مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية
المجلد42 العدد (3) – 2026: 283- 298

Damascus University Journal for engineering sciences
Vo 42 number (3) -2026: 283-298

قياس أثر أخطاء التصميم التي يمكن تجنبها باستخدام تقنية نمذجة معلومات البناء في مشاريع التشييد السورية

هويدا الأحمد[*1] محمد بشار الحفّار[2] محمد غازي الجلالي[3]

[*1]. طالبة دكتوراه جامعة دمشق، مهندسة، الإدارة الهندسية والتشييد.
howida85.alahmad@damascusuniversity.edu.sy

[2]. أستاذ مساعد في كلية الهندسة المدنية، جامعة دمشق، تكنولوجيا وتنظيم إنشاء المباني.
dr.bashaarhaffar@gmail.com

[3]. أستاذ مساعد في كلية الهندسة المدنية، الجامعة السورية الخاصة، تكنولوجيا الإنشاء.
(muhammadaljalali@gmail.com)

الملخص:

تسعى مشاريع التشييد بشكلٍ دائمٍ إلى تجنب أخطاء التصميم لما لها من أثر سلبي على الكلفة والجدولة وأداء المشروع ككل. إنّ التصميم الهندسي هو فن إنتاج وإخراج مخططات وملفات لمشروع ما قبل تنفيذه والمخرجات هي أنواع مختلفة من الرسومات الهندسية والملفات التي تؤدي بدورها الى طيف واسع ومتنوع للأخطاء. تعتبر تقنية نمذجة معلومات البناء من أهم تقنيات التكنولوجية الحديثة في تقليل الأخطاء التصميمية وإعادة العمل. يتحرى مشروع البحث هذا أثر أخطاء التصميم التي يمكن تجنبها باستخدام تقنية نمذجة معلومات البناء في التصميم ما قبل التنفيذ في مشاريع التشييد في سوريا. تم اختيار حالة تطبيقية لمشروع تشييد في سوريا (مشروع توسع كلية الآداب –جامعة دمشق)، تمت نمذجته ضمن بيئة نمذجة معلومات البناء، وبالمقارنة وتحليل البيانات تم حصر جميع الأخطاء التي يمكن لتقنية نمذجة معلومات البناء تجنبها قبل التنفيذ. ولقياس أثر هذه الأخطاء على التنفيذ، وُضعت ثلاث مؤشرات قياس رئيسية لكل خطأ (احتمالية اكتشاف الخطأ قبل حدوثه، قيمة أثر الخطأ على الجدولة، قيمة أثر الخطأ على الكلفة). جُمعت البيانات وتم تحليلها وأظهرت النتائج سبع مجموعات من الأخطاء يمكن لنمذجة معلومات البناء تجنبها قبل التنفيذ هي: (نقص المعلومات – السهو، نقص المعلومات – الغموض والتناقض، التعارضات بين الاختصاصات الهندسية، دقة انهاء الكميات، قابلية التشييد، الحاجة الى التصميم البديل، التصميم الغير منطقي) وبقياس أثر الأخطاء السابقة ضمن مؤشرات القياس الرئيسية كان للأخطاء من نوع التعارضات بين الاختصاصات الهندسية ودقة انهاء الكميات الأثر الحرج على الكلفة والجدولة للمشروع وكان للأخطاء من نوع نقص المعلومات –السهو والغموض والتناقض الأثر الأقل على تنفيذ المشروع.

الكلمات المفتاحية: أخطاء التصميم، نمذجة معلومات البناء، مؤشرات القياس الرئيسية، قياس الأثر.

تاريخ الإيداع:2023/9/21
تاريخ القبول: 2024/1/3

حقوق النشر: جامعة دمشق – سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب **CC BY-NC-SA**

http://journal.damascusuniversity.edu.sy/index.php/index/index
ISSN (online): 2789-6854

Measuring the Impact of Design Errors Prevented by Using Building Information Modeling in Syrian Construction Projects

Howida Alahmad[*1] Mohammad Bashaar Alhafar[2] Mohammad Gazy Aljalali[3]

[*1]. PhD candidate -Damascus university-faculty of civil engineering.
howida85.alahmad@damascusuniversity.edu.sy

[2]. assistant professor -faculty of civil engineering - Damascus university.
dr.bashaarhaffar@gmail.com

[3]. assistant professor -faculty of civil engineering -syrian private university
muhammadaljalali@gmail.com

Received: 21/9/2023
Accepted: 3/1/2024

Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a
CC BY- NC-SA

ABSTRACT:

Construction projects are constantly striving to avoid design errors because they have a negative impact on cost, scheduling, and project performance as a whole. Engineering design is the art of producing plans and documents for a project before its implementation. The outputs are different types of engineering drawings and documents, which in turn lead to a wide and diverse spectrum of errors.. Building information modeling (BIM) technology is considered one of the most important techniques in reducing design errors and rework. This paper investigates the impact of design errors that can be detected using BIM in design in construction projects in Syria. A case study was chosen for a construction project in Syria (the expansion project of the Faculty of Arts - University of Damascus). It was modeled within a BIM environment. By comparison and data analysis, all errors that BIM can avoid before implementation were identified. To measure the impact of these errors, three main measurement indicators were developed for each error (likelihood of identifying errors, error's impact on scheduling, error's impact on cost). The data was collected and analyzed, and the results showed seven groups of errors that BIM can avoid before implementation: (lack of information - omissions, lack of information - ambiguity and contradiction, conflicts among engineering specialties, quantities-takeoff , constructability, need for alternative design, illogical design) .And by measuring the effect of previous errors within the main measurement indicators, errors of the type of conflicts among engineering specialties and the accuracy of finishing quantities had a critical impact on the cost and scheduling of the project. Errors such as lack of information – omissions, ambiguities and contradictions – had the least impact on project implementation.

