

تطبيقات نمذجة معلومات المباني (دور نموذج BIM في البعد الإنتاجي للعملية التصميمية)

أشرف عبد المنعم جعفر^(١) و محمود فتحي أحمد^(٢)

(١) قسم الهندسة المعمارية – كلية الهندسة بشبرا – جامعة بنها

معار لكلية الهندسة والتكنولوجيا – جامعة المستقبل

(٢) قسم الهندسة المعمارية – كلية الهندسة بشبرا – جامعة بنها

الملخص:

يخضع استخدام الحاسب الآلي في العملية التصميمية إلى مستوى تطور البرمجيات المساعدة في أداء الأنشطة في العملية التصميمية، ولعل الرسم هو أهم تلك الأنشطة، وقد بدأت التطبيقات المساعدة في عملية الرسم في الظهور بداية من ستينات القرن الماضي بظهور آلات Sketch pad و Architecture Machine المساعدة في عملية الرسم، وقد أدى هذا بدوره إلى ظهور تطبيقات CAD الشهيرة في عالم الرسم الرقمي، والتي هي اختصار لـ Computer Aided Drafting أو الرسم بمساعدة الحاسب الآلي، وقد أخذت تلك التطبيقات في التطور بداية من التطبيقات المسماة Raster Graphics، ثم تطبيقات Object-Oriented Graphics، والتي فتحت المجال أمام ظهور نمط جديد من التطبيقات المساعدة في عملية الرسم وهي تطبيقات نمذجة معلومات المباني Building Information Modeling المعروفة عالمياً باختصار BIM، والتي حولت عملية الرسم من مجرد خطوط صماء لا تحتوي على أي معلومات سوى المعلومات الهندسية التشكيلية، مثل طول الخط وسمكه ولونه، إلى مجموعة من العناصر الذكية Intelligent Objects، أي أن عناصر الرسم المستخدمة في تطبيقات BIM هي عناصر معمارية يحتوي كل منها على قاعدة بيانات Data Base، بها كافة المعلومات الخاصة بالعنصر المعماري مثل الخامة والتشطيب والمقاومة الحرارية والصوتية الخ، وبذلك فإن عملية الرسم باستخدام تطبيقات BIM تتم من خلال بناء نموذج تخيلي كامل للتصميم 3D Virtual Model، يحتوي على كافة العناصر المعمارية والإنشائية والأنظمة الميكانيكية الموجودة في المبني، الأمر الذي يزيد من كفاءة إنتاج المخرجات في العملية التصميمية، سواء كانت رسومات تنفيذية أو جداول كميات ومواصفات أو جدول زمني لمراحل التنفيذ، وعلى عكس تطبيقات CAD التي لا تستخدم سوى في الرسم فقط سواء كان ثنائي أو ثلاثي الأبعاد، فإن تطبيقات BIM يمكن أن تقوم بكافة الأنشطة المطلوبة في العملية التصميمية بجانب الرسم الثلاثي الأبعاد، حيث أنه من خلال نموذج BIM يمكن استخراج المساقط الأفقية الكاملة للمبني، وكافة الواجهات، وعمل أي عدد من القطاعات الرأسية والتفاصيل المعمارية وغير المعمارية، كما يمكن من خلال هذا النموذج استخراج كافة البيانات والمعلومات الخاصة بالتصميم من مساحات وأحجام وبرنامج معماري وجدول تشطيبات وجدول للحصر والكميات وكذلك جدول زمني لتنفيذ المشروع، كما يتيح نموذج BIM أيضاً عملية الصيانة للمباني لما بعد تنفيذها، وبهذا فإن تطبيقات BIM تقدم نمودجا متكاملًا لحزمة من البرمجيات التي تدير البعد الإنتاجي في العملية التصميمية.

الكلمات المفتاحية

(العملية التصميمية – الرسم بمساعدة الحاسب الآلي – نمذجة معلومات
المباني)

١- المقدمة

استخدمت تطبيقات CAD بشكل واسع في إنتاج التصميمات المعمارية والرسومات التنفيذية الخاصة بالمشروعات، ولكن مع تطور طرق التصميم وتعقيد التشكيلات المعمارية، أصبحت تطبيقات CAD التقليدية غير قادرة على تمثيل التشكيلات المعقدة المنتجة من تطور طرق التصميم الرقمي، لذا فقد ظهرت الحاجة إلى تطوير تطبيقات جديدة قادرة على التعامل مع الأشكال والنماذج المعمارية المعاصرة، ومن أهم تلك التطبيقات التي تستخدم على نطاق واسع الآن تطبيقات نمذجة معلومات المبني، أو كما يطلق عليها BIM اختصاراً لمصطلح Building Information Modeling .

٢- العملية التصميمية

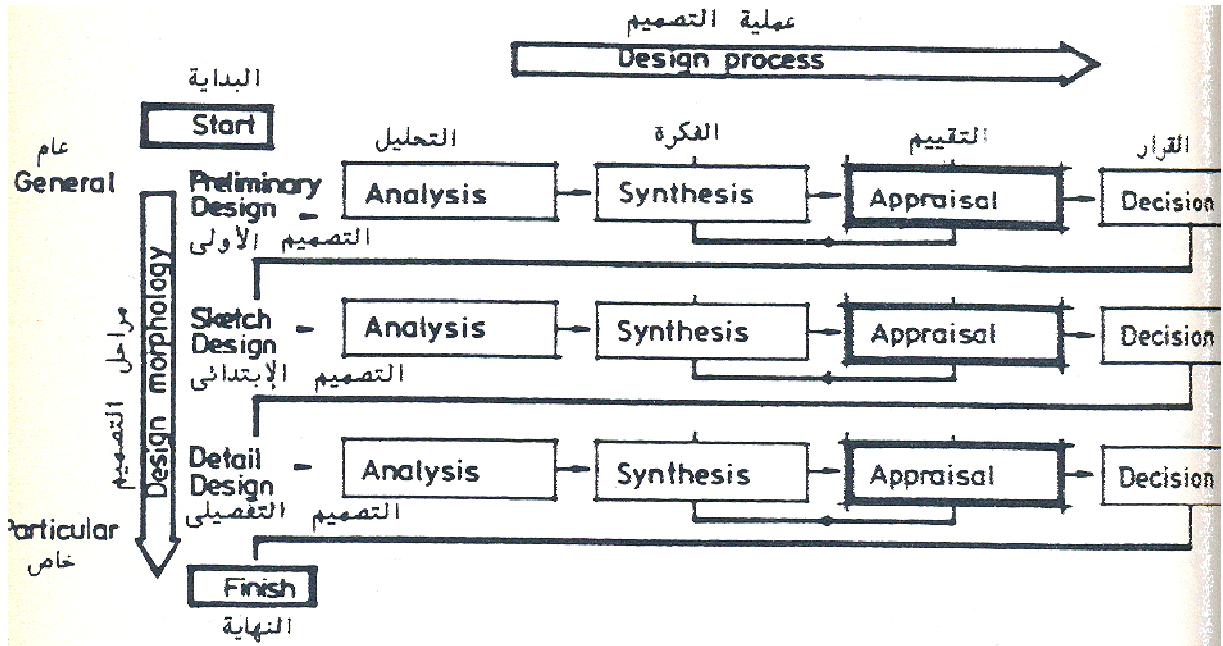
كانت العملية التصميمية قبل ستينات القرن الماضي هي عبارة عن ما يقوم به المصمم من إعداد للرسومات والمخططات التي تمثل الناتج المعماري المطلوب، وقد عرفت العملية التصميمية في هذا الوقت بالتصميم عن طريق الرسم (Jones 1980)، وبعد الحرب العالمية الثانية، ظهر مجال جديد يسمى (علم بحوث العمليات) Operation Research، والذي كان يعتمد على تطبيق مبادئ التحليل، وبناء مجموعة من النماذج، للتوصل إلى قرارات في حل مشكلة ما، وكان أول تطبيق لبحوث العمليات في الحرب العالمية الثانية تحت مسمى (بحوث العمليات العسكرية)، ثم امتد تطبيقها ليشمل عدة مجالات صناعية وإنتاجية أخرى، بهدف حل المشكلات، وقد كان التصميم أحد المجالات التي تأثرت بعلم بحوث العمليات، وظهر ما يسمى بالعملية التصميمية (Jones 1963).

