تكنولوجيا التصميم الرقمي وتأثيرها على شكل العمارة المعاصرة فى ضوء الإتجاهات المعمارية الرقمية

Digital design technology and its impact on contemporary architecture, in light of digital architectural trends.

أ. م. د/ أحمد محمود صابر محمد

أستاذ مشارك – قسم العمارة – كلية الفنون الجميلة – جامعة حلوان - مصر

Associ. Prof. Dr. Ahmed Mahmoud saber Mohamed

Associate Professor, Architectural Department, Faculty of Fine arts, Helwan University

arch_saber@yahoo.com

ملخص البحث:

كان العصر المعلوماتى له بالغ الآثر على سرعة التطور التكنولوجي المتلاحق، حيث أصبح جزءاً لايمكن إغفال تأثيره على العمارة ، حيث أصبحت تلك التقنيات جزء لا يتجزأ من أدوات المعمارى لصياغة فكر العملية التصميمة، و أصبح الإبداع المعماري مرتبطاً بالتكامل ما بين الإبداع البشري من ناحية و تكنولوجيا العمارة الرقمية من ناحية أخرى، حيث تشهد العمارة المعاصرة تحولاً فكرياً كبيرا تأثر بعصر التكنولوجيا الرقمية وثورة المعلومات التى فرضت نفسها على الساحات العلمية والمعمارية ، ولقد أحدثت العمارة الرقمية وفكرها المتطور تغييراً فى شكل العمارة، وفى ضوء جدليات الحفاظ على الهوية المحلية أو إشكالية اللحاق بالعولمة كان هناك ردود أفعال مختلفة تتعلق بمدي التغيير في الفكر التصميمي المعاصر و أدوات و آليات تحقيقه التى أدت الى هذا التحول و دور المعماريين في مواكبة ذلك التطور، وتكمن المشكلة في أن العمارة المحلية لم تكن مواكبة لهذا التغير بالشكل الكافي وعدم الإستفادة من التطورات التكنولوجية والأساليب المتطورة سواء في التصميم أو التنفيذ، وهذا ما يؤكد ضرورة التعرف على أفكارها ومكوناتها ومفرداتها وآلياتها حتى لا يجد المعماري نفسه فى جزيرة نائية أو أن يكون جزء من التغيير دون إخلال بجوهر هويته، وحقيقة الأمر إن الثورة الرقمية أفرزت عمارة غير مسبوقة تمثلت فى إتجاهات معمارية مختلفة مبنية على أساس أفكار تصميمية خلاقة ومتجددة من حيث الشكل والمضمون لا يمكن أن يصل إليها المعمارى فى ظل أدواته التقليدية القديمة، حيث يهدف البحث الى إلقاء الضوء على أحد أهم المواضيع التى يهتم بها المعمارى، وهى التعرف على أحدث النظم التكنولوجية الرقمية المستخدمة بالعمارة المعاصرة و رصد أهم الإتجاهات المعمارية المعاصرة والفكر المعمارى الذى تأسست عليها وأثرت على شكلها المعماري.

الكلمات المفتاحية:

العمارة الرقمية، العمارة الذكية، الثورة الرقمية ، التصميم الرقمي، التوجهات الفكرية الرقمية.

Abstract

The information age had a great impact on the speed of the successive technological development, as it became a part that cannot be overlooked in its impact on architecture, as these technologies have become an integral part of the architectural tools to formulate the design process thought, and architectural creativity has become linked to the integration between human creativity on the one hand and Digital architecture technology on the other hand, as contemporary architecture is witnessing a major intellectual shift that has been affected by the era of digital technology and the information revolution that has imposed itself on the scientific

and architectural arenas, and digital architecture and its advanced thinking have brought about a fundamental change in the form of architecture, and in light of the controversies of the preservation of he local identity or the problem of catching up with globalization. There were various reactions related to the extent of change in contemporary design thought and the tools and mechanisms of its realization that led to this transformation, and the role of architects in keeping pace with that development, and the problem is that local architecture was not keeping up with this change in form. It is sufficient, and not to benefit from technological developments and advanced methods, whether in design or implementation, and this confirms the need to know their ideas, components, vocabulary and mechanisms, so that the architect does not find himself on a remote island, or be part of the change without violating the essence of his identity, and the truth of the matter is that the digital revolution It resulted in an unprecedented architecture represented by different architectural trends based on creative and renewable design ideas In terms of form and content, the architect cannot reach it in light of his old traditional tools, as the research aims to shed light on one of the most important topics that the architect is interested in, which is to identify the latest digital technological systems used in contemporary architecture, and to monitor the most important contemporary architectural trends and thought on which it was founded and influenced its architectural form.

key words:
(DA) Digital architecture, (SA) smart architecture, (DR) digital revolution, (DD) digital design, (DIT) digital intellectual trends.

١- مقدمة:

مرت العمارة بكثير من النظريات والمدارس المختلفة، مفهوم تدرج ما بين الماضي والحاضر والمستقبل ما بين الأعمال التقليدية و الإبداعية، واكب مدارس معمارية عدة في فترات زمنية ومكانية مختلفة، مسميات ظهرت ومفاهيم أدرجت في القواميس المعمارية شقت طريقها لتحتل موقعا من النقد المعماري، فبعض المعمار تجاهل ما كان معروفا بالأسس والقواعد و النظريات بدأ من الحلم والرؤي ثم إمكانية التطبيق، أضافت البعد الخيالي المغاير للواقع الذي يكسر التقليدية وحدة الملل تسير بالإتجاه نحو عالم جديد لا يري الأشياء في منطقيتها، إلا أنه كان هناك عائق كبير أمام تلك الرؤي و الأفكار الإبداعية مع عدم توفر التقنيات التصميمية و التنفيذية التي تستطيع أن تنقل تلك الأفكار من مخيلة المصمم إلى العالم المرئي حيث جائت الثورة الرقمية و انعكست على العمارة شأنها في ذلك شأن باقي المجالات العلمية والحياتية الآخرى، حيث برز تأثيرها واضحاً على المنتج و الشكل المعماري و أصبح المنتج المعماري لا يقتصر على التصميم بالطرق التقليدية وإخراجها كرسوم بواسطة الحاسب وفقط، إنما أصبحت الأشكال نتاج لعملية فكرية تصميمية متأثرة بالأوساط الرقمية بواسطة منظومة فكرية متكاملة التغيير في إحدى عناصرها يغير في نتيجة التصميم ذاتها، حيث سهلت تكنولوجيا التصميم الرقمية عملية التعبير عن التصميم لكن التأثير الكبير كان على عملية التصميم نفسها نتيجة استخدام برامج تطوير الأفكار مما ساعد في نقل هذه الأفكار من خيال المصمم إلى حيز الواقع، فدخول الحاسب الآلي بإمكاناته الهائلة في أنشطة المنظومة الإنشائية أصبح من الإعتبارات الهامة لكفاءة و نجاح المشروع فصار هناك تكامل بين عملية التصميم المعماري و المنظومة الإنشائية و تكنولوجيا وأساليب البناء الرقمية في رفع الكفاءة الإنشائية و التصميمية للمبنى مما أدى الى إطلاق الحرية لإبداع تشكيلات كتل غير مسبوقة وبالتالي تظهر الضرورة الحتمية لأن يكون المعماري ملماً بالأنظمة التقنية المتقدمة لمعطيات الثورة الرقمية بما ينعكس بالإيجاب علي مشروعه.

