

الجامعة الافتراضية السورية
ماجستير نمذجة معلومات البناء

2022

BIM in

Master's in Global BIM Management for

Infrastructure Projects



نمذجة معلومات البناء
التحنية

اشراف

د. سونيا أحمد

اعداد الطالب



Syrian Arab Republic

الجمهورية العربية السورية

Ministry of Higher Education

Syrian Virtual University

Program Master in BIMM

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

الجامعة الافتراضية السورية

برنامج الماجستير التأهيل و التخصص BIMM

نمذجة معلومات البناء في مشاريع البنى التحتية

مشروع مقدم لاستكمال متطلبات الحصول على درجة ماجستير التأهيل و التخصص في
نمذجة معلومات البناء و ادارتها

اعداد الطالب: خاجيك هاروتيون قلاچيان

اشراف: دكتورة سونيا أحمد

2023-2022

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:

الدكتورة المهندسة:

سونيا أحمد

الدكتورة المشرفة على هذا البحث والتي كانت مرشدا ومعلما لم تبخل بعلمها او جهدها في سبيل إتمام
هذا البحث والتي أعطت لي المساعدة للوصول الى هذا البحث وكانت كلماتها مصدر تفاؤل لي.

دكتورة

سونيا أحمد

مشرفاً وعضواً

دكتورة

منى حمادة

عضواً

دكتور

نورس خليل

عضواً

لكم جزيل الشكر والتقدير

4.....	1- الفصل الأول: الإطار العام للبحث
5.....	1.1- المقدمة:
6.....	1.2- مشكلة البحث
6.....	1.3- فرضيات البحث
7.....	1.4- أهمية البحث
7.....	1.5- أهداف البحث
7.....	1.6- منهج البحث
7.....	1.7- مجتمع الدراسة
7.....	1.8- حدود البحث
8.....	1.9- الدراسات السابقة
9.....	1.10- هيكلية البحث
10.....	2- الفصل الثاني: الإطار النظري للبحث
10.....	2.1- مقدمة
13.....	2.2- وضع شبكات الطرق في سورية:
14.....	2.3- الفرق بين BIM و CIM
15.....	2.4- أهمية نمذجة معلومات البناء في مشاريع البنى التحتية لأطراف المشروع
15.....	2.4.1- الجهة المالكة
16.....	2.4.2- المصمم
17.....	2.4.3- المقاول
21.....	2.5- استخدامات نمذجة معلومات البناء في مشاريع البنى التحتية
30.....	2.6- البرمجيات المستخدمة لنمذجة معلومات البناء في مشاريع البنى التحتية
32.....	Autodesk Civil 3D 2.6.1
35.....	3- الفصل الثالث: الدراسة العملية

35	3.1- مشاريع تطبيقية BIM في البنى التحتية
35	3.1.1 - مشروع الطريق - E39 الطريق السريع الساحلي.....
38	3.1.1.1- أبرز البرامج المستخدمة في المشروع
40	3.1.1.2- استخدامات BIM في مراحل المشروع:
48	3.1.2- خدمات تصميم نظام سكة حديد اسطنبول - المرحلة : 1
52	3.1.3- تحديث محطة معالجة مياه الصرف الصحي في: Kawana
60	3.1.4- جسر Ovalo Monitor
63	3.1.5- جسر IH35 Nex Central Section
66	3.2- تحليل المشاريع تطبيقية:
67	3.1.2- استخدامات BIM في المشاريع الخمسة:
69	3.2.2- درجة LOD في المشاريع الخمسة:
70	3.2.3- البرامج المستخدمة في المشاريع الخمسة:
71	3.3- المقترحات و التوصيات:
72	4- المراجع

ملخص البحث

أحدثت نمذجة معلومات البناء (BIM) واحدة من أهم وأساسيات التغييرات في صناعة التشييد وأدت إلى مزيد من التعاون المتعمق بين أصحاب المصلحة في المشروع.

تختلف مشاريع البنية التحتية الكبيرة عن مشاريع البناء الأخرى، ويرجع ذلك أساسًا إلى حجمها وتعقيدها وطول اطارها الزمني. يمكن أن يمثل تنسيق هذه المشاريع المكثفة تحديًا، لا سيما عبر الفرق المتعددة التي من المحتمل أن تشارك. ومع ذلك، يمكن أن تساعد نمذجة معلومات البناء (BIM) في حل بعض هذه المشكلات من خلال تسهيل بيئة تعاونية. تساعد BIM لمشاريع البنى التحتية على ضمان أن يكون تصميم وإنشاء وإدارة مشاريع البنية التحتية واسعة النطاق أكثر كفاءة ودقة وحسن التوقيت مقارنة بأساليب التسليم التقليدية.

فإن الهدف من هذا البحث هو إيجاد دليل بسيط لأطراف المشروع والعاملين بمجال مشاريع البنى التحتية واطهار فوائده وأهميته واستخداماته في هذا النوع من المشاريع وتحليل خمس مشاريع عالمية استخدموا BIM في إيجاد حلول سواء أثناء التصميم والتنفيذ والتشغيل والاستفادة من تجاربهم.

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 مشاريع البنى التحتية.

الكلمات المفتاحية

البنى التحتية، نمذجة معلومات البناء، نمذجة معلومات المدنية، وسائل النقلة، CIVIL 3D.

Abstract

Building Information Modeling (BIM) has made one of the most significant and fundamental changes in the construction industry and has led to more in-depth collaboration among project stakeholders.

Large infrastructure projects differ from other construction projects, mainly because of their size, complexity and length of time frame. Coordinating these intense projects can be a challenge, particularly across multiple teams that are likely to be involved. However, Building Information Modeling (BIM) can help solve some of these problems by facilitating a collaborative environment. BIM for infrastructure projects helps ensure that the design, construction and management of large-scale infrastructure projects are more efficient, accurate and timely than traditional delivery methods.

The aim of this research is to find a simple guide for project parties and workers in the field of infrastructure projects and to show its benefits, importance and use in this type of project, and to analyze five international projects that used BIM to find solutions both during design, implementation and operation, and to benefit from their experiences .

Although there are obstacles to the use of BIM practices, which are due to several reasons, the most important of which is the rarity of qualified personnel in this field, but the near future promises to use BIM systems on a large scale in infrastructure projects.

Key Words

Building Information Modeling, Infrastructure, Civil Information Modeling, Civil 3D, Transportation

List of Abbreviations

قائمة الاختصارات

abbreviation	Full word	المقابل العربي
VDC	Virtual Design and Construction	التصميم والبناء الافتراضي
BIM	Building information modeling	نمذجة معلومات البناء
AECO	Architecture, Engineering , Construction, Owner and Operator	الهندسة المعمارية والهندسة والبناء والمالك والمشغل
CDE	Common Data Environment	بيئة بيانات مشتركة
CAD	Computer Aided Design	التصميم بمساعدة الكمبيوتر
I-BIM	Infrastructure-Building information modeling	نمذجة معلومات البناء للبنى التحتية
AEC	Architecture, Engineering, Construction	قطاع التشييد
CIM	Civil information modeling	نمذجة المعلومات المدنية
IFC	industry foundation classes	تصنيف الأسس الصناعية (لاحقة)
LOD	Level of Detail	مستوى البيانات
ROI	Return on Investment	عائد الاستثمار
IPD	IPD Integrated Project Delivery	تصميم المشروع المتكامل

1- الفصل الأول: الإطار العام للبحث

- 1.1- المقدمة:
- 1.2- مشكلة البحث
- 1.3- فرضيات البحث
- 1.4- أهمية البحث
- 1.5- أهداف البحث
- 1.6- منهج البحث
- 1.7- مجتمع الدراسة
- 1.8- حدود البحث
- 1.9- الدراسات السابقة
- 1.10- هيكلية البحث:

1.1-المقدمة:

تحتاج أي نوع من مشاريع البنية التحتية إلى تدخل العديد من التقنيات والشخصيات المهنية من أجل تحقيق الكفاءة المثلى أثناء مراحل دراسة و من ثم لدورة حياة تنفيذ مشروع البنية التحتية، مع الأخذ في الاعتبار أنه في مثل هذه السياقات يجب أن يكون هناك تعاون من عدة شخصيات لتسهيل وتسريع العمليات المتعلقة بإنشاء النماذج والحساب ومشاركة معلومات الملفات. من أجل تلبية هذه الاحتياجات، تم تنفيذ ما يسمى BIM، وهي طريقة جديدة تسمح بالتشغيل البيئي للبرامج والتكامل بين العمليات المختلفة، اختصار BIM يشير إلى "تمذجة معلومات البناء" ويتم تعريفه على أنه "تمثيل رقمي للخصائص المادية والوظيفية من كائن". بفضل هذا النموذج، من الممكن دمج البيانات من جوانب مختلفة (إنشائية، معمارية، إدارة، طاقة) لتحقيق نموذج يتميز بجميع المعلومات المفيدة مثل الأبعاد والمواد والتكاليف التي لن تضيق أثناء نقل الملف. سمحت هذه المهارات لنماذج معلومات البناء (BIM) بالانتشار بسرعة، خاصة بالنسبة للمزايا المرتبطة بإدارة أفضل للتكاليف والمدة، وقد حفزت العديد من البلدان مثل النرويج والولايات المتحدة الأمريكية وسنغافورة والمملكة المتحدة على استخدام BIM لـ AECO (الهندسة المعمارية والهندسة والبناء والمالك والمشغل).

تواجه جميع مشاريع البناء تحديات مماثلة - فرق متباينة، وقيود الميزانية والوقت، وتغييرات النطاق. ومع ذلك، وبسبب حجم مشاريع البنية التحتية الكبيرة، فإن هذه التحديات تتضخم. على سبيل المثال، تكون جداول التصميم والبناء الناتجة المطلوبة لهذه الأنواع من المشاريع أطول من الإنشاءات الأبسط. في المقابل، يمكن أن تكون هناك تغييرات إضافية مع تطور المشروع على مدى عمر المشروع، والذي يمكن أن يمتد لعدة سنوات. يتطلب كل تغيير رسومات وموافقات جديدة من عدد من أصحاب المصلحة، وغالبًا ما تتكرر هذه العملية عدة مرات طوال مدة المشروع.

في حين أن كل مشروع يتضمن عادة عددًا من أصحاب المصلحة المختلفين، فإن تعقيد مشاريع البنية التحتية الكبيرة وحجمها يعني أن هذا العدد قد زاد بشكل كبير. تتطلب إدارة العدد الكبير من الفرق والتخصصات المعنية تعاونًا فعالًا، والذي قد يكون من الصعب إدارته باستخدام أساليب الاتصال التقليدية وثنائية الأبعاد. سيستخدم كل من هذه التخصصات البرامج المتخصصة الخاصة به لقسم الأعمال الخاص به، والذي قد لا يكون متوافقًا مع برامج الفرق الأخرى. لذلك، قد يكون تبادل المعلومات بين أعضاء الفريق أمرًا صعبًا ويستغرق وقتًا طويلاً إذا كانت المعلومات بحاجة إلى إعادة الإنشاء في برنامج CAD ثلاثي الأبعاد آخر.

اتخذت BIM خطوتها الأولى في المجال المعماري المعروف باسم BIM الرأسي وتم توسيعه مؤخرًا ليشمل عالم البنية التحتية (المعروف باسم I-BIM) أو CIM نمذجة المعلومات المدنية. عادة ما تكون مشاريع البنية التحتية أكثر تعقيدًا من المشاريع المعمارية ويمكن أن يساعد تطبيق أدوات BIM حقًا في تطوير وإدارة المشروع. علاوة على ذلك، أثار الاستخدام المكثف لنماذج BIM للإنشاءات المدنية اهتمامًا متزايدًا حتى بالنسبة لحالات تطبيق BIM CIM.

استخدام BIM للبنية التحتية له اتجاه إيجابي وهام بحيث يتم تقديمه أيضًا في تشريعات البلدان كمعايير تصميم أساسية، ومن المتوقع في المستقبل لتصبح إلزامية.

1.2- مشكلة البحث:

تواجه جميع مشاريع البناء تحديات عديدة وكثيرة، وبسبب حجم مشاريع البنية التحتية الكبيرة، فإن هذه التحديات تتضخم، جاءت مفاهيم الرقمنة بما فيها نمذجة معلومات البناء لحل أغلب المشاكل المتعلقة فيها ومع ذلك تواجه تلك التقنية ممانعة من كثير من أطراف المشروع بسبب قلة الوعي عن أهميتها.

1.3- فرضيات البحث:

نظرًا لأن المشاريع العملاقة غالبًا ما تكون ضرورية لتلبية الاحتياجات الماسة للنقل والمرافق، يجب أن يضمن تصميمها وتنفيذها قابلية البقاء والسلامة على المدى الطويل.

من خلال إمكانات التصميم الذكية التي تتيح مشاركة المعلومات المحدثة باستمرار بين المهندسين والمقاولين والعملاء الذين يخدمونهم، بغض النظر عن البرنامج الأصلي المستخدم، فإن فوائد استخدام BIM كثيرة: بناء أفضل، وكفاءة أكبر، وتقليل الفاقد، وتكلفة أقل، وتحسين وتعزيز حفظ السجلات والإبلاغ، وتأثير أقل على البيئة. مع استمرار صناعة AEC في المضي قدمًا والابتكارات التكنولوجية خارج المشهد الحالي، ستصبح I-BIM المستقبل، لا سيما في مشاريع البنية التحتية المعقدة.

استخدمت I-BIM في دراسة وتنفيذ عديد من مشاريع البنية التحتية البارزة في العالم، مثل مشروع الطريق - E39 الطريق السريع الساحلي في النرويج، أو جسر Ovalo Monitor في بيرو، وخدمات تصميم نظام سكة حديد اسطنبول تركيا، للتغلب على التحديات التي كان من المستحيل إدارتها باستخدام طرق الرسم القياسية ثنائية الأبعاد.

1.4-أهمية البحث:

يركز هذا البحث على كيفية استخدام نمذجة معلومات البناء في البنى التحتية (I-BIM) كمنصة مفيدة لتنفيذ مشاريع المتعلقة بالبنى التحتية حيث تساعد BIM في التغلب على هذه المشكلات من أجل تسليم مشروع ناجح وتعاوني وفعال. على الرغم من أنه يرتبط غالبًا بنمذجة ثلاثية الأبعاد دقيقة، إلا أنه يمثل حقًا منهجية عمل وله فوائد أخرى تتجاوز كونه أداة رسم وتصميم محسّنة.

1.5-أهداف البحث:

ايجاد دليل بسيط لأطراف المشروع العاملين في مشاريع البنى التحتية بهدف اغناء المكتبة العربية بمحتوى عربي يشرح أهمية استخدام BIM في مشاريع البنى التحتية.

1.6-مناهج البحث:

منهج المتبع في هذا البحث هو منهج وصفي بأسلوب دراسة حالات

1.7. 8-مجتمع الدراسة وحدود البحث:

عينة الدراسة أو الحالات الدراسية هي مشاريع من جميع أنحاء العالم

1.9-الدراسات السابقة:

1- The Business Value of BIM for Infrastructure 2017 – Dodge Data & Analytics

- 2- BIM: Building Information Modeling for Infrastructures -**
1 - Giovanna Acampa Associate Professor – Faculty of Engineering and Architecture, Kore University of Enna, Italy
2 Nicola Bona Site Manager - C.M.C. Cooperativa Muratori e Cementisti, Italy
3 Mariolina Grasso PhD Candidate – Faculty of Engineering and Architecture, Kore University of Enna, Italy
4 Dario Ticali Associate Professor – Faculty of Engineering and Architecture, Kore University of Enna, Italy
- 3- The use of BIM for infrastructures - Fabio Arena, Salvatore Curto, Salvatore Trubia, Lucio Puleo, and Alessandro Severino**
- 4- Building Information Modelling (BIM) application for an existing road infrastructure - Valeria Vignali, Ennia Mariapaola Acerra, Claudio Lantieri, Federica Di Vincenz, Giorgio Piacentini, Stefano Pancaldi**
- 5- BIM: THE RIGHT TOOL FOR LARGE INFRASTRUCTURE PROJECTS - ALLPLAN Inc.**
- 6- Benefits of Implementing Building Information Modeling (BIM) in Infrastructure Projects - Journal of Engineering, Project, and Production Management 2020, 10(2), 123-140 - Rozita Samimpay and Ehsan Saghatforoush**
- 7- An Assessment of Benefits of Using BIM on an Infrastructure Project - International Conference on Sustainable Infrastructure 2017 - Bimal Kumar; Hubo Cai; and Makarand Hastak**
- 8- Study on BIM utilization for design improvement of infrastructure project - The 5th International Conference of Euro Asia Civil Engineering Forum (EACEF-5) - Masaru Minagawaa,*, Shunji Kusayanagib**

1.10-هيكلية البحث:

- ملخص البحث

1- الفصل الأول: الإطار العام للبحث

1.1 - المقدمة:

1.2 - مشكلة البحث

1.3 - فرضيات البحث

1.4 - أهمية البحث

1.5 - أهداف البحث

1.6 - منهج البحث

1.7 - مجتمع الدراسة

1.8 - حدود البحث

1.9 - الدراسات السابقة

1.10 - هيكلية البحث

2- الفصل الثاني: الإطار النظري للبحث

3- الفصل الثالث: الدراسة العملية

4- المراجع

2- الفصل الثاني: الإطار النظري للبحث

2.1 - مقدمة:

نمذجة معلومات البناء (BIM) هي مجموعة من السياسات والعمليات والتقنيات المتفاعلة التي تولد "منهجية لإدارة تصميم المبنى الأساسي وبيانات المشروع في شكل رقمي في جميع مراحل دورة حياة المبنى" [1]. فإن BIM ليس مجرد تغيير تقني ، بل هو أيضاً تغيير في العملية.

منذ إنشائها في السبعينيات ، حولت BIM تدريجياً الطريقة التي تعمل بها في صناعة الهندسة المعمارية والهندسة والبناء (AEC). على سبيل المثال ، غيرت BIM الطريقة التقليدية لنقل نية التصميم من إضافة رموز وتفسير بشري على الرسومات ، إلى تمثيلها بواسطة عناصر ذكية تحمل معلومات مفصلة يمكنها تسريع عملية التصميم والمشتريات والبناء.

زاد اعتماد نمذجة معلومات البناء (BIM) بشكل كبير خلال السنوات القليلة الماضية [37] ، ومع ذلك ، لا يزال مستوى اعتماد BIM أقل بكثير من المتوقع [38]. ليس فقط بسبب حل المشاكل الهائلة مع مشاريع صناعة AEC وجني الفوائد من تنفيذ BIM ولكن أيضاً لتحسين أداء المشروع وكفاءته [35].

أهم العوائق التي تحول دون اعتماد BIM هي نقص الخبرة، والافتقار إلى التوحيد القياسي، والبروتوكولات على سبيل المثال لا الحصر. وأكثر الدوافع تأثيراً من كل من المتبنين وغير المتبنين مثل توافر المهنيين المدربين للتعامل مع الأدوات ، وإثبات توفير التكاليف من خلال اعتمادها ، والقدرة على تحمل تكاليف برامج BIM ، والوعي بالتكنولوجيا بين أصحاب المصلحة في الصناعة [39].

على الرغم من أن الحكومة والعملاء يلعبون دوراً حيوياً في تفويض BIM، يوصى بالنهج المختلط (من أعلى إلى أسفل ومن أسفل إلى أعلى) لتسريع BIM [40]. يتمثل عمل BIM Champions ("قادة التغيير") في كل موقع في تقييم تنفيذ BIM والتحكم في اتجاه تطورها ، كما هو الحال في المملكة المتحدة حيث أدرجتها استراتيجيتهم كجزء من خطة عملها. لقد أثبت هؤلاء الأبطال أنهم عنصر أساسي في قياس وتقييم الاحتياجات لتمكين تحقيق تبني التكنولوجيا [41]. منهجية من ست خطوات لتنفيذ BIM وهي؛ رفع الوعي؛ الفوائد المرجوة؛ جاهزية صناعة الإلكترونيات المتقدمة، وقدرة المنظمات؛ تحديد الحواجز. إزالة الحواجز وتحديد العوامل الرئيسية المؤثرة على التنفيذ [36].

يمكن للشركات تحسين أداء BIM باستخدام مصفوفة نضج (BIM3) BIM من خلال ثلاث مراحل (1 تحديد BIM وأدائها ، (2 قياس الأداء ، (3 تحسين الأداء [34]. كان ردع تنفيذ BIM هو القضايا الشخصية المرتبطة مثل مقاومة التغيير ونقص الوعي المناسب بنمذجة معلومات البناء [26]

تم تقديم BIM لأول مرة لمشاريع البناء لتسهيل الأنظمة المعقدة وحقت اختراقاً واسعاً في سوق البناء [2]. نجح تنفيذ BIM الناجح في المباني في جني ثمار انخفاض التكلفة وزيادة الإنتاجية والدقة والتواصل والكفاءة في سوق البناء [2]

كان ردع تنفيذ BIM هو القضايا الشخصية المرتبطة مثل مقاومة التغيير ونقص الوعي المناسب بنمذجة معلومات البناء [26]

كما يمكن تطبيق BIM على عدة مواضيع. يؤدي استخدام BIM مع اتفاقيات الشراكة إلى تحسين سلوك أصحاب المصلحة في مشاريع البناء الضخمة. يؤدي تعزيز العلاقات مع أصحاب المصلحة إلى تقليل النزاعات ، والقضاء على تضارب المصالح ، ويسمح بمشاركة المعرفة ، والتفاعل الصحي بين أصحاب المصلحة في المشروع ، وتحسين تقنيات حل المشكلات [25]

يتم تعريف البنية التحتية من خلال قاموس أكسفورد على أنها "الهيكل الأساسية المادية والتنظيمية والمرافق اللازمة لتشغيل مجتمع أو مؤسسة" [16]،. يمكن تقسيم البنية التحتية تحت خمسة مجالات رئيسية [10] :

- البنى التحتية للمواصلات: الطرق والسكك الحديدية والجسور والأنفاق ومحاور النقل الجماعي (المطارات والموانئ والموانئ).
- البنى التحتية للطاقة: محطات توليد الطاقة (النووية، الرياح، المد والجزر) والنفط والغاز (محطات التخزين / التوزيع، المصافي، الآبار) والتعدين.
- البنى التحتية للمرافق: شبكات / خطوط أنابيب لتوصيل وإزالة الكهرباء والغاز والمياه والصرف الصحي.
- البنية التحتية للمرافق الترفيهية - المتنزهات والملاعب وما إلى ذلك.
- البنية التحتية البيئية: هياكل لإدارة الفيضانات وحماية السواحل مثل السدود.