٢-١ تعريف العملية التصميمية

يعرف أرشر (Archer 1965) العملية التصميمية على أنها "نشاط هادفي التوجه لحل مشكلة"، وفي نفس السياق يعرف ماتشيت (Matchet 1968) العملية التصميمية على أنها "الحل الأمثل لمجموعة الاحتياجات الحقيقية، لمجموعة أو فئة من المستخدمين"، أما روزمان وجيرو (Roseman & Gero) فيعرف العملية التصميمية على أنها "عملية اتخاذ قرار من أجل تحقيق هدف معين، ومن خلال مجموعة أهداف مطلوب تحقيقها، يكون المصمم هو من يخلق الشكل الذي يرضى هذه الأهداف"، أما جيرارد سميث (Gerhard Schmitt 1988) عرف تلك العملية على أنها "عملية منطقية لاتخاذ قرار وحل مشكلة ما، وتمثيلها في شكل رسومات من أجل تسجيل أفكار ومراحل التصميم المختلفة".

٢-٢ مراحل العملية التصميمية

ويعتبر المعهد الملكي البريطاني للعمارة RIBA - الذي أنشئ في بريطانيا عام ١٨٣٤ - من أول المؤسسات التي حاولت وضع خريطة واضحة، للكشف عن مسار العملية التصميمية، ولقد وصفها RIBA بأنها عملية ثنائية البعد، يمثل البعد الأول صياغة رأسية لمتابعة زمنية تمثل مراحل العملية التصميمية، بداية من تحديد المشكلة ووضع البرنامج، حتى الوصول إلى النتائج المستهدفة، أما البعد الثاني فيمثل صياغة أفقية لدورات متكررة، تهدف كل منها إلى اتخاذ القرار داخل كل مرحلة من مراحل العملية التصميمية (RIBA 1973).



شكل ١ العملية التصميمية عملية ثنائية البعد

٢-٢-٢ البعد الفكري للعملية التصميمية

يشير أشرف جعفر (١٩٩٠) إلى أن البعد الفكري يهدف إلى اتخاذ القرار Decision Making، والذي يبدأ بالتحليل مروراً بالفكرة ثم التقييم وأخيراً اتخاذ القرار، وهو ما يوازي الصياغة الأفقية في تصنيف RIBA وقد قسم الباحثان توم مافير وتوم ماركوس (Markus & Maver 1969) مراحل البعد الفكري للعملية التصميمية كالتالي:

- **التحليل Analysis:** ويعتمد على اكتشاف العلاقات وجمع المعلومات المتاحة لكافة أطراف المشكلة التصميمية، ويتم خلالها ترتيب الأهداف التصميمية وفهم أبعاد المشكلة التصميمية.
- **التركيب Synthesis:** ويتم تكوين رد فعل للمشكلة في هذه المرحلة، فتعتبر تلك المرحلة هي أهم مراحل العملية الفكرية في التصميم، يحدث فيها ما يسمى بتوليد الشكل Form Generation.
- **التقييم Appraisal:** ويتم خلالها نقد الحلول التي تم التوصل لها خلال المرحلة السابقة، والوقوف على مدى تحقيق الأهداف التصميمية المستهدفة في المرحلة الأولى، ويمكن الرجوع إلى المراحل السابقة في حال عدم التوصل إلى الأهداف المطلوبة.
- **اتخاذ القرار Decision:** وفي هذه المرحلة يقر المصمم بصلاحية الحل التصميمي للمشكلة أو لا، وإذا كان سيتم استكمال مراحل العملية التصميمية والانتقال إلى المرحلة التالية، أو سيتم إعادة إحدى المراحل السابقة.

٢-٢-٢ البعد الإنتاجي في العملية التصميمية

يقول أشرف جعفر (١٩٩٠) أن البعد الثاني من العملية التصميمية فهو عملية إنتاج Production Process، والتي تتحول فيها القرارات إلى مباني حقيقية، وهو ما يوازي الصياغة الرأسية في تصنيف RIBA، وقد قسم الباحثان توم مافير وتوم ماركوس (Markus & Maver 1969) مراحل البعد الإنتاجي للعملية التصميمية كالتالي:

- التصميم الأولي Primary Design: وهي مجموعة الحلول المقترحة لحل المشكلة التصميمية.
- التصميم الابتدائي Sketch Design: وهو تطوير للحل المقترح من مجموعة البدائل المطروحة سابقاً.
- التصميم التفصيلي Detail Design: وهو مجموعة الرسومات التي يتم التنفيذ من خلالها.

٣- تطبيقات نمذجة معلومات المباني

بدأت أفكار BIM في الظهور بداية من أواخر سبعينات القرن الماضي، وكانت تحمل أسم نموذج إنتاج المبني BPM أو Building Production Modeling، ولقد بدأ عرضها من قبل تشارلز ايبستمان Chales Eastman في مجموعة من الأبحاث والكتابات التي نشرت في تلك الفترة، ثم عمل المعماري برنستين Bernstein على تطوير هذه الأفكار ليكون هو أول من استخدم مصطلح BIM في بداية التسعينات (Eastman 1999).