١-١ أهمية البحث:

أنتجت العمارة الرقمية أفكار تصميمية خلاقة وتشكيلات إبداعية جديدة و مبتكرة من الصعب أن يصل إليها المعمارى فى ظل أدواته التقليدية القديمة و أصبح التطور التكنولوجي جزء لايمكن إغفال تأثيره على العمارة ، ومن أدواته الهامة لصياغة فكر العملية التصميمة و أساليب تنفيذه على ارض الواقع حيث أصبح الإبداع المعماري مرتبطاً بكل من الإبداع البشري و تكنولوجيا العمارة الرقمية، **حيث يؤكد البحث على أهمية التعرف على أفكارها ومكوناتها وأدوات تنفيذها حتى لا يجد المعماري نفسه فى جزيرة نائية أو أن يكون جزء من التغيير دون إخلال بجوهر هويته.**

١-٢ المشكلة البحثية:

تشهد العمارة المعاصرة تحولاً فكرياً كبيرا تأثر بعصر التكنولوجيا الرقمية وثورة المعلومات التى فرضت نفسها على الساحات العلمية والمعمارية حيث أحدثت العمارة الرقمية تغييراً جزرياً فى شكل العمارة وفى ضوء جدليات الحفاظ على الهوية و إشكالية اللحاق بالعولمة كان هناك ردود أفعال مختلفة تتعلق بمدي التغيير في الفكر التصميمي و أدوات و آليات العمارة المعاصرة التى أدت الى هذا التحول ودور المعماريين المحليين في مواكبة ذلك التطور وأسباب تأخرهم في ذلك، **وتكمن المشكلة في أن العمارة المحلية لم تكن مواكبة لهذا التغير بالشكل الكافي وعدم الإستفادة من التطورات التكنولوجية والأساليب المتطورة سواء في طرق التصميم أو اساليب تنفيذها.**

١-3 الهدف من البحث: يهدف البحث بشكل مباشر الى تحقيق هدفين أساسيين هما:

- الوعى بأهمية النظم التكنولوجيا الرقمية المستخدمة عالمياً فى العمارة المعاصرة و إنتشار ثقافة الرقميات على جميع المستويات و ظهور جيل جديد من المعماريين يتفاعل مع هذا الفكر المتطور.
- التعرف على العوامل التكنولوجية الحديثة التى أثرت فى تغيير شكل العمارة الحديثة و أهم الإتجاهات المعمارية المعاصرة التى تولدت من تكنولوجيا التصميم الرقمي و أثرت فيه تشكيلياً.

١-٤ فرضية البحث:

تمثل الصورة الذهنية و البصرية للمنتج و الشكل المعماري لأى دولة عن مدى الإمكانيات التكنولوجية لهذه الدولة حيث أصبح المنتج المعماري لا يعتمد الآن على إبداع المصمم المعماري وفقط إنما نتاج لعملية فكرية تصميمية تتأثر بشكل مباشر بالأوساط الرقمية من خلال منظومة فكرية متكاملة التغيير في إحدى عناصرها يغير نتيجة التصميم نفسه، حيث ساعد استخدام برامج تطوير الأفكار في نقل هذه الأفكار من خيال المصمم إلى حيز الواقع، لذلك تفترض الدراسة أن عدم الإلمام بالمنظومة الجديدة ستوقف العديد من الأفكار الإبداعية دون تنفيذها.

١-٥ منهجية البحث:

يستخدم البحث عدة مناهج بحثية للوصول لأهداف الدراسة وهي:

- المنهج الوصفى التحليلى للوصول إلى نتائج تزيد من القيمة المعرفية لتأثير العمارة الرقمية على المنتج و التشكيل المعماري و أدوات و آليات تنفيذها في العمارة المعاصرة .
- المنهج الإستقرائي لمعرفة أهم الإتجاهات التى أنتجتها الثورة الرقمية و المعلوماتية.

١-٦ محاور البحث:

المحور الأول: العلاقة بين التكنولوجيا الرقمية و المنتج المعماري

المحور الثاني: الثورة الرقمية و تأثيرها على شكل العمارة نهاية القرن العشرين

المحور الثالث: الاتجاهات المعمارية الرقمية التي تولدت كنتاج لتطور الثورة الرقمية مع بداية الألفية الثالثة

المحور الأول: العلاقة بين التكنولوجيا الرقمية و المنتج المعماري:

٢-١ تكنولوجيا التصميم الرقمية كأدوات في عملية إنتاج المعمار:

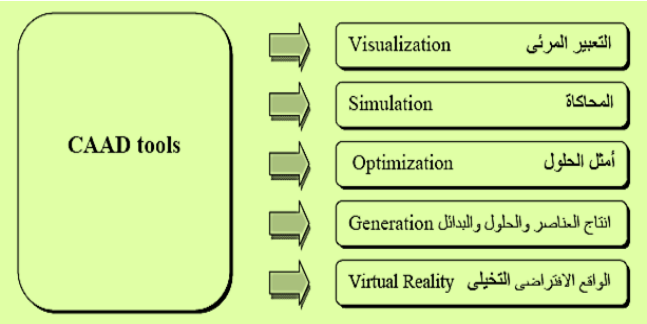
عرف مالكوم مكولوه (McCulloh) في كتابه (Abstracting Craft) للأداة بأنها كيان متحرك تعمل كامتداد لجسد الإنسان لخدمة هدف ما و إعتبار الحاسوب وتكنولوجيا التصميم الرقمي أدوات في عملية إنتاج المعمار تم تصميمها لتسهيل هذه المهنة، وحسب رأي اليزابيث جروسز، أستاذة الفلسفة وكاتبة في المعمار، فإن تكنولوجيا التصميم الرقمية أداة مضافة للعقل والجسم معا لتسهيل مهمة التعبير عن التصاميم التي كان لا بد من أعمال يدوية لتمثيلها و فتحت المجال أمام أنواع وأشكال جديدة من المعمار، فالوسائل التعبيرية للتصميم تؤثر بشكل كبير على نتيجة العملية التصميمية لأن هذه الوسائل هي التي تعبر عن التصميم وتنقله من مخيلة المصمم إلى العالم المرئي ولا يستطيع لإبداع المصمم أن يصل إذا لم تتوفر الوسائط القادرة على التعبير عنه فلا يمكن إعتبار الوسيلة التعبيرية منفصلة عن المضمون بل تؤثر عليه بشكل مباشر. [24]

٢-٢ مراحل إنتاج الثورة الرقمية: Digital Revolution

الثورة الرقمية هي نتاج أربع ثورات تكنولوجية تمثلت الأولي في ظهور الحاسب الآلي والثانية في شبكة المعلومات "الإنترنت" والثالثة في تطوير الوسائط المعلوماتية "الإنفوميديا" أما الرابعة فهي المعلومات المتسعة والسريعة "سالانترنتز" التي تفوق الإنترنت عبرالألياف الضوئية [4] ولقد نجحت البشرية باستخدامها تكنولوجيات الرقميات في حفظ المعلومات و وضع البرامج لتحليلها وتحويلها إلي خبرات محفوظة ونقلها المعلومات في أوقات متناهية القصر وتقدمت الصناعة بخطوات واسعة لتدخل التكنولوجيات الرقمية في كل ما نلمسه ونستعمله، أما الميزة الأهم الآن هي تخزين العديد من المعلومات في وحدات صغيرة وإمكانية نقلها بسرعة فائقة عبر الهاتف والأقمار الصناعية،[22] وعليه فإن كل تلك التطورات المصاحبة لعصر الثورة الرقمية قد أثرت علي العمارة والعمران المصاحب لها.

٢-٣ مراحل استخدام التكنولوجيا الرقمية في التصميم المعماري:

كان التصميم المعماري من أبرز العناصر التي تأثرت إيجابياً بتقنيات الحاسب سواء في مجال التصميم المعماري أو التعليمي أو الدراسات الأكاديمية، [38] ومن الإنعكاسات الظاهرة لهذه التكنولوجيا في مجال التصميم المعماري ما يعرف بال CAAD (Computer - Aided Architectural Design) والذي يعد وثبة كبرى في تكنولوجيا التصميم المعماري مكن المعماري من إنتاج ونسخ المخططات بسرعة وفعالية عالية،[29]شكل(١) ومع تطور هذه البرامج أصبح من الممكن بناء مجسمات رقمية إستطاعت التعويض



شكل (١) أدوات الحاسب الآلي لخدمة العملية التصميمية. [7]

