مجلة جامعة الملك سعود، م٢٤، *العمارة والتخطيط* (٢)، ص ص ١-٣٢، الرياض (٢٠١٢م/١٤٣٣هـ)

منهجية دمج إستراتيجيات التصميم المستدام في تقنية نمذجة معلومات البناء (BIM): الإمكانيات الحالية والاحتمالات المستقبلية

حنان سليمان عيسى محمد

المدرس بقسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة بالمطرية، جامعة حلوان
dr.hananSuliman@yahoo.com

(قدم للنشر في ١٤٣٢/٣/٢هـ؛ وقبل للنشر في ١٤٣٢/٩/١٣هـ)

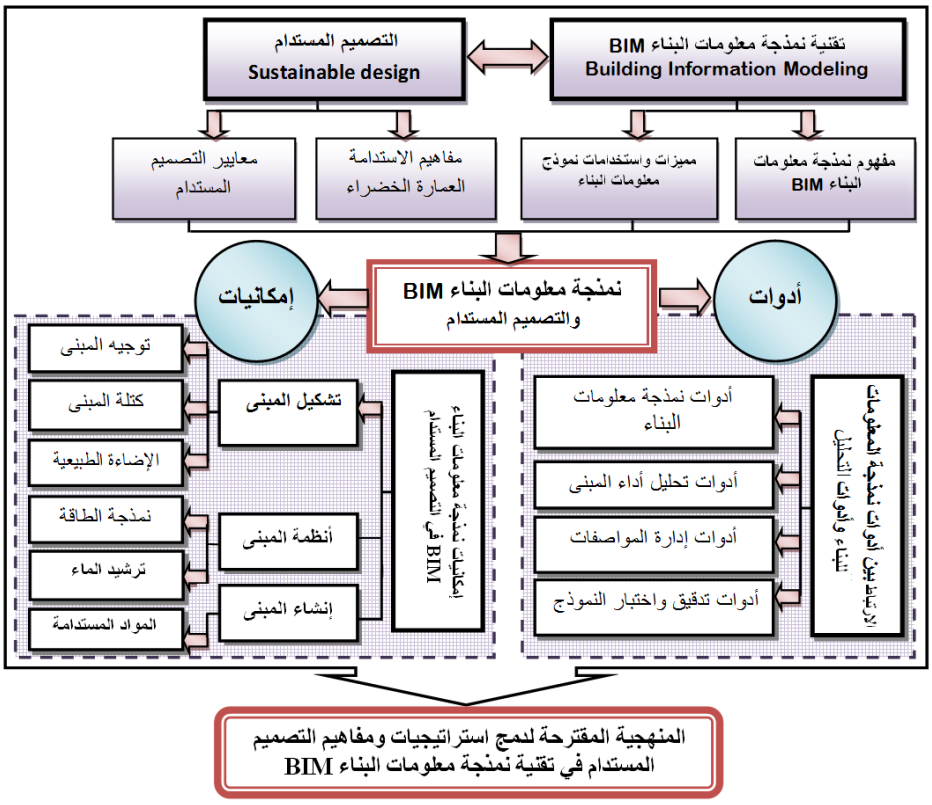
الكلمات المفتاحية: نمذجة معلومات البناء، إستراتيجيات الاستدامة، التصميم المستدام، العمارة الخضراء، أدوات تحليل الأداء، LEED.

ملخص البحث. إن الاستعانة بالنماذج الرقمية في العمارة أتاح للمصممين الدقة والسرعة في الأداء ومكّنهم من الوصول لعدد أكبر من البدائل التصميمية مع سهولة التشكيل والتغيير والتنويع، إلا أن معظم التطبيقات التي استخدمت مسبقاً كانت لا تحتوي على المعلومات الكافية لتحليل أداء المباني وتقييمها، بينما ظهرت مؤخراً أدوات أكثر تطوراً تمثل المبنى كقاعدة بيانات متكاملة من المعلومات المنسقة (مثل: كميات المواد وخصائصها، أداء الطاقة، كفاءة الإضاءة، خصائص الموقع، معلومات التنفيذ ... إلخ)، وهذه المعالجة الجديدة في التصميم، والتي تختلف تماماً عن الاستخدام التقليدي لبرامج CAD، أُطلق عليها "نمذجة معلومات البناء" Building Information Modeling (BIM)، وهي منهجية لنمذجة معلومات المبنى وبياناتها بصورة رقمية، وتشمل إحداث تغييرات في عمليات التصميم والتنفيذ، ولها القدرة على توجيه التصميم لاتجاه أكثر استدامة كجزء من العملية التصميمية بطرق أكثر كفاءة مما كانت عليه منذ سنوات قليلة، وعلى الرغم من أن التصميم المستدام يبدو معقداً، إلا أن التطورات الأخيرة في تقنيات نمذجة معلومات البناء BIM جعلت طرقه وأساليبه أكثر سهولة، ومكّن الاتصال بين نموذج معلومات البناء وأدوات التحليل المصممين من تقييم التصميمات المقترحة وتحديد إن كانت ستحقق الأداء المطلوب منها والمظهر والتكلفة بعد الانتهاء بشكل دقيق، مما سيساعدهم على تنفيذ المشاريع بشكل أسرع وأفضل من الناحية الاقتصادية، بالإضافة إلى تقليل الآثار السلبية على البيئة، وبذلك تمثل نمذجة معلومات البناء BIM أداة فعالة في إطار المساعي العالمية الرامية لتحويل قطاع البناء إلى نموذج أكثر استدامة.

وفي هذا الإطار يستعرض البحث المفاهيم الأساسية لكل من التصميم المستدام وتقنية نمذجة معلومات البناء والإمكانيات الحالية لتقنية نمذجة معلومات البناء BIM والمميزات الأساسية لها في توجيه التصميم المستدام، كما يعرض أنواع التحليلات والأدوات التي يستخدمها النموذج لتحسين التصميم وبناء الأفكار للاستدامة.

ويهدف البحث إلى الوصول لمنهجية دمج إستراتيجيات التصميم المستدام ومفاهيمه في تقنية نمذجة معلومات البناء BIM، واستكشاف الاحتمالات المستقبلية لهما وتسخير إمكانات تقنية نمذجة معلومات البناء BIM في تسهيل حلول التصميم المستدام للوصول لمبانٍ صديقة للبيئة يتم تصميمها وتنفيذها وتشغيلها بأساليب وتقنيات تسهم في الحد من تأثيرها على البيئة.

هيكل البحث



(١) مقدمة

في بداية العقد الثامن من القرن العشرين، بدأ المعماريون باستخدام برامج الكاد CAD، وأصبحت ملفات مثل DWG (وهو تنسيق للملفات التي تستخدم لتخزين البيانات المتعلقة بالتصميمات ثنائية وثلاثية الأبعاد) تتداول بشكل واسع بين المعماريين عوضاً عن اللوحات الورقية مستغلين تقنية الطبقات layers التي صاحبت برامج الكاد CAD، ومع بداية التسعينيات ظهرت تقنية

Object Oriented CAD، ومضمون هذه التقنية هو إمكانية تخزين بيانات لا رسومية non-graphical (أسعار، كميات، الشركة المصنعة، المادة، الأبعاد ... إلخ) في الكائنات الرسومية graphical (مثل الخط، الجدار، النافذة ... إلخ) بما يعرف بـ"blocks"، الأمر الذي جعل أتمتة عملية استخلاص الجداول وعمل قاعدة البيانات وإدارتها ممكنة طوال فترة عملية التصميم، وهذه المعالجة في التصميم تختلف تماماً عن الاستعمال التقليدي لبرامج CAD، وتلك كانت نقطة الشروع لما أُطلق عليه "نمذجة معلومات البناء" Building Information Modeling (BIM) (Eastman, 2008).

(٢) نمذجة معلومات البناء
Building Information Modeling

تعتبر هذه التقنية مفتاحاً لمنهجية التصميم والتوثيق، وأحدثت تغييراً في نظرة المصممين والمنفذين لكامل عملية البناء ابتداءً من مراحل التصميم الأولية إلى مرحلة إعداد الرسومات التنفيذية، ثم إلى مرحلة التنفيذ الفعلي، وأخيراً إلى مرحلة الإدارة للمبنى بعد التنفيذ (Krygiel and Nies, 2008). ومفهوم هذه التقنية يشتمل على مجموعة من الوظائف ويتضمن المفاهيم التالية (Lee *et al.*, 2008):

- البناء Building: وتمثل دورة الحياة الكاملة لعملية البناء.
- المعلومات Information: البيانات والمعلومات للبناء المشتقة من كل مرحلة وتلحق بعناصر المبنى.
- النمذجة Modeling: وهي أداة الدمج والقاعدة التي تنتج وتسيطر على مصادر هذه المعلومات والبيانات.

(٢,١) مفهوم نمذجة معلومات البناء

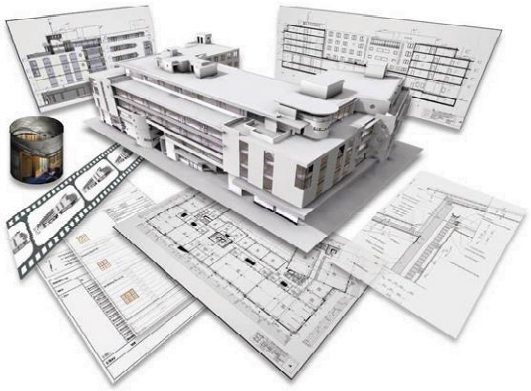
هي المنهجية والعملية التي تتم لإدارة معلومات وبيانات المبنى بصورة رقمية خلال دورة الحياة الكاملة له، وبدأت هذه المنهجية بالفعل في التأثير على طريقة عمل كلٍّ من المصممين والاستشاريين والمنفذين، ويحاكي نموذج معلومات المبنى عملية البناء في بيئة افتراضية تتضمن نماذج ثلاثية الأبعاد لكافة عناصر المشروع وذات علاقات بجميع المعلومات التي ترتبط بأجزاء التصميم، ومن خلال استخدام مجموعة من البرامج يمكن أن تشير إلى إمكانية المبنى في التنفيذ الفعلي وتجريبه وإجراء التعديلات في المشروع قبل أن يصبح حقيقياً، ومن خلال نموذج معلومات البناء يتم وصف عمليات الإنشاء والمعلومات المتصلة أو الملحقة بهذه النماذج وطبيعة العلاقات بين النماذج الفردية والمكونات والعناصر والمعلومات (Kymmell, 2008).

وتعتمد نمذجة معلومات البناء BIM على تقنية النماذج البارامترية، وهي التقنية التي تستند على قاعدة متكاملة للعلاقات بين البيانات تخزن عليها مجموعة متكاملة من وثائق التصميم مع نموذج لسلوك الكائنات المرسومة، أي تتضمن البيانات المخزونة بهذه الكائنات ما يفسر تفاعلها مع محيطها لتقديم

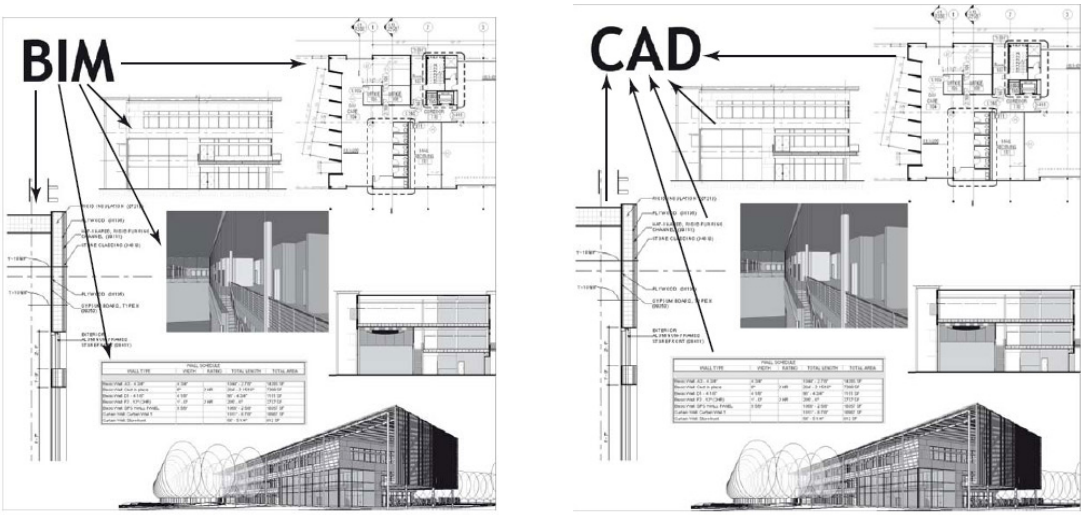
معلومات المبنى بفاعلية وديناميكية، وكما تعتبر برامج جداول الحسابات spreadsheet أداةً للتفكير بالأرقام، كذلك البرامج التي تُبنى على التقنية البارامترية تعتبر أداة للتفكير في المبنى وكما يحدث عند تغيير أي مكان في الجداول يتوقع التعديل في كل مكان في الجدول بدون تدخل آخر من المستخدم، كذلك أي تغير في أي عنصر في النموذج البارامتري للمبنى ينعكس مباشرة على باقي أجزاء المشروع بالكامل في النموذج (Autodesk, Inc., 2005) (الشكل رقم ١).

الشكل رقم (١). النموذج البارامتري والذي يساعد على دمج قرارات التصميم والتفاصيل في النموذج الرقمي لكي تنتقل رؤية المصمم مع النموذج (Autodesk, Inc., 2007).