وقد قام جيرى لايسرن (Laiserin 2003) في عام ٢٠٠٣ بنشر هذا المصطلح على نطاق عالمي، ليكون عهداً جديداً في عالم التمثيل والتشكيل الرقمي للعناصر المعمارية، وقد قامت مجموعة كبيرة من شركات البرمجيات مثل Bentley – Autodesk – Graphisoft بالعمل على إنتاج تطبيقات جديدة تعمل وفق هذا التوجه، وقد كان أول برنامج يعمل بنظام BIM من إنتاج شركة Graphisoft وتم إنتاجه عام ١٩٨٧ تحت اسم ArchiCAD.

٣-١ الفرق بين Raster Graphics و Object-Oriented Graphics

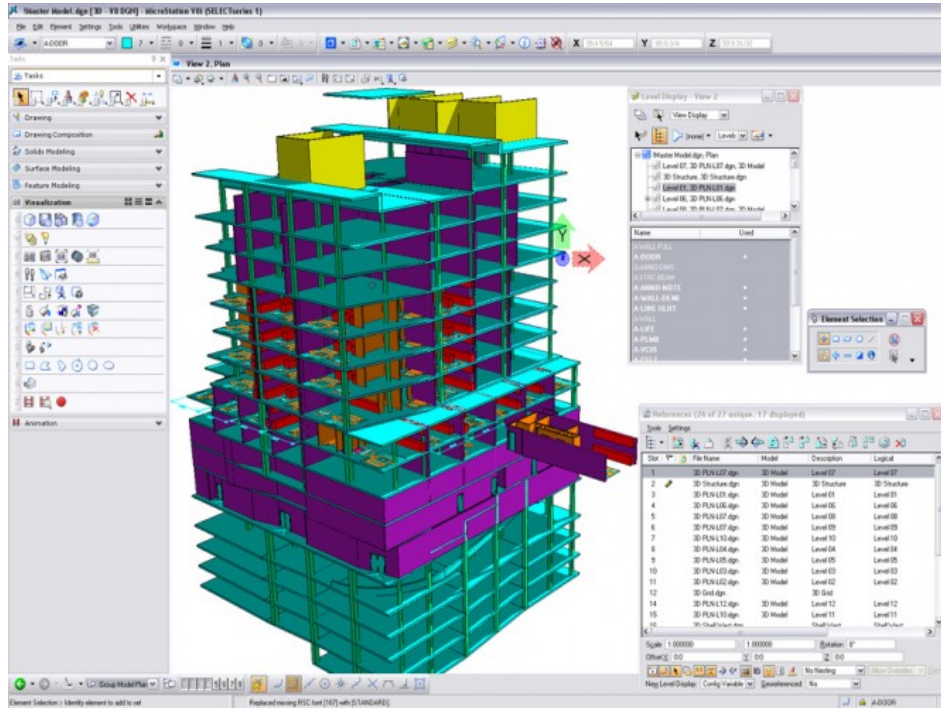
منذ ظهور الحاسب الآلي، اعتمدت برمجيات الرسم بشكل عام على مجموعة من التطبيقات التي تستخدم لتمثيل الأشكال في صورة ثنائية أو ثلاثية الأبعاد، أول هذه التطبيقات ما يسمى بـ Raster Graphics أو Programs Not Vector، والتي تعتمد على تمثيل الأشكال في صورة مجموعة كبيرة من النقاط المتلاصقة Dots، وتتخذ كل نقطة منهم لونا واحداً، وبتلاصقهم بجانب بعضهم البعض ينتج صورة تسمى Bit-map مكونة من مجموعة من Pixels، وتفتقر تلك التطبيقات إلى إمكانية تعديل الأشكال سواء بتحريكها أو تغيير مقياسها أو لونها، فتصبح النتيجة النهائية غير قابلة للتعديل، وتشتهر تلك التطبيقات باسم Programs Paint (webopedia.com).

ثم ظهرت نوعية جديدة من التطبيقات أكثر مرونة وسهولة في تمثيل الأشكال وتسمى Object-Oriented Programs، ويطلق عليها في بعض الأحيان Vector Graphics، وتعتمد على تمثيل الأشكال باستخدام الصيغ الرياضية Mathematical Formulas، وتتيح هذه التطبيقات تمثيل الأشكال الهندسية بسهولة وحرية أكبر، حتى أنه يمكن التحكم في كل شكل على حدى حتى إذا تداخلت الأشكال هندسياً مع بعضها البعض، لأن كل شكل يحمل قاعدة بيانات واحدة Database، تحتوي على كافة المعلومات الخاصة به Properties، والتي معها يمكن تعديل مكان أو حجم أو مقياس أو لون أي شكل، دون التأثير على باقي الأشكال، وهو ما لمك يكن متاحاً في النوع الأول من التطبيقات، كما تمتاز تلك التطبيقات بعرض الأشكال الهندسية بجودة أعلى ودقة أكبر من تلك الناتجة من تطبيقات Raster Graphics Programs، وتشتهر تلك التطبيقات باسم Draw Programs (webopedia.com).

٣-٢ مفهوم نمذجة معلومات المباني BIM

يعرف ايستمان (Eastman 2006) مصطلح نمذجة معلومات المبني أو Building Information Modeling على انه "عملية توليد وتنظيم لمكونات المبني خلال دورة حياته أثناء العملية التصميمية"، ويتم ذلك عن طريق عملية المحاكاة Simulation، بحيث يتم بناء نموذج تخيلي ثلاثي الأبعاد محاكي تماما لكافة الظروف والعوامل المؤثرة عليه، وذلك بهدف زيادة الإنتاجية والكفاءة في سير العملية التصميمية (Holness 2008).

ولا تتوقف إمكانيات BIM في العملية التصميمية عند اختيار ووضع المكونات الرئيسية في المبني، مثل خامات التشطيبات والبلاطات سواء الخرسانية أو المعدنية والحوائط، كذلك وضع النظم الميكانيكية والكهربية في المبني مثل نظام التكييف المركزي والتغذية والصرف، بل تتجاوز إمكانيات BIM هذا الحد إلى إجراء اختبار لجميع تلك المكونات وتشغيلها جنباً إلى جنب، للتأكد من عدم وجود أي تعارض أو تداخل فيما بينها (Clash Detection)، وحل أي مشكلة قد تنتج من تلك الأنظمة والخامات قبل البدء في التنفيذ، بدلا من الاضطرار إلى إعادة تنفيذ بعض الأعمال في الموقع في حال اكتشاف خطأ ما (The Foundation of Wall and Ceiling Industry 2009).