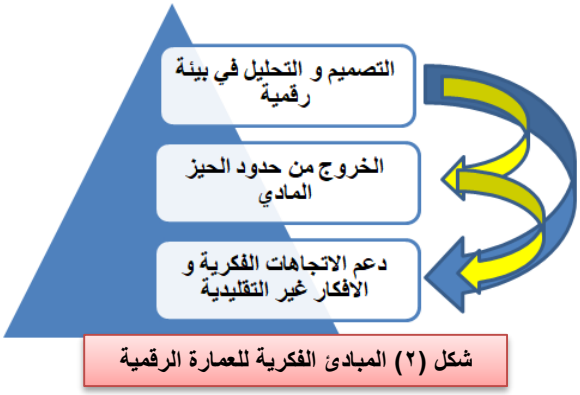
عن صنع المجسمات اليدوية والمدة والتكلفة التي يستغرقها والتعديلات التي تجرى على التصميم بعكس المجسمات الرقمية التي يمكن تعديلها بشكل فوري وصدرت في السنوات الأخيرة برامج حديثة وعديدة للمجسمات الرقمية تحمل معلومات الإنشاء والمواد BIM (Building Information Modeling) يمكن باستخدامها أنتاج رسومات ثنائية و ثلاثية الأبعاد بنفس الوقت وتحميل معلومات تقنية يمكنها التعرف على أجزاء ومواد البناء لتسهل حساب الكميات والمواصفات، وتم مؤخراً صنع كاميرا يمكن توجيهها باتجاه البناء لمقارنة التصميم بالواقع الحقيقي.[5]

٢-٤ تطوير الأفكار التصميمية باستخدام الحاسوب:

سهلت تكنولوجيا التصميم الرقمية عملية التعبير عن التصميم والتي كان يتم القيام بها بالطرق اليدوية لكن التأثير الكبير لهذه التكنولوجيا كان على عملية التصميم نفسها باستخدام برامج تطوير الأفكار وليس فقط لرسمها أو التعبير عنها، حيث يمكن لهذه البرامج أن تقوم بالتنسيق بين عدة معطيات مختلفة من المعلومات يتم تزويد البرنامج بها لتكون أشكالاً متناسقة دون تحديد وظيفة معينة لها لتمكن المصمم من تعديل وتطوير وتقييم مشروعه بما يتيحه من معاينة للمشروع من الناحيتين التخيلية والموضوعية وما يصاحبه من تحليل ومقارنة بين البدائل المختلفة[6] وهذا جعل من الممكن خلق أشكال عضوية وديناميكية بطريقة منظمة ومحكمة مما ساعد في نقل هذه الأفكار من خيال المصمم إلى حيز الواقع.

٢-٥ المحاكاة والعمارة الرقمية:

تعد المحاكاة ضمن الإنتفاعات الخاصة بالواقع الإفتراضي وهي تسمى بالمحاكاة ثلاثية الأبعاد لكنها تكون صورة أوسع لعمل دراسات يتم فيها تقييم وتقدير العديد من العمليات وفقا لطبيعة المشروع [7] حيث تعدى الأمر كونها برامج نمذجة ثلاثية الأبعاد و القائمة على التصميم البارمتري (Parametric design) والتى إعتاد استخدامها في الإظهار المعماري تمنح المصمم فهم أشمل لعناصر المشروع، ومع ذلك تظل الطاقة الإبداعية للمصمم هي الأساس الذي يدعم هذه المجسمات إلا أن الأمر أكثر عمقا و تعقيدا فنوع البرامج المستخدمة الآن يميل الى المنهجية والتحليل من خلال عمليات إدخال بيانات ترتبط بنوع المشروع و فكره التصميمي و البيئة التى ينشأ فيها وقد يتطلب الأمر استخدام أكثر من برنامج للوصول الى أفضل النتائج، [16] وتسمى هذه البرامج أحيانا ببرامج إيجاد الشكل (Form Finding) إضافة الى إمتلاكها لتقنيات التحريك خارجه أو داخله، بالإضافة لإمكانية تعريضها لمؤثرات فيزيائية و بيئية بالمحاكاة (Simulation) و تحليلها للوصول الى عملية التصميم النهائي للمشروع[25] و قد تكون بيانات خاصة لطبيعة و طبوغرافيه الموقع تستمد معلوماتها من القمر الصناعي يتم دراستها و تحليلها بأسلوب رقمي حيث يساعد النموذج الرقمي على التنسيق ووضع كل نظام دون تعارض مع الأنظمة الآخرى[26] وهو ما يسمى برقمنة العمارة وجعلها متفاعلة و أذكي و أدق، كل هذا أدى إلى ولادة أنماط جديدة من المعمار لم تكن موجودة من قبل مثل (Blob Folding, Deconstruction, Parametric, Digital).



شكل (٢) المبادئ الفكرية للعمارة الرقمية

٢-٦ الثورة الرقمية وتكامل عناصر منظومة عملية البناء :

مع ظهور العمارة الرقمية أصبح هناك علاقة ما بين فريق العمل المعماري ووسائل الإتصالات سواء لنفس التخصص أو التخصصات الأخرى وهو ما حدث عند تصميم متحف

جوجنهايم الجديد بأسبانيا حيث تم الإستعانة ببرامج وكالة الفضاء الأمريكية ناسا للمساهمة في عمليات التصميم والتنفيذ وتحقيق التصور الفكري لفرانك جيري ،[18] ولقد أفرزت العمارة الرقمية مجموعة من المبادئ الفكرية أهمها: شكل (٢)

- التصميم والتحليل في بيئة رقمية.
- الخروج بالعمارة من حدود الحيز المادي.
- دعم الإتجاهات الفكرية غير التقليدية.

بالإضافة لما تقدمه الثورة الرقمية من تقنيات واعدة للاتصال البصري تقدم فرصة للتشغيل التجريبي باستخدام تقنيات الواقع الإفتراضي كي يختبر المعماري تصميماته، فدخول الحاسب في المنظومة الإنشائية أصبح من الإعتبارات الهامة لنجاح المشروع و أصبح هناك تكامل بين التصميم المعماري و المنظومة الإنشائية و تكنولوجيا وأساليب البناء الرقمية مما أدى الى إطلاق الحرية لإبداع كتل غير مسبوقة فالتكامل بينهم هو المنظومة الجديدة لتلك الألفية والمؤثرة علي صياغات نتاجاتها البنائية. [16]

٢- ٧ تطور التصميم الرقمي وتأثيره على التشكيل المعماري:

أصبحت التكنولوجيا المستخدمة في الإنشاء في كثير من المباني المحرك الرئيسي للفكر المعماري خاصة خلال القرن العشرين فالتطورات الكبيرة في مجال التشييد و ابتكار مواد جديدة دفع المعماريين لتحقيق أفكارهم الإبداعية [5] و من أهم الأمثلة التي توضح مدى تأثير التطور التكنولوجي على التشكيل المعماري بالنصف الثاني من القرن العشرين دار أوبرا سيدني (Sydney Opera House) عام ١٩٥٧ – ١٩٧٣م للمعماري الدانماركي يورن أوتزون (Jørn Utzon) شكل(٣) حيث ساعدت التكنولوجيا الحديثة في تنفيذ سقفها المصنوع من الخرسانة القشرية الذي يأخذ شكل أشرعة متداخلة والتي تشكل التكوين المعماري للمبنى ليصبح أيقونة مدينة سيدني بعد توقف المشروع لعدة سنوات لصعوبة التنفيذ آن ذاك كما قام المعماري الأسباني كاليترافا (Calatrava) باستخدام نفس الإنشاء القشري في أوبرا تينيريفي (Tenerife) عام ٢٠٠٣ م بجزر الكناري [17] شكل(٤) كذلك الجناح الألماني بمعرض مونتريال (Expo 67) للمهندس فراي اوتو(Frei) Otto حيث تعد الخيمة التى استخدمت في تغطية الفراغ الكبير للمعرض من الأفكار المبتكرة لإعادة صياغة فكرة الخيمة. شكل (٥)

شكل(٣) دار أوبرا سيدني للمعماري [32] الدانماركي جون أوتزن

شكل(٤) أوبرا تينيريفي للمعماري Santiago Calatrava [31]

شكل (٥) الجناح الألماني بمعرض مونتريال الدولي Expo 67, [33]

