مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (36) العدد (4) 2014
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (36) No. (4) 2014

مقارنة استخدام نظام نمذجة معلومات البناء بأنظمة الكاد التقليدية في مرحلة التصميم

الدكتور جمال عمران*
جورج حداد**

(تاريخ الإيداع 19 / 5 / 2014. قُبِل للنشر في 6/ 7 / 2014)

□ ملخّص □

تعتبر مرحلة التصميم من أكثر مراحل صناعة التشييد المحلية تأثيراً على تدني مستوى الأداء، كوجود التناقضات بين وثائق التصميم، وضخامة عدد ومستوى التعديلات مع ما يرافقها من صعوبة في المراحل المتقدمة من التصميم، والتأخر في التسليم، وفي بعض الأحيان الفشل في التوصل لأهداف المشروع.

يشكل نظام نمذجة معلومات البناء BIMواحدة من الوسائل الفعالة والتي تمتلك العديد من المزايا التي يمكنها أن تساهم في حل هذه المشاكل. ويهدف البحث إلى إظهار فعالية إدخال هذا النظام في مرحلة التصميم، وذلك بمقارنته مع أنظمة CAD التقليدية.

في سياق هذا البحث تم إجراء دراسة لحالات متعددة لمشاريع فعلية تنتمي إلى فئة الأبنية السكنية في مرحلة التصميم للاختصاص المعماري. وقد دلت النتائج التي تم التوصل إليها بأن إدخال نمذجة معلومات البناء BIM في مرحلة التصميم للاختصاص المعماري يمكن له تخفيض الوقت اللازم لإنتاج الوثائق التصميمية بنسبة تصل إلى 75%.

تخدم هذه الدراسة كافة الشركات والمؤسسات التصميمية الهندسية في الاختصاص المعماري، وتشجع صناع قرارها كي يشرعوا في استخدام BIM. وتبقى الحاجة موجودة لإجراء مزيد من الدراسات على أنواع أخرى من المباني ولاختصاصات أخرى مثل الإنشائي والصحي والميكانيكي والكهربائي.

الكلمات المفتاحية: نمذجة معلومات البناء؛أنظمة كاد التقليدية؛ مرحلة التصميم؛أبنية سكنية؛ عمارة

*أستاذ مساعد – قسم هندسة وإدارة التشييد – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية –سورية.
**طالب دراسات عليا (ماجستير) – قسم هندسة وإدارة التشييد – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية –سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (36) العدد (4) 2014
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (36) No. (4) 2014

Comparing Building Information Modeling (BIM) System With Traditional CAD System in Design Phase

Dr. Jamal Omran[*]
George Haddad[**]

(Received 19 / 5 / 2014. Accepted 6 / 7 / 2014)

□ ABSTRACT □

Design phase is one of the phases that can largely affects the lowering of performance level, i.e. conflicts in design documents, numerous modifications to be performed and the difficulty that causeatlate stages of the design process, and consequently delay in delivery and sometimes fail to reach the project objectives.

Building Information Modeling (BIM) system is one of the effective methodologies that offers many privileges that could take part in solving these problems. The purpose of this study is revealing the influence of implementing BIM in design phase, by comparing it with traditional CAD-based systems.

Case studies have been conducted for projects of residential buildings during design phase in architectural part. Findings indicate that implementing BIM in design phase for architectural discipline have shortened the time needed for producing design documents by 75%.

This study could be utilized by any company working in the architectural design field, and encourages decision makers to start using BIM. Furthermore, there still is a need foran extensive studies to imply other kinds of buildings and more disciplines ofAEC industry.

Keywords: Building Information Modeling; Traditional CAD systems; Residential buildings, Design phase; Architecture

[*]**Associate Professor, Department of Construction Management, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

[**]**Postgraduate student, Department of Construction Management, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

مقدمة:

يُعَد التصور في مجالات عديدة أداة فعالة لتحسين وفهم العلاقات والنظم المعقدة. وهذا يصح خصوصاً فيما يتعلق بفهم العلاقات الفراغية المعقدة، كهياكل ونظم المباني [1].ويعتبر البعض التصورَ الخاطئ لمعلومات المشروع المشكلةَ الأكبر في تخطيط وتشييد مشاريع الأبنية ("الشيطان يكمن في التفاصيل"). فأي مشروع هندسي إن لم يتم تصوره، فهمه، وتوصيله بشكل تام، فلا يمكن أن يتم تقديمه بشكل صحيح في الوثائق العقدية، وذلك يتسبب بالمشاكل والخلافات خلال مرحلة التشييد[2].

وكان الجنس البشري عبر تاريخه المسجل قد قدم أشكالاً عديدة من نماذج المحاكاة للبناء عكست حاجته المتزايدة إلى فهم أكبر لطبيعة المبنى المزمع إقامته قبل المباشرة بعملية التشييد. فنماذج المشاريع الخشبية التي صنعت في القرن الخامس عشر في عصر النهضة كانت إحدى نماذج المحاكاة، تماماً كما هو حال المخططات والرسومات البيانية والمواصفات التي استخدمت طوال قرون –وما تزال– كتوجيهات لعملية البناء.على أن المعلومات المحتواةفي أي من تلك الأمثلة محدودة ومجزأة، بمعنى أنها منفصلة عن أجزاء أخرى من المعلومات[2]. وإلى اليوم ما تزال عملية تسليم المنشأ مجزأة، وتعتمد على أنماط ورقية من الاتصالات. الأخطاء والنواقص في المستندات الورقية تتسبب عادة في نفقات حقلية غير متوقعة، تأخيرات، وفي النهاية مخاصمات قضائية بين مختلف أطراف المشروع [3].

تُعَد "نمذجة معلومات البناء" "Building Information Modeling (BIM)"إحدى التقنيات الواعدة التي تقدم العديد من الحلول للمشاكل المذكورة آنفاً والتي تترافق والطبيعة الخاصة لصناعة التشييد.إنها نموذج إجرائي تقني ظهر في صناعة "العمارة والهندسة والتشييد" "Architecture, Engineering and Construction (AEC)"بعد الرسم التمهيدي الورقي و"التصميم بمعونة الحاسب (كاد)"[4]"Computer–Aided Design (CAD)". فبينما تطور CAD من ثنائي البعد إلى ثلاثي، رباعي، وحتى خماسي البعد، غير متضمن الهندسة ثلاثية الأبعاد فحسب بل والزمن كبعد رابع والكلفة كبعد خامس [5]؛ نجد أن BIM تتضمن كل ذلك إضافة إلى مزيد من المعلومات المحددة عن العناصر المختلفة المرتبطة بالمبنى، كأنواع الجدران، الفراغات، وحدات معالجة الهواء، المعلومات الجغرافية المكانية، ومناطق التدوير [6].

