ENGINEERING RESEARCH JOURNAL (ERJ)

Vol. 51, No. 2 April 2022, pp.1-14

Journal Homepage: erj.bu.edu.eg

Applications of building information modeling to manage operating costs for hotel buildings

(تطبيقات نمذجه معلومات البناء فى اداره تكلفه تشغيل المبانى الفندقيه)

م. محمد عواد نظير[1]، أ.د اكرم فاروق محمد [2]، أ.د حازم محمد طلعت [3]

قسم الهندسه المعمارية، كليه الهندسه، جامعه عين شمس، القاهرة، مصر.

المُلخص:

قدمت تطبيقات التكنولوجيا المختلفة في مجال البناء مزايا كبيرة لتحسين تكاليف البناء. ومع ذلك ، فإن مرحلة التشغيل والصيانة (O&M) للمبنى لها أطول مدة في مشروع البناء وتستحوذ أيضًا على 80٪ من التكلفة الإجمالية من ميزانية المالك.يؤثر استخدام تقنية تكلفة دورة الحياة (LCC) وتقنية نمذجة معلومات البناء (BIM) على فترة استخدام المبنى بشكل كبير. ومن ثم ، فإن الهدف الأساسي للبحث هو تحليل فوائد تكلفه دوره الحياه و نمذجه معلومات البناء خلال مرحلة التشغيل. ساعد المنهج النظري للعمل البحثي في تحديد كيف يمكن لتكلفه دوره الحياه و نمذجة معلومات البناء اداره تكلفه تشغيل المباني، يمكن أن يؤدي تنفيذ اساليب تكلفه دوره الحياه (LCC) و(البيم) في مرحلة التشغيل إلى تعزيز عمليات التشغيل والتقليل من تكلفتها. هناك العديد من القيود حول المفهومين : (نمذجة معلومات البناءو تكلفه دوره الحياه) ، ولكن تحليل دورة الحياة المناسب لمكونات وأنظمة ومعدات البناء قبل تقييم بدائل التصميم وتكامل البيم في مرحلة التصميم المبكرة يمكن أن يحسن عملية البناء التي تفيد في تقليلتكلفة دورة حياة المبنى بأكملها.

الكلمات المفتاحيه :نمذجة معلومات البناء، تكلفه دوره حياه المشروع ، مرحله التشغيل.

المصطلحات والرموز المستخدمة في هذا البحث:

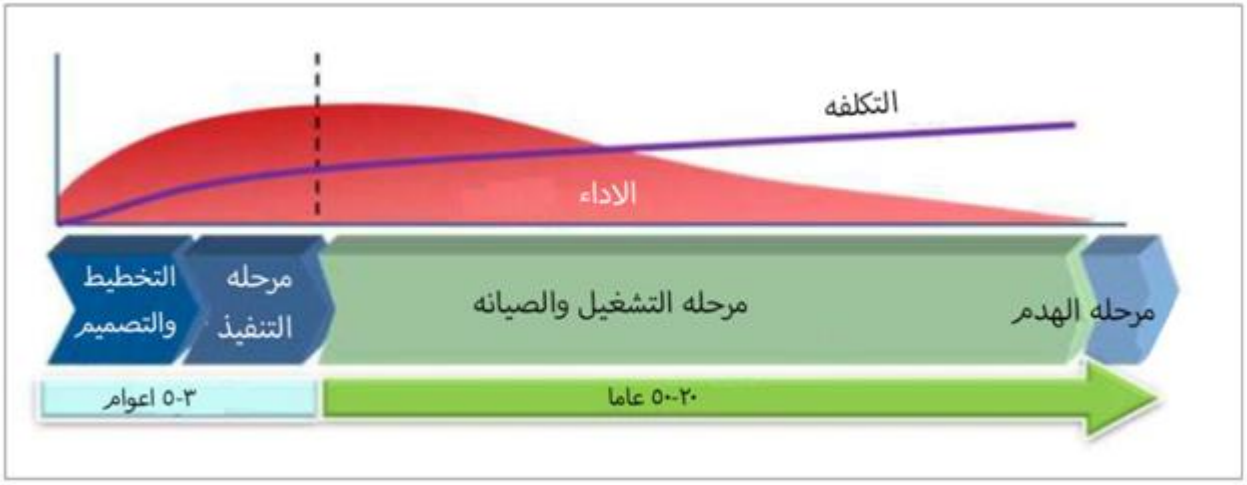
المصطلح/الرمز	المدلول
(Operation &management)O&M	التشغيل والصيانة
(Life Cycle Cost)LCC	تكلفة دورة الحياة
(Building Information Modeling) BIM	نمذجة معلومات البناء (البيم)
(BIM EXECUTION PLAN)BEP	خطه تنفيذ نمذجه معلومات البناء
AEC **Construction)& Engineering ,(Architecture**	صناعة البناء والتشييد
(Whole Life Cycle Cost) WLCC	تكلفة دورة الحياة الكاملة
(Common Data Environment) CDE	بيئة البيانات المشتركة
(Leadership in Energy and Environmental Design) LEED	الريادة في التصميم البيئي والطاقة
USGBC **(U.S. Green Building Council)**	المجلس الامريكي للابنية الخضراء

(International Organization forStandardization) ISO	المنظمة الدولية للتوحيد القياسي
OTTV(Overall Thermal Transfer Value)	إجمالي قيمةالنقل الحراري
α	معامل امتصاصية السطح المعرض لاشعة الشمس وقيمته تتراوح بين 0.3 حتى1
A_{wi}	مساحة الجزء المعتم من الواجهة رقم w (م^2)
U_{gi}	الانتقالية الحرارية للزجاج في الواجهة رقمw(وات /م^{2}س^0)
T_{Deqwi}	درجة الحرارة المكافئة للجزء المعتم س^0
Agi	مساحة الزجاج في الواجهة رقمwم^2
SF	المعامل الشمسي للواجهه(solar factor SF)وات /م^2
SC	معامل شفافيةالزجاج
SGR	معامل الاظلال الخارجي للزجاج الناتج من استخدام كاسرات الشمسية
CF	معامل تصحيح النافذة
A_o	مساحة الواجهة الكلية م^2
Np	عدد نقاط البيانات في الفاصل الزمني "p "على سبيل المثال: Nhourly = 8760. ،Nmonthly=12
V	حجم الهواء داخل الحيز ويقاس بالمتر المكعب م^3

1- خطة البحث

اولا : المقدمه

تتكون دورة حياة المبنى من عدة مراحل تتضمن التخطيط والتصميم والبناء والتشغيل والصيانة (O&M) و مرحلة الهدمأيضا. بالمقارنة مع المراحل الأخرى، تتطلب عمليات التشغيل والصيانة من مالكي المشاريع قضاء أطول وقت وأكثر التكاليف عليه.[16]يوضح الشكل (1) العلاقة بين دورة حياة المبنى ووظائفه (الأداء) والتكلفة التراكمية خلال دورة حياة المبنى. مما يشير أيضًا إلى أن مرحلة التصميم والبناء تصل إلى 3-5 سنوات فقط ، بينما قد تستمر مرحلة التشغيللمدة تصل إلى 20-50 عامًا.



يوضح الشكل (1) العلاقة بين دورة حياة المبنى ووظائفه (الأداء) والتكلفة التراكمية خلال دورة حياة المبنى.[i]

وعلى الرغم من أن مرحلة التشغيل لها أطول مدة في مشروع البناء وتستحوذ أيضًا على 80٪ من التكلفة الإجمالية [13]، إلا أنه لا يتم الاهتمام بتفضيلها من حيث خيارات مواد البناء. وبالتالي ، فإن التغافل عن تأثير اختيار المواد على مرحلة التشغيل يؤدي إلى تصاعد تكاليف التشغيل وبالتالي بذل جهود كبيرة للسيطرة عليها. في دراسة بواسطة (Karaguzel)[14]. وجدت أن تغيير مواد البناء بالواجهه يمكن أن يؤدي إلى توفير يصل إلى 28٪ في إجمالي تكاليف التشغيل[17]. غالبًا ما يكون تقليل تكاليف الطاقة التشغيلية للمبنى مهمة مخصصة لمدير المنشأة فقط ، وبالتالي من المهم إشراكه في عملية اختيار موادالبناء ، أثناء مرحلتي التصميم الأولي والتعديل. ومع ذلك ، لكي يكون لمدير المنشأة دورا في نفع فريق تصميم المبنى ، يجب أن يكون هناك سير عمل يمكِّنه من تقديم مساهمة مستنيرة لتقليل التكاليف التشغيلية[10].