اشتهرت زها حديد بتصميمات غير مألوفة لم تستطع بناء أي منها في العقد الأول من حياتها لكن مع تطور البرامج التصميمية تمكنت من التعبير عن تصاميمها من خلال المجسمات الرقمية وتحويلها إلى تصاميم معمارية تحتوي على الرسومات الهندسية التفصيلية اللازمة لعملية البناء حيث قسم باتريك شوماخر (Patrik Schumacher) المعماري البارز في مكتبها أعمالها إلى قسمين: ما قبل التكنولوجيا الرقمية وما بعدها، القسم الأول مكون من رسومات وتصورات لم يمكن تطبيقها بسبب غياب البرامج التي يمكن ترجمتها إلى اللغة الهندسية، ومع دخول البرامج التصميمية نهاية الثمانينات أصبح بالإمكان

ترجمة بعض هذه الأعمال إلى مجسمات رقمية بسيطة في تلك المرحلة كان الحاسوب يستخدم كأداة رسم وتعبير فقط بينما في النصف الثاني من التسعينات تم تطوير برامج يمكنها التعامل مع الأشكال الانسيابية والعضوية ما جعل عمل المجسمات الرقمية ذات الإنحناءات المعقدة أمراً ممكناً خلق معها أشكالاً جديدة للمباني، إلا أنه يؤكد أنها أفكار موجودة مسبقاً لدى حديد لكن كان من الصعب تنفيذها و أطلق على هذه العملية اسم "التطوير المتبادل" أي أن العمل التصميمي يحث على تطوير أدوات جديدة وبنفس الوقت تقوم الأدوات الجديدة بتطوير وتحفيز الناتج التصميمي. شكل(٦)

٢-٨ التكنولوجيا الرقمية والمواد الذكية:

لم تقف قدرات التكنولوجيا الرقمية على مجرد تحقيق الإبداع التصميمي للشكل المعما ري وإنما إمتد تأثيرها ليشمل طرق التنفيذ ومواد البناء حيث تفاعلت التكنولوجيا الرقمية لإنتاج مواد ذكية لها القدرة على التغير والتحول بما يلائم الظروف البيئية من الإحساس بالطاقة وتخزينها إضافة لكونها خفيفة الوزن وقوية الإحتمال ويمكن التحكم فيها عن بعد كما أنها سهلة الفك والتركيب [2] وقد تم توظيفها بصورة متطورة في الشكل المعماري مثل التيتانيوم والزجاج والألومنيوم والمواد البلاستيكية و التقنيات الضوئية وغيرها، وقد كان لهذه المواد دور كبير في تغير لغة التشكيل المعماري. [20] شكل(٧،٨)

شكل (٦) مجمع متعدد الاستخدامات لزها حديد يوضح تأثير العمارة الرقمية على شكل التصميم. [34]

شكل (٧) استخدامه التتانيوم كمادة بناء للمعماري فرانك جيري ، في متحف جوجنهايم . [35]

شكل (٨)برج Agbar برشلونة Jean Nouvel استخدم الزجاج المعالج متغير الألوان. [١٠]

المحور الثاني: الثورة الرقمية و تأثيرها على شكل العمارة نهاية القرن العشرين.

شهد العالم خلال العقدين الأخيرين ثورة تكنولوجية غير مسبوقة غيرت شكل الحياة خاصة في مجالات تطوير التكنولوجيا الرقمية وتطبيقاتها وتطويعها لرسم مفردات جديدة للتشكيل المعماري،[11] فأنتجت تشكيلات معمارية مبتكرة عرفت بمسمى الأشكال الرقمية من خلال نماذج تخيلية ثلاثية الأبعاد لمحاكاة الواقع تظهر فيها التفاصيل الفراغية بصورة دقيقة،[16] حيث تنوعت وتعددت تلك اللغات وهذه المفردات المستجدة للتشكيل ما بين الأشكال التفكيكية أو الفراغية الهندسية أو العضوية أو الشكل الهجين وغيرها من التوجهات المعمارية التي لم يكن من الممكن تطويرها لولا التقدم في مجالات التقنيات الرقمية وتطبيقاتها في مجال العمارة.

ومن أهم تلك التوجهات الفكرية الحديثة والمعاصرة:

٣-١ العمارة التفكيكية و الثورة الرقمية:

تعتبر العمارة التفكيكية من أهم تطورات عمارة ما بعد الحداثة وهذا التوجه يشير بإيجاز إلى أن التفكير العقلاني يتكامل بالتعارض بين نقيضين بالتشكيك في جدية المعنى الظاهري والتمييز بينهما، وفي ذلك يقول المعماري بيتر ايزمان (Peter) Eisenman، يجب أن تنتقل العمارة بعيداً عن جمود هذه المتناقضات كالتناقض بين الإنشاء والزخارف وبين التجريد والتشخيص وعلى العمارة أن تبدأ استكشاف الوسط بين هذه المتناقضات، والتفكيكية عدو التقليدية فهي تسعى إلى هدم مبادئ ونظم وتشكيلات متعارف عليها بينما لايزل ذلك الإتجاه يثير الجدل العالمي حيث يرفضه البعض مثل وولفجانج

(Wolfgang Pehnt) الذي يصفها بأنها جمال العبث والقبح،[6] بينما يتبناها العديد من رواد العمارة مثل فيليب جونسون (Philip Johnson) و يعنى هذا الإتجاه بتفكيك الكتلة إلى مجموعة من الوحدات المتشابهة وغير المتطابقة ثم ترتيبها وتجميعها بشكل مغاير لكل ما هو تقليدي ومعتاد وما يميز هذا الإتجاه تحطيم الفروق ما بين الرسم والنحت وإعادة صهرهما في بوتقة معمارية جديدة ومعاصرة، وينقسم هذا التوجه بصورة عامة إلى ثلاثة أنماط تتمثل في:

٣-١-١ عمارة التكوينات المنكسرة و المائلة: تعطي أحاسيساً مركبة فطبيعة الخطوط المائلة تمنح إحساس بالترقب أو التوتر وعدم الإتزان فالمشاهد يشعر بعدم استقرارها نتيجة وضع متوتر يميل إلى السقوط[8] ومن أبرز الأعمال لذلك التوجه الفكري المتحف اليهودي ببرلين عام ١٩٩٩م للمعماري اليهودي دانيل ليبسكيند (Daniel Libeskind) عبارة عن انكسارات مفاجئة لا تربطها أية محددات أو زوايا وهي تمثل تفكيكاً لخطوط النجمة السداسية اليهودية كما استخدم محور رئيسي للحركة يشير في بعض نقاطه إلى أماكن إقامة مشاهير اليهود في برلين وهو ما يعبر عن إستمرارية وجود اليهود في ألمانيا ويعبر الخط المتعرج عن مسار التاريخ والشعور بالاضطراب [17] كما نفذت فتحات المبنى الخارجية بشكل طولي عشوائي غير منتظم لتصبح بمثابة الطعنات التي تلقاها الجسد اليهودي من الأعداء طبقاً لادعاءاتهم. شكل(٩)

شكل (٩) المتحف اليهودي –برلين. [37] ، اعمال معاصرة لتكوينات المائلة [٨]

٣-١-٢ عمارة الأشكال التصادمية: عمارة التحولات المستعارة من تأثير الظواهر الطبيعية كالزلازل والإنكسارات والرياح الشديدة علي المبني لتنتج عمارة توحي بعدم الإستقرار مما يزيد من الإثارة والديناميكية إلا أنها تثير القلق والمخاوف عند البعض من التكسير المعبر عن الفوضي والإضطراب أو الدمار لكنها تحمل رؤية لعمارة غير تقليدية تسير بأفكار غير منطقية لكنها مثيرة [1] ويعد فرانك جيري (Frank Gehry) أحد رواد هذا التوجه إذ يرى أن العمارة ديمقراطية تعبر عن تصارع الأفكار وعبر عن ذلك باستخدم الأشكال التصادمية في مبنى ستاتا للكمبيوتر والعلوم الذكية بولاية ماساتشوستس الأمريكية عام 2004 والذي جاء تصميم كتله معبرا عن تصارع أفكار العلماء من التخصصات المختلفة مما ينتج توالد الأفكار ويدعم روح الابتكار بالإضافة للعديد من النماذج التى نفذها جيري في إطار ذلك التوجه قاعة والت ديزني بلوس أنجلوس 2003م ومشروع المبنى الراقص بمدينة براغ ١٩٩٦م والذي يعد نموذجاً لعمارة التفكيك من أشكال تصادمية مائلة .[20] شكل (10)