تحاكي نمذجة معلومات البناء مشروع التشييد في بيئة افتراضية. يقضي البناء الافتراضي بإمكانية القيام بالتشييد، الاختبار، وإجراء تعديلات على المشروع قبل أن يصبح حقيقياً. حيث لا يكون للأخطاء الافتراضية عموماً تبعات جدية شرط تحديدها وعنونتها مبكراً بشكل كافٍ لتجنبها عند العمل ميدانياً. إن استخدام المحاكاة الحاسوبية في حقل تشييد الأبنية يُعَد ثورياً. لقد طبقت العديد من الصناعات الآلية تقنيات المحاكاة بنجاح كبير لعقود. وقد قام العديد من شركات التشييد بتطبيق تقنيات مشابهة على مشاريعهم، على الرغم من كون النقاد يدّعون أن المحاكاة مفيدة للعمليات الإنتاجية التكرارية فحسب، أما البناء ففريد بطبيعته. لكن، إن توافرت فرصة واحدة فقط لإنجاز شيء ما بشكل صحيح، فسيكون من الأجدى التحضير جيداً لتلك الفرصة افتراضياً، وبالتالي تقليل الأخطار الكامنة، وزيادة حظوظ النجاح والفعالية[2].

إن تقنية نمذجة معلومات البناء BIM تنقل نموذج صناعة التشييد من نظم المعلومات الرسومية ثنائية الأبعاد إلى نظم المعلومات الكائنية ثلاثية أبعاد[7]. فهي تغير التوثيق الأساس المستخدم في التشييد من واحد مقروء فقط من قبل البشر إلى تمثيل جديد مقروء من قبل الآلة. النظم البارامترية ثلاثية الأبعاد تُسهّل تشييد بناء رقمي افتراضي يحوي وصفاً جيومترياً غير مبهم للمبنى [8]. كون النموذج وحيد المصدر يعني أن كل المخططات المولَّدة منه مضمونة في

كونها متطابقة. استخلاص تقارير الكميات، تقدير الكلفة، والجدولة يمكن أتمتتها بدقة فائقة [3]. وبذلك أمكن التغلب على عائق المعلومات المجزأة الذي كان يعترض عملية تبادل هذه المعلومات في نظم CAD التقليدية [9].

يشكّل النموذج الافتراضي للمبنى قاعدة البيانات التي يخزن فيها المستخدم كافة البارامترات المتعلقة بكل مكون. وكنتيجة لذلك ينصب اهتمام المصمم على الحلول التصميمية، وليس المخططات التقنية التي يتم استخلاصها تلقائياً بواسطة الحاسب [10]. هذه الحلول التصميمية يتم تحديدها في مرحلة التصميم،وهي المرحلة التي يتم فيها تعريف متطلبات الزبون، وتحديد سمات التشييد ومقاييس الجودة من خلال الإجراءات، المخططات، والمواصفات الفنية [11]. لذلك فالتصميم هو النشاط الذي يتم فيه تعريف أكبر جزء من المعلومات حول المشروع[3].

تُقدم نمذجة معلومات البناء العديد من الفوائد لدى استخدامها في مرحلة التصميم، نذكر منها[13 ;12]:

- توليد مخططات لأية مجموعة من الكائنات وفي أي وقت في المشروع بشكل مباشر من النموذج، مما يعني تقليل كبير في الوقت اللازم لتوليد المخططات يدوياً.
- حساب الكميات وتقدير الكلفة سيكون أسرع وأسهل وأدق.
- تغييرات التصميم المقترحة والمنفذة في النموذج سيكون لها أثرها على كل الأجزاء الأخرى للمبنى.
- الفهم الكامل والمتكامل للكائنات المنمذجة.

تعريف نمذجة معلومات البناء

يقدم المعهد القومي لعلوم البناء National Institute of Building Sciences(NIBS) في الولايات المتحدة الأمريكية التعريف التالي لنمذجة معلومات البناء BIM:

"نمذجة معلومات البناء Building Information Modeling (BIM) هي تمثيل رقمي للصفات الفيزيائية والوظيفية للمنشأ. وهي بذلك تخدم كمصدر معرفي مشترك للمعلومات حول المنشأ مشكّلة أساساً موثوقاً للقرارات خلال دورة حياته من البداية فصاعداً." [14]

أما الاتحاد العام للمقاولين في الولايات المتحدة الأمريكية Associated General Contractors of America(AGC) فيقدم التعريف التالي:

"نمذجة معلومات البناء Building Information Modeling (BIM) هي تطوير واستخدام نموذج برمجي حاسوبي لمحاكاة تشييد وتشغيل المنشأ. أما النموذج الناتج، وهو نموذج معلومات البناء Building Information Model، فهو تمثيل رقمي للمنشأ غني المعلومات، غرضي التوجه، ذكي، وبارامتري، يمكن من خلاله استخلاص وتحليل المشاهد والبيانات المناسبة لمختلف احتياجات المستخدمين، لتوليد معلومات يمكن استعمالها لاتخاذ القرارات وتحسين عملية تسليم المنشأ." [15]

أهمية البحث وأهدافه:

من الملاحظ أن صناعة التشييد المحلية تعاني بشكل خاص في مرحلة التصميم من سلبيات تؤثر بشكل كبير على الأداء ، نذكر منها:

- الأخطاء التصميمية.
- التضارب في المعلومات بين الوثائق الفنية المختلفة.

- إجراء العديد من التعديلات على امتداد عملية التصميم، وصعوبة إجراء تلك التعديلات خاصة في المراحل المتقدمة من هذه العملية.
- نقص أو إنعدام التنسيق بين مختلف الاختصاصات العاملة في المشروع.
- التأخر في التسليم.
- تجاهل تسلسل مراحل التشييد ،وإختلاط هذه المراحل ببعضها

يقدم نظام نمذجة معلومات البناء BIM العديد من المزايا التي يمكنها أن تساهم في حل نسبة كبيرة من هذه المشاكل. وعلى اعتبارأن اعتماد تقنية BIM يزداد بوتيرة سريعة في أنحاء العالم[17 ;16]، كان من الضرورة بمكان البحث عن الكيفية التي يمكن أن يتم بموجبها إدخال هذه التقنية إلى صناعة التشييد المحلية.

لذلك كان من الواجب إجراء قياس دقيق ذو مصداقية علمية لفعالية اعتماد نظام BIM في مرحلة التصميم، للوقوف على مدى مساهمة هذا النظام في تطوير عملية التصميم لصناعة التشييد المحلية.

يهدف البحث إلى إظهار فعالية إدخال تقنية جديدة في مرحلة التصميم هي نظام نمذجة معلومات البناء BIM، وذلك بإجراء مقارنة مع الأساليب المعتمِدة على أنظمة CAD التقليدية، لاختبار مدى مساهمة نظام BIM في حل الإشكالات العديدة التي تعتري عملية التصميم، والخروج بنتيجة من شأنها أن تشكّل موجهاً للارتقاء بعملية التصميم لصناعة التشييد المحلية إلى آفاق جديدة.