Categorization of civil infrastructure facilities

Categories of civil infrastructure			Domains
I	1)	Bridges	Transportation infrastructure
II	2)	Roads	
III	3)	Railways	
IV	4)	Tunnels	
V	5)	Airports	
	6)	Ports and harbors	Energy infrastructure
	7)	Power generation	
VI	8)	Oil and gas	
	9)	Mine	Utility infrastructure
VII	10)	Utility	
VIII	11)	Recreational facilities	Recreational facility infrastructure
IX	12)	Water and wastewater facilities	Water management infrastructure
	13)	Dams, canals and levees	

الجدول رقم 1

نظرًا لأن مشاريع البنية التحتية المدنية غالبًا ما تكون مشاريع كبيرة تتطوي على استثمارات رأسمالية ضخمة وعلاقات معقدة مع أصحاب المصلحة، فمن المهم بشكل خاص دمج جميع المعلومات وتحليل البيانات من أجل تصميم أفضل وبناء أفضل وتشغيل أفضل لهذه الهياكل المعقدة. بينما يعتقد بعض الناس أنه لا يمكن استخدام BIM إلا لمشاريع البناء، فإن العديد من الناس يجادلون بأن "المبنى" في BIM هو مجرد فعل يشير إلى عملية البناء، وليس الهيكل، وبالتالي يمكن أيضًا اعتماد BIM لمشاريع البنية التحتية المدنية من أجل تحسين تسليم المشروع.

كشف تقرير SmartMarket [2] الذي نشرته شركة McGraw Hill Construction أن نجاح BIM فيما يتعلق بالمباني يزيد من احتمالية استخدام BIM لمرافق البنية التحتية المدنية. لذلك، يمكن اعتماد تطبيق BIM في مرافق البنية التحتية المدنية بمعدل أسرع مما كان عليه عندما تم تقديمه للمباني. نموذج المعلومات المدنية (CIM) هو مصطلح شائع الاستخدام في صناعة AEC للإشارة إلى تطبيق BIM لمرافق البنية التحتية المدنية، مثل الجسور والأنفاق. نظرًا لأن CIM هو مصطلح تم تقديمه مؤخرًا من قبل العديد من الباحثين والممارسين، فإن المؤسسات المختلفة لديها تعريفات مختلفة لـ CIM، مثل "الإدارة المدنية المتكاملة" [3]، "نموذج معلومات البناء" [4]، و "إدارة معلومات البناء" [5]. تُستخدم مصطلحات أخرى مثل "BIM الأفقي" و "BIM الثقيل" أيضًا لتمثيل BIM للبنية التحتية

المدنية BIM-I. [2]. في هذه الورقة، يستخدم مصطلح "تمذجة المعلومات المدنية" (CIM) للإشارة إلى تطبيق التقنيات القائمة على BIM للبنية التحتية المدنية.

يمكن لمثل هذا البحث أن تساعد في فهم الاتجاهات الحالية لاعتماد BIM للبنية التحتية المدنية على مستوى العالم وتحديد الفجوات البحثية. تتكون هذا الكتيب من ستة أقسام القسم الثاني الفرق بين BIM و CIM، القسم الثالث أهمية CIM لأطراف المشروع القسم الرابع هي استخدامات CIM بمراحل المختلفة لتسليم المنشأة، يقدم القسم الخامس أهم البرمجيات المستخدمة في هذا المجال و أخيرا التوصيات.

2.2- وضع شبكات الطرق في سورية:

تؤدي الدولة ممثلة بقطاعها العام دوراً رئيسياً ومباشراً في تقديم خدمات النقل بكافة أنماطه، من خلال شبكات الطرق والسكك الحديدية والمطارات والموانئ البحرية وما يتبع لها من مرافق عامة، وترصد مبالغ مالية كبيرة لقطاع النقل لما له من أهمية في بناء الاقتصاد الوطني وارتباطه الوثيق بالسياسات والاستراتيجيات الموضوعة لتحقيق التنمية الشاملة.

تقدر طول الجمالي للطرق الرئيسية في سورية 8780,4 كم والفرعية 9416,2

- طريق الدولي M5 يصل تركيا من الشمال وصولاً للأردن من الجنوب مروراً من محافظات حلب لإدلب وحماه وحمص ودمشق ودرعا
- طريق الدولي M4 من اللاذقية مروراً بإدلب و حلب و الحسكة واصلًا للعراق يمر عبر جسور عملاقة بين الجبال 89 (جسراً) منها جسور عملاقة بطول حوالي 300م فوق الوديان والمنحدرات تتوزع بين 51 جسراً علوياً و 23 جسراً سفلياً عادي و 15 جسراً سفلياً عملاقاً إضافة إلى 250 عبّارة و 51 تحويلة طرقية، و 15 عقدة الطرقية، و 412 عبّارة ومعايير صغيرة، بمواصفات فنية وسلامة مرورية عالية المستوى.
- طريق M1 بين لبنان وسوريا
- طريق M20

إلا أن متغيرات عديدة قد حالت دون استمرار القطاع العام (الحكومي) وحده بتقديم خدمات النقل بالشكل المتميز والمواكب للتطورات الحديثة في التكنولوجيا والاقتصاد، مما دفع الحكومة ومنذ مطلع

العام 2008م للبحث عن شريك في تقديم خدمات النقل تحقيقاً لاعتبارات تتعلق بالكفاءة الاقتصادية وتوافقاً مع الاتجاهات الحديثة في الإدارة العلمية التي تدعو لتخفيف العبء عن كاهل الحكومة ورفع جودة خدمات النقل، على الرغم من أن دخول القطاع الخاص (المحلي والخارجي) للاستثمار في بناء وإدارة البنى التحتية الأساسية في الدولة، وعلى رأسها قطاع النقل، يشكل تحدياً كبيراً للحكومة وللقطاع الخاص الوطني على حد سواء.

تبنت الحكومة السورية خيار التشاركية بين القطاعين العام والخاص، واعتبرته خياراً استراتيجياً بعد مؤتمر التشاركية بين العام والخاص الذي عقد في 30 تشرين أول عام 2009م، وبسبب ظروف الأزمة الحالية فقد تأخر صدور قانون التشاركية، وقد تحقق ذلك لاحقاً بإصدار القانون رقم 5/ في 11/1/2016م. تأمل الحكومة أن توفر لها هذه التشاركية مع القطاع الخاص الآلية اللازمة لتنفيذ مشاريع البنى التحتية القادرة على تلبية الاحتياجات المتزايدة للنمو الاقتصادي، وتحقيق متطلبات إعادة الإعمار والتطوير في القطر [27].

ومن المفيد ذكره أن:

- تكلفة مشاريع النقل التي طرحت للاستثمار ما قبل الأزمة (نهاية عام 2009م) وفق مبدأ التشاركية بين العام والخاص قد فاقت مبلغ 200 مليار ليرة سورية (حوالي 4.4 مليار دولار)، خاصة في مجال الطرق السريعة والنقل المديني والموانئ البحرية.
- قدرة قطاع النقل في الجمهورية العربية السورية، على المساهمة الفعالة في تأمين الدعم اللوجستي المناسب لبعض المناطق أو لجميعها، في الأحوال والظروف غير الاعتيادية، كالكوارث والأزمات والحروب، تعد من الخصائص الاستراتيجية الهامة لهذا القطاع الواجب تعزيزها في زمني السلم والحرب.

2.3- الفرق بين BIM و CIM:

هناك ثلاثة اختلافات رئيسية بين BIM و CIM يجب تحديدها قبل تطبيق BIM على مشاريع البنية التحتية المدنية. أولاً، يختلف هيكل ومكونات المباني عن تلك الموجودة في مرافق البنية التحتية المدنية. على سبيل المثال، تحتوي أسطح الجسور على جيوب قص غير موجودة في المباني، بينما

تحتوي المباني على نوافذ غير موجودة في الطرق. بالإضافة إلى ذلك ، بمجرد تأكيد أسس المبنى ، يكون للبيئة الهندسية المحيطة تأثير ضئيل على تشييد المبنى [2]. ومع ذلك، تخضع مشاريع البنية التحتية المدنية لكل فارق بسيط من التضاريس. لذلك، تسمى مشاريع البناء أيضًا "المشاريع الرأسية"، بينما تسمى مشاريع البنية التحتية المدنية عادةً "المشاريع الأفقية". ثانيًا، تختلف المصطلحات المستخدمة في تمثيل المباني ومنشآت البنية التحتية المدنية، ويرجع ذلك جزئيًا إلى الاختلاف في الهيكل والمكونات. على سبيل المثال، تسمى الدعامات الهيكلية العمودية في المباني "أعمدة" بينما تسمى تلك الموجودة في الجسور "أرصعة". لذلك، لا يمكن استخدام مخططات البيانات للمباني بشكل مباشر لمرافق البنية التحتية المدنية. أخيرًا، لدى BIM و CIM منهجيات مختلفة للنمذجة. بالنسبة لمرافق البنية التحتية المدنية مثل الطرق والجسور، يتم وضع جميع الكيانات المحددة أفقيًا بالنسبة للمحور أو الخط المرجعي. يقوم الأشخاص أيضًا بنمذجة مرافق البنية التحتية المدنية من خلال تحديد المقاطع العرضية ثم توسيعها أفقيًا على طول المحاذاة المحددة. من ناحية أخرى، غالبًا ما يتم إنشاء BIM عموديًا طبقًا لتلو الآخر. بصرف النظر عن هذه الاختلافات، فإن إدارة البيانات وتبادلها BIM و CIM متشابهة.

2.4- أهمية نمذجة معلومات البناء في مشاريع البنى التحتية لأطراف المشروع:

تعمل أنظمة BIM على تحقيق دعم عمليات البناء في مجال بنى التحتية وتحقيق الفائدة لكل طرف من أطراف المشروع (المالك - المصمم - المنفذ (المقاول)):

2.4.1- الجهة المالكة:

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 [7]. العديد من أصول البنية التحتية مملوكة ملكية عامة ولها تبعيات خارجية حاسمة.

وبالتالي فإن استخدام أنظمة BIM سيمنح أصحاب المشاريع من تحقيق ما يلي: [8]

- 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 النمذجة 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 يخف من التضاربات بشكل كبير. حيث تساهم أنظمة BIM أيضا بتخفيض زمن المشروع من خلال استخدام العناصر مسبقة الصنع على نطاق واسع بسبب الدقة بنموذج BIM مقارنة بأساليب العمل الحالية.

2.4.2- المصمم:

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 غالبا للمشاريع الضخمة والمعقدة عندما لا يكون استخدام الأنظمة ثنائية الأبعاد أمر مجدي [9]. تم تصميم معظم أصول البنية التحتية لعمر طويل نسبياً. في الواقع، يتم إيقاف تشغيل القليل في نهاية عمر محدد مسبقاً. يمكن استبدالها لأسباب تتعلق بالسلامة أو السعة أو الوظيفة.

- 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 استخدام BIM يرتبط ارتباطاً وثيقاً بالتدريب الجيد. [9]
- وبالتالي فإن استخدام أنظمة BIM سيمكن المصممون من تحقيق ما يلي [8]:
- 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 ويصوره 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 رفاق جديدة وطرق عمل مختلفة لشركات التصميم.
- تحسين صيانة المبنى بمرحلة ما بعد التنفيذ.

2.4.3 - المقاول:

غالبا ما يهتم المقاولون بتفادي 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 تتجز ببيئة أكثر رقابة واستخدام المواد بدقة أكبر واستخدام اليات ومعدات أكثر تخصصا وكفاءة. نجد أن استخدام أنظمة BIM سيمنح المقاولون من تحقيق ما يلي:

1. تخطيط أفضل لما قبل البناء ونتائج عالية الجودة

BIM هو أكثر من مجرد نموذج ثلاثي الأبعاد لمشروع بناء. إنها عملية تتضمن معلومات مفصلة حول كل جانب من جوانب المشروع. هذا يعني أن استخدام BIM في مرحلة التخطيط يمكن أن يتجنب العديد من المخاطر المكلفة ويقلل التكاليف. من خلال الحسابات الدقيقة، يمكن للمقاولين إنتاج مشاريع عالية الجودة. بالإضافة إلى ذلك، تمكن BIM المقاولين من الحصول على تمثيل مرئي للمشروع بأكمله. يمكنهم إجراء جولة افتراضية مع المهندسين لتحديد مجالات معينة تحتاج إلى تحسين. يتيح هذا التعاون أثناء مرحلة ما قبل البناء لجميع أصحاب المصلحة في المشروع تحديد النهج المثالي للمشروع.

تعد الشبكة والموقع الخطي أمرًا بالغ الأهمية في إدارة الأصول لتحديد وتراكب العديد من الميزات الخطية المستخدمة لتقييم حالة الطرق والمسار وشبكات الأنابيب وغيرها.

علاوة على ذلك، يعمل BIM على تحسين الخدمات اللوجستية للموقع للمقاولين. يمكنهم استخدامه لمحاكاة أفضل الطرق لإدارة وضع المعدات، والوصول إلى المركبات، وتحديد المخاطر المحتملة في الموقع.

2. تحسين إدارة البيانات مع المعلومات المركزية

واحدة من الفوائد الرئيسية لنماذج BIM للبنية التحتية هي أنه يسمح بإنشاء بيئة بيانات مشتركة (CDE) تستخدم تنسيقات بيانات قياسية. هذا يضمن أن جميع أصحاب المصلحة في المشروع يمكنهم إضافة معلومات إلى BIM. كما أنه يساعد في إدارة وثائق المشروع و، يركز جميع معلومات المشروع حتى يتمكن أصحاب المصلحة من العثور بسهولة على البيانات التي يحتاجون إليها.

يمكن لكل صاحب مصلحة، بما في ذلك المقاول، الوصول إلى نموذج BIM وعرض أي معلومات. بهذه الطريقة، يمكنهم ضمان الدقة وتتبع التقدم بسهولة. بالتأكيد واحدة من فوائد BIM الرئيسية للمقاولين.

على سبيل المثال، يمكن للمقاول إدخال أوامر التغيير مباشرة في BIM. باستخدام CDE، يمكن للمهندسين المعماريين قراءة المعلومات باستخدام برنامج BIM. الأهم من ذلك، يمكنهم عرض هذه التغييرات في الوقت الفعلي. هذا يجعل البناء على الفور أكثر تعاونًا.

علاوة على ذلك، يمكن للمقاول إدخال المهام للمقاولين من الباطن والبنائين. يمكن لهؤلاء العمال أيضًا التحقق من المهام وتسجيل تقدمهم في BIM. يمكن للمقاولين متابعة المهام غير المكتملة بسرعة دون إرسال اتصالات متكررة.

3. استخراج كميات وتقدير الكلفة بطريقة أدق

تحدد عمليات استخراج الكميات النفقات والعمالة اللازمة لإكمال المشروع. يتضمن ذلك إنشاء نظرة عامة على إجمالي تكاليف المواد اللازمة للمشروع. وبالتالي، فإن استخراج الكميات تمكن المقاولين من تقدير التكلفة الإجمالية للمشروع.

تقليدياً، سيقدر المقاولون التكاليف باستخدام رسومات ثنائية الأبعاد. ومع ذلك، فإن استخراج الكميات ثنائي الأبعاد أقل دقة ويمكن أن يؤدي إلى أخطاء وإعادة صياغة.

عندما يستخدم المقاولون BIM لمشاريع البنى التحتية، يمكنهم استخدام أدوات BIM ثلاثية الأبعاد لإنشاء نموذج تقدير تكلفة أكثر تفصيلاً ودقة للمشروع.

علاوة على ذلك، يمكن للمقاولين من الباطن التنسيق مع المقاولين والمهندسين المعماريين لتفاصيل التكاليف المرتبطة بمهامهم للمشروع. يمكنهم إضافة هذه التفاصيل إلى نموذج المشروع وتحديث حسابات تقدير التكلفة.

4. تكاليف مخفضة

متابعة من النقطة أعلاه، من خلال الحصول على كميات دقيقة، يمكن للمقاولين توفير المال والموارد. هذا لأنهم سيكونون قادرين على طلب كميات أكثر دقة من المواد للمشروع. على هذا النحو، يمكنهم تجنب الطلب الزائد أو الناقص - وبالتالي توفير الوقت والمال.

بالإضافة إلى ذلك، يوفر BIM أيضاً فرصة مثالية للتصنيع المسبق لأنه يولد نماذج عالية الدقة لأجزاء البناء. لذلك، يمكن للمقاولين توفير الوقت والمال باستخدام الأجزاء الجاهزة بدلاً من بناء المكونات في الموقع من نقطة الصفر.

5. تعزيز التنسيق

باستخدام CDE وBIM، يمكن لأصحاب المصلحة في المشروع الوصول إلى نموذج المبنى عبر Cloud باستخدام مجموعة من الأجهزة الذكية.

يمكن للبناء عرض عرض ثلاثي الأبعاد لمهمتهم، بما في ذلك المواد والنطاق من أي جهاز. هذا يجعل التنسيق في الموقع أسهل وشفافية.

علاوة على ذلك، يمكن لبرنامج BIM تحديد الاشتباكات المحتملة أثناء البناء. قد يكون هذا تضارباً بين أنابيب مياه الحلوة وأنابيب الغاز. يمكن للمقاول استخدام عمليات المحاكاة للعثور على أفضل موضع لكلا التركيبين قبل بدء البناء. في النهاية، يتجنب اكتشاف الصدام إعادة العمل والتأخير والتكاليف غير الضرورية.

بالإضافة إلى ذلك، يسمح التنفيذ الكامل لنماذج معلومات البناء (BIM) للمقاولين وأصحاب المصلحة بتصميم وتوثيق مشروع البناء.

هذا لا يقدر بثمن لأن BIM هي عملية ديناميكية يمكن أن تتغير وتتكيف مع احتياجات أصحاب المصلحة. هذا يعني أنه يمكن للمقاولين تغيير جوانب التوثيق والتصميم أثناء التنقل. باستخدام CDE و BIM شامل، يمكن لجميع أصحاب المصلحة الوصول إلى الوثائق مع التغييرات المحدثة في بضع ثوانٍ.

6. كشف الاشتباك وإدارة التغيير

باستخدام BIM، يكون اكتشاف الاشتباكات أسهل بكثير من استخدام طرق الرسم ثنائية الأبعاد والاعتماد على عمليات الفحص البصري. إن التصور الذي يتيح النموذج ثلاثي الأبعاد يجعل من السهل على جميع الأطراف فهم كيف يتناسب عنصر الأعمال الخاص بهم مع الصورة الأكبر. بالإضافة إلى ذلك، مع عمل كل شخص من نفس حالة النموذج المحدّث، لا توجد اشتباكات غير مقصودة تم إنشاؤها باستخدام إصدار قديم. كما أنه يجعل تغييرات النطاق أسهل في إدارتها وتنفيذها، حيث أن تأثير أي تغيير متاح على الفور لجميع الأطراف وأي تصادمات يتم إبرازها في البرنامج، والتي تراقب باستمرار السلامة الهيكلية للنموذج. يضمن ذلك تصحيح الأخطاء قبل اكتشافها في الموقع، مما يهدر الوقت والمال والمواد الثمينة.

أخيرًا، يمكن أن تساعد BIM أيضًا بعد الانتهاء من المشروع. أثناء تسليم المبنى، يصبح المالك أو المقاول مدير المنشأة يحتاجون إلى صيانة ومراقبة المبنى.

سيكون لمدير المنشأة حق الوصول الكامل إلى كل مرحلة من مراحل مشروع البناء. على هذا النحو، لن يحتاجوا إلى التواصل مع أي أطراف خارجية. يمكنهم الرجوع إلى BIM للحصول على معلومات المنتج وأرقام الأجزاء والمزيد.

باستخدام BIM، يمكن للمقاولين العمل مع نماذج مشاريع عالية الدقة. هذا يساعد على تقليل المخاطر والتكاليف قبل وأثناء وبعد البناء. علاوة على ذلك، من خلال مركزية المعلومات وتعزيز التعاون والتنسيق، يمكن للمقاولين ضمان سير المشاريع بسلاسة. يمكنهم تتبع التقدم بسهولة والوصول إلى أحدث المعلومات وتبسيط العمليات. ونتيجة لذلك، فإنها تعزز إنتاجية المشروع وتقلل التكاليف. كل هذه الفوائد من BIM للمقاولين تؤدي إلى شيء واحد: عائد أكبر على الاستثمار (ROI). لذلك، من خلال تنفيذ BIM، يمكن للمقاولين تحسين عملياتهم ونموذج أعمالهم بالكامل. لا يعد هذا مفيدًا للمقاول فحسب، ولكنه يساعد أيضًا في تقديم قيمة أكبر للعملاء من خلال زيادة الدقة والكفاءة.

