²	8.56 m ³	5		
M_Footing-Rectangular: F11-1										

الشكل (4-75) التصدير من Revit إلى Excel

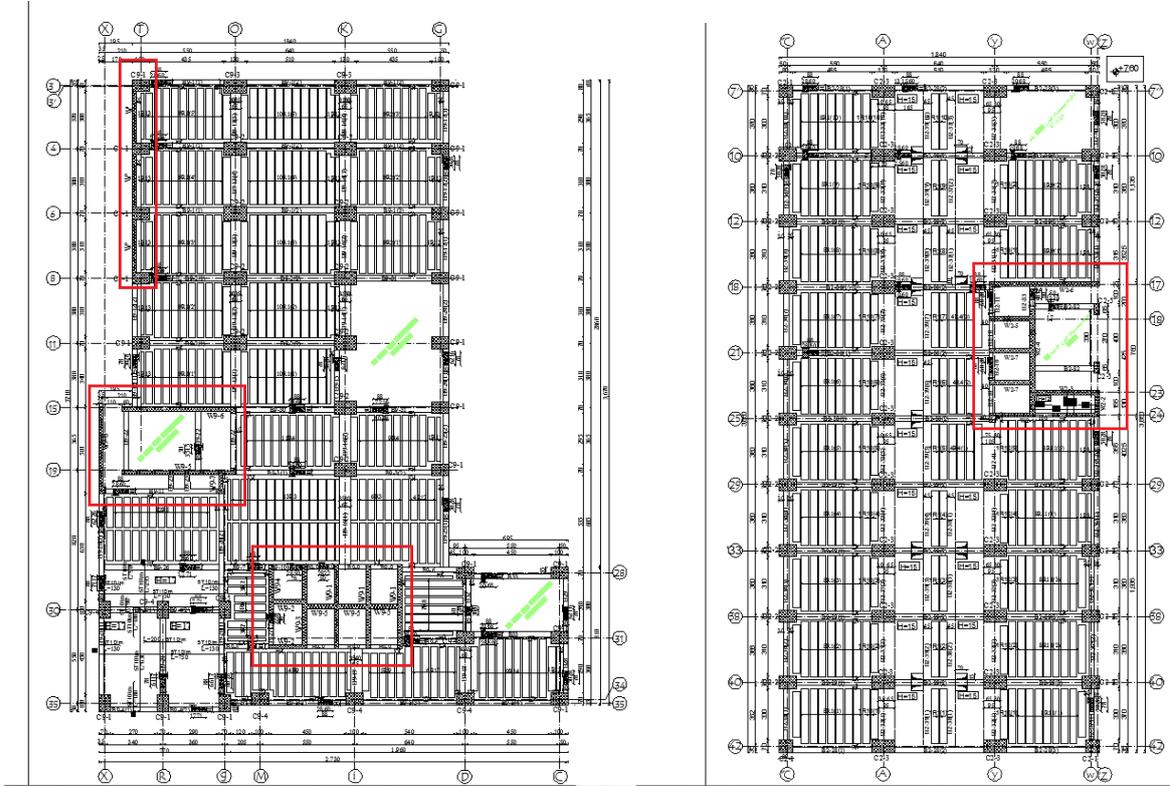
نجد أنه بالفقرة 4-6-4-1 قام الباحث بتقييم إمكانيات كل برنامج لحساب الكميات من خلال المبنى المدروس ووفقاً لمعايير محددة. وكان لكل برنامج نقاط قوة وضعف.

فمثلاً من خلال برنامج Excel يمكننا إدخال أي معادلة لحساب أي كمية مطلوبة باستخدام المعطيات الموجودة والتي تدخل يدوياً، الأمر الذي يعتبر مضيعة كبيرة للوقت.

إن برنامج Revit هو أداة ممتازة لاستخراج الكميات التي تحسب آلياً بمجرد الانتهاء من نمذجة العناصر ويتميز بألية الربط الأوتوماتيكي بين نموذج البناء ثلاثي الأبعاد وبين الكميات، الأمر الذي يؤدي إلى التعديل الآلي للكميات بمجرد تعديل أي مخطط. ويتميز بأداة التصنيف التي تسمح بتجميع العناصر وفقاً لأي خاصية من خصائص العنصر. وفي الفقرة التالية ستم المقارنة بين البرنامجين لعنصر الجدران القصية وفقاً للمعايير التي طورها الباحث.

4-6-4-2 الجدران القصية:

بالاعتماد على المخططات ثنائية الأبعاد نجد أنه لدينا أربع أنواع من الجدران القصية بالمشروع كما هو موضح بالشكل (4-76) أدناه.



الشكل (4-76) الجدران القصية في المبنى

توفر المعلومات:

بالنظر لميزات كل برنامج بالتزويد بالمعلومات اللازمة لحساب الكميات نجد أن لا يمكن لبرنامج Revit التزويد بارتفاع الجدار كاملاً أو حسب المنسوب. والارتفاع الكامل للجدار يمكن رؤيته من خلال خصائص الجدار فقط . بينما برنامج Excel فالمستخدم يدخل الارتفاعات يدوياً . الجدول أدناه يوضح ميزات كل برنامج بتوافر الأبعاد المطلوبة للجدران القصية لكلا البرنامجين.

Excel		Revit		
الوصف	التوفر	الوصف	التوفر	
يمكننا حساب الحجم والمساحات للجدران القصية عن طريق إدخال معادلات حسابية بعد إدخال أبعاد الجدران يدوياً	☺	تلك القيم لا يمكن تجميعها حسب المنسوب	☺	الحجم
	☺		☺	المساحة
بحاجة إلى إدخال المعطيات يدوياً	☹	-	☺	الطول
	☹	-	☺	السماعة
	☹	البرنامج لا يعطي الارتفاع	☹	الارتفاع
	☹	-	☺	خصائص المواد المكونة للجدران

الجدول (4-5) مدى توافر المعلومات المطلوبة لحساب الكميات ببرنامجي Revit و Excel

الدقة وإمكانية التعديل :

بالعودة للمخططات ثنائية الأبعاد نجد أنه لدينا نوعين من الجدران القصية بمشروع سكن الأطباء والمرضات . للمقارنة بين الكميات المحسوبة بكلا البرنامجين . وبما أن برنامج Revit يقوم بجمع كل الجدران بجدول واحد (القصية + القواطع) فقد تم تجميع وتصنيف الجدران القصية على حدة حسب الترميز "Mark" والجدول (4-6) يبين الأبعاد والكميات المحسوبة.

المساحات (م2)		الحجوم (م3)		العنصر
Excel	Revit	Excel	Revit	
272.75	270.55	68.19	67.64	W2-1
62.2	62.20	15.6	15.55	W2-2
165	177.04	41.27	44.26	W2-3
287.1	287.10	86.2	86.13	W2-4
112.5	112.45	28	28.11	W2-5
291.88	313.42	72.97	78.35	W2-6
224.9	224.90	56.3	56.22	W2-7
709	709.25	177	177.42	W9-1
210.54	160.78	52.63	40.19	W9-2
236.3	236.33	59.2	59.21	W9-3
237.1	237.21	59.3	59.29	W9-4
617	617.40	141	141.17	W9-5
303.84	382.98	75.96	99.25	W9-6
38.28	37.28	9.57	9.84	W9-7
217	217.05	56.9	56.88	W9-8
*-	57.52	*-	16.16	W30
*-	23.93	*-	9.57	W40

* لم تحسب كميات الأكتاف البيتونية

الجدول (4-6) المقارنة بين مساحات وحجوم الجدران القصية المحسوبة في كل من برنامجي Excel و Revit

بالنظر للجدول أعلاه نجد أن الكميات إما متقاربة جداً باستخدام البرنامجين أو أنها مختلفة ويعود سبب الاختلاف للأخطاء التالية:

الأخطاء بالحساب بواسطة برنامج Excel

- السهو عن وجود فتحات في الجدران وحسبها من الكمية الكلية.
- تراكم حدود الجدران وإدخالها بالحساب مرتين أو عدم إدخالها بالحساب كلياً الشكل (4-74).
- الخطأ بقياس أطوال الجدران من المخططات ثنائية الأبعاد.

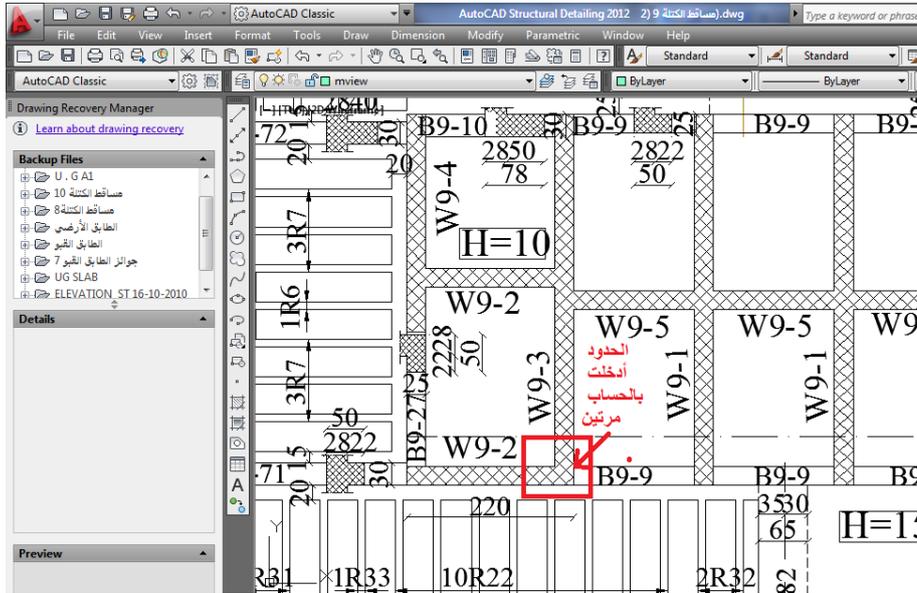
الأخطاء بالحساب بواسطة برنامج Revit

- السهو عن الترميز "Mark" لبعض الجدران القصية مما يؤدي إلى إغفال كمياتها وعدم تضمينها بجدول الجدران القصية الشكل (4-77).

وبالتالي نجد أن النقص في الكميات بسبب السهو عن الترميز "Mark" هي

الحجم = 15 م³ المساحة = 75.47 م²
وبالتالي فإن نسبة الخطأ في الحجم هي (1.4%) ونسبة الخطأ في المساحة هي (1.8%).

وهذا يعتبر خطأ غير مقبول لأنه يؤدي إلى إنقاص الكميات عن ماهي في الواقع ويؤدي إلى الأخطاء في تقدير الكلف كما هو مبين بالشكل (4-78).



الشكل (4-77) إدخال الحدود المتراكبة أكثر من مرة

Family and Type	Volume	Area	Length	Width	Count	Mark	Structural Material
Basic Wall: W9-5 (25 cm)							
Basic Wall: W9-5 (25 cm)	57.42 m ³	229.68 m ²	555.00 cm	25.00 cm	1	1	Concrete
Basic Wall: W9-5 (25 cm): 1	57.42 m ³	229.68 m ²					
Basic Wall: W9-5 (25cm)							
Basic Wall: W9-5 (25cm)	83.75 m ³	317.72 m ²	650.00 cm	26.40 cm	1	1	Concrete
Basic Wall: W9-5 (25cm): 1	83.75 m ³	317.72 m ²					
Basic Wall: W9-6 (25cm)							
Basic Wall: W9-6 (25cm)	99.25 m ³	382.98 m ²	778.20 cm	26.40 cm	1	1	Concrete
Basic Wall: W9-6 (25cm): 1	99.25 m ³	382.98 m ²					
Basic Wall: W9-7 (25cm)							
Basic Wall: W9-7 (25cm)	9.84 m ³	37.28 m ²	106.80 cm	26.40 cm	1	1	Concrete
Basic Wall: W9-7 (25cm): 1	9.84 m ³	37.28 m ²					
Basic Wall: W9-8 (25cm)							
Basic Wall: W9-8 (25cm)	56.88 m ³	217.05 m ²	482.50 cm	26.40 cm	1	1	Concrete
Basic Wall: W9-8 (25cm): 1	56.88 m ³	217.05 m ²					
Basic Wall: W20 C							
Basic Wall: W20 C	3.11 m ³	15.57 m ²	145.03 cm	20.00 cm	1		Concrete
Basic Wall: W20 C	6.55 m ³	32.73 m ²	337.45 cm	20.00 cm	1		Concrete
Basic Wall: W20 C	2.72 m ³	13.58 m ²	150.03 cm	20.00 cm	1		Concrete
Basic Wall: W20 C	2.72 m ³	13.58 m ²	150.03 cm	20.00 cm	1		Concrete
Basic Wall: W20 C: 4	15.09 m ³	75.47 m ²					
Basic Wall: W30							
Basic Wall: W30	6.16 m ³	19.68 m ²	35.00 cm	31.40 cm	1	1	Concrete
Basic Wall: W30	5.97 m ³	19.23 m ²	30.00 cm	31.40 cm	1	1	Concrete

الشكل (4-78) السهو عن ترميز بعض العناصر

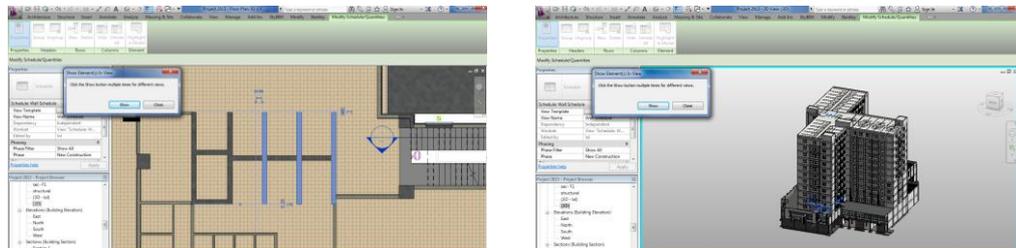
التصنيف والتجميع:

يمكن للمستخدم بواسطة برنامج Excel تصنيف الكميات حسب ما يحدده المستخدم والذي غالباً يلجأ للتصنيف حسب المنسوب مع الأخذ بالاعتبار اختيار الآلية الملائمة للتصنيف للموائمة مع متطلبات المشروع من تقدير كلف البناء والمشتريات والدفعات الدورية ... الخ

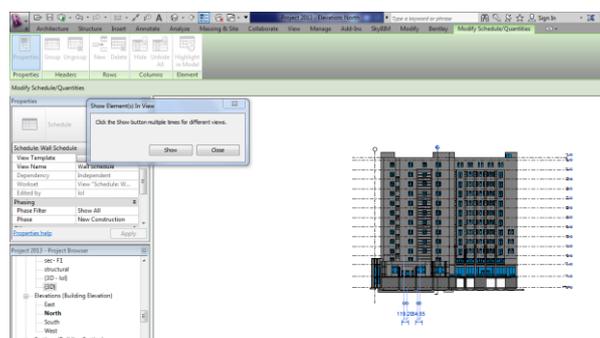
أما بواسطة برنامج Revit فيمكننا تجميع العناصر حسب النوع والطول والسماكة والحجوم والمساحات والقطاعات أو حسب الترميز أو الوصف أو حسب معدل المقاومة للحرائق ... الخ . ولكن لا يمكن تجميع العناصر حسب المنسوب . يمكننا إما تقسيم الجدار على المناسيب وإدخال المناسيب يدوياً خلال الحقل "Comments" الأمر الذي يعتبر مضيعة للوقت لذا يمكننا إدخال الأداة Tocoman التي تعمل مع عدة برمجيات (Revit – Vico – ArchiCAD) والتي من خلالها يمكن تصنيف كميات العناصر حسب المنسوب دون الحاجة إلى تقسيم العناصر على مناسيب البناء.

التحقق البصري:

يتطابق هذا المعيار بالوصف مع الأساسات مع إضافة مفادها من خلال الأمر Show نستطيع رؤية اي عنصر محدد بجدول الكميات كما يبين الشكل (4-79) أدناه. حيث يقوم البرنامج بفتح كل المخططات التي تحتوي على العنصر المختار لوضوح الرؤية للعنصر , ووفقاً لحجم العنصر فإن المخططات تستغرق البعض من الوقت لتجد العنصر المحدد ضمن المخطط الذي يحوي هذا العنصر. كما أنه يمكن لبعض العناصر حجب العنصر المختار في حال كان العنصر يقع داخل محيطها كما في الشكل (4-80) أدناه.



الشكل (4-79) التحقق من العناصر باستخدام الأداة show



الشكل (4-80) حجب العناصر الخارجية للعنصر المحدد

المخرجات النهائية والتقارير :

كما ذكرنا سابقاً فإنه باستخدام برنامج Excel نجد أن المستخدم يجهز يدوياً نموذج معد للطباعة. ويعمل على ربط الكميات النهائية المحسوبة بهذا النموذج .

أما باستخدام برنامج Revit فالكميات ترتب بجدول قابل للتنسيق ضمن البرنامج نفسه ويمكننا إظهار وإخفاء الأعمدة وحساب إجمالي الأعداد والمساحات والحجوم والكلف. يمكننا تصدير الملف لبرنامج Excel ولكنه بحاجة لتنسيق .

وبالتالي نجد بمقارنة نوعين من البرمجيات لحساب كميات الجدران القصية أن هناك نقاط ضعف وقوة لكل برنامج مستخدم.

فبرنامج Excel يمكن المستخدم من إدخال الطريقة التي تتاسبه لحساب كميات الجدران القصية ولكن هذا يصرف وقت كبير.

أما باستخدام برنامج Revit فيستطيع المستخدم تصنيف وتجميع الجدران القصية حسب أي معيار مختار من خصائص الجدار باستثناء المنسوب كون البرنامج لا يظهر منسوب الجدران القصية ولا يستطيع تجميع كمياتها حسب المنسوب.

ومن نقاط ضعف Revit أنه يمكن أن يسبب خطأ في إنقاص الكميات عند السهو عن ترميز الجدران القصية ويجب على المستخدم الانتباه لترميز جميع الجدران القصية.

تفوق برنامج Revit بمعيار التحقق البصري حيث أنه يستطيع إظهار جميع المخططات التي تحتوي العنصر لتوضيح رؤية العنصر بكل الأبعاد.

وفي الفقرة التالية نجد مقارنة طرق حساب كميات القواطع المعمارية باستخدام برنامجي Revit و Excel وفقاً لمعايير المقارنة التي طورها الباحث.

4-6-4-3 القواطع المعمارية:

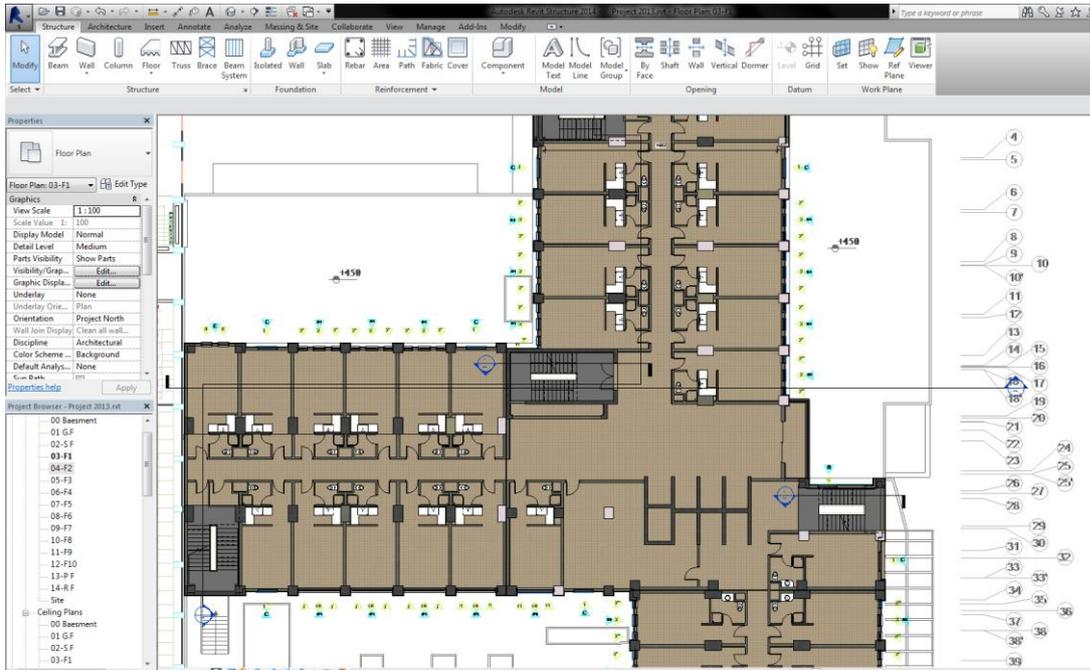
بالعودة للمخططات ثنائية الأبعاد نجد أنه لدينا حوالي 15 نوع من القواطع المعمارية . متضمنة مختلف الأنواع

لم يحتوي المشروع على مخطط لتوصيف أنواع الجدران بمختلف المسافات والطبقات المكونة لها.

إن آلية حساب كميات القواطع المعمارية هو أمر ليس بالسهل كونها تتألف من عدة مواد وبحاجة لحساب كميات كل مادة على حدة.

الكميات الهائلة من المعلومات الموجودة بالمخططات التي تحتوي على أنواع مختلفة من القواطع يجعل من الصعب حصر كمياتها ويزيد من فرص نسيان بعض الجدران والسهو عن بعض الكميات.

الشكل (4-81) أدناه يبين مسقط للطابق الأول وبما يحتويه من قواطع معمارية.



الشكل (4-81) القواطع المعمارية بمبنى سكن الأطباء والمرضات

ولتخصيص البحث تم التركيز على 11 أنواع من القواطع المعمارية لتقييمها وفق المعايير التي طورها الباحث.