طرائق البحث ومواده:

تمت دراسة حالات متعددة لمشاريع فعلية في مرحلة التصميم، وذلك باستخدام أنظمة CAD التقليدية ونظام BIM. حيث تم تحديد مؤشرات من شأنها أن تشكل قياسات كمية للأعمال الناتجة عن عملية التصميم،واعتُمِدت هذه المؤشرات كأساس لعملية المقارنة بين نظام CAD التقليدي ونظام BIM.

لقد تم جمع البيانات بانتقاء عينات من المشاريع تنتمي إلى فئة الأبنية السكنية، وعددها عشر عينات، نصفها تم إنجازه باستخدام CAD والنصف الآخر باستخدام BIM. وعلى الرغم من استحالة تطابق حالتين من المباني وفق نظامي التصميم المختلفين، إلا أنه تمت مراعاة كون كمية الجهد الإجمالية اللازمة لإخراج وثائق التصميم لكلا المجموعتين متقاربة جداً، وذلك بحسب طبيعة المباني واستناداً إلى رأي المصممين في هذا الشأن. وقد روعي أن يكون المصممين على نفس الدرجة من احترافية استخدام كلا النظامين (وهي درجة عالية من الاحترافية).

أما المشاريع التي تمت دراستها فقد توزع تصميمها بين الشركة العامة للدراسات والاستشارات الفنية باللاذقية ومكاتب التصميم الخاصة وذلك في كل من محافظتي اللاذقية وطرطوس خلال العام 2013. وقد تم تسجيل كافة المؤشرات التي اعتُمِدت كأساس لعملية القياس في كل مشروع، وبناءً عليه تم إجراء تحليل لنتائج القياسات المجراة وفق طرق التحليل الحسابي وذلك بتعريف عدد من العوامل الحسابية التي أعطت صورة واضحة عن نتائج عملية القياس وفحواها.

المؤشرات المستخدمة في عملية المقارنة

إن المؤشرات الكمية في عملية القياس المقارن بين النظامين CAD و BIM سيتم اعتمادها لتغطي المخرجات الوثائقية الأساسية لعملية التصميم وهي: المخططات، الكميات، والمواصفات.وتبعاً لتأثير BIMالتقني على عملية التصميم فإن هذه المؤشرات ينبغي لها أن تغطي وظيفتي: التصور، والتعديل.

استناداً إلى المجادلة السابقة يمكن تحديد المؤشرات التي تُعتمَد كأساس لعملية المقارنة.وهي موضحة في الجدول 1)مع القياس المقارن المقابل لكل منها:

الجدول 1: مؤشرات المقارنة والقياس المقابل لها

المؤشر	القياس المقارن
إنجاز المخططات التنفيذية	زمن إنجاز المخططات التنفيذية
حساب الكميات وتقدير الكلفة	زمن حساب الكميات وتقدير الكلفة
صياغة المواصفات الفنية	زمن وضع المواصفات الفنية
التصور الأفضل والفهم الأوضح	زمن إنجاز المخططات الإيضاحية والتسويقية
إجراء التعديلات وشموليتها	زمن إجراء التعديلات

وصف الحالات المنتقاة للدراسة

تم إجراء دراسة الحالة على عشر عينات من المباني السكنية. أُنجز نصفها وفق تقنية CAD(باستخدام البرنامج AutoCAD)، والنصف الآخر وفق تقنية BIM (باستخدام البرنامج Revit). ويوضح

الجدول 2وصفاً لكل منها:

الجدول 2: وصف المشاريع المستخدمة في عملية المقارنة

اسم المشروع	المساحة الطابقية ($م^2$)	عدد الطوابق	نظام التصميم المستخدم
مشروع سكن الشباب والادخار في طرطوس	320	10	CAD
بناء سكني. رقم الرخصة 2765 / 1 طوق البلد	96	7	CAD
بناء سكني. رقم الرخصة 1002 عين البيضا	175	4	CAD
بناء سكني. رقم الرخصة 1695 عين البيضا	236	4	CAD
بناء سكني. رقم الرخصة 1373 عين البيضا	245	4	CAD
سكن الادخار في اللاذقية	560	11	BIM
بناء سكني. رقم الرخصة 77 الكنيسات	125	4	BIM
بناء سكني. رقم الرخصة 163 بخاسون	180	3	BIM
بناء سكني. رقم الرخصة 347 / 2 باب جنة	230	4	BIM
بناء سكني. رقم الرخصة 1290 سقوبين	340	5	BIM

طريقة جمع البيانات

إن الطريقة المستخدمة في جمع البيانات كانت إجراء قياسات مباشرة لأزمنة إنجاز الوثائق التصميمية من قبل مستخدمي كل من النظامين CAD و BIM. حيث تم تقسيم الوثائق التصميمية لكل من حالات الدراسة إلى مجموعة من الفئات، يتبع كل منها أحد المؤشرات المستخدمة في عملية المقارنة. ويوضح

الجدول 3مخرجات عملية التصميم وتوزعها على القياسات المقارِنة:

الجدول 3: الوثائق التصميمية وتوزعها بحسب القياسات المقارِنة

القياس المقارن	الوثائق التصميمية
زمن إنجاز المخططات التنفيذية	المساقط (أرضي – متكرر – قبو – سطح) المقاطع (مقطعان متعامدان) الواجهات (أربع واجهات) جداول التراكيز (جدولا تراكيز)
زمن حساب الكميات وتقدير الكلفة	جداول الكميات والكلفة
زمن وضع المواصفاتالفنية	المواصفات الفنية
زمن إنجاز المخططات الإيضاحية والتسويقية	المنظور الكتلي قبل الإكساء المنظور المعماري الكامل مع التصيير (Render)
زمن إجراء التعديلات	الوثائق التي تشملها التعديلات المطلوبة

لقد تم جمع الأزمنة اللازمة لإنجاز جميع الوثائق التابعة لكل قياس مقارن للحصول على الزمن الخاص بهذا القياس، وذلك لكل حالة من حالات الدراسة. بعد ذلك تم جمع الأزمنة المنتمية إلى القياس الواحد في كل حالات الدراسة المنتمية إلى نظام تصميمي واحد، لنحصل على إجمالي الأزمنة المنتمية إلى كل قياس مقارن ولجميع حالات الدراسة الخاصة بكل من نظامي التصميم CAD و BIM.