ويستخدم نموذج معلومات البناء في التوليد الأوتوماتيكي للرسومات التجريدية التقليدية للمبنى مثل المساقط والوجهات والقطاعات والتفاصيل والجداول، والتي لا تمثل مجرد مجموعة من الخطوط المنسقة يدوياً، ولكنها تمثيل تفاعلي من النموذج تعمل في إطار أساسه النموذج (الشكل رقم ٢)، مما يضمن أن أي تغير في أي عنصر من النموذج سوف ينتقل إلى باقي أجزاء النموذج، فمثلاً عند تحريك حائط في المسقط الأفقي فإنه ينعكس مباشرة وتظهر هذه التغيرات ديناميكياً على الواجهات والقطاعات وكتلة المبنى وعلى الجداول، على عكس أنظمة CAD حيث يتم رسم جميع الوثائق منفصلة عن بعضها بعضاً، وهي بذلك تعتبر مجموعة من الملفات المولدة يدوياً، بينما في الأنظمة المعتمدة على نمذجة معلومات البناء يتم تركيز الجهد على نموذج معلومات البناء وفكرة الملف الواحد الذي يشمل النموذج وجميع طرق تمثيله موجودة في ملف واحد يمثل معلومات المبنى وله القدرة على توليد المساقط والواجهات والقطاعات والتفاصيل والجداول فيما بعد (Krygiel and Nies, 2008) (الشكل رقم ٣).



الشكل رقم (٢). جميع أشكال المعلومات التي يمكن أن نأخذها من نموذج معلومات البناء (Kymmell, 2008: p. 28).



الشكل رقم (٣). الفرق بين أنظمة CAD ونمذجة معلومات البناء BIM (Kymmell, 2008: p. 28).

(٢,٢) مميزات نمذجة معلومات البناء

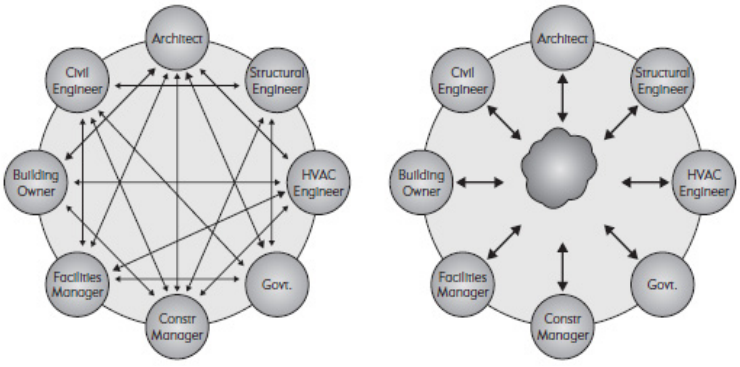
إن ما يدعو إلى تبني أي تقنية جديدة هو حتماً تقديمها لحلول أكثر فعالية عن سابقاتها، وكذلك الحال هنا فتقنية نمذجة معلومات البناء لو قورنت بسابقتها سنجدها قدمت مميزات عديدة يمكننا تلخيصها بصورة عامة فيما يلي (Azhar, Hein and Sketo, 2008):

- سرعة في الأداء وجودة وإنتاجية عالية: إذ إن عمليتي التصميم وإعداد الوثائق (الجداول، المواصفات، الكميات، ...) تتمان بصورة متزامنة وليست تتابعية، ففي أي مرحلة أثناء عملية التصميم يمكن الحصول على أي متطلب، سواء كان رسماً أم جدولاً ... إلخ (الشكل رقم ٢)، وكذلك في مرحلة التنفيذ فإنه يمكن للمنفذ استخراج الكميات وإعداد كشوف التكاليف، بل وحتى تعليمات المصنع فيما يتعلق بتركيب وتثبيت مكونات المبنى.
- تحسين التصميم: أثناء العملية التصميمية يحتاج الفريق المعماري إلى تعقب خيارات وبدائل التصميم الممكنة، ويتيح نموذج معلومات البناء ذلك من خلال توافر المعلومات وإمكانية تطوير ودراسة بدائل التصميم المتعددة وإجراء المقارنة بينها لاختيار الحل الأمثل متزامناً مع النموذج.
- التحكم في التكاليف: من خلال قدرة النموذج على التزويد بالمعلومات والجداول وكميات مكونات المبنى والتي تلحق بقاعدة بيانات المبنى وإمكانية حساب الكميات مع تحديد التكلفة، وكذا الحال في مرحلة التنفيذ فالنموذج يوفر معلومات دقيقة للغاية مما يقلل من تكاليف عملية إدارة تنفيذ المبنى.

- تنسيق أفضل في العمل: سلسلة المعلومات بين فريق العمل لها العديد من الفرص لسوء الانتقال، ومعظم المعلومات يعاد إنتاجها بوفرة كطريقة للتأكد من الخطأ، بينما نموذج معلومات البناء يوفر البيئة التعاونية لجميع التخصصات المشتركة في المشروع، فبذلك يمكننا توفير معظم الجهود الضائعة وتحسين عملية الاتصال بين فريق العمل، ونُركز أكثر الوقت على تحسين التصميم وتعجيل التنفيذ (الشكل رقم ٤ و ٥).

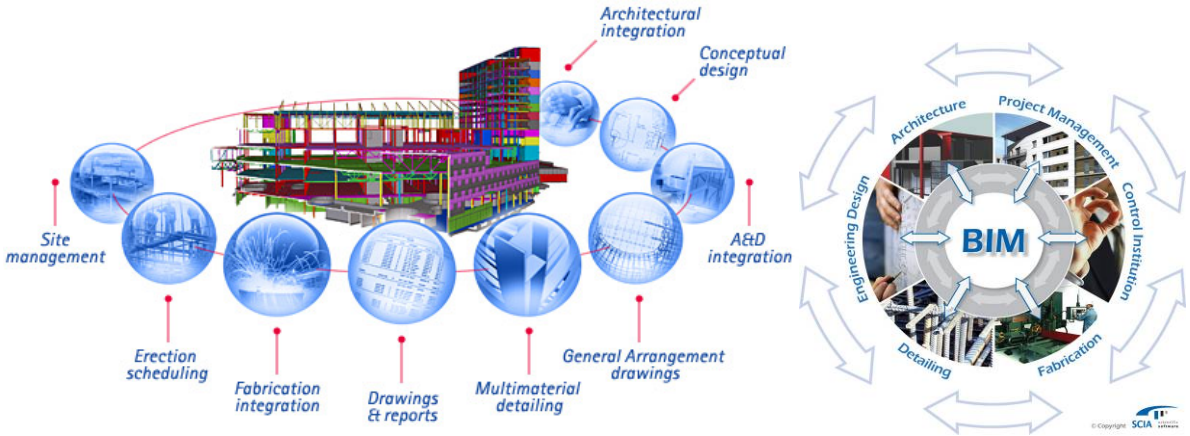
(٢,٣) استخدامات نموذج معلومات البناء

تتعدى استخدامات نموذج معلومات البناء كونه وسيلة للرسم مرة واحدة كطريقة لتسريع عملية توثيق التصميم إلى مجموعة كبيرة من الفوائد نتجت من قدرة النموذج على إدراك المبنى افتراضياً على شكل قاعدة بيانات خلال جميع مراحل العملية التصميمية، وهذا يسمح لنا برؤية قاعدة البيانات ببساطة لنحصل على صور مختلفة من المبنى، وهذه الصور يمكن أن تأخذ شكل مساقط أفقية أو واجهات أو قطاعات أو جداول، وأي شيء يضاف إلى قاعدة بيانات المبنى يمكن أن يحسب ويقاس عن طريقة فاعلية هذه الطريقة، ويمكن أن نتصور نفس المشروع بطرق متنوعة مما يوفر وقت توصيل معلومات التصميم، وتعددت الاستخدامات من مرحلة التصميم والتوثيق إلى مرحلة التنفيذ والى مرحلة التشغيل، والكثير والكثير من الأفكار يمكن أن تدرج وتكون قادرة على أن تتكامل بسهولة داخل عملية التصميم والتنفيذ (Krygiel and Nies, 2008: pp. 38-40) (الشكل رقم ٦)، وسنعرض أهم هذه الاستخدامات وكيف يمكن أن تؤثر على المبنى في النقاط التالية:



الشكل رقم (٤). الفرق بين الاتصال التقليدي بين فريق العمل وبين عملية الدمج بين فريق العمل باستخدام نموذج BIM (Smith and Tardif, 2009: p. xx).

الشكل رقم (٥). الدمج بين فريق العمل باستخدام نموذج BIM <http://www.ddscad.com/>.



الشكلِ رقم (٦). الإمكانيات المتعددة لنمذجة معلومات البناء BIM.

<http://www.standardsupplies.com/uploads/images/TS-workflow.jpg>
<http://www.scia-online.com/en/bim-building-information-modeling.html>

- الوثائق المتكاملة Integrated Documents: جميع رسومات المبنى تُمثل ضمن نموذج معلومات البناء وتوضع في قاعدة بيانات متكاملة واحدة (الشكل رقم ٢)، وتنسيق هذه المستندات يتم آلياً لأن النموذج يعتبر هيكل قاعدة البيانات، وبعد وضع الرسومات في اللوحات تقوم الإشارات المرجعية بتنسيقها، ومع ازدياد تعقيد المبنى تزداد عدد اللوحات في مجموعة وثائق التنفيذ، وبمجرد عمل النموذج ثلاثي الأبعاد للمبنى يمكن بسهولة تركيب نماذج معمارية وإنشائية وميكانيكية عليه واختبار وفحص التداخلات والتعارض داخل تصميم المبنى، ويوجد العديد من برامج نمذجة

معلومات البناء يمكنها أن تقوم بهذه العملية أوتوماتيكياً وتعطي تقارير عن التقاطعات بين مكونات المبنى.

- التصور المرئي Visualization: واحدة من أهم الاستخدامات لنموذج معلومات البناء، فمن خلال النموذج ثلاثي الأبعاد يمكن رؤية المبنى بالكامل من جميع الزوايا وتخيل المبنى في الموقع قبل البدء في البناء الفعلي، وذلك يعتبر أداة هامة ليس لأنها فقط تساعد في التصميم وفي تصور الفراغات، ولكنها أيضاً تساعد على توصيل وتوضيح أفكار التصميم إلى فريق العمل والزبائن والاستشاريون.
- المحاكاة ثلاثية الأبعاد 3D Simulation: حيث يسمح نموذج معلومات البناء بعمل محاكاة ثلاثية الأبعاد للمبنى بجميع مكوناته، وتتجاوز هذه المحاكاة إظهار النظم المستخدمة في المبنى إلى إظهار تأثير التغيرات البيئية على تصميم المبنى وعلى حساب كميات المواد وتقديرات وقت التنفيذ، فعلى سبيل المثال تمكّننا المحاكاة من رؤية تأثير إضاءة الشمس على المبنى في منتصف النهار وتوضيح أهمية استخدام كاسرات الشمس للعميل.
- قاعدة بيانات لمواد البناء Materials Database: نظراً لأن نموذج معلومات البناء يخلق قاعدة بيانات للمبنى الافتراضي، فإن عناصر المبنى يمكن تمثيلها بخصائصها الفيزيائية، فمثلاً عند إضافة حائط للنموذج فإنه يتيح لك عمل جدول لخصائص الحائط مثل السمك والارتفاع ومادة البناء وجميع المعلومات حول الحائط وأي عناصر أخرى داخل النموذج، ويمكن أن يعطي تفاصيل أكثر عن مسطح وعدد وحدات الطوب المستخدم في بناء الحائط، وجميع هذه البيانات يتم تعديلها أوتوماتيكياً عند الإضافة أو الحذف للحوائط في النموذج، ونظراً لتوافر المعلومات عن كميات المواد فيمكن بسهولة إضافة سعر الوحدة لهذه الكميات، وبالتالي حساب التكلفة الكلية للمشروع، ويجب تمثيل التفاصيل لعناصر المبنى في النموذج بدقة حتى يمكن استخدامها في جميع الدراسات الخاصة بالمبنى.
- إستراتيجيات الاستدامة Sustainability Strategies: من أهم مميزات نموذج معلومات البناء هو إمكانية استخدام نموذج المبنى ثلاثي الأبعاد في التطبيقات الأخرى لتسريع الدراسات المطلوبة لتحقيق مبادئ التصميم المستدام مثل تحليلات الطاقة والإضاءة الطبيعية وإعطاء تقارير عن المسطحات والكميات لعمل الحسابات الخاصة (مثل طاقة الشمس لدراسة التوجيه ومسطح السقف للألواح الشمسية، والإضاءة الطبيعية، والمواد، وكميات الأمطار التي يمكن أن يأخذها مسطح السقف لتحديد حجم الخزان، وإعادة تدوير المحتويات عن طريق إضافة المتغيرات المطلوبة للجداول والمواد

داخل نموذج معلومات البناء، كما يمكننا حساب كميات المحتويات المعاد تدويرها ضمن المواد المعطاة أو كامل المشروع)، وهذا ما سيتم دراسته تفصيلياً لاحقاً في البحث.