٣-١-٣ عمارة القطاعات السينمائية: شَبَّه المعماري الشهير تشارلز جينكز (Charles Jencks) عمارة التفكيك بأنها صورة من صور التقطيع السينمائي الذي تسجله كاميرات السينما حيث الصور فيها تكون متتابعة متشابهة وليست متطابقة لكنها تكون في النهاية الكل أو المجموع أو بالمفهوم السينمائي تمثل المشهد الذي يكون في النهاية الفيلم بأكمله[3] ويعتبر من أهم مباني هذا التوجه ميناء يوكوهاما (Yokohama) باليابان بين عامي١٩٨٧م ، ٢٠٠٢م تصميم مكتب (FOA) شكل (11) عبارة عن محطة ركاب بحرية تم تصميمها كامتداد للبيئة المحيطة عبر مجموعة من الأسطح التصادمية حيث يتم تحويل الأحمال عبر هذه الأسطح إلى الأرض وهو ما يتناسب مع الطبوغرافية اليابانية المتأثرة بالزلازل والتوافق مع البيئة من حيث إنسيابية الشكل وإنعكاس ذلك على المسقط الأفقي والفراغات الداخلية.

٣-١-٤ عمارة الأشكال الفراغية الأساسية: ارتبط التشكيل المعماري للمباني منذ القدم بالأشكال الهندسية كالكرة والمخروط والأسطوانة والهرم والمكعب وغيرها وهي أشكال سهلة الإدراك، وتكمن مهمة المعماري في التأكيد على رواسم الأشكال بالخطوط الزخرفية على جسم الكتلة أو بتقاطع الشكل المنحني مع شكل مماثل أو مستوى وبدون تلك الرواسم يفقد الشكل الكثير من تأثيره على المتلقي،[11] ومع الثورة الرقمية وتطبيقاتها كانت المعالجات المبتكرة لتلك الأشكال لتحقيق أهداف متنوعة ما بين تفعيل كفاءة المبنى الوظيفية أو المناخية والبيئية أو تشكيلية وبصرية ، ويعتبر مبنى بلدية لندن بين عام ٢٠٠٢م للمعمارى نورمان فوستر من أهم مبانى هذا التوجه حيث تبدو كتلة المشروع على هيئة كرة بيسبول أو بيضة مائلة صممت لتعطي أقل مساحة سطحية معرضة للشمس حيث صممت الواجهة الجنوبية تظلل على الأدوار السفلية، وللوصول لهذا التشكيل تم استخدام تقنيات العمارة الرقمية ليحقق المبنى أعلى كفاءة بيئية و إنشائية.[19] شكل (12) كذلك معرض ومبنى مكاتب جيمس لو (James Law) مستوحي من شكل البيضة المائلة باستعراض وضع إنشائي يعبر عن مدى التقنية الحديثة في الكتلة و العناصر الإنشائية للسطح الخارجي. ش (13)

شكل (١٠) بعض الاعمال التصادمية
المستوحاة من تأثير الظواهر الكونية. [٨]

شكل (١١) عمارة القطاعات السينمائية
بميناء ركاب يوكوهواما [٢١]

شكل (١٢) مبنى بلدية لندن لفوستر. [٤٠]

شكل (١٣) مبنى مكاتب لجيمس لو
[٤٥]

٣-٢ العمارة البارمترية:

التصميم البارامتري من وجهة نظر الحاسوب هو إقامة نموذج بارامتري يتم الرجوع فيه إلى العناصر الأولية وفق شروط محددة حيث ساعدت البرمجيات على تسهيل التشكيل والتكوين للتصميم فأتاحت له مجالا واسعا من الأفكار التى لم تكن ممكنة من قبل، فبواسطة برامج (CAD) وهو إختصار Computer Aided Design ويعني التصميم بمساعدة الكمبيوتر، أو (CAM) وهو اختصار Computer Aided Manufacturing و يعني التصنيع (التشغيل) بمساعدة الكمبيوتر، أو برنامج (CATIA) وهو إختصار Computer Aided Three Dimensional Interactive Application يستخدم في الرسم والتصميم الميكانيكى، حيث تمكن تلك البرامج المصمم من الخروج عن الأشكال الإقليدسية الكلاسيكية وهى الإسطوانة والهرم والمكعب والمنشور والكرة للتوصل لأشكال غير إقليدسية لها خصائص مختلفة أُطلق عليها الأشكال الطبولوجية (Topology shapes) [17] حيث استطاعت العمارة البارامترية دمج كل العناصر المعمارية وحولتها إلى عناصر لوغارتيمية سهلة التشكيل بعيدا عن الهندسة الكلاسيكية، الأمر الذي ساعد على تقوية العلاقات بين مكونات المشروع وعلاقة المبنى بمحيطه الخارجي حيث تنتج أشكالا أكثر تقاربا و تناغما بين بعضها لخطوط و كتل مرنة لينة ذو ترابط قوي فالخطوط تحدد مسطحات يمكن طيها وتحويرها وإيجاد تنوع في تشكيلها و المسطحات تشكل فيما بينها كتل يمكن تجميعها ودمجها في كتلة واحدة من خلال خطوطها السائلة، فمعظم الأبحاث والمشاريع التي تنتهج العمارة البارامترية يبدو فيها الترابط بين مكوناتها بحيث تتشابه فيما بينها بالرغم من تنوع وظائفها وأحجامها حيث

تعتمد على مبادئ البنى المرنة لذلك تدعو إلى الإستلهام من الأشكال العضوية وجعلها تثبت إنشائيا، وعليه يجب أن تكون الكتل لينة ذات سيولة قابلة للتشكيل كما يجب أن تكون ذات ذكاء تشكيلي مثل خصائص المواد التي سوف تستخدم في التشكيل والقياسات والقواعد الإنشائية التي يجب إحترامها كما يجب أن يكون هناك تمييز بين الأشكال يحافظ على تماسك التكوينات فيما بينها، أي أنه قابل للتطويع لتحقيق محددات معينة مثل تشكيل الكتلة لكي تتجنب الفتحات أشعة الشمس وعلاقة ذلك بهندسة كاسرات الشمس والفتحات وهذا يؤدي إلى تميز الكتل والمسطحات والخطوط. [10] شكل (١٤)

شكل (١٤) بعض الاعمال المعاصرة التي تعكس نهج العمارة البارامترية يبدو فيها الترابط و التشابه بين مكوناتها بالرغم من تنوع وظائفها وأحجامها [١]، [36]

٣-٣ العمارة النحتية المتحررة :

عمارة الأسطح المتحولة و المرنة تبدو كأشكال ديناميكية متحركة ناعمة ومتزنة من فراغات وكتل نحتية و تجريبية فنية من خامات معدنية رقيقة متطورة مثل مادة التيتانيوم كانت في الماضي مجرد تصورات معمارية لكتل نحتية وفنية وتجريدية تحتضن داخلها وظائف إنسانية تحمل فقط أمنيات ورؤي أصحابها ذات فكر تشكيلي فحواها التصورات والمفاهيم وبنائها آخيلة مبدعيها كانت لم تتعد من قبل مرحلة الرسوم التصويرية علي الورق إلا أن مع التطور الهائل لتكنولوجيا الحاسبات والمعلومات أصبحت تلك الإبداعات و المحاولات قابلة للتنفيذ لكن تستخدم فيها تقنيات كبيرة ذات تكلفة عالية، إلا أنها جعلت من ملكة الخيال عند المعماري صورة حقيقية واقعية داخل بيئتها العمرانية في شكل إبداعات و تكوينات معمارية تداعب خيالات الإنسان وتثير من إنتباهه وتطور من طريقة تفكيره. [1] شكل(١٥، ١٦)

شكل (١٥) برج ماكس هاوس"برلين"- و -دار اوبرا دبي - و متحف "جوجنهايم" اسبانيا- لفرانك جيري [1]

شكل (١٦) قاعة والت ديزني- امريكا -ومركز للعلوم والفنون - و متحف "جوجنهايم" - لفرانك جيري . [41]

4-3 العمارة العضوية و الثورة الرقمية:

