



التطبيقات التقنية الحديثة للتصميم الرقمي في العمارة

أحمد صالح عبد الفتاح علي اسماعيل

مدرس بقسم الهندسة المعمارية - كلية الهندسة بالمطرية - جامعة حلوان

Received 8 January 2017; Accepted 18 February 2017

ملخص البحث

سهلت تكنولوجيا برامج التصميم الرقمي عملية تمثيل التصميم والرسم المعماري وأصبح إستخدام معظم المعماريين لهذه البرامج لتطوير الأفكار وليس فقط رسمها أو التعبير عنها. حيث يمكن لهذه البرامج أن تقوم بالتنسيق بين عدة معطيات وأنواع مختلفة من المعلومات التي يتم تزويد البرنامج بها لتكون أشكالاً إنسيابية ومتناسقة دون تحديد وظيفة معينة لها، هذا جعل من الممكن خلق أشكال عضوية وديناميكية بطريقة منظمة ومحكمة مما ساعد في نقل هذه الأفكار من خيال المصمم إلى حيز الواقع. وكل هذا أدى إلى ولادة أنماط جديدة من المعماري لم تكن موجودة من قبل لم يكن بإمكان المعماري تصميمها وتنفيذها إلا مع ظهور تكنولوجيا المعلومات وتكاملها مع العلوم الحديثة معاً لتكوين منظومة من الأفكار كانت تعتبر خيالاً فيما سبق.

حيث نجحت الثورة الرقمية في دمج العديد من التطبيقات التكنولوجية والإنطلاق بها إلى تطبيقات أكثر تعقيداً وتوغلت في كافة أزرع التكنولوجيا التي تؤثر على العمارة بشكل مباشر أو غير مباشر، كتكنولوجيا الواقع الافتراضي، الذي أطلق العنان للمعماريين في حرية الفكر والإبداع بدون قيود ناقلاً المعماري إلى عالم الواقع الافتراضي أو الواقع الحقيقي المعزز بعناصر افتراضية. اعتماداً على إستراتيجيات حاسوبية متقدمة قادرة على دمج تقنيات البيئة الثلاثية الأبعاد مع القدرة على إستخدام اليد في عملية التصميم الرقمي من خلال النقاط بيانات التصميم من حركات اليد الحرة. ومع إستمرار هذا التقدم ربما نكون على الطريق لتصميم أنواع جديدة من التكنولوجيا يمكنها قراءة أفكار المعماري والتعبير عنها فقط باستخدام الأفكار، وهذا قد لا يكون خيالاً كما نتوقع إذا أخذنا بعين الإعتبار التقدم الذي حدث في القرن الأخير والتسارع الذي يستمر به.

الإشكالية البحثية

إن إختراق التكنولوجيا الرقمية إلى حياتنا اليومية أمر لا بد منه ولا جدوى من مقاومته. فاستخدامها في عملية التصميم يضيف بعداً جديداً للمعماري يمكننا من أن نجسد أفكارنا التي يصعب دائماً التعبير عنها بشكل كامل. وهذا ما نفقده في عمارتنا المحلية من ملاحظة العالم في هذه التكنولوجيا لمواكبة العمارة العالمية في إخراج منتج معماري متميز عالمياً، وتكمن المشكلة في عدم وضوح أهمية تأثير تطبيقات التصميم الرقمي ومنها الواقع الافتراضي للمعماريين المحليين على عملية التصميم ومن ثم على المنتج المعماري، وكيفية الاستعانة بها كأدوات جديدة استخدمها المعماريون العالميون في إنتاج أفكار ونظريات جديدة لأعمالهم.

هدف البحث

يهدف البحث إلى: تحديد المجالات التطبيقية لتقنية التصميم الرقمي في مجال الفكر المعماري كأداة لضمان التصميم والتنفيذ والاستخدام الأمثل للمباني بما يحقق إنتاج منشآت معمارية تخضع لجميع أنواع الاختبارات قبل تنفيذها.

فرضية البحث

التصميم الرقمي يرفع من كفاءة العملية التصميمية مقارنة بالأسلوب التقليدي لإتمام مراحل التصميم المعماري وعلى ضوء هذه المقارنة يمكن تحديد مدى التأثير الإيجابي في إستخدام التصميم الرقمي في عملية الإبداع المعماري والإعتماد عليه كعامل مساعد لتحفيز وتنشيط الأفكار ودعم الإبداع في العمل المعماري وإنعكاس كل ذلك على تميز المنتج المعماري.

الكلمات المفتاحية: التصميم الرقمي، العمارة الرقمية، الواقع الافتراضي، المحاكاه، الفكر المعماري، المنتج المعماري.

1. مقدمة

يشغل التصميم المعماري مكانة هامة لدى الممارسين حيث يعد محور إرتكاز العمل والفكر المعماري ولذلك يمثل بؤرة الاهتمام لدى الممارسين على المستوى العملي والمهني والأكاديمي، مع تطور تكنولوجيا الحاسب مع الثورة الرقمية ثم المعلوماتية ظهرت عدة أجيال: الأولى تكنولوجيا الحاسب برامج الكمبيوتر " Soft wear "، والثانية الرقمية الانترنت " Internet "، والثالثة المعلوماتية الإنفو ميديا " info media "، وقد كان لهذا التطور تأثيره المباشر على العمارة والعمران، فظهر ما يطلق عليه التفكير المعماري الرقمي أو الاتجاهات التصميمية الجديدة في عصر الثورة الرقمية فهبت ثورة التغير على مفاهيم العمارة التقليدية، فتحول الشكل المعماري من الكتل الإستاتيكية إلى الكتل الديناميكية بالإضافة إلى ظهور فراغات غير مادية، " CYBERSPACES "، محكومة بقواعد وقوانين مستجدة أكثر تحراً من تصميم الفراغات الفيزيائية⁽¹⁾. ومن ثم يسعى الممارسون على مستوى العالم إلى استخدام أرقى التقنيات المتاحة والاطلاع على أحدث التطورات والأفكار للوصول إلى أحدث المعلومات والبيانات لحل المشاكل والقضايا المعمارية بالإضافة إلى سعيهم إلى تطويع واستغلال أفضل الامكانيات لتقديم أفكارهم وعرضها بالشكل الذي يحقق البساطة والوضوح، ليس فقط لأعضاء فريق التصميم من التخصصات غير المعمارية بل أيضاً لتحقيق الوضوح لدى المستهدفين من غير المتخصصين. وقد قُمت هذه التقنيات خدمة كبيرة للممارسين والمشتغلين في كافة الاختصاصات الأخرى في قطاع البناء من خلال الإسراع بعملية الرسم، وإمكانية عرض الأفكار المعمارية والإنشائية وخصائص المبنى في المراحل المختلفة.

حيث يعد المنتج المعماري نتاجاً لمجموعة من الأنشطة الذهنية لشبكة فكرية معقدة يقوم بها المصمم لحل مشكلة تصميمية معينة طبقاً للظروف والعوامل والمحددات الخاصة بها، فالتصميم المعماري يجب النظر إليه كمنظومة شاملة ومتكاملة مع التخصصات الأخرى ليتمكن المصمم من إنتاج منتج معماري ابداعي متميز شامل ومتكامل.

2. العمارة في أفق رقمية Architecture in the digital horizons

العمارة الرقمية هو مصطلح يقصد به العصر الذي نعيشه حالياً والذي بدأ مع إتجاه المعماري فرانك جيري في تطوير تقنيات تساعده على تحقيق أفكاره التي تميزت بالتعقيدات الكثيرة في الكتلة والفراغ والإنشاء، تعتمد العمارة الرقمية على النمذجة الحاسوبية والبرمجة والمحاكاة والتصوير وإنشاء كل الأشكال الافتراضية وتستخدم العمليات الحسابية المعقدة لينتج عنها مجموعة متنوعة من الأشكال المعقدة بسهولة كبيرة مما يؤدي إلى أشكال جديدة غير قياسية للعمارة⁽¹⁾. وتترك للمصمم حرية الاختيار وزيادة الإمكانيات في التصميم المعماري. لأمر الذي أدى إلى ترابط مراحل التصميم المختلفة بعملية التنفيذ عن طريق برامج الكاد والكام (CAM / CAD)، وبرامج الكاتيا computer aided three-dimensional (CATIA) interactive application في منظومة متكاملة ومترابطة.

1.2. التمثيل الرقمي في مهام التصميم المعماري Digital representation in architectural design practice

يقول الدكتور علي رأفت⁽²⁾ " لم تعد الهندسة المعمارية في حاجة إلى الارتباط بالمساقط الأفقية أو القطاعات والارتفاعات والواجهات لتستبدل الطرق التقليدية في التعامل مع المبنى من صورة ثنائية الأبعاد إلى التعامل مع المبنى بالكامل من خلال النموذج ثلاثي الأبعاد " فالتمثيل الرقمي هي الطريقة التي تستخدم في إستعراض الأفكار ليتم دراستها وتداولها بين التخصصات المختلفة بواسطة الكمبيوتر وشبكات المعلومات وأنظمة الإتصالات. وفي هذا يقول جيبسون ماكرا⁽³⁾ "Gibson Macrae" " نحن نعيش الآن في عصر الآلة ولكن بظهور تكنولوجيا المعلومات يبدو أن الفكر المعماري قادر على الإستفادة من العلوم المعاصرة وتوظيفها فيما يلي الاحتياجات الضرورية للحياة ". وعلى ذلك فإنه يوجد ثلاثة عناصر رئيسية يجب توفرها لتطبيق التصميم وهي كالتالي⁽³⁾:

- التعبير الرقمي لتكوين المبنى Digital expression of building form
- التكامل الرقمي لمخصصي إستخدام المعلومات التصميمية Digital integration of specialist design information
- التنظيم الرقمي للمهام المكتبية Digital organization of office practice

1.1.2. التعبير الرقمي لتكوين المبني Digital expression of building form

المقصود بالتعبير الرقمي لتكوين المبني أنه التعبير الذي يستقر في ذهن المتلقي نتيجة لإستخدام التقنية الرقمية في تصميم وإنتاج المبني، والذي يتضح في أعمال المعماري " فرانك جيري ". فلهذه الأولى حينما نرى أحد أعماله، فإنه يتبادر إلى ذهننا أن هناك لغة معمارية تختلف في تعبيرها عن الأسلوب التقليدي في استخدام المواد في تكوينات المبني. وهذا التعبير يطلق عليه التعبير الرقمي، والذي يرتبط بالتقنية الرقمية نظرا لأنها التقنية المستخدمة في تكوين المبني⁽⁴⁾. ومن الأعمال المعمارية الإبداعية لفرانك جيري مشروع قاعة حفلات والت ديزني الموسيقية والعديد من مشاريعه الحديثة والتي اعتمدت التعبير الرقمي لتكوين المبني شكل رقم (1) يوضح التعبير الرقمي لبعض اعمال جيري.



شكل رقم (1): لبعض اعمال المعمارية لفرانك جيري واستخدامه التعبير الرقمي لتكوين المبني

Mathewson, Casey C. M, FRANK GEHRY "Frank O. Gehry: selected works: 1969 to today" Richmond Hill, Ont: Firefly Books, 2007.

2.1.2. التكامل الرقمي Digital integration

المقصود بالتكامل الرقمي هو الطريقة التي تساعد على ربط كافة التخصصات الهندسية المشتركة في مشروع ما-إما عن طريق شبكة داخلية أو شبكة المعلومات الدولية - وذلك لدعم اتخاذ القرار بطريقة سريعة ولتلافي المشاكل التصميمية نتيجة للتعديلات المستمرة في كل مراحل تطور المشروع. كما يمكن ربط مراحل التصميم الابتدائي بعمليات التصنيع والإنتاج ثم التنفيذ لكي يتم اتخاذ القرارات التي تتناسب مع تكنولوجيا البناء وظروف الموقع⁽⁴⁾. ويتم تدعيم كل ذلك في شكل رقمي حيث تكون البيانات والمعلومات المتداولة بين فرق التصميم المختلفة في صورة نماذج ثلاثية الأبعاد.

