IRAQI Academic Scientific Journals
Al-Rafidain Engineering Journal (AREJ)
Vol.26، No. 1, June 2021, pp. 1-18
ISSN (Print) 1813-0526;
ISSN (Online) 2220-1270

استخدام البعد الرابع 4D لنظام BIM في تحسين الجدولة الزمنية لتنفيذ المشاريع العمرانية مشروع واقعي لبلدية الموصل بوصفه حالة دراسية

موفق يوسف ابر اهيم mwafaq1980@uomosul.edu.iq
ضحى عبد الغني القزاز dhuha.kazzaz@uomosul.edu.iq

جامعة الموصل - كلية الهندسة - قسم هندسة العمارة

تاريخ الاستلام: 19/10/2020 تاريخ القبول: 7/1/2021

الملخص

نظرا للمشاكل التي تظهر في المشاريع العمرانية المصممة وفق الطريقة التقليدية في العراق من حيث عدم التقدير الصحيح لتخطيط مراحل البناء وجدولته وما يترتب عليه من مشاكل في التأخير في إنجاز العمل وزيادة في التكلفة، يتبنى البحث نظام نمذجة معلومات البناء BIM في مجال التصميم المعماري والتنفيذ بوصفه أحد الأنظمة الرقمية الرائدة في تقدير الجدولة الزمنية الدقيقة للمشروع. اذ تبلورت مشكلة البحث بعدم وجود تصور واضح حول متطلبات تطبيق الجدولة الزمنية BIM 4D (بوصفها احد مهام نظام BIM) في تصميم المشاريع في العراق. وتمّ تحديد هدف البحث بالتحري التفصيلي عن متطلبات تطبيق BIM 4D في مشاريع القطاع العام في العراق وإعتماد مخرجاتها في تشخيص سلبيات الجدولة الزمنية بالطرق التقليدية. توصلّ البحث الى أهم متطلبات حساب الجدولة الزمنية للمشاريع وفق نظام BIM 4D ومنها: إعتماد المدونات العراقية في تعريف مكتبات المكونات الداخلة في التصميم، وإعتماد نظام تعريف المكونات التفصيلية للمبنى يأخذ بالاعتبار السوق المحلية مثل الجهات المصنعة، ووضع محددات تلزم التعاون والتواصل بين الجهات الحكومية ذات العلاقة وبين الفرق التصميمية المتنوعة التخصصات خلال مرحلة التصميم لتلافي التعارضات المستقبلية، وضمان المشاركة المبكرة للمقاول/ أو الجهة المنفذة في مراحل التصميم.

الكلمات الدالة: *نمذجة معلومات البناء (BIM) ، محاكاة الجدولة الزمنية BIM 4D، التصميم بمساعدة الحاسوب، التصميم التقليدي.*

https://rengj.mosuljournals.com
Email: alrafidain_engjournal1@uomosul.edu.iq

==========

1- المقدمة:

يعاني قطاع البناء في العراق من الكثير من القيود والإجراءات التي أعاقت تطويره خلال العقدين الماضيين. ومن أبرز هذه المعوقات هي نظام العقود الحالية وانظمة التصميم المتمثلة بالرسومات مما أدت إلى مشاكل بين المالك (الحكومة العراقية) والمقاولين المتمثلين بالجهات المنفذة للعمل مؤدياً إلى ترنح العمل ، وسوء جودة المنتج ، وتأخير الجدول الزمني للمشروع [1].

اذ يعد تجاوز الوقت المخطط لتنفيذ العمل من اهم المشاكل التي تواجه المشاريع العمرانية في العراق، ومن خلال التحليل والمسح الميداني للعديد من المشاريع في العراق وجد الباحثان Khaleel & Hadi أن نسب التنفيذ تجاوزت اكثر من 319٪ مقارنة بالنسبة المخططة لتنفيذ العمل والتي ينتج عنها عواقب اقتصادية لاحقاً، وعزا الباحثان السبب الى الممارسات التقليدية في تنفيذ المشاريع [2]
وتعدّ مشاريع القطاع العام في مدينة الموصل من الأمثلة على ذلك، إذ تعاني من عدم انجاز العمل في الوقت المحدد مسببا الكثير من العواقب التي تُكبّد الحكومة العراقية خسائر مادية، كما في مشروع الحالة الدراسية.

وبسبب التعقيد المتزايد في مشاريع البناء على مستوى العالم، برزت الحاجة الى استخدام تقنيات أكثر تطوراً داعمة لكل من عملية التصميم وادارته في مراحل التصميم والبناء لتطوير خطة العمل وتحسين الجدولة الزمنية وتقليل المخاطر. إذ إن أحد المآخذ الرئيسية على نماذج التصميم الثلاثية الأبعاد المستخدمة في الطريقة التقليدية هو عدم قدرتها على عرض الحالة الدقيقة لتصور مراحل البناء. بالإضافة إلى ذلك، فإن أدوات تخطيط جدولة البناء التقليدية، مثل الجداول والرسوم البيانية، لا تُسهّل تصور العملية. وللنهوض بالواقع المحلي لتصميم وتنفيذ المشاريع العمرانية في العراق، لابد من مواكبة التطور واستخدام طرق فعالة تسير بموازاة التكنولوجيا الحالية، فمن الصعب اعطاء الصورة الدقيقة والفعلية في تقدير المدة الزمنية اللازمة لإكمال تنفيذ المشروع في المدة المقررة وخاصة في المشاريع الضخمة في ظل مناهج التصميم التقليدية السائدة حالياً.
ويعدّ نظام نمذجة معلومات البناء BIM من التقنيات الرقمية الحديثة

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

التي تسهم بشكل فاعل في تصور المشروع في المراحل المبكرة من تصميم المبنى مما يساعد المصممين ورب العمل والمقاول/ أو الجهة المنفذة على المشاركة وتقديم الأفكار والتنبؤ بالعرض الفعلي للمشروع وتسلسل مراحل العمل وطرق التصنيع والتركيب وامكانية تحسينه، وتساعد هذه الميزة لنمذجة معلومات البناء (BIM) في تقليل المشاكل مثل المدد الاضافية للعمل والتي تؤدي الى اوامر التغيير التي تتجاوز الميزانية المخصصة للمشروع وعدم انجاز العمل في الوقت المحدد. ويضم البعد الرابع BIM 4D تقنيات جدولة زمنية للمشاريع تتسم بالدقة في محاكاتها لتسلسل مراحل العمل في تنفيذ المشاريع.

وبناءً على ما تقدّم، يستعرض البحث في الفقرة التالية استخدام البعد الرابع BIM 4D في الجدولة الزمنية للمشاريع العمرانية.

2- اهمية توظيف نمذجة الجدولة الزمنية BIM 4D في المشاريع العمرانية :

تناولت الأدبيات السابقة فوائد نموذج BIM 4D في مراحل تخطيط المشروع والبناء. إذ ان النمذجة الرباعية الابعاد BIM 4D تمثل اداة مهمة في محاكاة لتسلسل مراحل تنفيذ العمل، كما وتهدف الى تصحيح أخطاء التخطيط والتصميم والتي تظهر في مرحلة التنفيذ [3]. اذ يعد تخطيط مراحل البناء عنصراً حاسماً في تنفيذ المشروع لضمان إكمال المهام بطريقة منطقية وفي الوقت المناسب. إذ تهدف النمذجة الرباعية الابعاد 4D في نظام BIM إلى دراسة قابلية البناء لخيارات التصميم الفني واستباق مشكلات التسلسل في المرحلة المبكرة لتطوير تصميم المشروع. اذ يشمل مفهوم التخطيط للجدولة الزمنية تحديد الأنشطة والجدولة وربطها بالتسلسلات المناسبة اعتمادًا على مددها الزمنية، وذلك من خلال ربط النموذج ثلاثي الأبعاد بالبعد الزمني (مخطط الجدول الزمني) [4]. ويشير Sacks et al. الى اهمية الجدولة الزمنية BIM 4D في تصور معالم المشروع، اذ يتم تنفيذ نمذجة 4D لدعم تخطيط المشروع وتصميمه وتنفيذه، وإنشاء سير عمل يُمَكّن فريق المشروع من تخطيط وجدولة المراحل المختلفة من البناء بشكل فعال، والكشف عن المشاكل المحتملة والفرص الممكنة لحل المشاكل المتعلقة بالموقع، والطاقم، والمعدات، وتعارض الفضاءات، وجوانب السلامة [5].

وتسمح محاكاة الجدولة الزمنية 4D لأصحاب المصلحة بمشاهدة جدولة مراحل البناء [6]. وتزيل المشاكل المرتبطة بسوء فهم الجدول الزمني من خلال التصور المرئي لعملية الإنشاء الافتراضي، وتساعد في تحسين العديد من المجالات ومنها التنسيق والتواصل بين عمليات البناء المتعلقة بتوقيت التنفيذ. إذ تعزز الجدولة الزمنية لنظام BIM 4D من جودة عمليات تبادل المعلومات الرقمية بين المشاركين والتي تعزز بدورها التعاون بين فريق العمل[7]. فاستخدام النمذجة الرباعية الأبعاد تساعد في التحديد المسبق لكشف التعارضات في المشروع، ودراسة تسلسل تنفيذ البناء والتواصل بشكل مباشر مع الفرق المشاركة في التنفيذ[8]. فهو يعزّز من فهم المشروع مما يسهل من فهم الأخطاء واكتشافها قبل بدء البناء، وبذلك يؤدي إلى توفير الوقت والمزانية النقدية المخصصة للمشروع [9].

اضافة الى ان استخدام نموذج BIM 4D يجعل من الممكن إنتاج كميات المواد المطلوبة في فترات زمنية محددة، وتوفير معلومات للعاملين في الإنتاج حول كمية المواد وفقًا للجزء الذي يتم تصنيعه، وعرض معلومات كمية المواد التي يتم تحديثها باستمرار لتسهيل إدارة المستودعات والتخزين وسير العمل [10]. ويشير Al Naim الى ان استخدام نموذج 4D في بيئة المحاكاة الحاسوبية يعزز إلى حد كبير استخدام موارد الموقع، وتفاصيل المعدات، والمواد، وإدارة الايدي العاملة، واعمال التثبيت والتركيب في الموقع، ومواقع الاعمال المؤقتة والتشغيل، والتعاون مع المجهزين والمقاولين الثانويين، والتنبؤ بحركة المرور وطرق الوصول الى الموقع خلال التنفيذ [11].

يتضح مما تقدم أهمية إعتماد نظام BIM 4D في تصميم المشاريع العمرانية. فبالإضافة الى دوره في إعداد الجدولة الزمنية لمهام تنفيذ المشروع، نجد أنه يسهم في الكشف عن التعارضات في المشروع وتلافي الأخطاء خلال مرحلة التصميم، كما يساعد الأطراف المشاركة في عملية التصميم في تبادل المعلومات والتواصل فيما بينهم وفي تصور مراحل عملية التنفيذ.

3- المشكلة البحثية وهدف البحث ومنهجه وفرضياته:

يتضح من عرض الدراسات السابقة أهمية الجدولة الزمنية وفق نظام BIM 4D ، وعليه تتبلور المشكلة البحثية كما يلي:

- عدم وجود تصور واضح حول متطلبات تطبيق نظام BIM 4D في تصميم المشاريع العمرانية في القطاع العام في العراق، وإمكانية إعتماد نتائج جدولته الزمنية في تشخيص اسباب التأخير في تنفيذ مشاريع القطاع العام في العراق.

وبناءً عليه يمكن تحديد **هدف البحث:** بالتحري عن المتطلبات الواجب توفرها لتمكين تطبيق نظام BIM 4D في تصميم المشاريع العمرانية من قبل القطاع العام في العراق.

يتكون منهج البحث من الخطوات التالية:

- تعريف أسلوب العمل في نظام BIM 4D.
- تطبيق نظام BIM 4D على مشروع واقعي مصمم ومنفذ بطريقة تقليدية مع وجود تأخير في عملية التنفيذ.
- مقارنة مدخلات ومخرجات محاكاة الجدولة الزمنية للمشروع وفق نظام BIM 4D مع مدخلات ومخرجات الطريقة التقليدية المتبعة في تنفيذه.
- تحديد متطلبات تطبيق الجدولة الزمنية لمشروع محلي وفق نظام BIM 4D.
- تحديد أسباب التأخر في تنفيذ المشاريع وفق الطريقة التقليدية في العراق.

فرضيات البحث :

تتمحور فرضيات البحث حول متطلبات تطبيق BIM 4D التي تفتقر اليها الطريقة التقليدية في العراق مسببة التأخر في تنفيذ المشاريع. وكما يلي:

- يعدّ إعتماد تفاصيل المعلومات التصميمية الرقمية الدقيقة الثلاثية الابعاد وتصنيف مستوى هذه المعلومات من متطلبات نظام BIM 4D التي تفتقر لها الطريقة التقليدية مسببة التأخير في تنفيذ المشاريع.
- يعدّ إعتماد العمل التشاركي بين الفرق التصميمية المختلفة التخصصات كالمعماري والإنشائي والميكانيكي والكهربائي، اضافة الى الاطراف المشاركة الاخرى، والتنسيق والتطابق بين نماذج التصميم للتخصصات المشاركة في التصميم من متطلبات نظام BIM 4D التي لا تدعمها الطريقة التقليدية والتي تؤثر على المسار الزمني لعملية التنفيذ.
- يعدّ إشراك الأطراف الفاعلة في مراحل العمل وذات العلاقة المباشرة بعملية التنفيذ كالمقاول/ أو الجهة المنفذة خلال عملية التصميم من متطلبات نظام BIM 4D التي تفتقر لها الطريقة التقليدية مسببة التأخير في تنفيذ المشاريع .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

- يمثل وجود التصور الواضح حول الانشطة والعناصر الداخلة في المشروع والفعاليات المتزامنة الممكن جدولة تنفيذها في وقت واحد من متطلبات نظام BIM 4D التي تفتقر لها الطريقة التقليدية مسببة التأخير في تنفيذ المشاريع .

4- تعريف أسلوب العمل في نظام BIM 4D:

يتطلب العمل في نظام BIM 4D الى إنشاء نموذج BIM 3D بشكل مسبق بحيث يتضمن جميع مكونات المبنى الثلاثية الأبعاد مثل الجدران والسقف والابواب والشبابيك والأرضية وغيرها. وتشتمل عملية النمذجة على جميع التخصصات (الهندسة المعمارية، الانشائية، الميكانيكية، والكهربائية، والخدمات الاخرى) وتستند نمذجة الكائنات الى العلاقات (الهندسة المكانية) والخصائص (الفيزيائية والميكانيكية)[12] . أما في نموذج BIM 4D فيتم إرفاق النموذج الثلاثي الأبعاد بالجدول الزمني باستخدام البرامج الحاسوبية والذي يوفر للمستخدمين محاكاة افتراضية لزمن بناء المشروع وتصور مسار أنشطة البناء المختلفة لكل جزء والتعليق عليه بطريقة استباقية للغاية وفي الوقت المناسب، وكشف التعارضات [13] .

إذ يتضمن نموذج BIM 4D تخطيط وتسلسل مراحل البناء الذي يدعم المحاكاة المرئية لبناء المبنى والتحكم فيه. ويربط تطبيق 4D العناصر ثلاثية الأبعاد المنظمة في مجموعات بالجدول الزمني مما يتيح المقارنة بين العمل الحقيقي والتسلسل المخطط ويدعم تتبع التغييرات وادارة الموقع[12]. كما يمكن أن يساعد في تحسين العديد من المجالات مثل التنسيق والتواصل بين عمليات البناء المتعلقة بأوقات التصنيع والتركيب، ومشاركة العاملين، وتوفير المعدات ومواقعها[14]. ففي مطار اسطنبول، تمّ استخدام نموذج 4D لمحاكاة ومراقبة التقدم في الجدولة الزمنية من قبل فريق التصميم ومعالجة التأخير ومنع حدوثه قبل ان يحدث[15].