- تخطيط التنفيذ Construction Planning: يساعد نموذج معلومات البناء في تصور كافة مراحل التنفيذ وذلك من خلال تقسيم النموذج إلى مراحل منفصلة على فترات منتظمة بما يسمى تقنية البعد الرابع 4D، مما يساعد على توفير الوقت في موقع العمل. كما يمكن ربط مخرجات تطبيقات نمذجة معلومات البناء مباشرة ببرامج وتطبيقات التخطيط مثل "بريمافيرا" Primavera، و"مايكروسوفت بروجكت" Microsoft Project، مما يسمح مع تقدم أعمال التنفيذ أن يتابع ويشترك جميع القائمين على المشروع من أماكن مختلفة في مصادر المعلومات من خلال بيئة إدارة النموذج.
- إدارة المبنى بعد الإشغال Post Occupancy Management: بمجرد الانتهاء من بناء المشروع، فإن نموذج معلومات البناء ما زال أداة مفيدة لمستعملي المبنى لتحديد أماكن تجهيزات المبنى والمساعدة في الإدارة.

(٣) التصميم المستدام
Sustainable Design

بدأ العالم يعترف بالارتباط الوثيق بين التنمية الاقتصادية والبيئة، وقد تنبه المتخصصون إلى أن الأشكال التقليدية للتنمية الاقتصادية تنحصر في الاستغلال الجائر للموارد الطبيعية، وفي نفس الوقت تتسبب في إحداث ضغط كبير على البيئة نتيجة لما تفرزه من ملوثات ومخلفات ضارة، ومن هنا ظهر مفهوم التنمية المستدامة Sustainable Development التي تُعرف على أنها "تلبية احتياجات الأجيال الحالية دون الإضرار بقدرة الأجيال القادمة على تلبية احتياجاتها". من هنا نشأت في الدول الصناعية المتقدمة مفاهيم وأساليب جديدة لم تكن مألوفة من قبل في تصميم وتنفيذ المشاريع، ومن هذه المفاهيم "التصميم المستدام"، و"العمارة الخضراء"، و"المباني المستدامة"، هذه المفاهيم جميعاً تعكس الاهتمام المتنامي لدى القطاعات العمرانية بقضايا التنمية الاقتصادية في ظل حماية البيئة وخفض استهلاك الطاقة والاستغلال الأمثل للموارد الطبيعية، والاعتماد بشكل أكبر على مصادر الطاقة المتجددة.

(٣,١) مفاهيم التصميم المستدام والعمارة الخضراء

التصميم المستدام، العمارة الخضراء، المباني المستدامة، البناء الأخضر، هذه المفاهيم جميعها ما هي إلا طرق وأساليب جديدة للتصميم والتشييد تستحضر التحديات البيئية والاقتصادية التي ألقت بظلالها على مختلف القطاعات في هذا العصر ولها أصوله المرتبطة بأزمة الطاقة في السبعينيات، حيث نشطت الجهود لحماية البيئة وتحقيق التصميم المستدام خلال فترة الثمانينيات والتسعينيات من القرن العشرين، وبدأ

المعماريون باستكشاف وبلورة التصاميم المعمارية والتي ركزت على التأثير البيئي طويل المدى أثناء تشغيل وصيانة المباني، وكانوا ينظرون لما هو أبعد من "التكاليف الأولية" initial costs للبناء، فالمباني المستدامة هي المباني التي يتم تصميمها وتنفيذها وتشغيلها بأساليب وتقنيات متطورة تسهم في تقليل الأثر البيئي، وفي نفس الوقت تقود إلى خفض التكاليف، وعلى وجه الخصوص تكاليف التشغيل والصيانة O/M Costs، كما أنها تسهم في توفير بيئة عمرانية آمنة ومريحة (Yudelson, 2007).

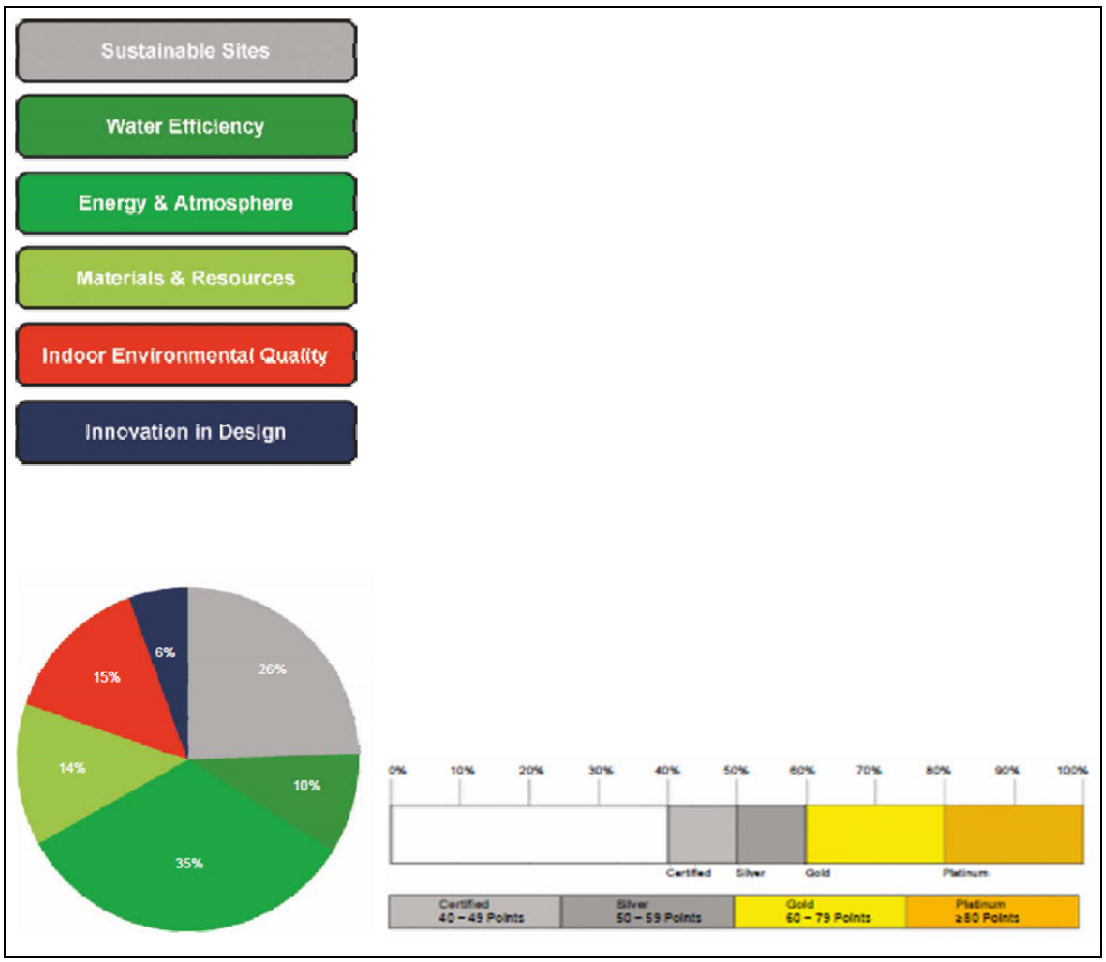
(٣,٢) معايير التصميم المستدام والمباني الخضراء

الاتجاه العالمي نحو الاستدامة ومبادرات التصميم الأخضر وتطبيقات التصميم المستدام أدت إلى ظهور العديد من التنظيمات حول العالم، وظهرت بعض الأنظمة لتقييم أداء المباني مثل معيار (BREEAM) الذي تم تطبيقه في بريطانيا عام ١٩٩٠م، ومعيار "الريادة في الطاقة والتصميم البيئي" (LEED) في الولايات المتحدة الأمريكية وهو اختصاراً للعبارة Leadership in Energy and Environmental Design، وهذا المعيار الأخير تم تطويره بواسطة المجلس الأمريكي للبناء الأخضر U.S. Green Building Council (USGBC)، وتم البدء بتطبيقه في عام ٢٠٠٠م، والآن يتم منح شهادة (LEED) للمشاريع المتميزة في تطبيقات العمارة المستدامة الخضراء، ويتكون من قائمة من المعايير تستخدم في الحكم على مدى التزام المبنى بالضوابط الخضراء، وتهدف معايير (LEED) إلى إنتاج بيئة مشيدة أكثر خضرة، ومبانٍ ذات أداء اقتصادي أفضل، ويتم تزويد المعماريين والمهندسين والمطورين والمستثمرين بهذه المعايير، وعن طريق تطبيقها يتم التوصل إلى المباني المستدامة (Yudelson, 2008: pp. 2-4)، وصُنفت إلى ستة معايير رئيسية هي (Yudelson, 2008: p. 17):

- اختيار الموقع المناسب وتطوير الاستدامة البيئية له (البنية التحتية، البيئة، الطرق ووسائل المواصلات ... إلخ).
- الاستعمال الأكفأ لمصادر المياه (تخفيض الاستهلاك، المعالجة، البحث عن مصادر بديلة ... إلخ).
- كفاءة الطاقة (استعمال مصادر الطاقة المتجددة، حماية المصادر الطبيعية، ترشيد الطاقة ... إلخ).
- الحفاظ على مواد البناء (تقليل استهلاكها وترشيد استهلاك المواد الطبيعية، إعادة التدوير، استخدام المواد المحلية، تقليل الهالك ... إلخ).
- حماية وتحسين كفاءة البيئة الداخلية (الإضاءة، التهوية، الحرارة، الراحة الداخلية).
- الإبداع في التصميم (الأداء النموذجي لمعايير LEED، استخدام المتخصصين، تكامل التصميم، دمج فريق العمل).

ووفقاً لهذه المعايير يتم منح نقاط للمبنى في جوانب مختلفة، وبعد تقدير النقاط لكل جانب من

قبل اللجنة المعنية يتم حساب مجموع النقاط الذي يعكس تقدير (LEED) وتصنيفها للمبنى المقصود، فالمبنى الذي يحقق مجموع نقاط يبلغ ٣٩ نقطة يحصل على تصنيف (ذهبي)، وهذا التصنيف يعني أن المبنى يخفض التأثيرات على البيئة بنسبة ٥٠٪ على الأقل مقارنة بمبنى تقليدي مماثل له، أما المبنى الذي يحقق مجموع نقاط يبلغ ٥٢ نقطة فيحوز على تصنيف (بلاتيني)، وهذا التصنيف يعني أن المبنى يحقق خفض في التأثيرات البيئية بنسبة ٧٠٪ على الأقل مقارنة بمبنى تقليدي مماثل (الشكل رقم ٧).



الشكل رقم (٧). معايير التصميم المستدام والمباني الخضراء طبقاً لمعيار (LEED) (Bauer *et al.*, 2010: p. 16).

(٤) نمذجة معلومات البناء والتصميم المستدام (أدوات – إمكانيات)

النماذج الرقمية للمباني في معظم التطبيقات الحالية ليس لديها القدرة على تحليل محاكاة وتقييم أداء المباني، وبذلك لا تستطيع تزويدنا بالمعلومات الكافية لتصميم المباني المستدامة، كما في النماذج والرسومات التقليدية حيث يتم تقييم أداء المباني اعتماداً على عملية التمثيل والإظهار التقليدي باستخدام الكاد CAD، مما يتطلب الكثير من التدخل والتفسير الإنساني، بينما نموذج معلومات البناء يقدم المبنى كقاعدة بيانات متكاملة من المعلومات المنسقة المطلوبة لتحقيق سمات عديدة من التصميم المستدام أو للحصول على شهادة (LEED)، على سبيل المثال يمكن الحصول على جداول لعناصر المبنى مباشرة من النموذج لتحديد النسب المئوية للمواد المعاد استعمالها، أو يمكن إعادة تدويرها أو الحفاظ عليها، كما يمكن دراسة وتعقب خيارات التصميم المختلفة للاستدامة من النموذج من خلال إمكانيات تقنيات التصور المرئي والمحاكاة.

ولكي تصدق المشاريع من معيار الريادة في الطاقة والتصميم البيئي (LEED) تحتاج إلى الكثير من الاعتمادات بأن هذه الرسومات صالحة للحصول على شهادة (LEED)، وباستخدام نموذج معلومات البناء تنتج هذه الرسومات بكفاءة عالية كجزء من النموذج والذي له خواص مماثلة لأنظمة المبنى من حيث إن كل العناصر في النموذج لها علاقات بارامترية ببعضها بعضاً، فإضافة باب في حائط يضيف فتحة في الحائط ويزيل من مادة بناء الحائط ويضيف باب لجداول الأبواب ... وهكذا، وبالتالي لا يضطر المستخدم أن يتدخل لتعديل الرسومات، ويساعد الفهم والاستغلال النموذجي لهذه العلاقات الداخلية على تسريع وتحسين الإستراتيجيات والتقنيات للتصميم المستدام عالي الأداء (Autodesk, Inc., 2009).

(٤,١) أدوات نمذجة معلومات البناء وتحليلات التصميم المستدام

يعتبر نموذج معلومات البناء أداة هامة لتحقيق العديد من سمات التصميم المستدام الناجح، حيث يمكن أن يستخدم مرتبطاً مع مجموعة من أدوات التحليل الأخرى لقياس معايير الاستدامة، وفيما يلي سيتم عرض هذه الأدوات.