في عام 2007 ، أدى ارتفاع تكاليف الوقود إلى اهتمام أكبر بإدارة تكلفه تشغيل المباني وخصوصا اداره تكلفه الطاقة التشغيلية وازدهرت حركة الاستدامة[10]. نظرًا لأن الطاقة التشغيلية للمباني تشكل حوالي 30٪ من إجمالي تكاليف التشغيل ، فإن تقليلها يمكن أن يؤدي إلى توفيرات سنوية هائلة[10]. على سبيل المثال ، في كاليفورنيا ، إذا تمكنت شركة ما من تقليل استهلاكها للطاقة بنسبة 30٪ ، فسيتم تخفيض تكاليف تشغيل المبنى بمقدار 25000 دولار سنويًا لكل 50000 قدم مربع[10].

المباني الفندقية تُصنف من بين الخمسة الأوائل فيما يتعلق باستهلاك الطاقة في قطاع البناء.فانهاتستهلك طاقة أكثر من الأنواع الأخرى من المباني العامة. النسبة المئوية من إجمالي استهلاك الطاقة السنوي وأنظمة تكييف الهواء أكبر بنسبة 1.34 من الأنواع الأخرى من المباني العامة. فالمباني الفندقية فريدة من نوعها في استهلاك الطاقة لأنها تعمل على مدار 24 ساعة في اليوم مع متطلبات التبريد والتدفئة المستمرة ، وتتكون من وظائف ومرافق مختلفة ، مثل (غرف الضيوف والمطاعم وغرفة الغسيل والمراكز التجارية)[9].

من الأساليب البارزة التي لم تنتشر بعد في الإدارة المالية تقدير تكاليف دورة الحياة ، ويمكن أن تكون طريقة التقييم الاقتصادي هذه مفيدة جدًا لمديري المرافق[9]. الفكرة الأساسية لطريقةحساب دوره حياه المبنى (LCC)هي النظر في جميع التكاليف المتعلقة باستثمار معين قبل اتخاذ قرار لأن جميع التكاليف ذات الصلة ، سواء كانت التكاليف الحالية أو المستقبلية ، ضرورية للتوصل إلى قرار مستنير[2]. السبب في أن تكون طريقة LCC تقنية عملية للغاية لاستخدامها ، هو أن الحسابات واضحة ومباشرة. يتمثل التحدي في جمع البيانات المطلوبة ووضع افتراضات معقولة ، ويمكن الحصول على هذه البيانات من الموردين أو المقاولين. وبالتالي ، يمكن تقييم التنبؤات التي يتم إجراؤها بواسطة طريقة تكلفه دوره حياه المبني (LCC) واستخدامها من قبل مدير المنشأة لاتخاذ قرارات مفيدة فيما يتعلق بتكاليف طاقة التشغيل.

"نمذجة معلومات البناء" (BIM) هي تقنية مبتكرة نضجت في مجال صناعة البناء والتشييد (AEC) ، لا يمكن لنمذجة معلومات البناء ان تحقق تمثيلات هندسية ثلاثية الأبعاد لمكونات البناء فحسب، بل يمكنها أيضًا توفير معلومات مفصلة عن خصائص المواد ووضع خطط البناء أو الصيانة[12]. في الأوقات الحالية يتم الترويج لنمذجه معلومات البناء (BIM) من قبل الكيانات الحكومية ويتم دفعها كمعيار في مجال صناعة البناء والتشييد(AEC).[7] يتم استخدامه للتحقيق الفعال لتصميمات أكثر كفاءة في استخدام الطاقة . وتوفر طبيعة إدارة المعلومات والنمذجة البارامترية في البيم رؤية فورية ومحدثة حول تأثير قرارات التصميم على أداء البناء[19].

ثانيا: الإشكالية البحثية

وجود الكثير من التأثيرات السلبية على مشروعات التشييد نتيجة لعدم الاهتمام بإدارة تكلفه تشغيل المباني .فعلى الرغم من أن مرحلة التشغيل لها أطول مدة في مشروع البناء وتستحوذ أيضًا على 80 ٪ من التكلفة الإجمالية[14] ، إلا أنه لا يتم الاهتمام بتفضيلها من حيث خيارات مواد البناء. وبالتالي ، فإن التغافل عن تأثير اختيار المواد على مرحلة التشغيل يؤدي إلى تصاعد تكاليف التشغيل وبالتالي بذل جهود كبيرة للسيطرة عليها.

ثالثا: هدف البحث

الهدف الأساسي للبحث هو تحليل فوائد تكلفه دوره الحياه و نمذجه معلومات البناء لادارة تكلفه تشغيل المباني الفندقيه.

رابعا: الفرضية البحثية

استخدام أساليب نمذجة معلومات البناء في مشروعات التشييد ومراحلها المختلفة يؤثر إيجابيا على إدارة تكلفه تشغيلها مما يساعد علي تقليل وترشيد الطاقه المستخدمه لتشغيل المبني.

خامسا: منهجية البحث

ينقسم مسار العملية البحثية لجزئين:

1-الدراسة النظرية:

تشمل محتويات الفصول الأربعة الاولى، ويتم فيها اتباع المنهج الاستقرائي لدراسة أساليب نمذجة معلومات البناء، وتقنيات حساب تكلفة دورة الحياة الكاملة (WLCC) وتكاليف دورة الحياة (LCC) ومعرفة الاختلاف بينهما، وكيفيه ادارج نمذجه معلومات البناء لحسابهم.

2- الدراسة التحليلية:

يتم فيها دراسة تحليلية لمجموعة من مشاريع التشييد ، للتعرف على الاستخدامات المختلفة لأساليب نمذجة معلومات البناء في هذه المشروعات، وكيفية تأثيرها على إدارة تكلفه تشغيل المباني، ثم عمل مقارنة بين هذه المشاريع للوصول في النهاية الى إطار عمل لاستخدام أساليب نمذجة معلومات البناء في إدارة تكلفه تشغيل المباني الفندقيه.

2- نمذجه معلومات البناء

2-1 تعريفنمذجة معلومات البناء

تعتبر تكنولوجيا نمذجة معلومات البناء من أحدث ما توصل اليه علم هندسة البناء والتشييد، وهي عبارة عن منظومة متكاملة تشمل كل ما يتعلق بالمشروع. فهي تعتبر قاعدة بيانات مركزية توفر المعلومات لجميع الأطراف المشاركة في المشروع وتحتوي على جميع مستندات المشروع سواء الخطط أو المواصفات أو جداول الكمية أو الجداول الزمنية لتنفيذ أعمال المشروع.[6] كما أنها تزود المستخدمين بمعلومات دقيقة حول جميع مراحل المشروع والميزات المطلوبة لإكمال المبنى من خلال محاكاة نموذج افتراضي للواقع. وقد أصبحت تلك الأنظمة شائعه الاستخدام لأطراف المشروع خلال دورة حياته من قبل المالك والمصممون والمقاولون ومدراء المشاريع كما هو موضح بالشكل (2).

الشكل (2) علاقة نمذجة معلومات البناء مع الجهات القائمة على دورة حياة المشروع[6]

يستخدم البيم على نطاق واسع في الوقت الحاضر في صناعة البناء بسبب قدرته على تعزيز وتسهيل التعاون بين تخصصات قطاع البناء.فهناك العديد من التعريفات لنماذج البيم التي تختلف وفقًا لخلفية المستخدم ووجهة نظره [1].

• منظور التصميم: يتم تعريف البيم على أنه التمثيل الرقمي للخصائص الفيزيائية والوظيفية للمشروع الذي يشير إلى العملية التكنولوجية المستخدمة لتطوير نموذج البيم.

• منظور التنفيذ : البيم هو استخدام برامج نمذجة الكمبيوتر لتطوير ومحاكاة قدرات البناء والتشغيل.

• منظور مديري المرافق: يوفر البيم جميع البيانات اللازمة لتشغيل مشروع البناء بعد الإشغال وحتى الهدم.

لدى البيم أيضًا تعريفات أخرى من منظور المنظمات والمؤسسات. على سبيل المثال تم تعريف نمذجة معلومات البناء (BIM) بواسطة اوتوديسك (Autodesk) على أنها "عملية ذكية قائمة على انشاء النموذج الذي يساعد في فهم وتخطيط وتصميم وبناء وإدارة المباني والبنية التحتية"[3] يمكن تقسيم عملية نمذجة معلومات البناء إلى ثلاثة جوانب رئيسية:

البناء - السمات المادية والهندسية للمشروع خلال دورة حياته.

المعلومات - البيانات والسمات غير المادية التي قد ترتبط أو لا ترتبط بالسمات الهندسية ثلاثية الأبعاد للمبنى خلال دورة حياته.

النمذجة - عملية محاكاة تصميم المبنى وبنائه وتشغيله من خلال أداة التأليف.