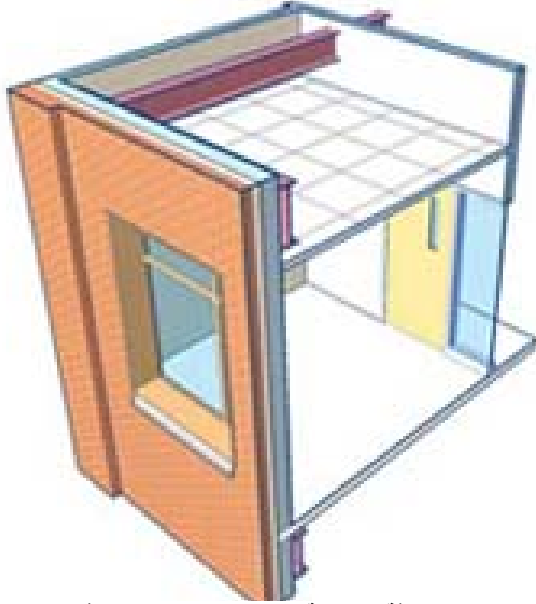
شكل ٢ بناء النموذج التخليفي في برامج BIM مع وضع كافة العناصر فيه

كما يمكن أيضا استخدام النموذج التخليفي الثلاثي الأبعاد المبني باستخدام BIM لتحليل كفاءة المبني لاستهلاك الطاقة، وذلك من خلال اختبار مجموعة من السيناريوهات للتأثير على المبني بمؤثرات خارجية مختلفة، لتحديد أفضل الحلول، وكلما زادت التفاصيل في النموذج الثلاثي الأبعاد، زادت معه دقة الحل المقترح (The Foundation of Wall and Ceiling Industry 2009).

٣-٣ التحول من استخدام CAD إلى BIM

التوسع في استخدام أنظمة CAD منذ ستينات القرن الماضي، كان بسبب النقلة النوعية في استبدال أدوات الرسم القديمة (الأقلام والأوراق) بشكل جديد من الأدوات التي لم تكن معروفة من قبل (وسائط الرسم

الرقمية)، وهذا بدوره أدى إلى حدوث تحولا في مجال توثيق وحفظ الرسومات، ونقلها إلى العصر الرقمي ولكن في صورتها الثنائية الأبعاد، أي أن التحول من الورقيات إلى عصر CAD هو تحولا مظهريا فقط، بحيث احتفظت عملية الرسم بنفس مراحلها سابقا مع استبدال الرسامين اليدويين برسامين CAD-Drafters في المكاتب المعمارية (Oppenheimer 2008).



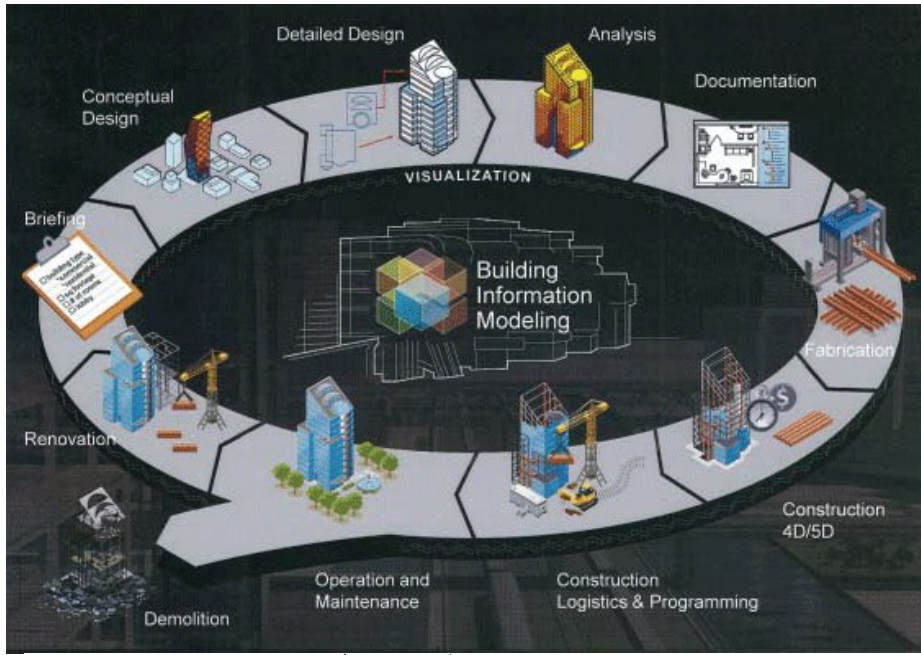
شكل ٣ غرفة مرسومة باستخدام BIM ويظهر فيها عناصر الإنشاء والفتحات والحوائط والخامات

ثم جاءت تطبيقات BIM لتكسب الخطوط صفة الذكاء Intelligence، وتخلق مزيدا من التفاعل بين المصمم ولوحة الرسم الرقمية، وعلى عكس أنظمة CAD تم تزويد تطبيقات BIM بالعناصر المعمارية اللازمة لإنتاج وبناء النموذج التخيلي للتصميم المطلوب، وعلى سبيل المثال، فيتعرف CAD على الحائط في المسقط الأفقي على انه فقط خطين متوازيين، أما في تطبيقات BIM فالحائط هو عنصر معماري Object، له أبعاد في الاتجاهات الثلاثة Parameters، كذلك له مادة بناء Material، وله خواص طبيعية مثل الوزن والكثافة ومقاومته للحرارة والاشتعال وقدرته على عزل وامتصاص الصوت، كذلك فان تطبيقات BIM يمكنها تنظيم العلاقة بين العناصر المعمارية، مثل وضع الأبواب والشبابيك داخل الحوائط فقط، كذلك فان BIM تتيح معلومات خاصة بكل فراغ مثل اسم الفراغ واستخدامه ومساحته وحجمه وارتفاعه وتشطيبه، وهذا يسهل عملية إعداد جداول التشطيبات والكميات والفتحات، كل هذه الإمكانيات لم تكن متاحة في CAD (Howell 2005).

٣-٤ دور نموذج BIM في البعد الإنتاجي للعملية التصميمية

يجب الإشارة إلى أن تطبيقات CAD بجميع مميزاتها وإمكانياتها هي مجرد أداة للرسم، لا يمكنها القيام بنشاط أكبر من الرسم، فلا يمكنها العمل من خلال قواعد البيانات التي تتمكن من حساب التكاليف وإدارة مراحل التنفيذ، كما لا تقدم أنظمة CAD حولا عملية لتطبيق نظم المحاكاة للأداء في التصميمات، مثل محاكاة الأداء الحراري والصوتي والإنشائي، بل لكل تلك الأنشطة برمجيات أخرى تطبقها، كما أن أنظمة CAD ذاتها لا تتعامل مع الرسومات من منظور معماري، بل أن أنظمة CAD هي أداة للرسم في جميع التخصصات الهندسية، فالخطوط والنقاط والمنحنيات بالنسبة لأنظمة CAD هي عناصر هندسية وليست عناصر معمارية.