3.1.2. التنظيم الرقمي Digital organization

المنظومة الرقمية هي التي تجمع في كيانها كل المشاركين في المنتج المعماري بدءاً من العميل (المالك)، المطورون العقاريين، ومتخذي القرار، فريق العمل كافة التخصصات العاملة في المنتج المعماري بهدف وضع اسلوب تداول المنتج المعماري وإخراجه وعرضه وكذلك التواصل المعلوماتي مع بعضهم البعض في مراحل التصميم المختلفة لخروجه إلى حيز التنفيذ، وهذا التنظيم الرقمي يساهم خلال مراحل التصميم المختلفة في التعرف على رأي العملاء ومدي تقبلهم لما يتضمنه المنتج من أبعاد فلسفية ووظيفية. وفي الوقت نفسه يساعد المنظومة الرقمية على ربط عمليات التصميم بتكنولوجيا البناء التي تحولت أيضا إلى صورة رقمية⁽⁴⁾. وشكل رقم (2) يبين الفرق بين التنظيم في عملية التصميم التقليدية والتكامل والتنظيم في مراحل التصميم الرقمي.

2.2. تكامل التصميم المعماري والإنشائي كمنظومة تحويل الأسطح والأشكال المعقدة الي أسطح إنشائية

إن تطور الفكر المعماري الحالي هو نتاج التأثير بتكنولوجيا المعلومات مما كان له تأثير على تغير منظومة البناء بما فيها الحلول، والتكوينات الإنشائية والتي كان لا بد أن تتطور مع تطور الأشكال والتكوينات التي أحدثتها الثورة الرقمية، فتطور أنظمة البناء جزء مرتبط بالعمارة ولا يمكن فصلها عن عملية الإبداع المعماري. يقول دكتور علي رأفت:⁽⁵⁾ "الإنشاء وسيلة لتحقيق الإبداع، بتشكيل الفراغات الداخلية، والكتل الخارجية لكنه ليس هدفا في حد ذاته، ويتكون الإنشاء من مواد إنشائية وطرق تجميع على مدار حياة الإنسان على الأرض" وأصبح الملف المعماري هو الملف الإنشائي في إشارة إلى طبيعة العملية التصميمية الرقمية، والتي مدي ترابط وتكامل منظومة البناء، ساعد التكامل الرقمي على العمل بفكر منظومي يعتمد على المناقشة المستمرة بين المصممين والمصنعين والمبرمجين والتقنيين، وطبقا لروية مكتب "أوف آراب" التي تقول "إن هندسة الإنشاء نشاط إبداعي يعتمد على التخيل والحس والإختيار المقصود لحلول ممكنة غالبا ما تتنوع في الطرق التي لا يمكن مقارنتها بالأساليب الكمية" وذلك ما قام به المهندسون الإنشائيون في مكتب "أوف آراب"⁽⁶⁾ عندما يحاورون

معماري عملاق مثل (نورمان فوستر) في كل التفاصيل وكيف كانوا يطورون التفاصيل مع المعماري للتأكد من وصولهم إلى الشكل الذي يريده المعماري للمشروع. فإذا كان إهتمام المهندس الإنشائي والتقني هو التأكد من كفاءة المبنى الإنشائية، إلا أن الهدف البصري والجمالي والوظيفي يعد من مهام المعماري (7).



شكل رقم (2): يبين الفرق بين التكامل والتنظيم في عملية التصميم التقليدية والتكامل والتنظيم في مراحل التصميم الرقمي من حيث تداخل العلاقات والتخصصات في التواصل بين الاطراف المشاركة في مراحل التصميم المختلفة (3).

1.2.2.1. طرق تصنيف وتمثيل الأشكال Classification methods and representation forms
وهناك مجموعة من الخطوات لتحويل الأسطح والأشكال المعقدة إلى أسطح إنشائية مثل دراسة طبيعة هذه الأشكال وخصائصها، تكوين مجموعة من فرق العمل المختلفة لدراسة الأشكال المعقدة والمشاكل الناتجة وكيفية التغلب عليها، تجريب هذه الأشكال وإختبارها بمساعدة الكمبيوتر والوقوف على الشكل النهائي مما أوجد طريقة تصنيف لتمثيل الأشكال كالتالي:

1.1.2.2. الأشكال النقية الواضحة Pure shapes

ويعتمد هذا الاتجاه على تحويل الأشكال والتكوينات الهندسية البسيطة الواضحة إلى عناصر للتصميم بحيث يمكن إعادة إستخدامها من جديد لتوليد أفكار جديدة. فتجد الفراغ (مستطيل، مربع دائرة) والمكون من عدة حوائط تحول إلى أشكال مكونة لهذا الفراغ، وبإختلاف قيمها ممكن أن تكون فراغات لانتهائية، وهذه هي الفكرة التي تم إقتباسها في برامج الكمبيوتر من تحويل عناصر المباني المعمارية إلى عناصر للتصميم يمكن التصميم بها والتغيير في أبعادها بواسطة الحاسوب (6)

2.1.2.2. الأشكال المعقدة Complex shapes

ويطلق عليها أشكال معقدة نتيجة لصعوبة توصيفها هندسياً بالأسلوب التقليدي من الأسطح المتعامدة أو ذات الزوايا الثابتة أو الأشكال المتعارف عليها. مما أدى إلى تصنيف علماء الرياضيات هذه الأشكال إلى تصنيف يجمع طبيعة تكوينها بشكل كبير. هذا التصنيف أطلق عليه بالتكوينات الطوبولوجية (Topology) والتي صعب التعامل معها بالحسابات التي تعتمد على العقل البشري، وتعبر عن الأشكال التي تتحرك وتتغير باستمرار في الحجم والتكوين (6).

3.1.2.2. الأشكال والأسطح المنحنية غير المنتظمة (NURBS) (8)

هذا الاختصار يرمز إلى (Non -Uniform Rational B - Splines) والذي بدأ التعرف على هذا النوع من الأسطح عام ١٩٥٠ بواسطة المهندسين الذين كانوا في حاجة إلى طريقة تسهل التعامل مع الأسطح الحرة (Freeform Surfaces) والذين احتاجوا إلى طريقة أو تقنية تسهل التعامل مع هذه الأسطح التي يقوم المصممون برسمها وإيجاد طريقة للتحكم فيها، وقد مرت هذه الأسطح بمراحل من التطوير للوصول لطريقة التحكم واستطاعوا أن يصلوا إلى نقاط للتحكم في هذه الأسطح يمكن بواسطتها التحكم فيه بطريقة سهلة يطلق عليها البارامتر (Parameters) كما أمكن الوصول إلى إمكانية عمل Render ومن المميزات التي أضافتها نقاط التحكم على الأسطح NURBS سهولة التحكم والتغيير وكلما زادت عدد النقاط كلما أتاح إمكانية التغيير والتحكم بشكل أكثر دقة. كما أن هذه الأسطح يمكن التحكم فيها بواسطة أنصاف أقطار الأقواس المتماسمة معاً والرواسم للشكل L1, L2 انظر شكل رقم (3).



الشكل رقم (3): يبين نقاط التحكم وممسات الاقواس للتحكم في هذه الأسطح (NURBS) بطريقة سهلة يطلق عليها البارامتر المصدر:

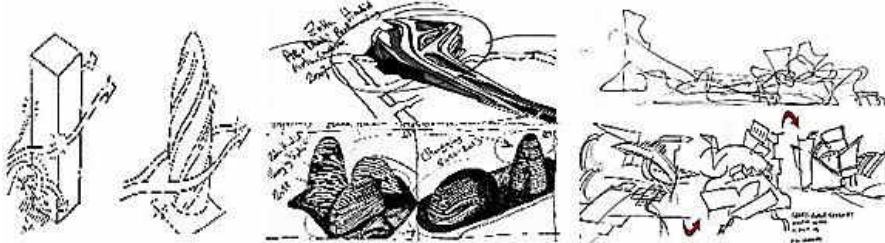
Adriaenssens, F. Gramazio "Advances in Architectural Geometry 2016" Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, 2016.

3.2. مراحل التصميم الرقمي *Digital design process*

تتم مراحل التصميم بخطوات منظمة ومنهجية علمية، إلا أنها في الوسط الورقي تعتمد على العقل البشري فقط وإبداعه وأفكاره وخبراته، دون تفاعل يظهر الجوانب الإيجابية والسلبية في المشروع والمقصود بكلمة وسط التصميم هو البيئة التي يقوم من خلالها المصمم بممارسة العملية التصميمية، وتتم هذه العملية عن طريق التفاعل مع هذا الوسط، وفي هذه الحالة يكون المصمم هو المتفاعل والوسط الورق، أما الوسائط الرقمية هو المتفاعل معه. ويكون هناك تزاوج مستمر بين المصمم والوسط عبر المعلومات في إتجاهين من المصمم إلى الوسط والعكس، ويكون الغرض من التفاعل هو ترجمة الأفكار إلى رسومات أو نماذج ثلاثية الأبعاد⁽⁹⁾. وتتكون عملية التصميم الرقمي من أربع مراحل وهي كما يلي⁽¹⁰⁾.

1.3.2. الإسكتشات والدراسات التمهيديّة *sketches and preliminary studies*

يبدأ التصميم الرقمي بدراسة موقع المشروع وما يحيط به من عوامل يمكن أن تؤثر على الفكرة التصميمية، دراسة كيفية تحقيق فكرة للمشروع تجمع بين فكر المصمم، والجوانب الوظيفية من خلال إسكتشات توضيحية لدراسة الفكرة الأولية للمشروع بما تحتويه من متطلبات وظيفية، وتشكيلية عن طريق الإسكتشات اليدوية. وعن أهمية الاسكتش يقول المعماري يقول فرانك جيري: (بمجرد أن أتعرف على حجم المشروع وعلاقته بالموقع وما يريده العميل، يمكنني البدء بوضع الإسكتشات، فالأسكتش هو التعبير عن الأفكار التي دور في ذهن المصمم، وحلقة الوصل بين الحقيقة والخيال)⁽¹⁰⁾ شكل رقم (4) يبين مجموعة من الإسكتشات.

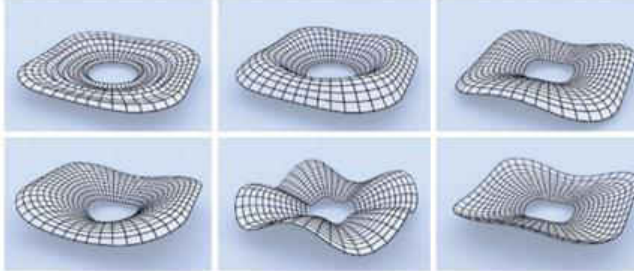


(أ) بعض إسكتشات لفرانك جيري (ب) بعض إسكتشات لزمها حديد (ج) بعض إسكتشات لنورمان فوستر

الشكل رقم (4): يبين مجموعة من الإسكتشات لمجموعة من المعماريين العالميين كخطوة أولى من خطوات التصميم الرقمي المصدر: www.pinterest.com/pin/485192559827078151

ثم إنشاء نماذج ثلاثية الأبعاد للموقع، وإجراء التحليلات المناخية عليها للوقوف على إتجاهات الرياح، ودرجات الحرارة، وتضاريس الموقع، و... إلخ. البدء بوضع العديد من الأفكار المبدئية للمشروع، ويكون إنتخاب البديل المناسب عن طريق تعريضه لبرامج التحليل المختلفة في المراحل التالية، وبعد تصميم نورمان فوستر لبرج سويس ري Swiss re Tower لندن شكل رقم (4-ج) مثلاً واضحاً على ذلك، حيث تم تكوين كتلة المشروع بناءً على محاكاة لحركة الرياح في الموقع، واستناد فوستر من هذه الرياح عن طريق فتح جزء أعلى سطح المبني وسحبها داخل المبني عن طريق تصميم فناء داخلي يدور بشكل حلزوني داخل المبني إلى أن يتم تفرغها من فتحة أسفل المبني، وهو ما ساعد على الوصول إلى تهوية طبيعية داخل المبني، بالإضافة إلى تقليل فترات عمل المكيفات.