2.5- استخدامات نمذجة معلومات البناء في مشاريع البنى التحتية:

تستخدم نمذجة المعلومات في مشاريع البنى التحتية (المدينة) CIM في [10]:

(A) التصور

(B) إدارة معلومات دورة الحياة

(C) مراجعة التصميم

(D) حسابات ميكانيك السوائل

(E) التحليل الإنشائي

(F) تحليل ضوء الشمس

(G) محاكاة تدفق حركة المرور

(H) المحاكاة البيئية والتحليل

(I) كشف الاشتباك

(J) نمذجة الجدول الزمني (4D)

(K) تقدير التكلفة (5D)

(L) استخراج الكميات

(M) تحليل قابلية البناء

(N) محاكاة تشغيل الرافعة

(O) التفتيش الافتراضي للمنشأة

ترتبط هذه الاستخدامات الـ 15 بمراحل مختلفة لتسليم المنشأة ، وهي (1) مرحلة التصميم المفاهيمي ،
(2) مرحلة التصميم والتوثيق التفصيلي ، (3) مرحلة البناء ، (4) التشغيل والصيانة (التشغيل والصيانة) يبين الجدول رقم 2 [10] استخدامات نمذجة المعلومات المدنية في مراحل المشروع الأربعة:

Relationship between CIM uses and facility delivery phases.

No.	CIM uses	Facility delivery phases			
		Phase 1 Conceptual design	Phase 2 Detailed design and documentation	Phase 3 Construction	Phase 4 O&M
A	Visualization	✓	✓	✓	✓
B	Lifecycle information management	✓	✓	✓	✓
C	Design review	✓	✓		
D	Computational fluid dynamics	✓	✓		
E	Structural analysis		✓		
F	Sunlight analysis		✓		
G	Traffic flow simulation		✓		
H	Environmental simulation and analysis		✓	✓	
I	Clash detection		✓	✓	
J	Schedule modeling (4D)		✓	✓	
K	Cost estimation (5D)		✓	✓	
L	Quantity takeoff		✓	✓	✓
M	Constructability analysis			✓	
N	Crane operation simulation			✓	
O	Virtual facility Inspection				✓

الجدول رقم 2

المعلومات هي جوهر BIM أو CIM technology، ونموذج واحد متكامل وقابل للتشغيل البيئي CIM يحتوي على جميع البيانات التي تم جمعها طوال دورة حياة المشروع مهم.

يتم تنفيذ مراجعة التصميم، واكتشاف الصدام، والكمية، وتحليل قابلية البناء بشكل متكرر. في المقابل، هناك عدد قليل من الحالات التي تغطي استخدامات CIM مثل إدارة معلومات دورة الحياة، والمحاكاة الديناميكية للسوائل الحاسوبية (CFD)، وتحليل أشعة الشمس، ومحاكاة تدفق حركة المرور، والمحاكاة البيئية والتحليل، ومحاكاة تشغيل الرافعة، والتفتيش الافتراضي للمنشأة، خاصة للطاقة والمرافق والمرافق الترفيهية. وفقًا لمراحل تسليم المنشأة، وجدنا أن معظم استخدامات CIM التي أجريت في حالات الصناعة نادرًا ما يتم تنفيذها في المرحلة 2 (مرحلة التصميم والتوثيق التفصيلي) والمرحلة 4 (O&M phase). مثل هذه المحاكاة التفصيلية والتحليلات التفصيلية وإدارة معلومات دورة الحياة والتفتيش الافتراضي للمرافق هي مهام طويلة الأجل لن تحقق فوائد فورية وواضحة لمشروع في وقت قصير. على سبيل المثال، لن يعرف مالك المشروع مزايا إدارة معلومات دورة الحياة حتى O&M phase، حيث يمكن لمدير المنشأة استخدام النموذج المتكامل الذي يحتوي على جميع معلومات التصميم والبناء.

على العكس من ذلك، فإن استخدامات CIM الأخرى مثل اكتشاف الصدام يتم إجراؤها بشكل متكرر بواسطة ممارسين في الصناعة، ربما بسبب فعاليتها من حيث التكلفة. على سبيل المثال، يمكن إجراء اكتشاف الصدام قبل الإنشاء الفعلي لتقليل إعادة العمل، مما قد يقلل بشكل كبير من جدول المشروع وتجاوز التكلفة الناتج عن عمليات إعادة العمل. لذلك، نادرًا ما يتم تنفيذ استخدامات CIM طويلة الأجل من قبل الشركات نظرًا لأن فوائدها الفورية صغيرة. بالإضافة إلى ذلك، كما هو مقترح في تقرير SmartMarket [2]، فإن بعض المستخدمين ليسوا على دراية بتقنية BIM للبنية التحتية المدنية، خاصة في مرحلة التصميم التفصيلي التي تتطلب إتقانًا جيدًا لتقنية BIM. عادة ما يستغرق تدريب الأفراد على BIM وقتًا طويلاً. وأشار آخرون إلى أن تكلفة البرامج وتكلفة التدريب أعلى بالنسبة لنماذج أكثر تفصيلاً. لذلك، التكلفة العالية هي قضية أخرى. في بعض الأحيان، تنشئ التخصصات المختلفة نماذج باستخدام أدوات برمجية متنوعة لاستخدامها الخاص أثناء مرحلة التصميم التفصيلي، مما يؤدي إلى مشاكل في التشغيل البيئي بين نماذج CIM. لذلك، يصعب على مديري المرافق في مرحلة التشغيل والصيانة استخدام النماذج التي تم إنشاؤها في مرحلة التصميم والبناء. من الصعب جدًا تنفيذ إدارة معلومات دورة الحياة والتفتيش الافتراضي للمرفق باستخدام نماذج منفصلة.

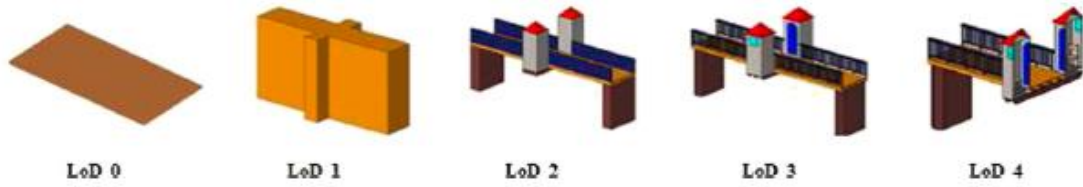
- النتائج المتعلقة باستخدامات CIM مماثلة لنتائج مسح أجراه مركز هندسة المرافق المتكاملة (CIFE) في جامعة ستانفورد. قاموا بإنشاء بطاقة أداء VDC (التصميم والبناء الافتراضي) لتقييم نضج ابتكار VDC في أربعة مجالات ، وهي التخطيط والاعتماد والتكنولوجيا والأداء [17]. تم تحديد خمسة مستويات من استخدامات النموذج في مجال التكنولوجيا في بطاقة قياس الأداء VDC [18]. هم:
1. التصور. يتم إنشاء النماذج لأغراض التصور، مثل (A) التصور و (C) مراجعة التصميم.
 2. التوثيق. تُستخدم النماذج للتوثيق بدقة، مثل (L) استخراج الكميات، إلخ.
 3. التحليل القائم على النموذج. يتم إنشاء النماذج لتحليل تخصص واحد، مثل (F) تحليل ضوء الشمس، (G) تحليل تدفق حركة المرور، (K) تقدير التكلفة، إلخ.
 4. التحليل المتكامل. هناك حاجة إلى تعاون متعدد التخصصات للتحليل بناءً على النماذج التي تم إنشاؤها، مثل (I) اكتشاف الصدام (بين التخصصات المختلفة)، إلخ.
 5. الأتمتة والتحسين. التحليلات الروتينية أو التصنيع مؤتمتة.

مستويات التطور في مشاريع البنى التحتية (LOD) :

يستخدم مفهوم LoD في الأصل في نماذج رسومات الكمبيوتر ، ويهدف إلى التصور الفعال بحيث يكون للعناصر ثلاثية الأبعاد تعقيد متناقص عندما تبتعد عن وجهة نظر المرء ، مع وصف العناصر القريبة في تمثيلات مفصلة للغاية [11]. غالبًا ما يتم إنشاء تمثيلات LoD لتقليل التعقيد الحسابي وزيادة كفاءة عرض الجوانب الرسومية الهندسية البحتة. على عكس التعريف في رسومات الكمبيوتر، فإن مفهوم LoD في BIM لا يأخذ في الاعتبار المعلومات الجغرافية فحسب، بل أيضًا المعلومات الدلالية.

بالنسبة إلى BIM أو CIM، يتم تنظيم النماذج في LoDs مختلفة اعتمادًا على استخدامات BIM أو CIM ومراحل المشروع. مع نمو المشروع، يتم تمثيل العناصر البناء بهندسة أكثر تفصيلاً ومعلومات دلالية من أجل دعم تحليلات أكثر دقة وعمليات محاكاة متنوعة. تحدد بعض معايير BIM وخطط تنفيذ BIM مفاهيم LoD الجديدة من أجل توحيد تقنية BIM في بلد معين [12-13]. على سبيل المثال ، دليل استخدام خطة عمل RIBA 2013 [14] ، الذي نشره المعهد الملكي للمهندسين المعماريين البريطانيين (RIBA) ، يحدد خمسة مستويات من التطوير في نماذج BIM ، من المستوى






100 إلى المستوى 500. ومع ذلك، فإن مفاهيم LoD هذه ركز على عناصر البناء فقط ولا تقدم مراجع LoD للبنية التحتية المدنية. تختلف تعريفات LoD للبنية التحتية المدنية عن تلك الخاصة بالمباني. على سبيل المثال، تركز منشأة المبنى بشكل أكبر على إعادة ضبط الجزء الداخلي من مربع المبنى، بينما تعيد معظم مرافق البنية التحتية المدنية إعادة تصميم الميزات الخارجية. إنها المساحة الداخلية لبنة البناء والمساحة الخارجية للبنية التحتية المدنية التي توفر الوظائف والخدمات. على سبيل المثال، يحتوي CityGML، المعيار الدولي لتمثيل نماذج المدن ثلاثية الأبعاد وتغييرها، على تعريفات LoD منفصلة للمباني والجسور ونماذج الأنفاق [15]. يمكن تمثيل الميزات الموجودة في



CityGML في أكثر من خمسة LoDs منفصلة (الشكل 1)

الشكل 1

من LoD0 إلى LoD4. إذا أخذنا نماذج الجسر كمثال، فإن LoD0 هو نموذج التضاريس الرقمية. يزداد الثراء الدلالي والهندسي من LoD1 (نموذج الكتلة) إلى LoD3 (النموذج المعماري). تمت إضافة الهياكل الداخلية مثل الغرف إلى LoD4. تقدم هذه الورقة تعريفاً عاماً لما يجب تضمينه في نماذج البنية التحتية المدنية، ولا تقترح تحديداً محدداً لخط الحدود لكل نوع من أنواع البنية التحتية؛ وبدلاً من ذلك، فإنه يلخص ويحدد المتطلبات والأهداف الأساسية التي يجب أن يفي بها كل حد من الحدود. بشكل عام يعتمد كل تعريف LoD على وظائف النموذج تستخدم من أجل ومدى ملاءمتها لفئة معينة من استخدامات CIM. على سبيل المثال، يمكن إجراء محاكاة اكتشاف الصدام في أي LoD تقريباً وعبر أي نظام بناء. فحص الاشتباكات بين الأنظمة الميكانيكية والهيكليّة التي تتطلب حداً منخفضاً مرتفعاً، في حين أن اكتشاف الصدام داخل نظام هيكلي، مثل فحص تعارض المكونات، يمكن إجراؤه باستخدام LoD منخفض نسبياً. بناءً على الحالات المختلفة وتفسيرنا الخاص، نقترح خمسة LoDs يمكن من خلالها تطوير نموذج CIM والحد الأدنى من متطلبات استخدام CIM لكل LoD. تم وصف حدود LoD الخمسة في الشكل 2

LoD100	<ul style="list-style-type: none"> • 3D block model • Analysis and simulation based on shape and location 		Architectural Design
LoD200	<ul style="list-style-type: none"> • Generic elements • Approximate analysis and estimation of quantities 		
LoD300	<ul style="list-style-type: none"> • Detailed and refined assemblies • More accurate analysis and estimation 		
LoD400	<ul style="list-style-type: none"> • Construction-level detailed components • Inner structure and sub-components • Precise analysis and simulations 		Structural & MEP Design
LoD500	<ul style="list-style-type: none"> • As-constructed model with photorealistic effects • Semantic information for FM, e.g. inspection history • Sensing data 		

Note: LoD500 model picture is provided by Autodesk.

الشكل 2

باختصار، LoD100 إلى LoD300 مخصصة بشكل عام للتصميم المعماري، في حين يتم تنفيذ التصميم الإنشائي وتصميم الهندسة الكهربائية والميكانيكية على أساس LoD400. يحتوي نموذج LoD500 على معلومات دورة الحياة التي يمكن استخدامها في مرحلة التشغيل والصيانة، ويزداد الثراء الدلالي من LoD200 إلى LoD500. يمكن الحصول على الكميات المستندة إلى مكونات ومواد من LoDs مختلفة من LoD200 إلى LoD500. يمكن إجراء التقديرات من دقة منخفضة إلى أعلى بناءً على نماذج LoD200 إلى LoD500، مثل نمذجة الجدول D4 وتقدير التكلفة D5. وتم سرد CIM uses التي يدعمها كل LoD في الجدول رقم 3. [\[10\]](#)

Relationship between CIM uses and LoD.

No.	CIM uses	Levels of development (LoD)				
		LoD100	LoD200	LoD300	LoD400	LoD500
A	Visualization	✓	✓	✓	✓	✓
B	Lifecycle information management	✓	✓	✓	✓	✓
C	Design Review	✓	✓	✓	✓	✓
D	Computational fluid dynamics	✓	✓	✓	✓	✓
E	Structural analysis			✓	✓	✓
F	Sunlight analysis	✓	✓	✓	✓	✓
G	Traffic flow simulation	✓	✓	✓	✓	✓
H	Clash detection		✓	✓	✓	✓
I	Environmental simulation and analysis		✓	✓	✓	✓
J	Schedule modeling (4D)		✓	✓	✓	✓
K	Cost estimation (5D)		✓	✓	✓	✓
L	Quantity takeoff		✓	✓	✓	✓
M	Constructability analysis		✓	✓	✓	✓
N	Crane operation simulation	✓	✓	✓	✓	✓
O	Virtual facility inspection					✓

الجدول رقم 3

أنشأت نماذج LoD100 لتلائم ميزات السطح واختيار أفضل تخطيط للموقع. بالإضافة إلى ذلك، فقط مشاريع الطرق والسكك الحديدية والبنية التحتية لإدارة المياه هي التي أعدت نماذج LoD500 لإدارة المرافق المستقبلية. يبدو أن LoD في حالات الصناعة نادرًا ما يصل إلى أدنى مستوى (LoD100) أو أعلى مستوى (LoD500). تقوم حالات الصناعة عادةً بتطوير نموذج مفصل بشكل مناسب لمجموعة محددة من استخدامات CIM. الأشياء عالية التفاصيل غير ضرورية وغير اقتصادية. يمكن إجراء معظم استخدامات CIM بناءً على نماذج LoD100 إلى LoD400، باستثناء فحص المنشأة الافتراضي. التفتيش الافتراضي للمرفق هو استخدام طويل الأجل لـ CIM، وهو غير فعال من حيث التكلفة على المدى القصير. لذلك، في مرحلتي التصميم والبناء، نادرًا ما يفكر الممارسون في تحسين النماذج لدمج المزيد من المعلومات الدلالية لاستخدامها في المستقبل. أنشأت معظم الحالات نماذج LoD300 أو LoD400 لتلبية متطلباتها واضطلعت بالعديد من استخدامات CIM. يعتمد LoD المناسب على متطلبات العميل ويتأثر بحجم المشروع والوقت المخصص. فإن معظم مشاريع النقل (الجسور والطرق والسكك الحديدية والأنفاق) بها نماذج LoD300 أكثر من نماذج LoD400، في

حين أن فئات البنية التحتية المدنية الأخرى (بما في ذلك الطاقة والمرافق والمرافق الترفيهية والبنية التحتية لإدارة المياه) لديها نماذج LoD400 أكثر من نماذج LoD300. قد يكون السبب أن البنية التحتية للنقل لها هيكل معقد مع فترة بناء طويلة الأجل، مما يجعل من الصعب تطوير نماذج مصقولة للمشروع بأكمله. في غضون فترة قصيرة، يحتاج العملاء فقط إلى تقدير تقريبي، مثل 4D أو 5D أو تحليل هيكل للخرسانة، الأمر الذي يتطلب نموذج LoD منخفضاً نسبياً. بالإضافة إلى ذلك، فإن بعض استخدامات CIM المصممة أساساً للبنية التحتية للنقل، مثل محاكاة تدفق حركة المرور، لا تحتاج إلى نموذج LoDمرتفع. ومع ذلك، فإن مرافق البنية التحتية المدنية الأخرى في مجالات الطاقة والمرافق وإدارة المياه تتكون من نظام MEP وهو في الواقع تصميم LoD400.

تطوير مخطط البيانات والتمثيل

نظراً لأن BIM يغطي العديد من تخصصات AEC، فإن مشكلة قابلية التشغيل البيئي لنماذج البيانات بين أدوات BIMsoftware المختلفة للتخصصات المختلفة قد أصبحت في طليعة الاهتمام المهني. يعد نموذج البيانات المحايدة الشامل لتقديم المعلومات الهندسية والدلالية ضرورياً لمشاركة البيانات وتبادلها. لذلك، تم تطوير مخطط بيانات تصنيف الأسس الصناعية (IFC) بواسطة buildSMART (المعروف سابقاً باسم التحالف الدولي لقابلية التشغيل البيئي، IAI) لمعالجة مشكلة التشغيل البيئي في BIM [19]. تقدم تصنيف الأسس الصناعية نموذج منتج موحد لتصميم المباني وتشبيدها وقد تم اعتماده على نطاق واسع في صناعة AEC [20]. يمكن أيضاً استخدام مؤسسة التمويل الدولية لتطوير نماذج CIM، من خلال تمثيل عناصر البنية التحتية المدنية كعناصر بناء. على سبيل المثال، يمكن تعيين أرصفة في الجسور إلى IfcColumn، بينما يمكن تمثيل الحواجز في الطرق بواسطة IfcWall. ومع ذلك، تؤدي مثل هذه التعيينات إلى العديد من المشكلات، أحدها عدم تطابق المعلومات الدلالية والدور الوظيفي لمكونات المبنى والبنية التحتية. لذلك، فإن مخطط تصنيف الأسس الصناعية الحالي، أي IFC4، لا يدعم المعلومات الدلالية لمرافق البنية التحتية المدنية. هناك حاجة لتطوير مخطط بيانات لكل نوع محدد من مرافق البنية التحتية المدنية لتمثيل المعلومات التفصيلية القائمة على المكونات بطريقة موحدة. وبالتالي، اقترح العديد من الباحثين مخططات بيانات لمرافق البنية التحتية المدنية [22]، [21]. على سبيل المثال، أطلقت buildSMART العديد من المشاريع

مثل OpenINFRA لتطوير نماذج مخططات البيانات لمرافق البنية التحتية المدنية القائمة على مؤسسة التمويل الدولية. تم تقديم توسعة IFC Alignment في IFC4x1 ، و IFC5 حاليًا في مرحلة التخطيط المبكرة لتشمل امتدادات IFC للطرق والجسور والأنفاق وما إلى ذلك. استنادًا إلى نظرة عامة على جهودهم فيما يتعلق بتطوير نموذج البيانات للبنية التحتية المدنية، تقترح هذه الورقة ثلاثة مستويات من البيانات تطوير المخطط والتمثيل لتحديد مدى دقة تطوير مخطط البيانات لكل نوع من أنواع البنية التحتية المدنية. يعد تطوير مخطط البيانات والتمثيل مؤشرًا آخر لتقييم نضج CIM.

• Phase01 – Conceptual class hierarchy التسلسل الهرمي للفئة المفاهيمية. يعد تطوير نموذج التسلسل الهرمي للفئة المفاهيمي، والذي يوحد تعريفات مكونات البنية التحتية المدنية وعلاقاتها الهرمية، الخطوة الأولى في النمذجة القائمة على العنصر. يعد نموذج بيانات الطريق الحالي لمؤسسة التمويل الدولية مثالاً على نموذج التسلسل الهرمي للفئة المفاهيمية.

• Phase02 – Geometric data model نموذج البيانات الهندسية. لا يمكن أن تمثل العناصر المفاهيمية وعلاقاتها الهرمية نموذجًا. لذلك، هناك حاجة إلى نموذج بيانات هندسية لتمثيل إحداثيات ثنائية الأبعاد أو ثلاثية الأبعاد لمكونات مختلفة بما في ذلك معلومات الموقع والشكل والحجم دون أي خصائص، مثل نوع المادة والمالك والسماكة. يمكن تمثيل نموذج البيانات الهندسي بنمذجة غير بارامترية أو نموذج حدودي ويستخدم مجموعة من "بارامترات" لوصف العناصر.