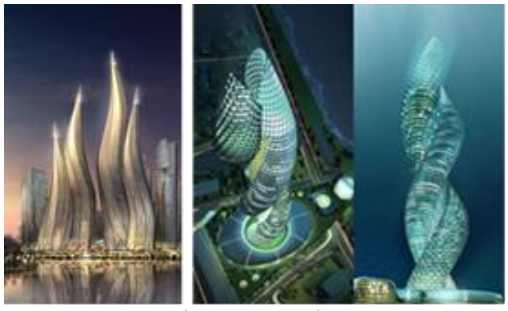
مع بزوغ العمارة فائقة الإبتكار في بداية الألفية الثالثة إحتوت الكثير من المشاريع أفكار جامحة نحو الخيال تميل نحو ما يعرف بتيار عمارة وعمران التحولات تحوي في مضمونها معني جديد للكتلة إما بمضمون فعلي أو إيحاء معنوي غايتها إكساب العمارة نوعا من الإثارة البصرية ركيزتها لغة الرمز نتيجتها أشكال مجردة مستمدة من البيئة ذات إيحاءات تعبيرية ناتجة من التصورات العلمية وفق النظريات المتطورة، تطورتها برامج الحاسبات الرقمية لتدخل عالم التصورات وتحويل الخيال الإفتراضي الي واقع حقيقي فلسفتها التحرر من قيود التقليدية والإقتراب من العضوية و الإبتعاد عن الألية بمحاكاة أشكال مستمدة من تكوينات الطبيعة تتوائم وتتكامل مع المحيط الخارجي سماتها أشكال حرة إنسيابية تبدو عفوية توحي بالحركة بفراغات ملتفة حول ذاتها من تشكيلات حرة سماتها كون متنامي الزمن والحركة [1] حيث تتضمن العمارة العضوية نمطين أساسين تستلهم من أشكال عضوية جسدية أو نباتية:

٣-4-١ عمارة تستلهم أشكال عضوية جسدية: العمارة والعمران تجربة إنسانية فريدة تتجه الأن الي عوالم افتراضية تستلهم تشكيلاتها من تكوينات جسدية بشرية أو حيوانية [2] مثل برج الجذع الملتوي بمدينة مالمو بالسويد ٢٠٠٦م للمعماري سانتياجو كالترافا الذي إستلهم هيئة الجذع البشري في تصميمه لكتلة المبنى على شكل تسعة عقول منفصلة يخترقها قلب خرساني يماثل النخاع الشوكي عند الإنسان يحوي عناصر التوزيع الرأسية و خدمات المبنى وتبرز البلاطات الخرسانية من القلب الإنشائي ملتوية بزاوية قائمة.[12] شكل (١٧) كما كرر كالترافا التوظيف العضوي للعناصر الجسدية في مبنى مدينة الفنون والعلوم بمدينة فالنسيا عام ٢٠٠٩ م، حيث مثل المبنى بهيئة العين البشرية وحركة الجفون من حولها والتي تفتح وتغلق بسقفية بارزة ترتفع وتنخفض بما يماثل حركة الجفون محاكياً العين الحقيقية وبانعكاس الشكل في الماء تظهر صورة العين كاملة كما أن الجفن يضمن نظام محاور مركبة على جذوع مركزية مثبتة بوقفات فعندما يفتح الهيكل المتحرك تكشف الكرة الداخلية وتضيئها، مما يجعلها تبدو وكأنها عائمة وبالتالي الفضاء المتاخم للقبة السماوية يكون مغطى تماماً أو جزئياً أو مكشوفاً حسب وضع السقف.[17] شكل (١٨)

٣-4-٢ عمارة تستلهم أشكال عضوية نباتية: تحولت العمارة الأن لتصبح ذات طبيعة خاصة بما تعرضه علينا تشبيها تصويريا وصل الي حقيقة واقعية في تعبيراتها التشكيلية لعمارة وعمران الكتلة والإنفعالات التكوينية التي تثير الإنتباه والإنجذاب والشعور بأن الكتلة كائن حي يتحرك ويتنفس داخل محيطه البيئي والعمراني حيث تعتبر الأشكال العضوية النباتية من الأشكال الملهمة والمفجرة للإبداع المعماري[2] وقد وظفها فرانك لويد رايت في الماضي بابتكاره العمود المشرومي لمبنى معامل جونسون، ومع نهاية القرن الماضي استلهم الكثير من المعماريين أفكارهم الإبداعية من طبيعة النبات المتنامي و المتصاعد عن طريق إبداعات سماوية عالية من الإبتكار لا يمكن تخيلها من قبل نتيجة تطور التقنية و العلوم الهندسية والإلكترونية الرقمية حيث ظهر هذا النمط بوضوح في بعض اعمال زها حديد. شكل (١٩)

شكل (١٧) برج الجذع الملتوي الذي استلهم كالترافا هيئة الجذع البشري في تصميمه [42]

شكل (١٨) التوظيف العضوي للعين لمدينة الفنون والعلوم - كالترافا. [43]



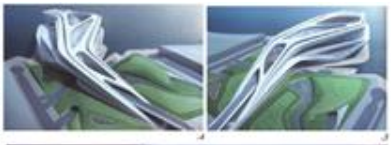
شكل (١٩) مجموعة اعمال للمعمارية زها حديد تستلهم اشكال نباتية في تصميمها عن طريق التواء الكتلة على محورها الراسي. [8]

٣-٥ عمارة الشكل الهجين: (Hybrid Forms)

الإنشاء الكفء باعث للجمال ومظهر لهويته فحواها التصورات والمفاهيم كالأسطح المرنة المتحولة " الهجينة" ، أو هي عمارة التحولات المادية في الأسطح المرنة المشتركة في سطح واحد و هو اتجاه ذا خط فكري تشكيلي يتبع مؤثرات حركية-زمنية، غايتها خلق كتلة حية حركية متحولة ملفتة في ضوء التعامل مع المؤثرات المختفية داخل زمان و مكان التصميم مثل مؤثرات المحيط الحيوي [1] ولكن في زمن واحد من خلال الإستعانة ببرامج الحاسبات الرقمية، سماتها أنها فراغات متحولة تبدو أنها ليست هندسية ذات مساحات وفضاءات متشابهة، فالشكل كائن حي عمارته مرنة ومتحركة اهتمامها بالمحيط الحيوي أساس التشكيل لتظهر أسطح ليس لها بداية أو نهاية، ليس لها داخل ولا خارج لكنها متواصلة ومتلاقية متحولة حرة إنسيابية وعفوية نابعة من المظاهر البيئية كالأمواج والصخور وأوراق وأغصان الشجر أحيانا أخري،[8] تستعير الأشكال الإنسيابية في المسقط الأفقي خطوط متموجة ومتعرجة ولكنها مكلفة تتشكل مع الطبيعة وليس ضدها لينتج أشكالا جديدة تبدو متحركة لكنها ملفتة تندمج أجزائها بمفهوم الكل متوافقة مع طاقات الكون الكامنة إنسانية طبيعية ذات مجالات كهرومغناطيسية في شكل نماذج رياضية تحولاتها مبنية علي مفهوم الزمن تعتمد في أدواتها علي أنظمة الحاسبات الرقمية هندسة الحركة والرياضيات الحديثة التي تأخذ الزمن كعامل مؤثر نستطيع أن نطلق عليها عمارة ذكية تدمج بين الفن والإلكترونيات ومواد البناء الحديثة. [1] شكل(٢٠)