5- الدراسة العملية: تطبيق نظام BIM 4D على تصميم مشروع واقعي لبلدية الموصل

1.5- نبذة مختصرة عن حساب الجدول الزمني في طريقة التصميم التقليدية المتبعة في مشاريع بلدية الموصل:

إن أسلوب إعداد تصميم المشروع من قبل شعبة مشاريع بلدية الموصل يتضمن القيام بالتصميم الثنائي الابعاد باستخدام برنامج AutoCAD، والتصميم ثلاثي الابعاد اما بنفس البرنامج المذكور او في برنامج 3D Max لغرض التصور الشكلي واظهار المشروع. ويكون النموذج الثلاثي الأبعاد للمشروع مجرداً من اية معلومات أو تفاصيل مدمجة بحيث لا يمكن الاستفادة منه لاحقا في برامج حساب الجدولة الزمنية. ويتم حساب المدة الزمنية (عدد الايام الواجب تنفيذ العمل خلالها) تقديرياً من قبل المهندسين او المسؤول المعني بناءً على الخبرة أو تجارب المشاريع السابقة المماثلة. ويتم لاحقا تقديم جدول تقدم العمل من قبل المقاول/ أو الجهة المنفذة عند احالة العمل اليه حسب المدة المقررة للمشروع حيثما يرد في وثائق العقد بين المقاول والجهة المستفيدة التي تشترط تقديم المقاول/ أو الجهة المنفذة للعمل جدول تقدم العمل بطريقة تقليدية وتوافقية بين الطرفين.

وعليه فبعد احالة العمل يتم تقديم جدول زمني لتقدم العمل بصيغة تقليدية ضمن تخطيط الجداول والفقرات المعدة للتنفيذ اما في برنامج Word او AutoCAD وفي حالات نادرة يتم اعداده في برامج Excel او Primavera. ثم يقدم الى اللجنة المشرفة على العمل للمصادقة عليه بعد التوافق بين المقاول والجهة المستفيدة.

2.5- اسباب اختيار المشروع موضع التطبيق:

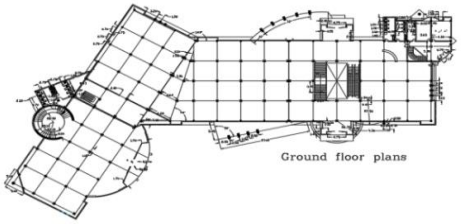
يوجد الكثير من المشاريع سواءً على مستوى العراق او مستوى محافظة نينوى التي حدث ويحدث فيها تلكؤ في عمليات التنفيذ، والتي يمكن ارجاعها الى الطرق التقليدية الحالية المتبعة في التصميم مثل عدم وجود التفاصيل الرقمية الكافية للمشروع، او عدم الدقة في حساب الكميات وحساب المدة الزمنية لتنفيذ العمل، وغيرها والتي ينتج عنها المشاكل لاحقا أثناء التنفيذ بين المقاول/ أو الجهة المنفذة والجهة المستفيدة. اختار الباحثان مشروع انشاء مجمع سياحي ترفيهي في الغابات كحالة دراسية كونه من المشاريع الضخمة والتي تعود عائدتيها الى بلدية الموصل والتي حدث أثناء تنفيذه مشاكل كثيرة منها تغيير في المواصفات التي كانت من المقرر ان ينفذ المشروع وفقها، وعدم التنفيذ ضمن المدة الزمنية المقررة. علما أن الباحث الأول كان على تماس مباشر مع معلومات المشروع بحكم عمله مهندسا في شعبة مشاريع بلدية الموصل، مما أتاح له امكانية الاستفادة من المعلومات المتوفرة حول التصميم الفعلي، وتوظيفها في تمثيل المشروع وفق نظام BIM، والتحري عن البيانات المطلوبة في الخطوات التي يتم اتباعها في حساب المدة الزمنية BIM 4D، والمقارنة لاحقا بين النتائج وفق الطريقتين التقليدية (الواقعية) ونظام BIM (الإفتراضية).

3.5- مقدمة عن المشروع:

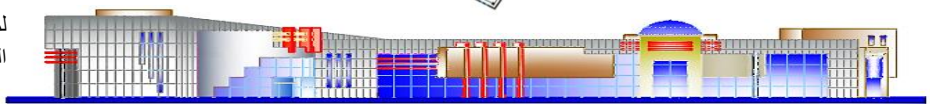
اسم المشروع: (مجمع سياحي ترفيهي في الغابات)، المشروع من ضمن مشاريع تنمية الاقاليم لعام 2010 عبارة مجمع ترفيهي يشمل مول تجاري مع الحدائق الخارجية والخدمات الترفيهية، يقع في منطقة الغابات في مدينة الموصل بالقرب من الجسر الخامس على ارض تابعة لمديرية بلدية الموصل، يتكون المشروع من طابقين، صمم المشروع من قبل مهندسي بلدية الموصل وفق الطرق التقليدية السائدة حاليا. تمّ اعلان المشروع كمناقصة لتنفيذه بعد إنجاز التصاميم النهائية، وقد احيل المشروع الى احدى الشركات لتنفيذ العمل في المرحلة الاولى مع الاشراف عليه من قبل بلدية الموصل بوصفها رب العمل، وضمن مدة 720 يوم مع مطالبة المقاول بتقديم جدول تقدم عمل للمشروع بشكل دوري، اذ بدأت المباشرة بالعمل بتاريخ 2010/6/14 وحدد تاريخ الانجاز في 2012/6/4، لكن العمل لم ينجز في الوقت المحدد واضيف للمشروع مدد اضافية متتالية وحسب كل موافقة تم الحصول عليها من الجهات المعنية وبواقع 325 يوم بسبب التأخير في انجاز مراحل العمل.

وقد تم الاطلاع على وثائق المشروع كالمخططات والواجهات الموضحة في الأشكال (1)،(2)، والحصول على المعلومات من المهندس المشرف بالإضافة الى جدول تقدم العمل الموضح في الجدول (1) المرفق ضمن ملحق البحث، والمعد لتقدير المدة اللازمة لإنجاز مراحل العمل والية انشاءها، والجدولة الزمنية التي اظهرت المدة المخططة لإنجاز العمل والمدة الفعلية التي انجز العمل فيها ونسبة الانحراف بينهما وكما في الجدول (2) المرفق ضمن ملحق البحث.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل (1) مخطط الطابق الارضي لمشروع حالة الدراسة الاصلي المصمم في برنامج AutoCAD سابقاً



الشكل (2) مخطط الواجهة الامامية لمشروع حالة الدراسة الاصلي المصمم في برنامج AutoCAD

4.5- خطوات التطبيق العملي لنموذج BIM 4D للمشروع:

يستعرض البحث في الفقرات التالية خطوات إعداد الجدولة الزمنية أثناء محاكاة مرحلة التصميم لمشروع مجمع سياحي ترفيهي في الغابات في مدينة الموصل وفق منهج BIM 4D وإجراء التخطيط ومحاكاة تسلسل مراحل التنفيذ. إذ يهدف البحث الى تحديد المتطلبات اللازم توفرها لتطبيق نظام BIM في حساب البعد الرابع 4D او الجدول الزمني لمشروع محلي، وإعتماد الجدولة الزمنية الناتجة عن منهج BIM 4D في التحري عن أسباب التأخير في تنفيذ المشروع بالطريقة التقليدية. استخدم البحث ثلاثة برامج وهي: Autodesk Revit 2019، و Autodesk Navisworks Manage 2019 و Microsoft Project 2016، وفيما يلي خطوات العمل وفق نظام BIM المستخدمة في حساب الجدولة الزمنية 4D للمشروع:

1.4.5 - خطوات بناء نموذج BIM 4D لتصميم المشروع :

تم اعتماد خطوات العمل في حساب الجدولة الزمنية وفق نظام BIM من خلال مراجعة الدراسات والادبيات السابقة. ويمكن إيجاز خطوات نمذجة الجدولة الزمنية المتبعة في المشروع موضع الدراسة وكما يلي:

أ- تم نقل الرسومات الثنائية الأبعاد للمشروع والمصمم في برنامج (AutoCAD) سابقاً إلى برنامج (Revit) لتصميم نموذج BIM ثلاثي الأبعاد للمشروع. وقد برزت الحاجة الى مكتبة العناصر والمواد التفصيلية لكل مرحلة من مراحل عملية التصميم وفقًا للاحتياجات المعلوماتية من الشكل العمومي الى التفصيلي. وبالنظر لافتقار رسومات المشروع الى التفاصيل التي تمكّن من النمذجة، فقد برزت الحاجة الى إعداد التفاصيل وتحديد نوع وكمية المعلومات المتعلقة بكل عنصر وجزء والتي تساهم في إنشاء نموذج BIM. اذ لم تتوفر في مكتبة BIM الموجودة مسبقا ضن إعدادات برنامج (Revit) كافة الكائنات والمعلومات عن المنتجات المصنعة التي تتوافق مع مشروع الحالة الدراسية، مما تطلب إضافة المواد والكائنات الى البرنامج من قبل الباحث الأول والتي تمّ استخدامها في اجراء عمليات التحليل والمحاكاة للمشروع. اذ تم نمذجة كل عنصر وحسب المعلومات المتوفرة وتم إدراج المعلومات كمتغيرات للنموذج بسبب إمكانية البرنامج في التحديث التلقائي.

اتسم نموذج التصميم في برنامج (Revit) بكونه اكثر دقة وواقعية مقارنة بالرسومات الأصلية، اذ تباين في جوانب عديدة منها مشاهدة تطور التصميم والتفاصيل الدقيقة والوفيرة، ومحاكاة المشروع قبل التنفيذ وكشف التعارضات لتلافي المشكلات. إذ أن من الميزات المهمة في برنامج Revit هو إمكانية كشف التعارضات في التصميم حيث تمكن الباحثان من كشف التعارضات في المشروع والتي لم تكتشف في مرحلة تنفيذ المشروع الاصلي.

ب-إنشاء عناصر النموذج بتسلسل مناسب في برنامج Microsoft Project:

في هذه الخطوة كانت الحاجة الى الاجزاء التفصيلية للتصميم للاعتماد عليها في تحديد كل جزء او عنصر لتحديد المدة التقديرية لتنفيذه وهذه الخطوة مهمة في برنامج (Revit) في تفصيل كائنات وعناصر التصميم بشكل دقيق لتمكين المصمم في الخطة المعدة في برنامج Microsoft Project من اعداد التسلسل الصحيح لمراحل العمل وتقدير المدة التفصيلية والدقيقة لإنجازه. اذ تم مراجعة التصميم عدة مرات في برنامج (Revit) للتعديل وفرز العناصر لتحقيق الهدف المطلوب في اعداد الخطة في هذا البرنامج.

كما ان من متطلبات البرنامج وجود تاريخ بدء المشروع وتاريخ الانتهاء وامكانية التعديل عليه لاحقاً بعد محاكاة المشروع. وتحديد عدد العاملين والاليات والمعدات العاملة في الموقع اضافة الى تحديد عدد الايام الفعلي للأشغال وعدد ساعات العمل والاعياد والعطل والتي لم تكن متوفرة في وثائق المشروع. مما تطلب ادخال هذه البيانات بشكل إفتراضي تقريبي لتمكين اعداد الخطة الزمنية.

في العمل بنظام BIM 4D تبرز الحاجة في هذه المرحلة الى وجود المقاول /أو الجهة المنفذة كمشارك في اعداد الخطة الزمنية لتحديد عدد العاملين والاليات والمعدات المستخدمة ومواقعها التي سوف يوفرها المقاول للمشاركة في تنفيذ العمل. بخلاف أسلوب العمل التقليدي الذي لم يكن فيه دور للمقاول في وثائق المشروع بسبب إحالة المشروع الى المقاول بعد التصميم.

بعد الخطوات اعلاه تم تعيين تاريخ البدء بتنفيذ العنصر او الاجزاء للمشروع وتاريخ الانتهاء من تنفيذه. ويتطلب تحديد هذه التواريخ التواصل مع المجهزين للاستعلام عن توفر المواد ومدة التجهيز والتصنيع ولم نجد في وثائق المشروع معلومات عن ما ورد اعلاه لتمكين الباحثين من الاستفادة منها، وعليه تم إعتماد تواريخ إفتراضية تقريبية. كانت الخطوات مهمة للباحثين في اعداد الخطة بالاعتماد على البرنامجين (Revit) و (Microsoft Project) والتغير في مستويات التفاصيل المطلوبة في برنامج (Revit) بما يتوافق مع الخطة المعدة.

ت - تمّ تصدير النموذج الرقمي من برنامج Revit الى برمجية Navisworks التي تمثل الأداة المناسبة للعمل في حساب 4D. وتعتبر هذه الخطوة مهمة عند الانتقال الى برنامج Navisworks وبالاعتماد على برنامج Revit الذي يقسم ويصنف المشروع الى كائنات وعناصر تفصيلية يمكن الاعتماد عليه عند تسلسل مراحل التنفيذ وربط الخطة المعدة في برنامج (Microsoft Project) واجراء المحاكاة للمشروع وتنظيم تسلسل تنفيذ مراحل العمل.

ث- تمّ أيضا استيراد مخطط الجدول الزمني من برنامج Microsoft Project الى برنامج Naviswork وإنشاء روابط تلقائية لربط عناصر النموذج المعد في برنامج Revit بالأنشطة المعدة في برنامج MS Project لإنشاء نموذج BIM 4D المطلوب للمشروع والتي سيتم شرحها بالتفصيل لاحقاً.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

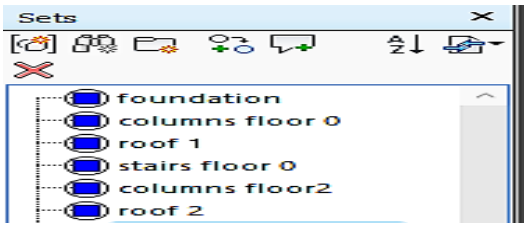
مما تقدم توضح الخطوات العلاقات الترابطية بين البرامج الثلاثة في الاعتماد على بعضها والتحديث والتعديل على خطوات العمل من خلال العلاقة التكرارية بين البرامج الثلاثة لحين الوصول الى الجدولة الزمنية الدقيقة والهادفة للأطراف المشاركة في العمل.

في هذا البحث تم إنشاء نموذج BIM للإعمال المعمارية والانشائية مع عناصر مختلفة كالحدائق الخارجية واعمدة الانارة ومقاعد الجلوس لمشروع حالة الدراسة لتحقيق التحليل المطلوب له اعتمادًا على ميزات البرنامج، علما أن النمذجة لا تشمل تصميم الاعمال الكهربائية والميكانيكية والخدمات الاخرى لعدم وجود خبرة لدى الباحثين في تصميم هذه الاعمال. وقد تم انشاء الاعمال المدنية ابتداءً من الاسس الى الهيكل العام ثم الاعمال المعمارية لإكمال النموذج حسب المعطيات والبارامترات الخاصة بالمشروع مما ساعد لاحقًا في ربط هذه العناصر بالمهام المحددة في مخطط الجدول الزمني الذي تم إنشاؤه في برنامج Microsoft Office Project وفق منهج BIM. ويوضح الشكل (3) أدناه النموذج ثلاثي الأبعاد لمشروع حالة الدراسة الذي تم إنشاؤه في برنامج Revit. ويعد نقل هذا النموذج إلى برنامج Navisworks Manage في الخطوة الثانية، وكذلك إنشاء خطة الجدولة الزمنية للبناء باستخدام MS Project.