• Phase03 – Semantic data model نموذج البيانات الدلالية. نموذج البيانات الدلالية هو نموذج بيانات يتم تضمين المعلومات الدلالية فيه. تحتوي المعلومات الدلالية على مجموعة من السمات بخلاف المعلومات الهندسية. على سبيل المثال ، تحتوي كيانات IfcMaterial و IfcOwnerHistory في مخطط IFC على معلومات دلالية.

تختلف عناصر العمارة العمودية عن عناصر الهياكل الأفقية (مثل البنية التحتية للنقل). في الحياة الواقعية، يستخدم الناس مصطلحات مختلفة لتمثيل عناصر المباني والعناصر في البنية التحتية للنقل. على سبيل المثال، تمثل كل من أعمدة المباني وأرصعة الجسور عضوًا هيكليًا ينقل قوى الانضغاط إلى قاعدته. ومع ذلك، فإن هذين العضوين لهما مصطلحات محددة مختلفة. لذلك، هناك حاجة إلى مصطلحات موحدة للعناصر المختلفة للبنية التحتية للنقل. حدد العديد من العلماء هذا الاختلاف

ويقومون بتطوير مخططات بيانات للجسور والطرق والأنفاق. ومع ذلك، لا يوجد حاليًا مخطط بيانات للبنية التحتية للسكك الحديدية. تشمل السكك الحديدية الهياكل والمرافق الطرفية (مثل ساحات السكك الحديدية ومحطات السكك الحديدية) وأنظمة الاتصالات وأنظمة MEP. من التعريف، يمكن أن تتكون البنية التحتية للسكك الحديدية من التصميم المعماري (لمحطات السكك الحديدية)، والتصميم الإنشائي، وتصميم الهندسة الكهربائية والميكانيكية، وتصميم المحاذاة، وتصميم السكك الحديدية. إذا تم تطوير نماذج مخططات البيانات للمباني والأنفاق والجسور والطرق جيدًا، فيمكننا تحديد معظم عناصر السكك الحديدية باستخدامها. ومع ذلك، لا توجد مصطلحات موحدة لتحديد عناصر السكك الحديدية في علوم الكمبيوتر، مثل الألواح النائمة وسرير الصابورة. لذلك، يجب تطوير نماذج مخططات البيانات للبنية التحتية للسكك الحديدية، خاصة لعناصر السكك الحديدية.

استنادًا إلى IFC ومخططات بيانات الجسور والطرق والأنفاق، يمكن تمثيل أنواع أخرى من البنية التحتية للنقل (مثل المطارات والموانئ والموانئ) والمرافق الترفيهية. يمكن تمثيل فئات البنية التحتية المدنية الأخرى مثل الطاقة والمرافق والبنية التحتية لإدارة المياه، والتي تتكون من الأعمال المدنية والمعمارية، وتصميم المعدات والأدوات الميكانيكية، باستخدام المخطط الحالي مع بعض التعديلات. لذلك، لا يوجد حاليًا مخطط بيانات محدد لفئات البنية التحتية المدنية هذه.

2.6- البرمجيات المستخدمة لنمذجة معلومات البناء في مشاريع البنى التحتية:

على الرغم من أن CIM هو مفهوم جديد نسبيًا يركز على تطبيق BIM لمرافق البنية التحتية المدنية، يمكن استخدام العديد من أدوات برامج BIM الحالية مثل Autodesk Revit لإنشاء نموذج CIM لمنشأة البنية التحتية المدنية. تم تطوير العديد من أدوات البرامج الجديدة، مثل AutoCAD Civil 3D و InfraWorks، من أجل CIM. تدعم بعض أدوات البرامج هذه مثل Autodesk Revit و Civil 3D المعلومات متعددة السمات على المكونات، بينما قد تدعم أدوات أخرى مثل UCwin / Road المعلومات الهندسية فقط. هناك العديد من بائعي البرامج في صناعة AEC يقدمون الدعم لـ CIM يقدم الجدول رقم 4 [10] أهم البرامج وأدوات البرامج الرئيسية الخاصة بهم والتي يمكن استخدامها لإنشاء

نماذج CIM أو إجراء عمليات محاكاة وتحليلات لمجالات البنية التحتية المدنية ، وهي البنية التحتية للنقل والبنية التحتية للطاقة والبنية التحتية للمرافق والبنية التحتية للمرافق الترفيهية والمياه البنية التحتية للإدارة. لا يوفر بعض بائعي البرامج أنظمة أساسية قوية فحسب، بل يوفرّون أيضاً واجهات برمجة التطبيقات (واجهة برنامج التطبيق) و SDKs (مجموعات أدوات تطوير البرامج) للمستخدمين لتخصيص أدوات البرامج الخاصة بهم. تسمح API للأنظمة الأساسية الأخرى بالتعامل مع مكونات البرامج الخاصة بالبائع عن طريق برمجة الكمبيوتر. توفر SDK عينات ووثائق من التعليمات البرمجية المكتوبة مسبقاً لمساعدة المستخدمين على تقليل مقدار التعليمات البرمجية الفريدة التي يتم إنتاجها عند تطويرهم باستخدام واجهة برمجة التطبيقات. هذه الوظائف مفيدة بشكل خاص عندما يرغب المستخدمون في استكشاف إمكانية مشاركة المعلومات بين منصات مختلفة [23]. كما هو موضح في الجدول رقم 3، يوفر معظم بائعي البرامج واجهات برمجة التطبيقات (API) أو مجموعات تطوير البرامج (SDK) لبعض الأنظمة الأساسية المحددة للسماح للمستخدمين ببرمجة مكونات واجهة المستخدم.

فيما يلي جدول رقم 4 يبين أبرز البرامج المستخدمة في مشاريع البنى التحتية:

Major software vendors and tools for CIM.

Vendor	Software tool	Civil Infrastructure					Are API ¹ or SDK ² available
		Transportation infrastructure	Energy infrastructure	Utility infrastructure	Recreational Facility infrastructure	Water management infrastructure	
Autodesk	Revit	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	AutoCAD	✓	✓	✓	✓	✓	
	AutoCAD Map 3D	✓	✓	✓	✓	✓	
	AutoCAD Civil 3D	✓		✓			✓
	Autodesk InfraWorks (formerly Infrastructure Modeler)	✓		✓			
	Structural Bridge Design	✓					
	AutoCAD Utility Design			✓			
	Autodesk 3ds Max Design	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Navisworks	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Bentley	RM Bridge, LEAP Bridge, LARS Bridge	✓					
	Power Rail Track, Power Rail Overhead Line, MXRAIL	✓					
	Power InRoads, Power GEOPAK, MXROAD, and PowerCivil	✓					
	PlantWise, OpenPlant, AutoPLANT, and PlantSpace		✓				
	HAMMER, WaterCAD, WaterGEMS, SewerCAD, SewerGEMS, CivilStorm, StormCAD					✓	
	MicroStation	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	AECOSim Building Designer (Bentley Architecture, Structural Modeler)	✓	✓	✓	✓	✓	
	Prosteel	✓	✓	✓	✓	✓	
	Bentley Substation	✓	✓	✓	✓	✓	
	Bentley Navigator	✓	✓	✓	✓	✓	
	ProjectWise	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	AutoPIPE and STAAD.Pro	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	SAP2000		✓		✓	✓	
CSI	CSiBridge	✓					✓
Tekla	Tekla Structures	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Tekla Bimsight	✓	✓	✓	✓	✓	
Graphisoft	ArchiCAD	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Vico	Vico Office Suite	✓	✓	✓	✓	✓	
FORUM8	UC-win/Road	✓					✓

1. API: Application program interface.

2. SDK: Software development kit.

الجدول رقم 4

:Autodesk Civil 3D 2.6.1

يعمل برنامج تصميم Civil 3D ® على تمكين المهندسين المدنيين من تحقيق البنية التحتية للمستقبل ، اليوم.^[24]

يعد برنامج Autodesk Civil 3D أحد حلول تصميم وتوثيق الهندسة المدنية الذي يدعم سير عمل نمذجة معلومات البناء (BIM) في مجموعة متنوعة من أنواع مشاريع البنية التحتية المدنية، بما في ذلك الطرق والطرق السريعة، وتطوير الأراضي، والسكك الحديدية، والمطارات، والمياه. يساعد Civil 3D المتخصصين في البنية التحتية المدنية على تحسين تسليم المشروع، والحفاظ على بيانات

وعمليات أكثر اتساقاً، والاستجابة بشكل أسرع لتغييرات المشروع. بالإضافة إلى ذلك، يمكن للمستخدمين المساعدة في تبسيط المهام التي تستغرق وقتاً طويلاً مثل التقاطعات، وتصميم الممر الدائري والممر، وتخطيط قطعة الأرض، والأنابيب، والتسوية باستخدام أدوات محددة ومعايير تصميم قابلة للتخصيص.

تستخدم برنامج Civil 3D في:

- **نمذجة التضاريس**

إنشاء نماذج رقمية للطوبوغرافيا لدراسات استخدام الأراضي وتخطيط نظام النقل ومحاكاة تدفق المياه

- **نمذجة الممرات**

نمذجة الممرات الغنية بالبيانات للطرق السريعة والطرق وخطوط السكك الحديدية

- **تصميم التقاطع**

إنشاء نماذج ديناميكية لتقاطعات ثلاثية الاتجاهات (على شكل حرف T) أو رباعية الاتجاهات، بالإضافة إلى التقاطعات الدائرية

- **تصميم وتحليل الصرف**

إدارة تصميم مياه الأمطار والصرف الصحي. تحديد مسارات خطوط الأنابيب، المحسنة من خلال تحليل المكونات الهيدروليكية / الهيدرولوجيا

- **شبكات الضغط**

وضع تصميمات شبكات الضغط الأفقية والعمودية؛ نموذج شرائح الأنابيب المنحرف واستخدام فحوصات التصميم والعمق

- تصميم الجسر
- تنسيق سير العمل بشكل أكثر كفاءة عبر مختلف التخصصات التي تعمل في مشاريع تصميم الجسور المعقدة

• أتمتة التصميم

استخدم البرمجة المرئية لإنشاء نصوص تعمل على أتمتة المهام المتكررة والمعقدة ، بما في ذلك الكهرباء والإشارات

• النمذجة الجيوتقنية

تصور وتحليل البيانات الجوفية واستخدام تلك البيانات بسهولة مباشرة في نموذج التصميم المدني ثلاثي الأبعاد

• المواد والكميات

استخدم المواد والمعلومات المقطعية أو معلومات الملف الشخصي لإنشاء تقارير للأحجام ، ومقارنة التصميم والأسطح الموجودة واستخراج الكميات

• التوافقية

يدعم Civil 3D الاستيراد والتصدير والارتباطات بتنسيقات CAD شائعة الاستخدام ، بما في ذلك IFC ، ويتصل ببيانات Esri ArcGIS و Bentley

الفصل الثالث: الدراسة العملية

3.1 - مشاريع تطبيقية BIM في البنى التحتية :

سننتظر في هذا الفصل لإظهار مشاريع بنى تحتية حول العالم استخدموا نمذجة مشاريع البناء سواء في مرحلة التصميم أو التنفيذ أو التشغيل.

وقد اخترنا للبحث مشاريع متنوعة للبنى التحتية سواء مواصلات وجسور وسكك ومشاريع مائية وفي مناطق مختلفة حول العالم سواء في شرق الأوسط أو قارة أوروبا وأمريكا وأستراليا وغيره... من خلال هذه المشاريع سنظهر أهمية نمذجة المعلومات لهذا نوع من المشاريع والاستفادة من تجاربهم ومستوى الذي وصل إليها كل منطقة.

3.1.1 - مشروع الطريق E39 - الطريق السريع الساحلي:



الشركة

Norconsult

الموقع

Norway

حالة المشروع

منتهية

تاريخ الانتهاء

2021

البرامج المستخدمة

Autodesk® AEC Collection, Autodesk® 3ds
Max®, Autodesk® AutoCAD®, Autodesk® BIM
360® Design, Autodesk® Civil 3D®, Autodesk®
InfraWorks®, Autodesk® Navisworks®, Autodesk®
ReCap™, Autodesk® Revit®, Autodesk® Forge
Infrakit, Gemini VA, Synergi Life

حاصل على جائزة:

EXCELLENCE AWARDS // 2020

لمشاريع البنى التحتية للفئة المتوسطة

يقع الطريق E39 على مسافة 1100 كم من تروندهايم في وسط النرويج، عبر الساحل الغربي للنرويج وصولاً إلى كريستيانساند. وتستمر أيضاً بعد ربط العبارة إلى الدنمارك من هيرتشيلس إلى ألبرغ. في النرويج، يمر الطريق السريع الساحلي في الوقت الحاضر عبر المنطقة التي توفر 50٪ من دخل النرويج (لا يشمل النفط والغاز)، وتستوعب 30٪ من سكان النرويج. تستغرق الرحلة حالياً 21 ساعة من كريستيانساند إلى تروندهايم، وعليك عبور سبعة مضائق بالعبّارات. في عام 2010، جاء وزير النقل والاتصالات مع نية بناء E39 محسّن وخالي من العبّارات في غضون 20 عاماً، مما يجعل من الممكن القيام بالرحلة في غضون 13 ساعة بالسيارة. وهذا يشمل عبور

سبعة مضائق بعرض 1650-5000 متر وعمق يصل (لأسفل) إلى 1300 متر. للقيام بذلك، وضعت إدارة الطرق العامة النرويجية معاً برنامجاً خالص في عام 2013 إلى أن هذا ممكن! في خطة النقل الوطنية طويلة المدى (NTP 2014-2023) كررت الحكومة النرويجية عزمها على إنهاء طريق الطريق السريع الساحلي E39 في غضون 20 عاماً. وأكدت النية من قبل وزير النقل والمواصلات الحالي، كيتيل سولفيك-أولسن، أنه حتى لو كانت الجائزة تتزايد، فإن النية لجعل نظام النقل على الساحل الغربي أكثر كفاءة، لا يزال يسير في السياسة. لعبور المضائق البحرية، مع الإنشاءات ذات الطول الأقصى، نبحث حالياً في كيفية تحويل التكنولوجيا المعروفة جزئياً المستخدمة بطريقة جديدة وأكثر تقدماً. نرى أن التكنولوجيا التي نحتاجها لعبور هذه المضائق، تحتاج إلى تدخلات من متخصصين / قطاعات مختلفة. نعتقد أن هذه المعابر ليست فقط جسوراً، ولكنها أيضاً تقنية يمكنها أن تأخذنا إلى أبعد من ذلك، وتساعدنا في عبور الحواجز في جميع أنحاء العالم.

التحديات

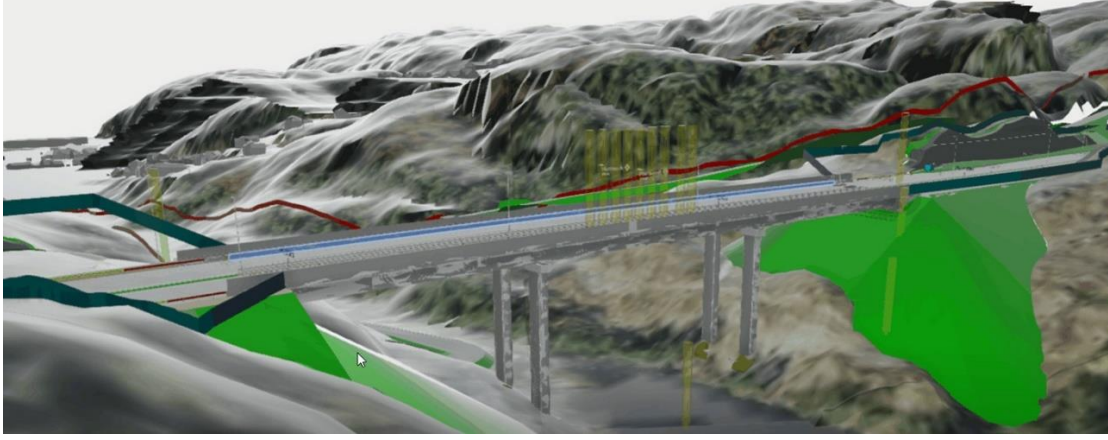
الطرق والأنفاق والجسور هي أكثر من مجرد مشاريع بنية تحتية في النرويج - إنها استثمارات استراتيجية في المستقبل.

يعتبر ربط الدولة بأكملها أمراً بالغ الأهمية لتحقيق أهدافها الاجتماعية والاقتصادية للنمو. استغلت هيئة الطرق النرويجية الجديدة مع التركيز على التقنيات الناشئة وتقنيات BIM المتطورة شركة

Norconsult و AF Gruppen لتصميم وبناء الطريق E39 ، وهو امتداد بطول 15 ميلاً من مشروع الطريق السريع الساحلي الذي يبلغ طوله 680 ميلاً. يشتمل هذا المشروع الذي تبلغ تكلفته 490 مليون دولار للطريق السريع المكون من أربعة حارات على خمسة أنفاق للطرق والعديد من التقاطعات الكبيرة والجسور - بما في ذلك جسر Trysfjord ، أكبر جسر ناتئ متوازن من نوعه في العالم. علقت هيئة الطرق هدفًا طموحًا للمشروع: تقليل انبعاثات الكربون المرتبطة بالبناء بنسبة 20٪. ليس ذلك فحسب، فقد تم وضع معايير صارمة لرقمنة المشروع القائم على النموذج باستخدام BIM Level 3 و BIM كمصدر واحد للمعلومات على الويب لـ 2000 مشارك في المشروع. قام المقاول AF Gruppen بتعيين شركة NoIS التابعة لشركة Norconsult (Norconsult Informasjonssystemer) لتطوير البرمجيات[28].

حلول

الحل الأمثل لبناء أداة تعاون مشروع جديدة قائمة على الويب مع عارض BIM متكامل يلغي أي حاجة للطباعة. يُعرف هذا العارض باسم مشروع ISY ، وهو يجعل من الممكن الوصول إلى نماذج ثلاثية الأبعاد كبيرة جدًا في مستعرض ويب. كما أنه يزيد التنسيق بين مختلف التخصصات ويوفر القدرة للمقاولين والعميل للوصول إلى التصميمات في أي مكان وفي أي وقت - حتى لو كانوا غير متصلين أو في الموقع في نفق لا تتوفر فيه الخدمة. سيكون الاتصال السلس بالبيانات والمستندات المحتملة البالغ عددها 300000 متاحًا من خلال تكامل 600 طراز ، و Sharepoint ، ومحرك GIS ، ومعلومات الصحة والسلامة. من أجل تحقيق الهدف الطموح لخفض انبعاثات الكربون بنسبة 20٪ ، التفت نوركونسلت لكل من Forge والتصميم التوليدي لتقليل المواد والنفايات وتحسين قابلية البناء. أتاح التصميم المعياري المفصل تخفيضًا بنسبة 15٪ في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لجسر Trysfjord وحده. هذا يعادل الطاقة التي تستخدمها شركة Norconsult في عام كامل.



1.1.1.3- أبرز البرامج المستخدمة في المشروع

• Synergi Life

مع تزايد تعقيد وكمية معلومات المخاطر، تصبح الحاجة إلى طرق فعالة لهيكل صورة المخاطر أمرًا بالغ الأهمية. توفر وحدة إدارة المخاطر أداة قائمة على الويب تتيح الربط بين المخاطر والإجراءات والحوادث البريد الإلكتروني الآلية وإدخال البيانات المتزامن والمخرجات والتقارير الإحصائية القابلة للتخصيص وحقوق الوصول الآمنة القائمة على الأدوار وتتبع سجل التدقيق. وحدة إدارة المخاطر في Synergi Life هي أداة قائمة على الويب تستخدمها المنظمات في جميع أنحاء العالم، بما في ذلك الشركات متعددة الجنسيات ومؤسسات القطاع العام. يتم استخدام التطبيق لتسجيل الانحرافات في الصحة والسلامة والبيئة والجودة ويتم توصيله تلقائيًا ومتكاملًا مع الحلول المستندة إلى الويب بحيث يمكن للمهندسين والموظفين الرئيسيين مراقبة مناطق النقاط الساخنة التي تحدث فيها الانحرافات وتنفيذ الإجراءات في الوقت الفعلي ومنع الأحداث الخطرة. لقد تم إثبات مرونة الأداة وقابليتها للتوسع من خلال استخدامها في إدارة المخاطر على مستوى المؤسسة وكذلك في المشروعات الصغيرة إلى الكبيرة جدًا. تشمل صناعات العملاء النفط والغاز والمرافق والطاقة المائية والتمويل والاتصالات والنقل.

• Infrakit

Infrakit هو حل سحابي تعاوني متاح على جميع أجهزة الكمبيوتر والأجهزة المحمولة التي تساعد أصحاب المشاريع ومهندسي التصميم وشركات البناء على تحقيق مشاريع الطرق والتتبع والأعمال الترابية المدنية الثقيلة باستخدام نماذج معلومات البناء BIM

- يمكن لمهندسي التصميم تخزين معلومات التصميم الرقمي وتصورها وإدارتها ومشاركتها (نماذج BIM بتنسيق البيانات المفتوحة)

- يمكن للمقاولين الإبلاغ عن المعلومات وإدارتها من خلال تطبيقات مختلفة (الويب، و android) وربط أجهزتهم وأجهزتهم بالموقع

- يمكن لمالكي المشروع ومستشاري المشروع متابعة التقدم المحرز في موقع العمل والجودة عبر الإنترنت. بمساعدة Infrakit ، يمكن لمالك المشروع متابعة التصميم المسبق وعمليات التصميم والتنفيذ في موقع العمل في الوقت الفعلي. تسمح عملية التصميم القائمة على النموذج بالاستخدام الفعال لأحدث تقنيات البناء مثل أنظمة التحكم في الماكينة. يمكن أن تكون جودة التصميم مراقبة، وبصبح موقع البناء شفافاً عند استخدام Infrakit في موقع العمل.