2-2 ابعاد نمذجة معلومات البناء.

تشتمل نمذجة معلومات البناء على 7 ابعاد، ولكل بعد استخدامه في صناعة البناء، كما انه يتم اكتشاف ابعاد جديدة لنمذجة معلومات البناء.[4]

2-2-1- البعدالاول: (1D)

نقطه البدايه ويتضمن وضع خطه لتنفيذ نمذجه معلومات البناء(BIM EXECUTION PLAN) (BEP).

2-2-2- البعد الثانى:(2D)

تشمل الطول والعرض حيث يمكننا تحقيق الرسومات المسطحة لمشروع البناء.[4]

2-2-3- البعد الثالث: (3D)

يتم استخدام النمذجة ثلاثية الأبعاد في العديد من البرامج والأدوات منذ وقت طويل من ظهور نمذجه معلومات البناء (BIM) مثل رينو (Rhino) واسكتش اب(Sketchup) واوتوكاد (AutoCAD) وغيرها الكثير. ومع ذلك ، فإن هذه الأنواع من البرامج لا تستخدم عملية نمذجه معلومات البناء لأن جانب "المعلومات" مفقود من مفهومها الأساسي. لذلك ، عندما ربطت برامج مثل اركيكاد(ArchiCAD) والريفيت (Revit)وبنتلي (Bentley) المعلومات وسمة العنصر بالهندسة ثلاثية الأبعاد في المبنى ، أصبحت تُعرف باسم أدوات تأليف نمذجه معلومات البناء أو برامج البيم. باختصار ، يشير ثلاثي الأبعاد في نمذجه معلومات البناء إلى كلا من المعلومات المادية وغير المادية للمبنى التي تتم مشاركتها في بيئة بيانات مشتركة (CDE).

2-2-4- البعد الرابع:(4D: Time Management)

يتم إضافة بُعد ال (Time) إلى النموذج الثلاثي الأبعاد لإنشاء نموذج رباعي الأبعاد الذي يمكن استخدامه لوصف كل المشروع من خلال جدوله الزمني ودراسة البدائل وإتاحة القدرة على رؤية التقدم الفعلي للمشروع على النموذج مع التقدم الزمنى للمشروع.[18] كما يوفر أيضًا تقديراً للوقت والتسلسل الصحيح للعمل الذي يساعد في عملية تقديم العطاءات، حيث أن الوقت المقدر ذو قيمة كبيرة للمالك. [4]

2-2-5- البعد الخامس:(5D: Cost Management)

يمكن من خلاله إضافة بُعد التكلفه (Cost) إلى نموذج البعد الرابع لإخراج نموذج البعد الخامس، والذي يُستخدم في استخلاص تقدير تكلفة دقيقة للمشروع من خلال توضيح (كميات المواد، وعدد العمالة المطلوبة، ومدة الفترة المطلوبة لتسليم مشروع). يمكن أن يساعد هذا النموذج أيضاً في اختيار أفضل بديل من خلال توقع الوقت والتكلفة المستهلكة في كل بديل، لذلك فهو يساعد في اتخاذ القرار المبكر دون استهلاك الكثير من الوقت والتكلفة في هذه العملية. [4]

تركز العديد من البرامج على إدارة الوقت والتكلفة. عادةً ما يتم تجميع هذه الأبعاد (4Dو5D) معًا في برامج إدارة البناء والتشييد ، مثل نافيس وركس (Navisworks) أو (Synchro) أو (Vico Office) .

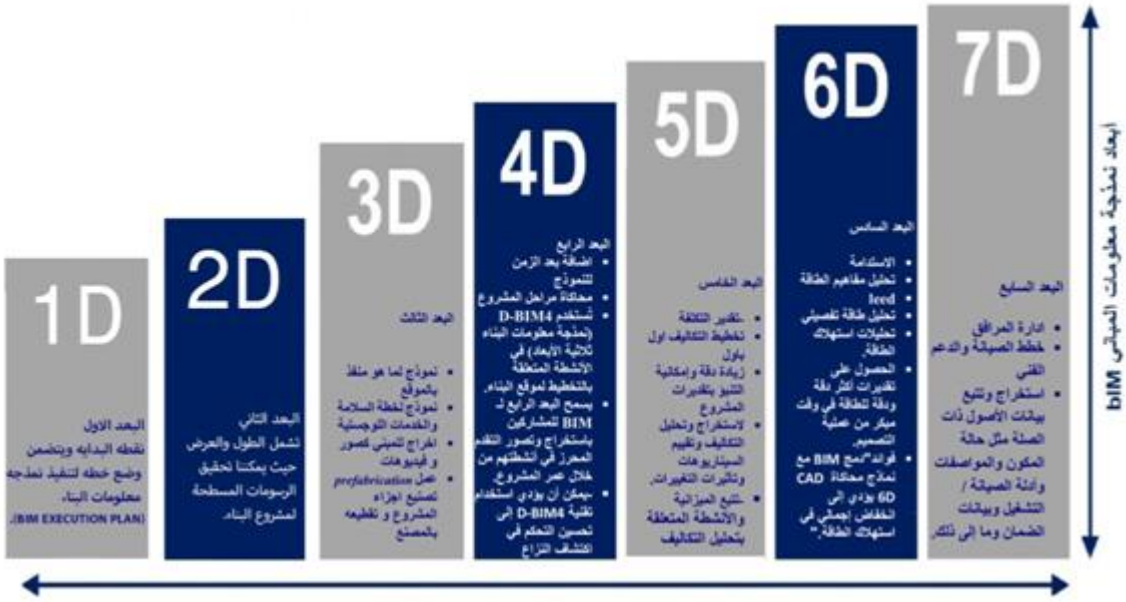
2-2-6- البعد السادس:(Energy Efficiency/ Sustainability)

ذللت نمذجة معلومات البناء مهمة تحليل ودراسة الطاقة أمام المعنيين وأصبح من اليسيرعمل عدة نماذج لأي دراسة متعلقة باستهلاك وتوفير الطاقة الخاصة بالمبنى الواحد مثل دراسة الانارة وكيفية الاستعانة بالإضاءة الطبيعية ، والتحكم في درجات الحرارة من تبريد وتدفئة ،وكذلك نسب الرطوبة ، وبحث فوائد الغطاء النباتي وكيفية توظيفه لخدمة المبنى وما حوله ، ناهيك عن توظيف الرياح والشمس في التهوية ،التوليد ، وتكييف الهواء ،بالإضافة الى محاكاة الظروف الجوية والمناخية على مدارالعام لمعرفة منطقة الراحة لشاغل بالمبنى وعليهم عرفة مايلزم من مواد واستراتيجيات للبقاء داخل منطقة الراحة[4].

2-2-7- البعد السابع:(Assets Management)

تمت إضافة هذا البعد لضمان سلامة المبنى أثناء البناء وبعد التسليم من خلال إدارة الأصول للمبنى.[4]ويتم استخدامه من قبل المديرين أثناء تشغيل وصيانة المبنى خلال دورة حياته لأنه يساعد على استخراج وتتبع البيانات ذات الصلة مثل (المواصفات وأدلة الصيانة والتشغيل وبيانات الضمان وما إلى ذلك). [15]

في النهاية ، قد تظهر أبعاد أخرى باتباع نفس النمط مثل (nD (3D +… nD ، حيث يمكن أن تكون n أي أبعاد محتملة مرتبطة بنموذج البيم.



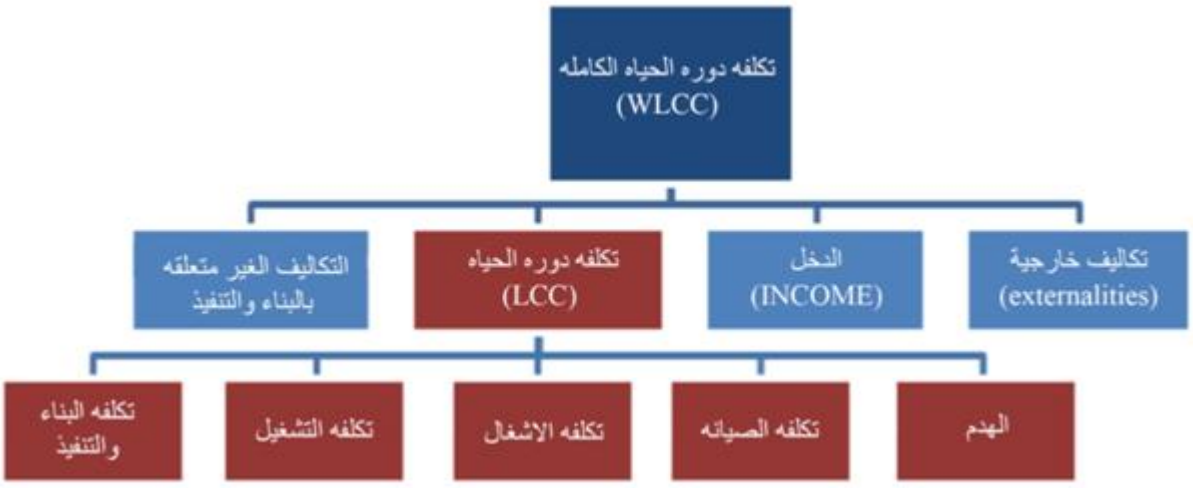
الشكل (3) الابعاد المختلفه لنمذجة معلومات البناء.[20]