Keywords: Design Errors, Building Iinformation Modeling (BIM), Key Measurement Indicators, Impact Measurem.

المقدمة (Introduction):

أثناء تنفيذ مشاريع التشييد وخاصة المعقدة منها تبقى عوامل التأخير والأخطاء وتجاوز الكلف من أشد الأخطار التي تؤثر على نجاح المشروع. ونذكر بالأخص العمل الناقص أو الغير مكتمل في مرحلة التصميم الذي يضع المقاولون في خطرٍ حقيقي لكلف زائدة وتجاوزات في الزمن غير مخطط لها. تعتبر أخطاء التصميم من أشد العوامل التي تؤثر بشكل سلبي على تنفيذ المشروع حيث تؤدي بشكل رئيسي إلى إعادة العمل وتتطلب قوة عاملة إضافية وموارد إضافية وبالتالي تجاوزات في الكلف وتأخيرات في الزمن.

(Kim et al .,2011 :Peter et al .,2015 al.,)

إن لأي مشروع تشييد معقد ومتنوع باختصاصاته الهندسية المختلفة، يكمن في طياته، أخطاء في ملفات التصميم من الصعب اكتشافها بالطرق التقليدية، تظهر هذه الأخطاء عند التنفيذ وتُصحح بكلف إضافية وتؤدي إلى تجاوزات في زمن المشروع.

ومن هنا يأتي الدور الجوهري لتقنية نمذجة معلومات البناء التي تعتبر منهجية متكاملة لكامل مشاكل التصميم والتنفيذ.

أداة فعّالة في تجاوز معظم أخطاء التصميم BIMيعتبر وإعادة العمل، يتميز التصميم وفقاً لنمذجة معلومات البناء بأنه تصميم متكامل ودقيق ولا يحوي أي نقص في المعلومات أو تناقض بين ملفاته، حيث أن كامل الوثائق والرسومات والجداول المنبثقة عن النموذج تتصدر بشكل آلي وسريع ودقيق .(Memon et al. 2014:Ullah et al .,2019)

تدعم تقنية نمذجة معلومات البناء تقليل الأخطاء وإعادة العمل وتحسين التصميم من ناحية قابلية التشييد والتكامل بين الاختصاصات وكشف التعارضات.

(Memon et al ,.2014:Ullah et al .,2019: Caroline et al ,.2014: Abubakar et al .,2014: Latiffi et al .,2013: Bryde et al ,.2013)

تبقى الدراسات والتحليلات الكمية حول أخطاء التصميم المكتشفة باستخدام نمذجة معلومات البناء وقياس أثرها على تنفيذ المشروع قليلة، ومن هنا توجه هذا البحث الى تحديد الأخطاء التي يمكن لنمذجة معلومات البناء تجاوزها عند استخدام هذه التقنية ضمن قوالب التصميم بدراسة حالة لمشروع تشييد نوعي بحجمه وتخصصاته الهندسية المختلفة ومن ثم توجه البحث الى دراسة التحليلات الكمية لأثر كل خطأ تم رصده وقياس أثره على تنفيذ المشروع.

1. الدراسات مرجعية:

أشارت العديد من الدراسات البحثية والمراجع إلى أثر أخطاء التصميم على تنفيذ المشاريع ودور نمذجة معلومات البناء كتقنية حديثة في معالجة أخطاء التصميم وذلك باستخدام منهجيات وطرق بحثية متنوعة نورد منها التالي:

2-1الأخطاء التصميمية وتأثيرها في مشاريع التشييد:

تعتبر أخطاء التصميم مشكلة تواجه تنفيذ مشاريع التشييد ضمن الزمن والكلفة المخطط لها.

(Sunday et al .,2017:ALhattab et al .,2015:peansupap et al .,2015.)

حيث تنتج أخطاء التصميم خلال فترة التصميم نتيجةً لفشل المهمات البشرية في تصميم العمليات ضمن المشروع خلال الوقت المحدد وبالدقة المطلوبة.

(Ham et al ,.2018)

ومن الضروري تصحيح هذه الأخطاء لما تسبب من خسارات اقتصادية أثناء سير المشروع. بات من الأهمية للإداريين والباحثين في مجال إدارة المشاريع الهندسية إيضاح قيمة الكلف الناتجة عن أخطاء التصميم قبل التنفيذ لتقدير أثرها الفعلي على المشروع.

أشارت دراسات سابقة الى أن إعادة العمل الناتج عن أخطاء التصميم يؤدي الى زيادة حوالي(5-20%) من اجمالي قيمة العقد.

(Barber et al ,.2000 : Love and Edward .,2004)

قام الباحثان (Love et al., 2009) بحساب كلف إعادة العمل لـ260 مشروع تشييد , وحددّوا كلف إعادة العمل الرئيسية والغير مباشرة لتكون على التوالي (% 5.67 ،5.43 %) وبالتالي(11.07%) من إجمالي قيمة العقد .وأيضاً قام الباحثان (Lopez and Love., 2012) بحساب كلف أخطاء التصميم الناتجة عن 139 مشروع تشييد تم تحري ذلك بطريقة الاستبيان وكانت النتيجة للكلف المباشرة والغير مباشرة على التوالي(6.85%، 7.36%) وبالتالي

(14.12%) للإجمالي .

في دراسة قدمها الباحثون (won et al., 2016) في كوريا الجنوبية لإظهار قيمة الهدر في مشاريع التشييد وما هو سببها

بدراسة حالة، لمشروعي تشييد ضخمين بأن معظم الهدر الناتج سببه أخطاء التصميم التي وصلت قيمة الهدر فيها الى (4.3% -15.2%).