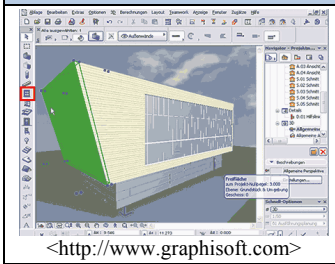
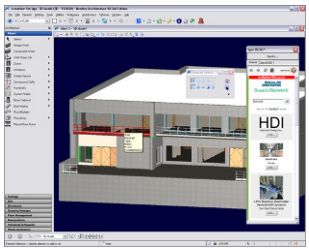
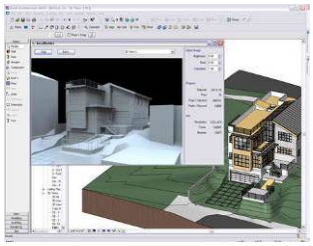
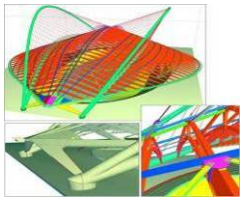
(٤,١,١) أدوات وتطبيقات نمذجة معلومات البناء

توجد حالياً العديد من البرامج المتخصصة في عمل نموذج معلومات البناء، ويوضح الجدول رقم (١) أهمها.

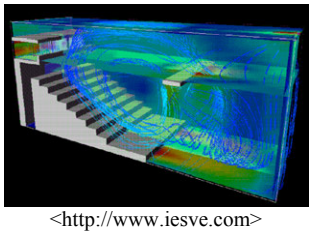
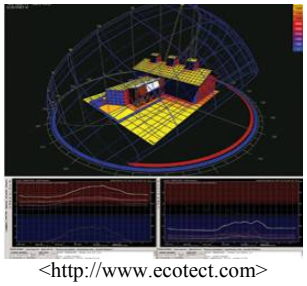
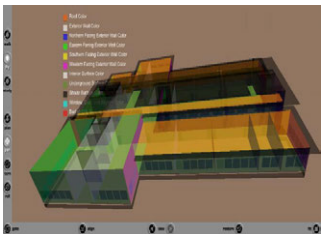
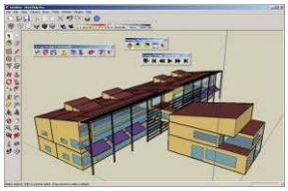
(٤,١,٢) أدوات وتطبيقات تحليل الأداء للمبنى

وتعتمد هذه الأدوات على عملية المحاكاة simulation لأداء المباني كمرشد أثناء العملية التصميمية، ويعرض الجدول رقم (٢) أهمها.

الجدول رقم (١). أدوات وتطبيقات نمذجة معلومات البناء.

البرنامج		الاستخدام
ArchiCAD		وهو أول برنامج يعمل بتقنية نمذجة معلومات البناء BIM، ومتخصص للمعماريين، وأنتجته شركة Graphisoft في بداية الثمانينيات، ويحتوي على مكتبة عناصر معمارية ضخمة، وغالباً ما يحتوي على المعلومات داخل عناصره الذكية، وله إمكانية في عمل النماذج البارامترية وفي التعامل مع تحليلات الطاقة والاستدامة ودعم تطبيقات تسهيلات إدارة التنفيذ.	 <http://www.graphisoft.com>
Bentley	Bentley Architecture	أنتجت شركة Bentley في عام ٢٠٠٤م مجموعة متكاملة من البرامج لعمل نموذج معلومات البناء، وطورت Bentley شعار "Build As One"، ويعتمد على استخدام النموذج كمحور للمعالجة التعاونية للتصميم والتخطيط والإنشاء وأنظمة المبنى (ميكانيكا، كهرباء، صحي)، ويتميز بمجموعة كبيرة من الأدوات التي تساعد في عمل وتصميم النموذج للأسطح ذات المنحنيات العقدة ودعم متعدد للنماذج البارامترية وقدرة في التعامل مع المشاريع الكبيرة.	 <http://www.bentley.com>
	Bentley Structural		
	Bentley Mep		
Revit	Revit Architecture	أنتجت شركة Autodesk في عام ٢٠٠٢م مجموعة متكاملة من البرامج الرائدة في عمل نموذج معلومات البناء ولها إمكانيات التعامل مع تحليلات ومحاكاة الطاقة والأحمال وإعطاء تفاصيل وقطاعات للمبنى 2D، وتتميز بسهولة الاستخدام ووجود مكتبة كبيرة للعناصر، والقدرة العالية على عمل تصميمات معمارية وإنشائية لأي كتلة معمارية مهما كان شكلها أو درجة تعقيدها عن طريق ما يسمى في الريفيت Revit بالMassing.	 <http://www.autodesk.com>
	Revit Structural		
	Revit Mep		
Tekla		أنتجته شركة Tekla في عام ٢٠٠٠م لهندسة البرامج التي أساسها النموذج لإدارة البناء التحتي والإنشاء والتعمير وله إمكانيات عديدة في عمل النماذج الإنشائية ثلاثية الأبعاد وفي التنفيذ والبنية التحتية والطاقة، ويدعم عمليات التصنيع الرقمي fabrication لتفاصيل الإنشاءات من الخرسانة سابقة التجهيز والواجهات وعمل التحليلات الإنشائية ودمج جميع المواد المستخدمة في النموذج الإنشائي.	 <http://www.tekla.com>

الجدول رقم (٢). أدوات وتطبيقات تحليل الأداء للمبنى.

البرنامج	الاستخدام	
IES <VE> **Integrated Environmental Solutions Virtual Environment (IESVE)**	أنتجته شركة IES في أسكتلندا عام ١٩٩٤، وهو أداة تحليل قوية وتقدم درجة عالية من الدقة والتوافق مع نموذج معلومات البناء، ويقوم هذا البرنامج بعمل السلسلة الكاملة من تحليلات المبنى البيئية من تحليل طاقة إلى تحليل الإضاءة الطبيعية إلى المحاكاة الحرارية وحسابات الأحمال وتقييم الإضاءة الطبيعية والدراسات الشمسية، إلا أن هذا التطبيق معقد نسبياً للمستخدم وتكلفته عالية إلى حد ما.	 <http://www.iesve.com>
Ecotect **Ecotect**	أنتجته شركة Autodesk عام ٢٠٠٨م، وهو أداة تحليل بيئي متكاملة تغطي جميع وظائف المحاكاة والتحليل المطلوبة لفهم تصميم المبنى وأداءه، وله كفاءة في عمل التعبير المرئي للظروف المناخية مثل درجات الحرارة، واتجاهات الرياح السائدة، واتجاه الشمس، والإشعاع الشمسي ... إلخ، وهو برنامج سهل الاستخدام وله واجهة تفاعل رسومية، إلا أن استيراد النموذج الهندسي إليه يعتمد على نوع البرنامج المستخدم في عمل نموذج BIM.	 <http://www.ecotect.com>
GREEN BUILDING STUDIO **Green Building Studio (GBS)**	أنتجته شركة Autodesk أيضاً في عام ٢٠٠٤م، وصمم بحيث يقوم بعمل جميع تحليلات أداء المبنى (الطاقة، الماء، الإضاءة الطبيعية، انبعاث الكربون)، ويستخدم على الإنترنت مباشرة، وعن طريق إرسال نموذج معلومات البناء تُزودك الخدمة بنتائج سريعة عن أداء المبنى بناءً على مسح استعمالات المبنى وأحماله، وهذا المسح ليس مفصلاً بدقة إلى حد ما؛ لذلك إذا لم يتلاءم نوع المبنى أو استخدامه مع الخيارات المحددة المتوفرة في التطبيق فقد تكون النتائج غير دقيقة.	 <http://www.autodesk.com>
eQUEST **Quick Energy Simulation Tool**	أنتجه معهد بحوث الطاقة الأمريكي عام ٢٠٠١م كجزء من برنامج تصميم مصادر الطاقة ويعتبر أداة محاكاة الطاقة السريعة وهو برنامج مجاني يحتوي على مجموعة من تعليمات التشغيل التي تساعد على التعرف على معاملات الطاقة للمبنى ولا يوجد حاليا إمكانية لاستيراد النموذج الهندسي من البرامج الأخرى إلى هذا التطبيق .	 <http://doe2.com/equest/>

(٤,١,٣) أدوات إدارة المواصفات

نظام التقييم لشهادة LEED يشجع على استعمال المنتجات والمواد الخضراء، وسعي المشاريع للحصول على شهادة (LEED) يحتاج لتعريف وتحديد المواد التي تخضع لهذه الشهادة، بالإضافة إلى تعقب المتطلبات المتعلقة بهذه المواد (نظام ترخيص مواصفات AIA الرئيسي) الذي يتضمّن مئات الإشارات إلى متطلبات (LEED) لاختيار المواد، وتوجد العديد من

الأدوات والبرامج لإدارة المواصفات، ويوضح الجدول رقم (٣) أهمها.

(٤,١,٤) أدوات تدقيق واختبار النموذج

وتقوم هذه الأدوات باختبار نموذج معلومات البناء BIM بناءً على مجموعة من القواعد والمعايير المعرفة من قبل المستخدم، ويمكن أن تأخذ هذه القواعد أي صيغ، وعموماً يمكن اختبار أي نوع من البيانات والمعايير للمشروع، ويوضح الجدول رقم (٤) أهم هذه التطبيقات.

(٤,١,٥) الارتباط بين أدوات نمذجة معلومات البناء وأدوات التحليل

تتطلب جودة التصميم المستدام فهم كيفية أداء المبنى بعد البناء، والذي بالتالي يتطلب برنامج حاسب آلي لمحاكاة الأداء ولتحليل وتقييم المبنى بدقة، ولقد توفرت أدوات عديدة وبرامج للمحاكاة للمساعدة في تصميم المبنى بكفاءة، إلا أن هذه الأدوات كانت صعبة الاستعمال ويستخدمها المتخصصون فقط، واعتمد أكثر المصممين على طرق الحساب اليدوية البسيطة لتَقييم وتحليل أداء المبنى، ويعتبر ظهور تقنية نمذجة معلومات البناء BIM فرصة كبيرة للمصممين للتقييم المستمر لأداء المبنى من خلال تزويدهم بطريقة سهلة لفحص نتائج إستراتيجيات التصميم البديلة لتحقيق الأداء المطلوب بكفاءة وفاعلية من خلال الارتباط بين أدوات وبرامج التحليل والتقييم وأدوات نمذجة معلومات البناء BIM، وهذا الاتصال يسمح باستخدام النموذج الهندسي واستيراده مباشرة في برنامج التحليل، ولا يحتاج المصمم إعادة عمل النموذج، وبنقرة واحدة على الحاسب يتم عمل تشْكِيلة من التحليلات بدون مهارات متخصصة للمصمم ولا فصل برامج التحليل أو فصل النماذج لكل تحليل (AIA and Rundell, 2007) (الشكل رقم ٨).

ولكي يحقق التحليل الهدف المطلوب لابد من أن يحتوي النموذج على المستوى المناسب من التفاصيل ليمكن الاعتماد عليها في تحليل الأداء، وتتوقف دقة النموذج على دقة ونوعية المعلومات التي يدخلها المصمم للنموذج (Hamza and Horne, 2007).

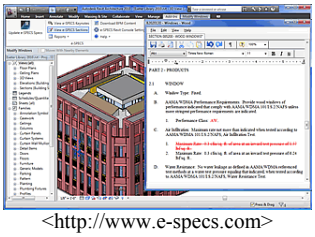
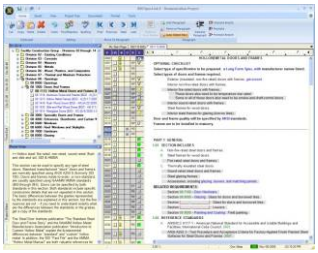
(٤,٢) إمكانيات نمذجة معلومات البناء في التصميم المستدام

تنقسم استخدامات نمذجة معلومات البناء BIM وتطبيقاتها في تحقيق مفاهيم التصميم المستدام إلى ثلاثة محاور رئيسية وهي:

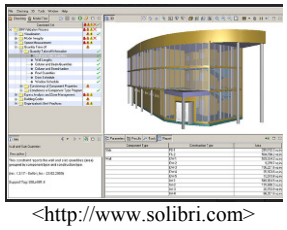
- تشكيل المبنى (توجيه المبنى، كتلة المبنى، الإضاءة الطبيعية).
- أنظمة المبنى (نمذجة الطاقة، استخدام الطاقة المتجددة، ترشيد المياه).
- إنشاء المبنى (استخدام المواد المستدامة، التكلفة، تخطيط التنفيذ).

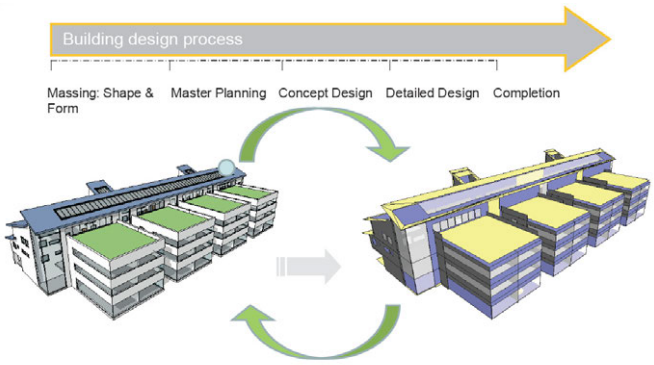
وفيما يلي سيتم عرض أهم هذه الإمكانيات.

الجدول رقم (٣). أدوات إدارة المواصفات.