توفر المعلومات :

إن توافر خصائص القواطع المعمارية بكل البرنامجين مدون بالجدول (4-7) أدناه. وبما أن القواطع مشكلة من عدة مواد فتظهر ميزة برنامج Revit بأنه يعطي كميات كل مادة على حدة من خلال الأداة (MaterialTakeoff) أما في حال استخدام برنامج Excel يلجأ المستخدم إلى حساب كل مادة بملف خاص من

خلال إعطاء دلالات لونية أو رمزية لعدة مساقط حسب المادة المطلوب حساب كمياتها (بلوك - زريقة - دهان - سيراميك ... الخ) الأمر المضمني والذي يؤدي إلى استهلاك وقت كبير للمستخدم.

Excel		Revit		
الوصف	التوافر	الوصف	التوافر	
	☹️	-	😊	المساحة
بحاجة إلى إدخال المعطيات يدوياً	☹️	-	😊	الطول
	☹️	-	😊	السماعة
	☹️	البرنامج لا يعطي الارتفاع	☹️	الارتفاع
	☹️	-	😊	خصائص المواد المكونة للقواطع
	☹️	-	😊	

الجدول (4-7) مدى توافر المعلومات المطلوبة لحساب الكميات ببرنامجي Excel و Revit

من الجدير بالذكر أنه ببرنامج Revit يجب على المستخدم أن يعرف المواد بسماعاتها وماهيتها ويجب عليه نمذجتها حتى تكون قابلة للحساب (مخططات تنفيذية).

كما أن آلية النمذجة لها دور كبير في صحة استخراج الكميات. على سبيل المثال إذا قام المصمم بنمذجة قاطع متكرر على طابقين كقاطع واحد (مثلا من الطابق الأول إلى الطابق الثالث) فإن الكمية ستحسب وكأنه جدار واحد وسيحصل زيادة في الكمية التي تدخل بالبلاطة وهذا خطأ وفعلياً القواطع تنفذ لكل طابق على حدة (النمذجة ببرنامج Revit يجب أن تكون كما هو التنفيذ بالواقع). أو إذا تمت نمذجة قاطع بنفس الطابق ولكن على قسمين مما يؤدي إلى وجوده بالكميات كجدارين منفصلين وهذا خطأ. هذه الأنواع من الأخطاء يجب أخذها بالاعتبار عند تقدير الكلف ويجب على المصمم أن يدرك الآلية الصحيحة للنمذجة لتؤدي إلى حساب صحيح للكميات.

الدقة وإمكانية التعديل :

إن كميات (البلوك - الزريقة - الدهان - السيراميك) لقواطع أحد الطوابق المتكررة مدون بالجدول (4-8) أدناه باستخدام كل من برنامجي Excel و Revit.

كما يبين الجدول (4-9) نسبة الخطأ بدقة حساب الكميات.

الطول (م)		المساحة (م ²)		العنصر	
Excel	Revit	Excel	Revit		
*-	10.08	*-	25.10	بلوك 10cm	W10 C
*-	10.08	*-	25.13	زريقة	
*-	10.08	*-	25.14	سيراميك	
*-	93.63	*-	284.77	بلوك 10cm	W10 (C+C)
*-	93.63	*-	566.09	زريقة	
*-	93.63	*-	565.98	سيراميك	
*-	151.12	*-	433.24	بلوك 10cm	W10 (C+P)
*-	151.12	*-	866.48	زريقة	
*-	151.12	*-	433.24	سيراميك	
*-	151.12	*-	433.24	دهان	
*-	17.20	*-	56.48	بلوك 10cm	W10 (P+P)
*-	17.20	*-	112.95	زريقة	
*-	17.20	*-	112.95	دهان	
*-	86.52	*-	262.64	بلوك 15cm	W15 (C+P)
*-	86.52	*-	525.28	زريقة	
*-	86.52	*-	262.64	سيراميك	
*-	86.52	*-	262.64	دهان	
*-	67.04	*-	134.58	بلوك 15cm	W15 (P+P)
*-	67.04	*-	267.65	زريقة	
*-	67.04	*-	267.62	دهان	
*-	15.20	*-	39.91	بلوك 20cm	W20 (C+C)
*-	15.20	*-	77.83	زريقة	
*-	15.20	*-	77.83	سيراميك	
*-	5.54	*-	17.02	بلوك 20cm	W20 (C+P)
*-	5.54	*-	32.74	زريقة	
*-	5.54	*-	15.65	سيراميك	
*-	5.54	*-	17.07	دهان	
*-	39.12	*-	118.27	بلوك 20cm	W20 (P)
*-	39.12	*-	106.26	زريقة	
*-	39.12	*-	105.99	دهان	
*-	207.34	*-	655.06	بلوك 20cm	W20 (P+P)
*-	207.34	*-	1221.13	زريقة	
*-	207.34	*-	1219.76	دهان	
*-	2.15	*-	6.17	بلوك 20cm	W20 c
*-	2.15	*-	6.17	زريقة	
*-	2.15	*-	6.17	سيراميك	

* اختلفت آلية حساب كميات القواطع وتم المقارنة بإجمالي الكميات لكل من البلوك والزريقة والدهان والسيراميك

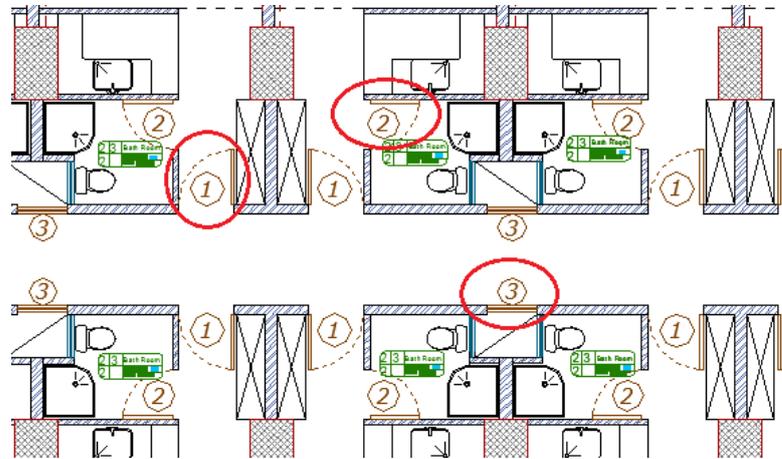
الجدول (4-8) المقارنة بين مساحات وأطوال القواطع المعمارية في كل من برنامجي Revit و Excel

نسبة الخطأ	الطول (م)		نسبة الخطأ	المساحة (م ²)		العنصر	
	Excel	Revit		Excel	Revit		
%5.3	308	291.62	%18.3	652.77	799.59	بلوك 10cm	بلوك
%1.2	155.15	153.56	%6.9	369.62	397.22	بلوك 15cm	
%0.18	268.85	269.35	%13	727.80	836.61	بلوك 20cm	
%5.3	308	291.62	%14.7	2953.22	3462.23	زريقة	
%1.2	155.15	153.56	%12.7	1210.5	1386.65	سيراميك	
%0.18	268.85	269.35	%16.3	2023	2419.27	دهان	

الجدول (9-4) نسبة الخطأ بحساب الكميات لكلا البرنامجين

بالعودة للجدول السابقة نجد تفاوت بالكميات المحسوبة ببرنامجي Revit و Excel حيث كانت الكميات الأكبر هي الكميات المستخرجة من برنامج Revit وذلك للأسباب التالية:

- بما أن حسابات أطوال القواطع متقاربة بكلا البرنامجين فإن المشكلة هي بالحسميات لذا بالعودة إلى جداول كميات Excel والمقارنة مع المخططات نجد اختلاف أبعاد الفتحات بين المخططات وبين جداول الكميات كما في الأشكال (82-4) (83-4) أدناه .



الشكل (82-4) الفتحات في المسقط

FIRST--- Mass-5--Enter Brick Wall									
TOTAL Volume m3	TOTAL Area cm2	NUMBER	Volume m3	Area cm2	Thickness	Wall High	Wall Length	Wall No.	NOTICE
15.34	767040	6	2.5568	127840	20	272	470	1	
15.18	758880	6	2.5296	126480	20	272	465	2	
5.55	277440	6	0.9248	46240	20	272	170	3	
3.26	163200	6	0.544	27200	20	272	100	4	
					15	332	2300	5,6	
					15	250	-90	1	room door sub..
					15	230	-80	3	gain door sub..
					15	60	-30		beam sub..
					15	250	-80	2	door sub..
					15	20	-15		بروز النخبات
					10	215	195	7	

جدول الابواب					
الترتيب	الوصف	التسوع	العرض	الارتفاع (cm)	العدد
①	باب غرفة النوم	حشب	90	220	58
②	باب المصان	حشب + زجاج	80	205	54
③	باب العنبر	حشب	80	200	26
④	باب العنبر	حشب	70	200	1
⑤	باب العنبر	حشب	55	200	1

الشكل (4-83) الأبواب في جدول توصيف الأبواب في المساقط وفي جداول الكميات

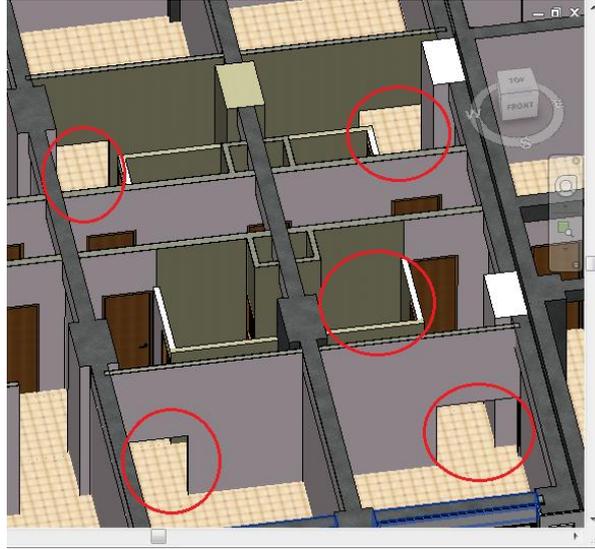
- تم طرح إرتفاع الجوائز مرتين كما في الشكل (4-84) أدناه

FIRST--- Mass-5--Enter Brick Wall									
TOTAL Volume m3	TOTAL Area cm2	NUMBER	Volume m3	Area cm2	Thickness	Wall High	Wall Length	Wall No.	NOTICE
15.34	767040	6	2.5568	127840	20	272	470	1	
15.18	758880	6	2.5296	126480	20	272	465	2	
5.55	277440	6	0.9248	46240	20	272	170	3	
3.26	163200	6	0.544	27200	20	272	100	4	
22.91	1527200	2	11.454	763600	15	332	2300	5,6	
-4.05	-270000	12	-0.3375	-22500	15	250	-90	1	room door sub..
-1.66	-110400	6	-0.276	-18400	15	230	-80	3	gain door sub..
-0.32	-21600	12	-0.027	-1800	15	60	-30		beam sub..
-0.30	-20000	1	-0.3	-20000	15	250	-80	2	door sub..
-0.17	-11400	38	-0.0045	-300	15	20	-15		بروز النخبات
4.61	461175	11	0.41925	41925	10	215	195	7	
2.13	213180	11	0.1938	19380	10	228	85	8	

الشكل (4-84) طرح ارتفاع الجوائز مرتين

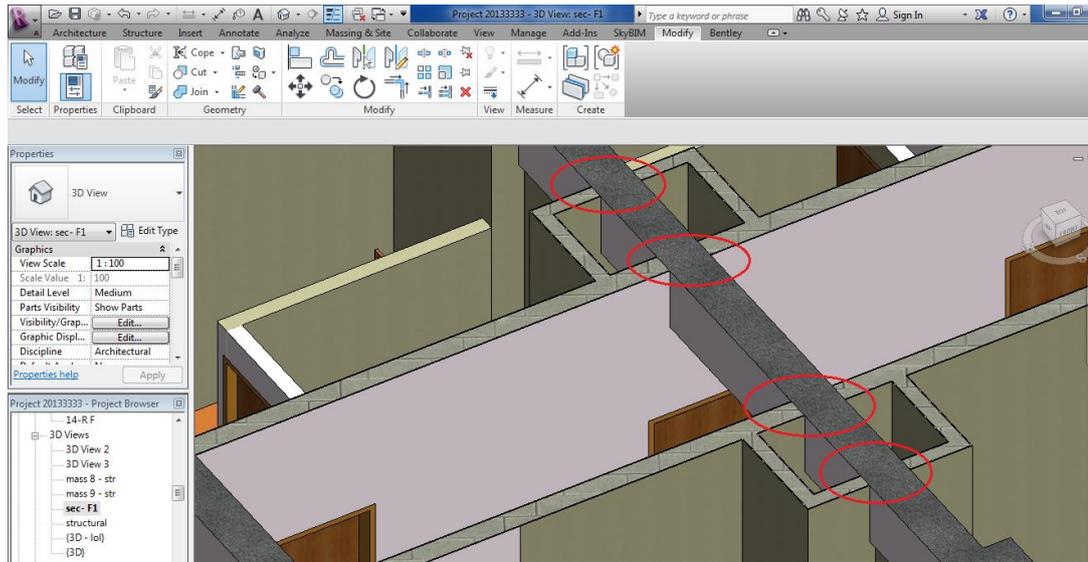
- عدم تحديد مناسيب بعض القواطع بشكل صحيح لعدم توضيح ذلك بالمخططات ثنائية الأبعاد كما في

الشكل (4-85) أدناه



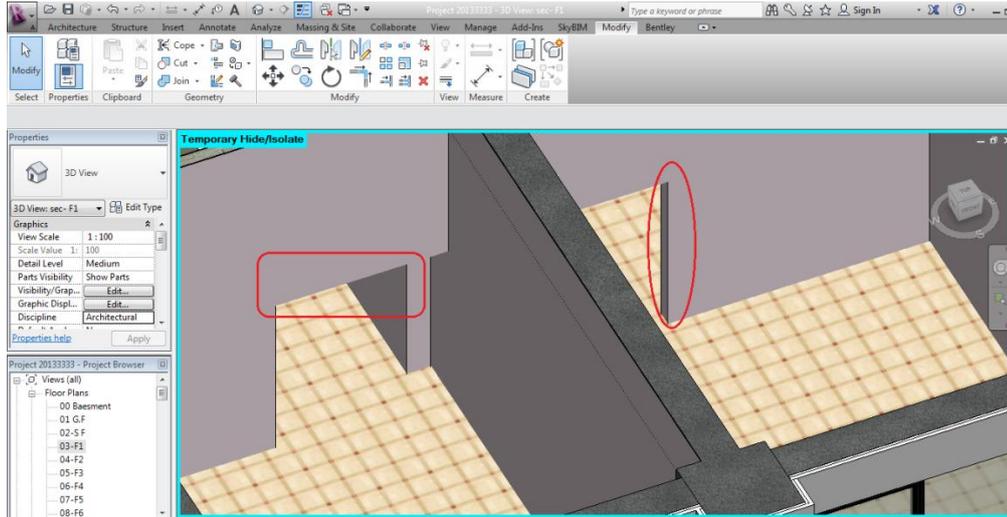
الشكل (4-85) الاختلاف بمناسبة القواطع

- عدم الأخذ بالاعتبار حجم كميات الجوائز المتعامدة مع القواطع كما في الشكل (4-86) أدناه.



الشكل (4-86) تقاطع الجوائز مع القواطع المعمارية

- السهو عن حجم بعض الأبواب والنوافذ نظراً لتشابه وتكرار القواطع والفتحات.
- اختلاف مساحات نوافذ فتحات التهوية بين حسابات البلوك وحسابات الزريقة والسيراميك.
- عدم حساب كميات الزريقة والدهان للفتحات التي لاتحتوي على أبواب أو نوافذ كما في الشكل (4-87) أدناه.



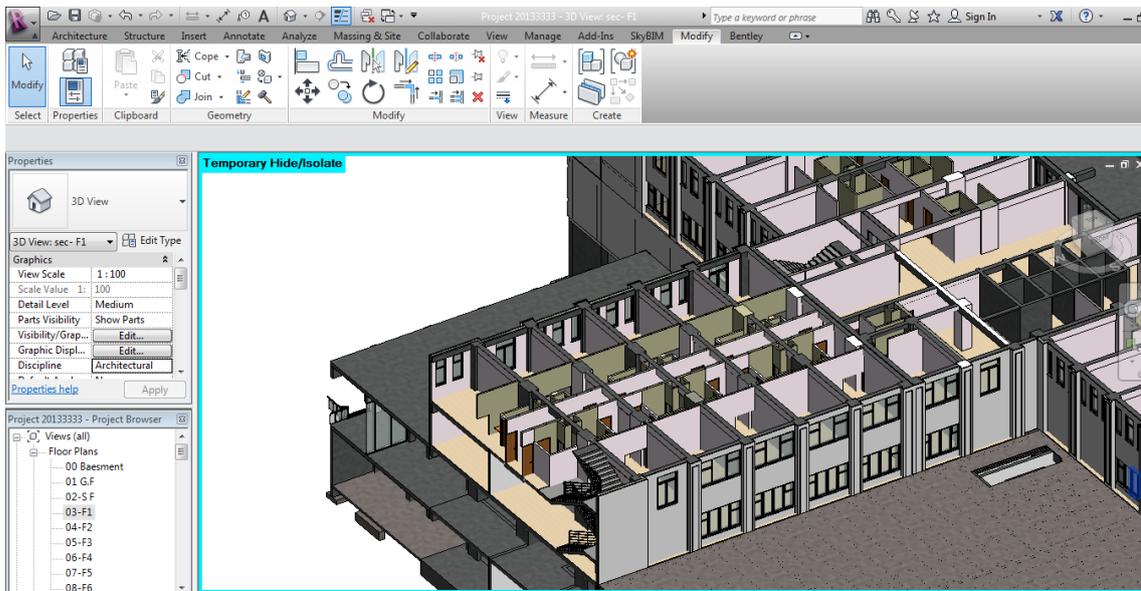
الشكل (4-87) السهو عن حساب تغطية أطراف الفتحات

التصنيف والتجميع:

يتطابق هذا المعيار بالوصف مع الجدران القصية والأساسات.

التحقق البصري:

يتطابق هذا المعيار مع الجدران القصية بالوصف مع ملاحظة أنه يتمتع برنامج Revit بخاصة " Section Box" الذي من خلاله يستطيع المستخدم رؤية المبنى من خلال مقطه منظوري أو مسقط منظوري كما في الشكل(4-88) أدناه.



الشكل (4-88) أداة Section Box للتحقق البصري

المخرجات النهائية والتقارير :

يتطابق هذا المعيار بالوصف مع الجدران القصية والأساسات.

نجد أنه بهذا الجزء من البحث قام الباحث بتقييم ومقارنة كميات القواطع المعمارية باستخدام برنامجي Revit و Excel ومن خلال تلك المقارنة نجد نقاط قوة وضعف لكل برنامج بحساب الكميات.

على سبيل المثال Revit يمتلك إمكانية تعريف المواد المكونة للعناصر والسرعة بفرز وتجميع العناصر حسب أي من خصائص العناصر (الطول - السماكة - المنسوب - المساحة ال- الحجم - المادة ... الخ)

بينما لا يستطيع المستخدم اظهار ارتفاع القواطع ببرنامج Revit بجدول الكميات ويدخل المستخدم إرتفاع القاطع يدوياً ببرنامج Excel. وتعتبر إمكانيات الإظهار والتحقق البصري والربط الآلي للكميات بالمخططات من الأمور المهمة التي يمتلكها برنامج Revit والتي تؤدي إلى حساب كميات دقيقة وكفاء لتقدير كلف البناء.

4-8 مقارنة الزمن اللازم لتصميم المشاريع باستخدام أنظمة BIM مع الطرق الحالية

قام الباحث خلال سير البحث بعقد ورشة عمل هدفها التعريف بأهمية استخدام أنظمة BIM وقياس أثرها على مرحلة التصميم, وذلك لعدد من المهندسين المهتمين بأنظمة BIM, ويمكن تلخيص محاور العمل كما يلي:

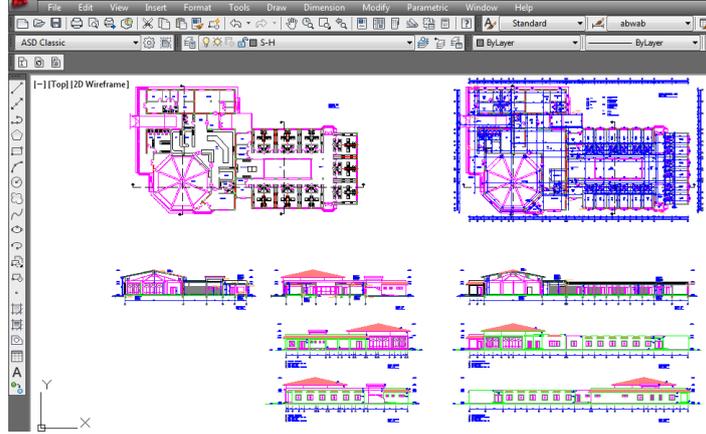
- ✓ إخضاع المهندسين لدورة تدريبية (مستوى فوق المتوسط) وذلك لأحد برمجيات أنظمة BIM (Autodesk Revit) وتعريفهم بأساسيات أنظمة BIM ومنهجية العمل باستخدام تلك الأنظمة.
- ✓ تم اختيار مشروع حقيقي لإجراء المقارنة بين الطرق التقليدية بالعمل وبين طرق العمل باستخدام النماذج البارامترية.
- ✓ قيام كل مستخدم على حدة بحساب الأزمنة اللازمة لكل خطوة خلال مرحلة التصميم وذلك باستخدام كل من الأنظمة التقليدية (CAD) وأنظمة نمذجة معلومات البناء (BIM).
- ✓ تحديد المتوسط الحسابي لساعات عمل جميع المستخدمين والتحقق من إمكانية تحقيق وفر في زمن مرحلة التصميم عند استخدام أنظمة BIM.