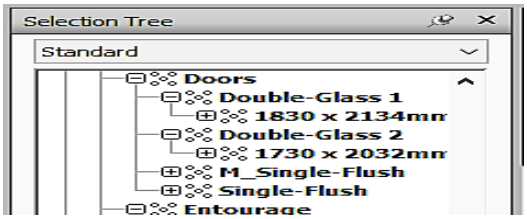
الشكل (3) يوضح النموذج ثلاثي الابعاد لمشروع الدراسة والمصمم في برنامج Rivet. (الباحثان)

2.4.5 - تنظيم عناصر النموذج في BIM 4D :

يشير Boton et al. ان تصنيف مستوى التفاصيل التنفيذية او مستوى تطور نضج المعلومات (LOD) Level of Development والتي لا تتعلق فقط بالمعلومات الهندسية انما تتعامل أيضًا مع المعلومات غير الرسومية تعتبر احد المتطلبات الاساسية في نمذجة المستوي 4D للوصول الى الوقت الدقيق في إنجاز المشروع [7]. وتمثل هذه الميزة أهمية كبيرة للمخططين والمصممين الذين يقومون بفرز النماذج اعتماداً على تسلسل المشروع والقدرة على إعادة تنظيم العناصر التي لها أهمية كبيرة في تحسين مرونة ودقة نموذج 4D ليكون أكثر واقعي ومشابه للواقع. ويشير Dirweesh الى اهمية إدراج المهام المؤقتة والتي تشمل الأنشطة والعناصر غير الدائمة مثل مواقع الخزن والآت الحفر والرافعات البرجية وتحويلات الطرق بما يتكامل في تقييم الخطط المتعلقة بالسلامة أو مرحلة البناء[4]. فباستخدام أدوات BIM 4D يمكن تقسيم عناصر النموذج إلى عدة مجموعات ويمكن إعادة تنظيمها اعتمادًا على خطة النموذج، كما في الاشكال (4)،(5).



الشكل (4) يوضح المجموعات في برنامج Navisworks. (الباحثان)

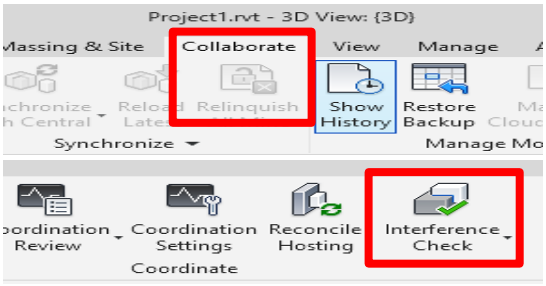


الشكل (5) يوضح تصنيف مكونات المبنى في برنامج Navisworks. (الباحثان)

3.4.5 - توصيف المشروع في برنامج Autodesk Revit:

تم نقل رسوم المشروع الثنائية الأبعاد إلى نموذج ثلاثي الأبعاد باستخدام أداة BIM (Autodesk Revit 2019)، وتم وضع خطة البناء اعتماداً على عناصر النموذج الذي تم إنشاؤه بتسلسل مناسب. ويتميز البرنامج بإمكانية عمل كل مصمم على ملف ثم دمج التصاميم في نموذج واحد وكشف التعارضات ضمن التصميم. كما تعدّ النمذجة البارامترية من المزايا المهمة للبرنامج والتي تسمح بالتحديث التلقائي للتصميم. إذ يعتبر التحديث التلقائي من الجوانب المهمة عند حساب الجدولة الزمنية 4D للتصميم لإمكانية تحديث النموذج تلقائيا عند التغيير في التصميم والخطة المعدة. فبعد اكمال التصميم في النموذج الثلاثي الابعاد تمّ تنسيق التصميم وفحصه للكشف عن التعارضات في التصميم قبل نمذجة الجدولة الزمنية BIM 4D، حيث يمكن إنجاز ذلك في برنامج Revit او برنامج Navisworks. وقد تمكن الباحثان من كشف التعارضات الغير مرئية ومعالجتها قبل محاكاة الجدولة الزمنية للمشروع، وكما موضح أدناه:

في برنامج Revit ومن خلال الزر Collaborate والذهاب الى Interference Check كما في الشكل (6).



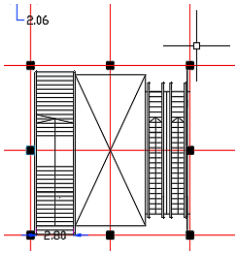
الشكل (6) يوضح القوائم في برنامج Revit والتي من خلالها يتم اختيار كشف التعارضات. (الباحثان)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

تظهر القائمة لعناصر المشروع والتي يمكن اختيار العناصر المتوقع حدوث تعارض بينها، وبعد اختيار مكونات التصميم ظهرت القائمة والتي تشير الى وجود تعارض بين العمود الكونكريتي والدرج الكهربائي مع الرقم التعريفي له ID كما في الشكل (7). وبعد الضغط على الزر Show ظهر عنصر الدرج الكهربائي باللون الاصفر مما يشير الى وجود تعارض بين العنصرين او التداخل بينها او عدم وجود المساحة اللازمة بينها لإمكانية التركيب والصيانة لاحقاً.

الشكل (7) يوضح التعارض بين العمود والدرج الكهربائي المستكشف في برنامج Revit. (الباحثان)

حيث ان الشكل (8) يبين موقع الدرج الكهربائي ضمن المخططات التصميمية الاصلية للمشروع وفق الطريقة التقليدية.



الشكل (8) يوضح موقع الدرج الكهربائي مع العمود والمصمم في برنامج AutoCAD سابقاً في مخططات المشروع الاصلي. المصدر (وثائق المشروع).

وبعدها يمكن خزن التقرير وإرساله الى مصمم الاعمال الانشائية او الكهربائية لمعالجة المشكلة وكما موضح في الشكل (9) يبين التقرير الذي يوضح الرقم التعريفي للعناصر المتعارضة ضمن التصميم.

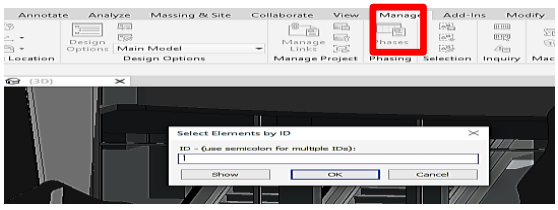
Interference Report

Interference Report Project File: H:\Project1.rvt
Created: Wednesday, September 30, 2020 9:50:06 AM
Last Update:

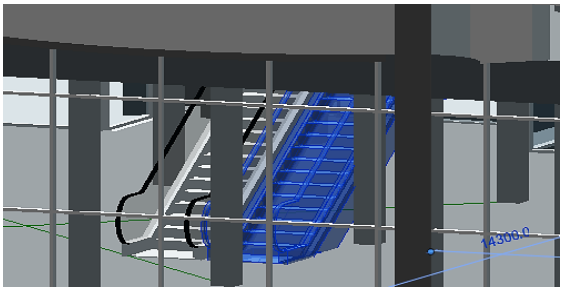
	A	B
1	Generic Models : Escalator (AUS) : 1200 Wide, 30 Deg : id 366287	Columns : Rectangular Column (AUS) : 400 x400mm 2 : id 211705

الشكل(9) يوضح التقرير الذي يبين كشف التعارضات بين العنصرين في برنامج Revit .(الباحثان).

بعد وصول التقرير الى المصممين المسؤولين عن الموضوع وبعد الذهاب الى الزر Mange والضغط على زر ID ظهرت القائمة Select Elements by ID، وبعد ادخال الرقمي التعريفي ID تظهر مباشرة موقع التعارض وامكانية المعالجة وحل المشكلة كما في الاشكال (10)،(11). ففي عملية كشف التعارضات تمكن الباحثان من تلافي مشكلة كبيرة والتي لم يتمكن المصمم الاصلي من اكتشافها في الطريقة التقليدية.



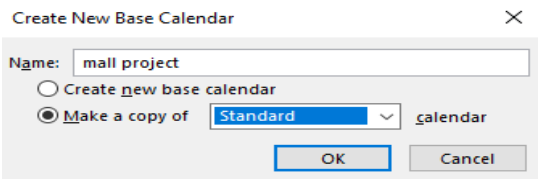
الشكل(10) يوضح ادخال الرقم التعريفي في برنامج Revit. (الباحثان)



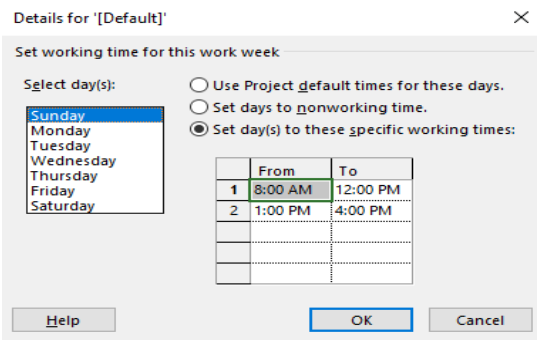
الشكل (11) يوضح مرحلة ادخال الرقم التعريفي في برنامج Revit وبيان موضع التعارض. (الباحثان)

4.4.5- توصيف مخطط الجدول الزمني في برنامج Microsoft project :

بدء العمل في برنامج MS Project لإعداد خطة الجدولة الزمنية وفق الاعدادات الخاصة في البرنامج وبما يتلاءم مع المشروع وطبيعة العمل، إذ يتم فتح الملف في Microsoft project للبدء في تنظيم الاعدادات من حيث اسم المشروع واختيار نظام العمل وتحديد متى يبدأ تنفيذ فقرات المشروع ومتى ينتهي وتحديد ايام العمل الفعلي وعدد ساعات العمل الفعلي وايام العطل الاسبوعية والسنوية او الاجتماعات الدورية من خلال الجدول الضمني في البرنامج كما موضح في الاشكال (12)،(13) حيث ننتقل من الخيار Project ثم Change Working Time ثم الجدول والتغير في الاعدادات.



الشكل (12) يوضح تحديد نظام العمل لمشروع الدراسة. (الباحثان)



الشكل (13) يوضح تحديد ايام وساعات العمل لمشروع الدراسة. (الباحثان)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

تم ادخال متغيرات المشروع افتراضياً وفقا لأعراف العمل في المشاريع الإنشائية في مدينة الموصل وذلك من حيث عدد ايام وساعات العمل وايام العطل والاجتماعات كما يلي:

أ- يبدأ تاريخ تنفيذ المشروع افتراضياً في 2020/4/1.

ب - يبدأ الدوام الفعلي للعمل من يوم السبت ولغاية يوم الخميس باعتبار يوم الجمعة عطلة عمل.

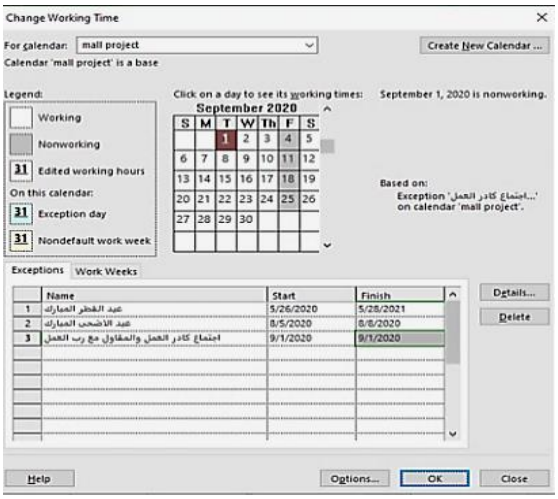
ت - يبدأ الدوام من الساعة الثامنة صباحا الى الساعة الثانية عشر ظهراً.

ث - تبدأ الاستراحة من الساعة الثانية عشر ظهراً الى الساعة الواحدة بعد الظهر بواقع ساعة واحدة استراحة.

ج - يستأنف العمل من الساعة الواحدة بعد الظهر الى الساعة الرابعة عصراً. يكون ساعات العمل بواقع 7 ساعات فعلية في اليوم الواحد اي 42 ساعة في الاسبوع.

ح - تحديد ايام عيد الفطر المبارك لسنة 2020 وتبدأ من يوم 26-2020/5/28-27افتراضياً، وايام عيد الاضحى المبارك من 5-6-2020/8/8-7 كأيام بدون عمل.

خ - تحديد يوم 2020/9/1 كيوم بدون عمل مخصص للاجتماع بين فريق العمل والمقاول/ أو الجهة المنفذة ورب العمل للاطلاع على الموقع وتقييم العمل. كما موضح في الشكل (14) ادناه:



الشكل (14) يوضح الية تحديد ايام العطل اثناء العمل لمشروع الدراسة. (الباحثان)

د - تم ادخال المعلومات للفقرات في الواجهة الرئيسية من حيث تحديد فقرات المشروع والتسلسل الزمني من حيث التنفيذ مع تحديد مهمة العنصر اعتماداً على النموذج الثلاثي الأبعاد الذي تم إنشاؤه في برنامج Revit والتحديث عليه عند الحاجة والتغيير في الخطة المعدة في برنامج MS Project. وتضاف أيضا مدة مناسبة لكل مهمة والعلاقات بينهما بالاعتماد على خبرة الكادر ومشاركة المقاول الذي يكون لديه الخبرة من التجارب العملية مع امكانية التغيير والتعديل على المدة الزمنية وتسلسل العملية لاحقا من خلال اجراء المحاكاة للعملية في برنامج Navisworks ومشاهدة العلاقات بين مراحل البناء والاليات التي سوف تستخدم في المشروع. ومن المهم الإشارة إلى أنه عند إنشاء الجدول الزمني للمشروع في برنامج MS Project، توجد أعمدة لوصف المهام ويمكن تعريف هذه الأعمدة على النحو التالي:

أ - اسم المهمة Task Name: يعتمد وجود هذا العمود على استخدام تعريف العناصر للمشروع ومدى العلاقة بين الفقرات وتسلسلها او الفقرة التي تتكون من عدة عناصر وعلاقتها في اولوية البدء بالعمل والتي تتراوح بين العمل بشكل منفصل او معا او اكمال احدها والبدء بالأخر، مثلا تنفيذ الاسس foundations كما موضح في الشكل (15) .

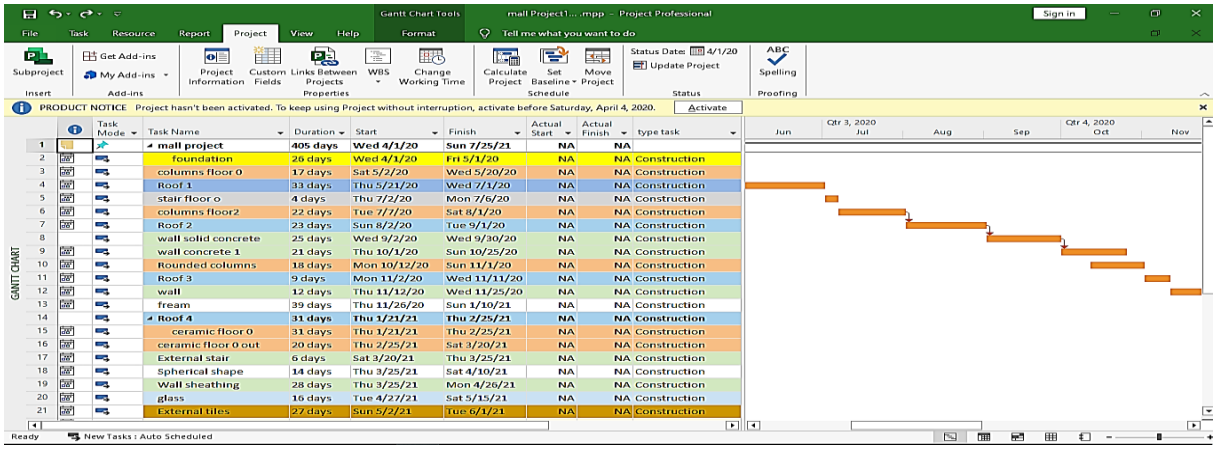
ب – بدء المهمة Start Task: تاريخ البدء في تنفيذ المهمة او العنصر المطلوب انشائه.