البرنامج	الاستخدام	
e-SPECS	أنتجته شركة InterSpec في عام ١٩٩٨م، وطورته عام ٢٠٠٤م ليرتبط مع أدوات كلٍّ من CAD-BIM، ويستخلص متطلبات المواد مباشرة من النموذج مما يضمن التناسق بين النموذج ومواصفات المشروع مع تقدم مراحل التصميم، على سبيل المثال عند إضافة عناصر جديدة لمكونات المبنى مثل النوافذ أو الأسقف إلى النموذج فإن دليل مواصفات المشروع من برنامج e-SPECS يُنعش آلياً لعكس المواد الحالية والخواص في نموذج معلومات البناء.	 <http://www.e-specs.com>
BSD Speclink-e	أنتجته شركة BSD في أمريكا عام ١٩٩٧م، وهو نظام متخصص في إدارة وكتابة المواصفات، ويساعد في تسريع المهام وتقليل وقت إنتاج وتعجيل وتطوير المواصفات بدقة لا نظير لها، وبالإضافة لذلك يشتمل على معايير لتصميم المباني يمكن استخدامها من مراحل التصميم المبكرة وحتى الانتهاء من البناء، كما توجد به قاعدة بيانات لمواصفات أداء المباني وله القدرة على إنتاج التقارير الإدارية آلياً وتسهيل الحصول على شهادة (LEED).	 <http://www.bsdsoftlink.com>

الجدول رقم (٤). أدوات تدقيق واختبار النموذج.

البرنامج	الاستخدام	
ICC-ES SAVE	أنتجته شركة ICC Evaluation Service عام ٢٠٠٠م وطورته بالارتباط مع International Code Council (ICC)، وهي أداة رائدة في الولايات المتحدة في التقييم والتحقق من سمات الاستدامة والتوافق بين متطلبات التصميم المستدام والالتزام بالكود لمنتجات البناء والمكونات والمواد وطرق الإنشاء والتحقق من المعايير، ويقدم في النهاية تقارير لتقييم المبنى.	<http://www.iccsafe.org>
Solibri	أنتجته شركة Solibri عام ١٩٩٩م في أمريكا، وهي أداة تدقيق تستخدم في كامل دورة حياة المبنى وتقوم بتحليل نموذج BIM لتحقيق معايير الأمان والسلامة بالمبنى وقابلية الصيانة، ويقوم البرنامج بعمل أشعة للنموذج، ويكشف العيوب والضعف المحتمل في التصميم، ويوضح المكونات المتنافرة ويتحقق من أن النموذج يحقق كود البناء، ويتميز البرنامج بالدقة وسهولة الاستعمال.	 <http://www.solibri.com>



الشكل رقم (٨). الاتصال بين نمذجة معلومات البناء وأدوات تحليل الأداء (Hardin *et al.*, 2008).

(٤,٢,١) توجيه المبنى

يُعرف توجيه المبنى في التصميم المستدام على أنه طريقة وضع المبنى في الموقع نسبة إلى مسار الشمس. كيف يواجه المبنى الشمس؟ وكيف يمكن للفتحات أن يكون لها تأثير كبير على كفاءة الطاقة لأنظمة المبنى وعلى راحة المستخدمين؟ لأن التوجيه الصحيح يهيئ المبنى لتحقيق الطاقة السالبة المثالية، حيث يخلق بشكل طبيعي حلول طاقة أقل للإضاءة والتدفئة والتبريد، واختيار توجيه المبنى لابد أن يتم في المراحل الأولى لتصميم المبنى، وقبل البدء في التصميم لابد من معرفة الموقع الجغرافي للمشروع واتجاه الشمال والرياح السائدة، ويعتبر التوجيه الصحيح الدليل للعديد من إستراتيجيات التصميم المستدام، وبعد تحديد الهدف من التوجيه السليم نحتاج إلى تطبيق ذلك على النموذج، وذلك يمكن أن يتم ببساطة باستخدام بيئة نموذج معلومات البناء، ومن خلال تحديد موقع المشروع وتحديد المدينة وخطوط العرض والطول يتم تحديد زاوية انحراف المبنى المناسبة، ويمكن أن نرى على النموذج تأثيرات التوجيه الصحيح للمبنى، والتوجيه الصحيح هو الذي يعطي نسبة مئوية أقل من الطاقة المكتسبة (Krygiel and Nies, 2008: pp. 136-137) (الشكل رقم ٩).

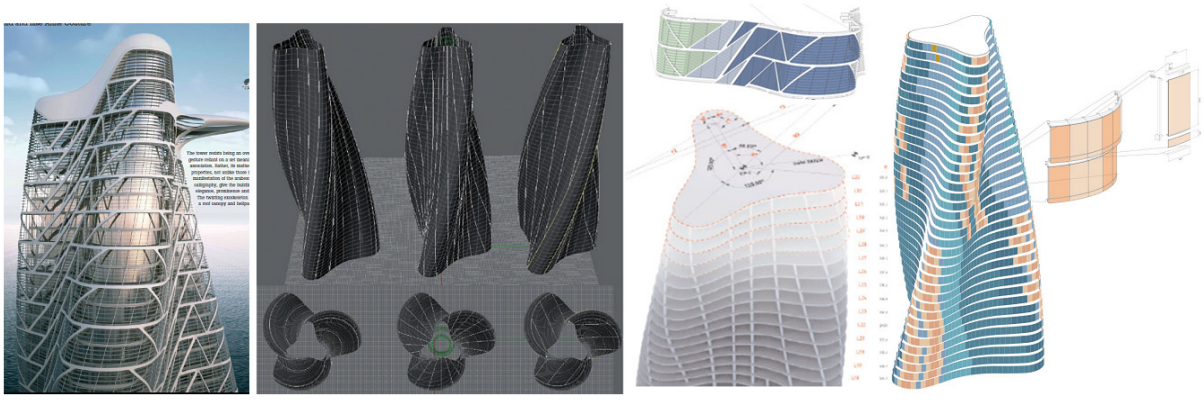
(٤,٢,٢) كتلة المبنى

يلي توجيه المبنى اختيار التشكيل المناسب لكتلة المبنى والتي تعتبر عنصراً هاماً في تحقيق الاستدامة، حيث تسمح الكتلة الصحيحة بالوصول الجيد للإضاءة الطبيعية لجميع مستعملي المبنى، كما تسمح بتصميم غلاف للمبنى ذي كفاءة عالية ويحقق الراحة الحرارية، ويعطي التنوع في أنواع المباني مرونة كبيرة لتشكيل الكتل، ولكن ضمن النوع الواحد من المباني توجد بعض المعايير التي تجعل الكتلة مقبولة، وبالتالي يمكن أن تكون هناك كتلة مثالية، ومن المهم فهم أن الحالات المثالية تتوقف على نوع المبنى وموقعه، لذلك عند تصميم المبنى يمكن تكييف شكل المبنى وفقاً لذلك مع معرفة الكثير من العوامل مثل قيود الموقع والاقتصاد والاحتياجات الوظيفية والمحددات الجمالية ... إلخ، وجميعها عناصر تقود عملية التشكيل في التصميم، والهدف من اختيار التشكل الصحيح لكتلة المبنى هو تقليل الاحتياجات الكلية من الطاقة للمبنى.

الشكل رقم (٩). تأثير اختيار التوجيه الصحيح على تقليل الطاقة المكتسبة على واجهة المبنى والاستفادة من التهوية الطبيعية (Krygiel and Nies, 2008: pp. 133-138).

وفي البداية لابد أن نحدد أساساً لشكل كتلة المبنى وحجمها في نموذج معلومات البناء لمقارنتها بفوائد وعيوب الأشكال الأخرى التي سيتم استنتاجها، والتي لابد أن تكون لها نفس القيم الأساسية (عدد المستخدمين، الجدول الزمني للتشغيل، الإضاءة، أنظمة التكييف والتهوية، أنظمة الغلاف الخارجي ... إلخ) حتى يمكن المقارنة بينها، وعندما نقوم بتغير شكل الكتلة ستتغير أشياء أخرى مثل حجم المبنى وكمية الحوائط الخارجية، وهذه القيم سيكون له تأثير أيضاً على تكلفة البناء والتدفئة والتبريد والأحمال للمبنى، ولضمان الاتساق أثناء المقارنة نقوم بتثبيت بعض القيم البارامترية التي نريد الحفاظ عليها، وبذلك يمكن أن نحصل على عدد كبير من البدائل لشكل الكتلة مما يسمح بالمرونة في اختيار الحل الأفضل (الشكل رقم ١٠)، ولقياس مدى نجاح بعض البدائل في إعطاء حلول أكثر استدامة يجب مراعاة ما يلي (Krygiel and Nies, 2008: pp. 147-149):

- تحليل البدائل: يتم عمل محاكاة لبعض أسس التصميم على كافة بدائل التشكيل للمقارنة بينها.
- اختيار الغلاف المناسب للمبنى: أثناء عملية التشكيل للكتلة لابد أيضاً من الاهتمام بالغلاف الذي سيلتف عليها (من حيث الجودة، الكفاءة، الشفافية، مقاومة التوصيل، كمية الزجاج) وعوامل أخرى تجتمع معاً لتحدد شكل الكتلة الأكثر كفاءة.
- فهم تأثير المناخ والموقع: على الحوائط والزجاج من حيث التدفئة والتبريد والتكامل مع الإضاءة الطبيعية، والمناطق المناخية المختلفة تتطلب مقاومة مختلفة بين البيئة الداخلية والخارجية.
- فهم استخدام الغلاف الأكثر كفاءة للطاقة: وتشمل كمية الطاقة التي يمكن توفيرها ومستوى الراحة التي يمكن الحصول عليها من خلال الاختيار الصحيح للمواد الملائمة للمناخ والبناية وخواصها من حيث العزل والتزجيج.



الشكل رقم (١٠). استخدام نموذج BIM في مقارنة بدائل وتشكيل كتلة وغلاف برج Starta Tower – أبوظبي، تصميم Asymptote (٢٠٠٦–٢٠١١م) (Rashid and Couture, 2009: pp. 84-87).

(٤,٢,٣) الإضاءة الطبيعية

استخدام الإضاءة الطبيعية في إنارة المباني بالإضافة إلى أنها تجعل الناس أكثر راحة وإنتاجاً تقلل من حمل الإضاءة الاصطناعية، وبالتالي تقلل من اكتساب الحرارة الداخلية واستعمال الطاقة، ويشتق التصميم المستدام عالي الأداء معظم نجاحه النهائي من العلاقة الفعالة وتكامله مع طاقة الشمس في تصميم الغلاف الخارجي، بينما من النادر تحقيق الإضاءة الطبيعية بكفاءة بسبب تعقد العمليات الحسابية اللازمة لتحليل الخواص الدقيقة للإضاءة الطبيعية، وفي السنوات السابقة كانت هناك برامج حاسب متوفرة يمكنها أداء هذه المهام، إلا أنه كان يصعب استخدامها بسبب صعوبة إدخال المعلومات الخاصة بالتصميم، بينما مع استخدام تطبيقات نمذجة معلومات البناء BIM يتمكن فريق التصميم من تمثيل وقياس وتوثيق التصميم الداخلي المعقد للإضاءة الطبيعية داخل بيئة تصميمية قياسية (Autodesk, Inc., 2005: p. 7) (الشكل رقم ١١).

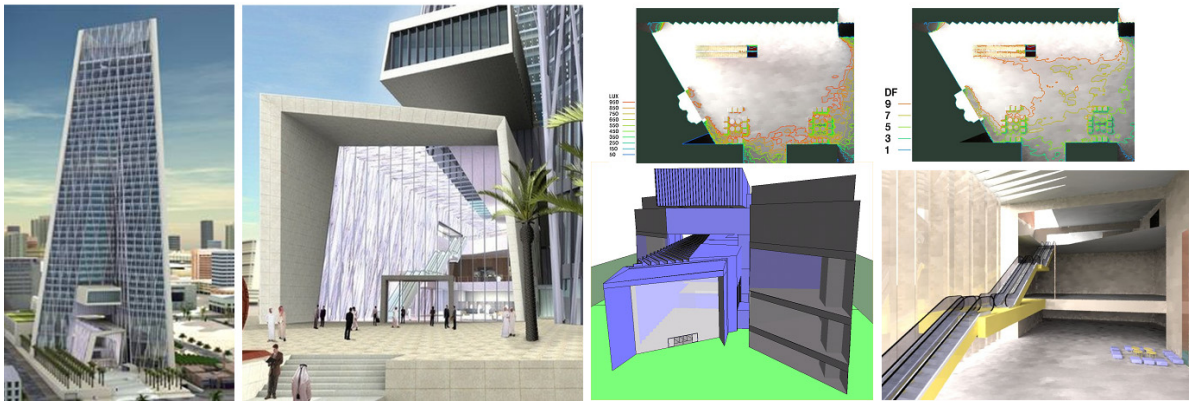
ويعتمد تصميم الإضاءة الطبيعية الفعال على التوجيه الصحيح للمبنى وكتلة المبنى وتصميم الغلاف وعوامل أخرى عديدة، والدمج بين هذه المتطلبات يسمح بتحسين استعمال المبنى للمصادر الطبيعية للإضاءة ويقلل من الاعتماد على الإضاءة الاصطناعية.