شملت ورشة العمل ستة مهندسين, وتم اختيار مشروع حقيقي لإجراء المقارنة. وهو عبارة عن مبنى عائد للشركة السورية للإسمنت والذي يقع على طريق حلب - الرقة بمساحة 1400م² كما هو مبين بالشكل (4-89). ويتألف المبنى من قسمين, القسم الأول يتألف من مطعم ونقطة صحية للمعمل, والقسم الثاني عبارة عن سكن خاص بموظفي الشركة, وعلى الرغم من صغر حجم المشروع إلا أنه يحتوي على عناصر متنوعة وذات أشكال مميزة.



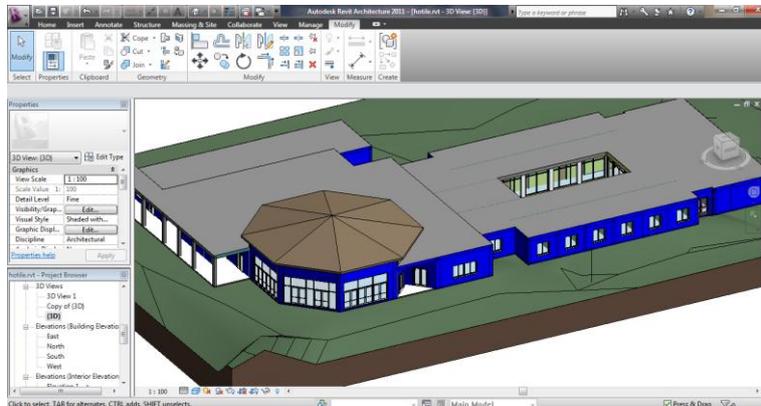
الشكل (4-89) المبنى المدروس

وقد قام المستخدمون بدايةً بالتصميم وفق الأنظمة التقليدية بإنشاء مخططات CAD كما هو مبين بالشكل (4-90) وقياس الأزمنة اللازمة لعملية التصميم بالساعات.



الشكل (4-90) تصميم المشروع بالطرق الكلاسيكية

ومن ثم قام المستخدمون بدراسة المشروع باستخدام برنامج Revit كما هو مبين بالشكل (4-91) واستخلاص المخططات والكميات بالتزامن مع حساب الأزمنة المستهلكة لتصميم المبنى بالساعات.



الشكل (4-91) تصميم المشروع باستخدام برنامج Revit

بحث ماجستير - المهندسة لولوة خربوطلي, جامعة حلب, كلية الهندسة المدنية, قسم الإدارة الهندسية والإنشاء

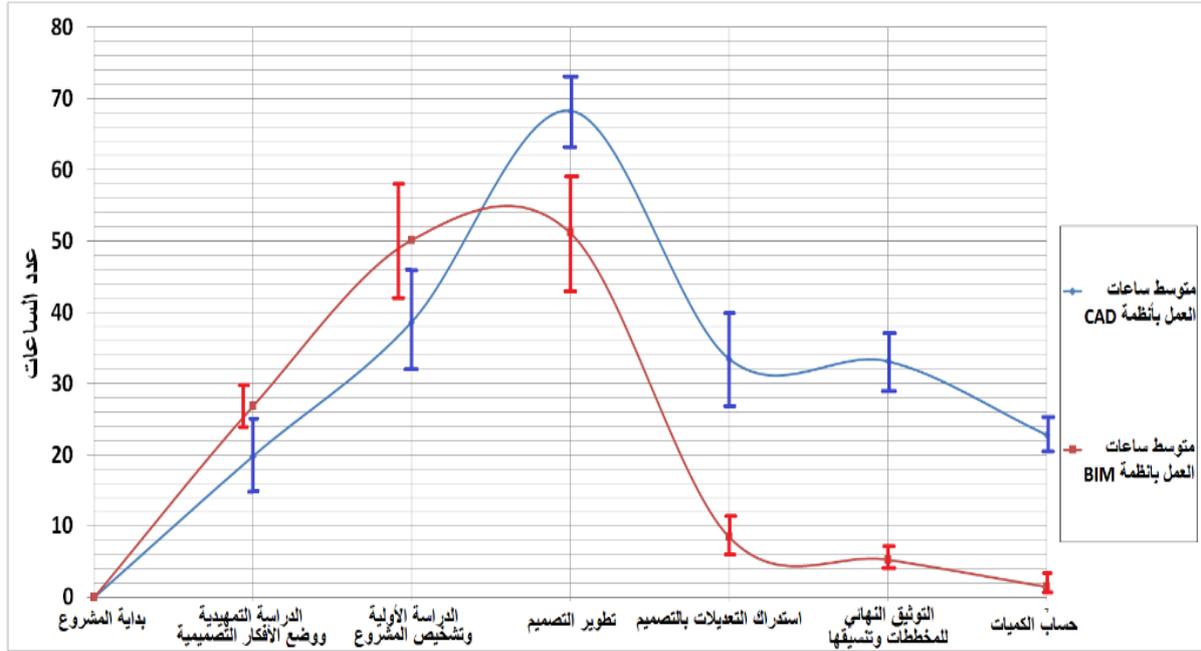
وقد لخص الباحث نتائج العمل بالجدول (4-10) موضحاً فيه ساعات العمل باستخدام أنظمة CAD وباستخدام أنظمة BIM لكل مستخدم، والمتوسط الحسابي لساعات العمل لجميع المستخدمين، إضافة لساعات الوفر بكل جزء من أجزاء مرحلة التصميم ونسب الوفر إن وجدت.

المبنى المدروس	الدراسة التمهيدية ووضع الأفكار التصميمية	الدراسة الأولية وتشخيص المشروع	تطوير التصميم	استدراك التعديلات بالتصميم	التوثيق النهائي للمخططات وتنسيقها	حساب كميات المشروع	مجموع ساعات العمل الكلية
المستخدم الأول	CAD(h) 15	35	70	35	30	20	205
	BIM(h) 25	50	45	5	5	1	131
المستخدم الثاني	CAD(h) 20	40	76	30	30	26	222
	BIM(h) 30	48	40	7	4	1	130
المستخدم الثالث	CAD(h) 30	50	65	44	40	25	254
	BIM(h) 25	62	55	10	6	2	160
المستخدم الرابع	CAD(h) 16	32	61	31	35	23	198
	BIM(h) 30	55	44	8	7	1	145
المستخدم الخامس	CAD(h) 18	30	72	25	28	21	194
	BIM(h) 29	32	63	9	6	3	142
المستخدم السادس	CAD(h) 20	45	66	36	36	22	225
	BIM(h) 22	54	60	12	4	1	153
المتوسط الحسابي لعدد ساعات العمل	CAD(h) 19.83	38.67	68.33	33.50	33.17	22.83	216.33
	BIM(h) 26.83	50.17	51.17	8.50	5.33	1.50	143.50
الوفور بيزمن مرحلة التصميم (ساعة)	-7.00	-11.50	17.17	25.00	27.83	21.33	72.83
نسبة الوفر بيزمن مرحلة التصميم %	-35.29%	-29.74%	25.12%	74.63%	83.92%	93.43%	33.67%

الجدول (4-10) نتائج العمل المستقصاة من المبنى المدروس

نجد من خلال الجدول أعلاه الفرق بين الجهد المبذول بين أنظمة CAD وأنظمة BIM. حيث أن الجهد المبذول بأنظمة BIM يتركز بالمراحل الأولية من العمل، بينما من خلال أنظمة CAD فتركز الجهود الأكبر بتنسيق وتوثيق المخططات وضمان مطابقتها وحساب الكميات. ومع ذلك نجد أنه رغم كل الجهود المبذولة لمطابقة مخططات CAD يظهر عدد كبير من التغييرات والأخطاء التصميمية خلال مرحلة التنفيذ مما يسبب إرتفاع بالكلفة وزيادة بيزمن المشروع. كما يبين الشكل (4-92) متوسط عدد ساعات عمل المستخدمين لكل من أنظمة CAD و BIM. ونلاحظ الفروقات الزمنية لكل جزء من أجزاء مرحلة التصميم وتعاضم أثر أنظمة BIM الذي يبدأ من مرحلة تطوير التصميم وصولاً للمراحل النهائية من عملية التصميم.

بالمحصلة نجد أنه باستخدام أنظمة BIM خلال عملية التصميم، نكون قد حققنا وفراً بيزمن التصميم يصل إلى 33.67% مقارنة بالأنظمة الحالية. وهذه النسبة قابلة للزيادة مع كبر وتعقيد المشاريع الهندسية. مما يدعو إلى ضرورة اعتماد أنظمة BIM كنظام عمل بديل عن أنظمة CAD خاصة في ظل التقدم التكنولوجي والحاجة إلى أدوات تضمن التنسيق والتواصل الفعال والربط الآلي بين عناصر البناء.



الشكل (4-92) متوسط عدد ساعات العمل للمستخدمين باستخدام CAD و BIM

وقد وجد الباحث أن الدراسة آتفة الذكر التي أجراها للمقارنة بأزمنة مرحلة التصميم باستخدام الأنظمة الحالية وأنظمة BIM موافقة لدراسة أجريت في جامعة دمشق على مشروع "وردة مسار" المقام على أرض المعارض القديمة والمخصص للتعليم المبكر، وذلك بإشراف شركة الإسكان العسكري، وتبلغ مساحة المشروع 5500 م² وبمساحة طابقية تصل إلى 15000 م². حيث قام الباحث بالمقارنة بأزمنة مرحلة التصميم في حال استخدمت الطرق الحالية وفي حال استخدام أنظمة BIM والنتائج موضحة بالجدول (4-11) كما يلي:

المهام	CAD (h)	BIM (h)	وفر الوقت	نسبة الوفر
مرحلة التصور والتصميم الأولي	190	90	100	53%
مرحلة تطوير التصميم	436	220	215	50%
مرحلة التوثيق النهائي	1023	815	208	20%
التحقق والتنسيق	175	16	159	91%
الإجمالي	1824	1141	683	37.44%

الجدول (4-11) نتائج العمل المستقصة من مشروع وردة مسار

ونلاحظ أن نسبة الوفر الكلية بزمن مرحلة التصميم بلغ 37.44% مقارنة بالأنظمة الحالية. الأمر الذي يؤكد أن الوفر بالزمن والكلفة يزداد تزامناً مع كبر وتعقيد المشروع.

الخلاصة

قام الباحث بهذا الفصل قياس أثر استفسارات الجهة المنفذة وأوامر التغيير الناجمة عن الأخطاء والسهو وضعف التصور على كلفة وزمن المشروع، وقد تم قياس ذلك الأثر كمياً من خلال حالة دراسية معتمدة في البحث (مبنى سكن الأطباء والممرضات - جامعة حلب). وتوصل الباحث إلى أن معالجة استفسارات المقاول وأوامر التغيير الناجمة عن الأخطاء والسهو وضعف التصور قبل الوصول لمرحلة التنفيذ والإدارة الآلية للتغيرات خلال مرحلة التنفيذ من شأنه رفع كفاءة العمل من خلال تلافي زيادة في زمن وكلفة المشروع وتم قياس تلك الزيادة كمياً.

كما قام الباحث بتقييم آلية حساب الكميات باستخدام برنامج Excel الذي يعتمد على المخططات ثنائية الأبعاد وبين برنامج Revit أحد برامج أنظمة BIM بواسطة النموذج الذكي ثلاثي الأبعاد من خلال الحالة الدراسية المعتمدة والتي تم اختيارها نظراً لكبر حجمها وتنوع عناصر البناء فيها. وقد طور الباحث معايير للتقييم وفقاً لاحتياجات تقدير كلف البناء واختيار البدائل المناسبة. وقد تم التقييم لثلاث عناصر وهي الأساسات والجدران القصية والقواطع المعمارية وقد تم ذكر محاسن ومساوئ كل طريقة.

من الجدير بالذكر أن نوع ووقت الجهد المبذول باستخدام المخططات ثنائية الأبعاد وباستخدام النموذج ثلاثي الأبعاد باستخدام أنظمة BIM مختلف. فمن خلال استخدام المخططات التنفيذية ثنائية الأبعاد فإن الجهد الرئيسي المبذول لعملية حساب الكميات التي تعتبر شبه يدوية. أما باستخدام النموذج الذكي ثلاثي الأبعاد فإن الجهد الرئيسي المبذول يكون لنمذجة وتطوير المبنى حيث أن الكميات تستخلص أوتوماتيكياً بمجرد الإنتهاء من عملية النمذجة ولكن بالمقابل يجب أن تكون النمذجة صحيحة ودقيقة للحصول على كميات دقيقة.

الفصل الخامس

تقييم مدى استخدام أنظمة BIM في مرحلتَي التصميم

والسّفير

فضلاً عن الطرق الكمية التي قام بها الباحث لقياس أثر تطبيق أنظمة BIM على مشاريع التشييد، فقد قام الباحث بهذا الفصل ومن خلال الطرق النوعية بالبحث بمدى انتشار استخدام أنظمة BIM في صناعة البناء. وذلك لتوثيق البيانات البحثية وربطها بالاستخدام الفعلي لأنظمة BIM في المشاريع الهندسية. وقد تم اختيار عينة البحث بعناية والتوجه للشركات المهمة بهذا المجال سيما أن تطور أنظمة BIM أصبح يمضي بخطوات متسارعة. وقد قام الباحث بزيارة العديد من الشركات في بعض الدول العربية (الإمارات العربية المتحدة - الأردن) واستطلاع رأيهم حول أنظمة BIM، حيث أن تلك الشركات باتت مهتمة بتطوير أنظمة العمل لديها والتحول باستخدام أنظمة BIM. كما تمت مراسلة بعض الشركات بالدول الأخرى عن طريق البريد الإلكتروني وذلك بالبدء بموجز عن البحث والتماس الرغبة بتعاون المشاركين وإعلامهم بهدف البحث.

وفيما يلي استعراضاً لنتائج بعض الإحصائيات التي أنجزت على الصعيد العربي والعالمي، ومن ثم تحديد الهدف المرجو من الاستبيان وعرضاً لبيانات المشاركين به وتحليلاً لآرائهم. وعلى الرغم من صغر عينة البحث (55 مستجيب) إلا أنهم مختارون بعناية وجزء كبير منهم لديه المعرفة الجيدة والخبرة باستخدام أنظمة BIM.

5-1 إحصائيات سابقة

الإحصاءات العالمية المتوفرة: نشرت شركة Mc Graw Hill- Construction مؤخرًا إحصائية تناولت فيها تأثير استخدام نمذجة معلومات البناء على الشركات الأمريكية التي اعتمدت هذه المنهجية في تنفيذ المشاريع. وجد أن 60% من المستهدفين في هذه الإحصائية أكدوا أنهم استخدموا تقنية النمذجة في أكثر من 30% من مشاريعهم خلال عام 2009. واعتبر 82% من متبني هذه التقنية أن نمذجة معلومات البناء كان لها تأثير إيجابي كبير على تنفيذ المشاريع وتقليل التكلفة الإجمالية للمشاريع [47].

الإحصاءات العربية المتوفرة: في عام 2011 أسدل الستار عن أول دراسة استطلاعية أجرتها شركة SMART Building فرع الشرق الأوسط. وتشير الدراسة إلى أن أسواق الخليج العربي باتت أكثر تفاعلاً ودراية بهذه المنهجية إلا أنها تعوزها الخبرة اللازمة بهذه التقنيات وأن معدل تبني الشركات لتقنيات نمذجة معلومات المباني في الأسواق الخليجية يقارب 25% إلا أن مستوى كفاءة هذه التقنيات لا يزال متدنياً مقارنة مع مناطق مثل غرب أوروبا والولايات المتحدة الأمريكية.

وأشارت نتائج الدراسة إلى القيمة الكبيرة لتقنيات نمذجة معلومات المباني ومزاياها الأساسية، فقد أكد 66% من المستطلعين على قدرة هذه التقنيات في التقليل من أخطاء التصميم. في حين أشار 64% إلى إمكانات تحسين مراقبة الجودة و64% إلى قدرتها على تعزيز الإنتاجية [48].

5-2 الهدف من الاستبيان

فضلاً عن مسح البيانات المتوفرة والتي وردت في الفقرة 5-1 أعلاه فقد أجرى الباحث استطلاع كخطوة داعمة للسعي وراء المعلومات الواقعية حول استخدام أنظمة BIM. وقد قدمت الدراسة الاستقصائية ردود الفعل من

العاملين في صناعة البناء محلياً وعربياً. وتم توزيعها داخل وخارج القطر للشركات الكبرى التي تعنى بتطوير صناعة البناء عن طريق المقابلات الممنهجة معهم أو من خلال البريد الإلكتروني، وذلك بالبدء بموجز عن البحث والتماس الرغبة بتعاون المشاركين وإعلامهم بهدف البحث. كان الهدف الأساسي لإرسال الاستبيان هو ربط البيانات البحثية مع التجارب العملية حول استخدام أنظمة BIM. وكان معدل الاستجابة 55 مستجيب، وقد تم التحليل الإحصائي للبيانات المجمعة باستخدام برنامج التحليل الإحصائي SPSS.

5-3 المشاركون في الاستبيان :

تم توزيع هذا الاستبيان عن طريق شبكة الانترنت إلى شركات البناء داخل وخارج القطر العربي السوري والتي تبلغ حوالي 17 شركة والتي حصلنا منها على ردود المشاركين الذي ستبقى هوياتهم مجهولة وفقاً للخصوصية المتفق عليها.

حيث تم إرسال الاستبيانات عبر الإيميل باللغتين العربية والإنكليزية وسيتم عرض الاستبيان بالملحق (1)، وكذلك سيتم عرض نبذة عن الشركات المشاركة بالاستبيان بالملحق (2). فيما يلي عرض لبيانات المشاركين بالاستبيان.

5-3-1 نوع الشركة

لتقييم هذا البحث، فمن الضروري معرفة رأي صناعة البناء عن مدى انتشار واستخدام أنظمة BIM بمشاريع التشييد. تم إرسال هذه الدراسة الاستقصائية لجميع الفئات العاملة في صناعة البناء، حيث كانت للشركات الكبرى النسبة الأكبر من الاستقصاء ومع ذلك فإن بعض المشاركين لم يستجيبوا للمسح المجري من قبل الباحث. يبين الجدول (5-1) نسبة وعدد الشركات المشاركة بالاستبيان.

النسب المئوية %	عدد المستجيبون	الشركات المشاركة بالاستبيان
31	17	شركة مقاولات
40	22	شركة استشاري
22	12	شركات تصميم
7	4	مالك
100	55	الإجمالي

الجدول (5-1) نسب الشركات المشاركة بالاستبيان

5-3-2 طبيعة العمل في الشركة

يوضح الجدول (5-2) طبيعة عمل المشاركين بالمسح. ونجد أن النسبة الأكبر لمستخدمي BIM هم المصممون بنسبة 47% وخاصة المعمارين وذلك لسهولة التعديل ولسرعة العمل بإنجاز المخططات كالمقاطع والواجهات والمناظير.

كما أن النسب المتقاربة بين مهندسو الإشراف والمقاولين الذين يجدون أهمية BIM تكمن بالأعمال الكهروميكانيكية وحساب الكميات والمخططات التفصيلية (Shop Drawings).

النسب المئوية %	عدد المستجيبون	طبيعة العمل
47	26	مصمم
15	8	مقاول
11	6	مدير مشروع
20	11	مهندس إشراف
5	3	مالك
2	1	استشاري BIM
100	55	الإجمالي

الجدول (2-5) طبيعة العمل المشاركون

3-3-5 نوع المشاريع المنفذة

يوضح الجدول (3-5) النسب المئوية لنوعية المشاريع المنفذة ضمن الشركات والمكاتب المشاركة بالمشح الاستقصائي. ونجد أنها غالباً ما تشمل المشاريع التجارية والسكنية.

النسب المئوية %	عدد المستجيبون	نوع المشاريع المنفذة
33	18	مشاريع سكنية
34	19	مشاريع تجارية
11	6	مشاريع طرق وبنى تحتية
22	12	مشاريع صناعية
100	55	الإجمالي

الجدول (3-5) نسب أنواع المشاريع المنفذة

4-5 اختبار صدق الاستبيان ومدى موثوقية البيانات

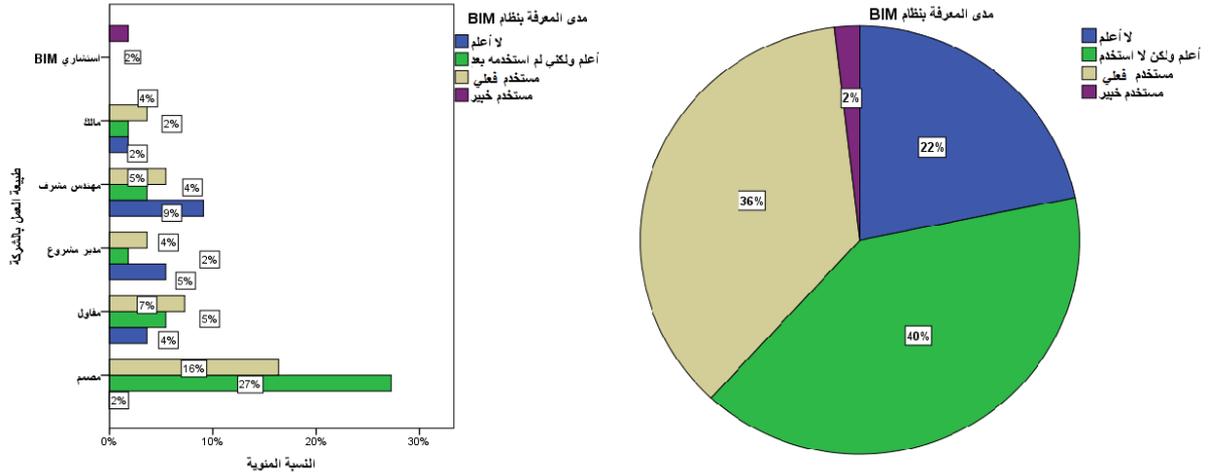
بعد القيام بتعريف المتغيرات وادخال البيانات الخاصة بالمشاركين بالاستبيان , وقبل البدء بتحليل البيانات يجب القيام بإجراء اختبار كرونباخ Cronbach Alpha , لاختبار موثوقية البيانات وتحديد مدى صحتها على أثر أجوبة المشاركين في الاستبيان. حيث أن هذا التحليل يعطي قيمة للعامل Alpha, وأصغر قيمة مقبولة لهذا المؤشر (0.6) وأفضل قيمة مقبولة بين (0.7-0.8), وكلما ازدادت قيمة Alpha تزداد الموثوقية بصحة الإجابة. في هذا البحث, كانت قيمة Alpha الناتجة عن إجراء اختبار كرونباخ 0.69 وهي ضمن الحد المقبول. مما يشير إلى توفر درجة عالية من الثبات الداخلي والاتساق في إجابات المشاركين في الاستبيان , ويمكننا من الاعتماد على هذه الإجابات في تحليل النتائج.