ت - انهاء المهمة Finish Task: تاريخ الانتهاء من اكمال تنفيذ المهمة او العنصر.

ث - يمكن اضافة حقل يبين الانجاز الفعلي والانتهاء الفعلي للمهمة Actual Start and Actual Finish مقارنة بالمخطط للعملية عند التنفيذ.

ج - نوع المهمة Type Task: يعرض هذا العمود ما إذا كان العنصر في المشروع يتم إنشاؤه مثل اعمال البناء Construct التي التي تم ادخال بياناتها في الجداول، أو أعمال الهدم Demolish أو وجوده بصورة مؤقتة Temporary مثل الاليات وانواعها التي تم ادخال البيانات الخاصة بها افتراضياً مثلا رافعات كبيرة Crane عدد (2)، ومضخة صب كونكريت عدد (2)، ورافعة صغيرة عدد (2)، مع آلية Bobcat عدد (2) في تحويل ورفع المواد والتي يمكن مشاهدتها لاحقا في نموذج 4D من خلال محاكاة التصميم. اذ يجب أن يكون اختيار المعدات حسب نوع المعدات وفقًا للعمل الذي سيتم تنفيذه. يوجد حقول اخرى التي تمكّن من اضافة التعليقات والمعلومات او الرسوم التوضيحية المتعلقة بالمشروع.

ح - تم اكمال الجدول الزمني لمشروع حالة الدراسة وفق مهام كل عنصر من المشروع في برنامج MS Project كما موضح في الشكل (15).



	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Actual Start	Actual Finish	type task
1		mall project	405 days	Wed 4/1/20	Sun 7/25/21	NA	NA	
2		foundation	26 days	Wed 4/1/20	Fri 5/1/20	NA	NA	Construction
3		columns floor 0	17 days	Sat 5/2/20	Wed 5/20/20	NA	NA	Construction
4		Roof 1	33 days	Thu 5/21/20	Wed 7/1/20	NA	NA	Construction
5		stair floor o	4 days	Thu 7/2/20	Mon 7/6/20	NA	NA	Construction
6		columns floor2	22 days	Tue 7/7/20	Sat 8/1/20	NA	NA	Construction
7		Roof 2	23 days	Sun 8/2/20	Tue 9/1/20	NA	NA	Construction
8		wall solid concrete	25 days	Wed 9/2/20	Wed 9/30/20	NA	NA	Construction
9		wall concrete 1	21 days	Thu 10/1/20	Sun 10/25/20	NA	NA	Construction
10		Rounded columns	18 days	Mon 10/12/20	Sun 11/1/20	NA	NA	Construction
11		Roof 3	9 days	Mon 11/2/20	Wed 11/11/20	NA	NA	Construction
12		wall	12 days	Thu 11/12/20	Wed 11/25/20	NA	NA	Construction
13		fream	39 days	Thu 11/26/20	Sun 1/10/21	NA	NA	Construction
14		Roof 4	31 days	Thu 1/21/21	Thu 2/25/21	NA	NA	Construction
15		ceramic floor 0	31 days	Thu 1/21/21	Thu 2/25/21	NA	NA	Construction
16		ceramic floor 0 out	20 days	Thu 2/25/21	Sat 3/20/21	NA	NA	Construction
17		External stair	6 days	Sat 3/20/21	Thu 3/25/21	NA	NA	Construction
18		Spherical shape	14 days	Thu 3/25/21	Sat 4/10/21	NA	NA	Construction
19		Wall sheathing	28 days	Thu 3/25/21	Mon 4/26/21	NA	NA	Construction
20		glass	16 days	Tue 4/27/21	Sat 5/15/21	NA	NA	Construction
21		External tiles	27 days	Sun 5/2/21	Tue 6/1/21	NA	NA	Construction

الشكل (15) يوضح التخطيط لتسلسل مراحل العمل في برنامج MS Project. (الباحثان)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

5.4.5 - نقل الملفات الى برنامج Nsvisworks:

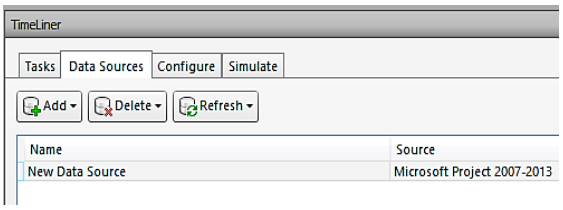
1.5.4.5- الانتقال الى BIM 4D في برنامج Navisworks من برنامج Revit:

يمكن استخدام طريقتين لتحقيق ذلك: أولا: عن طريق استيراد نموذج BIM من Revit عندما يبدأ Navisworks في العمل، أو ثانيا: عن طريق تصدير هذا النموذج من Revit إلى تنسيق ملف Navisworks. من مهام البرنامج المميزة هو التنسيق وكشف التعارضات ضمن التصميم لتلافي الاخطاء التي قد يغفل عنها المصممون (المعماري، والانشائي، والكهربائي، والميكانيكي اضافة الى مصممي الخدمات الصحية) سهواً وعدم حلها في برامج التأليف الخاصة بكل تخصص اضافة الى التعارضات الناتجة من مواقع الاليات والمعدات. حيث يمكن كشف التعارض بين الدرج الكهربائي والعمود في برمجية Navisworks أيضا وبعد اكمال عملية التنسيق وكشف التعارضات للتصميم في النموذج وحلها يكون النموذج جاهزًا للخطوة التالية:

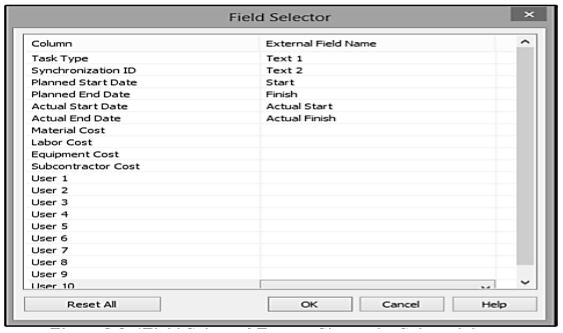
2.5.4.5- الانتقال من برنامج MS Project الى Navisworks Manage :

بعد الانتهاء من اكمال مخطط الجدول الزمني للمشروع في برنامج MS Project يتم نقله إلى برنامج Navisworks ليتم ربطه بالنموذج ومشاهدة محاكاة العمل في التنفيذ وإمكانية التغير في تسلسل مراحل العمل او اضافة المدة الزمنية او تقليله بعد اعداد التنسيقات بين الجداول في البرنامجين [16]، كما في موضح ادناه:

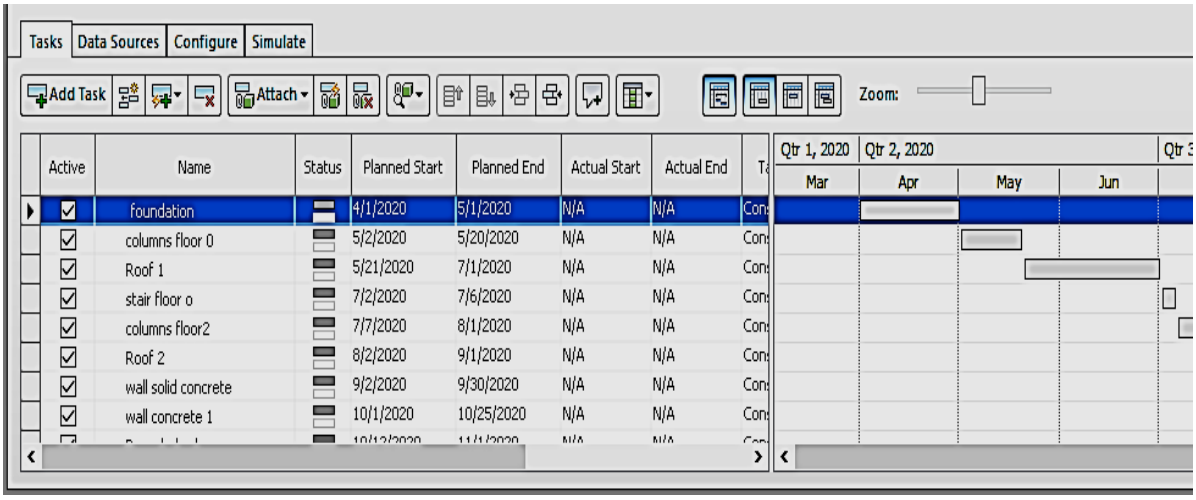
وفقا لدراسة Dirweesh يتيح استخدام ميزة (TimeLiner) و (Data Source) في برنامج Navisworks من إنشاء روابط جديدة بأنواع مختلفة في الجدول الوارد[4]. إذ يمكن مزامنة الحقول Synchronization التي تم انشائها من حيث اسم المشروع ورقم وتسلسل العنصر والبيانات وتاريخ البدء والانتهاء المخطط له كما موضح في الاشكال (16)، (17). إذ تظهر النافذة كما في الشكل (17) في كل مرة يتم استيراد المخطط الزمني. وفي هذا البحث تمّ اختيار حقول معينة لتلك النافذة نظراً لأن الجدول يعتبر جزءاً من مصادر البيانات Data Source، إذ أن أي تعديل يحدث في الجدول الزمني المتصل في برنامج MS Project سيظهر في برنامج Navisworks من خلال ميزة التزامن الموجودة Synchronize أو عبر إيعاز (إعادة بناء التسلسل الهرمي للمهام) Rebuild Task Hierarchy لتحديث المخطط المعد في Navisworks. وبذلك تساعد ميزة (التزامن) Synchronize على تحديث معلومات الأنشطة من الملف الرئيسي في برنامج MS Project، وتساعد ميزة (إعادة بناء التسلسل الهرمي للمهام) على استيراد جميع الأنشطة المرتبطة بالملف الرئيسي. والإشارة إلى أن ميزة (مصادر البيانات) Data Source تسمح باستيراد الجدول الزمني الى Navisworks وإرفاقها بالنموذج الرقمي. إذ يتم انتقال كافة المعلومات من الجدول المختار الى الحقل في البرنامج وبنفس الترتيب كما في الشكل (18).



الشكل (16) يوضح استيراد ملف مخطط الجدول الزمني من برنامج MS Project. (الباحثان)



الشكل (17) يوضح تنسيق الحقول والمزامنة بين الملف المستورد من برنامج MS Project. (الباحثان)

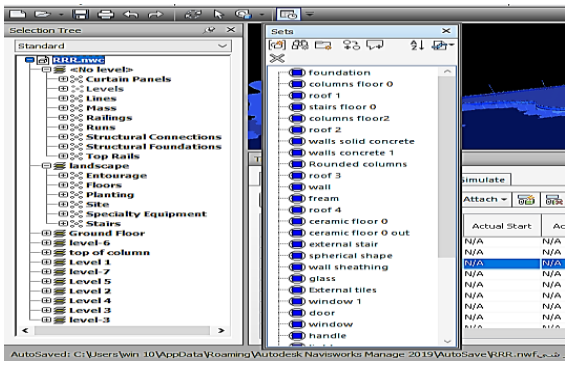


الشكل (18) يوضح مخطط الجدول الزمني المستورد في برنامج Navisworks. (الباحثان)

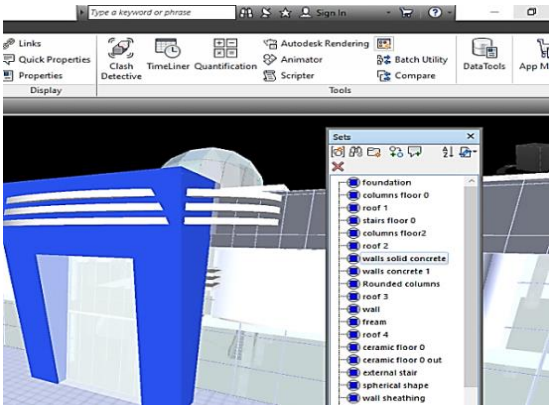
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

3.5.4.5- إنشاء مجموعات العناصر للنموذج:

بعد نقل النموذج الثلاثي الأبعاد الذي تم إنشاؤه في Revit إلى Navisworks Manage والمخطط المعد في برنامج MS Project وقبل تشغيل المحاكاة لعناصر النموذج، يجب أن تكون إحدى العمليات الأكثر ضرورة هي استخدام ميزة (مجموعات Sets) الموجودة في Navisworks Manage من أجل إنشاء مجموعات جديدة لعناصر النموذج اعتماداً على الطريقة التي تم اختيارها وفق المخطط المعد في برنامج MS Project [4]. الشكل (19). ويتم فرز جميع عناصر النموذج اعتماداً على نوع البناء والمهمة، على سبيل المثال، يتم تحديد العناصر التي تصف اكمال الاسس foundations في مهمة واحدة او منفصلة. ومن خلال الضغط على اسم العنصر في قائمة Selection Tree او Sets يظهر العنصر المحدد في النموذج الرئيسي بلون محدد ويمكن اختياره ضمن المجموعة كما في الشكل (20).



الشكل (19) يوضح قائمة Sets الخاصة بمجموعات مكونات المبنى. (الباحثان)

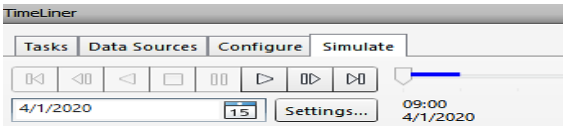


الشكل (20) يوضح قائمة Sets والعنصر المختار في القائمة واختيار العنصر في النموذج. (الباحثان)

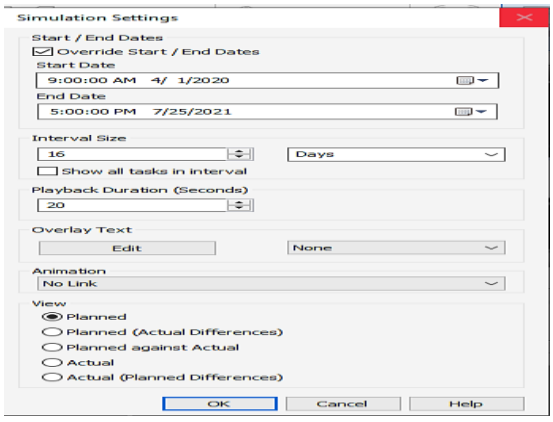
4.5.4.5- ربط عناصر النموذج مع أنشطة خطة الجدول الزمنية والمحاكاة:

ان من مزايا برنامج Navisworks Manage قدرته على ربط العناصر المتعلقة بالنموذج بمهام الجدول الزمني المعد في برنامج MS Project، إذ يتم استخدام خيار Liner Map Time للطبقات مع نفس الاسم والعمود في المجموعة المتصلة بالنشاط المحدد والخيار الإضافي ضمن (Auto-Attach Using Rules) في توصيل العناصر في قائمة Sets مع نموذج الجدول الزمني المعد. ثم يتم اختيار نوع المنشأ ضمن القائمة من حيث التنفيذ بصورة دائمية أي تنفيذه Construct مثل اعمال البناء التي تم ادخال البيانات في الجداول أو وجوده بصورة مؤقتة Temporary مثل الاليات وانواعها التي تم ادخال البيانات الخاصة بها والتي تظهر عند اجراء المحاكاة. اذ تختفي العناصر المؤقتة وحسب نوع الادخال والمدة الزمنية المحددة في رفع العناصر المؤقتة من المشروع اثناء التنفيذ. وبعد اكمال ربط الجدول الزمني بالعناصر وفق الاعدادات نلاحظ ظهور تسلسل مراحل العمل من حيث البدء في التنفيذ والانهاء منه وحسب التاريخ والمدة الزمنية المحددة في الجدول ضمن برنامج Navisworks كما في الشكل (18).