وبعد تحديد الأهداف والاتجاهات الصحيحة للإضاءة الطبيعية للفراغ يمكن بعد ذلك استخدام نموذج معلومات البناء BIM مع أدوات لتحليل ومحاكاة أداء الإضاءة الطبيعية Daylighting Simulation Package، ويوجد حالياً العديد من التطبيقات لمحاكاة ضوء الشمس وأكثرها دقة التي تعتمد على محرك الإشعاع Radiance Engine وتستخدم Typical Meteorological Year, version 2

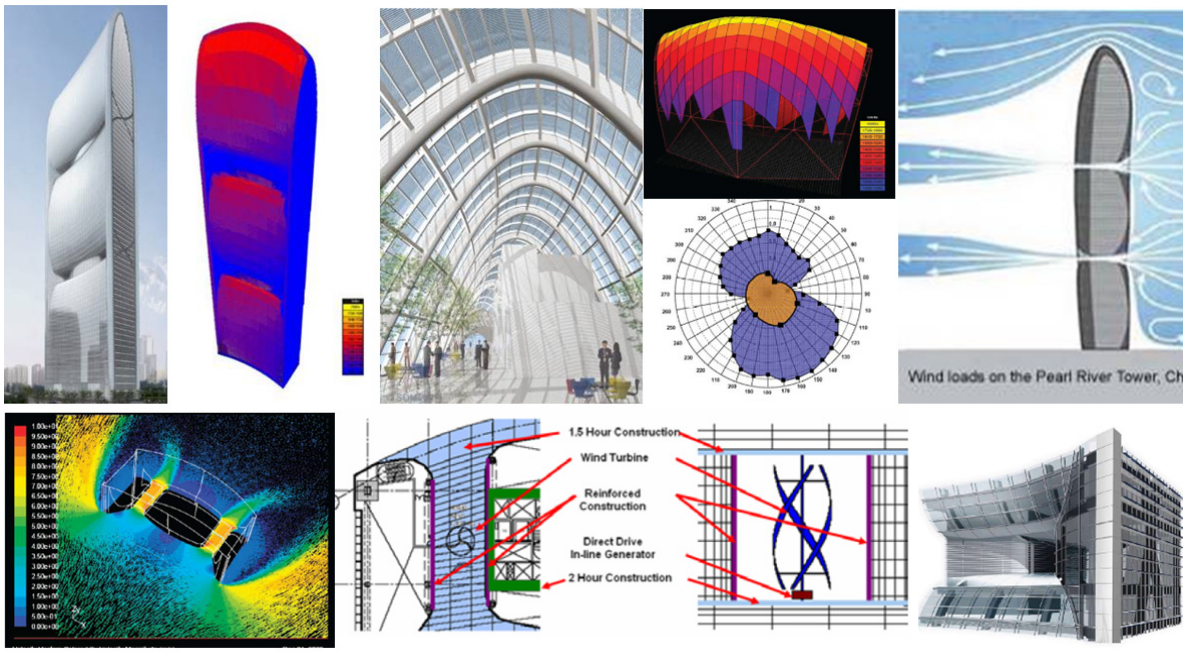
(TMY2)، وهي مجموعة من المعلومات تشمل قيم إشعاعات الشمس كل ساعة على مدار السنة اعتماداً على بيانات جغرافية، وباستخدام أحد هذه التطبيقات يمكن استيراد نموذج المبنى من تطبيقات نمذجة معلومات البناء BIM ونستخدمه في محاكاة أداء الإضاءة لاستخلاص تحليلات الإضاءة (Krygiel and Nies, 2008: pp. 159-160).

(٤,٢,٤) نمذجة الطاقة

يساعد فهم ودراسة وتحليل احتياجات المبنى الأساسية من الطاقة على أن يصبح المبنى أكثر استدامة، وترتبط احتياجات المبنى بالعديد من الأنظمة التي تؤثر على طاقة المبنى (مثل كتلة المبنى، الغلاف، أماكن الفتحات، توجيه المبنى، الإضاءة الطبيعية والاكتساب الحراري من الواجهات الجنوبية)، وعوامل أخرى عديدة تؤثر على احتياجات الطاقة يجب أن تؤخذ جميعها في الاعتبار عند التحليل، لذلك يتم استخدام برامج محاكاة الطاقة والتي تعتمد على نماذج تستخدم البيانات المناخية مع أحمال المبنى (مثل التدفئة والتهوية وأنظمة التكييف (HVAC)، الاكتساب الحراري من الشمس، عدد الشاغلين في المبنى ومستويات أنشطتهم، أدوات التظليل من أشعة الشمس sunshading، مستويات الإضاءة، والعديد من المتغيرات الأخرى)، ويدمج نموذج الطاقة جميع هذه العوامل لتوقع احتياجات المبنى من الطاقة ولفهم تأثير المبنى على البيئة (الشكل رقم ١٢).



الشكل رقم (١١). استخدام برنامج IES لعمل تحليل ومحاكاة الإضاءة الطبيعية لمبنى البنك المركزي بالكويت تصميم HOK (London) (٢٠٠٥-٢٠١٠م) <http://www.iesve.com/content/>.



الشكل رقم (١٢). برج Pearl River Tower – الصين، تصميم (SOM). تم استخدام نموذج معلومات البناء مع برنامج Ecotect في عمل تحليلات ومحاكاة الطاقة للغلاف الخارجي، بالإضافة لدراسة استخدام توربينات الرياح ووضعها على المبنى لتوليد الطاقة للمبنى <http://www.som.com>.

وتوجد العديد من التطبيقات التي تقوم بنمذجة الطاقة والتي تتفاوت في التعقيد والتوافق مع نموذج معلومات البناء ومستويات التفاصيل، والأداة المناسبة للتحليل تتوقف على المصمم ومهارته وقدرته على فهم النتائج والوقت المتاح والمرحلة الحالية للمشروع، فمثلاً برنامج ريفيت Revit يرتبط مباشرة بأستوديو التصميم الأخضر GBS وهو أحد تطبيقات شركة Autodesk ويقوم بعمل تحليلات الطاقة للمباني على الإنترنت، حيث يقدم أستوديو التصميم الأخضر GBS نموذجاً هندسياً حرارياً صحيحاً للمبنى يطبق فرضيات المعايير والكود ويقوم بعمليات التحليل ثم يقوم بإرجاع ملخص النتائج إلى المصمم (Autodesk, Inc., 2008: p.7).

ونحن بالفعل بدأنا بتقليل الطاقة من خلال التوجيه الصحيح للمبنى ثم اختيار التشكيل المرن لكتلة المبنى ثم استخدام الإضاءة الطبيعية، والآن نركز على احتياجات المبنى الباقية من الطاقة لمحاولة تقليلها إلى أبعد حد، وتوجد العديد من الإستراتيجيات التي يمكن أن تقلل الحاجة الكلية للمبنى من الطاقة (منها استخدام المعدات الأكثر كفاءة، محاكاة أداء الطاقة أثناء التصميم ... إلخ).وفي البداية نحدد أهدافنا من أحمال الطاقة للمبنى ونضع

التصميم المبدئي للمبنى ثم نقوم باختبار التصميم ونقوم بتحديد التغيرات في التصميم لتحسين استعمال الطاقة بشكل أفضل، ويعد فهم تأثير المعلومات التي يمكن أن نحصل عليها من نموذج الطاقة ونموذج معلومات البناء على تصميم المبنى أمراً صعباً؛ ولذلك من المهم فهم ما هو متوقع في المراحل المختلفة من تصميم المبنى أثناء عمل تحليل الطاقة، وفي المراحل الأولية للمشروع من المهم أن نستخدم التحليل كأداة مقارنة أفضل من استخدامه لقياس الأحمال الدقيقة؛ وذلك لأن أغلب القرارات التصميمية في المراحل الأولية تكون غير محددة بعد، ولا يمكن الاعتماد على حسابات الأحمال إلا إذا كانت ثابتة في كافة مراحل التصميم، فعندما يكون التصميم أكثر إدراكاً يكون التحليل والمقارنات أكثر دقة، ولإجراء تحليل الطاقة نحتاج لمساعدة من محلل طاقة أو مهندس ميكانيكي ليقوم بأداء و تفسير البيانات في التحليل (Krygiel and Nies, 2008: p. 184).

(٤,٢,٥) استخدام مصادر الطاقة المتجددة

بعد معرفة احتياجات الطاقة للمبنى وتخفيضها بعدة إستراتيجيات نقوم بدراسة كيفية استخدام مصادر الطاقة المتجددة المتاحة لتلبية احتياجاتنا، وتوجد سبعة مصادر طاقة متجددة وهي: الشمس، الرياح، كتل عضوية biomass، هيدروجين، حرارة أرضية geothermal، محيطات، قوة كهربائية مائية hydropower.

وأكثر هذه المصادر استخداماً هي الشمس والرياح، ولكن للحصول على أكبر فائدة من أنظمة الطاقة المتجددة يجب أن نستعمل النظام الصحيح، ويعتمد اختيار المصادر الصحيحة للطاقة المتجددة بشكل رئيسي على الموقع والمناخ والمكان وعلى توفر هذه المصادر، بالإضافة لمجموعة من العوامل الأخرى التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار (مثل الكفاءة، الصيانة، الفراغ الذي يحتاجه النظام ... إلخ)، وبعد التحقق من إمكانية الأنظمة نستخدم نمذجة معلومات البناء BIM لتساعدنا في توجيه المبنى بشكل صحيح وحسابات العائدات المحتملة من الطاقة وحسابات دراسات الجدوى لكل نظام، وبعد اختيار النظام المناسب نضيف التصميم إلى النموذج لتحسين أدائه، وفي كل مراحل التصميم هناك عدد من الطرق لتحقيق الحصول على أكبر قدر من الطاقة المتجددة (Krygiel and Nies, 2008: pp. 196-197):

- مرحلة ما قبل التصميم: معرفة سرعة واتجاه وتردد الرياح في الموقع، وكمية الإشعاع الشمسي المحتمل، وإمكانية استخدام الحرارة الأرضية من موقع المشروع، واتجاه الجنوب الشمسي لتوجيه المبنى بشكل صحيح.
- مرحلة التصميم: معرفة مساحة السطح وتوجيهه وانحداره حتى يمكن استخدامه في الخلايا الشمسية photovoltaic panels أو في جمع مياه الأمطار، ثم يمكن إلحاق هذه المعلومات بالنسبة لاستعمال الطاقة السنوي المتوقع للمشروع.

- مرحلة تطوير التصميم: معرفة الاستعمال السنوي المتوقع من الطاقة، والأسطح التي سيتم معالجتها، وتخصيص مساحة للأنظمة التي ستستخدم. فمثلاً في حالة استخدام توربينان للرياح يجب معرفة علاقة موقع المبنى بأماكن وضع التوربينات، وإذا وضعت على المبنى يجب تحديد ارتفاعها واتجاه الرياح وسرعتها (الشكل رقم ١٢).

وباستخدام تطبيقات وأدوات نمذجة معلومات البناء BIM يمكن للمصمم تحديد كمية الطاقة المتجددة التي يمكن أن نحصل عليها من هذا التصميم ومقارنتها بأحمال الطاقة الكلية المتوقعة للمبنى وإعطاء المالك تقدير للتكلفة الكلية للنظام المستخدم.

(٤,٢,٦) ترشيد الماء

تُوجه بؤرة اهتمام التصميم المستدام في الغالب نحو تقليل استهلاك الطاقة، بينما يعتبر الماء من أكثر المصادر الطبيعية أهمية لحياة الإنسان، وتوجد العديد من الإستراتيجيات التي طُورت لتسمح لنا بتقليل احتياجاتنا من الماء (مثل التجهيزات الأكثر كفاءة، تجميع مياه الأمطار، إعادة استخدام الماء graywater، الصيانة ... إلخ)، والتي يمكن تطبيق بعضها من خلال إدخال نموذج معلومات البناء في أحد برامج مراقبة استهلاك الطاقة والماء بالمبنى، ولا توجد حتى الآن تطبيقات لنمذجة معلومات البناء BIM تجمع بين المعلومات المناخية وأنظمة البناء؛ لذلك يتم استخدام ثلاث أدوات مختلفة لجمع وتحليل المعلومات وهي (Krygiel and Nies, 2008: p. 169):

- نموذج معلومات البناء.
- الإنترنت للاطلاع على المعلومات عن المناخ وسقوط الأمطار من المصادر الموثوق فيها مثل <http://www.worldclimate.com>.
- أحد برامج الجدولة spreadsheet مثل Microsoft Excel.

ولحساب كمية ماء المطر في النموذج نحتاج لمعرفة بعض المعلومات الإرشادية عن المشروع لتساعد في الوصول للتصميم الأفضل (مثل المكان، سقوط الأمطار، موقع المشروع)، ولحساب كميات الماء الرمادية graywater التي يمكن إعادة استخدامها نحتاج لمعرفة معلومات عن التصميم، وعدد التجهيزات واستخداماتها، وكميات الماء التي يمكن أن تُجمع منها، حيث يتم عمل جداول لجميع المعلومات التي تم جمعها لمعرفة كمية مياه الأمطار التي يمكن جمعها من سطح المبنى roof areas وكميات الماء المستعمل graywater المتوقع أن نحصل عليها لنعيد استخدامها ومراقبة استهلاك الماء بالمبنى ومحاولة تقليله، ويتم ذلك جميعاً في برامج الجدولة ثم ننتقل إلى المصدر النهائي للمعلومات وهو نموذج معلومات البناء.