أما نموذج BIM أو (BIM Model) فيعبر عن الوصف الرقمي للمبني الحقيقي، بما يحتويه هذا المبني من فراغات ووظائف ومواصفات لمواد التشطيب المستخدمة وأنظمة ميكانيكية، وكذلك طريقة توريد تلك الخامات والأنظمة ومراحل الإنشاء المختلفة، ومتابعة التكلفة والزمن اللازم لتنفيذ المشروع، ولهذا النموذج الرقمي مجموعة من الخصائص. (Thomsen 2012)



شكل ٤ خصائص النموذج الثلاثي الأبعاد

٣-٤-١ المرحلة الأولى: التصميم الأولي Primary Design

تمثل مرحلة التصميم الأولي أول مراحل البعد الإنتاجي للعملية التصميمية، والتي يتم خلالها صياغة مجموعة من البدائل التصميمية التي تهدف إلى حل المشكلة، وتطبيقات BIM هي الأساس لتطبيقات للنمذجة ثلاثية الأبعاد 3D Modelers، فيمكن من خلالها عمل مجموعة من البدائل في صورة ثلاثية الأبعاد، وبالإضافة إلى هذا، يمكن لتلك التطبيقات استخراج مجموعة من المعلومات الخاصة بكل نموذج، سواء المساحات أو الأحجام أو النسب البنائية أو البرنامج الوظيفي المحقق في كل نموذج، والتي تساعد في عملية تقييم تلك البدائل واختيار الأنسب بينها.



شكل ٥ مشروع Ocean Heights المصمم من خلال
Revit Parametric Engine في برنامج Revit

ولم تتوقف إمكانيات النمذجة ثلاثية الأبعاد لتطبيقات BIM عند التشكيلات التقليدية والمألوفة، بل قام مطورو تلك التطبيقات بإدماج مجموعة من أدوات والوسائل التي تسهم في عملية التفكير الرقمي الغير تقليدي باستخدام المعادلات الرياضية والنمذجة بالصيغ الحسابية Parametric Design، ويتم هذا عن طريق محرك المتغيرات الرياضية Parametric Engine، والذي دعمت به شركة Autodesk أحدث إصداراتها من برنامج Revit، ويعتمد هذا المحرك على الخوارزميات الرياضية Parametric Algorithms التي تكتب بواسطة لغات البرمجة Scripting Language وقد استخدمت تلك الطريقة في صياغة التشكيل المعماري لأبراج مرتفعات المحيط Ocean Heights في الإمارات العربية المتحدة. (Autodesk 2007)

٣-٤-٢ المرحلة الثانية: التصميم الابتدائي Sketch Design

وفي تلك المرحلة التي يتم فيها الاستقرار على الحل المقترح، والذي تم نمذجته بشكل ثلاثي الأبعاد، يتم يلعب نموذج BIM دورا هاما في إجراء عملية المحاكاة للعوامل المؤثرة على التصميم بهدف اختباره وتطويره وتحسين ملائمته للظروف والعوامل البيئية والمناخية، وذلك من خلال مجموعة تطبيقات تستخدم عمل التحليلات اللازمة لقياس كفاءة أداء الأنظمة داخل المبني، وهذا عن طريق دمج المعلومات والبيانات اللازمة للتحليل من خلال نموذج BIM، وهناك العديد من تطبيقات التحليل التي تعمل بطريقة المحاكاة، والتي تعمل على تحليل مجالات مختلفة سواء صوتية أو ضوئية أو حرارية أو غيرها ومن أهمها وأشهرها في عملية المحاكاة (The Foundation of Wall and Ceiling Industry 2009).

- **Daysim**: يقوم هذا البرنامج بحساب وتحليل كمية الإضاءة الطبيعية الواصلة للمبنى على مدار العام، كما يقوم بحساب كمية الإضاءة الصناعية المطلوبة لكل نشاط في المبني، وكيفية التحكم فيها.
- **Energy Plus**: أنتجت شركة DOE هذا التطبيق في عام ١٩٩٦، وقد أصبح الآن التطبيق الأول في العالم المستخدم لتحليل الطاقة المستهلكة في عدة أنماط من المباني، سواء الإدارية أو التجارية أو السكنية أو غيرها.
- **Apachesim**: يقوم هذا التطبيق بتحليل الأداء الحراري للمبنى، وذلك من خلال قياس درجات الحرارة للأسطح الخارجية للمبنى على مدار العام.

٣-٤-٣ المرحلة الثالثة: التصميم التفصيلي Detailed Design

تعتبر هذه المرحلة هي المرحلة الأهم والأخيرة في البعد الإنتاجي من العملية التصميمية، إذ أن تلك المرحلة تعتبر بمثابة المرحلة التحضيرية لعملية التنفيذ، ويتم خلالها إعداد الرسومات التنفيذية والتفصيلية الكاملة للتصميم، ويظهر الدور الأكبر والأهم لنموذج BIM في هذه المرحلة، نظرا لكثرة الأنشطة بها، واتساع فريق العمل الهندسي من مختلف التخصصات، ويقدم نموذج BIM تلك المميزات إلى العملية التصميمية.

أ- دمج البرمجيات الخاصة

يمكن دمج مجموعة من البرمجيات الخاصة (Plugged-In) إلى النماذج ثلاثية الأبعاد، والتي يمكنها القيام بإجراء تعديلات فورية للأنظمة الخاصة الموجودة في الفراغات في حالة إجراء تعديلات معمارية عليها، سواء كانت هذه الأنظمة إنشائية أو ميكانيكية أو كهربائية، فعلى سبيل المثال إذا تم تعديل أبعاد فراغ ماء، تقوم العناصر الإنشائية بإعادة حساب نفسها تبعاً للأبعاد الجديدة، وكذلك إذا تم تغيير موقع المشروع في الموقع، يقوم النموذج الرقمي بإعادة حساب كمية الإضاءة والتهوية وتعديل الأنظمة تبعاً لوضع المبني الجديد، كما تقوم بعض البرمجيات المدمجة بجعل المباني متوافقة مع أنظمة LEED وإصدار البيانات المطلوبة للحصول على تلك الشهادة. (Thomsen 2012)