3- تكلفه دوره حياه المشروع(LCC)

3-1 تكلفة دورة الحياة الكاملة وتكاليف دورة الحياة

3.1 Whole Life Cycle Costing and Life Cycle Costing

من الضروري تعريف تكلفة دورة الحياة الكاملة (WLCC) وتكاليف دورة الحياة (LCC) ومعرفة الاختلاف بينهما.
نشرت منظمة المعايير الدولية (international Standards Organization BS-ISO 15686-5 (2008) , p.vi) ، هيكل التقسيم الهرمي لـتكلفة دورة الحياة الكاملة(WLCC) كما في الشكل (4).[8]



الشكل (4) هيكل التقسيم الهرمي لـتكلفة دورة الحياة الكاملة

يوضح الشكل السابق أن تكاليف دورة الحياة (LCC) مقسمة إلى عدد من الفئات ؛ تكاليف البناء الأولية، تكاليف التشغيل ؛ ،تكاليف الصيانة وتكاليف نهاية العمر الافتراضي ، ويكشف أن WLCC يتضمن مصفوفة اقتصادية أوسع ، لا تشمل فقط تكاليف البناء ، ولكن أيضًا "التكاليف غير المتعلقة بالبناء" مثل شراء الموقع ؛ أو بيع رسوم الوكيل ؛ تكاليف الشراء وتكلفة التمويل،وأي تكاليف "خارجية" محددة. تصف ISO التكاليف الخارجية بأنها "عوامل خارجية" ، وهي تكاليف لا تنعكس بالضرورة في المعاملة بين المزود والمستهلك ، مع إعطاء أمثلة مثل التوظيف التجاري والإنتاجية وتكاليف المستخدم.

2-3 مراجعة تكلفة دورة الحياة (LCC).

يُعرِّف المعهد الوطني للمعايير والتكنولوجيا(National Institute of Standards and Technology) (1996) Handbookتكلفة دورة الحياة على أنها "التكلفة الإجمالية المخصومة بالدولار لامتلاك ، وتشغيل ، وصيانة ، والتخلص من مبنى أو نظام بناء" خلال فترة زمنية.صافي القيمة الحالية هو مجموع تكاليف الاستثمار ، وتكاليف الاستبدال ، وتكاليف التشغيل والصيانة سنويًا ، وتكاليف التشغيل والصيانة غير السنوية باستثناء قيمة إعادة البيع في نهاية العمر. [11]

NPV = C + R-S + A + M حيث ،
C - تكلفة الاستثمار
S - قيمة إعادة البيع في نهاية العمر الافتراضي
A- تكاليف التشغيل والصيانة والإصلاح المتكررة سنويًا (بما في ذلك تكاليف الطاقة)
M- تكاليف التشغيل والصيانة والإصلاح غير المتكررة السنوية.
R - تكاليف الاستبدال

4- الدراسات التحليلية:

4-1معايير اختيار حالات الدراسة:

اجريت الحالات الدراسيه لتحليل مدي الاستفاده من ادوات وتطبيقات نمذجه معلومات البناء في اداره تكلفه الطاقه التشغيليه للمباني الفندقيه وذلك لترشيد استهلاك الطاقه حرصا منا علي دعم خطه الدوله 2030 للوصول الي معايير العماره المستدامه ومبادره 2030.

اسباب اختيار الحالات الدراسيه.

1-الحالات الدراسية عبارة عن مباني فندقية والمباني الفندقيه فريدة من نوعها في استهلاك الطاقة لأنها تعمل على مدار 24 ساعة في اليوم مع متطلبات التبريد والتدفئة المستمرة ، وتتكون من وظائف ومرافق مختلفة.[9]

2- التوجه التصميمي الذكي والذي يبدا من المباني ذات الفئات المتميزه تصميميا واقتصاديا وتكون بمثابه نموذج يحتذى به في السنوات القادمه.

3-استخدام مواد بنائيه تدعم الحفاظ علي مستوي الطاقه داخل المبني مما يجعلها نموذج مثالي لتلك النوعيه من المباني التي تضع هدفا للوصول الي ترشيد الطاقه بشكل فعال.

4-استخدامهم لتطبيقات تكنولوجيا نمذجه معومات في النمذجه ومحاكاه استهلاك الطاقه التشغيليه وهو الامر المراد تحليله.

4-2 الحاله الأولي (ابراج العلمين).[20]

4-2-1 وصف الحاله الدراسيه :

الحاله الدراسيه عباره عن نموذج ضمن مجمع سكني فندقي مقام علي مساحه 38000 م^2 ومكون من 6 مباني متعدده الطوابق بعدد 38 طابق. ويتكون الغلاف الخارجي للمبني من زجاج مزدوج عاكس للحرارهبنسبه 60 % والباقي من الخرسانه المسلحه بالالياف الزجاجيه (GFRC).

4-2-2 نطاق عمل نمذجة معلومات البناء في المشروع:

تم اجراء عمليه النمذجه المعلوماتيه بهدف اداره تكلفه الطاقه التشغيله وذلك لترشيد استهلاك الطاقه للمبني وذلك عن طريق مجموعه من الخطوات لتحليل الطاقه :

4-2-2-1 المرحله الاولي : نمذجه المبني المراد دراسته

4-2-2-2 المرحله الثانيه : مرحله اختيار البديل التصميمي

4-2-2-1نمذجه المبني المراد دراسته

4-2-2-1-1 عمل النموذج ثلاثي الابعاد:

انشاء ملف للمبني ثلاثي الابعاد يمكن من خلاله حساب كميات المشروع من العديد من البرامج التي تستخدم أساليب نمذجة معلومات البناء، واستخراجها كجداول وتحويلها إلى فاتورة كميات للمشروع بدلاً من الحساب اليدوي وفيما يلي بيانات المبني والتي تم استخدامها في المعادلات الحسابيه.

شكل (5)نموذج للابراج الشاطئية باستخدام برنامج Revit

4-2-2-1-2مراجعه الموقع

النموذج يقع في اقليم الساحل الشمالي.

4-2-2-2 المرحله الثانيه : خطوات إختيار البديل الأفضل من حيث التصميم الحراري

بعد تحليل النموذج الدراسي ومحاكاته تم اضافة البدائل التصميمة للعنصر الانشائي المستخدم وهو الزجاج باختيار 20 بديل دراسي والهدف من ذلك امكانية استخدام اسلوب تحليلي تراكمي لاتخاذ قرار استخدام البديل الأفضل من حيث التصميم الحراري .

4-2-2-2-1حساب قيمة الناقلة الحرارية (**OTTV**) .

4-2-2-2-2إدراج النموذج داخل برنامج المحاكاة **Insight**360

4-2-2-2-3 المعادلات الحسابية لحساب نسبة الوفر في الطاقة ونسبة تحقيق النموذج لكود الطاقة

4-2-2-2-1تطبيق حساب قيمة الناقلة الحرارية (OTTV) عن طريق نمذجة المعلومات

ساهم برنامج الريفيت بشكل أساسي في حصر البدائل المختلفة وقيم المقاومة الحرارية لكل عنصر بنائي مستخدم، وكذلك حساب قيمة الانتقالية الحرارية لها، ومن ثم يمكن استخدم المعادلة الحسابية لحساب قيمة الناقلة الحرارية (Overall Thermal Transfer Value) (OTTV)للعنصر الانشائي المؤثر في غلاف المبني.