وبعد اكمال العمليات اعلاه تم اجراء المحاكاة BIM 4D من الخيار Simulate للمشروع من خلال الاعدادات الخاصة كما في الاشكال (21) ، (22) مما ساعد على مشاهدة بدء انشاء المشروع وتسلسله بمرور الوقت وحسب المدة المحددة في المخطط المعد وتسلسل مراحل المشروع والتي تتكون من ربط أنشطة البناء في المخطط بالكائنات ثلاثية الأبعاد في نموذج المبنى.



الشكل (21) يوضح اعدادات Simulate في برنامج Navisworks قبل اجراء عملية المحاكاة للنموذج 4D. (الباحثان)



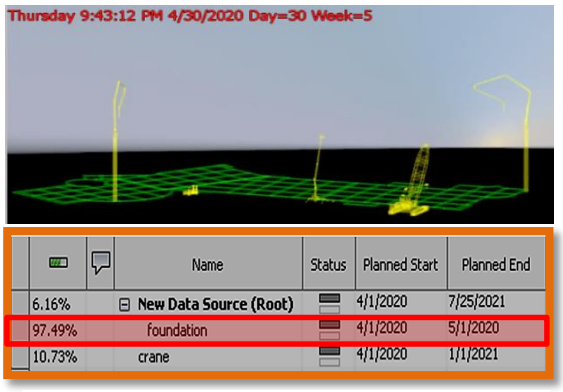
الشكل (22) يوضح اعدادات Simulate في قبل اجراء عملية المحاكاة للنموذج 4D. (الباحثان)

تعتبر إمكانات المحاكاة والتصوير المرئي المبكرة أمراً ضرورياً لنظام الإدارة الرقمية للتخطيط والتي تربط بين مخرجات التخطيط ونماذج البناء الافتراضية للمرحلة المبكرة ،حيث ظهرت التطورات في تطبيق الجدولة الزمنية والمحاكاة BIM 4D من حيث تخطيط طريقة البناء، والاتصال بالمقياس الزمني، وإدارة الموارد، وتخطيط مساحة العمل، ومتطلبات السلامة، وإدارة لوجستيات الموقع، وحركة العاملين والاليات، وتسليم المواد وتخزينها، والأعمال المؤقتة، وتحسين الاتصالات في مرحلة التصميم، والفهم المشترك لعملية البناء، وتمكين أكثر دقة في الوقت المحدد للتنفيذ وتبادل المعلومات المناسبة في الموقع.

فيما يلي توضح الاشكال النتائج والصور لمراحل محاكاة الجدول الزمني وتسلسل مراحل العمل للمشروع لكل مرحلة حسب نسبة الانجاز في برنامج Navisworks Manage وحسب المراحل المختلفة من العمل من بداية العمل الى نهايته:

www.manaraa.com

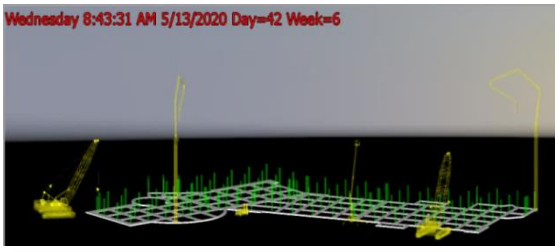
الشكل (23) يوضح محاكاة لمرحلة الاسس في اليوم والساعة وان نسبة الانجاز بلغت 97,49% في هذه اللحظة اضافة الى المدد المتبقية لنوع المعدات والاليات وان النسبة المئوية للإنجاز الكلي للمشروع هي 6,16% .



	Name	Status	Planned Start	Planned End
6.16%	New Data Source (Root)		4/1/2020	7/25/2021
97.49%	foundation		4/1/2020	5/1/2020
10.73%	crane		4/1/2020	1/1/2021

الشكل (23)

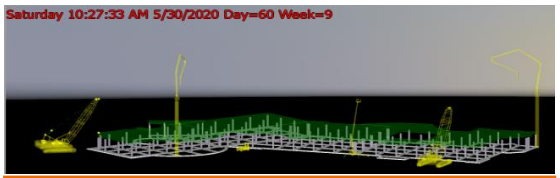
الشكل (24) يوضح محاكاة لمرحلة بناء الاعمدة في الطابق الارضي في اليوم والساعة وان نسبة الانجاز بلغت 60,16% في هذه اللحظة اضافة الى نسبة الانجاز المخططة للمشروع بلغت 8,75%. اضافة الى المدد المتبقية لنوع الالية Crane بلغت 15,25% من المجموع الاجمالي في المشروع.



	Name	Status	Planned Start	Planned End
8.75%	New Data Source (Root)		4/1/2020	7/25/2021
60.16%	columns floor 0		5/2/2020	5/20/2020
15.25%	crane		4/1/2020	1/1/2021
14.27%	boom crane		4/1/2020	1/20/2021

الشكل (24)

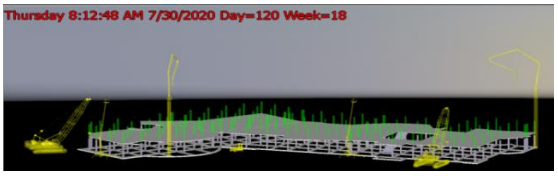
الشكل (25) يوضح محاكاة لمرحلة صب سقف الطابق الارضي في اليوم والساعة وان نسبة الانجاز بلغت 22,02% في هذه اللحظة للمدة المقررة لإنجاز الفقرة اضافة الى نسبة الانجاز المخططة للمشروع بلغت 12,3 % من المجموع الاجمالي للفقرات.



	Name	Status	Planned Start	Planned End
12.3%	New Data Source (Root)		4/1/2020	7/25/2021
22.02%	Roof 1		5/21/2020	7/1/2020
21.45%	crane		4/1/2020	1/1/2021

الشكل (25)

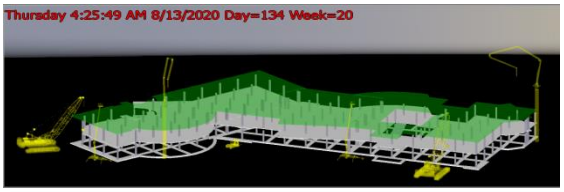
الشكل (26) يوضح محاكاة لمرحلة تنفيذ اعمدة الطابق الاول في اليوم والساعة وان نسبة الانجاز بلغت 90,82% في هذه اللحظة للمدة المقررة لإنجاز الفقرة اضافة الى نسبة الانجاز المخططة للمشروع بلغت 24,98 % من المجموع الاجمالي للفقرات مع زيادة مدة الانجاز للمعدات والاليات.



	Name	Status	Planned Start	Planned End
24.98%	New Data Source (Root)		4/1/2020	7/25/2021
90.82%	columns floor2		7/7/2020	8/1/2020
43.57%	crane		4/1/2020	1/1/2021

الشكل (26)

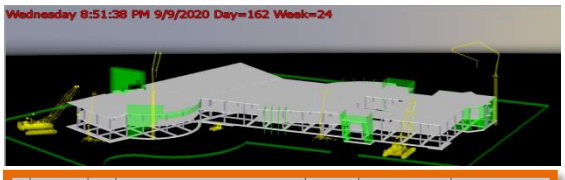
الشكل (27) يوضح محاكاة لمرحلة تنفيذ صب سقف الطابق الاول في اليوم والساعة وان نسبة الانجاز بلغت 35,77% في هذه اللحظة للمدة المقررة لإنجاز الفقرة اضافة الى نسبة الانجاز المخططة للمشروع بلغت 27,87 % من المجموع الاجمالي للفقرات مع زيادة مدة الانجاز للمعدات والاليات.



	Name	Status	Planned Start	Planned End
27.87%	New Data Source (Root)		4/1/2020	7/25/2021
35.77%	Roof 2		8/2/2020	9/1/2020
48.6%	crane		4/1/2020	1/1/2021

الشكل (27)

الشكل (28) يوضح محاكاة لمرحلة تنفيذ فقرات بعض الاجزاء في اليوم والساعة وان نسبة الانجاز بلغت 26,6% في هذه اللحظة للمدة المقررة لإنجاز الفقرة اضافة الى نسبة الانجاز المخططة للمشروع بلغت 33,63% من المجموع الاجمالي للفقرات مع زيادة مدة الانجاز للمعدات والاليات.

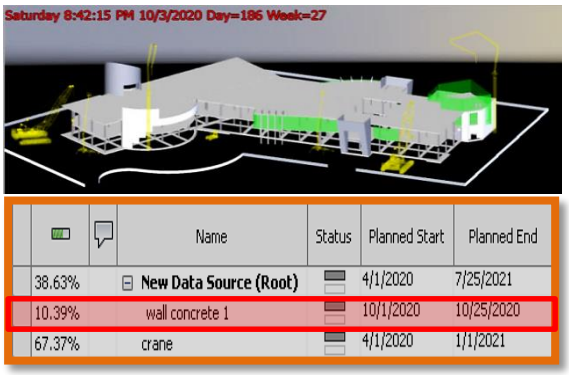


	Name	Status	Planned Start	Planned End
33.63%	New Data Source (Root)		4/1/2020	7/25/2021
26.6%	wall solid concrete		9/2/2020	9/30/2020
58.65%	crane		4/1/2020	1/1/2021

الشكل (28)

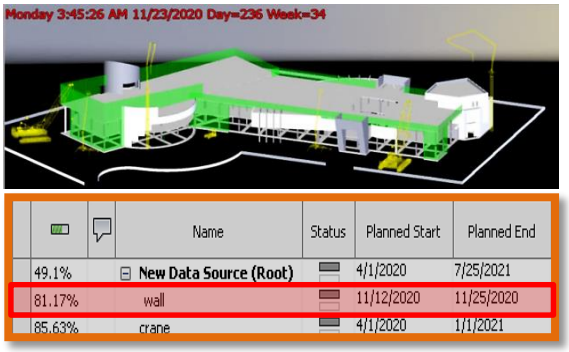
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الشكل (29) يوضح محاكاة لمرحلة تنفيذ فقرة الجدار وان نسبة الانجاز بلغت 10,39% في هذه اللحظة للمدة المقررة لإنجاز الفقرة اضافة الى نسبة الانجاز المخططة للمشروع بلغت 38,63 % من المجموع الاجمالي للفقرات.



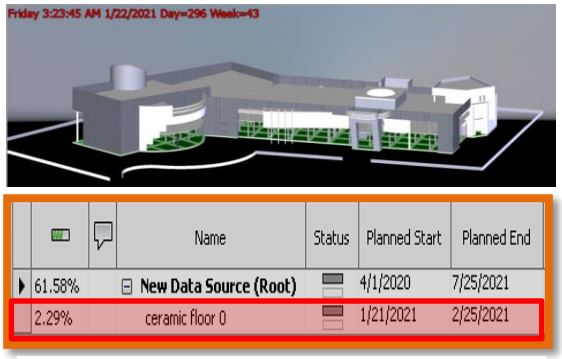
الشكل (29)

الشكل (30) يوضح استمرار عملية المحاكاة 4D في اليوم والساعة للجدار وان نسبة الانجاز بلغت 81,17% للمدة المقررة لإنجاز الفقرة اضافة الى نسبة الانجاز المخططة للمشروع بلغت 49,1% من المجموع الاجمالي للفقرات.



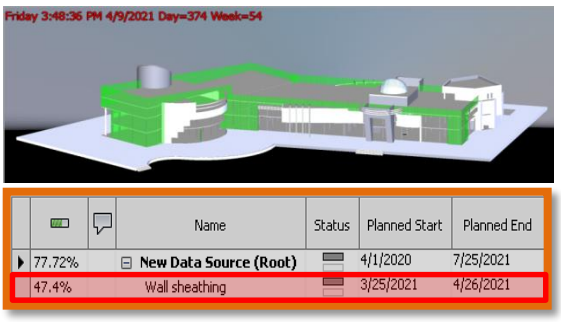
الشكل (30)

الشكل (31) عملية المحاكاة لفقرة صف الارضية الداخلية وان نسبة الانجاز بلغت 2,29% للمدة المقررة لإنجاز الفقرة اضافة الى نسبة الانجاز المخططة للمشروع بلغت 61,58 % من المجموع الاجمالي للفقرات مع اخفاء الاليات والمعدات بسبب انتهاء المدة المحددة في اكمال وانجاز الفقرات.



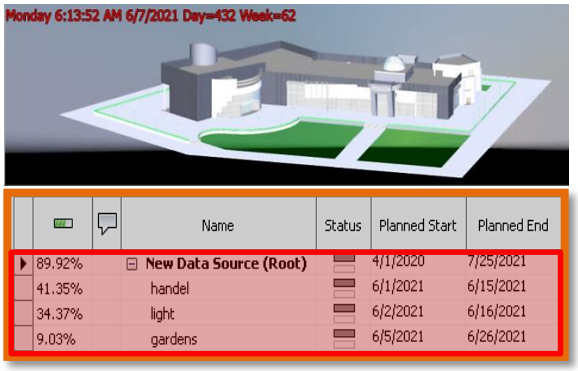
الشكل (31)

الشكل (32) يوضح استمرار عملية المحاكاة لفقرة تغليف الجدار وان نسبة الانجاز بلغت 47,4% للمدة المقررة لإنجاز الفقرة.



الشكل (32)

الشكل (33) يوضح استمرار محاكاة اعمال البناء والتي هي قيد الانجاز وحسب النسب المنجزة لكل فقرة.



الشكل (33)

تستمر عملية المحاكاة لكل اجزاء المشروع المرتبط بالجدول الزمني المعد ويبين نسب الانجاز لكل جزء في الوقت الذي يجري فيه عملية المحاكاة مما يعطي تصور واضح عن طبيعة تنفيذ العمل ومراحل تسلسله ومواقع الاليات والمعدات وطرق الوصول الى الموقع وكشف التعارضات بينها وامكانية التغير والتحديث على الجدول الزمني من حيث المدد الزمنية المقترحة وتسلسل العمليات وكذلك التحديث التلقائي بشكل مستمر لمعلومات النموذج BIM 4D بين البرنامجين MS Project و Navisworks Manage.

وبذلك نستنتج ان المستوى BIM 4D يضيف اهمية كبيرة للمصممين والمقاولين/ أو الجهات المنفذة والجهة المستفيدة في اتخاذ القرارات اثناء التصميم وتلافي المشاكل والاخطاء التي تحدث في مراحل التنفيذ كما حدث في تنفيذ مشروع حالة الدراسة.

6- مناقشة النتائج والاستنتاجات:

1.6- مدخلات ومخرجات الجدولة الزمنية للمشروع وفق الطريقة التقليدية للتصميم بالمقارنة مع مدخلات ومخرجات الجدولة الزمنية للمشروع وفق نظام BIM4D:

للوصول الى تصور واضح حول متطلبات العمل وفق نظام BIM 4D ارتأى البحث الى اعادة تمثيل مشروع واقعي وفق البرامج المعتمدة في نظام BIM والتي مكّنت من النمذجة الدقيقة للعناصر والكائنات الداخلة في المشروع والتفصيل الدقيق لها لحساب الجدولة الزمنية. يستعرض البحث ضمن النتائج مدخلات ومخرجات الجدولة الزمنية للمشروع ضمن نظام BIM 4D ومدخلات ومخرجات الجدولة الزمنية للمشروع ضمن طريقة التصميم التقليدية والمقارنة بينهما، ومن خلال المقارنة يستكشف البحث متطلبات تطبيق نظام BIM 4D التي تفتقر اليها الطرق

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

التقليدية، كما يستكشف بعض الأسباب التي قادت الى التأخير في تنفيذ المشروع في الطريقة التقليدية.