2.3.2. توليد الأفكار-الأشكال-التكوينات وتمثيلها Ideas -shapes -free from generation and representation من المراحل الهامة في عملية التصميم الرقمي مرحلة وضع الأفكار الخاصة بالتكوين الخارجي للمبنى وكذلك التصميم الداخلي، وساعدت برمجيات الرقمية على تسهيل التشكيل والتكوين للمصمم المعماري، فأتاحت له مجالاً واسعاً من الأفكار التي لم تكن ممكنة من قبل⁽¹¹⁾ انظر شكل رقم (5). هذه الأشكال تمكن المصمم من الخروج عن الأشكال الإقليدية، والتي حددها ليكوريوزيه في كتابه نحو عمارة جديدة (Towards a New Architecture) هذه الأشكال لها خصائص مختلفة عن الأشكال الإقليدية، والتي أطلق عليها الأشكال الطوبولوجية (Topology shapes) وبعد أن أصبح من السهل تحليل الأشكال والكتل الطوبولوجية رياضياً، ظهرت العديد من البرمجيات التي تطوع الأشكال الغير منتظمة لتساعد على تكوين فكرة تصميمية وفروع هذا العلم كثيرة ومعروفة باسم الهندسة اللاكمية الجبرية والتي تقيس علاقات التركيبات الكتلية على مستوى الأشكال عن طريق المعادلات الجبرية⁽¹²⁾.

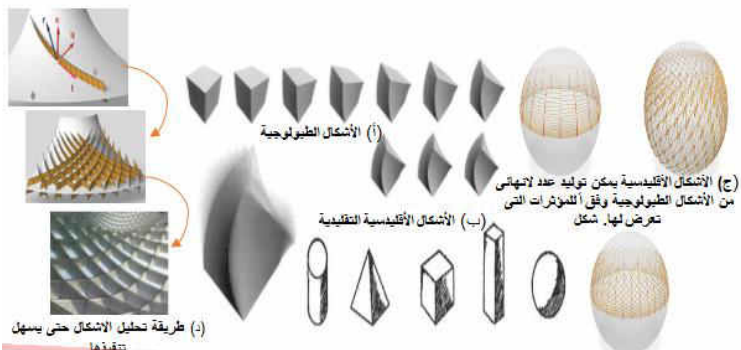


الشكل رقم (5): يبين كيفية توليد وتحليل الأشكال والكتل الطوبولوجية رقمياً من خلال تغير الرواسم والنقاط المكونة للشكل. المصدر: <http://vdf.ch/advances-in-architectural-geometry-2016.html>

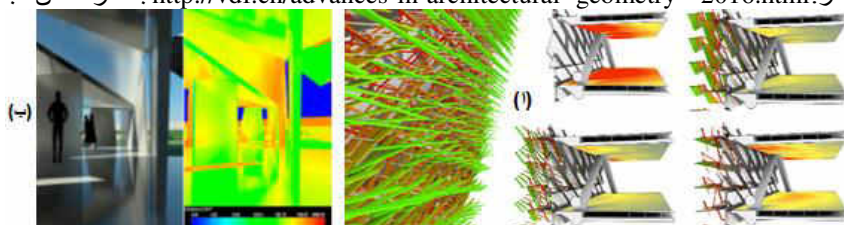
مثال علي ذلك عند عمل شد أو دوران حلزوني (Stretching or Twisting) لشكل مكعب أو أسطوانة فالنتائج سيكون بعيد عن الأشكال الأقليدية التقليدية، أو إذا تم حذف أحد أضلاع المكعب وعمل تأثير إنحناء عليه فإن هذه الأشكال ناتجة عن عمل عدة تأثيرات وتركيبات معاً ليكونوا شكل واحد، وهذه الأشكال قد تصل إلى عدد لانهاى من الأشكال والتكوينات وفق أ للمؤثرات التي تعرض لها⁽¹²⁾. شكل رقم (6) يبين تمثيل هذه الأشكال المتولدة باستخدام الوسائط الرقمية بكافة أشكالها، فجميع مراحل التصميم التي كان يقوم بها المصمم بالطريقة الورقية أصبحت تتم من خلال وسط ديناميكي له قدرة كبيرة على مساعدة المصمم على دراسة المشروع بشكل حقيقي، وأكبر مثال علي ذلك تطبيقات الواقع الافتراضي Virtual reality (VR) لإختبار الأشكال وعلاقتها بالفراغات الداخلية والخارجية من خلال التجول فيها في مراحل التصميم المبكرة كوسط للتصميم تساعد على تقادى مشاكل مستقبلية، وكذلك تساعد على إتخاذ القرارات السليمة مبكراً.

3.3.2. تقييم التصميم Evolution of design

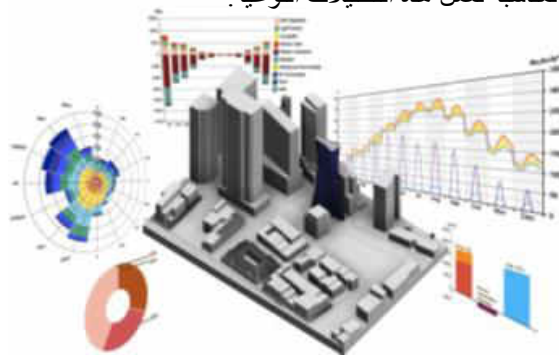
يتم استخدام النماذج المعمارية الثلاثية الأبعاد والتي يتم عن طريقها إجراء التحليلات المختلفة على المباني ومن خلال تفاعل المصمم مع هذه النماذج والبرمجيات ظهرت أهمية التقييم والذي يأتي من خلال المصمم؛ بمعنى أن النماذج الثلاثية الأبعاد والبرمجيات التي تقوم بالتحليل هي الأداة، ونتيجة هذا التحليل يقوم المصمم بتقسيم التصميم في مراحل التصميم الأولية، سواء التقييم للتحليلات النوعية والتي لها دور كبير في تطوير الأفكار التصميمية، والتقييم للتحليلات الكمية التي يكون لها دور هام في التحكم في تكلفة البناء وفي مراحل تنفيذ المبني⁽⁴⁾. الأشكال رقم (7)، (8)، تبين طريقة التقييم والحصول على التحليلات المطلوبة.



الشكل رقم (6): يبين مجموعة من الأشكال الأفيديسية والأشكال الطوبولوجية وطرق الحصول عليها بالبرامج الرقمية المصدر: [http://vdf.ch/advances-in-architectural- geometry- 2016.html](http://vdf.ch/advances-in-architectural-geometry-2016.html) بتصرف من الباحث



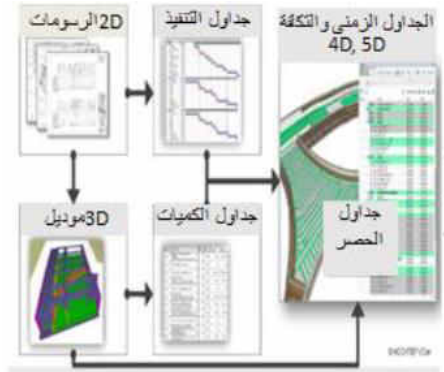
الشكل رقم (7): يبين كيفية الاستفادة من التحليلات النوعية في التحكم في الإشعاع الداخلي للفراغ صورة (أ) تبين مجموعة من البدائل لكواشر شمسية يتم تحديد مكانها زواياها من خلال التحليلات الناتجة من البرامج، صورة (ب) تبين كمية الإشعاع الناتج من الإضاءة الطبيعية والصناعية لتحديد الإشعاع والإضاءة المناسبة لوظيفة الفراغ وذلك بإستخدام برامج الكمبيوتر المناسبة لعمل هذه التحليلات النوعية.



الشكل رقم (8): جرافيك تحليلات نوعية وكمية للعوامل الخارجية المحيطة بالمبني وشدة الإضاءة لفراغ الداخلي لمبني التحليلات البيئية من حرارة، إضاءة، والتحليلات الخاصة بالأنظمة الكهرو ميكانيكية، والأعمال الصحية. Garber, Richard, " BIM design" John Wiley & Sons Ltd,

1.3.3.2. التقييم من خلال التحليلات النوعية

وهي خاصة بالتحليلات البيئية من حرارة، إضاءة، وصوت، وتحليلات إنشائية، وتحليلات الأنظمة الكهروميكانيكية، والصحية وقد قامت شركات البرمجة على برمجة هذه التحليلات على العديد من البرامج المعمارية، وربطها مع النماذج الثلاثية الأبعاد التي تستخدم في مراحل التصميم الأولية، بحيث يستطيع المصمم أن يضع أفكاره الأولية بناء على النتائج التي يريد الوصول لها.



الشكل رقم (9): جرافيك يبين من خلال الرسومات يمكن الحصول علي موديل 3D وعلى الجداول الزمنية وجداول الكميات والمواصفات والتكلفة التقديرية للمشروع.

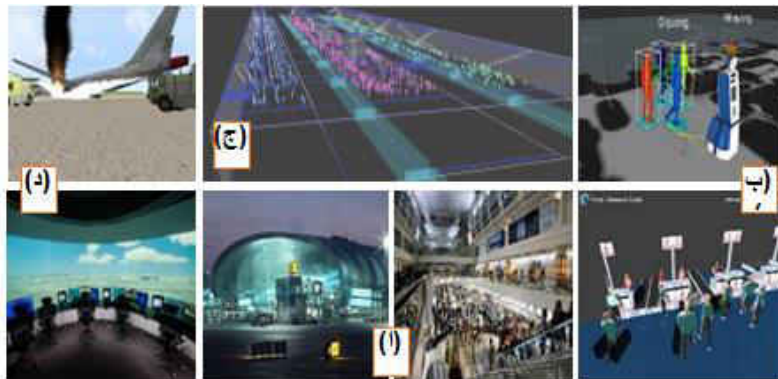
Garber, Richard, " BIM design" John Wiley & Sons Ltd, 2014

2.3.3.2. التقييم من خلال التحليلات الكمية

من مميزات التحليلات الكمية أنها تساعد على سرعة إتخاذ القرار وهذا ما يحتاجه المصمم خاص مع كثرة المحددات التصميمية التي تواجهه، ومنها التكاليف المحددة للمشروع. وهذه النقطة في العملية التقليدية كانت تحتاج إلى وقت كبير، بينما في التصميم الرقمي يتم إجرائها في وقت قياسي يقدر بزمن إجراء الحاسب الآلي لهذه الحسابات، ففي أثناء بناء المودل التصميمي يقوم المصمم بالتفكير في التصميم وبناء العناصر المكونة للمبنى ويقوم البرنامج المساعد (BIM) Building Information Models تلقائياً بتخزين هذه العناصر وحصرها وتحديد نوعيتها بناء على إختيار المصمم، **الشكل رقم (9)** يبين عند الإنتهاء من التصميم يستطيع المصمم أن يحصل على جداول الكميات والمواصفات وهو في مرحلة المشروع الإبتدائي، وفي هذه المرحلة يستطيع تقييم مدى مناسبة أفكاره للتكاليف والميزانية المحددة⁽⁴⁾.

4.3.2. قياس الأداء Performance masuring

الهدف الأساسي للمصمم هو الحصول على الأداء المناسب للمبنى ولتحقيق الوظيفة المطلوبة، وإذا كان من الصعب الحكم على مدى نجاح المشروع أثناء عملية التصميم، إلا أنه بواسطة تكنولوجيا المعلومات وتطبيقاتها إستطاع المصمم أن يصل إلى مرحلة متقدمة من الإجراءات التكنولوجية التي تساعد على توقع نجاح المشروع - ومن أهم التطبيقات التي سهلت الحكم على أداء المبانى هي تطبيقات الواقع التخلي (VR)، ليس فقط في عرض المشروع ومحاكاة الشكل الخارجى والداخلى، ولكن إستطاع بعض المعمارىون التجريبيون العمل على تطوير برمجيات تساعد على محاكاة حركة الجمهور، وربطها مع شبكة إتصالات ودراسة سلوكياتهم وقت الخطر عن طريق الحساسات (sensors) والأشعة تحت الحمراء (Infrared radiation)، وخاصة في الحرائق لإتخاذ التدابير الملائمة من خلال مرحلة التصميم⁽¹³⁾، وتساعد هذه البرمجيات علي الوصول إلي المعايير القياسية للأداء، وبخاصة المشاريع العملاقة مثل مشروعات المطارات، والتي تحتوي علي قدر كبير من التداخل في المسارات، والآليات، والتي تحتاج إلي دراسة شاملة لكل عناصر الأمان والتأمين من الحرائق والسرقة، **الشكل رقم (10)** يبين ما قام به فريق التصميم في دراسة مشروع مطار دبي الدولي للوقوف علي التصميم الداخلي، واختيار مواد التشطيب، واختبار الحركة والكثافة، واختبار خطة الحريق والأمن، مما ساعد علي تحقيق التصميم أقصى درجات الأمان والسيولة في الحركة، ودراسة سيناريوهات مختلفة للتعامل مع المخاطر المحتملة.