2-2كفاءة التصميم المعتمد على نمذجة معلومات البناء :

تعد منهجية نمذجة معلومات البناء من أحدث ما توصل إليه علم هندسة التشييد في التصميم والتنفيذ. حيث تمثل نمذجة معلومات البناء نموذج افتراضي الكتروني يحاكي الواقع وهي عبارة عن منهجية متكاملة للتصميم، تعتبر قاعدة بيانات مركزية تغذي جميع أطراف المشروع وتحتوي على كل مستندات المشروع (مخططات ومواصفات وكميات وجدول زمني) معلومات دقيقة ومنسقة ومتاحة

(Harris et al.,2007: Graph iSOFT and open BIM.,2013: Eastman et al., 2011)

إن الأساس في التصميم المعتمد على نمذجة معلومات البناء هو تصميم قائم على أساسه (Sacks et al .,2018 : Garber et al .,2014) 1-العناصر والأدوات الرقمية

2 - القابلية في تبادل الملفات: (Interoperability):

حيث يمكننا تعريف العنصر الرقمي (digital object) بأنه أساس البناء في التصميم الرقمي ويمكن تحديده بالاعتماد على(LOD) (Level Of Details): مستوى تفاصيل معلومات العنصر الرقمي وتختلف قيمته باختلاف الكودات الناظمة للنمذجة:

(Egyption code.,2018: National BIM standard united states.,2015: Bim forum,.2018)

وتتراوح قيمته كالتالي:

1- (قيمة بين 100-200) :تحديد العنصر جيومتريا إما D2 أو D3

2- (قيمة 300) تحديد أبعاده الجيومترية الرقمية

3- (قيمة 400): تحديد نوع المادة

4- -(قيمة 500): تحديد مواصفات التصنيع بأدق التفاصيل (as built)

يتميز التصميم المعتمد على BIM بصفات أبرزها (تكرارية التصميم - الترشيد الهندسي- التحليل- تنسيقات التصميم- كشف التعارضات- تقديرات الكلفة)(Garber et al .,2014) الكثير من الدراسات أشارت بأن تقنية نمذجة معلومات البناء تقلل من إعادة العمل وأخطاء التصميم.

تفحص البحث (Sacks et al .,2003) كلف أخطاء التصميم بدراسة حالة لـ 7 من مشاريع التشييد المستخدمة والمصنعة من البيتون مسبق الصنع وبينت النتائج بأن 50% من أخطاء التصميم يمكن تلافيها باستخدام BIM .

بدراسة حالة لمشاريع مدنية ثقيلة خاصة بأعمال الجسور والطرقات حلل الباحث(Kaner et al,. 2008) قدرة BIM على تقليل أخطاء التصميم من خلال إمكانية نمذجة معلومات البناء على تصميم الأجزاء المعقدة لقوالب العناصر الإنشائية الرئيسية بإنتاجية فاعلة وبدقة متناهية . كتب الباحث

(Won et al,. 2016) في دراسة لتقدير كمية الهدر الممكن تجنبها باستخدام تقنية نمذجة معلومات البناء ،بإمكانية نمذجة معلومات البناء على تقليل نسبة(4.3-15.2%)من الهدر في مشاريع التشييد ،حيث سجل البيتون المسلح نسبة هدر عالية قدرت بحوالي (98.65 % - 96.60%) في الحالتين المدروستين لمشروعين ضخمين في كوريا الجنوبية

قام الباحث (Lee et a,.2001) بتقدير قيمة العائد من الاستثمار وفقاً لنمذجة معلومات البناء بدراسة حالة لمشروع تشييد ضخم في كوريا الجنوبية، أظهرت فيها النتائج قيمة 700% للعائد من الاستثمار وفق نمذجة معلومات البناء باعتبار بأن الوفورات: هي الكلف التي يمكن تجنبها في حال تم استخدام نمذجة معلومات البناء في قوالب التصميم وتم تجاوز غالبية أخطاء التصميم .

3- الهدف:

يهدف البحث لمعرفة مستويات أثر أخطاء التصميم التي يمكن لنمذجة معلومات البناء تجنبها قبل التنفيذ وذلك وفقاً لأهميتها وبتراتبية واضحة لتجنب حدوثها من قبل المهندسين المصممين. وبالتالي يمكن تلخيص ما سبق بالإجابة على السؤالين التاليين: ماهي الأخطاء التصميمية التي يمكن تلافيها باستخدام نمذجة معلومات البناء في مشاريع التشييد السورية كتقنية برمجية في التصميم؟

ما نوع الأخطاء المكتشفة من قبل BIM قبل التنفيذ والأشد أثرا على تنفيذ المشروع؟

4- المنهجية:

ارتكز البحث في منجيته على الخطوتين التاليتين:

الخطوة الأولى: تحديد نوع الأخطاء التي يمكن لتقنية نمذجة معلومات البناء تجنبها عند تصميم مشاريع التشييد قبل التنفيذ في سوريا. وذلك من خلال حالة تطبيقية لمشروع نوعي معقد

بحجمه وتنوع اختصاصاته الهندسية (مشروع توسع كلية الآداب–جامعة دمشق)، تمّ تجميع اضبارة المشروع التصميمية الكاملة المقدّمة من قبل وحدات العمل المهني –جامعة دمشق، التي قامت بتصميمه وبعد تجميع الاضبارة التصميمية للمشروع الهدف (target case) والتي بُنيت وأُخرجت رسوماته ومخططاته الهندسية باستخدام

(2D drawings documentations)، تمت نمذجة معلومات البناء لهذه الاضبارة التصميمية باستخدام برنامج (REVIT) بدرجة تفاصيل للنموذج(300 - LOD) للاختصاصات الهندسية الإنشائية والمعمارية والميكانيكية والكهربائية .ثمّ حُللّ النموذج باستخدام حزمة من البرامج الهندسية تدعم نمذجة معلومات البناء (Navisworks– Enscape – Dynamo interference check