• Gemini

تم تصنيع الجوزاء بواسطة Powel AS التي تأسست في النرويج في عام 1996. وقد طور البرنامج منذ ذلك الحين وحدات مثل Gemini Terrain و Gemini VA كأدوات تصميم للبلديات التكنولوجية والنقل والمقاولين. يعتبر حقل Gemini 3D حلاً متنقلاً لصناعة البناء حيث يمكنك استيراد نماذج BIM و D3 خارج موقع البناء.

يتيح لك هذا البرنامج العمل مباشرة مع بيانات ونماذج المشروع الأصلية من Gemini ، بالإضافة إلى النماذج ذات التنسيق الأخرى. يمكن للمستخدمين الذين هم في نفس المشروع الوصول إلى النماذج والعمل عليها في نفس الوقت.

مع الوصول إلى الإنترنت سوف يتم تحديث المعلومات دائماً في المشروع. يوفر Gemini 3D terrain فرصة للتفاعل مع المعنيين، سواء من المكتب أو المستخدمين الميدانيين الآخرين. يعطي القدرة على إدخال البيانات في الحقول والبيانات التي يمكن استخدامها للتوثيق أو قوائم المراجعة. بالإضافة إلى ذلك، يمكن الحصول على معلومات مثل الصور وما إلى ذلك مباشرة في الميدان. يمكن ربط الملاحظات مباشرة بأصناف العقد. حل البرنامج موجود في السوق منذ أكثر من 30 عامًا وساهم في تطوير معيار الصناعة للحساب الشامل والتوثيق. يستخدم Gemini أيضاً لتصميم نماذج الطرق والتقاطعات والأنفاق وحفر البناء وشبكات المياه والصرف الصحي.

كما هو موضح أعلاه، فإن النطاق والإمكانيات المقدمة من البرامج لا حصر لها، ولكن يجب دمج هذه الميزات، ويجب أن تتواصل جميع هذه البرامج مع بعضها البعض. تأتي البرامج المستخدمة في مشروع E39 من شركات مختلفة ولها بنية برمجة مختلفة، ولكن يجب إيجاد طريقة لجعل هذه البرامج تتبادل البيانات مع بعضها البعض وتجعل هذه البيانات في متناول الجميع، وإذا أمكن، من مصدر واحد خلال دورة حياة الأصل. هذا هو المفهوم الكامن وراء BIM متكامل تماماً

1.1.2.3 - استخدامات BIM في مراحل المشروع:

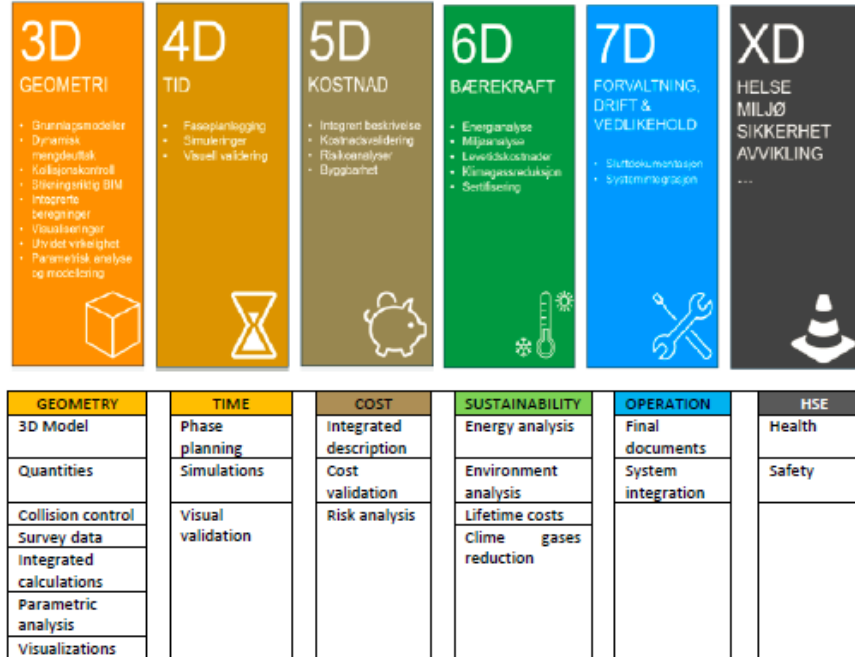
BIM في مرحلة التصميم

لا يتعلق BIM فقط بنموذج ثلاثي الأبعاد ولكنه أكثر ارتباطاً بالمعلومات التي يجب أن يقدمها النموذج وما يمكن أن يريعه المستخدم النهائي من خلال استخدام هذا النموذج. نظراً لحقيقة أن جميع المكونات ثلاثية الأبعاد لها موقع مادي محدد، فإنه يجعل من السهل جداً التحكم في حالة تعارض المكونات مع بعضها البعض، وبهذه الطريقة، فإننا نمنع التعارض بين تخصصات التصميم في مرحلة مبكرة. تقدم منصات BIM المختلفة ميزات مختلفة من حيث المحاكاة والحسابات. جميع التخصصات من التصميم الإنشائي والكهربائي والميكانيكي، بيئة، يمكن التحقق من الطاقة في مرحلة مبكرة إذا كانت مطابقة للوائح قبل إرسالها للموافقة عليها.

في مشروع الطريق E39 الجديد، تم تحديد استخدام BIM في مرحلة التصميم بوضوح وكان مطلوباً لمطابقة المعايير المقدمة من العميل من حيث التصميم الإنشائي والهندسة ومجموعة الخصائص لجميع المكونات واتباع بنية المعلومات لتسهيل التعاون في المراحل التالية من المشروع. نظراً لعدم

وجود معيار وطني أو دولي حول أبعاد BIM ، فقد أنشأ المقاول AF Gruppen الهيكل التالي لاستخدامه من فريق التصميم مبين في الشكل 3:

الشكل 3



ستدعي التعقيد المتزايد باستمرار لمشاريع التخطيط عملية تخطيط ديناميكي تضمن التعديل في الوقت المناسب لظروف التخطيط المعدلة. هذا أكثر أهمية في أي وقت تعمل فرق متعددة التخصصات في المشاريع الوطنية، وخاصة الدولية ، في نفس المشروع في مواقع مختلفة مع بيانات غير متجانسة. مشروع E39 على المستوى الوطني ولكنه يشمل مقاولين من الباطن من السويد وبولندا والصين وسلوفاكيا وما إلى ذلك.

سيتم بناء المشروع بالكامل ثلاثي الأبعاد وسيتم تضمين جميع جوانب التصميم الأخرى متعددة التخصصات قبل أن يبدأ المشروع في مرحلة التنفيذ. لا يميز الأشخاص في صناعة AEC عادةً بين VDC و BIM ، لكنهم كذلك تختلف عن بعضها البعض. كما هو موضح أعلاه، فإن BIM يتعلق أكثر بالنماذج ثلاثية الأبعاد بما في ذلك معلومات حول المكونات. بهذه الطريقة نقوم بإنشاء علاقات مادية ومعلوماتية بين كل مكون. من ناحية أخرى، يستخدم BIM VDC لمحاكاة كيفية تصرف النموذج المصمم في مرحلة البناء من خلال تضمين بُعد آخر كما هو موضح في الشكل 3.

جزء مهم من VDC ينطوي على التخطيط في المشروع. سيتم استخدام نظام Last Planner (LPS) في المشروع وسيتم تقسيم هيكل التسليم إلى حزم عمل واضحة ومحددة. يجلس العديد من المشاركين

معاً في الاجتماعات لتخطيط حزم العمل مع الأنشطة من أجل الوصول إلى المعالم الهامة. الهدف من إشراك المشارك بهذه الطريقة هو خلق فهم متعدد التخصصات أكبر في جميع أنحاء المشروع. سيتحدى الميسرون المشاركين باستمرار لقطع الأنشطة غير الضرورية وأقل وقت يقضيه. سيتم تنفيذ VDC نفسها باستخدام منهجية ICE (الهندسة المتزامنة المتكاملة) (Integrated Concurrent Engineering).

تعتمد الهندسة المتتابعة أساساً على حل المشكلات التي تنطوي على تخصصات عبر المنظمة. يؤدي كل تخصص مهامه الخاصة ويمررها إلى المرحلة التالية كما هو الحال في فريق التتابع، غالباً مع تبادل محدود للمعلومات أو المناقشات حول المشكلات في المشروع. مثل هذا التبادل المحدود للمعلومات يمكن أن يؤدي إلى سوء الفهم. استجابة لهذا ICE، هي طريقة عمل مستخدمة في العديد من الصناعات والبدء في التنفيذ في عملية التصميم في مشاريع البناء لجعل المشاريع أكثر كفاءة. تتكون جلسات تصميم ICE من تطوير متزامن ومنسق بشكل غير رسمي، ولكن شديد التركيز، للنماذج والتحليلات المترابطة من قبل جميع أعضاء الفريق. تشبه الجلسات الاجتماعات التقليدية حيث يقوم الميسر المعين بإبلاغ جدول الأعمال ومراقبة تقدم الجلسة. ومع ذلك، في ICE يشكل المشاركون باستمرار محادثات "الشريط الجانبي" ويحلونها لمشاركة المعلومات أو حل المشكلات الناشئة. ينقل التوجيه المادي وحركة المهندسين في الغرفة بشكل سلبي بنية العديد من هذه المحادثات للمجموعة بأكملها. يأتي هذا التنسيق والتعاون متعدد التخصصات مع بعض المزايا والعيوب، ولكنه ضروري جداً في المشروعات التي تتسم بدرجة عالية من عدم اليقين والتحديات الفنية أثناء بناء مشروع AF Gruppen.

بشكل عام، يبدو أن BIM in Design يساهم في تبسيط العمل بين المستخدمين وأدى إلى تدفق أفضل للمعلومات، لكن البحث يكتشف أن المدعى عليه سيشعر بتحسن مع حل موحد يمكن أن تستخدمه الصناعة بأكملها بدلاً من الحلول المختلفة يتطور المقاولون بمفردهم باستخدام معايير المتدربين. هذا يعني أنه فيما يتعلق بالإمكانيات النظرية، يدرك المجيبين أن الاحتمالات كبيرة ولكن المشروع يستخدم إلى حد ما هذه الاحتمالات في الممارسة العملية بسبب القيود المفروضة على الأدوات الرقمية التي تم تطويرها وعدم وجود خبرة [29].

BIM في مرحلة الإنتاج

باستخدام نمذجة معلومات البناء، تتجزأ فرق التصميم المزيد من العمل مع عدد أقل من الأشخاص. يعني فريق التصميم الأصغر تكاليف أقل وفرصة أقل لسوء الفهم، نظرًا لأن المستندات يتم تنسيقها بواسطة الكمبيوتر وبالتالي يمكن أن تكون أكثر اكتمالاً، يتم تقليل تكلفة التغييرات والتنسيق في إدارة الإنشاءات. فإن BIM هي أداة مهمة للغاية في أيدي فريق التصميم ولكن أيضاً في البناء، يتم إنفاق وقت وأموال أقل في العملية والإدارة لأن جودة المستندات أعلى وتخطيط البناء أفضل. يذهب المزيد من أموال البناء للمالك إلى المبنى بدلاً من الإدارة والنفقات العامة في التصميم والبناء. يمكن أن يقلل BIM المبكر في البناء التكاليف لكل من المقاول الرئيسي ولمقاول من الباطن الذين يرغبون في تقديم عطاءات. يمكن أن يؤدي استخدام عمليات المحاكاة رباعية الأبعاد وخماسية الأبعاد، على التوالي، إلى تقليل عدم اليقين وتقديم جودة عمل أفضل في المرة الأولى.

المشروع E39 يحاول تقديم أحد أنظمة BIM الأكثر تكاملاً، والأشخاص الذين يعملون في هذا المشروع والمستخدمين النهائيين للنظام لديهم في الواقع خبرة ضئيلة أو معدومة مع BIM في مشاريع البنية التحتية والمعرفة التي يعلمونها لديك حول BIM يرتبط أكثر بصناعة البناء السكنية.

عندما يتعلق الأمر بدمج الأدوات الرقمية معاً، وتوفير حل بسيط ومركزي، يوضح البحث أن هذا يتحقق جزئياً من خلال صنع حل قائم على الويب، ولكن لا يزال هناك الكثير من الأدوات غير متكاملة، ولا يزال النظام تحت تطوير.

بشكل عام، يتم استخدام BIM في مرحلة البناء بنشاط والمستخدمين إيجابيين للتأثيرات ليس فقط باستخدام النموذج ثلاثي الأبعاد ولكن معظم الأدوات الرقمية مثل infrakit و gemini و synergi و Life و. يتم دمج بعض هذه الأدوات بالكامل وبعضها قيد التكامل في بوابة مشروع ISY Cloud Solution.

فيما يتعلق بتبادل البيانات وتدفق المعلومات، يتم استخدام الحل السحابية (cloud) في الاجتماعات بين المقاولين من الباطن لتنسيق العمل ويتم الوصول إلى معظم الوثائق من هناك. ليس هناك شك في أن المشروع الذي يستخدم إمكانات BIM المتكاملة بالكامل يمكن أن يوفر الوقت والمال. هناك أيضاً إيجابي أن الأخطاء الموجودة في المشروع يتم تغييرها بسهولة وأن تكلفة ضئيلة مرتبطة إذا قارنت مع

المشاريع الثنائية التقليدية. سيوفر استخدام حقائق AR و VR في مرحلة التصميم والتنشغيل إمكانيات التحقق من الأخطاء وإصلاح بينما يكون الفريق الهندسي في الحقل.

يوضح البحث أن مفهوم BIM المتكامل بالكامل في المشروع لم يتحقق تمامًا بعد، خاصة بالنسبة لمرحلة الإنتاج، لكنه خطوة جيدة للغاية نحو المستقبل. الكثير من يتم تحميل الوثائق في حل السحابة والتأثير الإيجابي هو ترشيح النظام والتخلص من الوثائق المزدوجة باستخدام نظام بيانات فعال.

من المهم أيضًا خلال مرحلة البناء تحديد أولويات الموظفين في أدوار BIM مثل منسقي BIM والموظفين المتعلقة به. يتم زيادة كمية المعلومات وعملية التنسيق وضرورة الأدوات الرقمية ولكن ليس حتى عدد منسقي BIM في المشاريع. لا يلزم ذلك للتنمية فحسب، بل في تدريب الناس على استخدام هذه الأدوات. وبهذه الطريقة، سيشعر جميع الناس أنهم جزء من التقدم التكنولوجي الجديد وسيحقق القاعدة الذهبية للإدارة لتحقيق ملكية المشروع بشكل أسرع وأكثر فعالية.

فيما يتعلق بالمعرفة والتدريب والوقت للتكيف مع التكنولوجيا الجديدة التي يجب معظم المجيبين على أن المشروع لن يقدم BIM متكاملًا بالكامل في مرحلة الإنتاج ولكن سيكون إطارًا للمشاريع المستقبلية.

تركز الباحث على إمكانيات تقديم منتج أفضل واستراتيجية أفضل وحل أفضل، ويود الباحث تحديد بعض الاقتراحات المقدمة من المجيبين حول كيفية تحسين مفهوم BIM في مشروع E39.

العناصر التي تحتاج إلى تحسين من المقاول كمطور

1. المشاركة المبكرة للمقاولين من الباطن في عملية التصميم.
2. استخدام نموذج واحد فقط وليس قائمة النماذج
3. تحسين الأوصاف في النموذج
4. تشغيل تحليل سحق قبل إرسال نماذج للبناء
5. إشراك المزيد من الموظفين في الاجتماع حتى يتمكنوا من التعرف على مفهوم BIM
6. إشراك سلطة الطريق أكثر من خلال شرح الصعوبات التي تأتي بالموافقة المتأخرة

7. دمج المزيد من الأدوات الرقمية في النظام الأساسي القائم على الويب في منظور الباحث ، يُنظر إلى تطوير الحل القائم على الويب كأداة إضافية في المشروع أكثر من التطوير الرئيسي الذي يمكن أن يغير إدارة المشروع ككل [29] .

BIM في مرحلة التشغيل

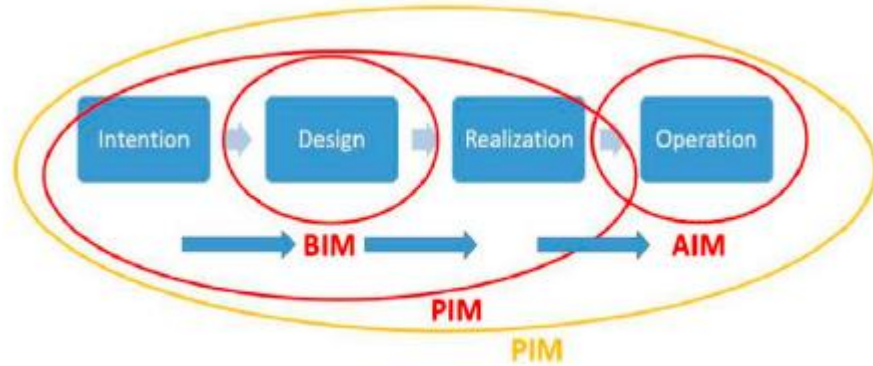
BIM في مرحلة التشغيل ليس جديدًا كمفهوم ولكن التنفيذ من خلال دورة حياة الأصول له أمثلة قليلة جدًا كانت ناجحة. تم اعتماد BIM على نطاق واسع من قبل قطاع البناء، على الرغم من أن إدارة المرافق (FM) لا تزال تعتمد على مجموعة متنوعة من أنظمة FM المتباينة. تتطلب مرحلة التشغيل مجموعة شاملة من المعلومات المنظمة جيدًا فيما يتعلق بأصل المبنى. لذلك، يجب استغلال نموذج BIM المملوء بالمعلومات المتنوعة من مرحلة ما قبل الاستخدام من خلال تكامله مع أنظمة FM الحالية. من منظور تكاليف دورة الحياة (LCC)، غالبًا ما تعتبر المرحلة التشغيلية لمشروع البناء هي الأكثر أهمية، فالمدة العمرية للمشاريع في صناعة البناء طويلة إلى حد كبير وتستغرق مرحلة التشغيل معظم وقتها. خلال مرحلة التشغيل، ترتبط معظم التكاليف باستهلاك الطاقة والتشغيل والصيانة والإصلاحات وإعادة الإعمار أو الهدم. مع وصول BIM، أعطيت الصناعة فرصة لاستخدام نماذج المعلومات أثناء مرحلة التشغيل. تزيد هذه النماذج من جودة وكفاءة المرحلة التشغيلية، وإمكانية خفض التكاليف.

تتمثل إحدى الطرق البسيطة لتقليل هذه التكاليف في استخدام نموذج يحتوي على جميع المعلومات المتعلقة بالجودة وأوراق بيانات المنتج والتوضيحات الفنية وحتى خطط الإنقاذ في حالة الطوارئ. يجب أن يكون هذا النوع من المعلومات موجودًا بالفعل في النموذج قبل أن يسلم المقاول المشروع إلى العميل، لذلك يجب أن تُبنى أنظمة المعلومات وتدفق المعلومات بطريقة تقلل الانقطاعات ونقاط الانهيار.

يحدد أن إدارة المعلومات من أجل أن تكون فعالة يجب أن تستند إلى التجميع والتحليل وتدفق المعلومات المستدام عبر البيئة متعددة التخصصات طوال دورة حياة أصل المبنى. يُعرّف تحالف buildingSMART هذا النهج الشامل بأنه "عملية تجارية لتوليد بيانات البناء والاستفادة منها في تصميم وبناء وتشغيل المبنى خلال دورة حياته". وهذا يعني أن النموذج يجب أن يكون متاحًا طوال دورة حياة الأصل، من التصميم إلى مرحلة التشغيل. تأتي ملفات IFC (تصنيف الأسس الصناعية)

للمساعدة من خلال توحيد هيكل النموذج بما في ذلك أوصاف الكائن في النموذج والمعلومات التي تم تحميلها.

في الشكل 4. يوصف مفهوم OPEN و BIG BIM المطلوبين لتحقيق هذا المستوى من التكامل طوال دورة حياة الأصول وأدناه يتم وصف الارتباط الخطي بين BIM في مرحلة التصميم والإنتاج والتشغيل. كما هو موضح في الشكل أدناه (الشكل 4) نموذج معلومات البناء (BIM) ، الذي تم إنشاؤه بشكل أساسي أثناء عملية التصميم ، هو جزء من نموذج معلومات المشروع (PIM) ، والذي يوفر معلومات عن نموذج معلومات الأصول (AIM) المستخدم في مرحلة التشغيل من المشروع. بالنسبة للبعض، يغطي PIM أيضًا جميع عمليات AIM. من خلال تحقيق ذلك، فإن المقاول أو المنظمة التي تقف وراء تنفيذ هذا الاستثمار ستريح من حيث الأداء، وانخفاض التكلفة، وزيادة تدفق المعلومات، إلخ.



الشكل 4

يأتي هذا التكامل أيضًا مع بعض التحديات المتعلقة بالتطور التكنولوجي وطريقة تنفيذ استراتيجية BIM داخل المنظمة.