الشكل رقم (10): يبين استخدام برمجيات المحاكاة في دراسة مشروع مطار دبي في مرحلة التصميم الابتدائي (أ) مطار دبي صالة المغادرة (ب) دراسة مسارات الحركة والكثافة (ج) اختبار خطة الحريق والهروب (د) دراسة خطة الطوارئ للمخاطر
المصدر: William J. Mitchell, "Virtual futures for design", Blackwell Publishing, 2008.

4.2 تكامل البرمجيات في التصميم والتصنيع الرقمي *Software integration in digital design and manufacturing*

حدثت طفرة في تطور البرمجيات في بداية القرن الحادي والعشرين، والتي نقلت برمجيات العمارة رسم الي أن أصبحت نماذج للبناء المعلوماتي، وأصبحت واجهة برامج التشغيل ما هي إلا مرآة لحالة التطور التي نمر بها وأن النوافذ الخاصة ببرامج التشغيل ما هي إلا رد فعل لأفكار متوازية في عقولنا، ومع استمرارية تطور برامج التصميم تعددت وسائطها وإمكانياتها، واندمجت تدريجياً في عملية التصميم نفسه. لقد تمكنت الوسائط الرقمية من الانتقال من وسيلة للرسم والعرض إلى جزء لا يتجزأ من عملية التصميم، وكوّنت فهماً جديداً للإبداع لدى كثير من المعماريين، مما دفع العديد من المصممين إلى استخدام هذه البرمجيات لدراسة متطلبات التصميم ومراحل البناء المختلفة وتحليل احتياجات ومشاكل التصميم لإيجاد حلول لتنفيذها خلال برامج تربط النماذج الثلاثية الأبعاد بماكينات التصنيع، وهذه البرامج يطلق عليها برامج المساعدة على الإنتاج والتصنيع والتنفيذ⁽¹³⁾.

1.4.2.1 البرامج المساعدة على التصميم

البرامج المساعدة على التصميم هي الأداة التي تسهل ممارسة أنشطة التصميم، كما تساعد فريق التصميم على مشاهدة نتائج قراراتهم التصميمية وهذه البرامج مرت بمراحل من التطوير المتواصل لتسهيل مهام المصممين وانتقلت فيه من برامج المساعدة على التصميم إلى نموذج محاكي لعملية البناء يحتوي بداخله كل المعلومات والبيانات التي تهم جميع التخصصات الهندسية العاملة على إخراج المبنى إلى حيز التنفيذ. ومرت البرامج المساعدة على التصميم بجيلين من التطور هما⁽¹⁴⁾:

1.1.4.2 الجيل الأول للنماذج الرقمية - النماذج الثنائية والثلاثية الأبعاد - Digital models - 2D and 3D

إهتم الجيل الأول للبرامج المساعدة على التصميم بمساعدة الحاسوب (Computer Aided Design) بتلبية إحتياجات التخصصات الهندسية المختلفة عبر مجموعة من البرامج التي كانت تعد بواسطة مجموعة من الشركات قامت بدراسة منظومة العمل المعماري من مهندسين، مصممين، إنشائيين، منفذين ومقاولين، وعملاء بما يخدم هذه التخصصات ويحقق لها المبيعات التي تريد أن تصل إليها. كما إهتم مطورو البرامج بالتعرف على كل ما يحتاجه المصمم ليساعد على تسهيل العملية التصميمية⁽¹⁴⁾، ولتحقيق ذلك قامت هذه الشركات بالبحث عن الحلول والمشاكل التي تواجه الممارسين لكي يساعدوا على حلها بواسطة البرمجة، وذلك من خلال عدة برمجيات متخصصة وهي كالتالي:

(أ) البرامج المساعدة على مسح الموقع وتحديد تضاريسه surveying

(ب) البرامج المساعدة على الرسم drafting drawing

(ج) برامج النمذجة ومحاكاة الواقع modeling and visualization

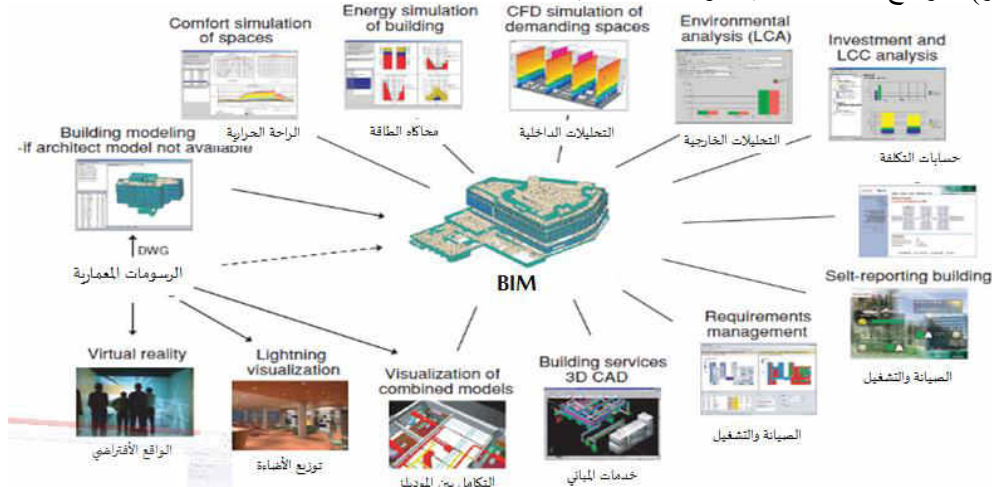
(د) برامج الحسابات الإنشائية والبيئية structural and environmental calculation

2.1.4.2 الجيل الثاني لبرامج التصميم البرمجة التكاملية والتفاعلية (BIM) (Building Information Models)

وهو الجيل معروف باسم نمذجة معلومات المباني (BIM) هي عملية توليد وإدارة بيانات المبنى خلال دورة حياته، بحيث تسمح أدوات التصميم في نظام النمذجة المعلوماتية باستخراج مساقط مختلفة للمبنى للأغراض الإنتاجية واستخدامات أخرى. تتسق هذه المساقط مع بعضها البعض بشكل آلي؛ بمعنى أن الأشكال كلها تتطابق في مساقطها المختلفة من حيث الحجم والشكل والموقع، حيث يتم تعريف كل عنصر مرة واحدة فقط، تطابق المساقط الآلي يلغي العديد من الأخطاء التي تحدث من طريقة الرسم العادي لكل مسقط على حدة. تتم العملية في العادة بواسطة برنامج نمذجة ثلاثية الأبعاد في الوقت الحقيقي بشكل ديناميكي لزيادة الإنتاجية في مجال التصميم والبناء والتشييد⁽¹⁵⁾. تنتج هذه العملية النموذج المعلوماتي للمبنى والذي يضم العلاقات الفراغية والمعلومات الجغرافية والكميات ومكونات المبنى وخصائصه، بالإضافة إلى إعداد جداول الكميات والمواصفات لكل بنود المبنى الشكل رقم (11) يبين مكونات هذا النظام، ويعتبر هذا الأسلوب أكثر كفاءة وعملية من الطرق التقليدية في الاستعلام ومراقبة التكاليف في مشاريع البناء ويزيل هذا العديد من المعوقات والمفاجآت التي تطرأ خلال فترة التنفيذ⁽¹⁶⁾.

أنواع برامج او نماذج معلومات المبني(BIM) وفقاً للإستخدام⁽¹⁷⁾:

- برامج خاصة بإعداد موقع المشروع.
- برامج خاصة بإعداد الرسومات المعمارية للمبني بما يحتويه من حوائط، وأرضيات، وعناصر الحركة.
- برامج خاصة بإعداد الرسومات الإنشائية، والعناصر الميكانيكية، والكهربائية، والصحية.
- برامج خاصة بحساب الكميات وتقدير التكلفة.
- برامج خاصة بالجدول الزمنية وإدارة المشروعات.
- برامج خاصة بالنماذج الثلاثية الأبعاد والمحاكاة.
- برامج خاصة بالصيانة ومتابعة التشغيل.



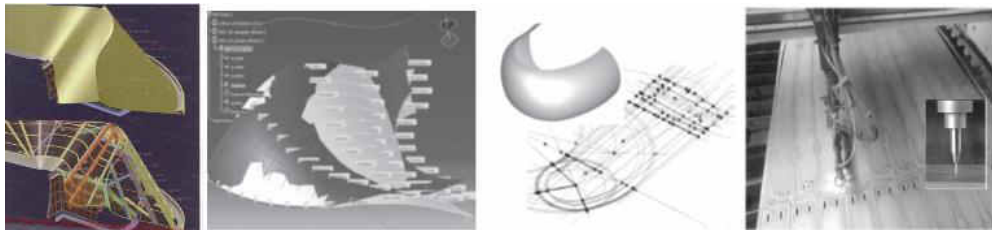
الشكل رقم (11): يبين البرامج المكونة إلى لنظام نمذجة معلومات المباني (BIM) وفقاً للإستخدام وهي برنامج نمذجة ثلاثية الأبعاد في الوقت الحقيقي بشكل ديناميكي لزيادة الإنتاجية في مجال التصميم والبناء والتشييد.

المصدر: William J. Mitchell, "Virtual futures for design Construction & Procurement", Blackwell Publishing, 2008.

2.4.2 البرامج المساعدة على التصنيع والتنفيذ *Programs to help the manufacturing and implementation*

بواسطة البرامج المساعدة للتصنيع أتاحت للمصممين توصيف الأشكال والتكوينات وتمثيلها رقمياً فإن تنفيذها وتحقيقها في الواقع يحتاج إلي برامج التصنيع لتسهيل عملية التصنيع والتنفيذ خلال برامج تربط النماذج الثلاثية الأبعاد بماكينات التصنيع، وهذه البرامج يطلق عليها برامج التصنيع الرقمي-من الرقمي إلى المادي⁽⁸⁾ وتقوم هذه البرامج بإجراء عملية ترجمة للأشكال والبيانات من لغة للرسم إلى لغة التوكيد (التشفير)، والتي تعد لغة رقمية تفهمها الماكينات ليصبح كل عنصر من عناصر المبنى معرف للحاسب الآلي، لكي يتم التعامل معه بما يتناسب مع طرق التنفيذ الرقمية الشكل رقم (12) يبين نماذج لبرمجة ماكينة التقطيع CNC ومن هذه البرامج⁽⁸⁾:

(أ) برامج الكام (CAM) Computer aided manufacturing
(ب) برامج (CATIA) Computer aided three-dimensional interactive application



الشكل رقم (12): يبين نماذج لبرمجة ماكينة التقطيع الرقمي CNC بلغة التكويد والتي تعتمد عليها برامج (CAM), (CATIA).
المصدر: Kolarevic, Branko. "Architecture in the digital age. Design and manufacturing". London: Taylor & Francis, 2005.

3. التصميم الافتراضي والمحاكاة كأداة من أدوات العمارة الرقمية

Virtual design and simulation as a tool from digital architecture tools

يمكن وصف الواقع التخيلي على أنه فراغ تخيلي يحتوي على وسائل عرض متطورة تعتمد على قاعدة بيانات وأجهزة اتصالات وأجهزة تفاعل تساعد على نقل الإحساس إلى المتلقي بالمادة المقدمة إليه فبالرغم من أن الفراغ خالي من العناصر، ولكنه مليء بمحتويات التفاعل التي تطفو بك في فراغ أشبه بالواقع الذي يحيط بالزائر. هذا العالم يمكن أن يشاهده المستخدم فقط عندما يرتدي الأجهزة المعدة لذلك وهي شنطة يرتديها الزائر على ظهره (Back Pack) وأيضاً Head Mounted Display (HMD) ⁽¹⁸⁾ وهي عبارة عن قناع يرتديه المستخدم على رأسه وبمجرد أن يرتدي المستخدم هذه الأجهزة يمكنه أن يتحرك بحرية داخل فراغات التي يقوم بدراستها وينغمس في تجربة أقرب ما يكون للعالم الحقيقي. وكان أثر ذلك كبير على عملية التصميم الرقمي ودراسته في المراحل الأولى من التصميم وأدى إلى ظهور مصطلح جديد وهو التصميم الافتراضي شكل رقم

التصميم الافتراضي المعتمد على النماذج الرقمية أصبح ذو أهمية بالغة في مراحل التصميم الأولى للمشاركين في المشروع هو نهج للحصول على تصميمات متميزة يسهل دراستها ومراجعتها قبل تنفيذها وهذا النهج ليس فقط للحصول على نماذج افتراضية تخيلية ولكن أيضاً طريقة لإدارة عملية التصميم ومشاركة الأطراف المعنية به من أجل التوصل إلى التصميم الأمثل ⁽¹⁹⁾ وبذلك يمكن عن طريق التصميم الافتراضي محاكاة الفراغات الداخلية والشكل الخارجي والنظام الانشائي ومحاكاة التأثيرات المناخية من حرارة وإضاءة وحركة الرياح وتأثير كل ذلك على المشروع وخصائصه المطلوبة.