Simulation–Walkthrough) وبالمقارنة بذات الوقت بين (2D drawings documentations) وبين (BIM model) ومن ثم رصد كامل الأخطاء التي نتجت عن تطبيق نمذجة معلومات البناء بكافة أبعاده وتجميعها في فئات أو مجموعات. الخطوة الثانية: قياس أثر الأخطاء السابقة وتحديد نوع الأخطاء الأشد تأثيراً على المشروع:

وُضعت استمارة تقييم لكل خطأ في التصميم تم رصده باستخدام تقنية نمذجة معلومات البناء، تم تعبئة الاستمارة الخاصة لكل خطأ تم رصده، بالاستعانة بفريق من المهندسين الخبراء في التنفيذ (خبرة تزيد عن 20 عام في مجال التنفيذ الفريق مؤلف من مهندسَين مدنيين ومهندسَين معماريين ومهندسَين اختصاص أنظمة تكييف وتبريد ومساعد مهندس) بالإضافة الى ذلك تم الاستعانة بالإضبارة التنفيذية والمراسلات لجزء كبير من توسع كلية الآداب وتم إجراء التقاطعات وتصحيح تباين الآراء بالاعتماد عليها. استمارة التقييم وهي عبارة عن جزأين:

الجزء الأول: توصيف الخطأ المكتشف باستخدام نمذجة معلومات البناء، نوعه (إنشائي، معماري، ميكانيك، كهرباء، .....) وأيضاً الى أي مجموعة أخطاء ينتمي (نقص المعلومات–السهو، نقص المعلومات –الغموض والتناقض، التعارضات بين الاختصاصات الهندسية، دقة انهاء الكميات الحاجة الى التصميم البديل، قابلية التشييد، التصميم الغير منطقي).

الجزء الثاني: مؤشرات القياس الرئيسية

مؤشر القياس الأول: احتمالية اكتشاف الخطأ بدون استخدام تقنية نمذجة معلومات البناء

تم وضع هذا المؤشر لإعطاء وزن لقدرة نمذجة معلومات البناء على اكتشاف الخطأ لكل مجموعة على حده، تتراوح قيمته من 25% الى 75% بحيث تكون القراءة كالتالي:

25% وما دون: احتمالية اكتشاف الخطأ باستخدام نمذجة معلومات البناء قوية وهي 75 %.

[25%–75%] حوالي 50%: احتمالية اكتشاف الخطأ باستخدام نمذجة معلومات البناء جيدة وهي 50%

75 % وما فوق: احتمالية اكتشاف الخطأ باستخدام نمذجة معلومات البناء ضعيفة وهي 25 %

مؤشر القياس الثاني: قيمة التأثير على الزمن

وضع هذا المؤشر لدراسة التأثير على الزمن لكل خطأ مكتشف باستخدام نمذجة معلومات البناء وضمن كل مجموعة، بحيث تتراوح قيمته من (لا تأثير الى التأثير الحاد والقاس) وحسب قيم الجدولة من أيام الى أسابيع الى أشهر يبينها الجدول (1)، تم تقدير قيمة التأثير على الزمن في حال حدوثه قبل أن يتم اكتشافه باستخدام نمذجة معلومات البناء، وتم تقدير القيم استناداً الى أن التجاوزات الزمنية للمشروع تقدر ب 10 % من كلفة المشروع وبالتالي تم حساب كلفة التأخير ليوم عمل ضمن الكتلة F والكتلة D والكتلة C

ويبقى هذا التقدير متحفظ وإذا ما تم حسابه بدقة فهو يشكل أكبر من نسبة 10%.

مؤشر القياس الثالث: قيمة التأثير على الكلفة

وضع هذا المؤشر لتمييز مدى تأثير، مجموعات الأخطاء التي يمكن تجنبها باستخدام نمذجة معلومات البناء، المباشر على كلفة المشروع وأعطيت القيمة ما بين مؤثرة أو غير مؤثرة، وتم تقدير القيم استناداً الى الإضبارة التصميمية للمشروع والكشف التقديري المحدد ضمنه السعر الإفرادي والواحدة لكل بند تصميمي.

5- النتائج ومناقشتها:

جمعت النتائج وحُلّلت وكانت كالتالي:

5-1 الأخطاء التصميمية التي يمكن تجنبها باستخدام نمذجة معلومات البناء في مشاريع التشييد السورية كتقنية برمجية في التصميم.

معظم الأخطاء التي يتميز نمذجة معلومات البناء باكتشافها يبينها الجدول (2)، وهي كشف التعارضات بين الاختصاصات

الهندسية المختلفة وكانت بنسبة (45.12%) وبذات الوقت أغلبها التعارضات بين لمكونات البناء العناصر الإنشائية والعناصر المعمارية(30.61%) وهذه النتيجة جاءت متوافقة مع التوقعات حيث يتميز بيئة نمذجة معلومات البناء بإدارة التعارضات بجميع أشكالها وحسن إدارة للتخصصات الهندسية مع بعضها البعض ، يلي هذه النتيجة قدرة نمذجة معلومات البناء على الدقة في إنهاء الكميات بنسبة (18.23%) وأيضاً هذه النتيجة متوافقة مع التوقعات حيث يتميز بيئة نمذجة معلومات البناء بتخريج آلي ودقيق ومترابط لكافة العناصر المنمذجة ضمن حقوله فلا مجال ولو حتى صغير لأي سهو أو عدم تطابق بين العناصر المنمذجة والجداول الكميات والوثائق الناتجة عنها ، أمّا ما يخص قابلية التشييد والتصميم الغير منطقي والحاجة الى التصميم البديل فكان لـ BIM دور متواضع ولا بأس به (3%-2%-2%)