ينبغي التنويه هنا إلى الطريقة التي تم بها القياس المقارن لزمن التعديل. فنظراً لاستحالة وجود تطابق أو حتى تقارب في عملية التعديل بالنسبة للوثائق المنتَجة في كل من نظامي التصميم، تم قياس أزمنة التعديل الخاصة بوثائق النظام CAD فقط، وبالنسبة لكل عملية تعديل تم تقسيم الزمن اللازم لإنجازها على عدد الوثائق المتأثرة بالتعديل، واعتماد الزمن الناتج من عملية القسمة كزمن تقديري لإنجاز هذا التعديل باستخدام النظام BIM، ذلك لأن إنجاز عملية التعديل وفق النظام BIM يتم على وثيقة واحدة فقط من بين الوثائق المتأثرة، ليتم تحديث باقي الوثائق بشكل آلي.

النتائج والمناقشة:

اعتماداً على الطريقة المذكورة آنفاً لجمع البيانات يمكننا إجمال نتائج عملية القياس المقارن المطبقة على عينات المشاريع المدروسة في كل من نظامي التصميم CAD و BIMفيالجدول 4:

الجدول 4: إجمالي أزمنة إنجاز الوثائق التصميمية للمشاريع المدروسة (ساعة)

القياس المقارن	CAD	BIM
زمن إنجاز المخططات التنفيذية	70.38	23.01
زمن حساب الكميات وتقدير الكلفة	73.00	12.50
زمن وضع المواصفات الفنية	40.00	8.00
زمن إنجاز المخططات الإيضاحية والتسويقية	48.00	17.20
زمن إجراء التعديلات	28.10	5.20
المجموع	259.48	65.91

يتضح من الجدول 4الوفرالكبير الذي يُحدثه استخدام BIM في أزمنة إنجاز الوثائق التصميمية المختلفة للمشروع. ولإلقاء الضوء على الجوانب المختلفة لهذه النتائج سنقوم بتعريف مجموعة من العوامل الحسابية، وسنستخدم في هذا السبيل المصطلحات التالية:

CAD: زمن الإنجاز وفق CAD للقياس الواحد.

BIM: زمن الإنجاز وفق BIM للقياس الواحد.

BIM/CAD: نسبة زمن الإنجاز وفق BIMإلى زمن الإنجاز وفق CADللقياس الواحد.

BIMG: الكسب الزمني في استخدام BIM للقياس الواحد. ويعطى بالعلاقة:*BIMG = 1 – BIM/CAD* أو بالعلاقة:*BIMG = (CAD – BIM) / CAD*.

TCAD: مجموع أزمنة الإنجاز وفق CAD لجميع القياسات.

TBIM: مجموع أزمنة الإنجاز وفق BIM لجميع القياسات.

CAD/TCAD: نسبة زمن الإنجاز وفق CAD للقياس الواحد إلى مجموع أزمنة الإنجاز وفق CAD لجميع القياسات.

BIM/TCAD: نسبة زمن الإنجاز وفق BIM للقياس الواحد إلى مجموع أزمنة الإنجاز وفق CAD لجميع القياسات.

BIMPG: الكسب الزمني في استخدام BIM للقياس الواحد بالنسبة لجميع القياسات. ويعطى بالعلاقة: *BIMPG = CAD/TCAD – BIM/TCAD* أو بالعلاقة: *BIMPG = BIMG·CAD/TCAD*.

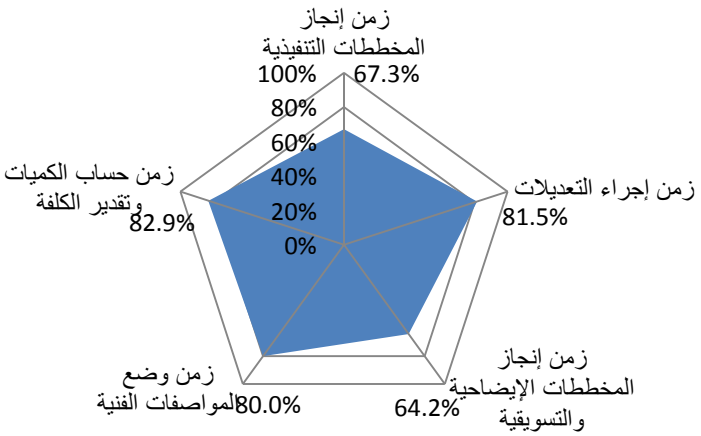
يوضح

الجدول 5القيم المقابلة لعملية تحليل البيانات وفق العوامل الحسابية المعرفة سابقاً، مع ملاحظة تغير طفيف لبعض القيم عن معادلتها الحسابية باختلاف دقة إظهار النتائج:

الجدول 5: التحليل الحسابي لأزمنةإنجاز الوثائق التصميمية للمشاريع المدروسة (ساعة)

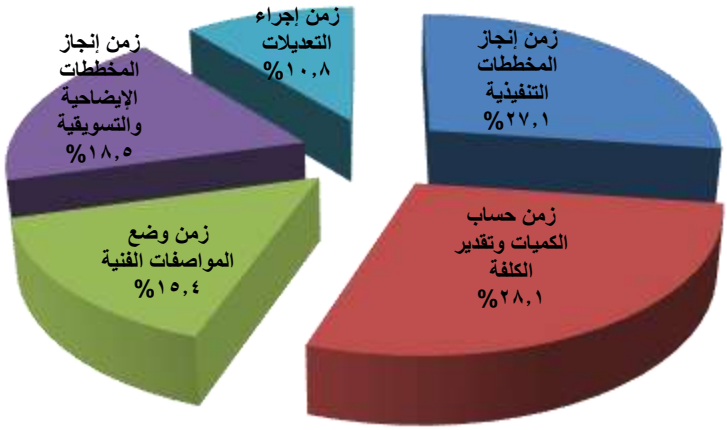
BIMPG	BIM/ TCAD	CAD/ TCAD	BIMG	BIM/ CAD	BIM	CAD	القياس المقارن
18.3%	8.9%	27.1%	67.3%	32.7%	23.01	70.38	زمن إنجاز المخططات التنفيذية
23.3%	4.8%	28.1%	82.9%	17.1%	12.50	73.00	زمن حساب الكميات وتقدير الكلفة
12.3%	3.1%	15.4%	80.0%	20.0%	8.00	40.00	زمن وضع المواصفات الفنية
11.9%	6.6%	18.5%	64.2%	35.8%	17.20	48.00	زمن إنجاز المخططات الإيضاحية والتسويقية
8.8%	2.0%	10.8%	81.5%	18.5%	5.20	28.10	زمن إجراء التعديلات
75%	25%	100%			65.91	259.48	المجموع

تعطي عملية التحليل الحسابي للبيانات الخاصة بأزمنة إنجاز الوثائق التصميمية فكرة وافية عن مدى مساهمة النظام BIM في تقليص الوقت اللازم لإنتاج هذه الوثائق. وسنقوم فيما يلي بإبراز الصورة التي تم فيها ذلك، بإخراج مجموعة من المخططات التوضيحية تبين مدى المساهمة التي قدمها كل عنصر من القياسات المقارنة.