في الوقت الحالي، ينبغي اعتبار محاولات استخدام BIM في المراحل المتأخرة ممارسة سيئة وفشل الاستخدام المناسب لنماذج BIM في المشروع. ومع ذلك، في الواقع، توجد العديد من مشاريع البناء في العالم بأسره وستستمر بالتأكيد في الوجود في المستقبل القريب، حيث لم يتم استخدام BIM من البداية.

من عام 2016 إلى عام 2019 ، كانت التطورات التكنولوجية رائعة ويمكن للخدمات السحابية والحلول المستندة إلى الويب تغيير قواعد اللعبة من خلال توفير نموذج int وصول مفتوح تمامًا ومن خلال ذلك الوصول المفتوح إلى المعلومات والبيانات المتعلقة بمراحل مختلفة من المشروع.

يمكن أن يؤدي ذلك إلى مشاريع لا يُنظر فيها إلى BIM كشيء ضروري أثناء مرحلة التصميم والإنتاج ولكن أيضًا في مرحلة التشغيل. المستقبل يتجه إلى ذلك حتى مع عدم تمكن الأدبيات من العثور على العديد من المشاريع الناجحة التي استخدمت BIM في مرحلة التشغيل.

لا ترتبط الإدارة والتشغيل والصيانة حاليًا بشكل جيد بـ BIM. في معظم الحالات التي طلبها من خلال المحادثة غير الرسمية، وجد البحث أن أيا من المجهين لم يعمل أو يعرف أي مشروع يستخدم BIM أثناء مرحلة التشغيل. الشاغل الأكبر هو أنه لا يوجد مثل هذا النظام الذي يمكنه التعامل مع النموذج ثلاثي الأبعاد والوثائق والخطط للعمليات المستقبلية للأصل.

في مشروع E39، تتم معالجة هذه المشكلة ويتم تقديم حل سحابي مع إمكانيات التكامل وهو يعمل الآن. أصبح دمج النموذج ثلاثي الأبعاد مع الوثائق ونماذج مدمجة باستخدام تقنية المسح الضوئي قيد الاستخدام جزئيًا.

يتم تحميل الوثائق حول أوراق بيانات المنتج، وقائمة المراجعة للأعمال التي تم القيام بها، والوثائق المتعلقة بالتأثيرات في البيئة والانحرافات في الجودة في الحل السحابة وتتصل تلقائيًا بالكائنات المتعلقة بقائمة المراجعة باستخدام نظام البيانات الوصفية.

يمنح هذا إمكانية التشغيل التآلي أو شركة الصيانة للوصول إلى الوثائق وإيجاد المعلومات اللازمة مباشرة في هذا الحل السحابة.

وجد البحث أن جميع المجهين يشعرون بالإيجابية ويدعمون الحل ، ولكن يجب بذل الكثير من الجهد لتدريب الأشخاص ، مما يجعل الحل سهلاً لتصفية المعلومات والعمل بشكل أفضل من حيث الحوادث التقنية[29] .

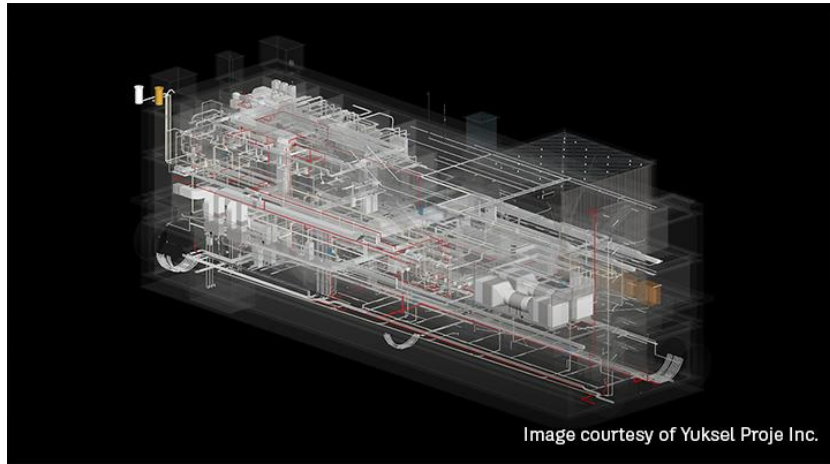
أفكار الرئيسية للمشروع

- قام الفريق بتقليل التعارضات وزيادة الدقة، مع أتمتة ما يقرب من 70٪ من تحديثات التصميم عند حدوث تغييرات.

- قام المشروع بتخفيض أكثر من 90٪ من الرسومات التقليدية المطبوعة والمنتجة عادة للبناء على نطاق مماثل. زاد الفريق أيضًا من الشهادات المستندة إلى النماذج التي كانت ورقية فقط في الماضي.

• باستخدام نصوص Revit و Dynamo ، يمكن للفريق تصميم مزيد من التفاصيل بمزيد من المعلومات في فترة زمنية أقصر ، مما يؤدي إلى تسليم التصميم بمعدل أسرع بنسبة 70٪ تقريبًا من ذي قبل. على سبيل المثال، تسمح نصوص Dynamo للأفانق لكل من فريق التصميم والمقاول بتحسين التصميم بالقرب من بداية البناء.

3.1.2 - خدمات تصميم نظام سكة حديد اسطنبول - المرحلة 1:



الشركة

Yuksel Proje Inc

الموقع

Turkey

حالة المشروع

قيد العمل

تاريخ الانتهاء

2023

البرامج المستخدمة

Autodesk® AEC Collection, Autodesk® 3ds

Max®, Autodesk® AutoCAD®, Autodesk® BIM

360® Design, Autodesk® Civil 3D®, Autodesk®

InfraWorks®, Autodesk® Navisworks®, Autodesk®

Autodesk® Revit®,

حاصل على جائزة:

EXCELLENCE AWARDS // 2019

لمشاريع البنى التحتية للفئة المتوسطة

في اسطنبول، التي يبلغ عدد سكانها 16 مليون نسمة، تعد واحدة من أكبر المدن في العالم، أثر عملنا في شبكة أنظمة السكك الحديدية في المدينة على حياة الملايين من الناس. من خلال مزيج من الخبرة في الإشراف والتصميم ورؤيتنا في التكنولوجيا، نواصل خدماتنا في 13 مشروعًا آخر لنظام السكك الحديدية. "

يبلغ الطول الإجمالي لمشاريع نظام السكك الحديدية البالغ عددها 26 في اسطنبول والتي قدمنا فيها منذ عام 1992 خدماتنا في الهندسة والتصميم والإشراف على البناء 514 كم وتشمل 307 محطة.

تتضمن مرحلة الهندسة والتصميم لمشاريع نظام السكك الحديدية أيضاً عناصر البنية التحتية مثل تصميم نقل مياه الصرف الصحي - مياه الأمطار - خطوط أنابيب المياه النظيفة والكهرباء - الغاز - خطوط نقل الاتصالات، تصميم مياه الصرف الصحي للمحطات - مياه الأمطار - المياه النظيفة والصرف الصحي - مياه الصرف الصحي - المياه النظيفة في مواقع المستودعات.



تضمن المرحلة الأولى من مشروع بلدية اسطنبول المتروبولية تصميم خط مترو بطول 16 كم، والذي سيتألف من 11 محطة متصلة بخمسة خطوط مترو موجودة عند الانتهاء في عام 2023. ويهدف إلى توفير حل مستدام، مما يسمح بتجربة تنقل ممتعة.

يلعب المشروع دوراً حيوياً في نظام النقل العام في إسطنبول، مما يمثل تحدياً لوجستياً فريداً لفريق التصميم الذي يشمل العديد من تخصصات AEC المختلفة.

لمعالجة هذه المشكلة، تم استخدام Autodesk AEC Collection و BIM 360 لتحديد عملية التصميم وإنشاء منصة BIM واحدة متكاملة.

تم دمج 20 نموذجاً مختلفاً من مختلف التخصصات المصممة في برامج Autodesk مثل Revit و Civil 3D و Infracore في نموذج تنسيق واحد لتسهيل التعاون الأسهل وتقليل المدة والتكلفة.

نظرًا لأن هذه هي المرحلة الأولى من مشروع سيغطي في النهاية 60 كيلومترًا إجماليًا ، فإن فريق التصميم يستخدمها كمثال على كيف يمكن لبرمجيات BIM وتكنولوجيا البناء الحديثة دمج وتنسيق التخصصات المتنوعة ، بما في ذلك التدفئة والتهوية وتكييف الهواء والسباكة والكهرباء[30].

وحي - الهام:

يربط خط مترو اسطنبول - المرحلة الأولى بين قلبين أخضر، الحديقة الوطنية و غابات بلغراد في اسطنبول. تم تصميم الخط بطريقة تحاكي الوادي الأخضر الطويل الذي يربط بين النوى الخضراء في المنطقة. تهدف عملية التصميم إلى توفير معايير العمارة الحيوية والمستدامة. تهدف المحطة، المصممة بالهام من الطبيعة، إلى عكس صور الطبيعة.

خصائص فريدة / وصف المشروع:

يشتمل التصميم على معايير العمارة الحيوية والمستدامة. يتم توفير الاتصال البصري مع الطبيعة من خلال النافذة العلوية والجدار الأخضر، والتي تولد الهواء النقي. تحتوي النوافذ الموجودة على المنور على مستشعرات تقيس جودة الهواء الداخلي. تسمح الكوة لضوء النهار المنتشر بدخول المحطة. تنتج الألواح الكهروضوئية الموجودة على المنور طاقة مستدامة لاستخدامها في المحطة. يتم استخراج الأشكال الحيوية عند تصميم العمود. يتم اختيار المواد المعتمدة من EPD.

التشغيل / التدفق / التفاعل:

تستخدم أنظمة الإضاءة والتهوية الطبيعية لتحقيق أقصى قدر من الراحة للركاب. يتم فحص عمليات محاكاة المشاة لضمان التدفق الأمثل للركاب. يتم النظر في المواصفات الأساسية المتعلقة بتداول الركاب في محطات المترو. يتم تحليل الحلول الوظيفية، مثل اتجاهات الدخول والخروج، ومستوطنات

الباب الدوار، ومواقع ماكينات التذاكر. تم وضع العمود البارز بعناية لإنشاء نقطة تركيز حيث يمكن للحشود البقاء. تم تصميم الجدران التي يتفاعل معها الركاب بشكل أكبر وفقاً لمحاكاة المشاة كجدار أخضر وجدار معرض للوحات الفنية.

مدة المشروع وموقعه:

المشروع على خدمات تصميم نظام سكة حديد اسطنبول - المرحلة الأولى في اسطنبول. يتم تنفيذ الخدمات الاستشارية بواسطة Yuksel Proje. بدأت أعمال التصميم الخاصة بالمشروع في المقر الرئيسي لشركة Yuksel Proje في أنقرة في نوفمبر 2018. وتم الانتهاء من مرحلة التصميم في ثلاثة أشهر بفضل كفاءة أدوات Bim. العميل هو بلدية اسطنبول الحضرية.

تقنية الإنتاج / التحقيق:

سمح Bim بدمج 10 تخصصات بما في ذلك الهندسة المعمارية والتكييف والسباكة والكهرباء والإشارة والبنية التحتية والأنفاق والتوجيه. يسمح الواقع الافتراضي وتقنيات التصور الأخرى بمراجعة وتنسيق سهل. تم استخدام أدوات الواقع الافتراضي في Revit لاتخاذ قرارات معمارية مثل ارتفاع السقف ووضع الأعمال الفنية وشكل وتفاصيل السقف المعلق وما إلى ذلك.

المواصفات / الخصائص التقنية:

يهدف خط مترو المرحلة الأولى إلى توفير وصول سريع بين سيفاكوي وباشاك شهير على الجانب الأوروبي من اسطنبول. سيتم أيضاً ربط الخط بخطوط المترو الموجودة داخل المدينة. ومن المقرر أن يكون هناك 11 محطة بطول إجمالي يبلغ 16 كم. طول منصة المحطات 50 متراً.

تحدي:

كان تنسيق النموذج وتصميم الكوة هي التحديات الرئيسية التي واجهها المشروع. تعتبر النافذة العلوية ضرورية لتوفير ضوء النهار وهي مصممة لسبع محطات محددة على خط مترو المرحلة 1. المنور كبير الحجم ويتطلب تصميمه مدخلات من مجموعات ميكانيكية وكهربائية وثابتة ومعمارية. عملت أكثر من 10 تخصصات مختلفة على نفس النموذج باستخدام BIM وتم اتخاذ جميع القرارات الكهربائية والميكانيكية والثابتة والجمالية في نفس النموذج [30].

3.1.3- تحديث محطة معالجة مياه الصرف الصحي في Kawana:



الشركة
Monadelphous

الموقع

Australia

حالة المشروع

منتهية

تاريخ الانتهاء

2019

البرامج المستخدمة

Autodesk® AEC Collection, Autodesk® 3ds
Max®, Autodesk® AutoCAD®, Autodesk® BIM
360® Design, Autodesk® Civil 3D®, Autodesk®
InfraWorks®, Autodesk® Navisworks®, Autodesk®
ReCap™, Autodesk® Revit®,

تقع محطة معالجة مياه الصرف الصحي في كاوانا (STP) على Sunshine Coast ، كوينزلاند. يجري تطوير المصنع لزيادة سعته من 90.000 (ما يعادل عدد الأشخاص) إلى 200000. تم تنفيذ عملية التصميم باستخدام أدوات تصميم ونمذجة ثلاثية الأبعاد متعددة التخصصات يتم دمجها في نموذج BIM Navisworks واحد. طوال عملية التصميم والبناء، سمح نموذج BIM بمراجعة التصميم واكتشاف الصدام وتحسين إجراءات HAZOP و SID (السلامة في التصميم). يوفر نموذج BIM

تمثيلاً افتراضياً دقيقاً للمصنع الكامل ويحتوي على جميع بيانات أصول المعدات والأنابيب التي يمكن تصديرها وقراءتها في نظام إدارة أصول المرافق.

تعتبر معالجة مياه الصرف الصحي وفقاً لمعيار يلبي توقعات المجتمع والمعايير البيئية عملية معقدة تتضمن هياكل خرسانية كبيرة ومعدات ميكانيكية والكثير من التكنولوجيا الحيوية. على هذا النحو، فإن محطات معالجة المياه مكلفة في البناء والتشغيل. تم بناء STP في الأصل في عام 1980 وتمت تحديثه عدة مرات منذ ذلك الحين.

لدى Unitywater الأهداف التالية لـ BIM1.

(أ) تقليل تكلفة المشروع ومدته؛

(ب) تقليل حدوث عيوب المشروع والحاجة إلى إعادة العمل.

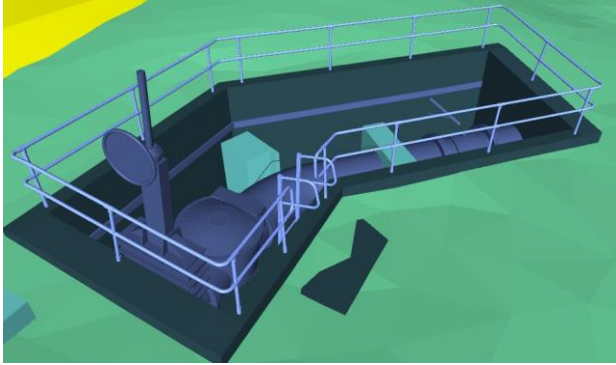
(ج) تحسين قابلية تشغيل المصنع وصيانتة.

(د) تحسين جودة المشروع وسلامته.

تم تحقيق هذه الأهداف من خلال تصميم والتحقق من صحة وتوثيق تصميم المصنع الذي تمت تربيته في بيئة ثلاثية الأبعاد متعددة التخصصات تتضمن نموذج سحابة نقطة المصنع الحالية ومعلومات الحفر والمسح ونماذج التصميم ونماذج المقاول من الباطن ونماذج معدات البائعين في نموذج BIM متكامل باستخدام Navisworks. تم إصدار النموذج المتطور أسبوعياً خلال فترة التصميم للسماح لجميع الأطراف بمشاهدة واستجواب الحالة الحالية للتصميم والتعليق على أي مشكلات تم اكتشافها.

تم دمج أصول المصنع الموجودة فوق الأرض في نموذج BIM لتمكين تصميم المصنع الجديد وتنسيقه مع الأصول الحالية التي كان من المقرر الاحتفاظ بها أو تعديلها أو هدمها. تم تحويل مسح سحابة النقاط إلى كائنات ثلاثية الأبعاد لتحسين التنسيق مع المصنع الجديد وتوفير كائنات يمكن توثيقها في 2D. تم أيضاً إلحاق بيانات BIM إضافية، مثل حالة التحقق بالنماذج.

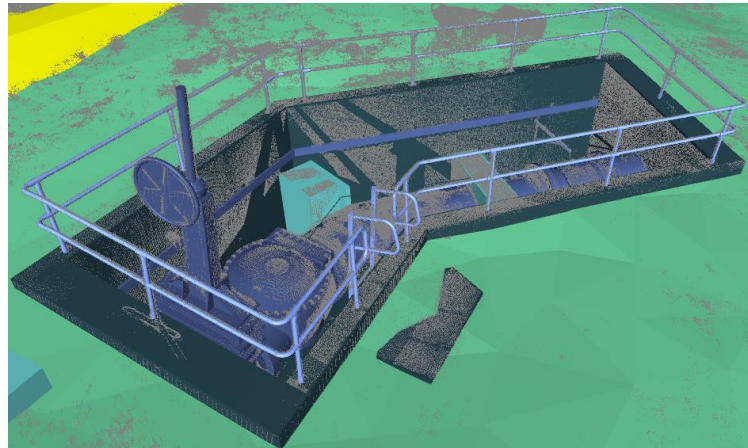
تم استخدام مسح سحابة النقاط الأصلي أيضًا كترابك داخل Navisworks واستخدم للتحقق من هندسة النموذج التي تم إنشاؤها لتمثيل الأصول الحال [31].



نموذج ثلاثي الأبعاد لحفرة الصمام



مسح سحابة النقطة

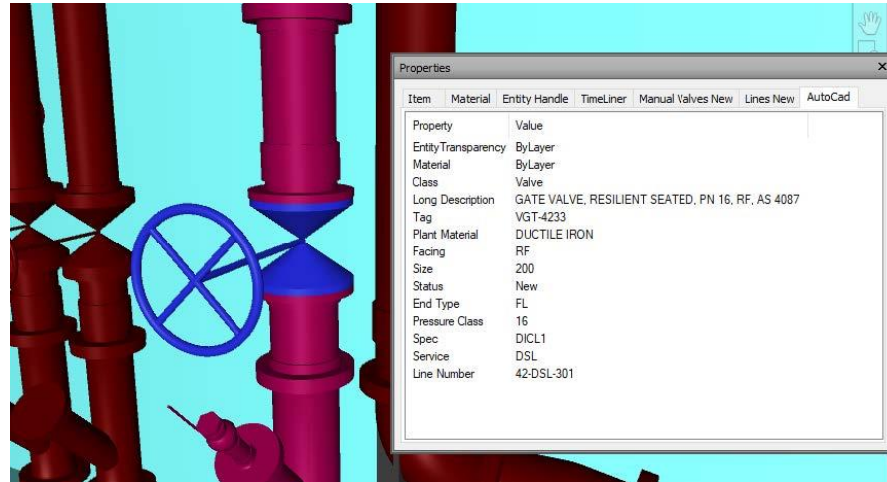


سحابة نقطية متراكبة على النموذج ثلاثي الأبعاد

تم تأسيس نموذج BIM على "ذكية" P & IDs (مخططات الأنابيب والأجهزة). إنها ذكية لأن الرسوم البيانية تتكامل مع قاعدة بيانات SQL التي تحتوي على جميع الخصائص ذات الصلة لكل عنصر. عند إضافة عناصر إلى PID ، يتم تحديث قاعدة البيانات تلقائيًا لتضمين العناصر الجديدة. ثم يتم ملء حقول قاعدة البيانات ذات الصلة من قبل فريق التصميم والبناء لتشمل جميع المعلومات الضرورية لتحديد العناصر وتعريفها بشكل فريد. يتضمن ذلك معلومات الأصول التي حددتها

Unitywater لتتماشى مع نظام إدارة الأصول الخاص بهم. ترتبط قاعدة بيانات P&ID أيضاً بنموذج 3D Plant الذي يتيح التحقق بين تصميم العملية وتصميم المصنع ثلاثي الأبعاد.

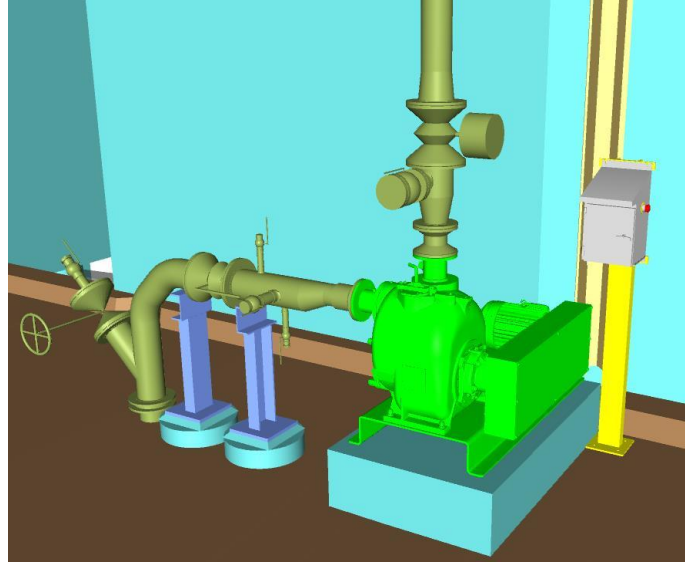
يتم تضمين بيانات العملية والأصول والمصنع ثلاثية الأبعاد هذه في BIM الفردي جنباً إلى جنب مع عناصر المصنع ثلاثية الأبعاد لتشكيل نموذج افتراضي واحد مع تصميم العملية الحالي الذي يمكن الوصول إليه من قبل فريق المشروع الأوسع.