1.3 مفهوم الواقع الافتراض والواقع المعزز والواقع المختلط في البيئات الافتراضية

إن الانغماس أو الدخول في أنظمة الواقع التخيلي تعطي المستخدم تجربة من الإحساس بالعالم التخيلي والشعور بالبيئة المحيطة (الصورة المنقولة عبر الأجهزة) وكأنها حقيقية في نفس الوقت، وذلك باستخدام الأصوات الحقيقية من طبيعة المشهد وتأثيراته، كأن تكون في غابة فانت تشعر بالتأثيرات الصوتية المحيطة بالغابة مثل حركة الأشجار وأصوات صفير الرياح وأصوات الحيوانات والحشرات. واستخدام الوسائل المرئية ومشاهدة نتائج وجودك في هذه البيئة من تغييرات كأن تظهر آثار أقدامك على الأرضية ويظهر تأثير حركة الأشجار المائلة نتيجة مرور المستخدم بجوارها، وبهذه الطريقة فإن الواقع الافتراضي يقوم بعرض عالم معقد من الأبعاد الثلاثية يحتوي على عناصر ثلاثية الأبعاد منها الثابت ومنها المتحرك وبوسائط متعددة وتفاعلية ونظراً للتقدم السريع في عالم التكنولوجيا الرقمية ظهرت أنواع عديدة للواقع الافتراضي طبق للاستخدام وطبقاً لتعامل المستخدم معه وهي كالتالي:

1.1.3 الواقع الافتراضي (VR) Virtual reality

هي بيئة تفاعلية ثلاثية الأبعاد مصممة بواسطة برامج كمبيوترية، يعتمد على ادخال المستخدم في بيئة افتراضية أو عالم وهمي بحيث يبدو هذا العالم وكأنه واقعي الشكل رقم (13-أ) يبين الواقع الافتراضي قد يكون خيالياً أو يكون تجسيد للواقع الحقيقي ويتم التفاعل مع هذا الواقع نتيجة التفاعلات التي تحدث بين البيئة الافتراضية وحواس المستخدم وإستجاباته ⁽²⁰⁾.

2.1.3. الواقع المعزز (AR) Augmented reality

يعتمد على التكنولوجيا القائمة على إسقاط الأجسام الافتراضية والمعلومات في بيئة المستخدم الحقيقية لتوفر معلومات إضافية أو تكون بمثابة موجه له، فهو على النقيض من الواقع الافتراضي القائم على إسقاط الأجسام الحقيقية في بيئة افتراضية (21). ومن خلال الواقع المعزز يستطيع المستخدم التعامل مع المعلومات والأجسام الافتراضية في الواقع المعزز من خلال عدة أجهزة سواء أكانت محمولة كالهاتف الذكي أو من خلال الأجهزة التي يتم ارتداؤها كالنظارات، والعدسات اللاصقة جميع هذه الأجهزة تستخدم نظام التتبع الذي يوفر دقة بالإسقاط، وعرض المعلومة في المكان المناسب.

3.1.3. الواقع المختلط (MR) Mixed reality

ويسمى أحيانا "الواقع الهجين"، هو مسألة خلق واقع جديد عن طريق دمج بيئة واقعية ببيئة افتراضية تسمح بخلط اجسام حقيقية بأجسام منتجة إلكترونية كما هو واضح في شكل (13-ج)، ويسمح هذا النوع للمستخدم ان يتعامل مع كل الاجسام، بنوعها، بشكل طبيعي (21). ويمكن للواقع المختلط ان يحدث في الواقع الحقيقي كما في العالم المفترض وبهذا، فهو خليط من الحقيقة والافتراض.

4.1.3. الشرقة الافتراضية Virtual cocoon

وهو أحدث نوع من الأنواع وهو مقترح لتطوير الواقع الافتراضي عن طريق استخدام خوذة للراس تحتوي على تكنولوجيا تحفز وتحاكي الحواس الخمس للإنسان وتحتوي هذه الخوذة على شاشة عالية الوضوح، ومكبرات صوت وجهاز كمبيوتر لاسلكي وانبوب يطلق مواد كيميائية للشم والرائحة وأخرى يطلق مواد كيميائية الطعم والتثوق وكذلك تحتوي على مروحة وسخان لتغيير درجات الحرارة طبق للإفتراضية المطلوبة (21) انظر شكل (13-د).



الشكل رقم (13): يبين أنواع الواقع الافتراضي، صورة (أ) الواقع الافتراضي (VR)، صورة (ب) الواقع المعزز (VR)، صورة (ج) الواقع المختلط (VR)، صورة (د) نظارة الشرقة الافتراضية. المصدر:

<https://www.google.com.eg/search?noj=1&bih=657&biw>

2.3. أنواع بيئات الواقع الافتراضي Types of virtual reality environments

هناك تصنيفات عديدة لأنواع الواقع الافتراضي أهمها تصنيف تيوكر (16) حيث صنف أنواع الواقع الافتراضي وفق درجة الاستغراق أي إندماج وتواجد الفرد مع البيئة الافتراضية والقدرة على التفاعل مع جميع الأشياء المتاحة في هذه البيئة إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي (16):

1.2.3. الواقع الافتراضي اللاإستغراقي

يعتبر من أكثر الأنواع شيوعا واستخداما لقلّة تكاليفه ويعتمد هذا النوع على الكمبيوتر ويستخدم المشارك هنا الوسائل التقليدية المعروفة مثل استخدام لوحة المفاتيح والفأرة والعصا من خلال استخدام أجهزة التفاعل ثلاثية الأبعاد مثل القفاز أو كرة الفضاء وهنا شعور المشارك بالاستغراق داخل البيئة الافتراضية منخفضة. انظر شكل (14-ج) المستخدم يستعمل الكمبيوتر وادوات الإدخال التقليدية.

2.2.3. الواقع الافتراضي شبه الإستغراقي

يجمع عدد المشاركين في حجرة واحدة ويشاهد العرض على شاشة كبيرة بها منحنيات في كل اتجاه ويحدث التفاعل مع البيئة الافتراضية من خلال مشارك وباقي المشاركين ملاحظين سلبين ويتجول المشارك من خلال الفأرة ولوحة المفاتيح ويتميز هذا النوع من الواقع الافتراضي بأنه يوفر الإحساس بالإستغراق

بدرجة متوسطة كما أن جودة الصورة تكون عالية فضلاً عن إتاحة العرض لعدد كبير من المشاهدين ولكن يعاب عليه بأنه يقتصر دور المشاركين على المشاهدة فقط (مثل القبة السماوية). انظر شكل (14-ب).

3.2.3. الواقع الافتراضي الإستغراقي

يقدم هذا النوع خبرة مباشرة من خلال تفاعل المشارك مع البيئة الافتراضية ويتحقق ذلك من خلال ارتداء المشارك لخوذة الرأس المزودة بمنظار ثنائي يوضع على العينين ويشعر هنا المشارك بأنه موجود داخل البيئة الافتراضية حيث يشعر المشارك بالاستغراق الكامل ويعاب عليه بتكلفته العالية وانخفاض دقة الصورة مقارنة بالواقع السابقين انظر شكل (14-أ).

3.3. استخدام التقدم التكنولوجي في خلق بيئات افتراضية أكثر تفاعلية بين الإنسان والحواسيب

بسبب التطور السريع الذي يحصل في برامج التصميم سنوياً. لذا لا بد من مناقشة تأثير تكنولوجيا التصميم الرقمية على المعمار وذلك باستعراض العلاقة بين التكنولوجيا والعقل والذات، وحتى نتمكن من أن نفهم هذه العلاقات، نذكر بعض التجارب التي تحدث عنها الكاتب أندي كلارك، الأستاذ في الفلسفة وعلم الإدراك، في كتابه (22) Natural Born Cyborgs والتي يقوم فيها الإنسان بتوسيع مدى قدراته باستخدام التكنولوجيا وذلك بطريقتين: إضافة أجهزة خارجية أو زراعة أعضاء إضافية اصطناعية داخل الجسم.



الشكل رقم (14): يبين أنواع بيئات الواقع الافتراضي صورة (أ) تبين بيئة الواقع الافتراضي الإستغراقي، صورة (ب) تبين بيئة الواقع الافتراضي شبه الإستغراقي، صورة (ج) تبين بيئة الواقع الافتراضي اللإستغراقي. المصدر: <https://www.google.com.eg/search?noj=1&bih/Types of VR in immersion>

1.3.3. استخدام مجسات أو حساسات خارجية

من أبرز هذه الأمثلة أعمال الفنان الأسترالي ستيلارك المتخصص بالفنون الآلية والإلكترونية. قام ستيلارك باختراع يد آلية ليضيفها إلى يديه الطبيعيين وذلك بتثبيتها على ذراعه اليمنى فيصبح لديه ثلاث أيدي! وللتحكم بهذه اليد الآلية بشكل مستقل عن اليدين الأخرين، قام بوصلها ببعضلات بطنه بواسطة مجسات عصبية وذلك لأن عضلات البطن منفصلة تماماً عن عضلات اليدين وبالتالي عندما يقوم بانقباضات بعضلات بطنه تتحرك يده الآلية انظر شكل (15-ب). وفي تجربة أخرى سماها ستيلارك "الجسم اللإرادي" قام بتوصيل مجسات عصبية إلى مناطق مختلفة من جسمه وربطها بجهاز تحكم خارجي بحيث يصدر الجهاز إشارات كهربائية للجسم فيقوم بالتحرك بشكل لا إرادي انظر شكل (15-أ). وفي استعراض جمع بين التجريبيين ولمحي الحدود بين التكنولوجيا وجسم الإنسان قام ستيلارك بالسيطرة على التكنولوجيا وهي اليد الثالثة بواسطة عضلات جسمه وبنفس الوقت السماح للتكنولوجيا بالتحكم بجسمه بشكل خارج عن سيطرته وذلك بوصل أطرافه الأخرى بجهاز التحكم (22).

من التجارب الأخرى التي اشتملت على إضافة أجهزة إلى الجسم هي أداة ترجمة الأفكار Thought Translation Device التي طورها العالم نيلز بيربومر. مكنت هذه الأداة العديد من المرضى المشلولين كلياً من التخاطب مع الأشخاص المحيطين باستخدام الحاسوب، حيث قام بيربومر بوضع مجسات عصبية على رأس المريض بحيث تستطيع هذه المجسات أن تتحسس التيارات العصبية التي تنتج في الدماغ حين يقوم بإصدار أوامر للعضلات الإرادية بالتحرك انظر شكل (15-ج). وبما أن المريض مشلول حركياً فتمت ترجمة هذه التيارات إلى أوامر لفأرة الكمبيوتر بحيث تحركها ليتمكن للمريض أن يؤشر إلى الأحرف ويكتب ما يريد أن يقوله. انظر شكل (15-د)، فمثلاً عندما يحاول المريض تحريك يده اليمنى إلى الأعلى يصدر أمر في الدماغ وتقوم المجسات بتسجيل هذا الأمر وترجمته إلى أمر تحريك الفأرة إلى أعلى وكذلك لعدة أوامر مختلفة حسب التردد الذي تستشعره المجسات (22).