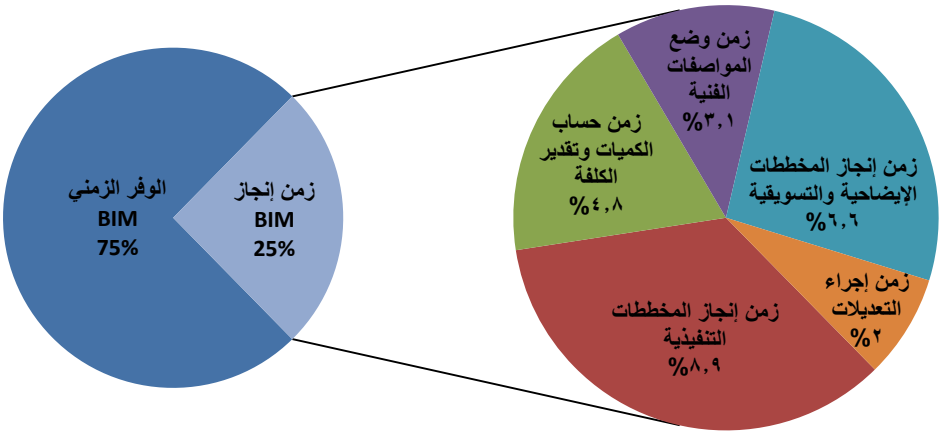
الشكل 1: الكسب الزمني في استخدام BIM لكل قياس

إن الكسب الزمني الأكبر في استخدام BIMكان في زمن حساب الكميات وتقدير الكلفة الذي حقق كسباً زمنياً مقداره 82.9% (**Error! Unknown switch argument.**). أما الكسب الأقل فقد كان من نصيب زمن إنجاز المخططات الإيضاحية والتسويقية الذي بلغ 64.2%، وتجدر الإشارة إلى أن جزءاً كبيراً من هذا الزمن لا يخضع للنشاط البشري في استخدام التقنية، بل يعود إلى الوقت الذي تستغرقه عملية التصيير Render، وهو نفس الوقت اللازم في كلا النظامين CAD و BIM.



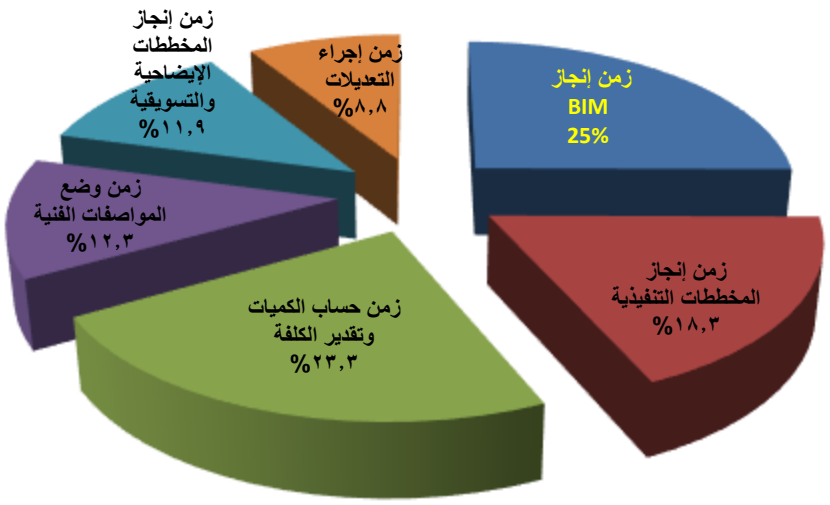
الشكل 2: توزع نسب المساهمة لكل قياس في عملية إنتاج الوثائق التصميمية التقليدية وفق CAD

لقد احتل زمن حساب الكميات وتقدير الكلفة المرتبة الأولى بين باقي الأزمنة وفق النظام CAD، وذلك بمساهمته بنسبة 28.1% من مجمل الوقت اللازم لإنجاز الوثائق التصميمية وفق النظام CAD (الشكل 2). بينما احتل زمن إجراء التعديلات المرتبة الأخيرة بمساهمته بنسبة 10.8% من الوقت الإجمالي.



الشكل 3: زمن إنجاز BIMبالنسبة لزمن إنتاج الوثائق التصميمية التقليدي وفق CAD

لدى العمل وفق النظام BIM احتل زمن إنجاز المخططات التنفيذية المرتبة الأولى بين باقي الأزمنة، بمساهمته بنسبة 8.9% من مجمل الوقت اللازم لإنجاز الوثائق التصميمية وفق النظام CAD (الشكل 3). بينما احتل زمن إجراء التعديلات المرتبة الأخيرة بمساهمته بنسبة 2% من الوقت الإجمالي التقليدي وفق CAD.



الشكل 4: مساهمة BIMفي تخفيض زمن إنتاج الوثائق التصميمية التقليدي وفق CAD

وأخيراً نجد لدى استخدام BIM أن زمن حساب الكميات وتقدير الكلفة قد عمل على تخفيض أكبر قدر من مجمل الجهد التصميمي المبذول لإنتاج كامل الوثائق التصميمية وفق النظام CAD، إذ بلغ هذا التخفيض نسبة 23.3% (الشكل 4)، بينما احتل زمن إجراء التعديلات المرتبة الأخيرة في هذا المضمار بتخفيضه لكامل الجهد التصميمي المبذول وفق النظام CAD بمقدار 8.8%. ولدى القيام بجمع هذه التخفيضات الأخيرة لكامل الأزمنة وفق النظام BIM، نجد أن هذه التقنية قد خفضت من زمن إنتاج الوثائق التصميمية وفق طرق CAD التقليدية بنسبة 75%. وهو مجمل كسب الإنتاجية الحاصل من مساهمة النظام BIM في إنتاج تلك الوثائق التصميمية.

على الرغم من أن النتائج التي حصلنا عليها قد ارتكزت على قياسات كمية، ومنهجية واضحة، ومؤثرات محددة؛ إلا أن هناك عدداً من النقاط التي ينبغي الوقوف عندها لدى مناقشة هذه النتائج. وفيما يلي أبرزها.

عينات الدراسة

تنتمي عينات المشاريع التي تمت دراستها إلى فئة الأبنية السكنية، وقد اقتصرت الدراسة على هذه الفئة لسببين رئيسيين:

1. التشابه في طبيعة المباني يتيح إجراء مقارنة منصفة بين تطبيق كل من نظامي CAD و BIM للأبنية المتقاربة من حيث الجهد التصميمي المبذول في إنتاج الوثائق.
2. ندرة المباني ذات الطبيعة الخاصة التي تم تصميمها باستخدام BIM، نظراً لحداثة ظهور هذه التقنية في سوق العمل المحلي، واقتصار استخدامها على المبادرات الفردية.