من خلال قدرة بيئة نمذجة معلومات البناء على محاكاة البناء وأدواتها التي تمكنا من التصور المرئي لنموذج البناء قبل التنفيذ جمعت النتائج السابقة وفقاً لمؤشر احتمالية اكتشاف الخطأ قبل حدوثه يبينها الجدول (3)، فكانت النسبة الأكبر 38.67% هي لـ احتمالية اكتشاف الخطأ (25% وما دون) أي حاجتنا الى تقنية نمذجة معلومات البناء في كشف هذه الأخطاء كبيرة وتفوق(75 %) وهذه النسبة جداً منطقية ، كما جمعت النتائج وفقاً لمؤشر التأثير على الجدولة فكانت كالتالي ما بين لا تأثير الى التأثير البسيط فالملحوظ فالخطير

(55.62% - 27.07% - 9.76% - 7.55%)

جمعت النتائج كما يبينها الجدول (4) وفقاً لمؤشر احتمالية اكتشاف الخطأ قبل حدوثه بدون استخدام BIM وذلك لكل مجموعة من مجموعات الأخطاء على حده فكان لمجموعة الأخطاء من نوع (نقص المعلومات -السهو) النسبة (72.73%) للقيمة (75%وما فوق) لمؤشر احتمالية اكتشاف الخطأ قبل حدوثه بدون استخدام BIM أي حاجتنا لتقنية نمذجة معلومات البناء في كشف هذه الأخطاء ضعيفة حوالي (25 % وما دون) وهذه النسبة منطقية حيث لنقص المعلومات -السهو تقنيات كثيرة لاكتشافها ويمكنا بالانتباه البشري وبالتدقيق الجيد تلافي الجزء الأكبر منها ، أما ما يخص مجموعة الأخطاء من النوع (التعارضات بين الاختصاصات الهندسية) النسبة 56.45% للقيمة(25% وما دون) لمؤشر احتمالية اكتشاف الخطأ قبل حدوثه بدون استخدام BIM أي حاجتنا لتقنية نمذجة معلومات البناء في هذا التحسين ملحة حوالي(75 % وما فوق)، وهذه النسبة منطقية حيث التعارضات بين الاختصاصات الهندسية مشكلة معقدة ولا يمكن للتقنيات البسيطة والتدقيق البشري تلافيها وخاصة كل ما كان البناء معقد ومتعدد الاختصاصات الهندسية ، أما ما يخص لمجموعة التحسين (دقة انهاء الكميات) النسبة(31.11%) للقيمة ([25%to 75%] أي حوالي 50%) لمؤشر احتمالية اكتشاف الخطأ قبل حدوثه بدون استخدام BIM أي حاجتنا لتقنية نمذجة معلومات البناء في هذا التحسين ضرورية حوالي 50% وهذه النسبة تدل على أن انهاء الكميات ودقتها وتطابقها مع المخططات يعد مخرجاً لدقة المخططات والرسومات ويمكن للتدقيق والخبرة الهندسية في مجال العمل تخفيف الأخطاء من هذا النوع .

2-5 نوع الأخطاء المكتشفة من قبل BIM قبل التنفيذ والأشد أثرا على أداء المشروع:

قام فريق خبراء المشروع (project expert team)بتقييم الأخطاء التي يمكن لـ BIM اكتشافها، من حيث تأثيرها على الكلفة فمن أصل(543) خطأ مكتشف كان لـ 255 فقط منهم تأثير مباشر على الكلفة.

قُدرت الكلف الناتجة عن الـ 255 خطأ وفقاً لكل بند على حده واعتماداً على الكشف التقديري لبنود المشروع المحدد ضمنه واحدة القياس والسعر الإفرادي. جُمعت البيانات وحُللت كما في الجدول (5) وكان لـ مجموعة (الحاجة الى التصميم البديل بنسبة 32.16%) و (دقة انهاء الكميات بنسبة 23.33%) الكلف الأكبر التي يمكن تجنبها في حال تم استخدام BIM في التصميم وكذلك جمعت البيانات وفقاً لمؤشر احتمالية اكتشاف الخطأ قبل حدوثه بدون استخدام BIM وكانت الكلف الأكبر 53.35% للقيمة (25% وما دون) أي يعني بأن الأخطاء التي من الصعب اكتشافها بدون BIM هي ذات الكلف الأكبر التي يمكن تجنبها باستخدام BIM في التصميم

جُمعت مجموعات الأخطاء التي ليس لها أثر على الكلفة الجدول (6) والتي بلغ عددها(288 خطأ)، ثم حللت النتائج وفقاً لتجميعها من حيث مؤشر نوع الأخطاء فكان لنوع التعارضات بين الاختصاصات الهندسية 73 88%.يليها نقص المعلومات -الغموض والتناقض بنسبة(77.78%)

ثم حللت النتائج وفقاً لتجميعها من حيث مؤشر احتمالية اكتشاف الخطأ قبل حدوثه بدون استخدام BIMفكان قيمة (من

25–75 % أي حوالي 50%) النسبة ،60.12% أي حاجتنا الى BIM تفوق 50%

عرف البحث متغيران:

المتغير X :يدل على الخطأ المكتشف باستخدام BIM و تدل قيمته "خطأ في التصميم يؤثر على الكلفة ويؤثر على الجدولة الزمنية للمشروع في حال لم يتم اكتشافه من قبل BIM