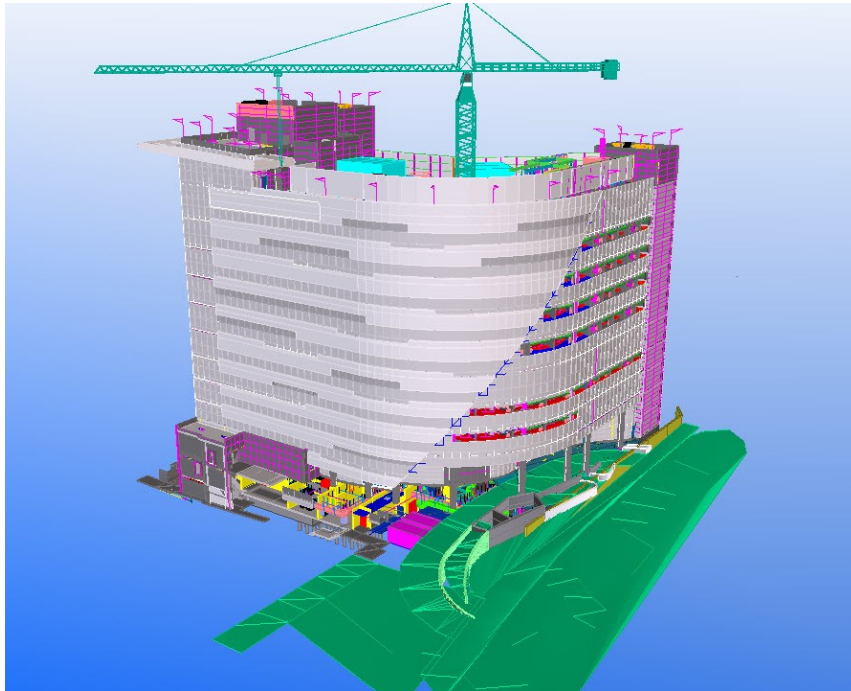
وكلمة LEED هي اختصار لـ 'The Leadership in Energy and Environmental Design' وهي مجموعة من الأسس والمعايير التي وضعتها المؤسسة الأمريكية للمباني الخضراء U.S Green Building Council، وتمنح تلك الشهادة إلي المباني التي تحقق تلك المعايير لتشجيع المماريين في العالم للعمل على تصميم وتنفيذ مباني مستدامة صديقة للبيئة متوافقة مع مناخ الأرض، وذلك بهدف الحفاظ على الطاقة والحد من التلوث بكل أشكاله. (Great River Energy 2009)

ب- إصدار التقارير

يكن الفارق الرئيسي بين برمجيات CAD ونظيرتها من BIM في أن الأولى هي برمجيات للرسم، أما الثانية فهي تعتمد على قواعد البيانات، ويمكن للنموذج BIM إصدار التقارير في عدة صور، إما صورة نصية مكتوبة أو في صورة جداول وبيانات ثنائية الأبعاد، أو في صورة نماذج ثلاثية الأبعاد، ويمكن لفريق العمل في المشروع إصدار تقارير خاصة لأهداف معينة، مثل عمل مجموعة من الرسومات الثلاثية الأبعاد الملونة للعرض على غير المتخصصين يهدف العرض والإظهار، أو إصدار الوثائق والتقارير والرسومات اللازمة لتقديم المشروع إلى جهات الاعتماد، أو إصدار مواصفات أو كميات أو رسومات تفصيلية للموقع بهدف المساعدة في زيادة كفاءة عملية التنفيذ. (Thomsen 2012)

ج- نماذج البعد الرابع 4D والبعد الخامس 5D

يمكن من خلال نموذج BIM دمج مجموعة من المعلومات الخاصة بمتابعة عملية التنفيذ بشكل مرحلي، يمثل البعد الرابع لنموذج BIM إمكانية عرض مرئي (Animation) لعملية التنفيذ خطوة بخطوة، وكذلك يمكن للمستخدم متابعة التنفيذ من خلال هذا النموذج عن طريق إدخال تاريخ معين لمتابعة الانجاز في الموقع، وكذلك متابعة مشكلات التخزين والإمداد الخاصة بالمواد المستخدمة في الإنشاء، ومتابعة طريقة التخلص من النفايات في الموقع، أما البعد الخامس لنموذج BIM فهو متعلق بالتكلفة، فيمكن متابعة تكاليف المشروع أولاً بأول، ومتابعة التأثير الناتج من التأخير أو التقدم في تنفيذ المشروع على التكلفة، وكذلك متابعة مستحقات المقاولين، ومدى تحقيق المشروع للمكاسب المادية. (Thomsen 2012)



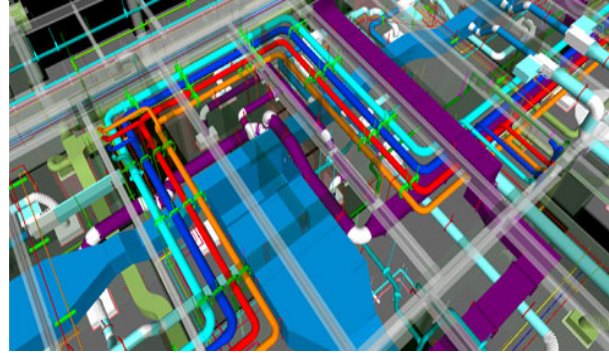
شكل ٦- محاكاة عملية التنفيذ (البعد الرابع والخامس)

د-الكشف عن التداخل بين الأنظمة

يقوم المصمم في حالة استخدام أنظمة CAD التقليدية بمطابقة الرسومات الثنائية الأبعاد الخاصة بالتخصصات المختلفة، وذلك عن طريق وضعها في صورة طبقات Layers فوق بعضها البعض، لكشف التداخل والتعارض بين الأنظمة المختلفة، والتي تم تصميمها سلفا بواسطة استشاريين مختلفين، كوقوع فتحات متعارضة مع عناصر إنشائية، أو تداخل مسارات تكييف مع مسارات تغذية بالمياه، ولكن تلك المطابقة غالبا لا تقوم بحل جميع المشكلات الموجودة في التصميم، ويقدم نموذج BIM هذه الميزة للمصممين والاستشاريين بمختلف تخصصاتهم، إذ يقوم النموذج بشكل تلقائي بمراجعة كافة العناصر والأنظمة، والكشف عن أي تداخل أو تعارض يحدث بينها، وهذا يعطي دقة أكبر للتصميم ويقلل من إمكانية حدوث الأخطاء. (Thomsen 2012)