5-5 تحليل نتائج الاستبيان

1-5-5 مدى المعرفة بأنظمة BIM

توصل الاستبيان إلى تحديد نسب معرفة المستجيبون بأنظمة BIM. الشكل (1-5) وهي على النحو التالي:

- 21% لم يكونوا يعلمون بأنظمة BIM وبالتالي كانوا غير قادرين على استكمال الاستبيان.
- 40% كانت لديهم معرفة جيدة ومعتمدة بأنظمة BIM ولكنهم لم يستخدموه بعد على مشاريع فعلية وإنما فقط على مشاريع تجريبية.
- 36% كانوا مستخدمين فعليين لأنظمة BIM على مشاريع حقيقية (مستوياتهم جيدة بالتعامل مع أساسيات وبرمجيات أنظمة BIM).
- 2% كانوا مستخدمين متقدمين وخبراء بأنظمة BIM ومؤهلين بشكل كامل للإلمام بكافة عمليات BIM بمسمى وظيفي Head Of BIM unit.



الشكل (2-5) مدى المعرفة بأنظمة BIM وفق طبيعة العمل

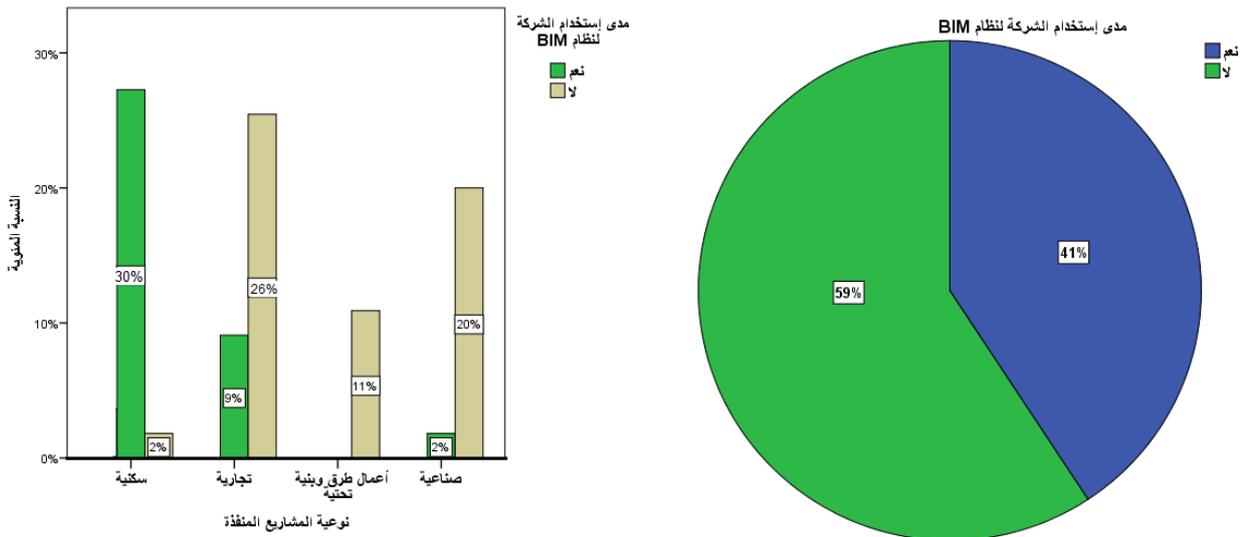
الشكل (1-5) مدى المعرفة بأنظمة BIM

وكانت النسبة الأكبر للمستخدمين هي المصممين والمقاولين بنسبة 23% كما هو مبين بالشكل (2-5). حيث أنه مع تطور عمليات صناعة الأبنية أدى ذلك إلى نشوء مخططات ووثائق بناء أكثر تطوراً وتعقيداً وتزايد الاعتماد على الوثائق الورقية كطريقة للتواصل بين المصمم و المقاول، وهذا أدى إلى نشوء استفسارات دون أجوبة و حالات غير متوقعة تظهر خلال عملية التنفيذ. و هذا أحد الإشكالات التي نجمت عن عملية التخصص و ابتعاد المصمم عن موقع المشروع. لذا دعت الحاجة إلى تطوير أدوات العمل والتعاون بين أطراف المشروع والتنسيق بين المخططات لتلافي المشاكل التي قد تحدث في مرحلة التنفيذ. حيث أنه يجب أن يكون المقاول طرف أساسي في المراحل الأولى من المشروع حتى لا يترتب عليه إصدار عدد كبير من طلبات

الاستفسار أثناء مرحلة التنفيذ أو ما يسمى (RFI). وتعتبر كثرة طلبات الاستفسار مؤشراً واضحاً لافتقار التصميم لكافة المعلومات التي يحتاجها المقاول لتنفيذ المشروع.

2-5-5 مدى استخدام الشركات لأنظمة BIM

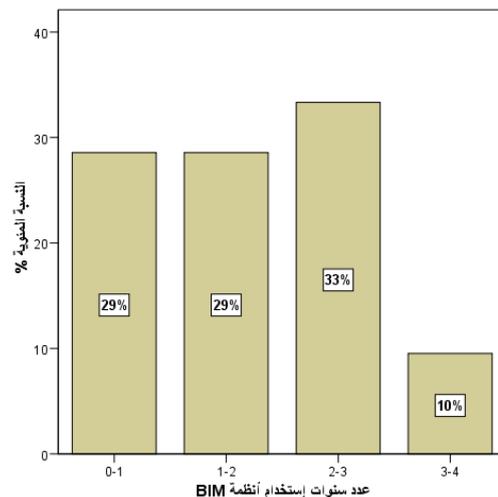
تبين من خلال استطلاع الرأي أن معظم الشركات هي حديثة الاستخدام لأنظمة BIM بنسبة 41%، الشكل (3-5).



الشكل (4-5) مدى استخدام الشركات لأنظمة BIM

الشكل (3-5) مدى استخدام الشركات لأنظمة BIM

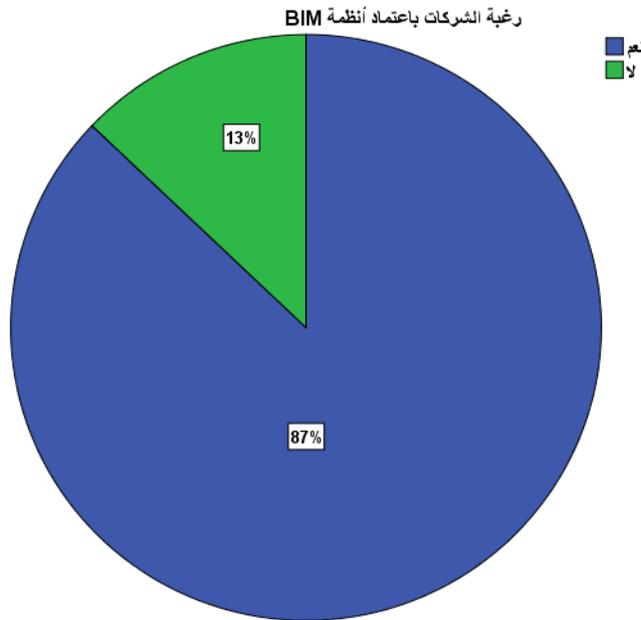
وكانت غالبية استخدامات أنظمة BIM هي للمشاريع السكنية بنسبة 30% والتجارية بنسبة 9% الشكل (4-5). وطلب الباحث من المستطلعين تحديد مدة استخدامهم لأنظمة BIM، وقد وجد تقارب بين المستخدمين بعدد سنوات يتراوح بين السنة والثلاث سنوات الشكل (5-5)، الأمر الذي يبين أن هذه التكنولوجيا حديثة ولم تكتمل أدواتها بعد ولم تتطور كامل الإمكانيات والتحسينات، ومن المتوقع - كحال برمجيات CAD- فإن برمجيات BIM ستتكيف وتتطور باستمرار مع مرور الزمن وخلال سنوات قليلة لتلبية احتياجات صناعة البناء.



الشكل (5-5) النسب المئوية لعدد سنوات استخدام أنظمة BIM

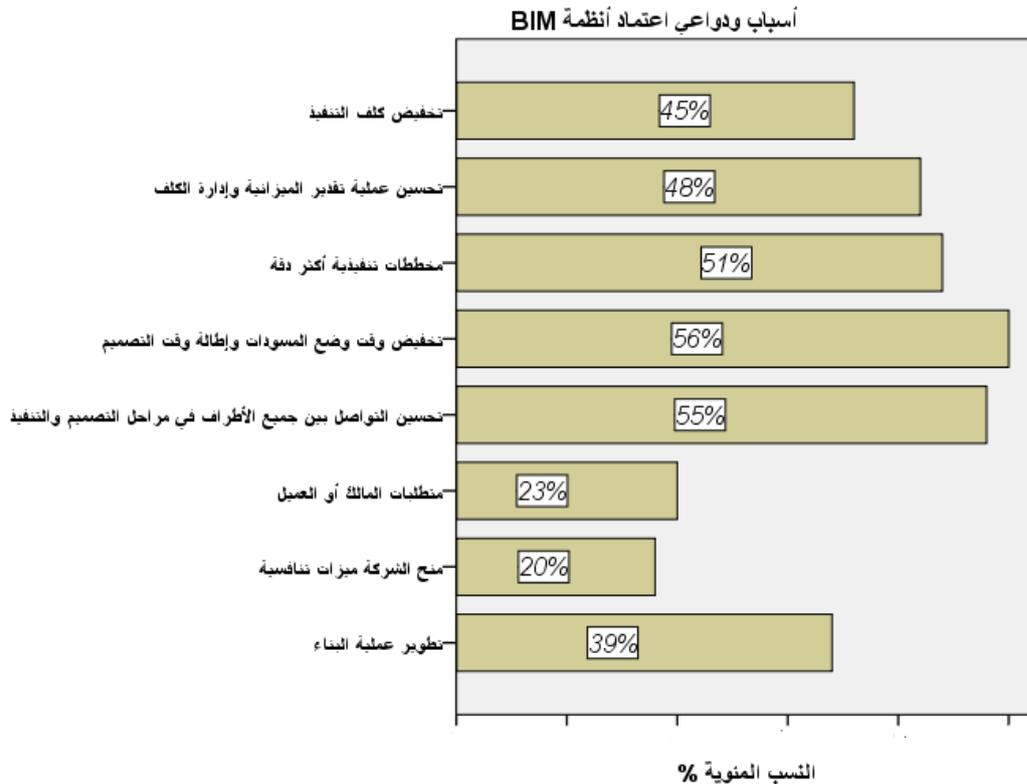
3-5-5 الرغبة باعتماد أنظمة BIM

بالنسبة للشركات التي لم تستخدم أنظمة BIM بعد، تم أخذ رأيهم بخصوص رغبتهم باعتمادها وكانت نسبة حوالي 87% لديهم رغبة بذلك وحوالي 13% منهم لم تكن لديهم الرغبة. الشكل (5-6)



الشكل (5-6) الرغبة باعتماد أنظمة BIM

وتعزى الرغبة باعتماد أنظمة BIM للأسباب المبينة بالشكل (5-7)

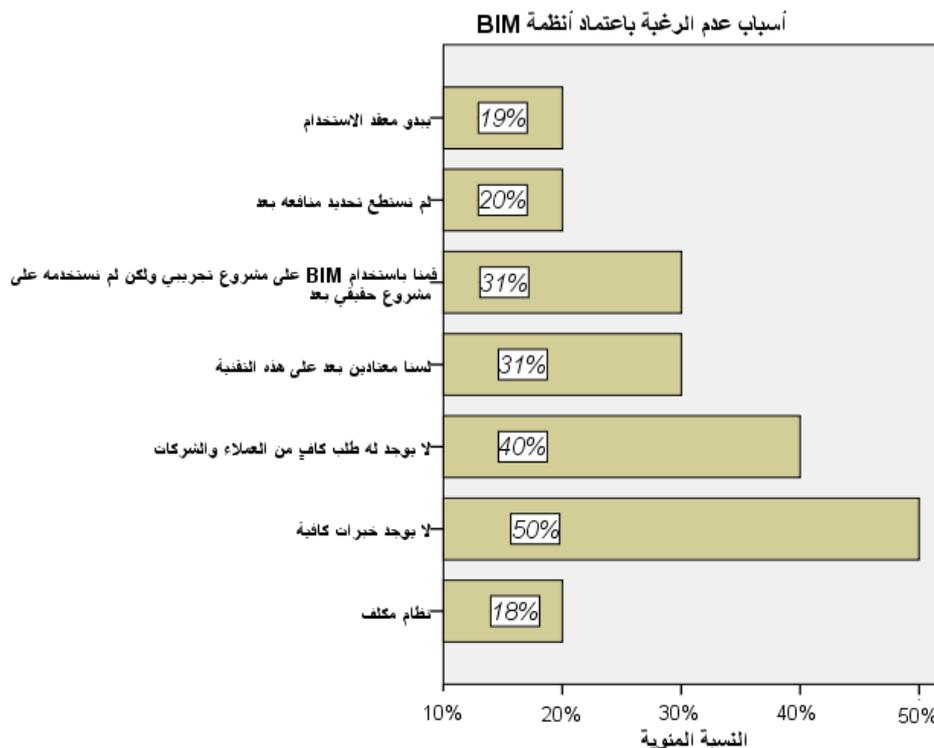


الشكل (5-7) أسباب ودواعي اعتماد أنظمة BIM

يتبين من الشكل أن المستخدمين يرغبون بأدوات تساهم بتخفيض وقت وضع المسودات وإضافة وقت أطول لعملية التصميم بنسبة 56% إضافة لتحسين الانتاجية من خلال تحسين التواصل بين جميع أطراف المشروع بمراحل مبكرة منه والذي يعتبر من أهم أسباب الرغبة باعتماد BIM . حيث أنه يبحث المستخدمون عن أدوات النموذج الذكي للتصميم والتي تضيف قيمة عبر التصميم. ويمكن لأدوات BIM أن تمارس دوراً رئيسياً في هذا المجال، مما يسمح لفرق التصميم بمعالجة المصاعب والقصور في عملية التصميم ويسمح بتبادل البيانات والتواصل والتعاون بشكل أكثر فعالية في جميع مراحل عملية التصميم.

كما نلاحظ ان الدقة أمر مطلوب حيث أشار عدد من المهندسين إلى أنهم يرون قيمة BIM في الحصول على مخططات ووثائق عالية الجودة تمكّنهم من التواصل بشكل أكثر فعالية مع الزملاء من مختلف التخصصات. إن توفير الوقت والكلفة هو الهدف الأساسي الذي يسعى له فريق العمل بالمشاريع الهندسية وخاصة بالنسبة للمقاولين الذين يعتقدون أنه بإمكان BIM تخفيض تكاليف البناء وتحسين عملية تقدير الميزانية وإدارة الكلف.

- أما عن أسباب عدم الرغبة المستجيبون باعتماد أنظمة BIM فهي مبينة بالشكل (5-8)



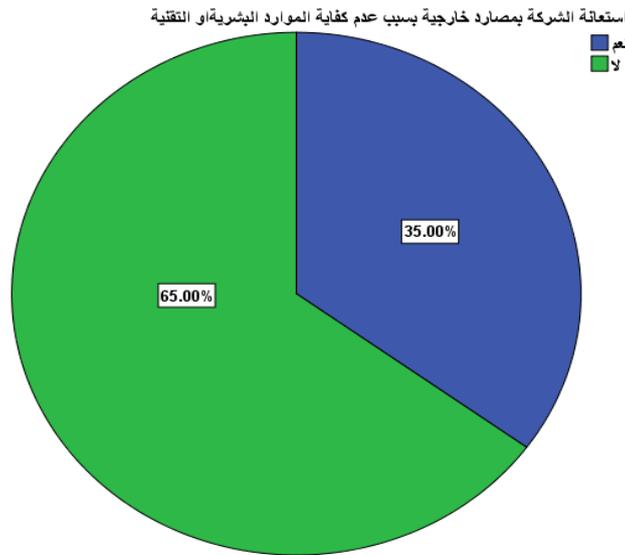
الشكل (5-8) أسباب عدم الرغبة باعتماد أنظمة BIM

حيث كان العائق الأكبر لعدم الرغبة بإدخال مفهوم BIM إلى صناعة البناء هو عدم وجود خبرات كافية بهذا المجال لذا نعي تماماً جود نقص في خبراء تقنيات BIM تحتاجهم صناعة البناء لقيادة عملية التطوير ، لذلك يجب أن نعدل برامج التدريب و التأهيل لثرفد شركات التصميم و التنفيذ بالكوادر التي تلي حاجاتها. كما يجب على محترفي هذه الصناعة أن يطوروا ملكاتهم في أقرب فرصة ممكنة ليتمكنوا بنجاح من تطبيق مفاهيم BIM. ويجد الباحث أن السبب الرئيسي وراء عدم استخدام الشركات لأنظمة BIM هو عدم توجيه طلب لهم بتطبيق ذلك. لذا لجئت عدة حكومات بفرض تطبيق نماذج BIM ومنها بلدية مدينة دبي. حيث قامت بفرض نماذج

BIM على المشاريع الحكومية والمباني التخصصية كالمشافي والجامعات. كخطوة أولى للارتقاء بمستوى الخدمات من خلال تطوير الأنظمة والقوانين لمواكبة أرقى المعايير العالمية والاستغلال الأمثل للتقنيات الحديثة.

4-5-5 الاستعانة بالمصادر الخارجية بالأعمال المتعلقة بأنظمة BIM

واتفقت غالبية آراء المستطلعين بعد الرغبة بالاستعانة بمصادر خارجية التي تقدم خدمات البناء (BIM) بنسبة 65% وذلك بما يتعلق بالتكنولوجيا والمنهجية على حد سواء. الشكل (5-9)



الشكل (5-9) مدى رغبة الشركة بالاستعانة بمصادر خارجية لتطبيق BIM

ونجد أن معظم الشركات لم ترغب بالاستعانة بمصادر خارجية نظراً لرغبتها بتدريب موظفيها لاستخدام BIM على مشاريعهم الخاصة بدلاً من الاستعانة بشركات خارجية تقدم حلول BIM، حيث أنها ترى كلفة الاستعانة بشركات خارجية كبيرة نسبياً قياساً بكلفة التدريب لموظفيها لاستخدام BIM. ويقترح الباحث بدمج مفهوم BIM في برامج التعليم مما يضمن دخول أشخاص جدد في سوق العمل في المستقبل تتمتع بالمهارات المطلوبة وتغطي النقص في المهارات.

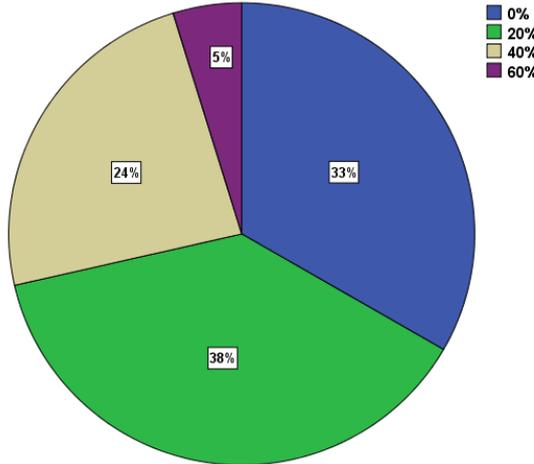
وقد بدأت الكثير من المؤسسات التعليمية في دمج أنظمة BIM ضمن مناهجها. فعلى سبيل المثال تسعى جامعة سالفورد إلى اكتشاف مجالات جديدة عبر برنامجها THINK lab، بينما أدخل معهد جورجيا للتكنولوجيا في الولايات المتحدة الأمريكية نماذج BIM كجزء أساسي في مناهجها لسنوات عديدة. وفي أستراليا تعتبر نماذج BIM جزءاً لا يتجزأ من الكثير من برامج ومناهج الجامعات، بما في ذلك RMIT في ملبورن، وجامعة التكنولوجيا في سيدني، وجامعة نيو ساوث ويلز [47]. وعلى المستوى الإقليمي بدأت الجامعة الأمريكية في دبي تعليم نماذج BIM منذ الفصل الدراسي لخريف 2009 كمادة مطلوبة لبرنامج الهندسة المعمارية المتخصصة.