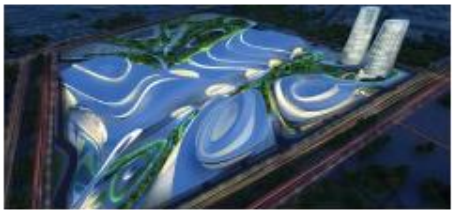
٣-٥-١ عمارة الأشكال المتموجة السائلة: تعد عمارة الشكل المتموج أو السائلة أحد اتجاهات العمارة المعاصرة التي إعتمدت في نشأتها على التقنيات الرقمية وتطبيقاتها حيث تستخدم برامج الحاسب الآلي لإستنباط أشكال رقمية تموجية سائلة او رخوية مرنة كان من الصعب تصميمها بالطرق التقليدية،[2] ويعتبر مبنى عاطفة الموسيقى عام ٢٠٠٠م بمدينة سياتل بواشنطن للمعماري فرانك جيري (Frank Gehry) من أهم نماذج ذلك التوجه حيث يظهر توظيف للأسطح الرخوية المرنة في تشكيل المبنى، [20] شكل (٢١) كما أوضحت زها حديد أن الأشكال المتموجة السائلة لمعرض القاهرة مستوحي من طبيعية وادي النيل لتوفير أكبر قدر من المرونة مع جعل الآماكن العامة و المفتوحة متعلقة بالتكوين العام و المناظر الطبيعية المحيطة بها في مصر، شكل (٢٢) كذلك مركز الفنون والثقافة في اليابان تصميمه مكون من تموجات فريدة منفصلة تليق بهذا الصرح الثقافي لمباني منفصلة ومتجاورة تمنح الزائرين تجربة ثقافية قوية تسمح لهم بالإلتقاء والتبادل الثقافي كما يتميز بإطلالة ساحرة على بحيرة ميكسي مع مدخل لجزيرة فيستيفال. شكل (٢٣)

٣-5-٢ عمارة الشكل الكريستالي : عبر رواد مدرسة الباوهاوس عن فكرهم تجاه عالم الكريستال بأنه عالم الرمزية وانطلاق الروح إلى ما وراء الطبيعة حيث استخدم المعماري والترجروبيوس (Walter Gropius) الشكل الكريستالي أو المتبلور للتعبير عن التوجه نحو كسر الشكل الجامد والرتيب للأسطح المتعامدة باستخدام الأسطح الكريستالية المائلة، [15] فمع دخول تقنيات الحاسب الآلي وظف المعماريون تلك التقنيات للحصول على الشكل الكريستالى المنشوري بشكل جديد مبتكر ويعتبر متحف إلتقاء النهرين بمدينة ليون عام 2014 م، من تصميم مجموعة (Coop Himmelblau- I-au) من أهم المباني المنفذة لذلك التوجه، فكرة متحف لعمارة أيقونية ذات تصميم هندسي حديث معقد أطلق عليها الكتلة السحابية ترمز إلى المعرفة المستقبلية كتلة بنائية مصمتة فوق الأرض للعلوم الطبيعية وحضارة الإنسان تم إستخدام التشكيلات الكريستالية الزرقاء والرمادية المضاءة من الداخل ليكون بمثابة الجسر إلى ما وراء الطبيعة.[27] شكل(٢٤)



شكل (٢٠) الكتل والاسطح الهجينة - لزها حديد. [1]
الكتل المرنة التي تعكس حركة مستمرة.[8]

شكل (٢١) مبنى عاطفة الموسيقى.[44].



شكل (٢٢،٢٣) الاشكال المتموجة لمعرض القاهرة
و مركز الفنون والثقافة في اليابان، لزها حديد [٤٥]

شكل (٢٤) عمارة الشكل الكريستالي
متحف إلتقاء النهرين [47]

٣-٦ العمارة الرقمية و الواجهات الذكية (Smart facades)

١-٦-٣ واجهات إفتراضية تتفاعل مع البيئة المحيطة: من خلال التعاطي مع درجات التقدم التكنولوجي الحادث الآن ظهرت أساليب متطورة من الإضاءة تتسم بالديناميكية أتاحت للمعماريين تحقيق المزيد من الإثارة و المتعة على مبانيهم و ذهبت بخيال مصمميها إلى مناطق حالمة تداعب خيال مشاهديها، انتقلت من المعروف و المتآلف إلى عالم من الرؤى والأحلام لتنتج إضاءة ديناميكية تعطي تصورات و مشاهد مختلفة للمبني و خيالية أحيانا أخري، [9] مما ينبأ لعمارة مختلفة فى المستقبل تضفي بعد جمالي جديد على العمارة ليلا باستخدام الأطياف الضوئية اللونية المتحركة، و قد ساعد علي ذلك التطور الهائل في تكنولوجيا الحاسبات و البرمجيات و تقنيات الإضاءة في إختيار تصاميم ضوئية تبعث علي ديناميكية وحيوية يكسر بها حدة الملل على المبني تمنح التصميم المتعة والحيوية مما يجعلها نقاط جذب و علامات مميزة في محيطها العمراني وبداية قوية لصور أخرى أكثر تطوراً بالمستقبل،[30] و يعتمد مفهوم الإضاءة الديناميكية علي التحكم في إضاءة المبنى الخارجية إلكترونيا من خلال وحدات إسقاط متطورة تعتمد علي تقنيات وبرمجيات رقمية متخصصة في تصميم شكل الإضاءة مصدرها حركة افتراضية رقمية لأطياف الضوء، [9] و يوضح شكل (٢٥) فندق أتلانتس دبي وكيفية تغير نمط الواجهة لتنتج واجهة متحركة يتغير نمطها تبعا لتغير أنظمة و برمجة الإضاءة بعدد لا نهائي من الأشكال عند حركة أطياف الضوء عليها.

شكل(٢٥) واجهات إفتراضية تتفاعل مع البيئة المحيطة، التلاعب بالإضاءة في نمط الواجهة بفندق أتلانتس دبي. [٨]

٣-٦-٢ واجهات الوسائط: (Media facades) واجهة الوسائط هي شكل جديد من أشكال الفن في العمارة تعتمد بشكل أساسي على التقنيات الحديثة فى الإضاءة و البرمجيات بواسطة شاشات اليكترونية متصلة مع بعضها ذات تفاعل كبير مع المحيط الخارجي نتيجة إستثارة المشاهدين بأشكال و مشاهد مصممة بعناية للفت الإنتباه، و يعتبر مصطلح واجهة الوسائط تحول في الفكر لبناء و تصميم الوجهات الذكية (Smart facades) [30] يمكن أن تفعل أكثر بكثير من أن تقدم أشكال من الصور المتحركة وفقط بل يمكن أن تكون وسيلة للتواصل مع المجتمع على نطاق واسع كما هو الحال في جدار غرينبيكس للمعماري سيمون جيوسترا شكل (٢٦) الذي إستخدم نظام إضاءة مدمج مع الزجاج من خلال حائط ستائري مع تكنولوجيا الطاقة الشمسية التي تعمل في فترات النهار بالتوازي مع الشاشات الرقمية حيث تتألف من ٢٩٩٢ من نقاط ضوء LED-Light Emitting (Diodes) تنتج شاشات عالية الدقة تزين واجهات بكين بالإعلانات والبرامج الإخبارية وهذه الشاشة صديقة للبيئة حيث تعمل على إنخفاض إنبعاثات الكربون و إمتصاصه.[9]

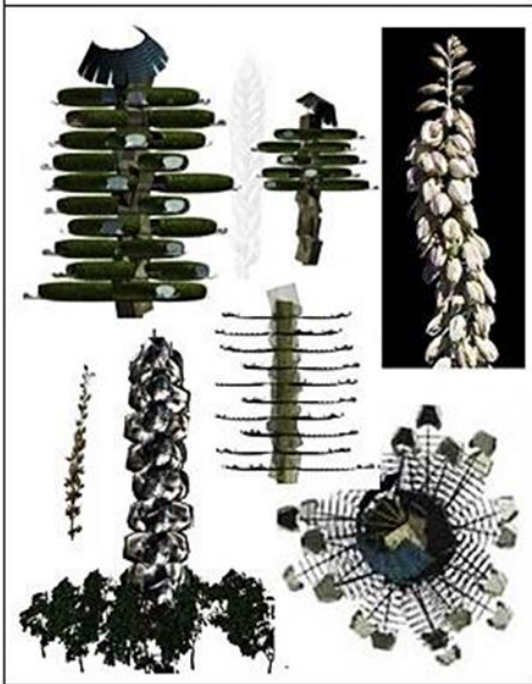
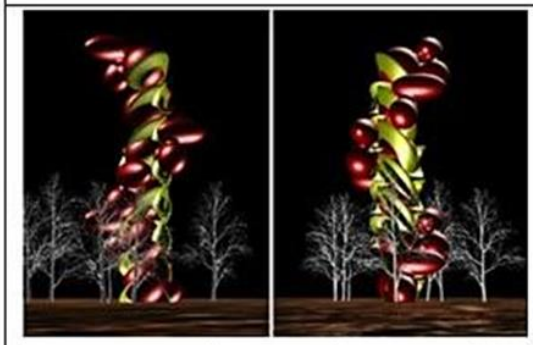
شكل (٢٦) واجهة الوسائط جدار غرينبيكس مثال هام على واالواجهة الرقمية ص [٤٨]