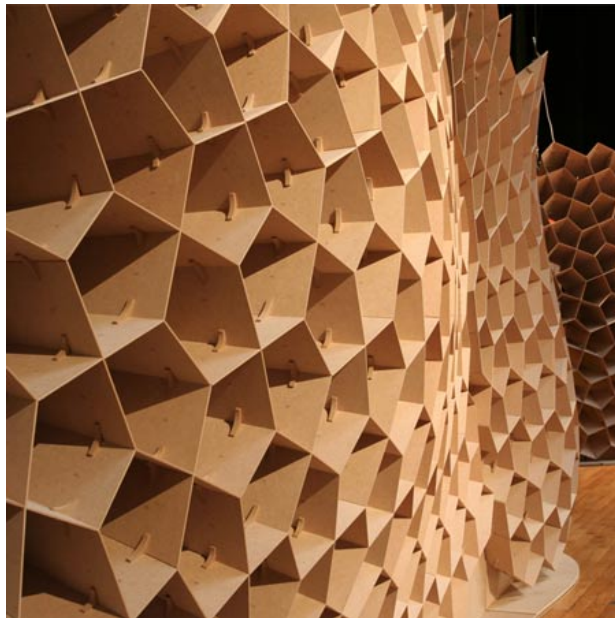


شكل ٨ اكتشاف الأخطاء والتداخل بين الأنظمة في BIM



شكل ٧ تمثيل الأنظمة الميكانيكية في BIM

هـ تصنيع العناصر اللازمة للإنشاء



شكل ٩ بعض الأعمال الخشبية المصنعة بتكنولوجيا CNC

يمكن لنموذج BIM العمل على تصنيع العناصر المعمارية الغير قياسية، والتي قد يحتاجها المشروع بمقاسات وأبعاد ومواصفات خاصة، وذلك عن طريق تكنولوجيا CNC، وقد سبق ذكر أن CNC هي اختصار لكلمة Computer Numerical Control، وتعني التحكم الرقمي بالحاسب الآلي، وتعمل تلك التكنولوجيا بواسطة مجموعة من ماكينات التصنيع التي يتم تغذيتها بنموذج BIM رقمي ثلاثي الأبعاد محدد عليه العناصر المطلوب تصنيعها، ثم تقوم تلك الماكينة بتصنيع التشكيلات المطلوبة من خلال المادة الخام المحددة لعمل التشكيل، ويمكن لتلك الماكينات التعامل مع جميع أنواع المواد الخام بداية من الفوم وحتى المعادن الصلبة، وتتسم تلك التكنولوجيا بقدرتها اللانهائية على صنع أي شكل مهما بلغت درجة تعقيده، فعلى سبيل المثال يمكن تصنيع وحدات الحوائط الستائرية، أو مسارات ومجاري الهواء، أو بعض أعمال النجارة الخاصة. (fastcompany.com)

٣-٥ مميزات استخدام تطبيقات BIM في العملية التصميمية

تعمل العديد من المؤسسات والمكاتب المعمارية الكبرى على تحويل عملها من تطبيقات CAD إلى تطبيقات BIM المتطورة، وذلك لما تقدمه تلك التطبيقات لمجالات التصميم والرسم المعماري، والتي سبق ذكرها، وقد أشارت مؤسسة Autodesk المنتجة لبرنامج Revit مميزات تطبيقات BIM كالآتي:

٣-٥-١ الإنتاجية Productivity

تعتقد معظم المؤسسات المعمارية أن عملية التحول من تطبيقات CAD إلى BIM في العمل، ستعمل على تقليل الإنتاجية خلال فترة التحول، وقد وجدت Autodesk أن معدل الإنتاج يقل بنسبة من ٢٥ إلى ٥٠% أثناء فترة تدريب العاملين الأولى خلال مراحل التحول، ولكن سرعان ما يتم تعويض هذا النقص في الإنتاجية بمرور فترة التدريب، حيث يعود معدل الإنتاج إلى نفس معدلاته السابقة قبل التحول بعد ٣ أو ٤ أشهر من بداية التحول، وفي نفس الفترة يمكن لـ ٥٠% من العاملين زيادة إنتاجيتهم بنسبة ٥٠%، ويمكن لـ ٢٠% من العاملين زيادة إنتاجيتهم بنسبة ١٠٠% (Autodesk 2008).

Task	CAD (hours)	BIM (hours)	Hours saved	Time savings
Schematic design	190	90	100	53%
Design development	436	220	216	50%
Construction documents	1023	815	208	20%
Checking and coordination	175	16	159	91%
Totals:	1,824	1,141	683	

جدول ١ مقارنة بين الوقت المطلوب لإجراء الأنشطة باستخدام CAD و BIM

٣-٥-٢ السهولة Accessibility

تمثل قلة الكفاءة الإنتاجية بسبب عدم التكيف والتأقلم مع التطبيقات الجديدة، أبرز المخاوف التي تواجه المؤسسات الكبرى، أثناء اتخاذ قرار التحول من CAD إلى BIM، خصوصاً مع اعتياد فريق العمل على التعامل مع تطبيقات CAD، وفي الحقيقة إن مطورو تطبيقات BIM قد وضعوا في اعتبارهم أن تلك التطبيقات تدعم العملية التصميمية بشكل أساسي، وتمثل الفئات المتعاملة مع المباني أبرز مستخدمي تلك التطبيقات، لذا فإن تطبيقات BIM متوافقة بشكل كبير مع المعماريين والمصممين، وأسهل في التعلم بكثير من تطبيقات CAD التقليدية.

بدأت مؤسسة Martinez+Cutri المعمارية في استخدام تطبيقات BIM منذ عام ٢٠٠٣، وذلك عن طريق تدريب ٣ من العاملين في المؤسسة في فترة زمنية لا تتجاوز الأسبوعين، فبعد الأسبوع الأول استطاع المتدربون فهم قواعد البرنامج الأساسية، وبعد الأسبوع الثاني، تمكن المتدربون من العمل في مشروعاتهم من خلال استخدام تطبيقات BIM (Autodesk 2008).

٣-٥-٣ سير العمل Work Flow

يسير العمل داخل أي مؤسسة عن طريق التنقل بين الأنشطة المختلفة الخاصة بنوعية هذا العمل، وتتحدد سرعة سير العمل بناء على معدل الانتقال بين تلك الأنشطة، وقد أكد حوالي ٨٢% من العاملين باستخدام تطبيقات BIM في العملية التصميمية، أن تغييرا ايجابيا حدث في معدل سير العمل.

تعمل مؤسسة Glotman-Simpson باستخدام تطبيقات BIM منذ عام ٢٠٠٥، وقد استفادت المؤسسة من تطبيقات BIM في تحسين سير العمل، وذلك عن طريق تنظيم العلاقة بين أفراد فريق العمل، وتحديد المسؤوليات لكل عضو من الفريق، فبعد أن كان المصمم دائما يعطى توجيهات للرسام بعمل قطاعات في أماكن معينة لرؤية تفاصيل محددة، أصبح المصمم قادرا على دراسة تلك التفاصيل وفي الأماكن التي يريدها المصمم، باستخدام النموذج ثلاثي الأبعاد والذي يوفر للمصمم كافة المعلومات والقطاعات المطلوبة، وبالتفاصيل الدقيقة التي يريدها، وبهذا اقتضت مهمة الرسام على بناء النموذج ثلاثي الأبعاد، وليس استنتاج قطاعات كما كان في السابق. (Autodesk 2008)

٣-٥-٤ رفع قيمة التصميم Value

يعتبر انخفاض معدل تكرار الأخطاء الحادثة في عملية الرسم ومطابقة الأعمال باستخدام تطبيقات CAD من أهم مميزات تطبيقات BIM، كذلك فهي تتيح للمصممين فهما أعمق للتصميم عن طريق أدوات التحليل والنمذجة، كذلك فهي تتيح وقتا أطول لتحسين وتطوير الأفكار، مما يعنى تصميمات أكثر قيمة للمالك، كذلك فهي تتيح للمقاولين استلام رسومات على قدر عال من الدقة والجودة في وقت مناسب، ولا تحتوي على الأخطاء المتعارف عليها سابقا.