خصائص العنصر داخل BIM

يتم إنشاء BIM من النماذج التي تم إنشاؤها في حزم النمذجة ثلاثية الأبعاد الخاصة بالأنظمة المختلفة بالإضافة إلى نماذج بائعي المعدات المتوفرة في تنسيقات ملفات عامة. مستوى التفاصيل (LOD) المعتمد هو LOD300 أو أفضل، مما يؤدي إلى تمثيل العناصر بدقة دون الخوض في تفاصيل كل صمولة ومسامير وغسالة. يتيح ذلك استخدام تمثيلات النموذج العام لعناصر مثل الصمامات ، والتي كانت دقيقة في الطول والقطر والمشغل ، ولكنها استخدمت هندسة بسيطة لتقليل التفاصيل [31].

يتضمن القرار بشأن تحديد LOD الذي يجب اعتماده لمشروع ما مفاضلة بين مقدار التفاصيل المضمنة وحجم BIM الناتج. إذا تم تفصيل كل شيء في LOD400 ، سيتطلب النموذج إضافة تفاصيل تستغرق وقتاً طويلاً، وسيؤثر سلباً على أداء الكمبيوتر وأداء إنشاء الرسم، مما يؤدي إلى زيادة التكلفة والمدة مع تحسين ضئيل أو معدوم في الجودة أو تنسيق التصميم.



نموذج صمام عام مع نموذج بائع المضخة التفصيلي

طُلب من بائعي المعدات الرئيسيين توفير نماذج ثلاثية الأبعاد إلى LOD300 لإدراجها في BIM ، على الرغم من أن بعض البائعين قدموا نماذج أكثر تفصيلاً (LOD400) بينما لم يتمكن آخرون أو لم يرغبوا في توفير أي منها على الإطلاق. تطلب ذلك من فريق التصميم تبسيط النماذج التفصيلية للغاية لإدراجها في نموذج النبات ثلاثي الأبعاد أو لإنشاء نماذج ثلاثية الأبعاد استناداً إلى وثائق البائع التقليدية ثنائية الأبعاد لضمان أن نموذج BIM كامل ودقيق وقابل للاستخدام.

كان أحد الجوانب المهمة للنمذجة هو كشف التصادم والتصور. سمحت البيئة ثلاثية الأبعاد للمصممين بوضع مصنع معقد في موقع حقل بني وللمراجعين لتقييم الامتثال لمتطلبات الوصول للمواصفات [31].

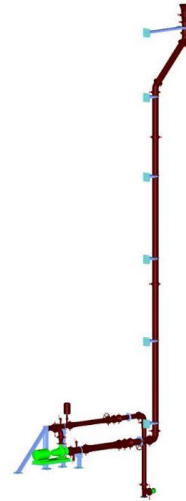
كشف الاشتباك

سمح اعتماد بيئة BIM بإجراء عملية مراجعة أكثر تفاعلية للتصميم. تقليدياً، تم توفير الرسومات الورقية ثنائية الأبعاد فقط للعميل لمراجعتها وهذا يؤدي إلى عدم اكتشاف العديد من المشكلات حتى كان المشروع في مرحلة البناء. غالباً ما يؤدي هذا إلى حل وسط، لا سيما فيما يتعلق بالوصول للصيانة، مع إجبار المشغل على قبول الحلول دون المستوى الأمثل. أدى اعتماد BIM إلى تحسين الاكتشاف المبكر

للاشتباكات وقضايا التنسيق قبل الإنشاء، مما أدى إلى تقليل إعادة العمل المكلفة وتحسين النتائج في قابلية تشغيل المصنع وقابلية صيانتة.

سيؤدي تحسين قابلية التشغيل إلى تقليل تكاليف التشغيل والصيانة. سيكون هذا نتيجة لقاعدة بيانات تحتوي على جميع المعلومات اللازمة لطلب قطع الغيار والتجهيزات (تكاليف مكتب أقل) ومصنع يسهل صيانتة (تكاليف أقل في الموقع).

Bill of Material						Autodesk	
Project: 2260577A_DD_KAWANA STP_K150_PROJECT							
Note: Fixed length pipes are not included in pipes.							
Quantity	Unit	Description	ND	Standard	Schedule Material	PN	Angle
Type: PIPE							
18173	mm	PIPE, DN 150, FLANGE CLASS, AS N25 2280		150 mm AS N25 2280			
18173	mm	PIPE, DN 200, FLANGE CLASS, AS N25 2280		200 mm AS N25 2280			
Type: BEND 45							
2		BEND 45, DN 200, RF, PN 16, AS N25 2280		200 mm AS N25 2280		16	
Type: BEND 90							
4		ELBOW/90° BEND, DN 150, RF, PN 16		150 mm		16	
1		BEND 90, DN 200, RF, PN 16, AS N25 2280		200 mm AS N25 2280		16	
Type: REDUCER (CONC)							
1		REDUCER (CONC), DN 180X100, PN 16, AS N25 2280		150 mm AS N25 2280		16	
1		REDUCER (CONC), DN 180X200, PN 16, AS N25 2280		200 mm AS N25 2280		16	
Type: REDUCER (ECC)							
1		REDUCER (ECC), DN 200X150, PN 16, AS N25 2280		200 mm AS N25 2280		16	
Type:							
1		BELLMOUTH		250 mm		16	
Type: FLANGE THD							
7		FLANGE THD, RF, DN 150, PN 16, AS 4087		150 mm AS 4087		16	
15		FLANGE THD, RF, DN 200, PN 16, AS 4087		200 mm AS 4087		16	
Type: COUPLING							
3		COUPLING, DN 150, PN 16, PPSX RF, TYCO WATER		150 mm		16	
2		COUPLING, DN 200, PN 16, PPSX RF, TYCO WATER		200 mm		16	
Type: PIPE NIPPLE, LONG TYPE							
5		PIPE NIPPLE, LONG TYPE, 2" ND, SCH 160, TBE, 4" L.O, ASTM A733		80 mm ASTM A733	408		
Friday, July 13, 2018						Page 1 of 2	



بيئة الواقع الافتراضي

فائدة أخرى من BIM هي أنه يوفر نموذجًا يمكن استخدامه بسهولة في بيئة VR (الواقع الافتراضي) لتعزيز مراجعة تصميم ما قبل البناء. أنتجت Unity Water نموذج VR باستخدام BIM الذي تم تطويره للمشروع. تم استخدام نموذج الواقع الافتراضي بواسطة Unity Water للسماح لأصحاب المصلحة بالانغماس في التصميم (يرتدون نظارات الواقع الافتراضي). أدى هذا إلى تحسين فهم حجم وتخطيط المعدات والمصنع بالإضافة إلى تكاملها مع مرفق التشغيل الحالي قبل الإنشاء. كان هذا مفتاحًا لتحسين مراجعة أصحاب المصلحة والتحقق من متطلبات الوصول والتكامل [31].



دروس مستفادة من هذا المشروع وتوصيات

تنفيذ BIM في هذا المشروع، رغم أنه مفيد في العديد من الجوانب، لم يكن عملية سهلة. إذا كان القارئ سينفذ BIM في مشروعه، فيجب الانتباه إلى الدروس التالية.

- تحديد متطلبات بيانات الأصول والعملية بوضوح في بداية المشروع بما في ذلك بيانات الأصول التي تم التحقق منها والمعرفات P & ID.

- المسح الدقيق والقابل للاستخدام والحفر ضروري لإدراج والتحقق من BIM

- هناك حاجة إلى مواصفات هندسية محددة وموثقة جيداً للإدخال في برنامج تصميم BIM (مثل المواصفات الكاملة للأنباب). المواصفات غير الكاملة أو غير الدقيقة غير مناسبة للاستخدام في برامج تصميم مصنع BIM.

- من المهم أن يتم إكمال P & IDs قبل تنفيذ النمذجة ثلاثية الأبعاد. إذا احتاجت P & ID إلى التغيير، فمن المهم أن يتم إكمال تغييرات P & ID والتحقق منها قبل حدوث تغييرات النموذج حيث أن هذا هو سير العمل الأمثل داخل برنامج تصميم المصنع وهو ضروري للحفاظ على سلامة BIM.

- استخدام برامج محددة بشكل جيد وتدفقات عمل تبادل البيانات / النموذج

- غالباً ما كانت بيانات البائع تمثل مشكلة. من المهم أن تسأل ما يلي:

- متى سيحصل عليها فريق التصميم؟

- هل سيكون ثلاثي الأبعاد وما هو تنسيق 3D و LOD الذي يمكن توفيره به؟
- ما هو مستوى تمييز الأصول المطلوب ضمن نموذج البائع؟
- هناك حاجة إلى مواصفات BIM محددة بوضوح من العميل مع قوالب / محتوى داعم مناسب.
- امتلاك خطة تنفيذ BIM (خطة تنفيذ BIM) التي تحدد بوضوح ما يجب القيام به ومتى وبواسطة من والغرض. يجب أن يكون جميع أعضاء الفريق على دراية وأن يكونوا على دراية بقصد أفضل الممارسات البيئية.
- تشجيع استخدام نموذج BIM لإبلاغ أي مراجعة / اتخاذ قرار قبل إجراء تغييرات التصميم أو طلب تحديثات الرسم
- أدى اعتماد BIM إلى الفوائد التالية؛
- تحسين مراجعة التصميم والتحقق من خلال إجراء ورش عمل لمراجعة التصميم في بيئة ثلاثية الأبعاد دقيقة
- تحسين دقة التوثيق من خلال إنشاء عروض رسم ثنائية الأبعاد وعلامات العناصر المرتبطة بها وفواتير المواد مباشرة من النموذج
- تقليل تكاليف البناء من خلال الكشف عن الاشتباكات وقضايا التطهير قبل بدء أعمال البناء
- تقليل تكاليف التشغيل والصيانة مع الرسومات والنماذج وقواعد البيانات الذكية التي تسهل طلب قطع الغيار
- تقليل تكاليف التشغيل والصيانة من مصنع ثبت أنه سهل التشغيل قبل بنائه
- يمكن دمج بيانات الأصول التي تم إنشاؤها بواسطة فريق التصميم والبناء بسهولة مع نظام إدارة أصول المرافق
- أدى اعتماد BIM لمشروع ترقية Kawana STP إلى تحسين عملية التصميم والمراجعة وسيؤدي إلى مصنع مكتمل بشكل أفضل. سيؤدي اعتماد بروتوكول علامات إدارة أصول Unitywater في BIM و

P & IDs الذكية إلى توثيق يتوافق مع قاعدة بيانات إدارة الأصول الحالية. تسمح البيئة ثلاثية الأبعاد بتصور المصنع النهائي واكتشاف المشكلات قبل بنائها[31].

3.1.4 - جسر Ovalo Monitor



الشركة

Incot - TSC Innovation - Aceros Arequipa

الموقع

Peru

حالة المشروع

منتهية

تاريخ الانتهاء

2022

البرامج المستخدمة

Tekla Structures, Tekla Model Sharing, Trimble Connect

حاصل على جائزة:

Tekla BIM Awards 2022
The Best Infrastructure Project

يبلغ طول مشروع Ovalo Monitor ما يقرب من 2.2 كم ويتضمن جسراً علوياً يتكون من جسر مركبات خرساني مسلح بطول 870 متراً. لها تكوين تصميم طريق معقد بأقسام مستقيمة ومنحنية. تتكون البنية التحتية للجسر من دعامتين و 21 دعامة. البنية الفوقية عبارة عن سطح صندوق المقطع متصل من الخرسانة بعد الشد.

بميزانية تزيد عن 80 مليون جنيه إسترليني، هذه البنية التحتية التي بنتها بلدية ليما، من خلال Emape ، تربط بين منطقتين مزدحمتين في العاصمة وتهدف إلى تحسين حركة المرور من خلال تقليل حمل المركبات بنسبة 85% ، وتحسين الصورة الحضرية والاستفادة منها. أكثر من 500000 مواطن في المنطقة.

تقوم شركة TSC Innovation بتطوير هندسة تفصيلية وفقاً لمنهجية التصميم والبناء الافتراضي (VDC). بموجب هذا النهج، ندمج المصمم والبانى في المراحل المبكرة لتحديد الأهداف التي يجب تحقيقها من خلال تصنيع التعزيز. يسمح VDC بقياس فوائد تعديل العمليات التقليدية إلى العمليات

القائمة على فيزياء الإنتاج والإنتاج حيث يتم تحسين التكاليف والمخزونات والقدرات والعمل في العملية باستخدام تقنيات مبتكرة مثل BIM والاتصال السحابية (cloud). طورت TSC Innovation هذه المنهجية مع Aceros Arequipa لأكثر عدد من مشاريع الجسور في بيرو. البرنامج الرئيسي المستخدم في تفصيل الجسور هو Tekla Structures ، والذي من خلاله تم تطوير هندسة BIM التفصيلية للمشروع على مستوى الإنتاج في جسر Ovalo Monitor.

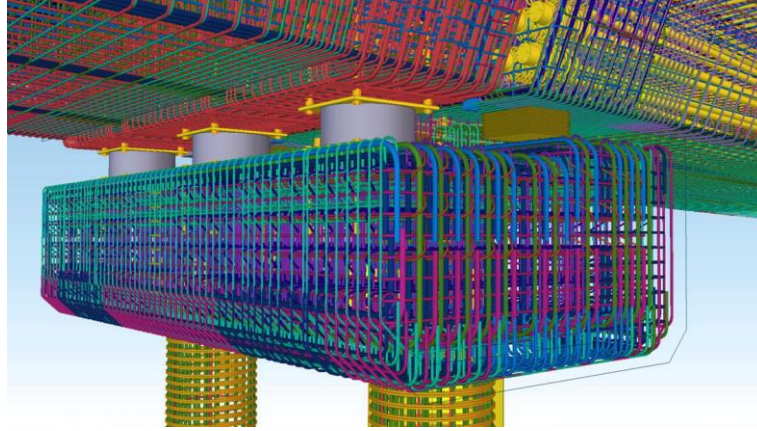


نظرًا للتكوين الهندسي الخاص والمعقد للجسر، كان من المهم جدًا إنشاء نموذج حدودي من خلال أتمتة BIM عبر Tekla-Grasshopper لتحسين وقت النمذجة والحصول على المرونة للتغييرات المستقبلية المحتملة. تم تصميم النسخة الأولى وفقًا لمعلومات التصميم (الملف الفني) لتحديد الاستفسارات وفرص التحسين. أثناء البناء، تم تحديد التداخلات في الأساسات مع أنابيب المياه والصرف الصحي في المنطقة، لذلك كان من الضروري إجراء تعديلات التصميم التي تم تحديدها بمساعدة النموذج. من ناحية أخرى، تم تحديث النموذج باستمرار وفقًا للمعلومات الواردة من الموردين (الفولاذ، القوالب، الشد اللاحق، العوازل الزلزالية، الوصلات، إلخ) لتطوير نموذج متوافق وقابل للإنشاء.



تم تطوير النموذج من قبل فريق التصميم الموجود في مواقع مختلفة، والتي كان استخدام أداة Tekla Model Sharing ضروريًا لها. في الوقت نفسه، لإنشاء بيئة تعاونية وتسهيل المشاركة الديناميكية للمشاركين، تم استخدام بيئة البيانات المشتركة Trimble Connect. سمحت هذه المنصة متعددة الاستخدامات بتصور وإدارة المشروع بأكمله: التضاريس، ونقاط التحكم، وتصميم الطريق، والهياكل، وما إلى ذلك. ساعد النموذج بشكل فعال في تحديد التداخلات وعدم التوافق، وتقييم الهياكل المحتملة المجمعة مسبقًا، وإجراء تحليلات تحسين البناء المختلفة على كل مكون من مكونات مشروع (قدم، أعمدة، شعاع رأسي، أغشية، سطح السفينة، إلخ)، وتخطيط العمل باستخدام 4D BIM والحصول مباشرة على وثائق البناء.

بلغ إجمالي حديد التسليح للمشروع 2250 طنًا، وكان مستوى التطوير المطلوب هو LOD 400 ، مما سمح بتوليد قوائم القطع والانحناء من القضبان للتصنيع الآلي للفولاذ ذي الأبعاد / المجمعة مسبقًا من قبل المورد Aceros Arequipa. بدورها، تحتوي عناصر BIM على سمات تسمح بمراقبة وتحكم أفضل للمشروع عبر الإنترنت، مما يضمن إمكانية تتبع المعلومات أثناء العمليات المختلفة لسلسلة التوريد. ساعد هذا أصحاب المصلحة على التحقق من صحة الهياكل مقدمًا ، وإجراء مراقبة الجودة في ورشة عمل التجميع المسبق من خلال الواقع المعزز ، وتسهيل الخدمات اللوجستية في النقل ، وفهم أفضل لما سيتم تجميعه في الموقع [32].



3.1.5 - IH35 Nex Central Section جسر

الشركة

FERROVIAL CONSTRUCTION AND ALAMO CONSTRUCTION

الموقع

United States of America

حالة المشروع

فيد التنفيذ

تاريخ الانتهاء

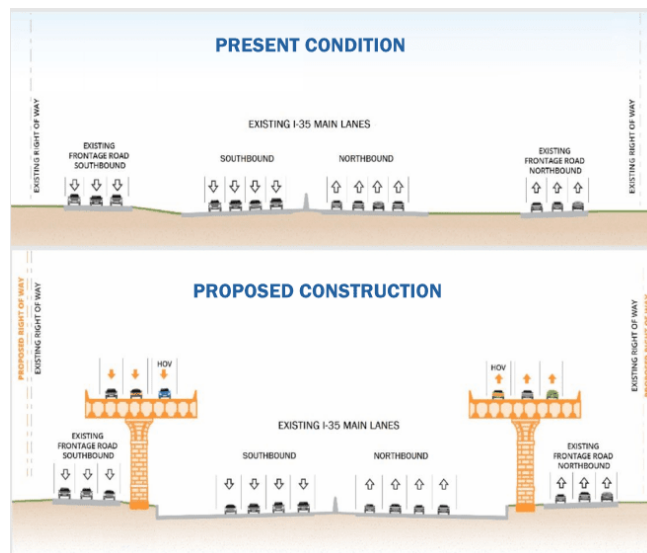
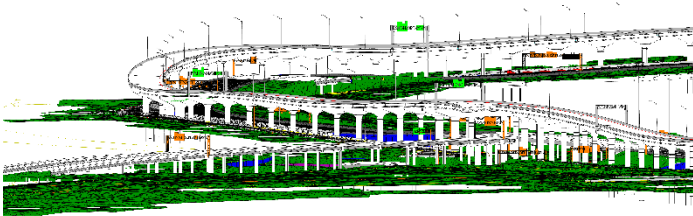
2027

البرامج المستخدمة

iTwin, MicroStation, OpenBridge, OpenRoads, ProjectWise

حاصل على جائزة:

Bentley Best Infrastructure and Going Digital Award of 2022



لتوفير سعة إضافية لممر التوسعة الشمالية الشرقية (NEX) I-35 ، بدأت وزارة النقل في تكساس (TxDOT) مشروعًا بقيمة 1.45 مليار دولار أمريكي لبناء جسر سيضيف ثلاثة ممرات في كل اتجاه. تضمن نطاق المشروع تصميم وبناء 21.8 ميلاً من الجسور، واثنين من التقاطعات، والمزيد من الأنابيب لنظام الصرف. منحت TxDOT العقد لشركة Ferrovial Construction ، التي كان عليها التغلب على تحديات العمل في مساحة ضيقة مع دمج هيكل الجسر المعقد مع المرافق والبنية التحتية الحالية. لقد أدركوا أن أساليب التصميم ثنائية الأبعاد التقليدية كانت مكلفة وغير فعالة، مما تطلب منهم البحث عن حل تكنولوجي ثلاثي الأبعاد تعاوني.

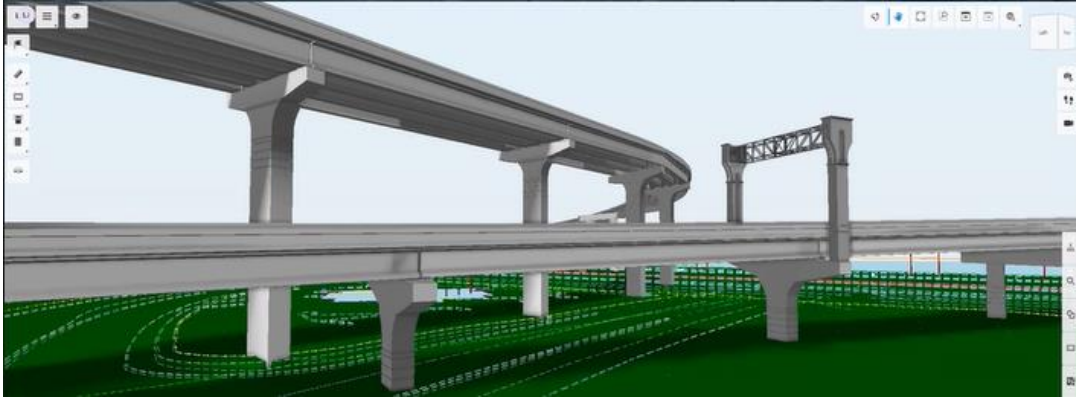
اختارت Ferrovial ProjectWise ومنصة Bentley iTwin لتحسين تبادل المعلومات وتطوير التوأم الرقمي. باستخدام تطبيقات Bentley ونموذجها، أجروا اكتشاف الصدام للتخلص من 3530 تصادمًا، وتحديد وحل مشكلات الرؤية، وتزويد فريق البناء بمعلومات مادية دقيقة، مما يوفر وقتًا وتكاليف كبيرة.