$$OTTV_w = (\alpha A_{wi}. U_{gi}. T_{Degwi} + A_{gi}. SF. SC.CF(1-SGR))/A_O$$

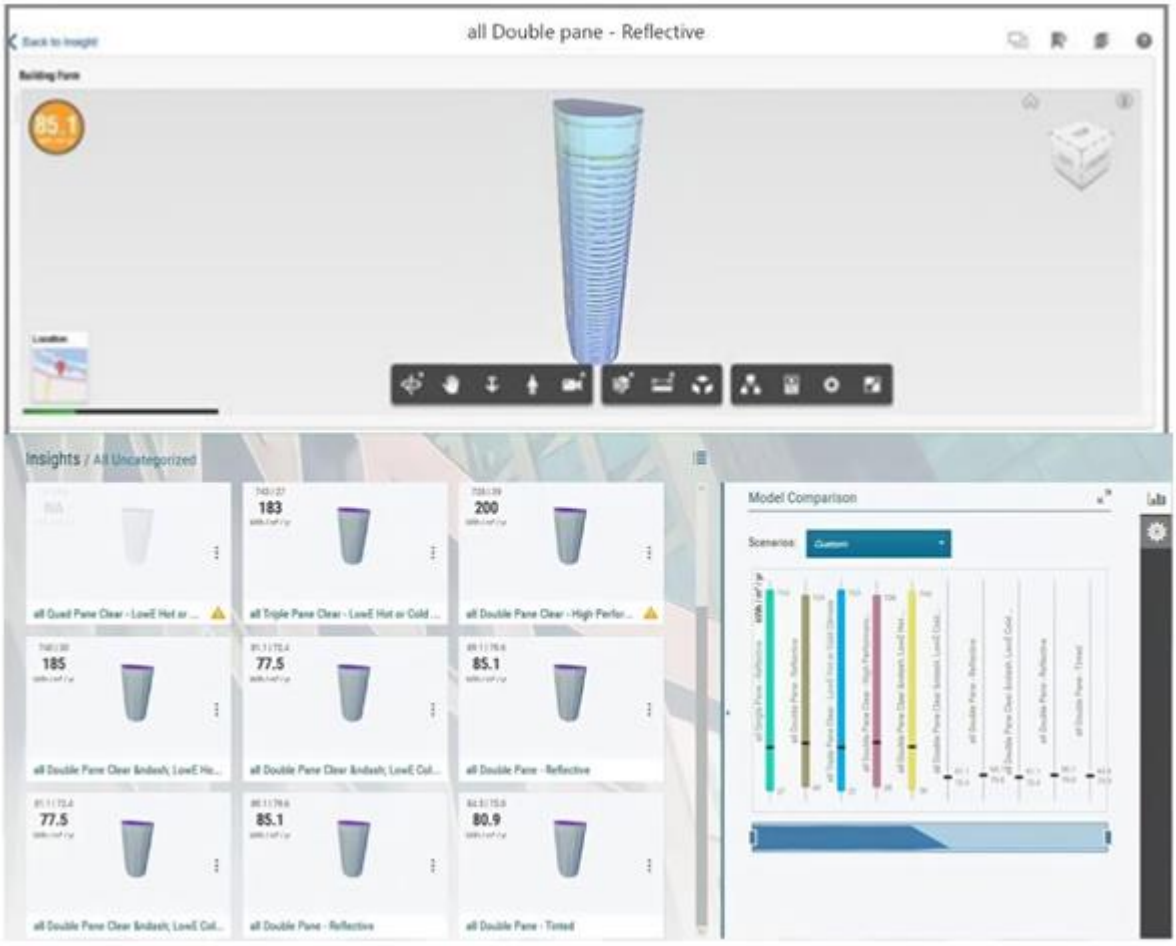
الجدول (1) :يوضح القيم الحسابية لحالات الدراسة للواجهة الأمامية (الشمالية الشرقية) للمبني

	E1	A_{wi}	U_{gi} W/(m².K)	$T_{Deg_{wi}}$	A_{gi}	SF	SC	CF	SG R	A_o	R (m².K)/W	VLT	OTT V_{El}
1	Case1 (BLUEGREEN Glazed Double	3666.2	1.98	24	5202.441	191	0.27/0.87	1.05	0.27	27656.885	0.503	0.45	26.6
2	Case2 (CLEAR Glazed Double	3666.2	1.99	24	5202.441	191	0.57/0.87	1.05	0.27	27656.885	0.503	0.58	50.7
3	Case3 (Double Glazed domestic	3666.2	3.13	24	5202.441	191	0.76/0.87	1.05	0.27	27656.885	0.32	0.81	68.8
4	Case4 (Double Glazed domestic SC=0.3	3666.2	2.86	24	5202.441	191	0.29/0.87	1.05	0.27	27656.885	0.3501	0.27	30.3
5	Case5 (Double Glazed windows (reflective)	3666.2	3.19	24	5202.441	191	0.13/0.87	1.05	0.27	27656.885	0.3129	0.07	18.2
6	Case6 (Large Single Glazed windows	3666.2	6.70	24	5202.441	191	0.86/0.87	1.05	0.75	27656.885	0.1492	0.90	40.0
7	Case7 (Low-E Double Glazed)	3666.2	2.103	24	5202.441	191	0.65/0.87	1.05	0.27	27656.885	0.4755	0.76	57.5
8	Case8 (Double Pane Clear LowE)	3666.2	1.456	24	5202.441	191	0.26/0.87	1.05	0.75	27656.885	0.687	0.55	10.7
9	Case9 (Pilkington Double Glazed)	3666.2	3.129	24	5202.441	191	0.76/0.87	1.05	0.27	27656.885	0.3196	0.81	68.8
10	Case10 ((Reflective Double Glazed) Current Case	3666.2	1.421	24	5202.441	191	0.17/0.87	1.05	0.27	27656.885	0.704	0.13	17.1
11	Case11 (Polycarbonate double Glazed)	3666.2	3.729	24	5202.441	191	0.76/0.87	1.05	0.27	27656.885	0.2681	0.81	70.3
12	Case12 ((Reflective Single Glazed)	3666.2	5.905	24	5202.441	191	0.19/0.87	1.05	0.75	27656.885	0.1693	0.08	19.6
13	Case13 (Single Glazing) SC=0.2	3666.2	6.702	24	5202.441	191	0.19/0.87	1.05	0.75	27656.885	0.1492	0.08	21.5
14	Case14 (Triple Glazing)	3666.2	1.533	24	5202.441	191	0.61/0.87	1.05	0.75	27656.885	0.6523	0.70	20.6
15	Case15 (Uncoated double Glazing)	3666.2	1.987	24	5202.441	191	0.50/0.87	1.05	0.27	27656.885	0.5032	0.67	45.1
16	Case16 (Uncoated single Glazing)	3666.2	5.905	24	5202.441	191	0.62/0.87	1.05	0.75	27656.885	0.1693	0.75	31.4
17	Case17 (Pilkington single Glazing)	3666.2	6.243	24	5202.441	191	0.81/0.87	1.05	0.75	27656.885	0.1602	0.88	37.5
18	Case18 (Single panes with 3/8 in cavity)	3666.2	2.867	24	5202.441	191	0.76/0.87	1.05	0.75	27656.885	0.3492	0.81	27.9
19	Case19 (Single glass panes)	3666.2	5.7424	24	5202.441	191	0.86/0.87	1.05	0.75	27656.885	0.1741	0.90	37.7
20	Case20 (clear element all solar gain transmitted)	3666.2	5.6928	24	5202.441	191	0.86/0.87	1.05	0.27	27656.885	0.1757	0.90	83.1

و بتطبيق معادلة الناقلة الحرارية (**OTTV**)على 20 بديل دراسي مستخدم لغلاف المبنى كخطوة أولي لتقييم البدائل تم التوصل الي 5 بدائل دراسية يمكن إستخدامهم كبديل مقترح عن تصميم الغلاف الخارجي للمبني.

4-2-2-2-2تطبيق إدراج النموذج داخل برنامج المحاكاة Insight 360

تحليل الطاقة للحالة الدراسية باستخدام برنامجInsight 360.



شكل (6): يوضح النتائج التي يظهرها برنامج(Insight 360) للحالة الدراسية ومنها نسبة استهلاك الطاقة وقياس كفاءة الاستهلاك بالنسبه للكود الأمريكي ومبادرة تحدي العمارة .