2.3.3. استخدام مجسات زراعة أعضاء إضافية اصطناعية

وتستخدم هذه التقنيات في الغالب في أغراض الطب أو للذين يفقدون جزء من اطرافهم ففي تجربة اشتملت على زراعة جراحية، استطاع العالم روي باكاي من جامعة إمروي في جورجيا أن يمكن مريض مشلول كلياً من التخاطب بالعالم الخارجي أيضاً من خلال فأرة الكمبيوتر ولكن بزراعة مجسات في الدماغ. تقوم هذه المجسات أيضاً باستشعار التيارات العصبية في الدماغ التي تنتج عندما يقوم المريض بتحريك عضلات جسمه⁽²²⁾. وبما أن الموجات تختلف حسب نوع الحركة فإنه يمكن برمجة الحاسوب حسب الترددات الخاصة بكل مريض بحيث يمكنه ربط كل موجة بحركة معينة للفأرة، وبعد تدريب المريض لفترة من الوقت على القدرة على التحكم بالأوامر الحركية، يمكنه استخدام الفأرة بشكل ماهر وفعال.

فالعلاقات الفكرية لا تجري فقط داخل الدماغ إنما تمتد لتشمل الأدوات الخارجية التي يستخدمها الإنسان في عملية التعلم والتفكير. وكلما استخدمنا الأداة بشكل أكثر تزداد المهارة وبالتالي يقل التركيز على الأداة نفسها أثناء استعمالها ويزداد التركيز على المهمة التي يتم القيام بها والنتيجة النهائية ونبدأ بالشعور بأن الأداة هي امتداد لليد أو الجسد وبالتالي تصبح "شفافة" إي تقل رؤيتنا لها وتركيزنا عليها. حينها فقط نشعر بأننا نتحكم بشكل كامل بهذه الأدوات ونبدأ بالشعور بأنها تشكل جزءاً منا⁽²¹⁾.



الشكل رقم (15): يبين استخدام مجسات أو حساسات خارجية صورة (أ) تجربة "الجسم اللارادي" حيث يتم توصيل الأطراف بمجسات خارجية تتحكم في حركة الجسم، صورة (ب) تجربة اليد الثالثة، صورة (ج) وضع مجسات عصبية على رأس المريض لتحسس التيارات العصبية، صورة (د) الكمبيوتر المستخدم في ترجمة الإشارات العصبية إلى أوامر الي الكمبيوتر. المصدر: "NATURAL-BORN" مرجع سابق.

3.3.3. تقنيات جديدة لديها القدرة على التقاط بيانات التصميم من حركات اليد الحرة

قامت مجموعة Carrier Johnson + CULTURE للتصميم المعماري بدء تطوير إستراتيجيات حاسوبية متقدمة لتقنيات الرسم الافتراضي تعتمد هذه التقنيات على دمج تقنيات البيئة الثلاثية الأبعاد مع القدرة على استخدام اليد في عملية التصميم، كالحساسات القابلة للارتداء أو البسيطة كشاشات الكمبيوتر اللوحي لديها القدرة على التقاط بيانات التصميم من حركات اليد الحرة، وهكذا نستطيع عن طريق أدوات التصميم هذه نحت أشكال وفراغات باستخدام أيدينا كالحاتين. عن طريق خلق صلة بين المحاكاة والتصوّر عبر مختلف منصات البرمجيات والأجهزة⁽²³⁾. وتعتقد المجموعة أنه باستخدام النمذجة الإيمائية (التصميم باستخدام الإشارات) للواقع الحقيقي والافتراضي نستطيع إحداث نقلة نوعية في فهم الرسومات بالمقاييس الحقيقية. وبهذا يتحوّل النموذج الثلاثي الأبعاد لرسم ديناميكي يمكن توظيفه بشكل أفضل في حالة فراغية غامرة أو محيطيّة، وهذا يعني أن المصممين لا يرون نماذجهم الثلاثية الأبعاد كنماذج افتراضية بل كبناء افتراضي قابل للتحقيق⁽²³⁾.

وتعتبر هذه الوسائل التمثيلية للتصميم المعماري مؤثرة بشكل كبير على نتيجة العملية التصميمية، لأن هذه الوسائل هي التي تعبر عن التصميم وتنقله من مخيلة المصمم إلى العالم المرئي. فعندما يقوم المعماري باستخدام الحاسوب في عملية التصميم والتمثيل، فإنه يتصل به فيشكل منظومة فكرية مزدوجة coupled cognitive system يتم فيه تبادل المعلومات والأفكار بين الأداة والإنسان⁽²³⁾. وظهرت أدوات تقنية جديدة تلعب هذا الدور ومن هذه التقنيات الجديدة:

1.3.3.3. البيئة الافتراضية Virtual environments

التقنيات المستخدمة في منصات الواقع الافتراضي تعطي المصمّم القدرة على تحويل الأشكال والنماذج الثلاثية الأبعاد إلى بيئة افتراضية يمكن التنقل بها بواسطة نظام الرأس⁽²⁴⁾ (Oculus Rift DK2 headset) ووحدة تحكم

ريموت باليد انظر شكل (16-أ)، وبهذه الطريقة يستطيع المعمارون والمصممون اختبار وتقييم قراراتهم التصميمية عن طريق اختبارهم لمميزات الفراغ المصمم في بيئة ذات مقياس حقيقي⁽²³⁾. بحيث يمكن تعديله في بيئة الواقع الافتراضي الأصلية للمشروع مثل ظروف الإضاءة الطبيعية والصناعية وطبقات الأثاث والمواد. انظر شكل (16-ب)، (16-ج) وتساعد هذه التقنية في إعطاء المصمم حرية الحركة داخل النموذج لاكتشاف والتحقق، بهذه الطريقة تقدم النماذج مقارنة بسيطة للمواد والدرجات اللونية المستخدمة من أجل أداء أفضل في التقديم الرسمي للمشروع.

2.3.3.3 الواقع الافتراضي الصوري Photorealistic VR

وهذه التقنية تعتمد على تكنولوجيا الواقع المعزز (AR)، وتستخدم هذه التقنية من أجل تسهيل عملية تقديم العروض للعميل. يفضل في هذه الحالات أن يتم تقديم المشروع بعرض صور تحاكي الواقع، ولتنفيذ ذلك يتم استخدام أساليب التقديم الصورة بانوراميه باستخدام الهواتف الذكية لمشاركة البيئة ثلاثية الأبعاد الصورية للتصميم (أي بالاعتماد على الصور) يتم تحويلها فيما بعد لبيئة كروية باستخدام تطبيق جهاز Round Me الذي يعمل على نظامي Android و iOS بالتعاون مع Google Cardboard سيكون باستطاعة المعمارين في المكاتب استخدام تطبيق Google Photosphere أو أي تطبيق مشابه للصور الكروية والصور البانورامية من أجل خلق صور كروية لمواقع البناء ومشاركتها مع العاملين في المكتب والمستشارين والمقاولين والعملاء. تسمح هذه الصور البانورامية بمستوى أعلى لتوثيق عملية الإنشاء، كما تسمح أيضاً للمشاركين غير القادرين على زيارة المشروع أن يختبروا عملية إنشاء المشروع بطريقة أكثر دقة وشمولية. ومؤخراً قامت شركة جوجل بطرح نظام الراس باسم daydream view Google بحيث يمكن وضع الموبيل داخل النظارة والحصول على رؤية ثلاثية الأبعاد⁽²²⁾. انظر الشكل رقم (17)



الشكل رقم (16): يبين تقنية البيئة الافتراضية صورة (أ) نظام الرأس (Oculus Rift DK2 headset) وحدة التحكم، صورة (ب) توضح دراسة المبني من الخارج، صورة لدراسة العناصر الخارجية (ج) دراسة المبني من الداخل من خلال التجول الحر لدراسة العناصر الداخلية. المصدر: <https://www.youtube.com/watch?v=TIY18B4aUSg>



الشكل رقم (17): يبين تقنية الواقع الافتراضي الصوري عن طريق استخدام الموبيل وعمل جولة افتراضية داخل الفراغات المصدر: <https://www.youtube.com/watch?v=T4pwoTLhpuo>

3.3.3.3 تقنيات التحكم الإيماني Gestural control

تسمح تقنيات التحكم الإيماني للمصممين بالمشاركة الفعالة بشكل أكبر في المشروع في مرحلة التصميم، حيث استغل المطورون حقيقة أن إنتاج النماذج الرقمية في السنوات الأخيرة أصبح أكثر سرعة من إنتاج النماذج المادية. ويتم الاعتماد على حركة اليدين دون الحاجة للإدخال بواسطة لوحة المفاتيح أو الفأرة انظر الشكل رقم (18)، وشكل رقم (20)، والاعتماد على مجموعة متنوعة من متبعتات الحركة مثل Kinect Microsoft وأجهزة الإدخال الإيماني مثل⁽²³⁾ Motion Leap انظر الشكل رقم (19)، وشكل (21) هذه التقنيات تخلق تفاعل افتراضي بين أيدي المصمم والمنصات البرمجية المختلفة المستخدمة في عملية

التصميم. حيث استطاعوا إنشاء خريطة من الحركات الإيمائية التي يمكن ترجمتها للأدوات الشائعة، عبر الاستفادة من حساسية الإدخال الموجودة في كاشف Motion Leap والتطبيقات البرمجية مثل Game wave.

يسمح سير العمل باستخدام التحكم الإيمائي بتفاعل مبتكر وقدرة خلق بين المصمم والعناصر في برنامج التصميم، قد أعطتنا الإضافات مثل Firefly لبرنامج Rhino3D/Grasshopper و Game wave لبرنامج Sketch up المرونة اللازمة لخلق تعريفات مخصصة تستخدم أيدي المصمم وأصابعه كوحدات إدخال وتتحكم بالكاميرات داخل برنامج التصميم في حين تتلاعب بنفس الوقت بالتصميم بطريقة أكثر سهولة وتفاعلية من وحدات الإدخال التقليدية كلوحة المفاتيح والفأرة⁽²³⁾.

4.3. تحديات التصميم الرقمي

كأي نوع آخر من أنواع التكنولوجيا، لدى الحاسوب تأثيرات إيجابية وأخرى سلبية على مهنة المعمار ولكن هناك مجموعة من التحديات التي تواجه أي تكنولوجيا في بداية الأمر ومن هذه التحديات:

- التكلفة الكبيرة للحصول على هذه التكنولوجيا من أجهزة وبرمجيات متخصصة.
- استخدام الحاسوب يتطلب تدريباً كبير للحصول على منتج إبداعي جيد لكن تعقيد الحاسوب يمكنه إعاقة هذه العملية.
- تغطي بعض التصميمات بالتقدير ليس لجودتها المعمارية بل للتقنيات الرقمية التي استخدمت في التعبير عن التصميم مما يشكل إنجازاً فنياً أكثر من معمار مسؤول
- هذا النوع من التكنولوجيا يحول المستخدم إلى شخص كسول.



الشكل رقم (18): يبين تقنية التحكم الإيمائي باستخدام اليد للتحكم في البرامج

المصدر: <http://www.archdaily.com/783677/4-ways-virtual-and-augmented-reality>



الشكل رقم (19): يبين أجهزة الإدخال الإيمائي مثل Motion Leap

<https://www.google.com.eg/search?q=Gesture+Control&biw=1366&bih>

4. الدراسة التحليلية

في ظل الأطروحات التي تتناولها الدراسة لإمكانات التصميم الرقمي غير المسبوقة في العمارة ويظهر جلياً لنا ما قدمته من إبداعات تنفيذية هائلة وأصبح للمعماري المقدر على إطلاق عنانه للإبداع دون شروط أو قيود تنفيذية، ولتوضيح ذلك تم انتخاب مثالين أحدهم قديم في بداية استخدام التصميم الرقمي والآخر الحديث لدراك ان التطور في استخدام التصميم الرقمي ليس في جودة المنتج المعماري ولكن أيضاً في سهولة الإنتاج واختصار كثير من الوقت مما أدى إلى السرعة والدقة في الأداء والتنفيذ وسيتم التحليل من خلال النقاط التالية :

- مراحل التصميم الرقمي (الإسكتشات المبدئية – التكوين الداخلي والخارجي للمبني – الدراسات النوعية والكمية)
- قياس الأداء من خلال المحاكاة أو الموديل
- التنفيذ الرقمي

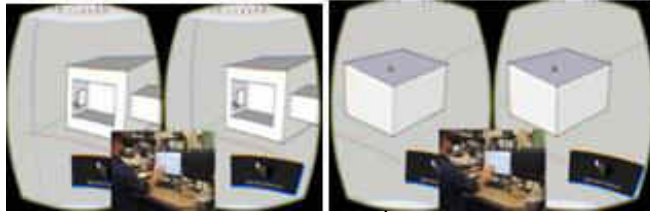
1.4 . المشروع الأول قاعة الموسيقى والت ديزني (Walt disney) 2003- 1987

صمم المهندس المعماري فرانك جيري قاعة حفلات والت ديزني، بتكليف من "ليليان ديزني" زوجة والت ديزني وذلك في عام 1987، دامت أعمال البناء فيها فترة طويلة حتى تم افتتاحها يوم 24 أكتوبر سنة 2003، بتكلفة تصل إلى حوالي 275 مليون، تصميم البناء من الداخل ليكون مريح للزوار حيث وخصصت قاعة للموسيقى في مركز البناء يمكن أن تتسع لحوالي 2500 زائر، فرانك جيري قد صممها أيضاً من الخارج تبدو قاعة حفلات والت ديزني الموسيقية كما لو أنها عبارة عن مجموعة من المضحكات الصوتية "البافلات" المتصلة ببعضها البعض ضمن كتلة بنائية واحدة، بالإضافة إلى استعمال طلاء من المعدن بغية إظهار جاذبية البناء وإعطائه اللامعان المطلوب إعتد جيري في تصميم قاعة حفلات والت ديزني على كل تقنية تكنولوجية حديثة خاصة بالرسومات الأحادية والثنائية والثلاثية الأبعاد وبمعلومات دقيقة وحرفية عالية، في سبيل إبداع توليفة من هذه التجارب المختلفة ليقدم بذلك أعلى مستويات المهنية في الهندسة المعمارية الحديثة.