المتغير Y يدل على الخطأ المكتشف باستخدام BIM و تدل قيمته "خطأ تصميمي لا يؤثر على الكلفة ولا يؤثر على الجدولة الزمنية للمشروع في حال لم يتم اكتشافه من قبل BIM جُمعت النتائج وحللت وكان لدينا 125 خطأ في التصميم من نوع المتغير X يعود معظمهم الى نوع التعارضات بين الاختصاصات الهندسية ودقة انهاء الكميات و91 خطأ من نوع المتغير Yمعظمهم من نوع نقص المعلومات –السهو والغموض والتناقض يبينها الجدول (7)

الجدول(1)–مؤشر القياس –التأثير على الجدولة

خفيف	خطير	حاد وقاسٍ
يؤثر بشكل بسيط	يؤثر بشكل ملحوظ	يؤثر بشكل خطير
2 or 3 or 3 days	1or 2 weeks	Half or 1 month

الجدول(2)–توزع مجموعات الأخطاء المكتشفة باستخدام BIM وفقاً لنوع العمل

مجموعة أخطاء التصميم المكتشفة باستخدام BIM	نوع العمل	العدد	% من الكلي	% of grand total
نقص المعلومات -السهو	إنشائي	33	34.74 %	17.50 %
	معماري	33	34.74%	
	ميكانيك	7	7.37%	
	كهرباء	13	13.68%	
	أنظمة الصرف الصحي والموقع العام	9	9.47%	
		95	100%	11.60%
نقص المعلومات -التناقض والغموض	إنشائي	43	68.25%	
	معماري	15	23.81%	
	ميكانيك	2	3.17%	
	كهرباء	3	4.77%	
		63	100%	18.23 %
دقة انهاء الكميات	إنشائي	8	8.08%	
	معماري	50	50.51%	
	ميكانيك	12	12.12%	
	كهرباء	14	14.14%	
	أنظمة الصرف الصحي والموقع العام	15	15.15%	
		99	100%	45.12%
التعارضات بين الاختصاصات الهندسية	في الإنشائي	46	18.78%	
	في المعماري	40	16.33%	
	في الميكانيك	25	10.20%	
	ما بين الإنشائي والمعماري	75	30.61%	
	ما بين الإنشائي وأنظمة الميكانيك	26	10.61%	
	ما بين المعماري وأنظمة الميكانيك	33	13.47%	
		245	100%	3%
قابلية التشييد		18	18%	2%
التصميم الغير منطقي		12	12%	2%
الحاجة الى التصميم البديل		11	11%	
الكلي		543		100%

الجدول (3) تجميع مجموعات الأخطاء المكتشفة باستخدام BIM وفقاً لمؤشر القياس احتمالية اكتشاف الخطأ قبل حدوثه ومؤشر التأثير على الجدول

مؤشر القياس	التصنيف	عدد الأخطاء	النسبة المئوية
احتمالية اكتشاف الخطأ قبل حدوثه	25% وما دون	210	38.67%
	حوالي 50% [25%to 75%]	173	31.86%
	75 % وما فوق	160	29.47%
	الكلي	543	100%
تأثيره على الزمن	لا تأثير	302	55.62%
	تؤثر بشكل بسيط	147	27.07%
	تؤثر بشكل ملحوظ	53	9.76%
	تؤثر بشكل خطير	41	7.55%
	الكلي	543	100%

الجدول (4) –تجميع مجموعات الأخطاء المكتشفة باستخدام BIMوفقاً لمؤشر القياس احتمالية اكتشاف الخطأ قبل حدوثه ومؤشر التأثير على الجدولة

%من الكلي	عدد الأخطاء	احتمالية اكتشاف الخطأ قبل حدوثه	المحتوى
14.14%	14	25% وما دون	نقص المعلومات -السهو
13.13%	13	[25%to 75%] حوالي 50% --	
72.73%	72	75% وما فوق	
100.00%	99		الكلي
18.46%	12	25% وما دون	نقص المعلومات-التناقض والغموض
53.85%	35	[25%to 75%] حوالي 50% --	
27.69%	18	75% وما فوق	
100.00%	65		الكلي
20.00%	18	25% وما دون	دقة انهاء الكميات
31.11%	28	[25%to 75%] حوالي 50% --	
48.89%	44	75% وما فوق	
100.00%	90		الكلي
56.45%	140	25% وما دون	التعارضات بين الاختصاصات الهندسية
36.29%	90	[25%to 75%] حوالي 50% --	
7.26%	18	75% وما فوق	
100.00%	248		الكلي
100.00%	18	25% وما دون	قابلية التشييد
0%	0	[25%to 75%] حوالي 50% --	
0%	0	75% وما فوق	
100%	18		الكلي
16.67%	2	25% وما دون	التصميم الغير منطقي
83.33%	10	[25%to 75%] حوالي 50% --	
0%	0	75% وما فوق	
100%	12		الكلي
90.91%	10	25% وما دون	الحاجة الى التصميم البديل
9.09%	1	[25%to 75%] حوالي 50% --	
0%	0	75% وما فوق	
100%	11		الكلي
	543		

الجدول(5) توزع مجموعات الأخطاء المكتشفة باستخدام BIM وفقاً لمؤشر القياس احتمالية اكتشاف الخطأ قبل حدوثه