[48]

5-5-5 مدى ملائمة تجهيزات الشركة لتطبيق أنظمة BIM

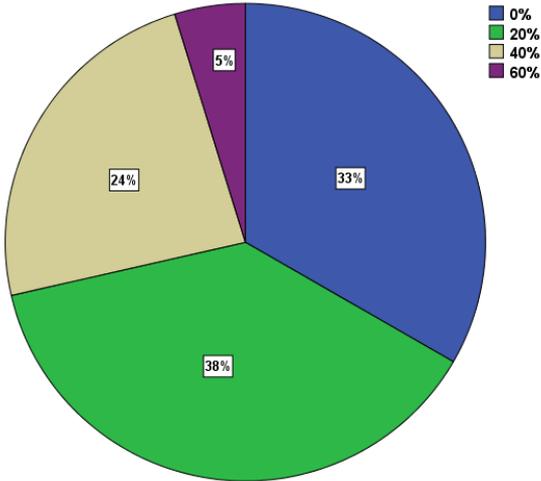
لضمان الانتقال الناجح إلى BIM يجب اعتماد خطة تنفيذ شاملة تتضمن إجراء تقييم كامل لموارد الشركة وكانت النتائج من المستطلعين موضحة بالأشكال (10-5) (11-5) (12-5) على النحو التالي :

النسبة المئوية لمواصفات أجهزة الحاسب قبل تطبيق أنظمة BIM بالشركة - من المتوقع علينا تغييرها لتلائم متطلبات BIM



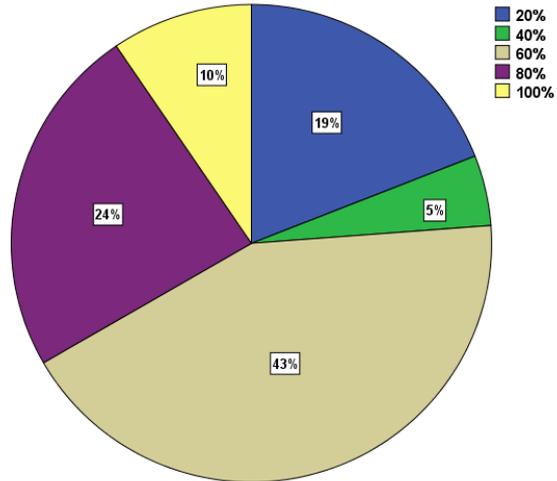
الشكل (10-5) النسب المئوية لمواصفات الأجهزة المتوقع تغييرها

النسبة المئوية لمواصفات أجهزة الحاسب قبل تطبيق أنظمة BIM بالشركة - ملائمة لتطبيق BIM مباشرة



الشكل (12-5) النسب المئوية لمواصفات الأجهزة الملائمة لـ BIM

النسبة المئوية لمواصفات أجهزة الحاسب قبل تطبيق أنظمة BIM بالشركة - جيدة ولكننا نحتاجنا لتحديث مواصفاتها فقط



الشكل (11-5) النسب المئوية لمواصفات الأجهزة المتوقع تحديثها

وبحساب متوسط القيم السابقة نصل إلى مايلي :

- نسبة التجهيزات والمعدات التي من المتوقع على الشركات تغييرها 20%
- نسبة التجهيزات والمعدات التي هي جيدة ولكن تحتاج فقط لتحديث بالمواصفات 60%
- نسبة التجهيزات والمعدات التي تصلح مباشرة لتطبيق BIM 20%

ومن النسب السابقة نتوصل إلى نتيجة أن بعض الشركات قد لا يكون قادرة على الانتقال إلى أنظمة BIM بسبب التكلفة العالية التي ترتبط بالتجهيزات والمعدات.

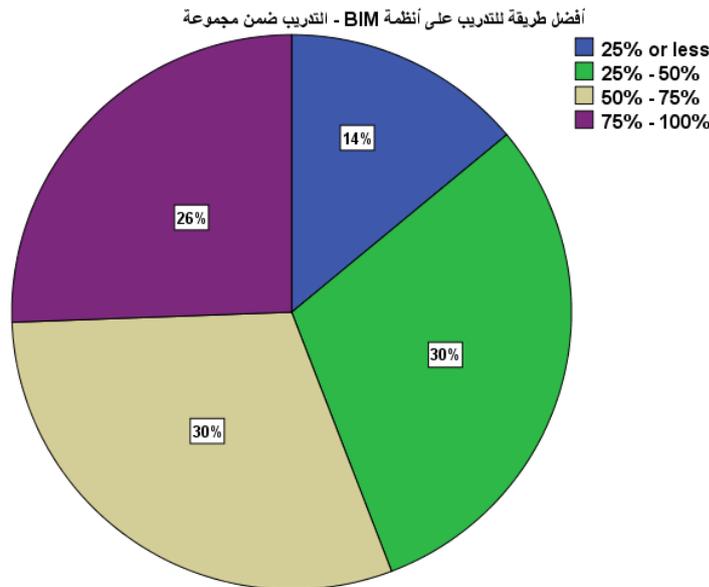
في الوقت الحالي، تقدم الكثير من شركات البرمجيات عروضاً على برامج أنظمة BIM للشركات لدعم الإرتقاء للعمل بالأنظمة المتطورة. كما أنها تقدم نسخاً تجريبية مجانية للطلاب لفتح باب التعلم وإنشاء جيل مواكب للتطورات التكنولوجية.

حيث تقدم شركات البرمجيات VICO و Autodesk سنوياً عروضاً على برمجيات BIM ضمن معارض البناء والبرمجيات ومنها معرض Big Fife والتي من خلاله تشجع العديد من الجهات المهتمة بالبدء بسياسة التغيير لأنظمة BIM.

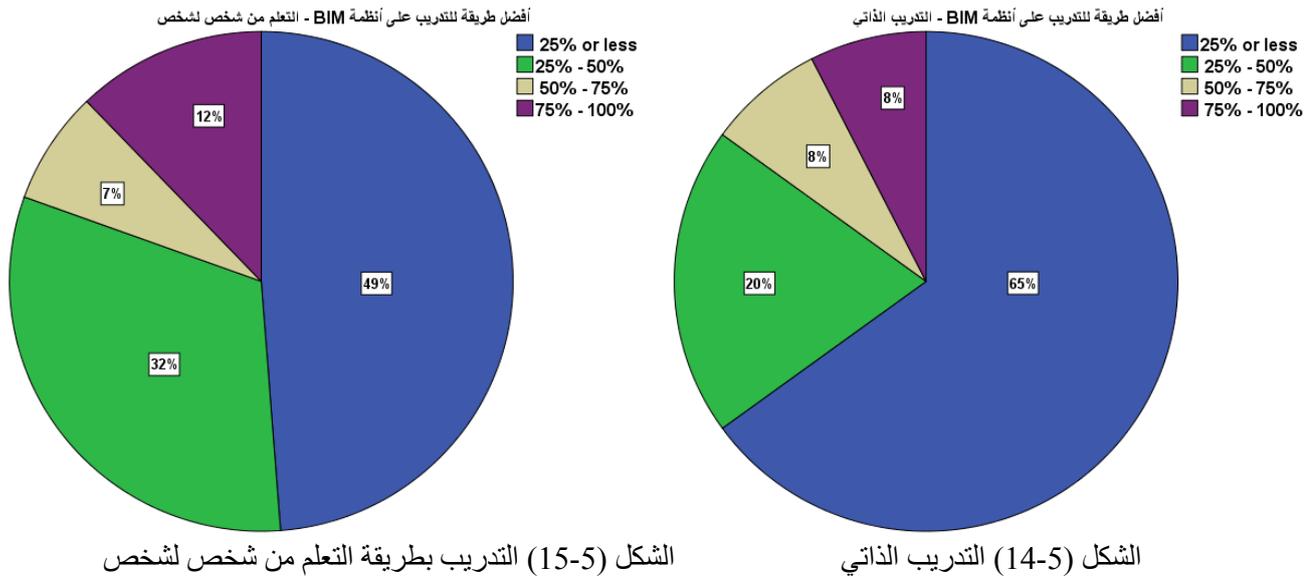
5-5-6 الوسيلة الأفضل للتدريب لأنظمة BIM

توصل الاستبيان إلى تحديد الوسائل الأفضل للتدريب على برمجيات أنظمة BIM، موضحة بالأشكال (5-13)

(5-14) (5-15).



الشكل (5-13) التدريب ضمن مجموعة



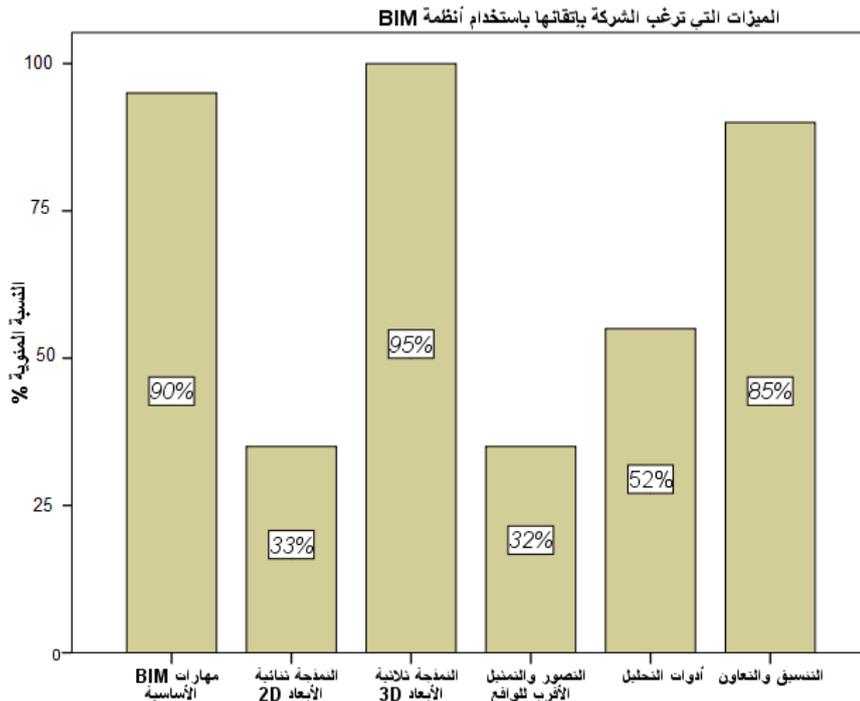
حيث أظهر الاستطلاع ميل واضح لاستخدام التدريب ضمن مجموعة أكثر من وسائل التدريب الأخرى بنسبة (50%-75%) لحوالي 30% من المشاركين وكذلك بنسبة (75%-100%) لحوالي 26% من المشاركين، بحيث تكون مجموعة العمل غير كبيرة (ثمان أشخاص على الأكثر) ويخضعون بنهاية الدورة التدريبية إلى التطبيق ضمن ورشة عمل على مشروع حقيقي منفذ غير مرتبط بالوقت والمقارنة بين طرق العمل وتلافي الأخطاء.

ويرى الباحث أن التدريب الذاتي له فائدة كبيرة على المتدربين ولكنه من أصعب الوسائل وبحاجة إلى قدرة استيعاب أكبر

وتشجع الأبحاث على استخدام التدريب من شخص لشخص (From one to one) وخاصة بالنسبة للمستخدمين الذين لديهم صعوبات لاستيعاب مفهوم BIM بسبب عدم وجود خلفية بالتصميم بمعونة الحاسب. حيث أنه في شركة " دار الهندسة " والتي تعتبر من الشركات الكبرى في الخليج العربي، قامت بإدخال جزء كبير جداً من مشروع توسعة الحرم المكي ضمن آلية عمل BIM وصرفت الكثير من الأموال لتحديث الأجهزة وتدريب الموارد البشرية بالشركة بالاستعانة بشركة تقدم خدمات BIM وهي شركة " كيميت " ولم تكتمل العملية بنجاح كونها لم تسير بخطوات صحيحة منذ البداية ولم تكن الكوادر مؤهلة لحجم عمل بمشروع ضخم مرتبط بالوقت.

5-7-5 الميزات التي ترغب الشركة بإتقانها

عند استطلاع الرأي حول أفضل ميزات أنظمة BIM التي ترغب الشركة بإتقانها تبين ما يلي الشكل (5-16):



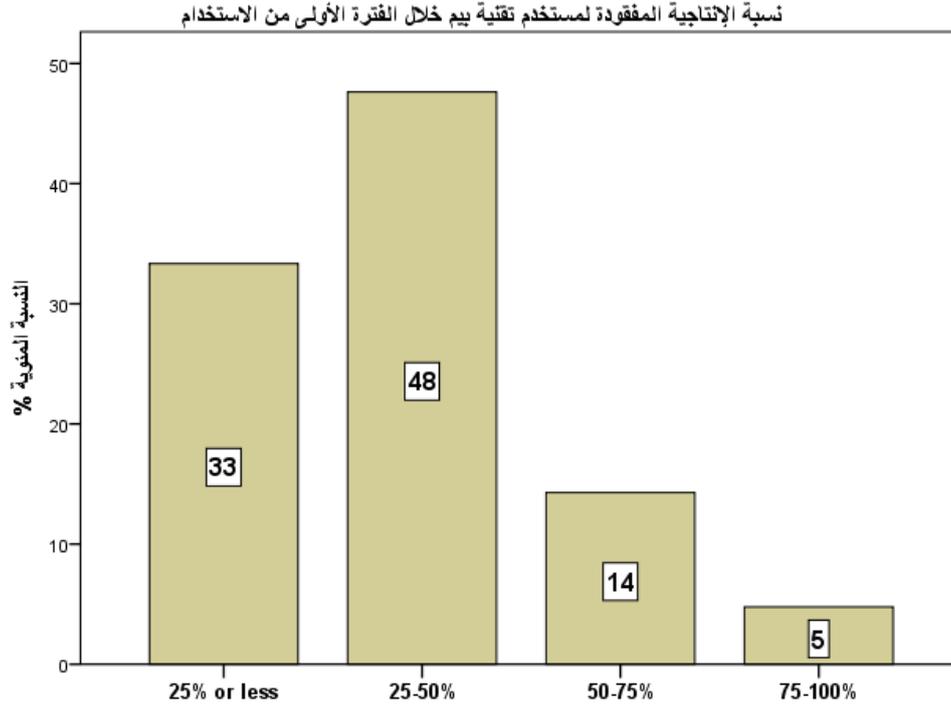
الشكل (5-16) أهم ميزات BIM التي ترغب الشركة بإتقانها

نجد أن النمذجة ثلاثية الأبعاد (النماذج الذكية) من أكثر العوامل التي ترغب الشركات بإتقانها والتدريب عليها بنسبة 95%، ونقصد بالنموذج الذكي أي أن المعلومات مضمنة داخل النموذج الافتراضي ثلاثي الأبعاد، بعض هذه المعلومات فيزيائي و يتضمن أبعاد العناصر و مواقعها النسبية والبعض الآخر غير رسومي ويتضمن كمياتها وخصائصها. كما تأخذ مهارات BIM الأساسية حيزاً كبيراً من الأهمية بالنسبة للمستخدمين بنسبة 90% إضافة إلى التنسيق والتعاون بين الاختصاصات من خلال (النماذج المركبة) بنسبة 85%. إن النماذج المركبة تضيف بعداً آخر على مفهوم النموذج الذكي، لأنه غالباً ما يتم دمج النماذج المعمارية و الإنشائية و الكهربائية و الميكانيكية و الصحية في نموذج مركب لعرض المشروع كاملاً و من أجل التنسيق بين مختلف الاختصاصات.

ويرى الباحث أن الحاجة للتعاون من أجل تطبيق تقنيات المحاكاة في صناعة البناء هي دون شك من أهم ميزات BIM، حيث أن التعاون المبكر له فوائد كبيرة في عمليات تخطيط و بناء المشروع، لذلك فإن بناء نموذج للمنشأ هو أحد أهم الوسائل التي تضمن تعاوناً عميقاً بين أعضاء الفريق في كل مراحل المشروع.

5-5-8 الإنتاجية المفقودة خلال الفترة الأولى من تطبيق BIM

توصل الإستبيان من خلال آراء المشاركين حول تقييم الإنتاجية المفقودة للمستخدم خلال الفترة الأولى من الإستخدام، الشكل (5-17):



الشكل (5-17) نسب الإنتاجية المفقودة خلال الفترة الأولى من تطبيق BIM

يقدر حوالي 48% من المستخدمين بأن المستخدم سيفقد إنتاجيته بمعدل أقل من 50% خلال الفترة الأولى من الاستخدام (بما يعادل ستة أشهر).

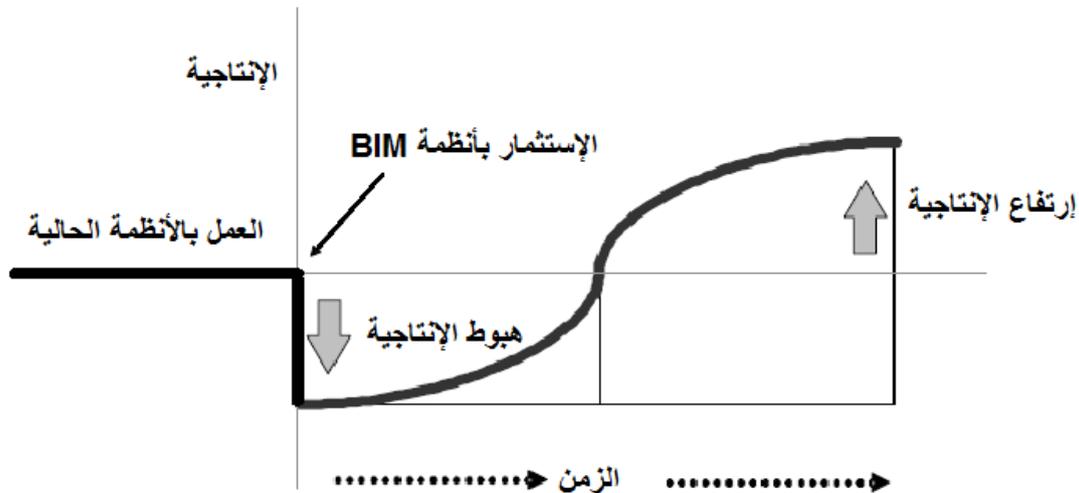
ويدخل تحديد الإنتاجية المفقودة خلال الفترة الأولى من استخدام BIM بحساب العائد على الاستثمار ROI من تطبيق BIM. حيث أن تقييم العائد على الاستثمار من أنظمة BIM يحتاج إلى حساب كلفة الاستثمار في تلك الأنظمة من خلال كلفة المعدات والبرمجيات وتدريب الموارد البشرية. ويتم تحديد العائد على الاستثمار من خلال قسمة صافي الوفورات على كلفة الاستثمار من خلال العلاقة التالية [49]:

$$ROI = \frac{B - (B / (1 + E)) \times (12 - C)}{A + (B \times C \times D)}$$

حيث A: هي كلفة المعدات والتجهيزات Hardware
B: أجور العامل (المستخدم) وتقاس بالأشهر
C: مدة التدريب وتقاس بالأشهر
D: الإنتاجية المفقودة خلال التدريب
E: الإنتاجية المكتسبة بعد التدريب

حيث يعتبر المتغيران E, D هما الأكثر حساسية والذان يصعب التنبؤ بهما.

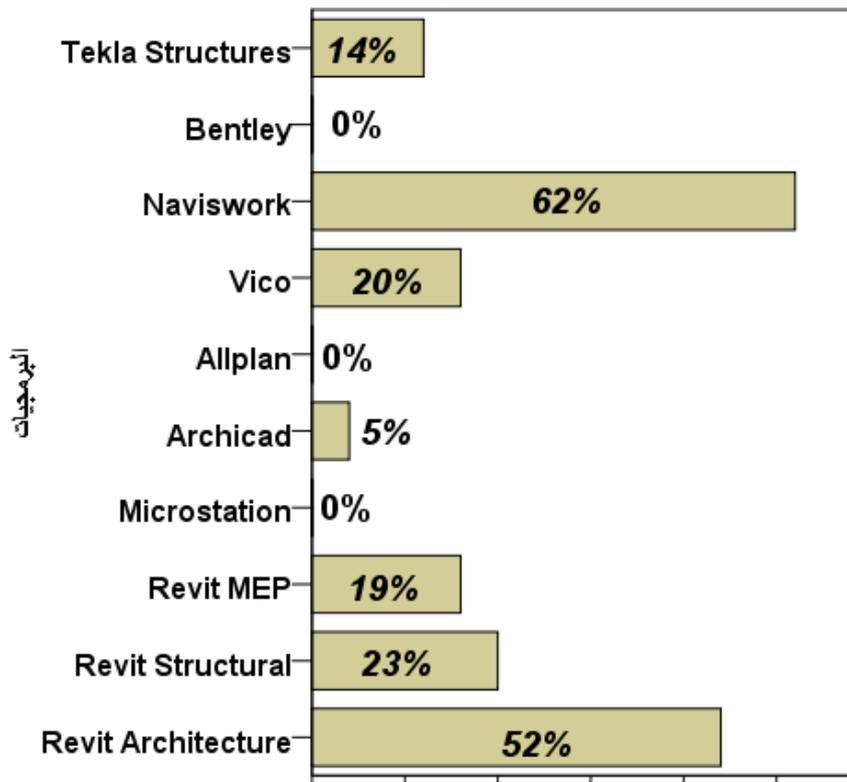
وفي المسح أجرته شركة Autodesk حول تقييم العائد على الاستثمار في الفترة الإنتقالية لاستخدام BIM تبين أن خسارة الإنتاجية يتراوح بين (25% - 50%) خلال الفترة الأولى للاستخدام [3]. ويمكن تمثيل العلاقة بين الزمن ومعدل الإنتاجية بالمخطط التالي:



الشكل (5-18) علاقة إنتاجية المستخدم بتطبيق أنظمة BIM [33] Source

حيث أن الإنتاجية يتم استردادها في فترة قصيرة تتراوح بين الستة أشهر والسنة بالنسبة لأغلب الشركات.
5-5-9 برمجيات BIM الأكثر استخداماً

عند الاستبيان حول أكثر برمجيات BIM استخداماً. كانت النتائج كما يلي: الشكل (5-19)



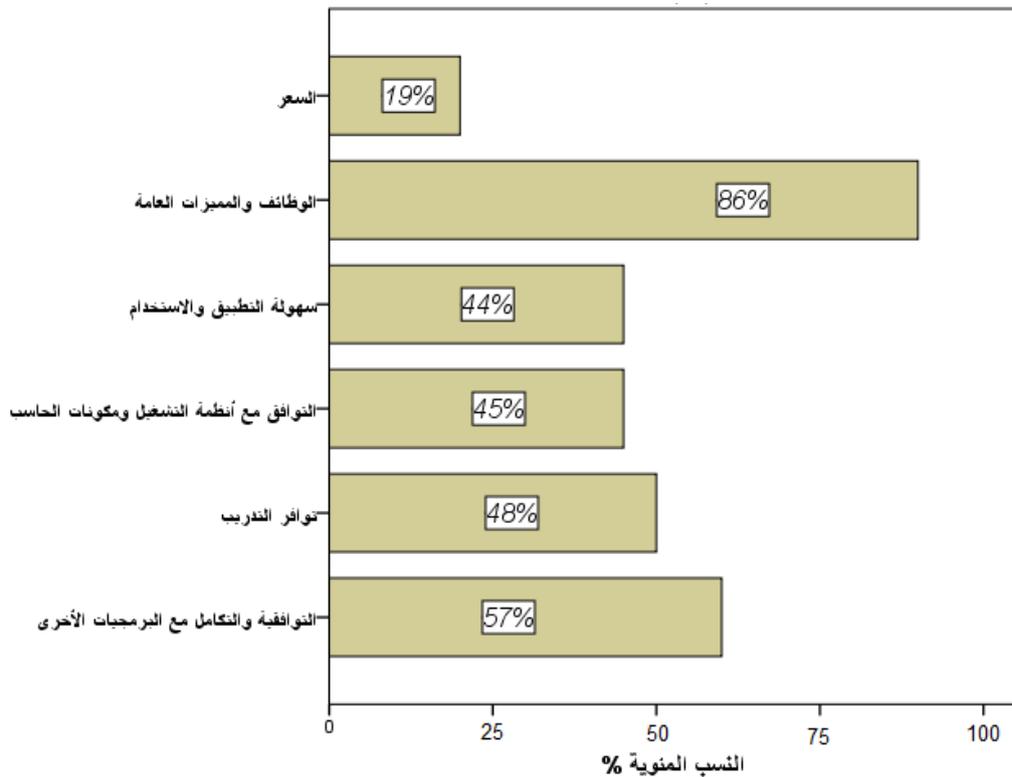
الشكل (5-19) البرمجيات الأكثر استخداماً لأنظمة BIM

نلاحظ من خلال نتائج البحث أن منتجات شركة Autodesk هي الأكثر رواجاً وتتصدر المرتبة الأولى، حيث أن غالبية المستخدمين أتفقوا على أن برنامج Revit بكل تخصصاته (المعماري - الإنشائي - الميكانيكي) هو

الأفضل من ناحية الوظائف والمميزات العامة والتوافقية مع البرمجيات الأخرى والنقطة المهمة أيضاً هي أنه متاح للتدريب الشكل (5-20). وهذه النتيجة منسجمة بالفعل مع سوق العمل حيث أن عدد كبير من الشركات تقدم خدمات التدريب لتقنية BIM لبرمجيات شركة Autodesk.