يعتبر فرانك جيري من رواد حركة العمارة التفكيرية، والعمارة الرقمية (25) وله طريقة مميزة في عمل مراحل العملية التصميمية للمشروع، وجدول رقم (1) يبين هذه المراحل.

1.1.4 . المراحل التصميمية للمشروع وجدول رقم (1) يبين هذه المراحل وهي كالتالي:

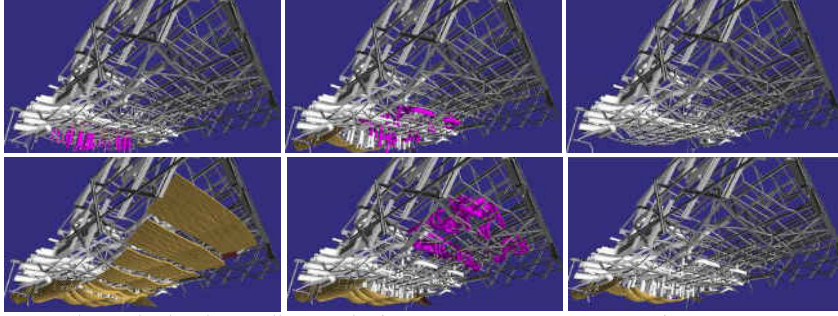
- دراسة الفكرة الأولية للمشروع بما تحويه من متطلبات وظيفية، وتشكيلية عن طريق الإسكتشات اليدوية.
- وضع نماذج مبدئية للفكرة في صورة ماكيت دراسي لدراسة ملائمة الحول الفراغية والوظيفية للتكوين الإنشائي، والذي يعتمد فيه على الأشكال الطوبولوجية، والمنحنيات غير المنتظمة، مما يستدعي إبتكار حلول إنشائية غير تقليدية.
- بعد الإستقرار على الفكرة المبدئية عن طريق الماكيت الدراسي، يقوم بعمل مسح رقمي للماكيت وتحويله إلى نموذج ثلاثي الأبعاد بهدف دراسته بشكل أكثر عمقاً. في مشروع قاعة والت ديزني للموسيقى إستعان بمتخصص في دراسة الصوتيات حيث قام بإعداد نماذج (ماكيت) دراسية للقاعة لدراسة أنظمة الصوتيات، والإضاءة. وقام فريق الصوتيات بإجراء دراسات الحيويد الصوتي والصدى والتردد عن طريق الإشعاع Ray-tracing وإنعكاساتها على أسطح الماكيت الدراسي.
- بعد تحويل المبني إلى نموذج ثلاثي الأبعاد يتم دراسة كافة عناصر المبني عبر الوسيط الرقمي، ودراسة كيفية تحويله إلى رسومات للتنفيذ، والتكوينات للكتل الخارجية والتحليلات للأسطح وكيفية تجميعها مع بعضها ودراسة كيفية تنفيذها.
- استخدام برنامج 4D في رسم النماذج المعقدة لتنفيذها. انظر شكل رقم (22) مراحل استخدام نماذج 4D في تصميم السقف الداخلي في القاعة مع حل العلاقات والتقاطعات الخاصة بالقاعة من مسارات التكيف والإضاءة والانظمة الأخرى المستخدمة داخل قاعة الموسيقى.



الشكل رقم (20): يبين تقنية التحكم الإيمائي باستخدام اليد في التصميم والرسم
المصدر: https://www.youtube.com/watch?v=K0WD3_X0gEY



الشكل رقم (21): يبين، الاعتماد على مجموعة متنوّعة من متنبعات الحركة مثل Motion Leap, Kinect
<https://www.google.com.eg/search?q=Gesture+Control&biw=1366&bih>



الشكل رقم (22): يبين مراحل استخدام نماذج 4D في مراحل التصميم للسقف الداخلي لقاعة الموسيقى الرئيسية Stanford University team and Disney Imagineering "We built the "unbuildable " Walt Disney Concert Hall,(Los Angeles, CA) STANFORD UNIVERSITY , CIFE, 2015

جدول رقم (1): الدراسة التحليلية للمشروع الاول (الباحث)

جدول رقم (1) الدراسة التحليلية للمشروع الاول (الباحث)	
مشروع والت ديزني (Walt Disney) 2003- 1987	
الموقع: لوس انجلوس	المعماري: فرنك جيري Frank Gehry
مساحة المشروع: 18000 متر مربع	
<p>مرحلة الإسكتشات https://www.google.com.eg/search?q=walt+disney+sketch</p>	مراحل التصميم الرقمي
<p>مرحلة التكوينات والفرغات الداخلية المصدر: فرنك جيري /قاعة-حفلات-والت-ديزني/ www.al-mashahir.com/</p>	
<p>مرحلة دراسة التكوينات والامتكال الخارجية المصدر: مرجع سابق فرنك جيري http://www.marefa.org/index.php/</p>	
<p>مرحلة الدراسات التحليلية النوعية والكمية المصدر: مرجع سابق John Haymaker</p>	
<p>استخدام الماكيت ونظم المحاكاة في دراسة القاعة الداخلية المصدر: مرجع سابق John Haymaker</p>	قياس الأداء دراسة المودل أو المحاكاة
<p>مرحلة الرسومات التنفيذية http://www.archdaily.com/441358/walt-disney/concert</p>	الرسومات التنفيذية
<p>مرحلة التنفيذ http://www.archdaily.com/441358/walt-disney/concert</p>	مراحل التنفيذ

2.4. المشروع الثاني مجمع سينمائي في مدينة بوسان Busan Cinema

قام فريق COOP HIMMELB(L)AU مكتب المعماري النمساوي بتصميم مركز بوسان السينمائي ليضاهي كبرى الصروح السينمائية في العالم، والذي سيكون مقراً لمهرجان Pusan العالمي للأفلام، فاز هذا التصميم في مسابقة معمارية عالمية عام 2005، وتم الانتهاء من تنفيذ المشروع عام 2012، كان المفهوم الأساسي لهذا المشروع تداخل المساحات المفتوحة والمغلقة والأماكن العامة والخاصة بحيث تندمج فيه التقنيات التكنولوجية والمعمارية.

يتكون المشروع من ساحةٍ عمرانية تضم العديد من المناطق المتداخلة فيما بينها مثل الوادي العمراني ومنطقة السجادة الحمراء "ريد كاربيت"، إلى جانب ممر الشهرة وبارك كانال PIFF، وقد تم تشكيل هذه الساحة مظلة بسقفين كبيرين، تم تصميم هذين السقفين باستخدام تقنية محوسبة متطورة مضاءة بأضواء LED حيث تعكس هذه الأسقف مختلف الاحتفاليات والأحداث المرافقة لمهرجان على شكل رسوم جرافيكية متحركة (26).

يعكس الهيكل الإنشائي للمشروع التكنولوجيا الحديثة لنظم الإطارات الفراغية SPACE FRAME كعناصر سقفيه يستند على قاعدة مخروطية مزدوجة من جهة واحدة، ويظهر السقف كبروز يمتد 85 متر مقاربا في تصميمه مرتين لطول جناح طائرة "Airbus 380"، يثبت الهيكل المخروطي السطح من جهة واحدة، ويغلف كعمود من شبكة معدنية شعرية ليحمل السقف.



الشكل رقم (23): بين التكامل بين البرامج المستخدمة والمعلومات والبيانات التي يمكن الحصول عليها أثناء عملية التصميم الرقمي لمشروع Busan Cinema حيث تم ذكر هذه البرامج في شكل رقم (11) البرامج المستخدمة مع BIM

1.2.4. المراحل التصميمية للمشروع وجدول رقم (2) يبين هذه المراحل وهي كالتالي

- دراسة الفكرة الأولية للمشروع بما تحتويه من متطلبات وظيفية، وتشكيلية عن طريق الإسكتشات اليدوية.
- الاعتماد على التصميم الرقمي في جميع مراحل التصميم ويوضح شكل رقم (23) للحصول على المعلومات والبيانات اللازمة لعمل التحليلات النوعية والكمية وقياس الاداء واختيار الطريقة المناسبة للتنفيذ.
- عمل موديل للسقف حيث اعتماد تصميمه للسقف علي شكل شاشة كبيرة لخلق سماء افتراضية VIRTUAL SKY من خلال الواح الطاقة LED، ليغطي المدخل والمسرح المدرج المفتوح ليعكس الفضاء الحضري العام المستمر والمتعدد الوظائف لتعكس الثقافة المعاصرة، ولخلق حياة حضرية تتسم بالحيوية ليلا، وتبقى مرئية خلال النهار.

- استخدام تقنية عالية في ربط هياكل انشائية واطارات فارغيه لحمل السقف ولتعليق عناصر الاتصال من خلال الكابلات، وابتكار مواد بناء جديدة مرنة لإخفاء الهيكل الانشائي الداخلي واطهاره في الاجزاء الخارجية
- استعمال التكنولوجيا الرقمية في عمل التصميم الافتراضي متجاوز بذلك العقبات التعبيرية والانشائية. لتحرير الشكل من الثوابت التصميمية لإخراج الشكل المعماري المتميز.
- الاعتماد على البرمجيات الرقمية في توليد تشكيل القطع المتكررة في الاشكال المخروطية.

4.3. نتائج الدراسة التحليلية

من خلال الأمثلة التحليلية والتي اوضحت انه نتيجة التكنولوجيا الرقمية حدث تغير في مراحل التصميم المعماري ليس فقط لما تقدمه من تقنيات ذات مقدرة واعدة كأداة للاتصال البصري، بل أيضاً لما تقدمه من خدمة على درجة عالية من الأهمية والفاعلية يمكن فهمها على أنها فرصة للتشغيل التجريبي Trial Run باستخدام تقنيات الواقع الافتراضي والمحاكاة، وذلك لكي يختبر المعماري تصميماته. أي أن المعماري يستطيع أن يتعرف على المشاكل والأخطاء الفعلية التي يتضمنها التصميم المقترح والعمل على تعديلها، وبالتالي اختبار التصميم المقترح لدراسة وتقييم وقياس كفاءة واداءة وذلك من خلال النقاط التالية:

- تقييم تشكيل المبني وشكل الكتلة الخارجية وعلاقتها بالمحيط العمراني.
 - تحليل ودراسة الفراغات بواسطة الدخول للفراغات والتجول خلالها walk through
 - قياس اداء المبني ودراسة تأثير الاضاءة والتهوية خلال اوقات اليوم سواء كانت طبيعية أو صناعية
 - التواصل كوسيلة فعالة بين المعماري والتخصصات الاخرى والعلماء عبر حواجز الزمن والمسافة واللغة
- كذلك استخدام الحاسب بإمكاناته الهائلة في أنشطة المنظومة الانشائية، حيث أصبح من الاعتبارات الهامة بل والمحدد المعياري لكفاءة ونجاح المبني في اداءة للعمليات التقنية الرقمية بكفاءة عالية، فصار هناك تكامل بين التصميم المعماري والمنظومة الانشائية مما أدى حرية في تشكيلات الكتل الغير مسبوقة الاستخدام لذلك لم تعد التشكيلات المعمارية المعقدة تمثل عبئاً تنفيذياً وذلك لتوافر الادوات التكنولوجية اللازمة لتنفيذ الاشكال المركبة والمعقدة وهو ما انعكس بالإيجاب على النتاج المعماري.