كلفة الخطأ الواحد بالليرة السورية	%من إجمالي الكلفة	قيمة الكلفة المقدّرة ليرة سورية لعام 2004	عدد الأخطاء	التصنيف	المحتوى
216373	25%	11900530	55	نقص المعلومات - السهو	نوع مجموعات الأخطاء
248343	7.26%	3476805	14	نقص المعلومات - الغموض والتناقض	
115852	23.33 %	11121811	96	دقة انهاء الكميات	
22241	2.99%	1423410	64	التعارضات بين الاختصاصات الهندسية	
592267	7.45%	3553600	6	قابلية التشييد	
78250	1.81%	860750	11	التصميم الغير منطقي	
1702945	32.16 %	15326500	9	الحاجة التصميم البديل	
186915	100%	47663406	255	total	
264908	53.35 %	25431155	96		احتمالية اكتشاف الخطأ قبل حدوثه
98912	14.32 %	6824956	69	25% وما دون	
171192	32.33 %	15407295	90	[25%to 75%] حوالي 50% --	
186915	100%	47663406	255	75% وما فوق	
165501	43.40 %	20687605	125	لا تأثير	التأثير على الزمن
105090	15.22 %	7251176	69	تؤثر بشكل بسيط	
430488	34.32 %	16358525	38	تؤثر بشكل ملحوظ	
146352	7.06%	3366100	23	تؤثر بشكل خطير	
186915	100%	47663406	255	total	

الجدول(6)-تحليلات الأحطاء التي ليس لها أثر على الكلفة

			عدد الأخطاء التي لا تؤثر على كلفة المشروع B	B/A%	B/∑B	التصنيف	المحتوى
		العدد الكلي لأخطاء التصميم A					
						مجموعات الأخطاء المكتشفة باستخدام BIM	
13.89%	42.11%	95	40	نقص المعلومات -السهوات			
17.00%	77.78%	63	49	نقص المعلومات -الغموض والتناقض			
1.04%	3.03%	99	3	دقة انهاء الكميات			
62.85 %	73.88%	245	181	التعارضات بين الاختصاصات الهندسية			
4.17%	6667%	18	12	قابلية التشييد			
0.35%	8.33%	12	1	التصميم الغير منطقي			
0.70%	1818%	11	2	الحاجة الى التصميم البديل			
100%	53.04%	543	288	الكلي			
39.58 %	54.29%	210	114	25% وما دون	احتمالية اكتشاف الخطأ قبل حدوثه		
36.11%	60.12%	173	104	[25%to 75%] حوالي 50% --			
24.31%	43.75%	160	70	75% وما فوق			
100%	53.04%	543	288	الكلي			
61.46%	58.61%	302	177	لا تأثير	تأثيره على الزمن		
27.08%	53.06%	147	78	تؤثر بشكل بسيط			
5.21%	28.30%	53	15	تؤثر بشكل ملحوظ			
6.25%	43.90%	41	18	تؤثر بشكل خطير			
100%	53.04 %	543	288	الكلي			

الجدول(7)–قيم المتغيران X ,Y وفقاً لمجموعات الأخطاء

% الكلي	مجموعة الأخطاء	قيمة المتغير Y	%الكلي	مجموعة الأخطاء	قيمة المتغير X
	نقص المعلومات -السهوات			نقص المعلومات -السهوات	
33%	30			15	
			12%		
	نقص المعلومات -الغموض والتناقض			نقص المعلومات -الغموض والتناقض	
33%	30	خطأ في التصميم لا يؤثر على الكلفة ولا يؤثر على الجدولة الزمنية للمشروع في حال لم يتم اكتشافه من قبل BIM	9.60%	12	خطأ في التصميم يؤثر على الكلفة ويؤثر على الجدولة الزمنية للمشروع في حال لم يتم اكتشافه من قبل BIM
	دقة انهاء الكميات			دقة انهاء الكميات	
3.30 %	3		29.60 %	37	
	التعارضات			التعارضات	
2960 %	27		32.80 %	41	
	قابلية التشييد			قابلية التشييد	
0	0		7.20%	9	
	التصميم الغير منطقي			التصميم الغير منطقي	
0	0		4%	5	
	الحاجة الى التصميم البديل			الحاجة الى التصميم البديل	
1.10 %	1		4.80%	6	
	91			125	

6- الاستنتاجات والتوصيات:

6-1 الاستنتاجات:

بيّن البحث مجموعات الأخطاء التي يمكن تجنبها باستخدام تقنية نمذجة معلومات البناء قبل التنفيذ في مشاريع التشييد في سوريا كما بين بطريقة تحليلية طريقة قياس أثر هذه الأخطاء على تنفيذ المشروع.

وتلخصت الدراسة إلى ما يلي: إنّ مجموعات الأخطاء التي يمكن تجاوزها قبل تنفيذ المشروع باستخدام تقنية نمذجة معلومات البناء

نقص المعلومات (السهو)

نقص المعلومات (الغموض والتناقض)

التعارضات بين الاختصاصات الهندسية المختلفة

دقة إنهاء الكميات

قابلية التشييد

الحاجة الى التصميم البديل

التصميم الغير منطقي

إنّ الأخطاء من نوع التعارضات بين الاختصاصات الهندسية ودقة انهاء الكميات هي من أشد الأخطاء التي تؤثر سلباً على تنفيذ المشروع (تؤدي الى تجاوزات في الكلف وتأخيرات في الزمن)

إن الأخطاء من نوع نقص المعلومات (السهو والغموض والتناقض) هي من أقل الأخطاء أثراً على تنفيذ المشروع (معظمها لا يؤدي الى تجاوزات في الكلف وتأخيرات في الزمن)

6-2 التوصيات:

من خلال الدراسة النظرية والمرجعية لموضوع البحث في تحديد الأخطاء التي يمكن لنمذجة معلومات البناء تجاوزها قبل التنفيذ وقياس أثر هذه الأخطاء وتحديد مدى أثرها على تنفيذ المشروع وانطلاقاً من النتائج التي توصل إليها البحث:

نقترح ما يلي:

ضرورة تبني تقنية نمذجة معلومات في تصميم المشاريع الهندسية التي تؤمن بيئة عمل تفاعلية وتشاركية ما بين"(المصمم والمالك والمقاول) وتحقق التكامل بين الاختصاصات الهندسية المختلفة ومنهجية متكاملة للتصميم والتنفيذ.