ويبقى الاحتمال قائماً في اختلاف النتائج التجريبية لدى استخدام BIM في المشاريع ذات الطبيعة الخاصة عما تم التوصل إليه في هذا البحث، على الرغم من قناعتنا أن الأدوات التقنية المتوفرة في سوق العمل الهندسي حالياً في استخدام BIM قد وصلت إلى درجة من النضج تلغي معها القلق من صعوبة ملاءمة هذه التقنية للمشاريع ذات الطبيعة الخاصة.

مساهمة BIM في عملية التصميم

إن النسبة التي يساهم بها النظام BIM في تخفيض وقت إنتاج الوثائق والبالغة 75% وفق الدراسة السابقة، من شأنها أن تشكل حافزاً كبيراً لأية شركة في الشروع بعملية تبني هذه التقنية. وتلعب درجة الاحترافية في استخدام الأدوات التقنية للنظام BIM دوراً مركزياً في جني الفوائد التي يقدمها هذا النظام. فهي تتحكم بنسبة تخفيض الجهد المبذول في إنتاج الوثائق التصميمية التي يمكن الوصول إليها باستخدام BIM.

ولكن من الخطأ الاعتقاد أن عملية التصميم برمتها ستنخفض بهذه النسبة الكبيرة لدى تبني النظام BIM، فعملية التصميم تحوي نشاطات بشرية لا يستخدم فيها الفني أي نظام حاسوبي. هذه النشاطات قد تشمل التصميمات البدائية الورقية، أو الاختبارات الذهنية للبدائل التصميمية المقترحة، إضافة إلى المناقشات الخاصة بين أعضاء الفريق، أو الاجتماعات العامة مع الإدارة، أو التواصل مع باقي المساهمين في المشروع، ولكن حتى هذه النشاطات يمكن أن تتأثر بشكل إيجابي باستخدام BIM.

إزاحة حمل العمل تبعاً للاختصاص والخبرة

إن الجهد المبذول لإنتاج الوثائق بطرق CADالتقليدية سيتم تقليصه إلى حد كبير باستخدام BIM، نظراً للتحسين الكبير الذي تقدمه هذه الأخيرة في ذلك المجال. وكنتيجة لذلك سيحدث انزياح للجهد المبذول باتجاه بناء النموذج الذي يحتاج إلى خبرة تصميمية أكبر من إخراج الوثائق. مما سيتسبب في تقلص أعداد أفراد الطاقم العاملين الأقل خبرة والعاملين في إنتاج الوثائق، لمصلحة أعداد الأفراد الأكثر خبرة الذين سيعملون على بناء النموذج.

نضج التقنية

لقد دلت نتائج المقارنة التي حصلنا عليها في هذه الدراسة على صحة الفرضيات التي تم عرضها عن الفوائد التي تقدمها BIM في مرحلة التصميم. وعلى الرغم من ظهور مفهوم تقنية BIMمنذ أمد غير قريب[18]، فإن دخولها السوق على مستوى المنتج التجاري لم يحدث إلا مؤخراً، ويعود ذلك أساساً إلى زيادة قدرات الحواسب الشخصية [19]،التي وفرت الإمكانية لبروز هذه التقنية التي تُصنف على أنها الجيل التالي من نظم التصميم بمعونة الحاسب [8]. إضافة إلى النضج الذي وصلت إليه أدواتها التقنية[20]، التي توفر اتساعاً أكبر لمدى ملاءمتها لمتطلبات التصميم المختلفة.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

سنعرض فيما يلي لمجموعة من الاستنتاجات التي يمكن استطلاعها من خلال النتائج التي توصل إليها البحث والمناقشة التي أجريت عليها.

الانتقال من CAD إلى BIM

تنطوي صناعة التشييد على كمية معتبرة من القصور الذاتي التي تميل إلى إبقاء الحال على ما هو عليه [21].إن BIM تجد طريقها ببطء لكن بثبات إلى داخل شركات التصميم حول العالم. وعلى الرغم من ممارسات CAD التقليدية الراسخة، فإن المنافسة والشعور بالتأخر عن تبني صيغة رابحة قد أصبحا المحفزين الرئيسيين بين المحفزات الأخرى، خلف القرار تطبيق التقنية الجديدة في كل مكان. السؤال عن تطبيق هذه التقنية الجديدة من عدمه تغير إلى كيفية تطبيقها[22].

تقدم BIM تحسيناً كبيراً للإنتاجية في عملية التصميم. ولدى اقتران هذا التحسين مع الفوائد الاقتصادية لـ BIM على المدى القصير والمتوسط، فإنه سيستمر بدفع BIM إلى الأمام[23]. وعلى صناعة التشييد المحلية أن تعي هذه الحركة، وتسعى إلى إدراكها قبل فوات الأوان.

الخطر الثقافي والتقني للانتقال من CAD إلى BIM

ستؤثر التقنية على توازن الشركة التي تدخلها أياً كان الدور الذي تلعبه في صناعة البناء. حجم المؤسسة لا يهم، فهي ستختبر التحول، التشويش، والعصيان. فعلى سبيل المثال ليس أمراً غريباً أن تفشل المبادرات التقنية بسبب مقاومة المستخدم العائدة إلى الثقافة. فعبارة " ليس هكذا نعمل الأشياء هنا" ليست عبارة مستغربة. إذاً فالتغيير يتم مقاومته بشكل طبيعي إلا إذا وُجد ظرف محفز أو تغيير ثقافي يمكن أن يتغلب على المقاومة [24].

وهنا يبرز دور الإدارة المستنيرة والمصممة في متابعة مسيرة الانتقال بكل تفاصيلها إلى حين توطيد التقنية في عمل الشركة.

وكما يؤكد(Hammond 2008) فهناك تغيير غير متوقع ومنعكسات غير مقصودة ستحدث مع الوقت في أية مؤسسة. اِلمس أحد عناصر المؤسسة وستبدأ العناصر الأخرى بالدوران في مختلف الاتجاهات. فمن المستحيل تقريباً الإقدام على تغيير عنصر واحد دون التأثير على البقية. ومع مرور الوقت وعدم المتابعة يمكن للاستجابة على التغيير أن تصبح نقاط انهيار وارتباك، أو فرصاً للابتكار والتحول[24].