4-2-2-2-3المعادلات الحسابية لحساب نسبة الوفر في الطاقة ونسبة تحقيق النموذج لكود الطاقة

جدول (2) :يوضح نسب تحقيق النموذج الدراسي والبدائل لتوفير استهلاك الطاقة في المبنى

Study Cases	*Ugi (m2.k) /w*	*Rw/ (m2k)*	*Cost Max USD/ m2/Yr*	*Cost Mean USD/ m2/Yr*	Cost Min USD/ m2/Yr	توفير الطاقة لكل م2 من نوع الزجاج *EUI /Kwh m2*	المساحة الكلية للزجاج *m2*	التكلفة الكلية بالدولار	مقدار الوفر في التكلفة الكلية بالدولار	بديل موفر للطاقة عن الحالة الدراسية
Case1 (BLUEGREEN Glazed Double)	1.98	0.503	7.6	7.21	6.68	80.9	27656.885	0.199406.141	12,445.5981	√
Case8(Double Pane Clear Low-E)	1.456	0.687	9.68	7.29	6.76	77.5	27656.885	201,618.69	10.23305.	√
Case10(Reflective Double Glazed	1.421	0.704	8.09	7.66	7.09	85.1	27656.885	211.851.7391	———	———
Case12 (Reflective Single Glazed)	5.905	0.1693	56.1	17.2	3.6	192	27656.885	0.45698.422	166,153.318	×
Case13 single Pane Clear; , Low SHGC	6.702	0.1492	56.4	16.1	2.7	185	27656.885	445,275.85	233,424.115	×

ملاحظات هامة:

جميع البدائل مطابقة للمواصفات الأوروبية ومعتمدة من Green Building التابعة لمنظمة صديقة للبيئة، كما انها مطابقة للشروط والمواصفات المصرية (الهيئة العامة المصرية للمواصفات والجودة 2019). . تمت مقارنة بين الحالة الدراسية وأقرب نتائجمقترحة ووجد أن الحالة الدراسية (10) حققت نتائج جيده من حيث السعر وتوفير الطاقة (**85Kwh/m2**)، وتم حساب الوفر في التكلفة الكلية مقارنة بين التكلفة الكلية بالدولار للحالة الدراسية وباقي البدائل التي حققت أعلي النتائج ،

وتبين أن:

البديل (1) يحقق وفر في التكلفة والطاقة (80.9Kwh/m2) عن الحالة الدراسية بنسبة 58% :

البديل (8) يحقق توفير في الطاقة ويعتبر متوسط السعر مناسب بالنسبة للخامة الانشائية المستخدمة ويوفر البديل من حيث التكلفة الكلية عن الحالة الدراسية (10) حوالي **10,233.05**دولار أي افضل بنسبة 48% ويحقق ترشيد في استهلاك الطاقة (77.5Kuwhu/m2)

البديل (12) أقل وفرا في الطاقة وأعلى من حيث التكلفة عن الحالة الدراسية بنسبة 78% :

البديل (13) أقل وفرا في الطاقة وأعلي من حيث التكلفة عن الحالة الدراسية بنسبة 11%.

4-3الحاله الثانيه(فندق ميلسون)[22]

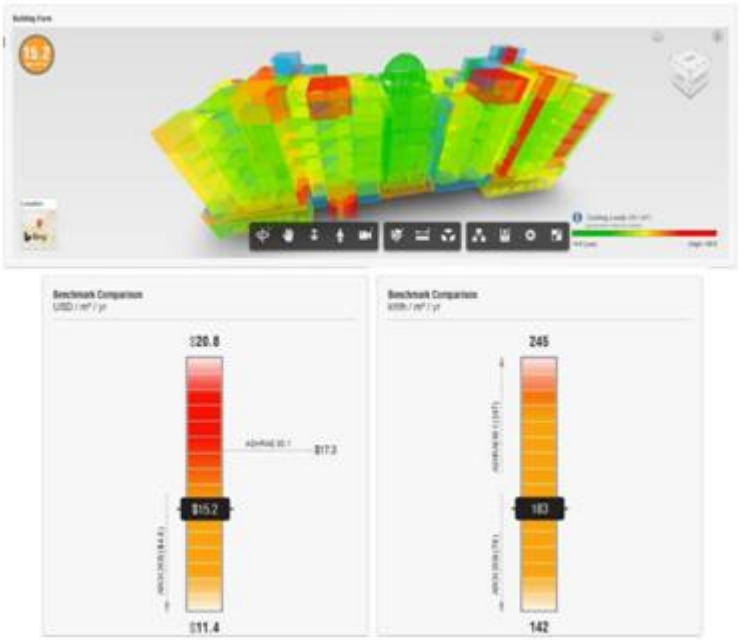
4-3-1 وصف الحاله

الحاله الدراسيه هي مشروع فندق 4 نجوم يقع بمنطقه تبوك شمالي غرب السعوديه، ومقام علي مساحه 4230 م2 ، ويتكون من 100 غرفه فندقيه وخدمات فندقيه اخري موزعه علي سبعه طوابق ،ويحتوي كل طابق علي مساحه تقريبيه تبلغ 12600 م2 مع محيط بناء 180 م طولي وحدود المشروع 376 م طولي.

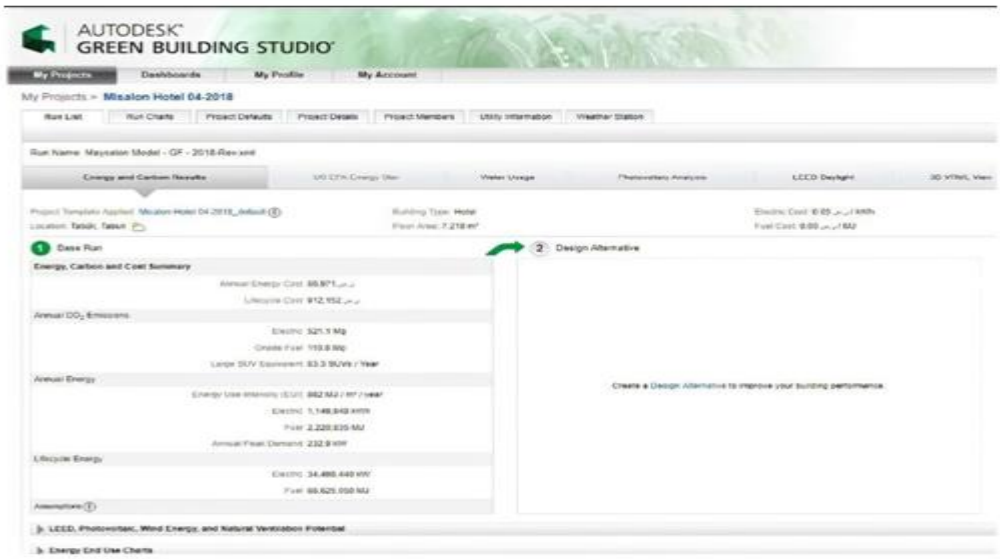
4-3-2 نطاق عمل نمذجة معلومات البناء في المشروع

تم انشاء نموذج للمشروع بهدف القيام بتحليل اداء الفندق للطاقه الكهربيه وتكلفتها باستخدام برمجيات البيم (BIM) ، ومفارنتها بالاداء الفعلي خلال السنوات العشر ما بين عام 2006 الي عام 2015 ، تم انشاء النموذج باستخدام برنامج (**AutodeskRevit® 2018**) وتحليل استهلاك الطاقه الكهربيه وتكلفتها كمثال لقياس محاكاه احد جوانب الاداء.وقد اتبع التحليل افضل الممارسات كدليل مرجعي لعمليات النمذجه والمحاكاه .[ii]

يوضح الشكل (7) التكلفه والاستهلاك للطاقه الكهربيه باستخدام برنامج (**Autodesk® Insight360**) بينما يظهر الشكل (8) بعض النتائج علي السحابه الالكترونيه علي برنامج (**Autodesk® Green Building Studio**).



شكل (7) نتائج المحاكاه باستخدام برنامج (Autodesk® Insight360)



شكل (8) نتائج المحاكاه باستخدام برنامج (Autodesk® Green Building Studio)

اوضحت نتائج المقارنه بين محاكاه التكاليف وكثافه الاستهلاك للطاقه الكهربيه باستخدام برنامج (Insight360) وبين حساب التكاليف وكثافه الاستهلاك الفعلي للفندق خلال العشر سنوات ، ان محاكاه تكلفه استهلاك الطاقه لكل متر مربع تزيد بمقدار (47%) عن التكلفه الحقيقيه وان محاكاه اجمالي تكلفه الاستهلاك السنوي اقل بمقدار (25%) عن اجمالي التكلفه الحقيقه للسنه وبمراجعه نتيجه مقارنه حساب كثافه الاستهلاك يتضح ان نتيجه المحاكاه جاءت بفارق اقل من كثافه الاستهلاك الفعلي بنسبه (33%) .