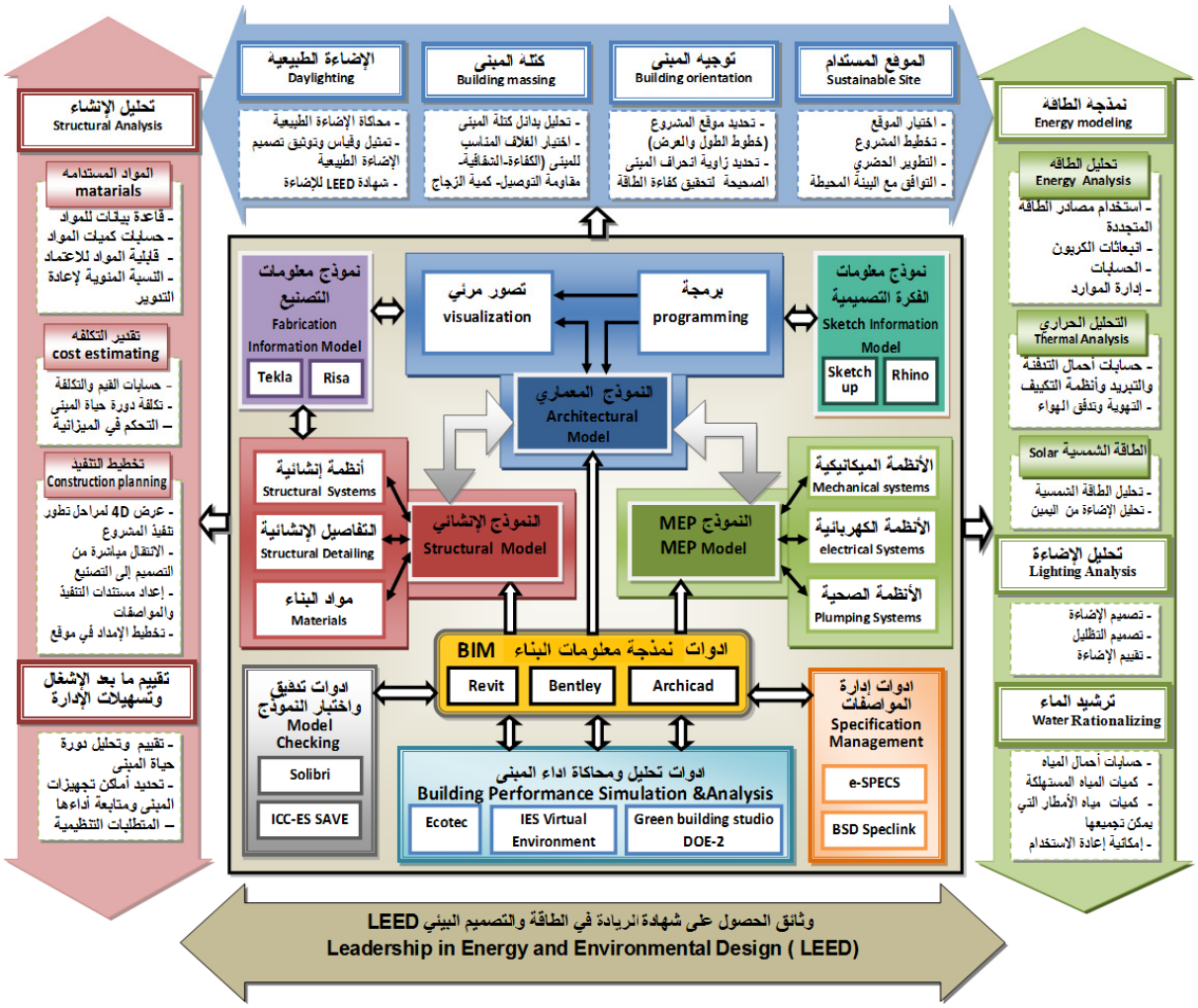
(٤,٢,٧) استخدام المواد المستدامة

إن اختيار مواد البناء أمر هام في عملية التصميم المستدام، وعند أخذ قرار باختيار مادة معينة تظهر أسئلة عديدة حول العديد من التأثيرات المتنوعة للمواد، والتي يمكن إجابتها من خلال دورة حياة المواد فيما يتعلق بالصناعة والتركيب والاستخدام ونهاية دورة حياة المواد المختارة، وتوجد العديد من الاعتبارات عند اختيار المواد منها تقليل استهلاك الطاقة والماء على طول دورة حياتها، وتأثيراتها على البيئة وصحة الإنسان، وكفاءة البيئة الداخلية، وأداء الوظيفة بكفاءة لمائة عام على الأقل، وقابلية التجديد وإعادة التدوير. وتعتمد مواصفات وقيود مواد البناء المستخدمة على الحسابات الدقيقة لكميات المواد للمشروع، وهذه هي واحدة من الإستراتيجيات الأساسية لنموذج معلومات البناء من خلال قدرته على التزويد بالمعلومات بشكل سهل، حيث يتم تمثيل كل الرسومات وكل الجداول وكميات مكونات المبنى مباشرة كمعلومات من نفس قاعدة البيانات الأساسية وتعطي رؤية حقيقية لقاعدة بيانات المبنى، ولذلك فهي دائماً دقيقة وتقدم فوائد كبيرة للتصميم، بينما تبعثر التقنيات الأخرى معلومات المبنى من خلال ملفات متعددة من الكاد CAD وتتطلب تدخل المستخدم المستمر للتأكد من أن كل معلومات المبنى مضمنة داخلياً.

ويساعد نموذج معلومات البناء في العديد من النقاط للحصول على شهادة (LEED) للتصميم المستدام (حساب المساحات، الحجوم، تكلفة التجميع، مواد الاعتماد)، ويتطلب التقدم لهذا الاعتماد تسجيل كل مادة أو منتج يستعملان للحصول على الاعتمادات المختلفة التي تبين أن المشروع يدمج النسبة المئوية المطلوبة لإعادة الاستخدام وإعادة التدوير للمواد واستخدام المصادر المحلية وقابلية التجديد سريعاً، كما يتم تحديد التكلفة المُقدَّرة للمشروع بسهولة باستخدام النموذج متزامناً مع حساب الكميات للمواد (Autodesk, Inc., 2005: p. 9).

(٥) المنهجية المقترحة لدمج إستراتيجيات ومفاهيم التصميم المستدام في تقنية نمذجة معلومات البناء

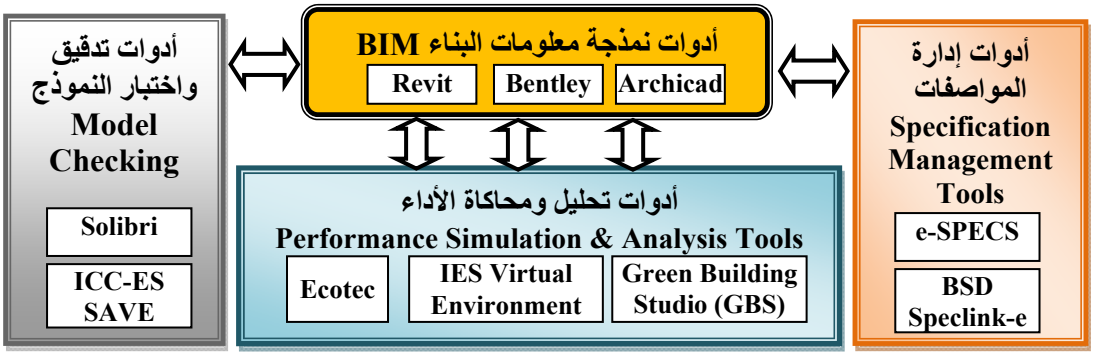
من خلال الدراسة التحليلية السابقة لاستخدام تقنية نمذجة معلومات البناء في التصميم المستدام يمكن تطوير مخطط عام وصياغة المنهجية المقترحة لدمج إستراتيجيات ومفاهيم التصميم المستدام في تقنية نمذجة معلومات البناء، فنحن الآن لدينا المعلومات والأدوات المطلوبة لتحقيق الدمج لكلٍّ من تقنية نمذجة معلومات البناء BIM وإستراتيجيات ومفاهيم التصميم المستدام، حيث تقدم المنهجية هيكلاً لمساعدة المتخصصين في تطوير البرمجيات في السعي لتحقيق ذلك الهدف، بحيث تصبح تقنية نمذجة معلومات البناء BIM هي أداة للتحليل والتقييم في نفس الوقت (الشكل رقم ١٣).



الشكل رقم (١٣). المنهجية المقترحة لدمج إستراتيجيات التصميم المستدام في تقنية نمذجة معلومات البناء BIM.

حيث يقترح البحث دمج كلٍّ من أدوات تحليل ومحاكاة الأداء وأدوات إدارة المواصفات وأدوات تدقيق واختبار النموذج داخل أدوات نمذجة معلومات البناء BIM، أي إمكانية تطوير تطبيقات لنمذجة معلومات البناء تقوم بعمل جميع هذه الأدوات معاً، حيث تقوم بدمج التحليل والتقييم في عملية التصميم، ومن خلال ذلك يستطيع النموذج الاستجابة إلى التغييرات بشكل أسرع فضلاً عن تعزيز التصميم نفسه مع التحليلات وعمليات المحاكاة والتصورات المرئية، وتوفير وثائق على مستوى عالٍ من الجودة طوال المراحل التصميم والتنفيذ والتشغيل.

ومن خلال هذا الدمج يتم عمل نموذج معلومات بناء متكامل لديه القدرة على تحليل محاكاة وتقييم أداء المباني ويستطيع تزويدنا بالمعلومات الكافية لتصميم المباني المستدامة ويشمل ما يلي:



نموذج معماري
Architectural Model

حيث يتم تحويل الفكرة التصميمية إلى نموذج معماري ثلاثي الأبعاد للمبنى بكامل تفاصيله وعمل محاكاة تصور مرئي له.

نموذج إنشائي
Structural Model

ويشمل جميع الأنظمة الإنشائية والتفاصيل وقواعد بيانات للمواد المستخدمة في تنفيذ المبنى.

نموذج MEP
Structural Model

ويشمل جميع الأنظمة الميكانيكية والكهربائية والصحية.

كما يعرض الهيكل الإمكانيات التي يتيحها هذا الدمج لتحقيق إستراتيجيات ومفاهيم التصميم المستدام والتي سبق دراستها تفصيلياً في البحث والتي تنقسم إلى ثلاثة محاور رئيسية وهي :

تشكيل المبنى: ويضم (الموقع المستدام – توجيه المبنى – كتلة المبنى – الإضاءة الطبيعية).

أنظمة المبنى: ويشمل (تحليل الطاقة – التحليل الحراري – الطاقة الشمسية – تحليل الإضاءة – ترشيد الماء).

إنشاء المبنى: ويشمل (تحليل الإنشاء – المواد المستدامة – تقدير التكلفة – تخطيط التنفيذ – تقييم ما بعد الأشغال).

ويساعد هذا النموذج المتكامل لمعلومات البناء (الشكل رقم ١٣) في تحقيق معايير التصميم المستدام وإجراء الدراسات الخاصة بالاستدامة (مثل دورة حياة المبنى بالكامل، عمليات تحليل محاكاة الأداء للمبنى، تقدير التكلفة، إعادة تدوير المحتويات، وثائق الحصول على شهادة (LEED)، معايير الأمان والسلامة بالمبنى ... إلخ) من خلال استخدام أدوات التحليل والتقييم المدمجة داخل نفس تقنية نمذجة معلومات البناء BIM للوصول إلى مبانٍ يتم تصميمها وتنفيذها وتشغيلها بأساليب وتقنيات تسهم في الحد من تأثيرها على البيئة وتحقق التوازن بين العوامل البيئية والعوامل الاجتماعية والاقتصادية.

- استعمال نمذجة معلومات البناء BIM في العديد من الطرق لعالم أكثر استدامة: وستصبح العمليات أكثر تكاملاً وستصبح العديد من الحلول أكثر شفافية، ولتحقيق هذا الهدف لابد أن نركز على التحسينات والإبداعات التي يمكن أن يكون لها الأثر الأكبر والأكثر فورية، وذلك بسيط وليس مستحيلاً لتحسين كل الأشياء في نفس الوقت.
- الاستفادة من النموذج البارامتري في تخطيط العلاقات بين العناصر والمجموعات: فإن كلاً من النموذج والمصمم سيكون عندهما معرفة بالمكان والمناخ، وسوف يتعرف النموذج على نوع المبنى وعلى قيم العزل وعلى معاملات الطاقة المكتسبة من الشمس والعناصر الإنشائية للمبنى، وسيخبر النموذج فريق التصميم بالتأثيرات والنتائج النهائية لاختياراتهم.
- دمج تحليل وحسابات الكربون: من خلال برنامج لتتبع مخرجات المبنى من الكربون أثناء عملية التصميم، حيث يعتبر الكربون المنتج من المبنى مكوناً وعنصراً رئيسياً لقياس الاستدامة؛ وذلك لأنه يجسد عمليات البناء والحياة في المبنى بعد الأشغال، ومن أهم العناصر التي تساعد في تتبع الكربون للمبنى هي: الطاقة المجسدة للمواد التي تكون المبنى، والإشعاعات أثناء تشيد المبنى، والإشعاعات من الوقود المستخدم في عمليات التنفيذ ... إلخ).