تم وضع حجر الأساس للمشروع في 11 مايو 2022، وبيدأ البناء في صيف عام 2022 ومتوقع انتهائه عام 2027

تم نمذجة العناصر التالية

- الجسور والقناطر
- الحواجز، الألواح، الحزم، القبعات، الأعمدة، الأساسات، أعمدة الحفر
- عناصر الطريق
- علامات، جدران الاستنادية، الظهور
- عناصر الصرف
- القنوات والأنابيب والمداخل
- إضاءة
- البنوك مجاري الهواء والخزائن وأعمدة
- الخدمات

- الغاز والمياه والاتصالات والكهرباء

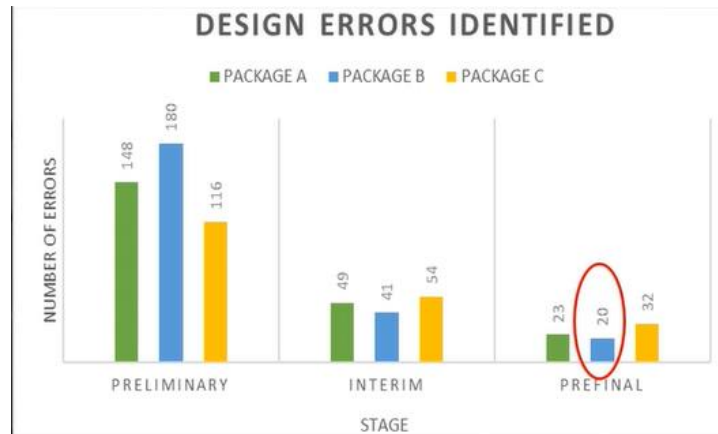


تحديد أخطاء التصميم:

- التحقق من أكثر من 772 تعارضاً محتملاً بين العناصر
- التنسيق بين التخصصات
- التنسيق مع العناصر الموجودة للبقاء

ملخص الفوائد

- اصطياذ أخطاء التصميم التي لم يكتشفها البشر
- كفاءة مع ميزة العمل على مدار الساعة
- التحكم في التصميم: يتتبع دقة الخطأ



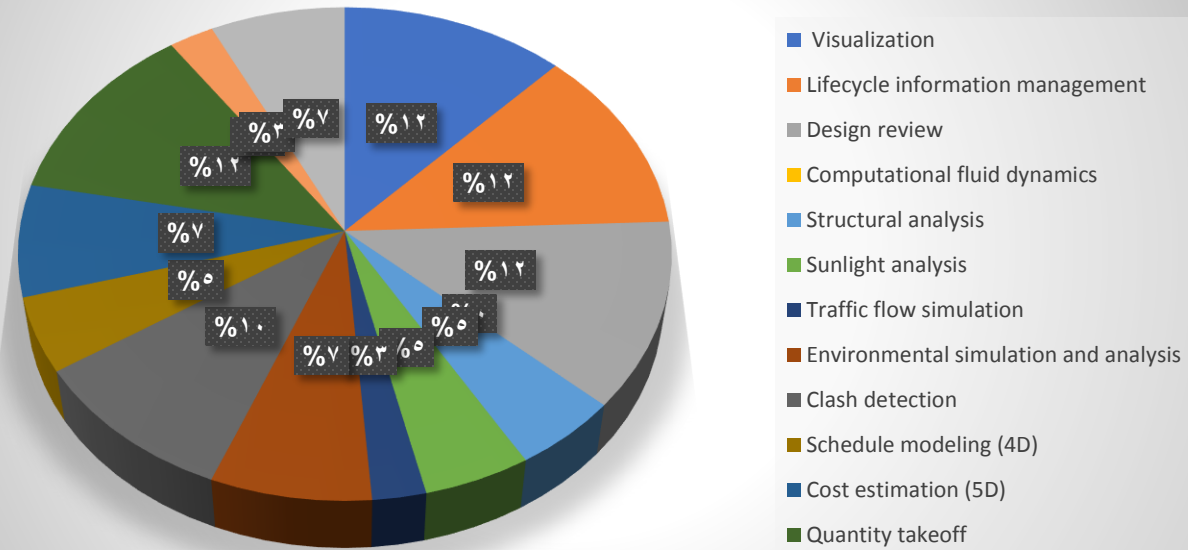
Project 5: IH35 Nex Central Section جسر

3.1.2 – استخدامات BIM في المشاريع الخمسة:

No.	BIM Uses	Cases of infrastructure projects				
		Project 1	Project 2	Project 3	Project 4	Project 5
A	Visualization	✓	✓	✓	✓	✓
B	Lifecycle information management	✓	✓	✓	✓	✓
C	Design review	✓	✓	✓	✓	✓
D	Computational fluid dynamics					
E	Structural analysis				✓	✓
F	Sunlight analysis		✓			✓
G	Traffic flow simulation		✓			✓
H	Environmental simulation and analysis	✓	✓		✓	
I	Clash detection	✓	✓	✓		✓
J	Schedule modeling (4D)		✓			✓
K	Cost estimation (5D)		✓	✓		✓
L	Quantity takeoff	✓	✓	✓	✓	✓
M	Constructability analysis					
N	Crane operation simulation			✓		
O	Virtual facility Inspection	✓	✓	✓		

جدول يبين استخدامات BIM في الحالات الدراسية الخمسة

BIM Uses Chart in Infra Cases



كما تبين حسب الجدول أن أكثر استخدامات BIM في المشاريع الموجودة بالأعلى هي التصور وإدارة معلومات دورة الحياة و مراجعة التصميم و استخراج الكميات و هي نتائج منطقية و متوقعة لأن هذا الاستخدامات يستخدم في معظم مراحل دورة حياة المشروع حسب [الجدول رقم 2](#)

وهي تستخدم في المراحل الأولية للنمذجة يتم إنشاء النماذج لأغراض التصور ومراجعة التصميم أما إدارة معلومات دورة الحياة فهي تقريبا قاعدة بيانات مشتركة للعاملين في المشروع لسهولة تبادل المعلومات بين أطراف المشروع

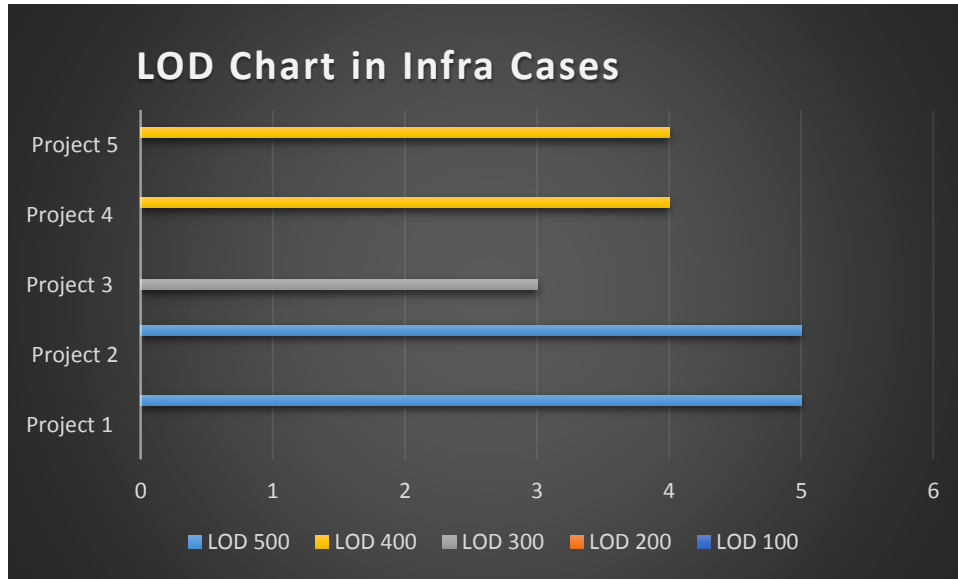
أما استخراج الكميات فهي سهلت العمل وأصبح المتعهدين لا يتعرضوا لضياعات وهدر بالمواد بسبب استخراج الكميات للعناصر النمذجة

بهذا الجدول نجد مدى أهمية BIM للبنى التحتية خاصة للمشاريع الضخمة والاستراتيجية وكيف أصبحت تطبق في جميع القارات وجميع أنواع مشاريع البنى التحتية

3.2.2 - درجة LOD في المشاريع الخمسة:

يبين الجدول درجة LOD الواصل اليه كل مشروع

No.	Levels of development (LOD)	Cases of infrastructure projects				
		Project 1	Project 2	Project 3	Project 4	Project 5
1	LOD 100					
2	LOD 200					
3	LOD 300			✓		
4	LOD 400				✓	✓
5	LOD 500	✓	✓			



بالاستنتاج من المشاريع الموجودة بالأعلى فان لا يفضل أن يكون هناك أقل من LOD3 بمشاريع البنى التحتية للحصول على استفادة الكاملة من النمذجة والحصول على أكبر عدد من استخدامات BIM المذكورة بالأعلى.

3.2.3 - البرامج المستخدمة في المشاريع الخمسة:

Vendor	Software tool	Cases of infrastructure projects				
		Project 1	Project 2	Project 3	Project 4	Project 5
Autodesk	Revit	✓	✓	✓		
	AutoCAD	✓	✓			
	AutoCAD Map 3D					
	AutoCAD Civil 3D	✓	✓			
	Autodesk InfraWorks (formerly Infrastructure Modeler)	✓	✓			
	Structural Bridge Design					
	AutoCAD Utility Design					
	Autodesk 3ds Max Design	✓	✓			
	Navisworks	✓	✓	✓		
	Bentley RM Bridge, LEAP Bridge, LARS Bridge					
Bentley	Power Rail Track, Power Rail Overhead Line, MXRAIL					
	Power InRoads, Power GEOPAK, MXROAD, and PowerCivil					
	PlantWise, OpenPlant, AutoPLANT, and PlantSpace					
	HAMMER, WaterCAD, WaterGEMS, SewerCAD, SewerGEM					
	CivilStorm, StormCAD					
	MicroStation					
	AECOSim Building Designer (Bentley Architecture, Structural Modeler)					
	Prosteel					
	Bentley Substation					
	Bentley Navigator					
CSI	ProjectWise					✓
	AutoPIPE and STAAD.Pro					
	CSI SAP2000					
Tekla	CSI Bridge					
	Tekla Tekla Structures				✓	
	Trimble connect				✓	
Graphisc	Tekla Bimsight					
	ArchiCAD					
Vico	Vico Office Suite					
FORUM	UC-winRoad					

حسب الجدول فان ليس هناك برنامج واحد فقط يمكن استخدامه لإتمام درجات تطور BIM وخاصة في مشاريع البنى التحتية لأنها أكثر تعقيدا ويمكن أن يكون فيها تصميم معماري وإنشائي و MEP و نمذجة البيانات الخاصة بالبنى التحتية ولكن شركات Autodesk, Bentley, Tekla هي من أفضل الشركات المنتجة لبرامج النمذجة و التصميم و المحاكاة و كشف التصادمات فهي متعلقة بالشركة الهندسية المستخدمة و البلد الموجود فيه هي من المعايير لاستخدام برامج شركة معينة

3.3- المقترحات والتوصيات:

المقترح من هذا البحث هي ابراز أهمية BIM في مشاريع البنى التحتية من خلال تجارب عالمية في القارات الخمسة ومشروع من الشرق الأوسط استخدموا فيها BIM بمستويات عديدة واستفادوا من خلال بناء أفضل، وكفاءة أكبر، وتقليل الفاقد، وتكلفة أقل، وتحسين وتعزيز حفظ السجلات والإبلاغ، وتأثير أقل على البيئة.

كل هذا هي بعض فوائد BIM في هكذا نوع من المشاريع، سوريا بعد أزمة طويلة تضرر فيها قطاع البناء والبنى التحتية بشكل رئيسي وأضعف وسائل النقل داخل البلاد كطرق وجسور ومطارات بالإضافة الى تضرر الخدمات الرئيسية من محطات ضخ مياه ومحطات معالجة ومحطات كهرباء والشبكات الرئيسية. كل هذا الأضرار تحتاج للبناء واعادة التأهيل فهذا البحث يوجد فيها تجارب وخبرات عالمية استخدموا فيها النمذجة للتغلب على المشاكل والمعوقات التي واجهتهم ويمكن أن نستفيد منها في سوريا في مرحلة اعادة الاعمار القادمة ونكون مواكبين للتطورات العالمية والمحيط بنا. صحيح بأن النمذجة أصبحت تستخدم في مجال نمذجة المباني بشكل عام في سوريا ولكنها شبه منعدمة في مجال البنى التحتية التي هي مشاريع أكبر وأضخم من حيث التكلفة والاستفادة BIM لن تفيد فقط في الانشاء ولكن أيضا التصميم والتشغيل فنحن بأمر الحاجة أن نكون قد بدأنا في ادراج النمذجة في مشاريع البنى التحتية في مرحلة اعادة الاعمار للحصول على بنى تحتية بجودة عالية وكفاءة أكبر وأكثر استدامة.

التوصيات

تحتاج الدول عادةً إلى إجراء مجموعة متنوعة من الاستثمارات لضمان تحسين استخدامها لنماذج BIM. لا تشمل هذه الاستثمارات التكنولوجية فحسب، بل تشمل التدريب وتحسين العمليات وإنشاء مكاتب للمواد، من بين أمور أخرى. يمكن أن يكشف فهم خطط الاستثمار لمستخدمي BIM عن الكثير حول كيفية استخدامها وما هي أولوياتهم.

التدريب

التدريب هو أهم استثمار، سواء الآن أو في السنوات القادمة يجب تأهيل وتدريب مهندسين بمجال نمذجة معلومات البناء في مشاريع البنى التحتية عن طريق دورات تدريبية في نقابة المهندسين وشركة التدريب بيد أخصائيين دوليين لديهم خبرة في مجال استخدام البرامج التي تفيد في النمذجة والمحاكاة مع ادخال تعليم هذا البرامج في الجامعات وكليات الهندسة المعنية بالأمر وفرض عمل مشروع تخرج على الأقل في استخدام BIM في البنى التحتية

التقنية

تعتبر الاستثمار في البرمجيات أولوية في المستقبل. من ناحية أخرى، في حين أن ترقية الأجهزة يمثل حاليًا أولوية عالية

العمليات والتعاون

الاستثمارات لتحسين التعاون الداخلي والخارجي نظرًا لأن القدرة على العمل بشكل تعاوني هي أهم فائدة تجارية لنماذج BIM

4 - المراجع

- [1] H. Penttilä, Describing the changes in architectural information technology to understand design complexity and free-form architectural expression, *ITcon* 11 (2006) 395–408.
- [2] McGraw-Hill, in: E. Fitch (Ed.), *The Business Value of BIM for Infrastructure: Addressing America's Infrastructure Challenges with Collaboration and Technology SmartMarket Report*, McGraw-Hill Construction, 2012.
- [3] R. Juliano, B. Cawley, B. Deery, G. Smith, *Civil Integrated Management (CIM)* FHWA, AASHTO, ARTBA, and AGC, U.S. 2012.
- [4] N. Yabuki, BIM and construction information modeling (CIM) in Japan, *Proceedings of the International Conference on Computational Design in Engineering*, Jeju, Korea 2012, p. 325.
- [5] O.U. Press, *Definition of infrastructure*, Vol. 2016, Oxford University Press, 2016.
- [6] J.C.P. Cheng, Q. Lu, Y. Deng, Analytical review and evaluation of civil information modeling, *Autom. Constr.* 67 (2016) 31–47, <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2016.02.006> (ISSN: 0926-5805).
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] Analytical review and evaluation of civil information modeling Jack C.P. Cheng, Qiqi Lu □, Yichuan Deng
- [11] D. Luebke, M. Reddy, J.D. Cohen, A. Varshney, B. Watson, R. Huebner, *Level of detail for 3D graphics*, Morgan Kaufmann, 2003.
- [12] DDC, *BIM guidelines*, New York City Department of Design + Construction, NY, 2012 11101.
- [13] BIMForum, *Level of development specification version 2013*, the Association General Contractors, Arlington, VA, 2013 22201
- [14] RIBA, *Guide to using the RIBA plan of work 2103*, RIBA Publishing, Britain, 2013.
- [15] G. Gröger, L. Plümer, *CityGML —interoperable semantic 3D city models*, *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 71 (0) (2012) 12–33.
- [16] O.U. Press, *Definition of infrastructure*, Vol. 2016, Oxford University Press, 2016.
- [17] Center for Integrated Facility Engineering (CIFE), *VDC Scorecard —home*, <https://vdcscorecard.stanford.edu/content/vdc-scorecard> Stanford University, 2015.
- [18] Center for Integrated Facility Engineering (CIFE), *Technology area —insights*, <https://vdcscorecard.stanford.edu/content/technology-area-insights> Stanford University, 2015.
- [19] L. Khemlani, *The IFC building model: a look under the hood*, AECbytes, 2004.
- [20] J. Amann, J. Jubierre, A. Borrmann, M. Flurl, *An alignment meta-model for the comparison of alignment product models*, *Proceedings of the 10th European Conference on Product and Process Modelling (ECPPM)*, Vienna, Austria, 2014.
- [21] N. Yabuki, T. Shitani, *Development of a 3 dimensional product model for prestressed concrete hollow slab bridges based on industry foundation classes (IFC)*, *J. Japan Society of Civ. Eng.* 11 (2002) 35–44.
- [22] Y. Ji, J. Beetz, P. Bonsma, N. Bisbet, C. Katz, A. Borrmann, *Integration of parametric geometry into IFC-Bridge*, *Proceedings of the 23th Forum Bauinformatik*, Cork, Ireland, 2011
- [23] B. Koo, H. Joo, H.J. An, S.-H. Lee, *Application of information delivery manuals for effective exchange of BIM information in modular bridge construction*, *Proceedings of the First International Conference on Civil and Building Engineering Informatics (ICBEI 2013)*, Tokyo, Japan, 2013.
- [24] <https://www.autodesk.com/products/civil-3d/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>
- [25] Evans, M., Farrell, P., Elbeltagi, E., Mashali, A. and Elhendawi, A., 2020. Influence of partnering agreements associated with BIM adoption on stakeholder's behaviour in construction mega-projects. *International Journal of BIM and Engineering Science*, 3(1), pp.1-20.
- [26] Elhendawi, A., Omar, H., Elbeltagi, E. & Smith, A., 2020. Practical approach for paving the way to motivate BIM non-users to adopt BIM. *International Journal of BIM and Engineering Science*, 2(2), pp. 1-22.
- [27] <https://www.mot.gov.sy/web/magazine>
- [28] <https://excellenceawardsstg.autodesk.com/projects/?i=route39&t=0x3hd92fagf&industry=2&year=2020&v=map>
- [29] Fully integrated BIM at maturity level 3 in the Road Project "E39Kristiansand West - Mandal East." GENTJAN RAMAJ

- [30] <https://excellenceawardsstg.autodesk.com/projects/?i=istanbulrailssystem&t=0og2bkulc6co&industry=2&year=2019&v=map>
- [31] KAWANA STP UPGRADE: USING BIM FOR DESIGN, CONSTRUCTION AND OPERATION David Kent and Simon Smith, WSP Brisbane, Australia
- [32] <https://www.tekla.com/bim-awards/ovalo-monitor-bridge>
- [33] <https://www.bentley.com/events/going-digital-awards/winners/>
- [34] Ahmed, S., Dlask, P., Selim, O. & Elhendawi, A., 2018. BIM Performance Improvement Framework for Syrian AEC Companies. *International Journal of BIM and Engineering Science*, 1(1), pp. 21-41.
- [35] Elhendawi, A., 2018. Methodology for BIM Implementation in KSA in AEC Industry. Master of Science MSc in Construction Project Management ed. Edinburgh, UK: Edinburgh Napier University, UK.
- [36] Elhendawi, A., Smith, A. & Elbeltagi, E., 2019. Methodology for BIM implementation in the Kingdom of Saudi Arabia. *International Journal of BIM and Engineering Science*, 2(1), pp. 1-21.
- [37] Safour, R., Ahmed, S. & Zaarour, B., 2021. BIM Adoption around the World. *International Journal of BIM and Engineering Science*, 4(2), pp. 49-63.
- [38] Yusof, N., Ishak, S. & Doheim, R., 2018. An Exploratory Study of Building Information Modelling Maturity in the Construction Industry. *International Journal of BIM and Engineering Science*, 1(1), pp. 6-19.
- [39] Hamma-adama, M., Kouider, T. & Salman, H., 2020. Analysis of barriers and drivers for BIM adoption. *International journal of BIMA and engineering science*, 3(1), pp. 18-41.
- [40] Shaban, M. & Elhendawi, A., 2018. Building Information Modeling in Syria: Obstacles and Requirements for Implementation. *International Journal of BIM and Engineering Science*, 1(1), pp. 42-64.
- [41] Banawi, A., Aljobaly, O. & Ahiabie, C., 2019. A Comparative Review of Building Information Modeling Frameworks. *International Journal of BIM and Engineering Science*, 2(2), pp. 23-49.