ومن وجهة نظر الباحث فإن توفر التدريب وإتقان آلية العمل هو من أهم العوامل التي تساهم في اختيار أي من البرمجيات من خلال الخيارات المتعددة المتاحة ، حيث أن الاستطلاع يظهر بأن 48% من الشركات تأخذ توافر التدريب بالاعتبار عند اختيار البرنامج كونه يعتبر من أهم معوقات التطبيق.

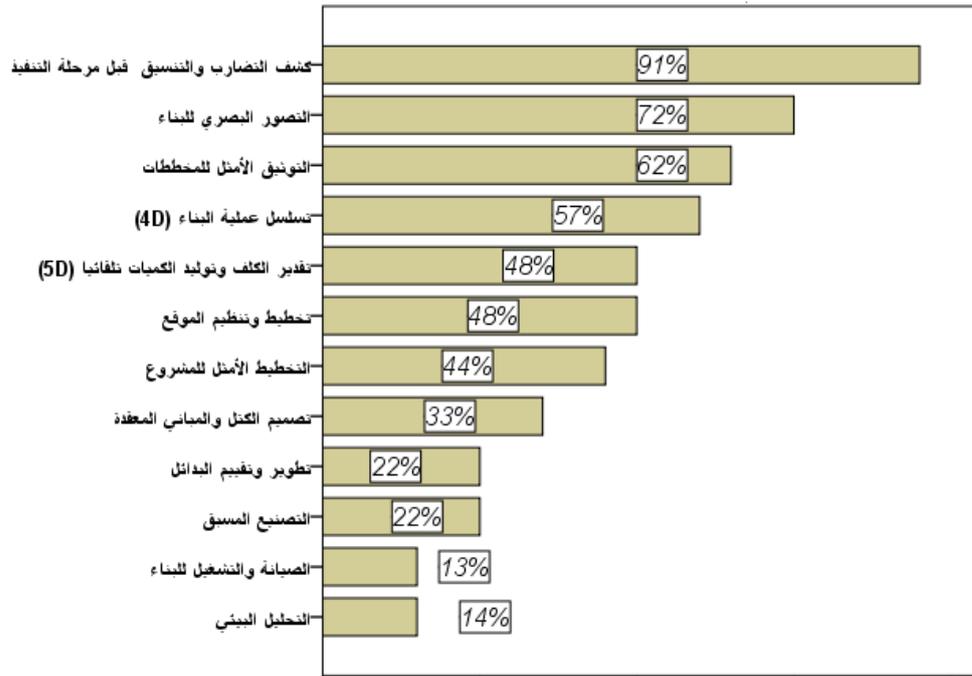
ومع ذلك فإن للخصائص التقنية والمميزات العامة والتوافقية له الوزن الأكبر بالمجمل بقرار اختيار حزمة برمجيات BIM. لما لها أهمية بتحقيق التعاون والتنسيق بين ملفات العمل المنشأة من قبل أطراف المشروع.



الشكل (5-20) عوامل اختيار البرمجيات

5-10 أهم استخدامات أنظمة BIM

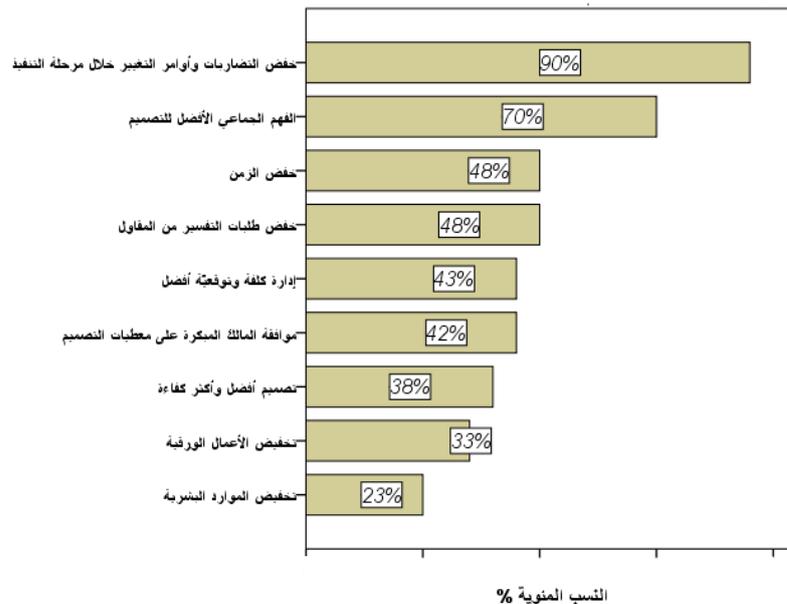
اتفقت معظم آراء المشاركين أن كشف التضاربات والتنسيق تعد من أهم استخدامات BIM بنسبة 91% كما أن التصور البصري للبناء يساهم بشكل كبير بفهم المشروع من قبل كافة الأطراف وخاصة الجهة المالكة. ويعد أمر توثيق المخططات ودقتها أمر مهم وخاصة بالنسبة للمقاولين مما يساهم في تخفيض طلبات الاستفسار من المقاولين، كما أن تسلسل عملية البناء من خلال ربط الجدول الزمني بعناصر البناء أمر بغاية الأهمية لإيضاح التسلسل الزمني للبناء ولفهم تكنولوجيا إنشاء المشروع وذلك بنسبة 57% الشكل (5-21).



النسب المئوية %

الشكل (21-5) أهم استخدامات أنظمة BIM

ونجد أنه باستخدام ميزة زيادة مقدرتنا على تخيل المنشأ ونقل المعلومات المتعلقة به وتقييمه والتنسيق بين الاختصاصات وتقدير حاجتنا للمواد أثناء عملية إدارة مشاريع البناء يساعد نمذجة معلومات البناء في إنقاص التضاريف أثناء التنفيذ وفي الحد من الهدر الشكل (5-22). إضافة إلى أنه مع وجود إمكانات كبيرة للتخيل لدى البعض تساوي صورة واحدة آلاف الكلمات وإذا كانت صورة تساوي آلاف الكلمات فماذا يساوي نموذج ثلاثي الأبعاد أو فيلم يظهر تطور المنشأ مع الزمن، لذلك يساعد النموذج على تصور وفهم المنشأ من خلال المعلومات المحتوية داخله والتي تظهر تفاصيل أكثر مما يمكن للفرد أن يتخيله في عقله.



النسب المئوية %

الشكل (22-5) أهم فوائد أنظمة BIM

نستخلص من الاستبيان أن أهم فوائد BIM هي:

- خفض التضاربات والاختفاء والسهو بالمخططات التنفيذية شكلت 90%
- الفهم الجماعي الأفضل للتصميم شكل 70%
- خفض زمن تنفيذ المبنى وخفض طلبات الاستفسار من المقاول شكل 48%

ولربط فوائد واستخدامات أنظمة BIM على مشاريع فعلية منفذة تم البحث بالمشاريع المنفذة باستخدام أنظمة نمذجة معلومات البناء ومنها مشروع إنشاء جامعة السوربون بإمارة أبو ظبي - الإمارات العربية المتحدة.

وقد تم استخدام نماذج BIM من قبل المقاول الرئيسي في المشروع. مما ساهم في تحقيق توفير ملموس في التكاليف، وفي الوقت نفسه تجنب تكرار العمل وهو الأمر الذي يستغرق وقتاً طويلاً. حيث اعتمد المقاول الرئيسي للمشروع وهو شركة الحبتور على نماذج BIM في موقع العمل للتعامل مع قضايا التنسيق الهامة. وتم الانتهاء من المرحلة الثانية والنهائية من المشروع في أغسطس 2010 وذلك قبل الموعد المحدد.

حيث أنه عندما تم تسليم العناصر الإنشائية الأولى لموقع الحرم الجامعي ، لوحظ أن عناصر الخرسانة مسبقة الصب لم تتماشى مع مكونات الحديد. وتم استخدام برنامج نماذج تخطيط معلومات البناء (BIM) من قبل شركة الحبتور للتحقق من صحة بناء الهياكل. وكان التنسيق بين المقاول الرئيسي والمقاولين الفرعيين للحديد والواجهة يمثل تحدياً تم التغلب عليه بمساعدة نماذج BIM. وقد تم توصيل التغييرات على نماذج التصميم أثناء بنائها للمقاولين الفرعيين لاستيعاب هذه التغييرات في عملية تصنيع الحديد والواجهة. من خلال ذلك، تجنب الفريق المزيد من التضارب والتأخيرات المحتملة في الموقع وسرعة عملية التثبيت.

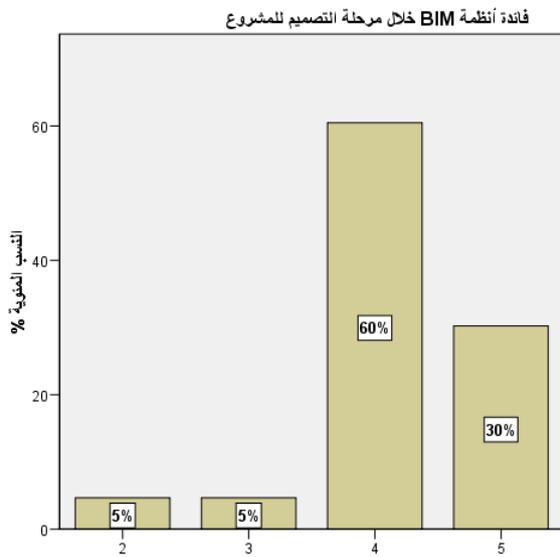
يقول برينكمان المدير التقني في الشركة المنفذة: "ارتفعت الإنتاجية والكفاءة والدقة بشكل كبير منذ بدء استخدام نماذج BIM في مرحلة لاحقة من المشروع."

ويضيف: "وقد انخفضت كمية إعادة العمل في التصميم والتصنيع وتركيب الإطارات الحديدية وعناصر الواجهات بسبب التحقق من صحة تصميم العناصر الهيكلية الرئيسية مثل الأعمدة والدعامات وغيرها. من خلال تطبيق نماذج BIM، أستطيع القول أننا وفرنا ما يقرب من 50 بالمائة من الوقت... لو لم تلك النماذج، كان سيتم تثبيت كل إطار حديدي، ثم قياس اختلافه عن الخرسانة، وإعادته للمصنع لتعديله، قبل أن يعود للموقع مرة أخرى لإعادة التثبيت".

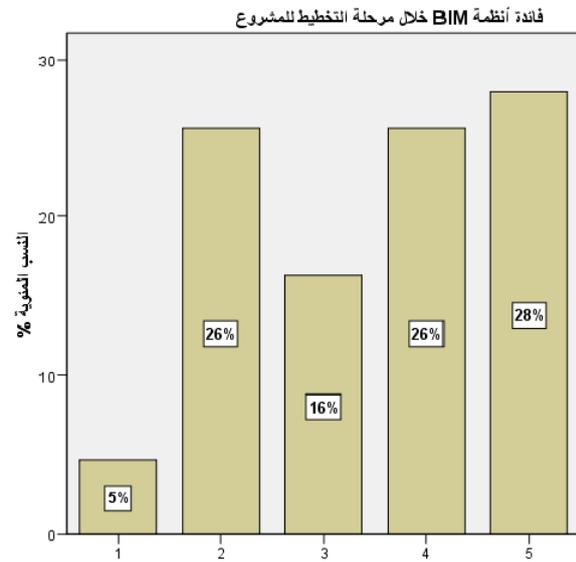
11-5-5 أهمية BIM وفقاً لمراحل المشروع

عند الاستبيان حول أهمية BIM وفقاً لمراحل المشروع، فقد تم ترتيب أهمية كل مرحلة وفقاً لمقياس ليكرت (1 إلى 5) حيث (1 الأقل أهمية - 5 مهم جداً) كما هو مبين الشكل (5-23) - الشكل (5-24) - الشكل (5-25) - الشكل (5-26) . وبأخذ متوسط القيم بكل مرحلة نجد :

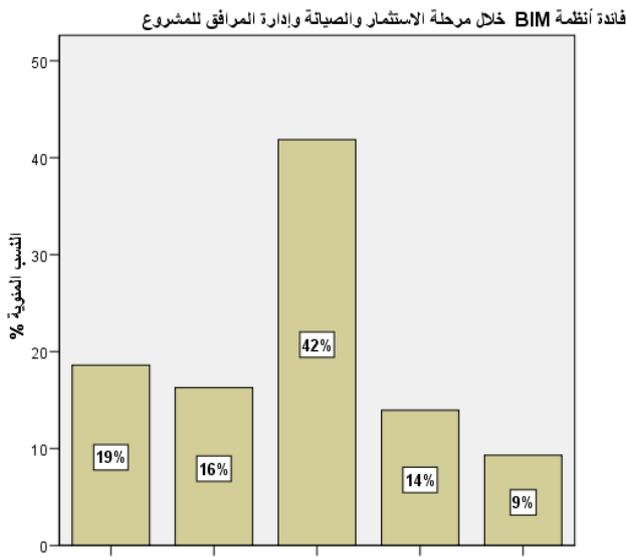
	فائدة أنظمة BIM خلال مرحلة التخطيط للمشروع	فائدة أنظمة BIM خلال مرحلة التصميم للمشروع	فائدة أنظمة BIM خلال مرحلة التنفيذ للمشروع	فائدة أنظمة BIM خلال مرحلة الاستثمار والصيانة وإدارة المرافق للمشروع
المتوسط الحسابي	3.47	4.16	4.65	2.79



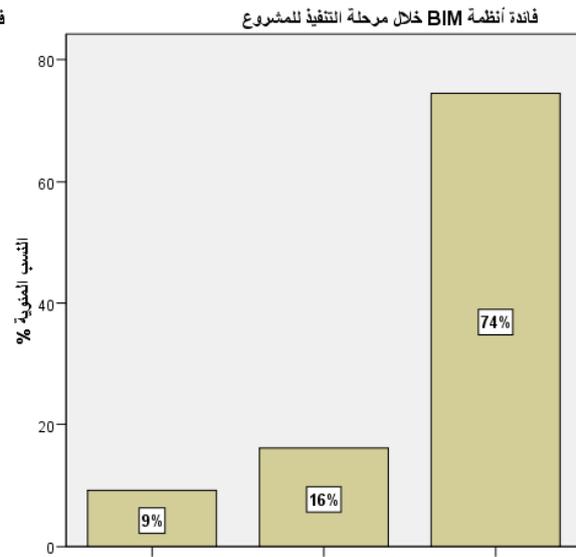
الشكل (5-24) أهمية أنظمة BIM خلال مرحلة التصميم



الشكل (5-23) أهمية أنظمة BIM خلال مرحلة التخطيط



الشكل (5-26) أهمية أنظمة BIM خلال مرحلة الاستثمار

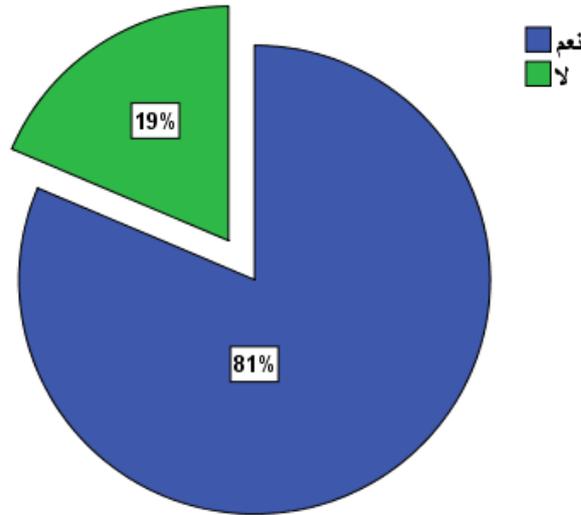


الشكل (5-25) أهمية أنظمة BIM خلال مرحلة التنفيذ

نلاحظ الفائدة الأكبر لأنظمة BIM تظهر جلية بمرحلة التنفيذ تليها مرحلة التصميم لما لها من قدرات على تلافي مشاكل البناء. ونجد أن أنظمة نمذجة معلومات البناء تعتمد اعتماداً كلياً على التكامل والثقة المتبادلة والتعاون المشترك بين جميع أطراف المشروع خلال دورة حياته وإشراك المقاول في مرحلة مبكرة في التصميم من أجل تبادل المعلومات والمخططات والمستندات والكميات المتعلقة بالمشروع وأخذ رأي المقاول المنفذ في التصميم من أجل تجنب أي نزاعات مستقبلية وتحقيق المكسب الأكبر وهو إنهاء المشروع بالتكلفة المطلوبة والوقت المحدد وبأفضل جودة.

5-5-12 ارتباط فائدة BIM بحجم المشروع

أوضحت النتائج أن هناك علاقة طردية بين حجم وتعقيد المشروع والفائدة المكتسبة من استخدام أنظمة BIM بحسب رأي الغالبية بنسبة 81%، على الرغم من ذلك فإن العديد من الشركات تستخدم BIM للمشاريع الصغيرة الشكل (5-27)



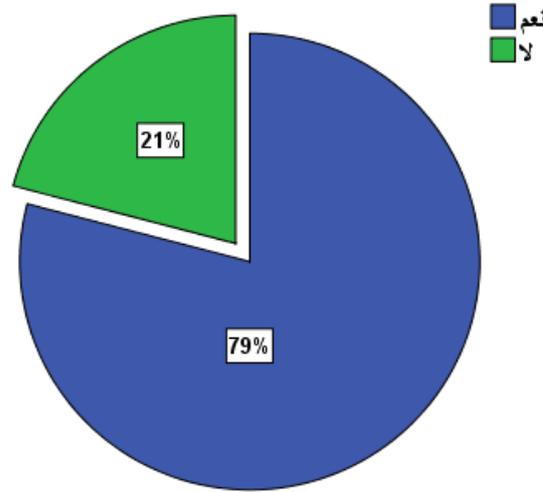
الشكل (5-27) علاقة الفائدة المكتسبة من استخدام BIM بحجم المشروع

حيث أنه لم يتغير جوهر المشاكل التي تعاني منها صناعة البناء منذ القرون الماضية وحتى الآن. لكن الذي تغير هو تزايد تعقيد الأبنية إلى درجة غير مسبوقة، تكلفة وتعقيد مشاريع الأبنية المعاصرة جعلها هاجساً مزعجاً للمالك، وقلة كفاءة صناعة البناء كانت موضوعاً للعديد من الدراسات التي هدفت إلى تقديم اقتراحات لتحسين أداء هذه الصناعة والتي ساهمت بظهور وتطوير أنظمة BIM. حيث أن نظام المخططات ثنائية الأبعاد و المواصفات لا يفي بمتطلبات إنشاء الأبنية المتطورة المعاصرة سيما أن المشاريع الكبيرة والمعقدة عادة ما تتطلب توثيقاً يقوم به فريق كبير من الرسامين ومعدّي المواصفات الذين تقع على عاتقهم مهمة مرهقة وهي نقل تصورات

المصمم على شكل تفاصيل تنفيذيه مفهومه إلى المقاول، و من الواضح أن إعداد الوثائق بهذه الصيغة هو تحد أساسي لمهارات التواصل في الفريق المصمم.