4-4الحالة الثالثه فندق كورتيارد ماريوت(Courtyard by Marriot) [5]

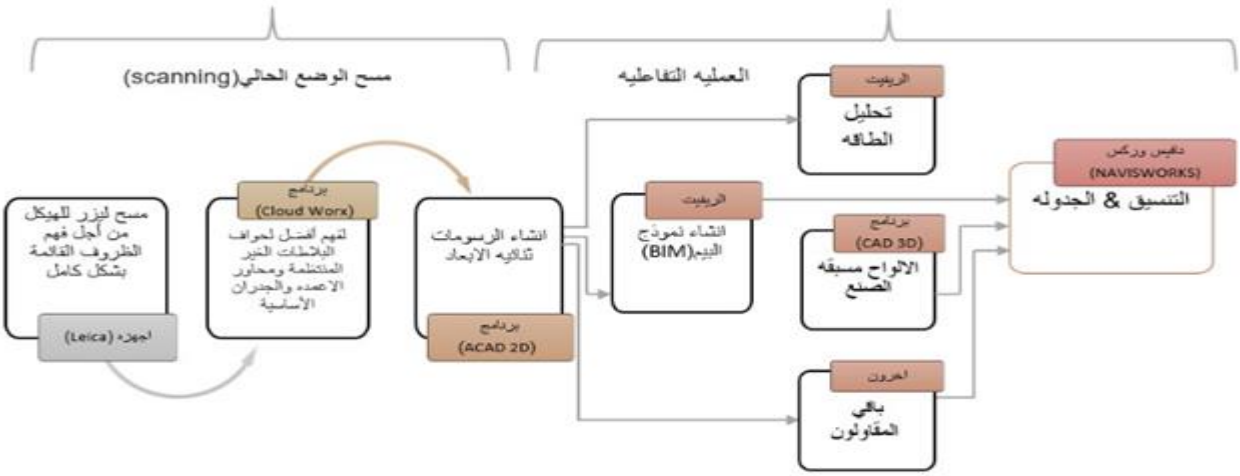
1-4-4 وصف المشروع

تم بناء مبنى تورنتو الوطني في عام 1982 ، لكنه ظل غير مستخدم وسط الحي التجاري في بورتلاند لما يقرب من عقدين. وتم اشغاله عام 2009 بعد أن تحول إلى فندق معاصر(كورتيارد ماريوت) ، وتمت إضافة ثلاثة طوابق جديدة إلىالمبنى المكون من ثلاثة عشر طابقًا ، تمت إزالة الواجهة بالكامل واستبدالهابأخرى جديدة ، تمت إضافة أنظمة جديدة لتلائم احتياجات الفندق، وتم هدم مبنى مجاور مكون من ثلاثة طوابقواستبدل بمبنى جديد مكون من أربعة طوابق يوفر مواقف للسيارات والانشطة العامة.حصل المشروع على شهادة الريادة في تصميمات الطاقة والبيئة(جائزة الليد)(LEED) من قبل المجلس الامريكي للابنية الخضراء (USGBC).

2-4-4 نطاق عمل نمذجة معلومات البناء في المشروع:

1-2-4-4 تصميم سير العمل.

تضمن سير عمل التصميم العام الشكل (9) مرحلتين رئيسيتين: عملية المسح لتوفير وصف دقيق للهيكل الموجود والعملية التفاعلية بين نماذج البيم (BIM)المختلفة المشتقة من هذا المصدر المشترك للمعلومات. بالإضافة إلى ذلك ، تمت إدارة المشروع بمساعدة(Newforma) التي هي أداة لإدارة المشروع و المستندات ، لتتبع مستندات المشروع والملفات اثناء عملية التصميم.



الشكل(9) التصميم العاملسير عمل

2-4-4-2 من برنامج الريفيت إلى شهادة الليد (LEED) .

يتضمن برنامج الريادة في الطاقة والتصميم البيئي ، أو الليد (LEED) ، الذي طوره المجلس الامريكي للابنية الخضراء (USGBC)، عدة جوانب: استهلاك الطاقة والمياه ، وانبعاثات الكربون ، وجودة البيئة الداخلية ، والتأثير البيئي. يحدد برنامج الليد (LEED) إطار عمل لتنفيذ حلول تصميم أكثر استدامة وعمليات البناء والصيانةمن خلال دورة حياة المبنى. كان قرار التصميم الأصلي بشأن إعادة استخدام الهيكل الحالي مساهمة كبيرة في تقليل التأثير البيئي واستخدام الموارد خلال عملية البناء. كان التحدي هو تحقيق التوازن بين معايير الاستهلاك العالية التقليدية لصناعة الفنادق مع معايير الليد (LEED) الخضراء. كان نموذج الريفيت الذي تم إنشاؤه من المسح هو المصدر الرئيسي للمعلومات لدعم شهادة الليد المطلوبة ، من حيث توفير المياه وجودة الهواء الداخلي.في حالة توفير الطاقة ، تم استخدام نموذج ريفيت(Revit) كأساس لنموذج الطاقة الذي تم تطويره من قبل (TraneTrace ™).

اعتمد عمل نمذجة الطاقة على ادخال معلومات تصميم المبنى من نموذج الاوتوكاد. ليس لدى (Trace) مدخلات فعالة وموثوقة من ريفيت، لذلك يقوم المستشارون ببناء مدخلات بيانات الطاقة يدويًا. بلغت التكلفة الإضافية لتحليل الطاقة 20850 دولارًا أمريكيًا ، وهو ما يبدو جذابًا مقارنة بالمدخرات نظرًا لأنه من المتوقع أن يوفر العقار في غضون عشر سنوات أكثر من 600000 دولار أمريكي فقط من تكاليف المرافق. فائدة أخرى من جهود نمذجة الطاقة هي أنها تطلبت من فريق تنسيق التصميم والبناء بأكمله العمل معًا ، حيث يتطلب نموذج الطاقة معلومات من مجموعة كاملة من المقاولين من الباطن. خلال عملية نمذجة الطاقة ، أتيحت لهم الفرصة للعثور على التعارضات وحلها في وقت مبكر من عملية التصميم بدلاً من وقت لاحق في المجال. قدمت جهود نمذجة الطاقة توفيرًا بنسبة 30 بالمائة عند مقارنتها باستهلاك الطاقة لمبنى نموذجي .

الشكل (10) نموذج ثلاثي الابعاد للفندق

-5 تحليل دراسات حالة

وصف موجز لجميع دراسات الحالة في الجدول (2)أدناه.

دراسة الحالة	العنوان	وصف دراسة الحالة	النتائج
الحالة الاولي	ابراج العلمين، ونمذجه معلومات البناء بهدف الاختيار بين عده بدائل من حيث الافضليه ف تقليل تكلفه الطاقه التشغيله للمبني	حساب قيمة الناقلة الحرارية (OTTV) عن طريق نمذجة المعلومات وتحليل الطاقة البرامج المستخدمه: (Autodesk® Green Building Studio)، (Autodesk® Insight360) ، (Revit® 2018)	تم الوصول لبديل(البديل الثامن) يمكن له ان يوفر من حيث التكلفة الكلية عن البديلالمختار حوالي 10,233.05 دولار أي افضل بنسبة 48% ويحقق ترشيد في استهلاك الطاقة (Kuwhu/m277.5)
الحالة الثانيه	(فندق ميلسون) ، ونمذجه معلومات البناء بهدف القيام بتحليل اداء الفندق للطاقه الكهربيه وتكلفتها ومفارنتها بالاداء الفعليخلال السنوات العشر ما بين عام 2006 الي 2015.	القيام بتحليل اداء الفندق للطاقه الكهربيه وتكلفتها باستخدام برمجيات البيم (BIM) ، ومفارنتها بالاداء الفعلي. البرامج المستخدمه: (Autodesk® Green Building Studio)، (Autodesk® Insight360) ، (Revit® 2018)	محاكاه اجمالي تكلفه الاستهلاك السنوي اقل بمقدار (25%) عن اجمالي التكلفه الحقيقه للسنه وبمراجعه نتيجه مقارنه حساب كثافه الاستهلاك يتضح ان نتيجه المحاكاه جاءت بفارق اقل من كثافه الاستهلاك الفعلي بنسبه (33%) ،وذلك لوجود الكثير من العناصر المتجاهله اثناء المحاكاه ولكن النتائج لا تزال مرجعا قويا للمقارنه بين عده بدائل وليست محاكاه كامله لكافه عناصر استهلاك الطاقه الكهربيه للمبني.
الحالة الثالثه	فندق كورتيارد (Courtyard by Marriot) ، و نمذجة معلومات البناء في إعادة التصميم ، وشهادة الريادة في الطاقة والتصميم البيئي (LEED) .	تجديد المبنى الوطني للفندقالمعاصر المساعدة في الحصول على شهادةالليد(LEED). البرمجيات المستخدمة: الريفيت(Revit).	تم تحقيق استفادة لتوفير الطاقة القصوى. التوفير في التكلفة في السنة الأولى في التشغيل هو 52،355 دولارًا أمريكيًا والتوفير في التكلفة التقديري لـ 10سنوات هو 676331 دولار

5- النتائج والتوصيات

5-1النتائج

1- تقنية نمذجة الطاقة(Modeling Energy) من العوامل الهامة التي تعطينا صورة واضحة حول كمية الطاقة الكهربائية المحتمل استهالكها داخل المبني وتفصيل الاحمال الكهربائية المتعددة من الانارة وتكييف وتدفئة ومضخات وأجهزة تسخين المياه ... الخ) قبل تشييد المبني ويعتبر ذلك إحدي الاهداف الرئيسية من نمذجة الطاقة.