تستخدم مؤسسة RTKL تطبيقات BIM في تصميمها الحالي لإحدى المستشفيات، ويتم عرض الأعمال على العميل مباشرة في أثناء الاجتماعات باستخدام نماذج BIM، ويرى العميل نتيجة تعديلاته ومتطلباته بشكل فوري من خلال النموذج الثلاثي الأبعاد، كما يرى التغيير في جداول الكميات، ليكون على علم بكافة التأثيرات الناتجة عن تعديلاته، كما تستخدم BIM في إعداد الرسومات التنفيذية. (Autodesk 2008)

٣-٥-٥ تقليل المخاطر Risk

تقدم تطبيقات BIM ميزة التنسيق الأوتوماتيكي بين التخصصات المختلفة بشكل ذاتي، مما يقلل نسبة الأخطار الناتجة عن التنسيق والمطابقة اليدوية المتبعة في تطبيقات CAD التقليدية، وهذا بفعل قاعدة البيانات الموحدة الموجودة داخل البرمجيات.

تشير مؤسسة Donald Powers المعمارية التي استخدمت تطبيقات BIM في أكثر من ٢٠ مشروعا، أن الإنتاجية الخاصة بها نتيجة تقليل المخاطر زادت بنسبة ٣٠%، كما أن كمية التساؤلات المطروحة من قبل المقاولين أثناء عملية التنفيذ قلت بنسبة ٥٠%، بسبب التنسيق الجيد والمدرّوس بين اللوحات الخاصة بالتخصصات المختلفة. (Autodesk 2008)

٥-الخلاصة والنتائج

- تطبيقات CAD الشهيرة والمنتشرة على نطاق واسع في عمليات الرسم المعماري لا تقدم مجموعة متكاملة لإدارة البعد الإنتاجي للعملية التصميمية، بل هي ليست أكثر من تطبيقات للرسم الهندسي.
- الفارق الرئيسي بين تطبيقات CAD وتطبيقات BIM هو أن الأولى تتعامل مع الرسومات من منظور هندسي ليس أكثر، أم الثانية فتتعامل مع الرسومات على أنها عناصر بنائية، لها مجموعة من الخصائص مثل الأبعاد والخامة والتشطيب والقدرة على العزل الحراري والصوتي وغيرها من الخواص.
- النموذج التخيلي للمبني أو نموذج BIM، يلعب دورا هاما في جميع مراحل البعد الإنتاجي في العملية التصميمية، وبالتالي فيمكن لتطبيقات BIM أن تدير البعد الإنتاجي بشكل كامل دون الاستعانة بأي برمجيات خارجية مساعدة، مثلما هو الحال مع تطبيقات CAD.
- نموذج BIM هو نموذج تخيلي للمبني المراد إنشاؤه، يحتوي على كافة العناصر المعمارية والإنشائية، وجميع الأنظمة الكهربائية والميكانيكية اللازمة لتشغيل المبني، وتقوم جميع تلك الأنظمة بتعديل نفسها وإعادة حساب مكوناتها في حالة حدوث أي تعديل في التصميم المعماري ذاته، كما يقوم نموذج BIM باختبار كافة الأنظمة الموجودة في المبني واكتشاف أي تداخل أو تعارض فيما بينها ويقوم بحله، مما يجنب العديد من مشكلات التنفيذ في الموقع.
- نموذج BIM يقدم للمعماري كافة جداول التشطيبات والفتحات والكميات والمواصفات اللازمة للتنفيذ، وكذلك يمتاز نموذج BIM بخاصية البعد الرابع 4D والتي تقدم عرضا مرئيا Animation لعملية التنفيذ بشكل كامل بكافة مراحلها، وكذلك خاصية البعد الخامس 5D المتعلقة بمتابعة تكلفة التنفيذ وتأثير التقدم أو التأخر في العمل على تكلفة المشروع.
- استخدام تطبيقات BIM في البعد الإنتاجي للعملية التصميمية يوفر تقريبا ٣٥% من الوقت المستهلك في حالة استخدام تطبيقات CAD التقليدية في نفس المشروع.

٦- المراجع

المراجع العربية

١. أشرف عبد المنعم السعيد جعفر، تطبيقات الكمبيوتر في العمارة "تقييم وتحكيم المشروعات المعمارية"، رسالة ماجستير، كلية الهندسة بشبرا - فرع بنها - جامعة الزقازيق، ١٩٩٠

المراجع الأجنبية

2. **BIM and Algorithmic Form Finding**. Autodesk White Paper. Autodesk INC. USA. 2007
3. Eastman, C. **Building Product Model: Computer Environments Supporting Design and Construction**. CRC Press. 1999
4. Eastman, C. & Others. **Specifying Parametric Building Object Behavior (BOB) for a Building Information Modeling System**. Automation in Construction. 2006
5. Gero, J. **Design prototypes: a knowledge representation schema for design**. AI Magazine. Vol 11. American Association for Artificial Intelligence. Winter 1990
6. Holness, Gordon. **Building Information Modeling Gaining Momentum**. ASHRAE Journal. June 2008
7. Howell, Ian & Batcheler, Bob. **Building Information Modeling Two Years Later – Huge Potential, Some Success and Several Limitations**. Newforma Publication. 2005
8. Jones, Christopher. **Design Methods: Seeds of Human Future**. , John Willy & Sons, London, 1980
9. Jones, J & Thornley,D. **Conference on Design Methods**. Pergemon Press. London. 1963
10. Lawson, Bryan. **How Designers Think**. Architectural Press. Oxford. 2005.
11. Oppenheimer, Nat. **An Enthusiastic Sceptic** AD Magazine (Closing The Gap – Information Models In Contemporary Design Practice). March-April 2008
12. Royal Institute of British Architecture, (RIBA). **Hand Book of Architecture & Management**. The RIBA Publication. London. 1973
13. Schmitt, G. **Micro Computer-Aided Design, For Architects & Designers**. John Willy & Sons. New York. 1988
14. **The Five Fallacies of BIM**. Autodesk With Paper. Autodesk INC. USA. 2008
15. The Foundation of Wall and Ceiling Industry. **Building Information Modeling: Understanding and Operating in a New Paradigm**. Words & Images Publishing. USA. July 2009
16. Thomsen, Charles. **BIM: Building Information Modeling**. Design Advocacy Group. Philadelphia-USA . 2012
17. **A white Paper on Building for Platinum LEED Certification**, Great River Energy, USA, March 2009

مواقع الانترنت

- <http://www.laiserin.com>
- <http://www.webopedia.com>
- <http://www.fastcompany.com>