13-5-5 إمكانية استبدال أنظمة BIM بأنظمة CAD

وفي استطلاع الرأي حول الاعتقاد بإمكانية استبدال أنظمة BIM بأنظمة CAD تبين مايلي. الشكل (5-28)



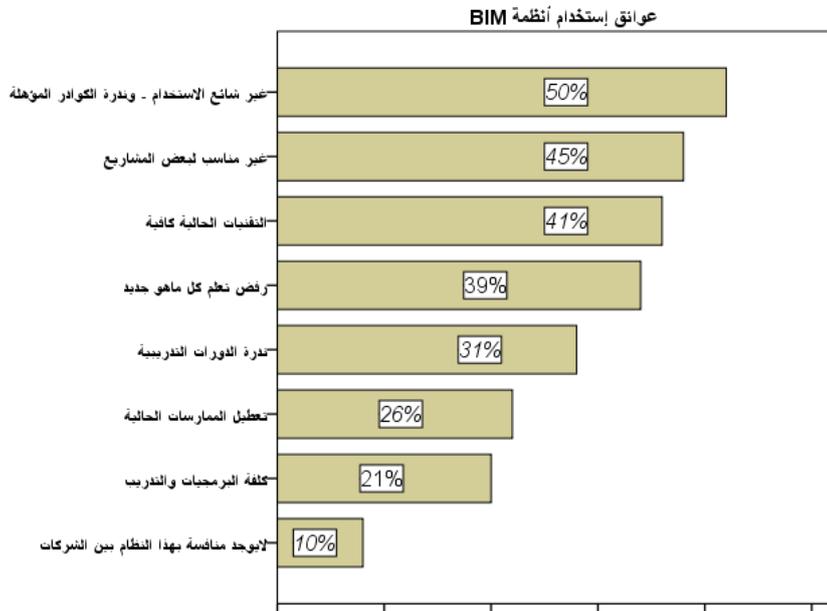
الشكل (5-28) إمكانية استبدال أنظمة BIM بأنظمة CAD

تظهر النتائج ميل المستخدمين لفكرة استبدال BIM ب CAD خلال المستقبل القريب بنسبة موافقة حوالي 79%. ومع ذلك فإنه في المستقبل القريب سيكون هناك تعايش بين BIM وغيرها من برامج CAD حتى تستشعر صناعة البناء والتشييد أن CAD قد عفا عليها الزمن أمام فوائد BIM وستقبل أنظمة BIM على نطاق واسع عند إدراك منافعها كاملة والقدرة على فهمها وإستثمارها جيداً. وستواصل تكنولوجيا BIM بالتطور والنقدم كما هو حال أي تكنولوجيا أخرى لتصبح متوفرة وأكثر ملائمة للمستخدمين.

14-5-5 عوائق استخدام أنظمة BIM

وقد تبين من خلال إجابة المشاركين على السؤال الأخير أن أنظمة BIM غير شائعة بعد، وذلك لعدة أسباب منها ندرة الكوادر المؤهلة للعمل فإن ذلك يعتبر من أهم عوائق تطبيق تلك التقنية بنسبة 50% حيث كشف المسح عن المخاوف السارية بأن نقص توفر العمالة المهرة والتدريب قد يؤديان إلى عرقلة عملية تطبيق نماذج BIM في المستقبل ، إضافة إلى أن المستطلعين أشاروا إلى ان BIM غير مناسب لبعض المشاريع (مشاريع البنية التحتية والمشاريع الصغيرة) كون أسلوب العمل والتطبيق غامض بالنسبة لهذا النوع من المشاريع.

وهناك اعتقاد بأن الممارسات الحالية تفي بالغرض سيما وأنهم بشكل لا إرادي يبدون مقاومة للتغيير حيث أنهم راضون على طرق التصميم التقليدية بنسبة 41% وهم مايزالون بريبة من وظائف ومزايا BIM الشكل (5-29)



الشكل (5-29) عوائق استخدام أنظمة BIM

الأمر المهم الذي ذكرته بعض الشركات بعدم الرضا للعمل والاستثمار في BIM بسبب عدم وجود حالة دراسية كاملة كدليل على الفائدة المالية والتقنية المرجوة من تطبيق BIM لذا فإن هذا الاستثمار بهذا السياق سيكون مرغوباً عندما يتم العمل على دراسة حالة متكاملة للمشاريع .

الخلاصة

بشكل عام كشفت نتائج المسح عن سوق عمل يتميز بالتفاؤل والوعي، ولكنه لا يمتلك خبرة بنماذج BIM ، كما أن المخاوف بشأن الحاجة إلى التدريب وإيجاد العمالة الماهرة واضحة، وتوجد دعوات كثيرة للهيئات الصناعية وصناع القرار بسد هذه الفجوة ودفع الصناعة للأمام.

إن المنطقة تقف الآن في مرحلة التطبيق الأولي لنماذج BIM ، مقارنة بصناعة الإنشاءات في الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا. ولكن هناك اهتمام جيد ووعي في المنطقة بالتعرف على تلك الأنظمة وتطبيقها. هذا الاهتمام والوعي يعوقه نقص المعلومات الصحيحة، والتدريب، وتسريع الخطوات، وتوفير الدعم اللازم.

يبدو أن كثير من المهتمين بالصناعة في انتظار نقطة الصفر لدفعهم إلى تطبيق أنظمة BIM. وإذا كانت الصناعة جادة بشأن تطبيق نماذج BIM ، فإن القوة الدافعة يجب أن تأتي من أعلى إلى أسفل. فالحكومات، والهيئات التنظيمية يستطيعون دفع عملية تطبيق تلك النماذج من خلال دمج متطلبات BIM في وثائق المناقصات، ومستندات التأهل لها.

الفصل السادس

النتائج والتوصيات المستقبلية

يلخص هذا الفصل نتائج البحث والتي تبحث في أهمية استخدام أنظمة BIM لرفع كفاءة مرحلة التنفيذ. وفيما يلي مناقشة وجيزة للفصول العملية لهذا البحث وتلخيص لنتائجه. وتزويد بعض المقترحات من الباحث للتوجهات المستقبلية في مجال البحث باستخدام أنظمة BIM في صناعة البناء. حيث أن التطورات الملحوظة في أنظمة BIM تحمل الكثير من الوعود للتصدي لتحديات صناعة البناء من خلال السماح لفريق المشروع باختبار النموذج الإلكتروني للمبنى قبل تنفيذه. حيث أن المشاريع التي نفذت بنجاح باستخدام أنظمة BIM حملت الكثير من الفوائد ومنها جودة التصميم وتحسين إنتاجية موقع البناء والتنبؤ والتحكم الأمثل بالكلف وتخفيض التضاربات ورفع كفاءة إدارة التغييرات وتخفيض إعادة العمل الناجم عن التغييرات وبالمجمل فإن تلك التغييرات تؤدي إلى تخفيض كلفة وزمن المشروع وتحسين جودته.

وقد ارتكز الاهتمام الأكبر للأبحاث المتعلقة بأنظمة BIM على مرحلة ما قبل التنفيذ. لذا فإن الهدف من هذا البحث هو دراسة أثر استخدام أنظمة BIM على مرحلة التنفيذ من خلال الإمكانيات المتاحة لتطبيقات BIM في تخفيض أوامر التغيير الناجمة عن الأخطاء والسهو وتلافي نقص المعلومات اللازمة لعملية التنفيذ ورفع كفاءة عملية تقدير الكلف. وقد تم العمل باستخدام حالة دراسية (مبنى سكن الأطباء والممرضات - جامعة حلب) لتحقيق الهدف من البحث. إضافة إلى البحث بمدى انتشار استخدام أنظمة BIM خلال مرحلتي التصميم والتنفيذ بين مختلف أطراف المشروع واستقراء ذلك من خلال مشاركة رأي مستخدمي أنظمة BIM على مشاريع فعلية منجزة.

وتقترح هذه الدراسة استخدام أنظمة BIM لتحسين عملية التنفيذ. وتسمح لفريق التصميم استثمار الزمن متاح للابتكار والإبداع من خلال تخفيض زمن تنسيق المخططات بالتخصص الواحد وبين التخصصات المختلفة، الأمر غير الكفاء بالأنظمة الحالية المتبعة. إضافة لتوفير بيئة افتراضية للمالك تمكنه من التجوال في المبنى ومعاينة عناصره والأنظمة اللونية له. وتجعل إمكانية توفير بدائل مختلفة متاحة ومرتبطة مباشرة بتأثيرها على الكلفة.

6-1 أثر تطبيق أنظمة BIM على تخفيض أوامر التغيير واستفسارات الجهة المنفذة

قام الباحث بدراسة إمكانية استخدام أنظمة BIM من خلال النماذج البارامترية في تخفيض أوامر التغيير الناجمة عن الأخطاء والسهو وضعف التصور وتخفيض استفسارات الجهة المنفذة.

وقد استخدم الباحث عدة أدوات ومفاهيم لتطوير البحث. تتمثل بالمراجعة العلمية للكتب والأبحاث المتعلقة بالبحث واستعراض لنماذج تبادل المعلومات خلال عملية التصميم كما قدمت الحالة الدراسية كوسيلة لمقارنة النهج التقليدي للعمل مع استخدام النموذج البارامترية بعناصره الذكية ضمن بيئة إلكترونية افتراضية محاكية للواقع.

وقد وجد الباحث أن أوامر التغيير واستفسارات الجهة المنفذة تنجم غالباً خلال مرحلة التصميم وذلك بسبب ضعف التنسيق والتواصل بين الأطراف المشاركة بعملية التصميم. وهذا الضعف في التنسيق يعود لسببين أساسيين هما:

- طريقة تبادل ونقل المعلومات بمرحلة التصميم.
- التكنولوجيا المستخدمة بإنجاز المخططات. والتي تكون مثالية عندما تضمن التعاون الفعال لنقل المعلومات بين فريق العمل بالمشروع.

إن التقنيات الحالية التقليدية لا تلبي الاحتياجات المطلوبة كأدوات فعالة لعملية التصميم. ويعود ذلك لمبدأ عمل تلك الأدوات القائم على الكيانات المستقلة وإنشاء التمثيلات المتعددة للتصميم الواحد. حيث أن عملية إدارة التغييرات يجب أن تتم بيئة تشاركية وتفاعلية. لذا فإن النهج القائم على قاعدة بيانات مركزية متضمنة كافة معلومات المشروع يوفر وسيلة لتحسين الكفاءة لجميع مراحل المشروع من خلال الإدارة الأمثل لمعلومات المشروع.

إن إدارة سير العمل خلال مرحلة التصميم وطريقة تبادل المعلومات والتكنولوجيا المستخدمة هو سر نجاح أي تغييرات بالتصميم وبالتالي نجاح المشروع ككل. وبإغفال الإدارة السليمة سيؤدي ذلك إلى تقديم تنازلات من أطراف المشروع وعدم الحصول على النتائج المرضية. وقد توصل الباحث إلى أن أنظمة نمذجة معلومات البناء تضمن الإدارة الأفضل لتغييرات البناء.

لذا فإن أحد أهداف هذه الدراسة كان قياس أثر استفسارات الجهة المنفذة وأوامر التغيير الناجمة عن الأخطاء والسهو وضعف التصور على كلفة وزمن المشروع، وقد تم قياس ذلك الأثر كمياً من خلال حالة دراسية معتمدة في البحث (مبنى سكن الأطباء والممرضات - جامعة حلب). وتوصل الباحث إلى أن معالجة استفسارات المقاول وأوامر التغيير الناجمة عن الأخطاء والسهو وضعف التصور قبل الوصول لمرحلة التنفيذ والإدارة الآلية للتغييرات خلال مرحلة التنفيذ من شأنه رفع كفاءة العمل من خلال تلافي زيادة في زمن المشروع المذكور بنسبة 48% وتلافي زيادة في الكلفة بلغت حوالي 3% من كلفة المشروع، وهذا يتوافق مع الإحصائيات والأبحاث العالمية (نسبة أوامر التغيير الناجمة عن الأخطاء والسهو حوالي 3% - 10% من الكلفة الكلية للمشروع). وعلى الرغم من ذلك نجد أن نسبة الوفر من الكلفة كان قليل نسبياً، ويعزى ذلك إلى أنه لم يتم تنفيذ الأعمال الميكانيكية الأساسية بعد والتي تعتبر المسبب الأكبر للتضاربات بمرحلة التنفيذ وبالتالي يظهر أثرها جلياً على أوامر التغيير.

وقد توصل الباحث إلى الطرق الأمثل لضمان التعاون والتنسيق والتواصل بين أطراف المشروع بتخصصاته المختلفة من خلال تطبيق أنظمة نمذجة معلومات البناء والتي تعتبر قاعدة البيانات المركزية التي تحتوي على معلومات المشروع. ويتم ذلك من خلال برمجيات أنظمة BIM التي تقوم على مبدأ المحاكاة المكانية والزمنية لجميع مكونات المبنى وتضمن ترابط عناصره بالشكل الأمثل من خلال إمكانياتها البارامترية وقدرتها على كشف التضاربات المحتملة الحدوث.

6-2 أثر تطبيق أنظمة BIM على تقدير كلف البناء

إن الحصول على كلف تقديرية دقيقة يتطلب الحصول على كميات دقيقة لعناصر البناء. لذا قام الباحث بتقييم طرق حساب الكميات من خلال مقارنة الطرق التقليدية المعتمدة على المخططات ثنائية الأبعاد وبين الطرق الذكية المعتمدة على نماذج أنظمة BIM. وتمت المقارنة باستخدام اثنين من أشهر البرمجيات الشائعة الاستخدام لحساب الكميات، أولها برنامج Microsoft Excel حيث أنه اعتمد لحساب كميات مبنى سكن الأقطاب والمرضات. البرنامج الثاني الذي استخدمه الباحث والذي يصنف ضمن برمجيات BIM هو برنامج Revit لما له شهرة كبيرة بالاستخدام من بين برمجيات أنظمة BIM. وقد تمت مقارنة ثلاثة عناصر رئيسية بالبناء وهي الجدران القصية والأساسات والقواطع المعمارية. وقد طور الباحث عدة معايير للمقارنة وتقييم البرمجيات المعتمدة بناءً على متطلبات المستخدم. شملت تلك المعايير توفر المعلومات لشتى الاحتياجات المطلوبة لعملية حساب الكميات، والدقة وإمكانية التعديل على الكميات المحسوبة، وإمكانية التصنيف أو التجميع وفقاً لمقياس محدد، ودراسة إمكانية التحقق البصري من مكونات المبنى المحسوب كمياته، وأخيراً البحث بإمكانية كل برنامج بإنتاج التقارير النهائية لكميات عناصر البناء.

توصل الباحث إلى أن هناك مزايا وقيود لكل برنامج بعملية حساب كميات البناء، فبرنامج Excel القائم على الاستخراج اليدوي للكميات سواءً من المخططات الإلكترونية أو الورقية يتسم باستهلاك جزء كبير من الوقت وعرضة للخطأ والسهو البشري. على سبيل المثال العمل على مخططات غير مضبوطة المقياس بشكل صحيح أو السهو عن حسم بعض الفتحات أو تكرارها أو الخطأ بحساب ارتفاعات الجدران لعدم توفر التصور الصحيح لها وغيرها من الأخطاء التي يمكن أن تؤثر على دقة الكميات المحسوبة وبالتالي على كلف البناء. كما أن التعامل مع التغييرات في البناء والمخططات وانعكاس ذلك على الكميات المحسوبة من شأنه أن يؤثر على دقتها سيما أنه يتم بشكل يدوي متكرر. كما أن تصنيف كميات عناصر البناء وتجميعها وفق معيار محدد أمر مهم بعملية تقدير الكلف والذي يتم غالباً بالطرق التقليدية قبل البدء بحساب الكميات حسب معيار أو أكثر يحدده المستخدم مما يجعل من الصعب التغيير لمعيار آخر بعد القيام بحساب الكميات. إضافة لعدم وجود رابط بين المخططات والكميات المحسوبة الأمر الذي يجعل عملية التحقق البصري غير ممكنة بالطرق التقليدية.

أما باستخدام برمجيات أنظمة BIM فيتم استخراج الكميات آلياً بمجرد نمذجة المبنى , الأمر الذي يحمل المصمم مسؤولية النمذجة الصحيحة للحصول على كميات صحيحة. ويتميز برنامج Revit بالقدرة على تجميع وفرز وتصفية كميات عناصر البناء حسب أي معيار يحدده المستخدم وبأي وقت. مع العلم بأن هناك بعض عناصر البناء لا يمكن إظهار بعض خصائصها أو تجميع كمياتها وفقاً لبعض المعايير , على سبيل المثال عند حساب كميات الجدران فالبرنامج غير قادر على فرز الكميات وفقاً للمناسيب الذي يعتبر أحد المعايير الهامة لتصنيف الكميات, الأمر الذي يؤكد ضرورة الربط مع أدوات مضافة للبرنامج (مثل الأدوات Tocoman – Sky BIM) والتي تقوم بتجميع عناصر البناء وفقاً للمنسوب. كما يمكننا من خلال برنامج Revit التحقق البصري من مكونات المبنى المحسوب كمياتها من خلال توفر الربط الآلي المباشر بين الكميات والعناصر مما يوفر الإدارة الأمثل للتغيرات في البناء ويساهم في توفير كلف فورية للبدائل المقترحة بمرحلة التصميم.

وقد وجد الباحث أن نماذج BIM هي الأفضل والأدق لحساب الكميات وإن استخدمت برمجيات مطورة للتعامل مع المخططات ثنائية الأبعاد مثل (On-Screen Takeoff – Autodesk Quantity Takeoff). حيث أنها توفر كميات أكثر كفاءة ودقة من البرمجيات التقليدية الحالية. ومع ذلك فمن الملاحظ أنه عند تقييم كفاءة البرنامج من حيث الجهد المبذول نجد أن مستوى الجهد أكبر, وبحاجة لخبرة وتدريب للوصول إلى النمذجة الصحيحة للعناصر مقارنة بالبرمجيات القائمة على المخططات ثنائية الأبعاد التي ينصب الجهد الرئيسي فيها بالمقام الأول بمرحلة حساب الكميات.

6-3 تقييم مدى استخدام أنظمة BIM في مرحلتي التصميم والتشييد

أجرى الباحث مسح هدفه الاستبيان حول مدى استخدام أنظمة BIM بالمشاريع الهندسية. وذلك كخطوة داعمة للسعي وراء المعلومات الفعلية لحلول استخدام أنظمة BIM. وقدم البحث ردود فعل العاملين في صناعة البناء محلياً وعربياً. وبالتالي تم الربط بين المعلومات البحثية والتجارب العملية لاستخدام تلك الأنظمة. وكان معدل الاستجابة 55 مستجيب, وقد تم التحليل الإحصائي للبيانات المجمعة باستخدام برنامج التحليل الإحصائي SPSS. وكشفت النتائج عن البدء بخطوات حقيقية لاعتماد أنظمة BIM ولكن مازالت الخبرة مطلوبة وغير متوفرة بعد. ومن أهم أسباب الرغبة باعتماد أنظمة BIM كانت لتخفيض وقت المسودات وإطالة وقت التصميم وتحسين التواصل بين أطراف المشروع بنسبة 56%, الأمر الذي تفتقر إليه الأنظمة الحالية لعدم توفر آلية تضمن ترابط معلومات المشروع. وكان هناك تخوف واضح من تطبيق BIM بسبب الحاجة إلى التدريب والخبرات التقنية بنسبة 50%, وقد وجد الباحث أن الكلف الناجمة عن تطبيق أنظمة BIM تعتبر من المعوقات الأساسية متضمنة كلف المعدات والتجهيزات والكلف الناجمة عن التدريب إضافة إلى الإنتاجية المفقودة خلال الفترة الأولى من التدريب, حيث أجمع 48% من المستجيبين على أن المستخدم سيفقد إنتاجيته بمعدل 50%

خلال الفترة الأولى من التدريب, مع العلم بأنه يتم استردادها خلال فترة قصيرة تتراوح بين الست أشهر والسنة. وتبين من خلال تجربة الشركات باستخدام أنظمة BIM بأنه أهم ميزات BIM التي ترغب الشركة بها هي النمذجة ثلاثية الأبعاد بنسبة 95%, إضافة للتعاون والتنسيق والمحاكاة المكانية بنسبة 85%. كما وجد الباحث بأن الشركات تعتمد باختيار حزم برمجيات BIM بالمرتبة الأولى على الوظائف والمميزات العامة بنسبة 86% ويتوافر التدريب الذي يشكل عدم توافره عائق لاستخدام BIM. كما بينت النتائج أن عملية كشف التضاربات والتنسيق قبل مرحلة التنفيذ هي من أهم استخدامات وفوائد أنظمة BIM بنسبة 91%. الأمر الذي يتوافق مع العمل البحثي بهذا البحث من خلال قياس مدى الوفرة في الوقت والكلفة الناجم عن التضاربات بعناصر البناء وذلك قبل الوصول لمرحلة التنفيذ

4-6 التوصيات المستقبلية

يقترح الباحث مجموعة من التوصيات تتضمن:

- 1- البحث بمدى كفاءة استخدام أنظمة BIM على المشاريع الصغيرة والمتوسطة من خلال المقارنة بين كلف وأزمنة المشاريع بالطرق الحالية والطرق الذكية, إضافة للكلفة الناجمة عن تطبيق التقنيات الحديثة وأثرها على العائد على الاستثمار.
- 2- البحث بالإستراتيجية الأمثل لتطبيق أنظمة BIM بما يتوافق مع الأنظمة والتشريعات والقوانين المعتمدة. ويتسلسل عمل يضمن الاستخدام الأمثل لتلك الأنظمة خلال دورة حياة المشروع.
- 3- البحث بأثر انواع العقود الهندسية وطرق تسليم المشاريع الأكثر توافقية مع أنظمة BIM والتي نذكر منها (Design Build – Design Bid Build – Construction Management at Risk– Integration Project Delivery IPD)
- 4- دراسة أثر استخدام أنظمة BIM على مرحلة الاستثمار والصيانة للمبنى وإدارة المرافق والفوائد العائدة على المالك من خلال النموذج سداسي الأبعاد (6D model).
- 5- البحث في الطرق الصحيحة في النمذجة للحصول على الكميات الصحيحة والبحث بمكونات أخرى للمبنى لتعزيز فهم متطلبات البرمجيات لحساب كميات عناصر البناء.
- 6- تطوير العمل ببرمجيات متطورة أكثر للتعامل مع المخططات ثنائية الأبعاد للحصول على كفاءة أكبر بالعمل (مثل برامج U QTO– AutoQTY – CostX – Win QS – Autodesk Quantity Takeoff – On-ScreenTakeoff).