التغييرات التي يحملها الانتقال من CAD إلى BIM

عملية الانتقال إلى تبني BIM بدلاً من CAD تحمل في طياتها العديد من التغييرات في ممارسات التشييد[25]. إذ أن BIMليست شيئاً أو نوعاً من البرامج لكنها نشاط بشري ينطوي أساساً على تغييرات واسعة في سير عمليات التشييد [3].وهي تعمل على قيادة صناعة التشييد باتجاه العملية المستندة إلى النموذج، بعيداً عن العملية المستندة إلى البعدين [15]. لكن التغييرات الأكبر هي تلك التي ستتمخض عنBIMعلى المستوى الاستراتيجي، وتبدل من طبيعة الشركة نفسها. ويمكن لمس بعض هذه التغييرات في:

1. **تغيير حجم العمل المقبول:** إن الوفر الزمني الذي تقدمه BIM في مرحلة التصميم سيعمل على تقليص مدة هذه المرحلة، ويوفر ذلك للشركة إمكانية قبول حجم أكبر من الأعمال التصميمية مع محافظتها على الكادر الفني. أما الخيار الآخر فهو إعادة هيكلة الشركة ليتناسب حجم الكادر الفني مع حجم العمل المتاح.
2. **تغيير نوعية العمل المنتَج:**كما وجدنا سابقاً فإن استخدام BIM ينطوي على رفع نوعية العمل المنتج، من حيث الوضوح أو التناسق. وسيكون لذلك منعكسات أخرى في مراحل لاحقة من المشروع (مرحلة التنفيذ ومرحلة التشغيل والصيانة).
3. **تغيير الوضع التنافسي في سوق العمل:** إن وفاء الشركة بالتزاماتها تجاه الزبائن خلال وقت أقصر وبنوعية عمل أعلى، سينعكس إيجاباً على سمعة الشركة، وبالتالي فإنها ستحقق وضعاً تنافسياً أفضل في سوق العمل.

الفرص التي تتيحها BIM

وجد تقرير(SmartMarket Report 2008)أنه في وجه الركود الاقتصادي، يتوقع مستخدمو BIM أن يرفعوا من استثمارهم لها. ومع تزايد الاعتراف بمزايا BIM، يحقق المستخدمون الخبراء إنتاجية أكبر، اتصالات محسنة، وهامشاً تنافسياً في عروض العمل؛ وهم بذلك يميزون أنفسهم عمن لم يتبنوا التقنية بعد[16].

ويرى(Ibrahim 2007) أن BIM تكسب المزيد من الأرض كل سنة في الممارسة المهنية للعمارة. وبناءً عليه فنحن نتوقع أن يكون هناك مزيد من الخريجين القادرين على استخدام هكذا تطبيقات بنفس الطريقة التي نتوقع بها أن يكون كل شخص تقريباً مُلماً ببرامج CAD التقليدية[26].

إن مزيداً من الفرص تنتظر خريجي الجامعات الذين يمكنهم أن يمسكوا بناصية BIM، ويصلوا إلى مستوى احترافي في استخدامها في فترة قد تكون أقصر من تلك التي يحتاجها مستخدمو CAD التقليديون. ذلك سيتيح لهم أفضلية أكبر على نظرائهم في سوق العمل، كما سيفتح لهم باب التقدم السريع ليتحولوا قبل غيرهم إلى مدراء في استخدام هذه التقنية، كما سيمنحهم خطوة إلى الأمام في سوق المنافسة العالمية من خلال تقديمهم تصميماً أفضل [27].

التّوصيات:

فيما يلي نقدم مجموعة من التوصيات الموجهة إلى المعنيين في صناعة التشييد من مدراء أو مستثمرين أو قانونيين أو أكاديميين.

المدراء: عدم التأخر في اتخاذ القرار

يميل العديد من مدراء الشركات إلى الاطمئنان لوضع شركتهم طالما أنها تقوم بإنجاز العمل الموكل إليها "إن لم يتعطل فاتركه على حاله". إن هذه العبارة لم تعد صالحة في عصر التقنيات الحديثة، فالإقدام على مبادرات تطوير العمل وفق خطة محسوبة صار إحدى أساسيات الاستمرارية في سوق متغير.

يمكن للمبادرين الأوائل من مدراء الشركات أن يقطفوا ثمار تبني تقنية BIM في التصميم المعماري مبكراً قبل سواهم، أما المتأخرين منهم فمن المحتمل أن يجدوا شركتهم بعد فترة قصيرة في وضع تنافسي صعب قد يؤثر على مكانتها في سوق العمل.

المستثمرون: الحاجة إلى استثمارات وتغييرات

يحتاج تطبيق تقنية BIM إلى استثمارات وتغييرات في سوق العمل وفي كيفية عمل المؤسسات. علاوة على ذلك فهناك حاجة إلى استثمار في تدريب الطلاب على المفاهيم وعلى الإلمام بهذا النوع من الأدوات. يتعلق التغيير المرتقب بالابتكار والتنافسية في بيئة البناء، حيث يلعب المعماريون والمهندسون دوراً حاسماً في تطبيق الأعمال الأكاديمية [28].

ويعتبر(Howard 2008)أن العنصر المفقود والضروري لنجاح BIMيكمن فيالاتهام الموجه إلى المالكين بأنهم لا يجنون القيمة الكاملة من صناعة البناء. هذا ما بدأ بالحدوث الآن مع مالكين كبار في دول عديدة. فرغبتهم في الاستثمار في تنظيم فرق مشاريعهم بطريقة تجعل الجميع يشاركون ، أو يستفيدوا من، النماذج القوية المتاحة الآن، قد تكمل الدائرة[29].

القانونيون: إدخال شروط عقدية خاصة باستخدام BIM

مع تطور تقنية BIM تبرز العديد من البنود العقدية التي تحتاج إلى أخذها بدقة بعين الاعتبار. ولسوء الحظ فإن حداثة BIM تتركنا مع أسئلة أكثر من الإجابات في الوقت الراهن. ويجب على مختلف الأطراف المشاركة في المشروع أن تزن هذه الأسئلة، ولدى توفر إمكانية التطبيق، أن يتم الوصول إلى تفاهمات يتم ذكرها في وثائق عقدية مناسبة[30].

إن تبني تقنية جديدة مثل BIM تحمل في طياتها العديد من التغييرات في سير العمليات، يجعل من الضروري البحث في تطوير بنود عقدية جديدة بين المشاركين في المشروع، بمن فيهم الشركات المزودة بخدمات التصميم.

الأكاديميون: إدخال BIM في المناهج الدراسية الهندسية

في دراسة أجراها (Dean 2007) لاختبار فيما إذا كان من الضروري أن يتم تدريس BIMكمقرر لطلاب إدارة التشييد، توصل إلى ضرورة إدخال تدريس هذه التقنية في المنهاج، وأحد أهم أسباب ذلك حقيقة أن حوالي 75% ممن شملهم الاستطلاع يعتبرون مرشحي التوظيف الذين يتمتعون بمهارات استخدام BIM متمتعين بأفضلية على المرشحين الذين يفتقرون لمعرفة BIM[31].