وفيما يلي عرض لأبرز مدخلات ومخرجات العمل في نظام BIM 4D والطرق التقليدية والمقارنة بينهما:

أ- المشروع الأصلي اعد تصميمه سابقاً وفق الطريقة التقليدية والمعروفة باسم Design-Bid-Build (DBB)، أي (التصميم- الاعلان كمناقصة- التنفيذ). اذ اعتمد في مرحلة العطاءات على الاعلان عن المشروع لتنفيذه بصيغة المناقصة استناداً الى ما جاء في جريدة الوقائع العراقية - العدد 4325 ضمن ضوابط تعليمات تنفيذ العقود الحكومية المحدثة رقم 2 لسنة 2014 والمنقحة في تموز 2017 والمعتمدة في دوائر القطاع العام في العراق. اذ لم يتم مشاركة المقاول في مرحلة التصميم وانما اثناء مرحلة التنفيذ بعد احالة العمل اليه. خلافا لمشروع حالة الدراسة وفق نظام BIM الذي اعتمد الطريقة المعروفة باسم Design-Build (DB)، اي (التصميم والبناء)، والذي يتطلب وجود المقاول/ أو الجهة المنفذة في المراحل المبكرة من عملية التصميم واعتبار وجوده افتراضياً في هذا البحث من قبل الباحثين. اذ اعتمدت هذه الطريقة في تصميم المشروع الذي يعلن عنه قبل التصميم كمتطلبات عمل في مرحلة العطاءات وفق الشروط المنصوص عليها لإعداد التصاميم ثم التنفيذ من قبل نفس المقاول/ أو الجهة المنفذة وهي بذلك تلبي اهم شروط نظام BIM المتمثلة بمشاركة المقاول/ أو الجهة المنفذة في مرحلة التصميم.

ب - صمم المشروع الأصلي في برنامج AutoCAD بإعتماد الرسوم الورقية الثنائية الأبعاد والتمثيل الثلاثي الابعاد 3D للمشروع والذي اتسم بافتقاره الى التفاصيل مما أدى الى عدم القدرة على تقديم التفسير الواضح والدقيق لتفاصيل المشروع. وتمخض عن ذلك حدوث الكثير من المشاكل منها اوامر التغيير في المواد والمواصفات والتأخير في انجاز المشروع وفق المدة المحددة في العقد المبرم مع المقاول. وخلافاً لذلك نجد أن التصميم الإفتراضي لمشروع الحالة الدراسية في نظام BIM اتسم بإنشاء النموذج الرقمي ثلاثي الابعاد الغني بالتفاصيل الواضحة والدقيقة والتي تُمكّن الاطراف المشاركة ومن ضمنهم المقاول/ أو الجهة المنفذة من التعرف على كافة التفاصيل بوضوح وامكانية اجراء عمليات المحاكاة المختلفة للنموذج وتقدير الجدولة الزمنية الدقيقة في انجاز العمل بحيث كانت النتائج دقيقة عند اجراء عملية المحاكاة.

ت - في طريقة التصميم التقليدية، تمّ إعداد مخطط الجدولة الزمنية من قبل المقاول بعد احالة العمل اليه وتم الاتفاق عليه مع اللجنة المشرفة في تقسيم المدة التقديرية للفقرات الواردة في وثائق عطاءات المشروع وضمن المدة المقررة في العقد المبرم مع المقاول. اذ أُعدّ الجدول الزمني تقديرياً ولم تجري عمليات المحاكاة في تصور التصميم ومراحل الانجاز وتسلسل العمليات وتتبع مراحل التنفيذ الافتراضي مما جعلت النتائج غير دقيقة في اعطاء الزمن الحقيقي لتنفيذ الاعمال. وبالمقارنة مع محاكاة تصميم حالة الدراسة وفق نظام BIM 4D وبمشاركة المقاول افتراضياً واعداد الخطة المعدة في برنامج MS Project ثم محاكاة المشروع في برنامج Navisworks ومشاهدة تنفيذ تسلسل مراحل العمل، حيث يكون دور المقاول/ أو الجهة المنفذة مهما في المشاركة المبكرة في مراحل التصميم وهذا جزء مهم من اهداف BIM لاطلاع المقاول/ أو الجهة المنفذة على التصاميم ومشاركته وابداء رأيه والمشورة في بيان انظمة التنفيذ واختيار المواد وتقدير التكلفة ومنحه الفرصة للمساهمة في تطوير معلومات التصميم.

ث - في المشروع الأصلي تمّ تقدير المدة الزمنية من قبل المسؤولين في بلدية الموصل قياساً على مشاريع مماثلة بـ 720 يوم لتنفيذ العمل وذلك في مرحلة العطاءات اثناء الاعلان عنها كمناقصة، حيث كانت النتيجة سلبية اذ لم ينجز المشروع في الوقت المحدد، ومنح المشروع مدة اضافية قدرها 325 يوم من قبل الجهات المسؤولة لإكمال فقرات العمل. بخلاف الحالة الدراسية التي صممت وفق نظام BIM4D اذ ان المدة التقديرية لإنجاز مراحل تنفيذ المشروع بلغت 405 يوم بعد محاكاة المشروع اثناء مرحلة التصميم واجراء التعديلات المتكررة من قبل الباحثين اثناء عملية المحاكاة في تزامن تنفيذ الفقرات بما لا يؤثر على بعضها وأولية تسلسل تنفيذ العمل.

ج - وفق الطريقة التقليدية التي وضع فيها الجدول الزمني للمشروع، نجد أنها خصصت الجدولة الزمنية لكافة الاعمدة الكونكريتية في المشروع ولم يتم الفصل بين نوع الاعمدة او لكل طابق وتسلسل مراحل تنفيذه، وانما تم تقدير المدة الزمنية لتنفيذ الفقرة اجمالياً بمجموع تسعون يوماً، الا انها لم تنجز في الوقت المخطط لها، وقد أستلزم تنفيذه اكثر من 150 يوم. مقارنة بالطريقة الافتراضية المنفذة وفق BIM، اذ تم تصنيف الاعمدة للمشروع الى الانواع المحددة في التصميم وتصنيف اعمدة كل طابق بمعزل عن الاخر وتنظيم تسلسل مراحل تنفيذها وتقدير مدة تنفيذ كل نوع. مما اصبحت المدة الاجمالية بـ 57 يوم لتنفيذ كافة الاعمدة الكونكريتية.

ح - لم يتم فرز الاعمال الكونكريتية للسقف والديكورات والسلالم في مستندات المشروع او في جدول تقدم العمل اذ قدرت المدة الزمنية بناءً على الكمية الاجمالية للمشروع وبمدة 123 يوم مخطط لإنجاز العمل. بينما الانجاز الفعلي كان بمدة 245 يوم. خلافاً لحالة الدراسة وفق نظام BIM، اذ صنفت المكونات في برنامج Revit من حيث السقف لكل طابق والسلالم الداخلية والخارجية والديكورات في الواجهة والجدران الكونكريتية وامكانية ادخال المتغيرات لكل عنصر او كائن، وتقدير مدة انجاز منفصلة عن الاخرى لكل منها في الخطة المعدة في برنامج MS Project ومحاكاتها في برنامج Navisworks لمشاهدة تسلسل مراحل التنفيذ، اذ بلغت المدة الاجمالية لها 160 يوم. ويشير الفرق الواضح الى عدم الدقة في تقدير المدة المطلوبة لإنجازها في الطريقة التقليدية. اضافة لذلك تم دمج الاعمال الكهربائية والميكانيكية لكل منهما في حقل واحد وتقدير المدة الزمنية لها اجمالياً ولم يتم فرزها وتصنيفها في الطريقة التقليدية.

اذ يمكن وفق نظام BIM 4D مشاهدة تسلسل مراحل تنفيذ العنصر من حيث مشاهدة اكمال القالب الخشبي لأعمال النجارة واعمال مرحلة التسليح بالحديد ومرحلة الصب بالكونكريت خلافاً للطريقة التقليدية التي تفتقر الى تصور ومشاهدة هذه المراحل.

خ - بخلاف المشاريع وفق نظام BIM 4D فإن قلة التفاصيل الرقمية الثلاثية الابعاد ومخططاتها الثنائية الابعاد وعدم مطابقتها مع فقرات العمل في مستندات المشروع وعدم مشاركة فريق التصميم في مراحل تنفيذ العمل مما تطلب في بعض الحالات مفاتحة المصمم للاستفسار عن التفاصيل وبيان رأيه والذي ادى الى احداث نزاعات بين رب العمل والمقاول والشكاوى المتبادلة لدى المحاكم المختصة مسبباً التوقف عن العمل لحين اصدار القرارات من قبل المحاكم المختصة.

د - أثناء العمل في مشروع حالة الدراسة الذي صمم في برامج النمذجة لنظام BIM برزت الحاجة الى تحديد المواد التفصيلية الدقيقة الداخلة في عمليات المشروع والتي يجب ان تكون معرّفة ضمن المدونات العراقية للعمل بها في برامج النمذجة ضمن مكتبات العناصر اسوة بالدول الرائدة في تطبيق النظام. يضاف الى ذلك، أن التصميم التقليدي يفتقر أيضا الى وجود مكتبات وطنية تحتوي على

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

المواد والعناصر التفصيلية والمعتمدة وفق مدونات عراقية للاعتماد عليها عند اختيار المواد والعناصر مما ادى الى عدم التخطيط الحقيقي لتسلسل مراحل العمل التفصيلي وضمان توفر المواد في الاسواق والتأكد من قدرة الشركات المصنعة او المجهزين على تجهيز المواد اثناء التنفيذ. فخلال عملية التنفيذ استحدثت اوامر غيار لاستبدال بعض المواد المذكورة في وثائق المشروع لفقدانها من الاسواق اثناء تنفيذ العمل، مما اثر سلبا على المدة المقررة لتنفيذ العمل مسببا التأخير في انجاز المشروع.

ذ - بخلاف المشاريع وفق نظام BIM 4D فإن افتقار المشروع الى نظام تصنيف معلومات عناصر وكائنات المشروع وفق انظمة معتمدة عالميا لتمكين الشخص المسؤول بسهولة من الوصول الى البيانات المطلوبة لتقدير الزمن اللازم وتسلسل مراحل انتاج العناصر والذي أدى بالتالي الى عدم وجود تصنيف لمكونات المشروع وتحديد المدة التقديرية لها. اذ ان تصميم المشروع وفق نظام BIM يتطلب تصنيف معلومات المشروع في البرنامج والذي يسهم في اعداد الخطة الزمنية لها وربطها بالجدول الزمني ومحاكاة تسلسل تنفيذه. اضافة الى ذلك عدم وجود قاعدة بيانات رقمية للمشروع تجعل من الصعب تحديث البيانات اثناء مراحل التنفيذ والتغذية الارجاعية لها خلافا لنظام BIM الذي يتسم بوجود قاعدة بيانات رقمية ووجود تقنيات مُعرّفة ضمن النظام تساعد على جمع البيانات في مراحل العمل وامكانية التحديث عليها عند التغيير اثناء العمليات.

ر - بخلاف المشاريع التي تنفذ وفق نظام BIM 4D فإن عدم وجود نظام لإدارة وتبادل المعلومات بين فريق العمل التصميمي وانشاء مخزن رقمي لخزن الملفات وامكانية متابعة العمل من موقع مركزي في مرحلة التصميم والتنفيذ مما كان الاثر الواضح في عدم تنظيم بيانات المشروع. كما ان عدم وجود نظام لإدارة العمل ضمن منصة مشتركة داخلياً او على شبكة الويب، علما ان ثلاث جهات أشرفت على المشروع وهي: الارتباط والاشراف من قبل دائرة ادارة المشاريع في محافظة نينوى من جهة، ولجنة الاشراف المتمثلة بدائرة المهندس المقيم والعائدة الى بلدية الموصل من جهة ثانية، وشعبة المشاريع في بلدية الموصل من جهة ثالثة، مما كان الاثر الواضح في عدم تنسيق المخاطبات ومتابعة العمل بصورة صحيحة وتبادل المعلومات مما نتج عنه التأخير في اتخاذ القرارات في الوقت المناسب مسبباً التأخير في التنفيذ.

ز - اتسم التصميم والتنفيذ بالطرق التقليدية بعدم وجود تواصل بين المصممين والمقاول في مراحل التصميم من جهة والدوائر الاخرى التي لها علاقة بخدمات البنية التحتية مثل دوائر الماء والمجاري والكهرباء من جهة اخرى، وبالتالي فإن التكامل والتعاون كان معدوم للغاية مما شكّل علاقات صعبة وتخاصمية بين رب العمل والمقاول اثناء التنفيذ لاحقاً، اضافة لذلك حدوث تعارضات مع البنى التحتية مما ادى الى استحداث فقرات جديدة وتحويل مسار القنوات المائية مما كان لها الاثر الواضح في التأخير لتنفيذ العمل. بخلاف مشروع حالة الدراسة وفق نظام BIM4D اذ يتيح النظام امكانية التواصل من خلال نهجه التشاركي والنموذج المتكامل وتحديد الاهداف وازالة المشاكل في المراحل المبكرة من عملية التصميم مما يؤدي الى عدم ظهور عوارض اثناء محاكاة التصميم.

س - بخلاف المشاريع التي تنفذ وفق نظام BIM4D فإن عدم وجود معايير تنظم العمل الهندسي بين اعضاء الفريق التصميمي في الطريقة التقليدية ادت الى انتاج تصاميم غير منسقة بين نماذج التخصصات المختلفة. فمن النقاط المهمة التي اكتشفها الباحثان اثناء اعداد نموذج BIM الثلاثي الابعاد بالاعتماد على الرسومات ثنائية الابعاد للمشروع، وعند اكمال التصميم واجراء عملية كشف التعارضات ضمن برنامج Revit كشف البرنامج وجود تعارض قوي بين موقع الدرج الكهربائي والاعمدة القريبة والاسس كما مذكور وموضح في الشكل (7)، كما وتم التأكيد على الحالة في برنامج Navisworks لكشف التعارض. إذ تبرز اهمية كشف التعارضات في نظام BIM في المراحل المختلفة سواء من قبل المصممين في برامج التصميم او من قبل المسؤول عن محاكاة الجدولة الزمنية 4D، مما تسهم في تلافي المشاكل المستقبلية. اذ استنتج البحث عدم تطابق المساحة المذكورة في مخططات المشروع مع المساحة اللازمة لنصب الدرج الكهربائي وكذلك عدم وجود تفصيل واضح حول الية التركيب مع السقف في المخططات.

ش - بالإضافة الى أن عدم التواصل بين اعضاء الفريق المصمم والاستشاريين خلال فترة التصميم التقليدي أدت الى تصميم المخططات المعمارية والانشائية والكهربائية والميكانيكية والصحية بمعزل عن بعضهم. إذ صمم الاستشاري الانشائي المخططات بدون التواصل مع الانشائيين في البلدية وكذلك المصممين المعماريين وعدم التنسيق والدمج بين المخططات لكشف التعارضات مما ادى الى حدوث تعارضات لاحقة اثناء التنفيذ بعدم تطابق المخططات الانشائية مع المعمارية واختلاف مناسيب ارتفاع المبنى بين التصميم المعماري والانشائي، اضافة الى عدم ملاءمة ابعاد فتحات التكييف والذي صممه الانشائي مع المخططات المعدة من قبل المصمم الميكانيكي مسبباً الارباك والتأخير في العمل واجراء المخاطبات مع الجهات المسؤولة لبيان الاعتماد على المخططات الانشائية أم المعمارية اضافة الى تعارض مسار الاسلاك الكهربائية مع قنوات التكييف وتغيير المسارات مسببا هدر للوقت والتأخير في انجاز العمل. وبخلاف حالة الدراسة وفق نظام BIM4D ، اذ صمم النموذج رقميا وثلاثي الابعاد ومركزياً قادر على أن يحتوي على تفاصيل التخصصات الهندسية المختلفة وامتيازه بأجراء عملية كشف التعارضات في البرنامج مما يمكّن من اكتشاف المشاكل مسبقاً وعدم التأخير لاحقاً في المدة المقررة لتنفيذ العمل.