2- تساهم تطبيقات وبرمجيات ال BIM في التحكم بتغيير المواد البنائية كنوع من البدائل التي تحقق معايير الاستدامة البيئية من وفر في الطاقة والتكلفة.

3- للمعادالت الحسابية إضافة كبيره لتحسين النتائج التي تستخرج من برمجيات التحليل الحراري ، نظرا لكثرة المعطيات والبيانات التي يمكن أن تسبب خطأ في النتيجة، والتي على أساسها يبني المصمم تصميمه مقترح بناءا على إختياره للبديل الافضل تصميميا.

4- تتعدد البرامج الملائمة لمحاكاة المبني السكني الا ان برنامج INS360 المستخدم في تحليل الحالة الدراسية الاولى قدم عدد من المميزات التي يمكن الاستفادة منها:

- البرنامج معتمد من اوتوديسك ومستخدمه في عدد من الابحاث العلمية
- يسهل تطبيق البرنامج ويتم إرسال نتائجه على البريد الالكتروني للمستخدم .
- تحليل غلاف المبني بالكامل وليس دور واحد فقط كباقي البرامج المعتمدة .
- الربط بين نتائج تحليل الطاقة وبين كود الطاقة ومبادرة تحدي العمارة 2030 ،مما يجعل النموذج وبدائله أكثر مصداقية.
- يقدر البرنامج تكلفة المشروع التقديرية وكمية الوفر في الطاقة كل بديل ويتم المقارنه بينهم.
- يعطي البرنامج عدد من المقترحات التي تساعد على تحقيق وفرض الاستهلاك للوصول الي صفرية الطاقة من خلال نظم مستخدمة لتوفير طاقة متجددة.

.

5-2 التوصيات

لخصت الدراسة البحثية مجموعة من التوصيات والتي تتحدد نقاطها كالاتي:-

ضرورة دراسة الجوانب الاقتصادية للمشروع وإستخدام برمجيات نمذجة معلومات البناء (BIM) فيعمل جدوي إقتصادية سليمة لادارة المشروع مبنية علي التوقعات المستقبلية في جميع مراحلة منالتصميم حتي التشغيل الي الهدم.

-لابد من وجود منظومة متكاملة في مصر على علم بأهمية الطاقة التشغيليه ودورها الحيوي في التقدمالحضاري، نظرا لوجود العديد من المؤهلات التي تستحق فرصة المساهمة في حل الأزمة المتزايدةبصورة سريعة.

-تفعيل أداء أكواد الطاقة في المباني لتحسين كفاءة الطاقة بالمبنى وتطوير أنواعها ليتلائم مع أنواعالمباني الجديدة والمستدامة وتوضيح أهمية تحسين أداء الطاقة بالمباني.

-ضرورة عمل كود يختص بترشيد إستهلاك الطاقة في المباني الفندقيه في مصر بمختلف أنواعإسكانها من المتوسط الي الفاخر، وذلك لأن كثير من المدن الجديدة في وقتنا الحالي تبني علي شكلمجمعات سكنية، وبذلك سوف تشكل النسبة الأكبر من نمط الإسكان.

-دعم مساهمة برمجيات تقنية نمذجة معلومات البناء(BIM)في قياس أداء المباني المستدامة، ورصدالتوقعات المستقبلية لتطور حركة إستخدام برمجيات BIMفي مجال البناء المستدام

-ضرورة توجه المناهج الدراسية نحو تبني مبادئ التصميم المستدام، ودراسة كيفية ترشيد إستهلاكالطاقة في المباني الفندقيه، وأهمية إختيار الخامات الانشائية منخفضة الإستهلاك للطاقة ، والإهتمامبالتصميمات المقدمة من قبل الطلبة والتي تدعم في تطبيقها فكرة المجمعات السكنية المستدامةوخفض الاستهلاك داخل المبني ، ومدى تطبيقها للمعاييرالمستدامة رجوعا لملف الدولة بوزارةالبيئة ، ومتطلبات تحقيق كفاءة الطاقة في المباني رجوعا لقانون المباني التنفيذي وكود ترشيداستهلاك الطاقة.

المراجع

[1] Abbasnejad, B., & Moud, H. (2013). BIM and Basic Challenges Associated with its Definitions,Interpretations and Expectations. International Journal of Engineering Research andApplications (IJERA) , 3(2), 287-294.

[2] ASTM E917-13, Standard Practice for Measuring Life-Cycle Costs of Buildings andBuilding, 2015.

[3] Autodesk, What Is BIM | Building Information Modeling | Autodesk, (2017).https://www.autodesk.com/solutions/bim (accessed December 9, 2017)

[4] "Building Information Modelling". (2012, April). Retrieved from Out-Law.com - Legal news and guidance from Pinsent Masons: http://www.out-law.com/en/topics/projects--construction/projects-and-procurement/building-information-modelling/

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

[6] EDDE N., (2011). Mastering Autodesk Revit 2011. In:KRYGIEL E., READ P., VANDEZANDE J., ST., Wiley Publishing, United States of America

[7] F. Abanda, C. Vidalakis, A. Oti, J. Tah, A critical analysis of Building InformationModelling systems used in construction projects, Adv. Eng. Softw. 90 (2015) 183–201 .http://dx.doi.org/10.1016/j.advengsoft.2015.08.009) accessed March 22, 2019)

[8] international Standards Organization BS-ISO 15686-5 (2008)

[9] J.Xing, P.Ren, J. Ling,Analysis of energy efficiency retrofit scheme for hotel buildingsusing eQuest software: A case study from Tianjin, China,Energy and buildings87, 2015 ,p14-24

[10] K. Roper o., P. Rechard p., The Facility Management Handbook, AmericanManagement Association, 2014.

[11] Kshirsagar, A. S., El-Gafy, M. A. & Abdelhamid, T. S., 2010. Suitability of life cycle cost analysis (LCCA) as asset management tools for institutional buildings. Journal of Facilities Management, 8(3), pp. 162-178

[12] K. Wong, Q. Fan, Building information modelling (BIM) for sustainable buildingdesign, Facilities. 31 (2013). https://doi.org/10.1108/02632771311299412 (accessedMarch 21, 2018).

[13] Lin Y, Su Y, and Chen Y, 2014. Developing Mobile BIM/2D Barcode-Based Automated FacilityManagement System. The Scientific World Journal, vol. 2014, Article ID 374735, pp 16

[14] L.Y. Liu, A.L. Stumpf, S.S. Kim, F.M. Zbinden, Capturing as-built project informationfor facility management, (1994) 614–621.https://experts.illinois.edu/en/publications/capturing-as-built-project-information-forfacility-management (accessed January 12, 2019).

[15] McNell, D. (2011). "Building Information Modeling". InfoComm International. Retrieved fromhttp://www.infocomm.org/cps/rde/xbcr/infocomm/Brochure_BIM.pdf

[16] M.N. Grussing, L.R. Marrano, Building Component Lifecycle Repair/Replacement Modelfor Institutional Facility Management, ASCE International Workshop on Computing in CivilEngineering 2007, Pittsburgh, Pennsylvania, USA, July 24-27 2007.

[17] O.T. Karaguzel, R. Zhang, K.P. Lam, Coupling of whole-building energy simulationand multi-dimensional numerical optimization for minimizing the life cycle costs ofoffice buildings, Build. Simul. 7 (2014) 111–121.134

[18] Rundell, R. (2006). "Building Design: 1-2-3 Revit: BIM and Cost Estimating, Part 1". Cadalyst Magazine

[19] W. Wu, R.R.A. Issa, BIM Execution Planning in Green Building Projects: LEED as aUse Case, J. Manag. Eng. 31 (2015) A401400https://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/%28ASCE%29ME.1943-5479.0000314(accessed March 19, 2018).

[20] شيماء عاشور ، تصميم المباني متعددة الطوابق للمجمعات السكنية المرشدة للطاقة بمصر ، رسالة دكتوراه، كلية الهندسة، جامعة اسكندريه، 2020م

[21] معتصم البنا، ما هو البيم الجزء الثاني، مجلة بيم ارابيا عدد 19، 2017م، bimarabia.blogspot.com

[22] تقييم دقه المحاكاة، ماجستير– جامعة حلران – BIM – ياسر سعيد محمد أبر السعرد، 2019، تحليل اداء المباني المستدامه باستخدام برمجيات كلية الهندسة بالمطرية