ضرورة إصدار تشريعات حكومية تدعم اعتماد تقنية نمذجة معلومات البناء كمنهجية حديثة للتصميم ومتابعة التنفيذ.

ضرورة إصدار تعاميم وتشريعات تصدر عن نقابة المهندسين السوريين تؤكد على العمل وفق تقنية نمذجة معلومات البناء كتقنية تشييد حديثة متكاملة وتشكيل فرق عمل خبيرة وطنية لوضع أسس للكود السوري لتطبيق تقنية نمذجة معلومات البناء في مشاريع التشييد السورية.

إجراء دراسات بحثية والبحث بالاستراتيجية الأمثل لتطبيق أنظمة BIM بما يتوافق مع الأنظمة والتشريعات والقوانين المعتمدة. وبتسلسل عمل يضمن الاستخدام الأمثل لتلك الأنظمة خلال دورة حياة المشروع.

إجراء دراسات بحثية في حساب العائد من الاستثمار ROI من تطبيق BIM ويتم ذلك من خلال حساب كلفة الاستثمار في تلك الأنظمة من خلال كلف المعدات والبرمجيات ومن ثم حساب الووفورات الناجمة عن تطبيق أنظمة BIM من خلال توفير الزمن والكلفة وتحسين المشروع ككل.

التمويل: هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق رقم التمويل (501100020595).

References:

1. ALhattab M ,Hamzeh F.(2015).Using social network theory and simulation to compare traditional versus BIM-lean practice for design error management . Automation in construction, : 59-69

2 - Abubakar M,Ibrahim M .(2014).Contractors perception of the Factors affecting building information modeling (BIM)adoption in the Nigerian construction industry .computing in civil and building engineering . :167-178

3- Barber, P., Sheath, D., Tomkins, C., and Graves, A. (2000). The cost of quality failures in major civil engineering projects. Int. J. Qual. Reliab. Manage., 17(5): 479–492

4- Bim forum, September 2018, AGC (the associated general contractors of America)

5- Bryde D , Broquetas M.(2013). The project benefits of building information modeling (BIM). International journal of project management, : 1-10

6- Caroline T.W.Chan.(2014) .Barriers of implementation BM in construction industry from the designers perspective :A Hong Kong experience. Journal of system and management sciences , : 24-40

7- D.Harris, David.A.(2007). National Building Information Modeling Standard , National Institute of Building Sciences, USA.

8- Egyption code for building information management, June, 2018

9- Eastman, C., P. Teicholz,. (2011). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. Hoboken, New Jersey, Wiley.

10- Garber R .(2014).BIM design :realizing the creative potential of building information modeling .john willy .1 st ed .

11- Graph iSOFT and open BIM http://www.graphisoft.com/archicad/open_bim/about_bim/

12- Ham N.,Moon S.,Kim J.(2018).Economic analysis of design errors in BIM -based High -Rise construction projects: case study of Haeundae L project ,j.constr.Eng.Manage

13- Kaner, I., Sacks, R., Kassian, W., and Quitt, T. (2008). Case studies of BIM adoption for precast concrete design by mid-sized structural engineering firms. J. Inf. Technol. Constr., 13: 303–323

14- Kim S,Chin S,Han j.,. (2017) .Measurement of construction BIM value based on a case study of a large -scale building project ,j.manage.Eng

15- Latiffi A , Mohad S, Kasim M.(2013).building information modeling (BIM) application in Malaysian construction industry. International journal of construction engineering and management, : 1-6

16- Lee G.,Park H.,Won J. (2013).D3 city project -economic impact of BIM -assisted design validation ,Automation in construction , :577-586

17- .Love, P. E. D., Irani, Z., and Edwards, D. (2003). "Learning to reduce rework in projects: analysis of firms learning and quality practices." Proj. Manag. J., 34(3): 13–25.

18- Love, P. E. D., Edwards, D. J., Smith, J., and Walker, D. H. T. (2009). "Divergence or congruence? A path model of rework for building and civil engineering projects." J. Perform. Constr. Facil., : 480–488.

19- Lopez, R., and Love, P. E. D. (2012). "Design error costs in construction projects." J. Constr. Eng. Manage., :, 585–593

20- Memon A,Rahmman I. (2014).BIM in Malaysian construction industry :status ,advantages, barriers and strategies to enhance the implementation level .Engineering and technology , :606-614

21- National BIM standard united states, national institute of building science, building smart alliance, July 2015 www.nibs.org

22- Peansupap V.,Ly R (2015). Evaluating the impact level of design errors in structural and other building components in building construction projects in Cambodia ,procedia Engineering ,:370-378

23- Peter D , David j.(2011).“Design error reduction :toward the effective utilization of building information modeling” .RES Eng. Design.

24- Sacks R, Eastman C, Lee G, Teicholz P.(2018).BIM HANDBOOK”a guide to building information modeling for owners, designers , engineers ,contractors , and facility manager”, Newjersy ,willey. 3rd edition

25- Sacks, R., Eastman, C. M., and Lee, G. (2003). “Process improvements in precast concrete construction using top-down parametric 3-D computermodeling.” PCI J., 48(3): 46–55

26- Sunday o.,Clinton O.,Aigbavboa. (2017),impact od design errors on variation costs of selected building projects in Nigeria , procedia Engineering ,:847-856

27- Ullah K, Witt E. (2019).AN overview of BIM Adoption in the construction industry: benefits and barriers .Emerland reach proceedings series ,: 297-303

28-Won J., Cheng j.,Lee G.(2016).Quantification of construction waste prevented by BIM-based design validation: case studies in south Korea ,waste management ,:1-10