(٦) مستقبل تقنية نمذجة معلومات البناء والتصميم المستدام

مستقبل هذه التقنية ورغبتنا في التعلم من الطبيعة سيساعدنا في أن نتحرك بسرعة أكبر نحو مستقبل مستدام ولمحاولة تقليل انبعاث الكربون إلى الصفر، بحيث يمكننا خلق كوكب أوفر صحة، ولا مستقبل إذ لم نغير الطريقة التي نفكر ونتعلم ونعيش بها، والنقاط التالية تمثل مجموعة من الرؤى والتوقعات حول ما سيأتي مستقبلاً للعلاقة بين نمذجة معلومات البناء وإستراتيجيات التصميم المستدام، والمستقبل المشترك لهما سيساعدنا في أن نتحرك سريعاً وبشكل جيد نحو عالم أكثر استدامة (Krygiel and Nies, 2008: p. 209):

- تطوير قاعدة بيانات لجدولة الحسابات السريعة لنموذج معلومات البناء: وكأي قاعدة بيانات سيكون لها القدرة على تتبع وحساب العناصر وإعطاء تقارير للمعلومات استناداً على الحسابات، وستقوم بعدة حسابات لم تزل غير متوفرة في نموذج BIM منها: حساب مساحة السطح، وحساب نسبة الفتحات إلى الحوائط، والتفاعل مع معلومات المناخ.
- ظهور تطبيقات BIM تجمع بين المعلومات المناخية وأنظمة البناء: وهي تقوم بعمل الحسابات لكميات مياه الأمطار التي يمكن تجميعها وأحجام صهاريج المياه التي ستستخدم في المبنى وفي تنسيق الموقع ... إلخ.
- تطوير نظام متكامل يتفاعل مع مفاتيح معلومات البناء: وستتم فورياً عمليات دمج التصميم واسترجاع البيانات بين جميع الأنظمة، وسيعطي معلومات عن دورة حياة المبنى وما بعد الأشغال للمبنى.
- علاقة جديدة بين المصمم ونموذج معلومات البناء: وهي تسمح للمصمم التعلم من الطبيعة والعوامل البيئية (الشمس، الرياح، الأمطار) لخلق بيئة طبيعية حول المبنى داخل بيئة النموذج، وسيرى المصمم فوراً تأثير توجيه المبنى واختيار الغلاف الصحيح على جميع أنظمة المبنى.
- تطوير عملية استيراد نموذج المبنى الهندسي إلى ومن برامج التحليل: حيث تعتبر عملية استيراد نموذج المبنى الهندسي والبيانات الإضافية الضرورية من نمذجة معلومات البناء إلى برامج التحليل عملية صعبة وتعتمد على المشروع وعلى تحليل الأداء، إلا أنها تعتبر هي البداية، وفي المستقبل ستكون هناك إمكانية للعودة مرة أخرى إلى النموذج مع التغيرات التي حدثت للمبنى نتيجة عمليات التحليل، ثم تتطور إلى القدرة على أن تصبح برامج التحليل والتقييم تتم في داخل نفس تطبيقات نمذجة معلومات البناء، وهي القيمة الأكبر والأكثر أهمية لتحقيق التصميم المستدام، وهذا ما اقترحه البحث في منهجية الدمج.

(٧) النتائج

١- توصل البحث إلى صياغة المنهجية التي تقترح تحقيق الدمج لإستراتيجيات ومفاهيم التصميم المستدام في تقنية نمذجة معلومات البناء BIM من خلال دراسة مفاهيم كلٍّ من نموذج معلومات البناء والتصميم المستدام والتعرف على الأدوات المطلوبة لعمل النموذج والأدوات التي تستخدم في تحليل أداء المبنى analysis tools والإمكانيات التي يتيحها النموذج لتحقيق التصميم المستدام، حيث يُمكِّن المعماريين من تطوير ودراسة بدائل التصميم المتعددة متزامنة مع النموذج، مع إمكانية التصور المرئي والقياس والتحليل

لخيارات التصميم المستدام، وتقديم خصائص جديدة للمبنى مثل الطاقة وتكلفة دورة الحياة الكاملة للمبنى لتقييمها والوصول للحل الأمثل، وجعل المعلومات المطلوبة للتصميم المستدام وللحصول المشاريع على شهادة (LEED) تُوفر بشكل دوري وتُحلل وتُفحص بسهولة وتُوثق كلياً ضمن نموذج معلومات البناء ببساطة أثناء مراحل العملية التصميمية.

٢- اقترح البحث دمج أدوات تحليل ومحاكاة الأداء وأدوات إدارة المواصفات وأدوات تدقيق واختبار النموذج داخل تطبيقات وأدوات نمذجة معلومات البناء BIM مباشرة، أي إمكانية تطوير تطبيقات لنمذجة معلومات البناء تقوم بعمل جميع هذه الأدوات معاً من عمل نموذج معلومات البناء بكامل تفاصيل المبنى وإجراء الدراسات الخاصة بالاستدامة بحيث تصبح تقنية نمذجة معلومات البناء هي نفسها أداة للتحليل.

٣- تمكن البحث من التنبؤ ببعض الرؤى والاحتمالات المستقبلية لتقنية نمذجة معلومات البناء وأدواتها وإمكانياتها في تسهيل حلول التصميم المستدام، والتي لم تتبلور حتى الآن بالمعنى الحقيقي لها وما زالت مؤجلة للمستقبل، ومن أهمها: دمج تحليل وحسابات الكربون، وتطبيقات نمذجة معلومات البناء BIM تجمع بين معلومات المناخية وأنظمة البناء، وعلاقة جديدة بين المصمم ونموذج معلومات البناء، تطوير عملية استيراد نموذج المبنى الهندسي.

(٨) التوصيات

١- تحقيق المنهجية المقترحة لدمج إستراتيجيات ومفاهيم التصميم المستدام في تقنية نمذجة معلومات البناء BIM من أهم التوصيات الرئيسية للبحث، ولابد أن نجدد فهمنا نحو استهلاك المصادر والنظرة العالمية للبيئة، وبالأدوات والإمكانيات يمكن أن نعمل بفاعلية نحو عالم مستدام ولتحقيق المستقبل المرغوب للعمارة.

٢- تطوير تطبيقات لنمذجة معلومات البناء تقوم بعمل جميع الأدوات معاً من عمل نموذج معلومات البناء بكامل تفاصيل المبنى وإجراء الدراسات الخاصة بالاستدامة له (مثل دورة حياة المبنى بالكامل، عمليات تحليل محاكاة الأداء للمبنى، تقدير التكلفة، إعادة تدوير المحتويات، وثائق الحصول على شهادة (LEED)، معايير الأمان والسلامة بالمبنى ... إلخ) على نفس النموذج وفي نفس التطبيق.

٣- الدمج في استخدام البرامج والتطبيقات يعتبر مصدراً هاماً لعمل النموذج الهندسي للمبنى، والذي يحتوي على الأفكار المعمارية والإنشائية والميكانيكية لترجمة المبنى رقمياً وللرؤية ثلاثية الأبعاد للمشروع مكتملاً، حيث ما زال الطريق

طويلاً لأن تصبح تقنية نمذجة معلومات البناء أداة للتحليل في نفس الوقت، والطريقة الأساسية والأكثر وضوحاً لإنجاز حلول الاستدامة باستخدام نموذج معلومات البناء هي الدمج في استخدام البرامج والتطبيقات لنمذجة معلومات البناء BIM tools وأدوات التحليل analysis tools لأداء المبنى مثل التكلفة والطاقة والإضاءة ودورة حياة المبنى.

٤- إضافة الكثير من المعلومات من المصمم للنموذج الرقمي يقود إلى حلول أكثر استدامة، فدقة النموذج تعتمد على دقة المعلومات التي يُدخلها المصمم إلى قاعدة بيانات النموذج، فمثلاً لم يعد كافياً أن يحدد المصمم فقط وجود فتحات في الحوائط أم لا، ولكن لابد أن يحدد نوع التزجيج والتوجيه، وكمية الوقت التي ستتعرض فيه إلى الشمس أو الظل، والمناخ العام للمبنى، والخواص الحرارية والبصرية لنوع التزجيج وكيف ستؤثر على جودة البيئة الداخلية للمبنى ... إلخ، كل العناصر الهامة للوصول إلى التصميم الجيد.

٥- تطوير قدرتنا على استخدام الأدوات لتحقيق أقصى فائدة لها والاهتمام بدراسة تقنية نمذجة معلومات البناء BIM وأدواتها والإلمام بتطبيقاتها في العمارة والاستدامة والتفاعل معها، وتحول دور المصمم من مستخدم لهذه الأدوات إلى عنصر فعال في تصميمها وتطويرها طبقاً لمتطلباته.

المراجع

Autodesk, Inc. "Building Information Modeling for Sustainable Design." Autodesk, Inc., (2005).

Autodesk, Inc. "Parametric Building Modeling: BIM's Foundation." Autodesk, Inc., (2007).

Autodesk, Inc. "BIM and the Autodesk Green Building Studio." Autodesk, Inc., (2008).

AIA and Rundell, R. *BIM and Analysis for Sustainable Design (1-2-3 Revit Tutorial)*. http://www.cadalyst.com/aec/bim-and-analysis-sustainable-design-1-2-3-revit-tutorial-3549, (2007).

AIA and Rundell, R. *BIM and Green Building Studio (1-2-3 Revit Tutorial)*. http://www.cadalyst.com/listing/68/revit-tutorials, (2008).

Azhar, S.; Hein, M. and Sketo, B. "Building Information Modeling (BIM): Benefits, Risks and Challenges." *Proceedings of the 44th ASC National Conference*, Auburn, Alabama, (2008).

Bauer, M.; Mösle, P. and Schwarz, M. *Green Building: Guidebook for Sustainable Architecture*. Berlin: Springer-Verlag, (2010).

Clason, J. C. "Building Information Modeling: Value for Real Estate Developer and Owners." *MSc Thesis in Estate Development, Massachusetts Institute of Technology*, (2007), 26-33.

Eastman, C.; Teicholz, P.; Sacks, R. and Liston, K. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. New York: John Wiley and Sons, (2008).

Hamza, N. and Horne, M. "Building Information Modeling: Empowering Energy Conscious Design." *3rd International ASCAAD Conference on Em'body'ing Virtual Architecture (ASCAAD-07)*, Alexandria, Egypt, (2007).

Hardin, B. *BIM and Construction Management Proven Tools, Methods, and Workflows*. Indianapolis, ID, USA: Wiley Publishing, Inc., (2009).

Hardin, B.; Nies, B. Contoyannis, D. "BIM & Sustainable Design." (http://cascadiagbc.org/living-future/08/programs/sessions/day-1/pm-track-2), (2008).

Rashid, H. and Couture, L. A. "Strata Tower – Asymptote.", "Closing the Gap Information Models in Contemporary Design Practice." *Architectural Design*, Vol. 79, No. (2), (March/April 2009); London: John Wiley and Sons, (2009).

Smith, D. K. and Tardif, M. *Building Information Modeling: A Strategic Implementation Guide for Architects, Engineers, Constructors, and Real Estate Asset Managers*. USA: John Wiley & Sons, Inc., (2009).

Yudelson, J. *Green Building A to Z: Understanding the Language of Green Building*. Canada: New Society Publishers, (2007).

Yudelson, J. *The Green Building Revolution*. London: Island Press, (2008).

Hoffer, E. R. "Sustainable Design Made Easy with BIM." *Acronym*, Issue 4, (Spring 2007), http://acronymonline.org/articles.

Krygiel, E. and Nies, B. *Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling*. Indianapolis, ID, USA: Wiley Publishing, Inc., (2008).

Kymmell, W. *Building Information Modeling: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations*. USA: McGraw Hill, Inc., (2008).

Lee, J-S.; Min, K-M.; Lee, Y-S. and Kim, J-H. "Building Ontology to Implement the BIM (Building Information Modeling) Focused on Pre-design Stage." *The 25th International Symposium on Automation and Robotics in Construction*, (26-29 June 2008), 350-354.

The Methodology of Integrating the Sustainable Design Strategies in Building Information Modeling Technology (BIM): Current Abilities and Future Possibilities

Hanan Suliman Eissa Mohammed
Department of Architecture, Faculty of Engineering at Mattariah, Helwan University
dr.hanansuliman@yahoo.com

(Received 02/03/1432H.; accepted for publication 13/09/1432H.)

Keywords: Building Information Modeling, Sustainability strategies, Sustainable design, Green building, Building performance analysis tools, LEED.

Abstract. The adoption of digital models in architecture provided the designers the accuracy and speed in performance, and enabled them to reach a greater number of alternatives to design with ease of configuration, change and diversification, but most of the applications that were previously used didn't contain sufficient information to analyze and evaluate the performance of buildings, while recently appeared tools development represented the building as an integrated database of coordinated information such as material quantities and properties, energy performance, lighting quality, site disturbance, and constructions information. This new innovative approach to building design, which is so different from the graphic representations of the conventional CAD software, has a new name for it: Building Information Modeling (BIM). It is a methodology for modeling information and data of building in a digital format and includes changes in the design and implementation. It has the ability to guide the design in a more sustainable direction as part of the process of design than it was a few years ago. While sustainable design may seem complicated, recent innovations in the techniques of Building Information Modeling (BIM) made their ways and methods more accessible for practitioners, enabling the communication between the BIM and analysis tools designers to evaluate the suggested designs and determine if they will achieve the performance. Links between BIM and analytic tools enabled designers to evaluate the proposed designs and determine whether they will achieve the required performance, and also determine accurately the appearance and cost after the completion of the project, which will help them implement projects faster and better economically as well as minimize the negative impacts on the environment, and thus represent the "Building Information Modeling" as an effective tool in the context of global efforts to transform the construction sector to a more sustainable model.

This paper presents the main concepts of sustainable design and BIM. It also presents the current abilities of BIM in facilitating sustainable design solutions and displays the types of analysis tools which the model used to optimize the concepts and design for sustainability.

The paper aims to reach the methodology of integrating sustainable design strategies and concepts in BIM, and to explore the future possibilities for them and harness the potential of BIM to facilitate sustainable design solutions for the ability to create environment-friendly buildings, which will be designed, constructed, and operated by methods and techniques that contribute in minimizing their impact on the environment.