7- البحث في تقييم برمجيات حساب الكميات وذلك خلال الربط مع برمجيات تقدير الكلف. الأمر الذي سيحد من الاختلاف بين المقاولين عند تقديم العروض كون المعلومات المنمذجة المتاحة ستوصل نية التصميم بشكل أفضل وستقلل من حالات سوء الفهم للمخططات والمشروع ككل.

8- تكريس جزء من مخططات الشركة المالية لعقد برامج تأهيلية وتدريبية للكفاءات القادرة على تطبيق هذه المنهجية.

9- إن معظم عينة البحث كانت من خارج القطر السوري (أكثر من 80%) حيث أن معظم المستجيبين داخل القطر السوري لم تكن عندهم دراية بأنظمة BIM أو هم من الذين لم يستخدموه على مشاريع فعلية بعد والتي تعتبر من أهم معوقات البحث. لذا يقترح الباحث تعزيز ثقافة التغيير إلى تقنيات BIM التي أثبتت فاعليتها وكفاءتها كما هو حال النقلة النوعية من الرسم باليد إلى التصميم بمساعدة الحاسب. ولضمان الانتقال الناجح من أنظمة CAD إلى أنظمة BIM يقترح الباحث مجموعة من المقترحات تتلخص بما يلي:

a. البحث في حزم برمجيات BIM واستقراء الآراء حولها واختيار الحزم التي تتناسب مع طبيعة العمل والمشاريع التي ستنفذ.

b. العمل ضمن فريق عمل يشمل كافة التخصصات وإشراك المالك والمتعهد بالمشروع وبالمرحلة الأولى منه وتعريف فريق العمل بمسؤوليات كل منهم.

c. يجب عدم ترك الإدارة بتلك النظم لل IT Manager, حيث أن أنظمة BIM هي فكر سيستمر لسنوات طويلة لذا يجب عدم تحميل المسؤولية لمدير الشبكات بالشركة وإنما يجب تحديد مسؤول خبير بأنظمة BIM ويتمتع بمجموعة من المهارات الإدارية .

d. عقد اجتماعات دورية والتي تعتبر أساس بتطبيق أنظمة BIM, وذلك لمناقشة مجريات العمل والمشاكل الحاصلة أثناء مرحلة التصميم.

e. البدء بمشروع تجريبي غير مرتبط بزمان محدد وذلك لتلافي كل المشاكل التي يمكن أن تحدث أثناء العمل على مشروع حقيقي مقيد ببداية ونهاية محددتان.

f. يجب أن يعتمد التدريب على خطة محددة من حيث البرامج المختارة والتزامن بين التدريب والتطبيق الفعلي.

g. تحديد الناتج النهائي المطلوب Start with the end mind: أي يجب أن نحدد من البداية ما هو مطلوب من مخرجات نهائية (الكميات وتقدير الكلف - النموذج ثلاثي الأبعاد - كشف التضاربات - تخطيط الموقع ...) والتخطيط الأمثل لكل مراحل المشروع والاستغلال الأمثل للموارد المتاحة.

ويوصي الباحث بإجراء استبيانات تشمل عينة بحث أكبر بغية تعميم النتائج حول استخدام أنظمة BIM بمراحل سير المشروع وإجراء اختبارات تباين ذات دلالة بين المشاركين بالاستبيان.

10- لا يوجد وثيقة معتمدة عن كيفية التطبيق والاستخدام لأنظمة BIM لذا يجب توحيد نظام العمل بين الشركات الهندسية من خلال حاجة تعريف مقاييس استخدام موحدة ومعتمدة لأنظمة BIM فالشركات التي تطبق أنظمة BIM ولا تستخدم العملية ككل لن تكون مجدية كما المتوقع في حال أغفلت أي مرحلة من المراحل. ويتم ذلك بمساعدة المنظمات العالمية والجهات الأكاديمية في تحديد هذه الخطوات بشكل دقيق.

11- يتعين على الجهات المسؤولة في القطر تشجيع الصناعة على تطبيق أنظمة BIM من خلال جعلها إجبارية على مشاريعهم ووضع معايير تتناسب مع القوانين والتشريعات، وإلا ستكون الخطوات بالتطبيق بطيئة مقارنة بالدول الأخرى. ويتم ذلك بدايةً بالتشجيع على التطبيق من خلال الميزات الممنوحة للشركات التي تلتزم بالعمل في أنظمة BIM بمشاريعها كتخفيض الرسوم أو زيادة المساحات المبنية المسموحة.

12- وجد الباحث أن آلية العمل ضمن Work sharing تسمح لأعضاء الفريق بالوصول إلى نموذج واحد مشترك في وقت واحد من خلال النموذج المركزي الذي يتميز بأنه أكثر تعاونية وإجراء التحديث الآتي للمشروع النمذج من قبل كل الأطراف. ولكن من عيوب تلك الطريقة هي كبر أحجام الملفات والحاجة إلى أجهزة حديثة و Server مركزي للعمل إضافة إلى أنها تتطلب إدارة واعية جداً لمفهوم Workset من الأعضاء. لذا ينصح الباحث بعدم استخدام تلك الطريقة إلا بعد التمكن منها والتحقق من التجهيزات المناسبة والإدارة الكفوء لها.

13- إن عدم وجود حالة دراسية كاملة كدليل على الفائدة المالية والتقنية المرجوة من تطبيق BIM يعتبر من أحد معوقات البحث، لذا يوصي الباحث بأن الاستثمار بهذا السياق سيكون مرغوباً عندما يتم العمل على دراسة حالة متكاملة للمشاريع ومطبق عليها أنظمة BIM.

14- إجراء دراسة للإنتاجية المفقودة خلال الفترة الأولى من استخدام أنظمة BIM وحساب العائد على الاستثمار ROI من تطبيق BIM، ويتم ذلك من خلال حساب كلفة الاستثمار في تلك الأنظمة من خلال كلف المعدات والبرمجيات والتدريب ومن ثم حساب الوفورات الناجمة عن تطبيق أنظمة BIM من خلال توفير الزمن والكلفة وتحسين الجودة والإنتاجية.

15- دمج مفاهيم أنظمة BIM في برامج التعليم في الجامعات وورشات العمل مما يضمن دخول أشخاص جدد في سوق العمل في المستقبل تتمتع بالمهارات المطلوبة وتغطي النقص بالمهارات.

المراجع المعتمدة

- 1- Thomas H., Yiakoumis I., (1987) – Factor Model of Construction Productivity, Journal of Construction Engineering and Management, 113(4), 623–639.
- 2- JIANG X., 2011 – Developments in Cost Estimating and Scheduling in BIM technology, Master’s Thesis, Civil & Environmental Engineering, Northeastern University, Boston, Massachusetts.
- 3- Samphaongoen P., 2010 – A Visual Approach to Construction Cost Estimating, Master’s Thesis, Marquette University, Milwaukee, Wisconsin.
- 4- SUERMANN P., 2009 – EVALUATING THE IMPACT OF BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) ON CONSTRUCTION, DOCTOR OF PHILOSOPHY Thesis, UNIVERSITY OF FLORIDA, USA
- 5- EDDE N., 2011 – Mastering Autodesk Revit 2011. In: KRYGIEL E., READ P., VANDEZANDE J., ST., Wiley Publishing, United States of America.
- 6- Eastman, C., P. Teicholz, et al. (2011). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. Hoboken, New Jersey, Wiley.
- 7- DINESEN E., THOMPSON., 2010 – Constructing the business case Building information modelling., ST., British Standards Institution, UK.
- 8- D.Harris, David.A (2007), “National Building Information Modeling Standard“ National Institute of Building Sciences, USA.
- 9- Graphisoft and open BIM
http://www.graphisoft.com/archicad/open_bim/about_bim/
- 10- Arino J., Murga G., Campo R., Elexigerra I., Ampuero P., 2012 – Building information models for astronomy projects, Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering.
- 11- Chavada R., Dawood N., Kassem M., 2012 – Construction workspace management: The development and application of a novel nD planning

- approach and tool, Electronic, Journal of Information Technology in Construction, 1(17), 213–238.
- 12– KNIBBE W., 2009 – BIM and Construction Management. In:BRAD H., 1st., Wiley Publishing, Inc., Indianapolis, Indiana.
- 13– Songer., Anthony D., Molenaar, Keith R., Graham D. (1997). Selection Factors and Success Criteria for Design–Build in the US and UK, University of Colorado, Boulder, Colorado.
- 14– Koskela, Lauri (2000). An Exploration towards a Production Theory and its Application to Construction. PhD thesis, Helsinki University of Technology, Helsinki, Finland.
- 15– KANER I; SACKS R; KASSIAN W; QUITT T (2008). Case Studies of BIM Adoption for Precast Concrete Design by Mid–Sized Structural Engineering Firms. ITcon, 13.
- 16– WIBLE., ROBERT C., (2009). Making Project Regulatory Ready. ENR.com (Engineering News–Record), The McGraw–Hill Companies, Inc., New York, NY.
- 17– Bentley Systems, Inc. (2008). “The Year in Infrastructure, 2008.” <www.bentley.com/YearInInfrastructure> (July 8, 2009).
- 18– Smith., Dana K., Tardif M (2009). Building Information Modeling: A Strategic Implementation Guide for Architects, Engineers, Constructors, and Real Estate Managers, John Wiley & Sons, New Jersey.
- 19– Carbasho, Tracy (2008). “Building Information Modeling Drives Lean Construction Management.” Tradeline.
- 20– MESSNER J., ANUMBA C., DUBLER C., GOODMAN S., KASPRZAK C., KRIEDER R., LEICHT R., SALUJA C., ZIKIC N. (2011). BIM Project Execution Planning Guide. Version 2.1., May, The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA.

- 21– Shourangiz E., Mohamad M., Hassanabadi M., Banihashemi S., Bakhtiari M., Torabi M. 2011– Flexibility of BIM towards Design Change, 2nd International Conference on Construction and Project Management, Singapore.
- 22– Kymmell, Willem (2010)– Building Information Modeling: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations, McGraw–Hill Companies, Inc., Berkshire, UK.
- 23– BILAL S., WILLY S., ANTHONY W (2012)– Measuring BIM performance: Five metrics, Architectural Engineering and Design Management 8 (2). P120–142.
- 24– Arayici, Y., Coates, P., Koskela, L., Kagioglou, M., Usher, C. and O'Reilly, K.(2011). “Technology adoption in the BIM implementation for lean architecturalpractice.” Automation in Construction, 20(2), 189–19.
- 25– IFCwiki. (2009). “IFC–certified software.”http://www.ifcwiki.org/index.php/IFC_Certified_Software.
- 26– Refsnes Data. (2009). “XML Introduction: What is XML?”http://www.w3schools.com/xml/xml_what.asp.
- 27– Cox, R.F., Issa, R.R.A., and Ahrens, D. (2003). “Management's Perception of Key Performance Indicators for Construction.” J. Constr. Engrg. And Mgmt., 129(2), 142–151.
- 28– Heldman, Carl (2010). “Cost Estimating.” Build Your Own House, <<http://www.byoh.com/costestimating.htm>> (June, 2010).
- 29– Oglesby, Clarkson; Parker, Henry; and Howell, Gregory (1990). Productivity Improvement in Construction, McGraw–Hill Publishing Company, New York, NY.
- 30– Bernstein, Phillip G, Pittman, Jon H. (2004). “Barriers to the Adoption of Building Information Modeling in the Building Industry.” Autodesk Building Solutions, White Paper.

- 31– Zeiger, Mimi (2008). “Technology: BIM Streamlines, and Blurs Lines.”
Architect Magazine,
<<http://files.harc.edu/Sites/GulfCoastCHP/Publications/CitiesRequiringLEEDList.pdf>> (July, 2009).
- 32– Autodesk, Inc. (2007). “BIM’s Return on Investment.”
<http://www.images.autodesk.com/.../files/gb_revit_bim_roi_jan07.pdf>
(August, 2009).
- 33– VILLAFANA, A.(2011). " EVALUATION OF BUILDING INFORMATION
MODELING APPLICATIONS FOR SMALL CONSTRUCTION COMPANIES."
Master's thises, University of TEXAS AT ARLINGTON.USA
- 34– Fortner, Brian (2008). “Special Report: Are You Ready for BIM?” Civil
Engineering Magazine.
- 35– Wijayakumar M., Jayasena H S., (2013) “ AUTOMATION OF BIM
QUANTITY TAKE–OFF TO SUIT QS’S .REQUIREMENTS“ , The Second
World Construction Symposium 2013: Socio–Economic Sustainability in
Construction , 14 – 15 June 2013.
- 36– Hegazy, T., Zanaty, E., and Grierson, D. (2001) “Improving design
coordination for building projects” J. Constr.Engrg.and Mgmt., ASCE, 127(4),
322–329.
- 37– Zhang D., (2009). “ Analysis of a Construction Small Projects Rework
Reduction Program for a Capital Facility“ , Master's thises, University of
Waterloo, Ontario, Canada.
- 38– Preusser, Melanie, and Turner, Devora & Eric (2007). “Avoiding Construction
Defects. Build it Right the First Time.” Risk Engineering Conference, Zurich,
Germany.
- 39– Liebing, Ralph (1999). The Construction Industry: Processes, Players, and
Practices, Prentice–Hall, Inc., Upper Saddle River, New Jersey.

- 40– Hergunsel, M.(2011). “Benefits of Building Information Modeling for Construction Managers and BIM Based Scheduling“, Master Thesis, Worcester Polytechnic Institute, USA.
- 41– Laitinen, J. (1998). “Model Based Construction Process Management,” Ph.D. Thesis,Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.
- 42– Tiwari, S., Odelson, J. W., and Khanzode, A. (2009), “Model Based Estimating to Inform Target Value Design”, AECBytes "Building the Future" Article, Retrieved on Aug. 2012 from <http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2009/ModelBasedEstimating.html>
- 43– Alder, M. A. (2006), “Comparing Time and Accuracy of Building Information Modeling to On–Screen Takeoff for a Quantity Takeoff of a Conceptual Estimate”. PhD Thesis,School of Technology, Brigham Young University, Provo, UT, USA.
- 44– Del Pico, W. (2012), “Estimating Building Costs for the Residential and Light Commercial Construction Projects”, Second Edition, John Wiley and Sons Inc, ISBN:978-1-1180-9941-4.
- 45– Bylund, C., and Magnusson, A. (2011), “Model Based Cost Estimation– An International Comparison”, Master’s Thesis, Faculty of Engineering, Lund University, Sweden.
- 46– Perkins, E. (2007), “Building Information Modeling Implementation in the Construction Industry“, Master’s Thesis, University of Florida, USA.
- 47– Young, Norbert and Jones, Stephen and Bernstein, Harvey. M and Gudgel, John E(2009), “the Business Value of BIM“ Mc Graw Hill Construction, Smart Mark Report, USA.
- 48– MacLeamy, Patrick and Sharif, Tahir (2011), “BIM in the Middle East 2011“ Bulding SMART Middle East – North Africa – India.

- 49– Autodesk, Inc. (2008). “The Five Fallacies of BIM.” White paper.
<<http://static.ziftsolutions.com/files/8a7c9fef2693aa1e0126d2961da1084b>>
(August, 2009).
- 50– Asen, Y. (2012), “Building Information Modeling Based Integration and Visualization for Facilities Management“, Master’s Thesis, University of Concordia, Canada.

الملحق (1) الاستبيان باللغة العربية

الملحق (2) الشركات المشاركة بالاستبيان

قائمة المصطلحات العلمية

Building Information Modeling (BIM) أنظمة نمذجة معلومات البناء

التمثيل الرقمي للخصائص الوظيفية والفيزيائية للمبنى. ويعتبر مورد المعرفة التشاركية للحصول على معلومات المنشأ والتي تعتبر أساس لاتخاذ القرارات خلال دورة حياة المشروع اعتباراً من مرحلة التصور أو الدراسة التمهيديّة إلى مرحلة الهدم.

Computer Aided Design (CAD) التصميم بمعونة الحاسب

أنظمة العمل الحالية القائمة على الكيانات المستقلة للمخططات والتخصصات والتي تعتمد على المخططات ثنائية الأبعاد.

key performance indicators (KPI) مؤشرات الأداء الرئيسية

تستخدم لمراقبة أداء طواقم عمل الجهات المنفذة من قبل مدراء التنفيذ في شركات البناء.

Parametric object العناصر البارامترية

هي عناصر نموذج BIM التي تحتوي على الخصائص الفيزيائية للعنصر بكامل أبعاده والمواد المكونة له والمرتبطة بصورة آلية بكل المخططات التي تحتوي على هذا العنصر, كما أنها مترابطة مع ببعضها البعض كعناصر بناء مختلفة.

3D

النموذج ثلاثي الأبعاد الذي يمثل المبنى إلكترونياً بصورة محاكية للواقع.

4D

النموذج ثلاثي الأبعاد مربوطاً مع المخطط الزمني لغرض توضيح مراحل البناء وتنظيم موقع العمل.

5D

النموذج رباعي الأبعاد مربوطاً بالكلفة لأغراض حساب الكميات وتقدير كلف البناء لشتى الاحتياجات.

6D

إدارة المرافق بمرحلة التشغيل وصيانة المبنى. ويحتوي على جميع معلومات المشروع وخاصة التي تستخدم خلال مرحلة الاستثمار مثل بيانات المنتج والموردين والمصنعين والمعلومات اللازمة للصيانة.

7D

تطبيق أنظمة المباني المستدامة (LEED) من خلال نموذج BIM.

nD

التطور المستقبلي المتوقع لأنظمة BIM بعدد لانهائي من الأبعاد خلال دورة حياة المبنى.

Surface objects العناصر السطحية

مجسمات بمجموعة من الأسطح تمثل فقط النموذج ثلاثي الأبعاد بهدف الإخراجات النهائية ومواد الإكساء.

Interoperability التوافقية

القدرة على إدارة وتواصل المنتجات الالكترونية وبيانات المشروع بين الشركات المتعاونة وداخل الشركات الفردية وأنظمة التصميم والمشتريات والتشييد والصيانة والعمليات التجارية.

Data Exchange Format (DXF)

هيئة قياسية موحدة لتبادل الملفات الرسومية بين البرامج.

Industry Foundation Classes(IFC)

صيغ تبادل مفتوحة المصدر لتبادل الملفات بين البرمجيات الذكية.

Extensible Markup Language (XML)

لغة التوصيف الموسعة لتبادل الملفات خاصة عن طريق الإنترنت ولتشفير الوثائق وتسلسل البيانات.

Lean Construction التنفيذ الانسيابي

أسلوب الإدارة الذي يحد من الهدر في البناء ويعتبر أي نشاط لايساهم بشكل مباشر بالوصول إلى المنتج هو هدر وينبغي التخلص منه.

Families العائلات

مكونات البناء ببرمجيات BIM والتي تكون إما معرفة مسبقاً ضمن المشروع أو معرفة مسبقاً خارج المشروع أو مصنوعة في المكان والتي تخص المشروع نفسه.

Workset مجموعة العمل

صلاحيات المستخدمين بالتحكم بعناصر البناء (إضافة - حذف - تعديل - إظهار وإخفاء).

Central Database قاعدة البيانات المشتركة

الوعاء الحاوي على كل معلومات المشروع بكل التخصصات والتي تضمن تزامن إنشاء عناصر البناء وتكشف التضاربات فور وقوعها خلال مرحلة التصميم.

Synchronize تزامن العناصر

الآلية التي تحدث كل المعلومات الواردة من وإلى قاعدة البيانات المركزية وتوزع من خلالها تلك التحديثات على المستخدمين.

Integration Project Delivery (IPD) التسليم المتكامل للمشروع

نهج لتسليم المشروع يضمن تنظيم فرق المشروع لتحقيق البناء الأمثل عن طريق خفض التكاليف, وتحسين الإنتاجية والوصول لأهداف المشروع بتعظيم القيمة للمالك وتقليل الهالك. وهو نهج تسليم يدمج جميع أعضاء المشروع بما في ذلك المالك, المصمم, مدير البناء, المهندس المشرف, المقاول لتشكيل جهد تعاوني وتحالف بين الأشخاص والنظم والهياكل التجارية والممارسات في عملية تسخير المواهب والأفكار من جميع المشاركين لتحسين نتائج المشروع وتحسين الكفاءة خلال دورة حياته.

Using Building Information Modeling Systems(BIM) in Construction projects

ABSTRACT

The construction industry is facing low rate of productivity in construction phase when compared to other industries. This is due mainly to poor planning and coordination and poor communication between all project stakeholders. The purpose of this research is to study the possibility of using *Building Information Modelling* systems to increase the efficiency of construction phase. This is done through the study of three measurable key performance indicators (Request for information, Change orders, and cost estimation) applied on a building taken as case study. The building is called *Doctors and Nurses Building in Aleppo University*, and all three indicators were studied through this building.

It was found that high rate of construction productivity is reached if we apply BIM system on the building. This is because of the reduction of rework, time waste, request for information and clash detection gained by using this system before the start of construction phase.

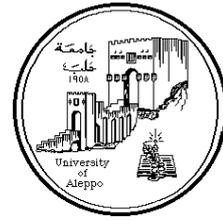
The research involved also an assessment of using BIM in design and construction phases by circulating a questionnaire aimed to design and construction companies, inside and outside Syria, and there was 55 completed questionnaire were returned to the researcher. The results showed that, inspite of short time appearance of BIM system, it was clear that it draws the attention of many companies. Most of these companies think that the use of BIM will raise the efficiency of work through better communication between all parties, especially at the early stages of the project.

Although there are many barriers of using BIM systems in recent times, such as lack of training and experience, it is seen that in the near future there will be wide use of BIM systems.

Aleppo University

Faculty of Civil Engineering

Department of Counstruction Managenent



Using Building Information Modeling Systems(BIM) in Construction projects

Thesis for master of Counstruction Managenent

Submitted by

Eng. Loulwa kharboutli

Supervisor

Prof .N. Ades

2013-1434