إن صناعة التشييد تتغير بخطى متسارعة، ويُعتبر تطوير أدواتها التقنية أهم سمات هذا التغيير. وعلى الرغم من أهميتها فإن النماذج الرياضية المعقدة لحل المسائل الهندسية لم تعد تحتل اليوم نفس أهمية الأدوات التقنية بالنسبة للسوق الهندسي. إن خريجاً جامعياً حديثاً من إحدى الكليات الهندسية قد لا يضطر طيلة حياته المهنية إلى إجراء أية عملية رياضية عُليا، لكنك لن تجد شركة واحدة مهما كان حجمها وموقعها ستقبل بتوظيفه إن لم يكن ملماً بنظم التصميم بمعونة الحاسب CAD، وقد ينطبق هذا في المستقبل القريب على تقنية BIM أيضاً. خاصة وأن بعض الهيئات الحكومية وبعض كبار المالكين حول العالم قد بدؤوا بفرض شرط استخدام BIM لدى استدعائهم للمتعهدين والمصممين [32].

إن فرص التوظيف الأوفر التي تتيحها BIM لمستخدميها تجعل من الضرورة بمكان لأية جهة أكاديمية أن تعيد النظر في المقررات التي تقوم بتدريسها كي تستوعب هذه النقلة التقنية من الناحية العلمية. إن إعادة توزيع حصص المقررات كي تقوم بتقديم الأدوات التقنية المستخدمة والناشئة، يُعد إحدى سمات النجاح أو الفشل في تطبيق معايير جودة التعليم، والتي تتميز بها المؤسسات الأكاديمية عن بعضها في تأدية الدور المناط بها بكونها "مفاتيحاً لسوق العمل" بدلاً من "تسليم مفاتيحها إليه".

المراجع:

1. SHEN, Z.; ISSA, R. R. *Quantitative evaluation of the BIM-assisted construction detailed cost estimates*. ITcon, Vol. 15, 2010, 234-257.
2. KYMMELL, W. *Building information modeling: planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations*. McGraw-Hill New York, 2008, p 270.
3. EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. *BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors*. 2nd ed., Wiley, 2011, p 626.
4. SUCCAR, B. *Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders*. Automation in Construction, Vol. 18, No. 3, 2009, 357-375.
5. KRAUS, W.; WATT, S.; LARSON, P. *Challenges in estimating costs using building information modeling*. AACE International Transactions, 2007, 11-13.
6. GSA. *GSA BIM Guide Overview*. U.S. General Services Administration, 2007, p 32.
7. JEONG, Y.-S.; EASTMAN, C.; SACKS, R.; KANER, I. *Benchmark tests for BIM data exchanges of precast concrete*. Automation in construction, Vol. 18, No. 4, 2009, 469-484.
8. LEE, G.; SACKS, R.; EASTMAN, C. M. *Specifying parametric building object behavior (BOB) for a building information modeling system*. Automation in construction, Vol. 15, No. 6, 2006, 758-776.
9. FU, C.; AOUAD, G.; LEE, A.; MASHALL-PONTING, A.; WU, S. *IFC model viewer to support nD model application*. Automation in Construction, Vol. 15, No. 2, 2006, 178-185.
10. BIRX, G. W. *Getting started with Building Information Modeling*. The American Institute of Architects-Best Practices, 2006.
11. ALARCON, L. F.; MARDONES, D. A. *Improving the design-construction interface*. Proceedings of the 6th Annual Meeting of the International Group for Lean Construction, 1998.
12. WINBERG, A.; DAHLQVIST, E. *BIM-the Next Step in the Construction of Civil Structures*. Master's thesis; Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, 2010.
13. SARSHAR, M.; CHRISTIANSSON, P.; WINTER, J. *Towards virtual prototyping in the construction industry: the case study of the DIVERCITY project*. World It Conference For Design And Construction, Langkawi, Malaysia, 2004, pp 581-588.
14. NIBS. (accessed 10 April, 2014) <http://www.nationalbimstandard.org/about.php>.
15. AGC. *The Contractors' Guide to BIM*. 1st ed., Associated General Contractors of America, 2006, p 41.
16. SmartMarket Report. *Building Information Modeling (BIM)*. McGraw-Hill Construction, 2008.
17. SmartMarket Report. *The Business Value of BIM in Europe*. McGraw-Hill Construction, 2010.
18. WONG, A. K.; WONG, F. K.; NADEEM, A. *Government roles in implementing building information modelling systems: Comparison between Hong Kong and the United States*. Construction Innovation: Information, Process, Management, Vol. 11, No. 1, 2011, 61-76.

19. IBRAHIM, M.; KRAWCZYK, R.; SCHIPPORIET, G. *CAD smart objects: potentials and limitations*. Education and Research in Computer Aided Architecture Design in Europe ECAADe, Vol. 21, 2003, 547-552.
20. AZHAR, S.; NADEEM, A.; MOK, J. Y.; LEUNG, B. H. *Building Information Modeling (BIM): A new paradigm for visual interactive modeling and simulation for construction projects*. Proc., First International Conference on Construction in Developing Countries, 2008, pp 435-446.
21. RISCHMOLLER, L.; FISCHER, M.; FOX, R.; ALARCON, L. *4D Planning And Scheduling (4D-PS): Grounding Construction IT Research In Industry Practice*. Proceedings of the Construction Information Technology CIB w78 International Conference-IT in Construction in Africa, Mpumalanga, South Africa, 2001, pp 34-1 - 34-11.
22. IBRAHIM, M. *To BIM or not to BIM, This is NOT the Question*. Communicating space (s) 24th ecaade conference proceedings, 2006, pp 262-267.
23. ASHRAE. *An Introduction To Building Information Modeling (BIM).*, 2009, p 27.
24. HAMMOND, D. *The BIM Balancing Act*. Journal of Building Information Modeling, Fall 2008 edition, 2008, 16-21.
25. LU, W. W.; LI, H. *Building information modeling and changing construction practices*. Automation in Construction, Vol. 20, No. 2, 2011, 99-100.
26. IBRAHIM, M. *Teaching BIM, What Is Missing?* 3rd Int'l ASCAAD Conference on Em 'body'ing Virtual Architecture, 2007.
27. MIHINDU, S.; ARAYICI, Y. *Digital construction through BIM systems will drive the re-engineering of construction business practices*. Visualisation, 2008 International Conference, 2008, pp 29-34.
28. OLIVEIRA, M. R. *Potential of Building Information Modeling (BIM) system*. 4th, International conference on advanced research and rapid prototyping, 2010, pp 695-700.
29. HOWARD, R.; BJORK, B.-C. *Building information modelling - Experts' views on standardisation and industry deployment*. Advanced Engineering Informatics, Vol. 22, No. 2, 2008, 271-280.
30. HAYNES, D. *Reflections on some legal and contractual implications of building information modeling (BIM)*. Construction Watch, Vol. 2, No. 9, 2009, 1-9.
31. DEAN, R. *Building Information Modeling (BIM): Should Auburn University Teach BIM to Building Science Students*. Graduate Capstone, Department of Building Science, Auburn University, 2007.
32. KIVINIEMI, A. *Review of the development and implementation of IFC compatible BIM*. Erabuild, 2008.