4. نتائج البحث

في ظل الأطروحات التي تناولتها الدراسة لإمكانات الثورة الرقمية الغير مسبوقة في التصميم المعماري وأصبح للمعماري المقدرة على إطلاق عنانه للإبداع دون شروط أو قيود تنفيذية، وفي ظل ذلك تتحدد أهم نتائج الدراسة فيما يلي:

- أ) أفرزا التصميم الرقمي مجموعة من المبادئ الفكرية أهمها:
 - التصميم والتحليل في بيئة رقمية.
 - الخروج بالعمارة من حدود الحيز المادي.
 - دعم الاتجاهات الفكرية الشخصية والأفكار غير التقليدية.
- ب) احدثت النظم الرقمية الجديدة ثورة في مفهوم المنطق التصميمي نقلت التفكير الكلاسيكي لشبكة التصميم الكلاسيكية المكونة من مربعات متساوية (المديول) والتي ظهرت مع الثورة الصناعية إلى مدى أكثر تعقيدا يتوافق مع الاشكال الحديثة.
- ج) ان التطور الهائل في ادوات التصميم الرقمي أدى الى تغيير في طريقة صياغة الافكار في العملية التصميمية حيث أحدث هذا التطور تغييراً وظيفياً وتشكيلياً وانشائياً في النمط الحديث للعمارة والتي اصبحت أكثر تعقيدا وخرجت عن قوانين ومسلمات الشكل السائد للعمارة التقليدية.
- د) من آثار التصميم الرقمي تقلص أهمية التوحيد القياسي Standardization في الإنشاء وذلك لصالح التعدد والتنوع في التشكيل وتحرر الفكر، وفي حين كان الحل المعماري ضرورة حتمية من نتائج الثورة الصناعية ذات الاتجاه الداعي إلى التوحيد القياسي والإنتاج على نطاق واسع بحيث يؤدي ذلك لتحقيق سهولة وسرعة في الإنتاج لأسباب اقتصادية بحثة.

ه) أنتجت لنا أدوات التصميم الرقمي الجديدة قدرات إضافية للمبدع المعماري ليس فقط في خلق الفراغ بأبعاده الثلاثة والتأمل فيها، ولكن أيضا في إدراكه للبعد الرابع ومراقبة التصميم والأفكار أولا بأول، وتبادل الأفكار مع الآخرين من خلال معايشة المنشأة في الفراغ المرئي. تلك الخبرات ما كانت لتكتسب إلا بعد معايشة المنشأة بعد بنائها فيزيائيا.

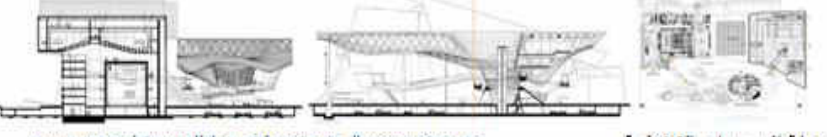

و) أدى اتباع منهجية التصميم الرقمي إلى تغيير اليات التصميم في المؤسسات والشركات والمكاتب الهندسية، فالمعماري لم يعد يعمل بصورة منفصلة ولكن أصبح يعمل بطريقة جماعية ومتكاملة للأنشطة التصميمية المختلفة (Task integration) (العمل المتكامل) مما يستوجب بالضرورة ربط جميع التخصصات الهندسية بالتقنيات الرقمية.

ز) سيشهد هذا العصر تطور سريع في خبرات وكفاءات معماريين صغار السن بسبب الخبرات المكتسبة من معايشة المنشآت مرئيا وتصحيح الأخطاء التصميمية قبل التنفيذ تلك الخبرات ما كانت لتكتسب إلا في سنوات متعددة.

5.التوصيات

- ضرورة سعي المماريين إلى الاستفادة من التطور الرقمي والاهتمام بسبل التقنية المعاصرة لتكوين خلفية معرفية لواقع العلوم والفكر والتكنولوجيا السائدة في عصره، كونها تمثل محفزا أو متغيرا مهما على المنتج المعماري للقدرة على المنافسة الدولية في ظل العولمة والأسواق المفتوحة.
- تبني الجامعات وأقسام العمارة للبعد الرقمي عند القيام بتطوير مقررات التصميم المعماري والتنفيذ وتكنولوجيا البناء، في ظل تشجيع طلاب العمارة على التعرف على آخر التقنيات الحديثة في آل مجالات الحواسيب وربطها بالتصميم المعماري ومن ثم الحصول على جيل واعد من المماريين المؤهلين لمواجهة سمات العصر وتحدياته، في إطار تبني الجامعات وأقسام العمارة مهمة توفير التقنيات الأحدث بشكل مستمر.
- ضرورة الإعتدال على التصميم الرقمي في توجيه الطلبة نحو تبني النقد الحر وتبادل الآراء التصميمية فيما بينهم من جهة، وبينهم وبين الكادر التدريسي من جهة ثانية، وبينهم وبين محيط أكبر من المختصين عن طريق الانترنت. ومكافئة الجهود التي يبذلها الطلبة في هذا المجال .
- أهمية الإستفادة من التطور الذي أحدثته التكنولوجيا الرقمية على الإنتاج والتصنيع والتنفيذ الرقمي مع دراسة واقع العمل في المنطقة العربية ومعرفة إلى أي مدى يمكننا الاستفادة منها.
- ضرورة الاهتمام بعمل حلقات وورش عمل تناقش التطورات التقنية وأثرها على ممارسة المهنة من خلال النقابات والجامعات، مع ضرورة توجيه البحث العلمي في عمل دراسات نحو اختيار وتوظيف التقنيات المستحدثة بما يتوافق مع ظروف وإمكانات ومتطلبات المجتمع.
- يوصي بدراسة عواقب هذه التحولات التكنولوجية السريعة على واقعنا وعمارتنا المحلية، وهنا يكمن التحدي في أن نجيد استخدام التكنولوجيا وأن نتمسك بهويتنا الإنسانية ولا نسمح للتكنولوجيا بإبعاد المعماري عن دوره الأصلي وهو إعمار الأرض وجعل وجود الإنسان عليها آمنا وبناء.

جدول رقم (2): الدراسة التحليلية للمشروع الثاني (الباحث)

مجمع سينمائي في مدينة بوسان Busan Cinema 2012- 2005		
الموقع: كوريا الجنوبية	المعماري: COOPHIMMELB (L) AU Wolf	مساحة المشروع: 32000 م ²
 <p>www.coop-himmelblau.at/projects/busan-cinema</p>		مرحلة الإسكتشات
 <p>www.archdaily.com/165954/busan</p>		مرحلة دراسة التكوينات والفرغات الداخلية
 <p>www.archdaily.com/165954/busan</p>		مرحلة دراسة التكوينات والاشكال الخارجية
 <p>www.coop-himmelblau.at/projects/busan-cinema</p>		قياس الأداء دراسة المخطط أو الحالة
 <p>www.coop-himmelblau.at/projects/busan-cinema</p>		مرحلة الرسومات التنفيذية
 <p>www.archdaily.com/165954/busan</p>		مرحلة التنفيذ

المراجع

- [1] I. Australia Pty "Cyberspace: The World of Digital Architecture" Images Publishing Dist Ac, 2010.
- [2] علي رأفت. "عمارة المستقبل". القاهرة: مركز أبحاث إنترنت، ٢٠٠٧.
- [3] Szalapaj, Peter "Contemporary Architecture and the Digital Design Process". Oxford: Architectural Press, 2005.
- [4] Kymmell, Willem. "Building information modeling". New York: McGraw Hill, 2008.
- [5] علي رأفت. ثلاثية الإبداع المعماري، "الإبداع المادي في العمارة، البيئة والفراغ". المجلد الخامس. القاهرة: مركز إنترنت، 1996.

- [6] مشاري بن عبدالله النعيم" مكتب (أوف اراب) Ove Arup لندن "مجلة البناء السعودي أكتوبر ، نوفمبر، ٢٠٠٤ .
[7] علي رأفت ."عمارة المستقبل". القاهرة: مركز أبحاث انتركونسلت، ٢٠٠٧
- [8] Kolarevic, Branko ,"**Architecture in the digital age .Design and manufacturing**" .London : Taylor & Francis, 2005.
- [9] Oxman, Rivka "**Theory and design in the first** "Design studio-The International Journal for Design Research in Engineering, Architecture, Products and Systems, 2006.
- [10] NICK DUNN "**DIGITAL FABRICATION IN ARCHITECTURE**", by Laurence King Publishing Ltd, 2012.
- [11] Adriaenssens, F. Gramazio "**Advances in Architectural Geometry 2016**" vdf Hochschulverlag, AG, 2016.
- [12] Kolarevic, Branko ."**Architecture in the digital age .Design and manufacturing**" .London: Taylor & Francis, 2005.
- [13] Woodward, Christopher and Jaki Howes "**Computing in Architectural Practice**" .London: Spon Press, 1998.
- [14] Mario Carpo, "**The Digital Turn in Architecture 1992–2012**", John Wiley & Sons Ltd, 2013..
- [15] Eastman, C. (2009). "**Building Information Technology: Digital Building Lab** ". Retrieved April 9, 2011, from <http://bim.arch.gatech.edu/?id=402>
- [16] Dzambazova, Tatjana, Greg Demchak and Eddy Krygiel ."**Mastering Revit Architecture 2008**" .Indiana: Wiley Publishing, 2008.
- [17] Kymmell, Willem ."**Building information modeling**" .New York: McGraw Hill, 2008.
- [18] Virtual Reality Technology. "**Hirose, Michitaka**". The International Journal of Virtual Reality, 2006, 5(2):31-36.
- [19] Jonathan Linowes "**Unity Virtual Reality Projects**" Packt Publishing Ltd., Birmingham B3 2PB, UK, 2015.
- [20] Cecília Sík Lányi "**Virtual Reality and Environments**" InTech, Janeza Trdine, Croatia, 2012.
- [21] Kymmell, Willem "**DIGITAL FABRICATION IN ARCHITECTURE**" New York: McGraw Hill, 2006.
- [22] ANDY CLARK, "**NATURAL-BORN CYBORGS Minds, Technologies, and the Future of Human Intelligence**", Oxford University Press, Madison Avenue, New York, 2003.
- [23] J. Gorge, "**Virtual and Augmented Reality Will Revolutionize the Way We Practice Architecture**" Oxford: Architectural Press, 2015.
- [24] www.archdaily.com/783677/4-ways-augmented-reality-will-revolutionize-the-way-we-practice-architecture.
- [25] John Haymaker "**Challenges and Benefits of 4D Modeling on the Walt Disney Concert Hall Project**" STANFORD UNIVERSITY, CIFE Working Paper #64 January, 2001.
- [26] <http://www.coop-himmelblau.at/architecture/projects/busan-cinema-center/>11-2016

MODERN TECHNICAL APPLICATIONS FOR DIGITAL DESIGN IN ARCHITECTURE

ABSTRACT

The digital design process technology facilitates the representation of design and architectural drawing. Most of architects not only use these programs for expressing or drawing their designs but also for developing their ideas, where those programs can coordinate the data and several types of information that had been provided to prepare smooth and consistent forms without specifying certain functions. This made it possible to create dynamic forms of organic and orderly manner, which helped in transfer those ideas from the designer's imagination into reality. All this will lead to the birth of the new styles of architectural designs, that weren't exist before and couldn't implemented without such advanced information technology and its integration with modern science together to form a system of fiction ideas.

The digital revolution has succeeded in integrating many technological applications and launch them into more complex also penetrated into all technologies that affect the architecture directly or indirectly like virtual reality, which will help the architects to freedom his thoughts and increased his creativity by conveying them to the world of virtual reality or indeed the reality enhanced with virtual elements. This done through using advanced computerized strategies; these strategies are able to integrate the 3D technology with hand ability in digital designing process through capturing the designing data from the free hand motions. By this may be we will develop a new technology that can read the architecture thoughts and express them. This can be done through the rapid progress of this technology.