ص - بخلاف المشاريع وفق نظام BIM4D لم يتم احتساب عدد العمال والاليات التي سوف تعمل في الموقع وعدد ساعات وايام التشغيل الفعلي والعطل والمناسبات والاجتماعات الدورية التي يجب ان تتضمن في مخطط الجدول الزمني اثناء التصميم. مقارنة بمشروع حالة الدراسة الذي اعد الخطة اللازمة وفق نظام BIM 4D والذي تطلب احتساب عدد العمال والاليات ونوعها التي سوف تعمل في الموقع والتي سوف توفرها المقاول/ أو الجهة المنفذة وعدد ساعات العمل وايام التشغيل الفعلي مما كان الاثر الواضح في تقدير المدة الدقيقة للعمل ومحاكاة مواقع الاليات ومسار حركتها.

وفيما يلي جدول يوضح المقارنة بين النظام التقليدي الذي صمم المشروع الاصلي وفقه ونظام BIM لمشروع حالة الدراسة.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الجدول (1) يوضح المقارنة بين النظام التقليدي الذي صمم المشروع الاصلي وفقه ونظام BIM لمشروع حالة الدراسة. (الباحثان)

ت	التصميم وفق الطريقة التقليدية	التصميم وفق نظام BIM
1	المشروع الأصلي اعد تصميمه وتنفيذه سابقاً وفق الطريقة التقليدية والمعروفة باسم Design-Bid-Build (DBB) ، أي (التصميم-الاعلان كمناقصة- التنفيذ).	مشروع حالة الدراسة وفق نظام BIM اعتمد الطريقة المعروفة باسم Design-Build (DB)، اي (التصميم والبناء)، والذي يتطلب وجود المقاول/أو الجهة المنفذة في المراحل المبكرة من عملية التصميم ويستمر في عملية التنفيذ وهي من متطلبات نظام BIM .
2	المشروع الأصلي صمم في برنامج AutoCAD بإعتماد الرسوم الورقية الثنائية الأبعاد والتمثيل الثلاثي الابعاد للمشروع 3D والذي اتسم بافتقاره الى التفاصيل.	مشروع حالة الدراسة في نظام BIM اتسم بإنشاء النموذج الرقمي الثلاثي الابعاد في برنامج Revit والغني بالتفاصيل الواضحة والدقيقة.
3	تمّ إعداد مخطط الجدولة الزمنية من قبل المقاول بعد احالة العمل اليه وتم الاتفاق عليه مع اللجنة المشرفة في تقسيم المدة التقديرية للفقرات الواردة في وثائق عطاءات المشروع وضمن المدة المقررة في العقد المبرم مع المقاول.	تم محاكاة تصميم حالة الدراسة وفق نظام BIM 4Dاثناء التصميم وبمشاركة المقاول/ أو الجهة المنفذة افتراضياً واعداد الخطة المعدة في برنامج MS Project ثم محاكاة المشروع في برنامج Navisworks ومشاهدة تسلسل مراحل العمل واحتساب المدة اللازمة لتنفيذ العمل.
4	في المشروع الأصلي تمّ تقدير المدة الزمنية من قبل المسؤولين في بلدية الموصل قياساً على مشاريع مماثلة بـ 720 يوم مع مدد اضافية لاحقة بلغت 325 يوم.	مشروع الحالة الدراسية صمم وفق نظام BIM4D بعد محاكاة التصميم، وبلغت المدة التقديرية لإنجاز مراحل تنفيذ المشروع 405 يوم.
5	وفق الطريقة التقليدية التي وضع فيها الجدول الزمني للمشروع، نجد أنها خصصت الجدولة الزمنية لفقرات عمل مدمجة ولم يتم تصنيف الفقرة.	في الحالة الدراسية وفق BIM، تم تصنيف فقرات المشروع الى الانواع المحددة في التصميم وتصنيف كل جزء محدد مع تحديد المدة اللازمة لتنفيذه.
6	التصميم التقليدي افتقر الى وجود مكتبات وطنية تحتوي على المواد والعناصر التفصيلية والمعتمدة وفق مدونات عراقية.	أثناء العمل في مشروع حالة الدراسة الذي صمم في برامج النمذجة لنظام BIM برزت الحاجة الى تحديد المواد التفصيلية الدقيقة الداخلة في عمليات المشروع والتي يجب ان تكون مُعرّفة ضمن المدونات العراقية للعمل بها في برامج النمذجة ضمن مكتبات العناصر.
7	افتقار المشروع الى نظام تصنيف معلومات عناصر وكائنات المشروع وفق انظمة معتمدة عالميا لسهولة الوصول اليها من قبل المشاركين.	تم تصنيف معلومات عناصر وكائنات المشروع في البرنامج والذي اسهم في اعداد الخطة الزمنية لها وربطها بالجدول الزمني ومحاكاة تسلسل تنفيذه وسهولة الوصول الى هذه المعلومات.
8	يفتقر الطريقة التقليدية الى نظام لإدارة وتبادل المعلومات بين فريق العمل التصميمي وانشاء مخزن رقمي لخزن الملفات وامكانية متابعة العمل من موقع مركزي في مرحلة التصميم والتنفيذ.	امكانية اعداد نظام لإدارة وتبادل المعلومات بين الفرق المشاركة ضمن موقع مركزي مع وجود قاعدة بيانات تتضمن جميع معلومات المشروع مع التحديث عليها طوال دورة حياة المشروع من التصميم الى البناء الى التشغيل والصيانة.
9	عدم وجود تواصل بين المصممين والمقاول/ أو الجهة المنفذة في مراحل التصميم من جهة والدوائر الاخرى التي لها علاقة بخدمات البنية التحتية مثل دوائر الماء والمجاري والكهرباء من جهة اخرى.	مشروع حالة الدراسة وفق نظام BIM4D اتاح امكانية التواصل من خلال نهجه التشاركي والنموذج المتكامل وتحديد الاهداف وازالة المشاكل في المراحل المبكرة.
10	عدم وجود معايير تنظم العمل الهندسي بين اعضاء الفريق التصميمي ادت الى انتاج تصاميم غير منسقة بين نماذج التخصصات المختلفة وظهور تعارضات لاحقة في مرحلة التنفيذ.	وجود معايير تنظم العمل الهندسي وتلزم في التنسيق بين نماذج التخصصات الهندسية المختلف مع اجراء عمليات كشف التعارضات مما نتج عنه تصميم خالي من التعارضات.
11	افتقار الطريقة التقليدية في احتساب عدد العمال والاليات التي سوف تعمل في الموقع وعدد ساعات وايام التشغيل الفعلي والعطل والمناسبات والاجتماعات الدورية التي يجب ان تتضمن في مخطط الجدول الزمني اثناء التصميم.	في مشروع حالة الدراسة اعد الجدولة الزمنية وفق نظام BIM4D مما تطلب احتساب عدد العمال والاليات ونوعها التي سوف تعمل في الموقع والتي سوف يوفرها المقاول/ أو الجهة المنفذة وعدد ساعات العمل وايام التشغيل الفعلي وتحديد ايام العطل والاجتماعات الدورية لفريق العمل.

2.6 - متطلبات تطبيق BIM 4D في العراق:

بعد اكمال عمليات محاكاة الجدولة الزمنية في تحليل المشروع وفق النموذج 4D يمكن إيجاز أهم متطلبات تطبيق هذه التقنية في الواقع المحلي والتي لم تتوفر اثناء العمل بالمشروع في الأسلوب التقليدي. حيث يمكن إدراجها ضمن ثلاث مستويات وهي استراتيجيات التصميم، واساليب توظيف المعلومات، والمشاركة وتحديد الادوار والمسؤوليات. وكما يلي:

1.2.6 - متطلبات تطبيق BIM 4D على مستوى استراتيجيات التصميم وفق نظام BIM خلافاً للطريقة التقليدية:

- تسبق عملية النمذجة 4D عدة خطوات للوصول الى الجدولة الزمنية منها النمذجة الثلاثية الابعاد والتي تتطلب الحاجة الى اعداد نموذج ثلاثي الابعاد رقمي موحد ويمثل نموذج مركزي بأحد ادوات BIM ويحتوي على كافة التفاصيل ويعتمد المدونات العراقية في تعريف مكتبات المكونات الداخلة في التصميم، بحيث يكون مقسما ومصنفا الى عناصر تساعد في اعداد الجدولة الزمنية وامكانية محاكاته لبيان كيفية انشائه وعلاقته مع العناصر والاجزاء الاخرى. واستخدام تقنيات النمذجة البارامترية في عمليات التصميم للاستفادة منها في التغير التلقائي للعناصر وتمكين التغذية الارجاعية تلقائياً في قائمة العناصر وفي مخطط الجدول الزمني المعد، والجمع والتحديث التلقائي للنماذج، وإمكانية إعادة تنظيم وتقسيم مكونات النموذج بعد استيرادها. وهذا يتطابق مع فرضية البحث بأن إعتماد تفاصيل المعلومات التصميمية الرقمية الدقيقة الثلاثية الابعاد وتصنيف مستوى هذه المعلومات من متطلبات نظام BIM 4D التي تفتقر لها الطريقة التقليدية مسببة التأخير في تنفيذ المشاريع.
- التنسيق وكشف التعارضات بين نماذج التخصصات الهندسية للمشروع ضمن التخصص الواحد او بين التخصصات الاخرى، حيث تتيح عملية اكتشاف التعارضات بين النماذج المعمارية والإنشائية والكهربائية والميكانيكية والتخصصات الاخرى ان وجدت حل المشاكل التي قد تنشأ أثناء مرحلة البناء، مما تساهم في توفير الوقت وحساب الجدولة الزمنية الدقيقة. وهذا يتطابق مع فرضية البحث بأن التنسيق والتطابق بين نماذج التخصصات المشاركة في التصميم من متطلبات نظام BIM والتي لا تدعمها الطريقة التقليدية تمثل أحد الأسباب التي تؤثر على المسار الزمني لعملية التنفيذ.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

• توثيق الأنشطة والعناصر المؤقتة الداخلة في تنفيذ المشروع مثل الحفريات ومواقع الرافعات البرجية والآلات وعددها وانواعها ومواقع الخزن المؤقتة وتغير الطرق والوصول الى المشروع ومزامنة الفعاليات وتنفيذها من المتطلبات المهمة في حساب الجدولة الزمنية مما يجب محاكاتها ومشاهدتها عند اعداد الجدولة الزمنية للمشروع. وهذا يتطابق مع فرضية البحث وجود التصور الواضح حول الانشطة والعناصر الداخلة في المشروع والفعاليات المتزامنة الممكن جدولة تنفيذها في وقت واحد من متطلبات نظام BIM 4D التي تفتقر لها الطريقة التقليدية مسببة التأخير في تنفيذ المشاريع.

2.2.6 - متطلبات تطبيق BIM 4D على مستوى اساليب توظيف المعلومات وفق نظام BIM:

• من العوامل الاساسية التي تتعلق بمتطلبات اعداد الجدولة الزمنية 4D هو هيكلة البيانات من حيث مستوى تفاصيل المعلومات للنموذج من الشكل الهندسي المفاهيمي الى الشكل الهندسي الدقيق، والتي يجب أن تتناسب مع الاستخدام المتوقع من حيث التحليل والتصنيع والتركيب والوصول الى الموقع وحركة الاليات والعمال وسلامة العاملين، كما أن التفاصيل لا تتعلق فقط بالمعلومات الهندسية وإنما تتعامل أيضاً مع المعلومات غير الرسومية. وهذا يتطابق مع فرضية البحث بأن إعتماد تفاصيل المعلومات التصميمية الرقمية الدقيقة الثلاثية الابعاد وتصنيف مستوى هذه المعلومات من متطلبات نظام BIM 4D التي تفتقر لها الطريقة التقليدية مسببة التأخير في تنفيذ المشاريع.

• يتطلب العمل في نظام BIM 4D تحديد وتهيئة المتطلبات لجدولة مراحل العمل أثناء التنفيذ بحيث تكون متاحة للفريق التصميمي أثناء العملية التصميمية، اذ تشمل هذه المتطلبات مستوى التفاصيل الهندسية، ومستوى تفاصيل لوجستيات الموقع من حيث الاليات والمعدات والعاملين وعدد ساعات العمل وغيرها والتي يتم ادخالها الى البرامج الحاسوبية لمحاكاة التقدم في سير العمل.

3.2.6- متطلبات تطبيق BIM4D على مستوى المشاركة وتحديد الادوار والمسؤوليات وفق نظام BIM:

• وجود ارشادات توضح وتحدد الادوار والمسؤوليات للأعضاء المشاركين في المشروع من التخصصات الهندسية والجهة المستفيدة والمقاول/ أو الجهة المنفذة وذلك في مراحل التصميم والتنفيذ.

• مشاركة المقاول/ أو الجهة المنفذة كجزء من عملية التصميم اثناء البدء بالمراحل المبكرة للعمل قبل محاكاة الجدولة الزمنية لما يمتلك من خبرة في تحديد المدد اللازمة وامكاناته لإبداء الرأي والمشورة والاطلاع على مراحل التصميم وتفاصيلها والمدة التي تتطلب انتاجها للوصول الى المعلومات الدقيقة حول المنتجات ومشاركة الشركات المصنعة في تزويدهم بالمعلومات حول المدد اللازمة للتصنيع والتجهيز والتركيب للحصول على الجداول الزمنية الدقيقة في وقت مبكر. وهذا يتطابق مع فرضية البحث يعدّ إشراك الأطراف الفاعلة في مراحل العمل وذات العلاقة المباشرة بعملية التنفيذ كالمقاول/ أو الجهة المنفذة خلال عملية التصميم من متطلبات نظام BIM 4D التي تفتقر لها الطريقة التقليدية مسببة التأخير في تنفيذ المشاريع.

• يتطلب العمل الفعال وفق نظام BIM لنمذجة الجدولة الزمنية 4D تحقيق التكامل والتعاون والتواصل بين فرق العمل من خلال انشاء بيئة تعاونية تشاركية تُمكّن جميع الاطراف المشاركة من أصحاب المصلحة (المهندس المعماري والمهندسين الاخرين والمالك والمقاول الرئيسي/ أو الجهة المنفذة والمقاولين الثانويين اضافة الى الاطراف الاخرى ممن لهم علاقة بالعمل) من العمل معا على منصة واحدة، وتمكنهم من التواصل فيما بينهم منذ المراحل المبكرة لتصميم المشروع لتقدير المدة اللازمة للتنفيذ ومشاهدة تسلسل مراحل العمل اضافة الى مرحلة التنفيذ لضمان تبادل المعلومات والمخاطبات واستحصال الموافقات بشكل اسرع وفي الوقت المحدد. وهذا يتطابق مع فرضية البحث يعدّ إعتماد العمل التشاركي بين الفرق التصميمية المختلفة التخصصات كالمعماري والإنشائي والميكانيكي والكهربائي، اضافة الى الاطراف المشاركة الاخرى من متطلبات نظام BIM 4D التي لا تدعمها الطريقة التقليدية والتي تؤثر على المسار الزمني لعملية التنفيذ.

7- التوصيات :

لدعم العمل في نظام BIM في العراق، يقدّم البحث التوصيات التالية:

• يوصي البحث بأهمية العمل على إضافة معلومات وكائنات تفصيلية الى برامجيات نظام BIM خاصة بالواقع المحلي بالإعتماد على المدونات العراقية وتُمثل مكتبات BIM وطنية لتمكين نمذجة عناصر المشروع وذلك لعدم توفرها ضمن الإعدادات الجاهزة للبرنامج.

• يوصي البحث بأهمية العمل على تصنيف العناصر المستخدمة في مشاريع القطاع العام وتحديد الشركات المصنعة لها او الاسواق المحلية لتسهيل التحقق من توفر المواد او المدة الزمنية المطلوبة لتجهيزها بوصفها من العوامل التي تساعد في التقدير الصحيح للجدولة الزمنية.

• يوصي البحث بأهمية العمل على اعداد معايير وارشادات تنظم العمل الهندسي في المشاريع العمرانية للقطاع العام في العراق بحيث تضمن مشاركة الاطراف المتمثلة بالفرق الهندسية المتنوعة التخصصات ودوائر الدولة ذات العلاقة والتنسيق فيما بينهم وتحديد ادوارهم لضمان تجنب التعارضات المستقبلية.

• يوصي البحث بأهمية مشاركة المقاول/ أو الجهة المنفذة المبكرة في مراحل التصميم لما يمتلك من خبرة في تقدير المدة اللازمة، والتعاون والتواصل وتبادل المعلومات بين الفريق التصميمي والتي تجعل حساب الجدولة الزمنية بشكل اكثر وضوحاً وتفصيلاً.

• بالرغم من أن العمل في BIM 4D يتوافق مع التوجيهات الوزارية في العراق وفق الفقرة الرابعة لكتاب وزارة التخطيط قسم المناقصات المرقم 27081/7/4 في 18-12- 2017 الذي ينص على برمجة الجدولة الزمنية اثناء التصميم، إلا أنه يتطلب إجراء تغيرات في القوانين السابقة المطبقة في الممارسات التقليدية وكذلك التي تلزم المقاول/ أو الجهة المنفذة تقديم جدول تقدم العمل بعد احالة العمل اليه، خلافا مع نظام BIM الذي يتطلب جدولة المشروع في المراحل التصميمية وفق المتطلبات التي تم ذكرها وبمشاركة اعضاء الفريق التصميمي والجهة المستفيدة والمقاول الرئيسي / أو الجهة المنفذة والمقاولين الثانويين.

• يوصي البحث بأهمية تدريب الكوادر الهندسية العاملة في القطاع العام للعمل على برامج نظام BIM بما فيها الجدولة الزمنية واسلوب اجراء عمليات المحاكاة وتسلسل مراحل العمل وادخال البيانات لغرض جدولة الفقرات بحيث يُمكن مشاهدة محاكاة إنشاء المبنى خطوة بخطوة والتنسيق بين نماذج التصميم المعماري، والإنشائي، والكهربائي والميكانيكي للتحكم بمراحل التنفيذ وضمان نتائج المشروع الناجح وتجميع البيانات في نموذج واحد.

www.manaraa.com

8- REFERENCES

[1] S. N. Al-karawi,"Challenges Facing Construction Contracts in Iraq", *Journal of Engineering and Sustainable Development*, Vol. 22, No. 4,pp.192-201. 2018.

[2] T. A. Khaleel, I.Z. Hadi," Controlling of Time-Overrun in Construction Projects in Iraq", *Engineering and Technology Journal*, Vol. 35, Part A, No. 2,pp.111-117, 2017.

[3] T. Mazars and F. Adel ,"Chronographical spatiotemporal dynamic 4D planning ",*Automation in Construction*,Vol.111,pp.1-11,2020.

[4] S. A. M. Dirweesh,"Construction Planning of a Railway Bridge Using the Concept of 4D BIM", MSc. Thesis in Science Civil Engineering, Eastern Mediterranean University, Gazimağusa, North Cyprus, 2015.

[5] R. Sacks, Ch. Eastman, G. Lee. and P. Teicholz, "*BIM Handbook : A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers*",United States of America ,John Wiley & Sons, 2018.

[6] B. Butkovic, D. Heesom and D. Oloke ,"The Need For Multi -LOD 4D Simulations in Construction Projects",*Journal of Information Technology in Construction*, Vol. 24, pp. 256-272, 2019.

[7] C. Boton, S. Kubicki. and G. Halin," 4D/BIM simulation for pre-construction and construction scheduling. Multiple levels of development within a single case study",*Creative Construction Conference*, Poland ,pp. 500-505, 2015.

[8] C. N. Biotto, C. T. Formoso and E. L. Isatto , "Uso de modelagem 4D e Building Information Modeling na gestão de sistemas de produção em empreendimentos de onstrução", *Ambiente Construído, Porto Alegre*,Vol. 15, No. 2, pp.79-96,2015.

[9] A. Balakina , T. Simankina and V. Lukinov," 4D modeling in high-rise construction", *E3S Web of Conferences*,Vol.33, pp.1-5,2018 .

[10] J. Lee, and J. Kim," BIM-Based 4D Simulation to Improve Module Manufacturing Productivity for Sustainable Building Projects" , *Sustainability*, Vol. 9, NO. 3,pp.1-22, 2017.

[11] A. A. Al-Naim، "*An Investigation of building information modeling implementation in KSA*", Ph.D. thesis ,Wolver Hampton University ,UK،2018

[12] A. Z. Sampaio," Enhancing BIM Methodology with VR Technology",*Intech Ope*,pp.59-79,2018. DOI: 10.5772/intechopen.74070.

[13] R. R. Politi, E. Aktaş and M. E. İlal,"Project Planning and Management Using Building Information Modeling (BIM)",*13th International Congress on Advances in Civil Engineering, 12-14 September 2018, Izmir/Turkey*,pp.1-8,2018.

[14] Z. Liu,"Building Information Modelling (BIM) aided waste minimisation framework" ,Ph.D. Thesis, Loughborough Univ.,UK,2014.

[15] O. Koseoglu, M. Sakin, and Y. Arayici, "Exploring the BIM and lean synergies in the Istanbul Grand Airport construction project", *Engineering, Construction and Architectural Management*, Vol. 27, No. 7,2018.

[16] G.S. Narlawar, N.B. Chaphalkar. and S. Sandbhor, ,"Time and Resource Management of Residential Apartment Construction using Building Information Modeling", *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, Vol.8, No.10,2019.

Utilizing BIM 4D in Improving Project Execution Scheduling A Realistic Project for the Mosul Municipality as a Case Study

Mwafaq Yousif Ibrahim
mwafaq1980@uomosul.edu.iq

Dhuha Abdulgani Al-kazzaz
dhuha.kazzaz@uomosul.edu.iq

Architecture Engineering Department, College of Engineering, University of Mosul

Abstract

The architectural projects in Iraq, designed according to the traditional method, face problems of the delay in the completion of work and the increase in the cost. The paper adopts the implementation of BIM system in the field of architectural design as one of the leading digital systems for estimating project scheduling accurately. The research problem was to identify the requirements for applying BIM 4D (one of the BIM tasks) in architectural projects in Iraq. The research goal was to determine the requirements of applying BIM 4D in public sector projects in Iraq. The research identified the most important prerequisites, for examples: the adoption of Iraqi codes in defining the libraries of components involved in the design, the definition of the detailed components of building to take into account the local market such as manufacturers, setting determinants that require cooperation and communication between the relevant government agencies and the diverse design teams during the design phase to avoid future conflicts, and ensuring early participation of the contractor in the design stages.

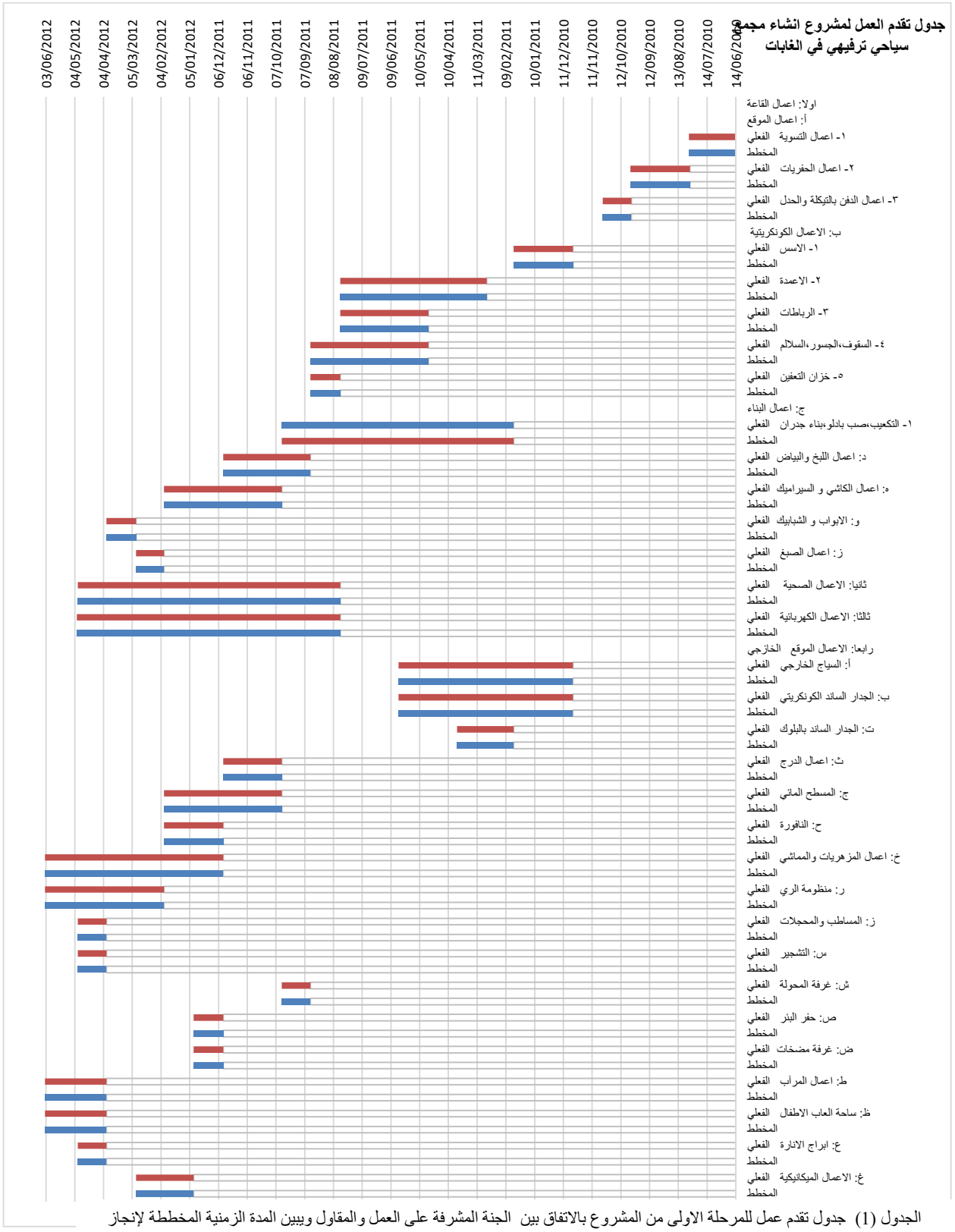
Keywords:

Building Information Modeling (BIM), BIM 4D Scheduling, Computer Aided Design, Traditional Design.

www.manaraa.com

الملحق:

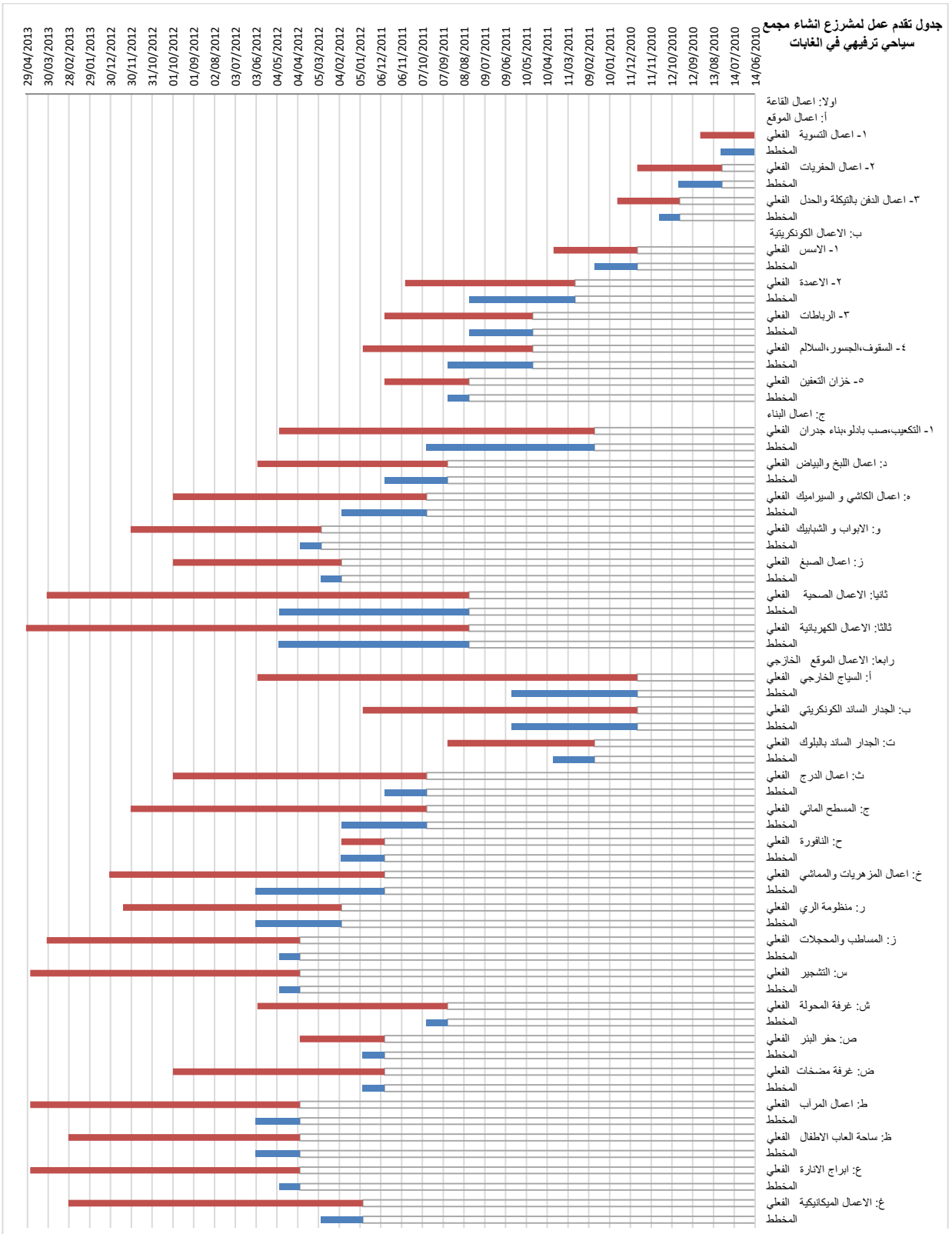
الجدول (1)



الجدول (1) جدول تقدم عمل للمرحلة الاولى من المشروع بالاتفاق بين الجنة المشرفة على العمل والمقاول ويبين المدة الزمنية المخططة لإنجاز العمل. (الباحثان) نقلاً عن (ارشيف المشروع – المهندس المشرف)

www.manaraa.com

الجدول(2)



الجدول (2) جدول تقدم عمل المشروع للمرحلة الاولى اثناء التنفيذ ويبين مراحل انجاز العمل والمدة الاضافية التي بلغت 325 يوم اضافي. (الباحثان) نقلاً عن (ارشيف المشروع – المهندس المشرف)

www.manaraa.com