٣-٦-٣ الواجهات المتحركة الذكية: (Dynamic façade) يعتبر المناخ محدد رئيسي في تشكيل الوجهات مما يقيد المعماري في إبداع واجهات المبني بالشكل الذي يتمناه بالإضافة لأسباب أخرى تتعلق بثبات المبنى وواجهاته على نفس النمط مدى الحياة حيث فكر بعض المعماريين بشكل مختلف في رؤيتهم لمعمار المستقبل كي يتخطوا تلك المعوقات، فكنا نعتقد لوقت قريب أننا نتعامل مع واجهات ديناميكية يمكن تكييفها مع الظروف المتغيرة في حدود ما قدمته التكنولوجيا المتاحة في تلك الفترة، إلا أن اليوم تغيرت تلك النظرة مع ظهور التقنيات العالية والتطور الهائل في تكنولوجيا الحاسبات والمعلومات،[1] فأنتج بعض المعماريين مباني وواجهات تتميز بالديناميكية يتغير شكلها باستمرار على مدار اليوم تبعا لظروف المناخ و ما يبدعه خيال المصمم من تكوينات وتشكيلات بالواجهة مصممة بدقة عالية مبرمجة تعمل إليكترونيا سماتها التغيير المستمر هدفها المتعة لكل فرد بالمبني، و أكبر مثال على ذلك مبنى (Kiefer showroom) النمسا 2008 للمعماري Giselbrecht Partner حيث تم عمل الواجهة بحيث تتغير في شكلها و تصميمها الخارجي بأكثر من نمط في جزء أو كل من الواجهة لتعطي واجهة ديناميكية تتغير و تتبدل حسب الرغبة و تبعا لظروف البيئة الخارجية و زوايا ميل الشمس ومدي الرغبة في الإنفتاح علي الخارج حيث يتم التحكم فيها الكترونيا في تناغم تام.[49] شكل(٢٧)

شكل (٢٧) الواجهات الديناميكية المتحركة لقاعة "Kiefer technic showroom ويظهر التنوع الكبير في الشكل عند تحريك عناصر الواجهة اليكترونيا تبعا لظروف البيئة و الرغبة في الإطلال – ص: الباحث بتصرف بالاستعانة ب [49]

المحور الثالث: الإتجاهات المعمارية الرقمية التي تولدت كنتاج لتطور الثورة الرقمية مع بداية الألفية الثالثة:

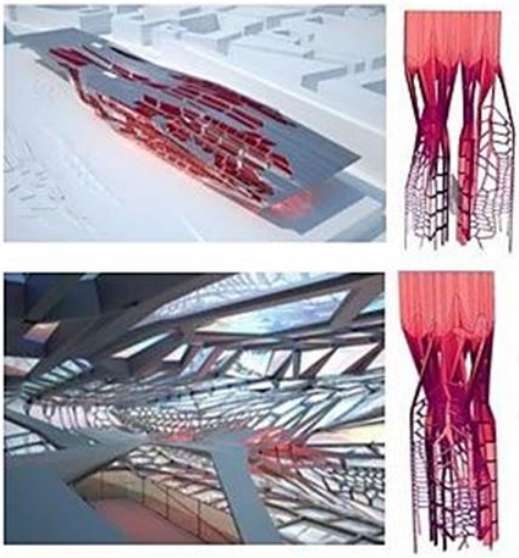
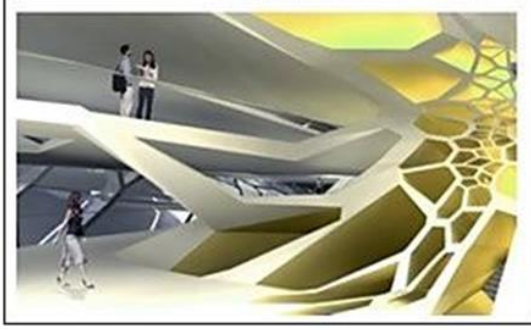
تمثل الصورة الذهنية و البصرية للمنتج و الشكل المعماري عن مدى الإمكانيات التكنولوجية لأي الدولة حيث أصبح لا يعتمد الآن على إبداع المصمم المعماري وفقط إنما نتاج لعملية فكرية تصميمية تتأثر بشكل مباشر بالأوساط الرقمية خلال منظومة فكرية متكاملة التغيير في إحدى عناصرها يغير نتيجة التصميم نفسه، حيث ساعد استخدام برامج تطوير الأفكار في نقل هذه الأفكار من خيال المصمم إلى حيز الواقع وعدم الإلمام بالمنظومة الجديدة ستوقف الأفكار الإبداعية دون تنفيذها، و لقد أنتجت الثورة الرقمية و المعلوماتية و تطبيقاتها مع بداية الألفية الثالثة مفهوم إبداعيِ جديد للعمارة و تطويعها لرسم لغات ومفردات جديدة للتشكيل المعماري تولدت توجهات معمارية جديدة ذات تشكيلات معمارية مبتكرة عرفت بمسمى الأشكال الرقمية من خلال نماذج تخيلية ثلاثية الأبعاد لمحاكاة الواقع تظهر فيها التفاصيل الفراغية بصورة دقيقة، حيث تنوعت وتعددت تلك اللغات و المفردات المستجدة تستند على التطور التكنولوجي الكبير الحادث الآن لتُؤشّرُ لعصر جديد في الهندسة المعماريةِ و أساليب تصميمها و ما قد تكون عليه عمارة و مدن المستقبل وتقديم خدمات جديدة ذات تقنية عالية، ورغم توفر لها التقدم تكنولوجي إلا انها ذات تكاليف عالية للتنفيذ ، و بين هذا و ذاك تسعى هذه التوجهات أن تجد لها مكان على أرض الواقع و لكن تبقى محددات ثقافية أحيانا و إقتصادية أحيان و تشريعية أحيانا أخرى لكنها في النهاية لا تقف حائلا أمام التطبيق و تبقى هذه الإتجاهات مفهوم يمثل فكر جديد نمى و تطور مع النهضة العلمية و التكنولوجية في مجالات التقنيات الرقمية وتطبيقاتها في مجال العمارة، و فيما يلى نتناول بالعرض و التحليل أهم تلك التوجهات الفكرية المعمارية الحديثة والمعاصرة التى تولدت كرد فعل للثورة الرقمية:

	Dennis Dollens Exodesic إكسوديسيك	
	المؤسس: Denns Dollens	نماذج ومشاريع هذا التوجه
خصائص و سمات و الفكر التصميمي لهذا التوجه	طور دنيس دولينز وفريق الأستوديو الخاص به Exodesic عملا تصميميا مهيئا يعمل على تكامل بيانات الظواهر الطبيعية مع التصوير التشبيهي من الطبيعة داخل الهندسة المعمارية.، حيث يركز هذا الإتجاه على دراسة النباتات و أحيانا الصدفيات و هياكل العظام ثم يتم عمل نماذج مولده رقميا و تصنيعها بتشكيلات جمالية خاصة بدولينز لنقلها الى الهندسة المعمارية، و تشتمل أعمال Exodesic على تقنيات فنية عالية، و لتسهل وجود طريقة لتصوير التصميم تستخدم Software تنتج الرسوم المتحركة و اساليب التصنيع الرقمي و كذلك النماذج المصنوعة يدويا و المواد التجريبية، و يمكن القول أن أعمالهم تبدأ من الأنظمة الرقمية ثم تتطور في برامج الإستخلاص و الرسم الأخرى المتنوعة. وتتضمن أعمال دولينز الكتابة و تدريس الكيمياء الحيوية الرقمية فيما يخص الهندسة المعمارية، وتؤدي كل هذه الأعمال الى وجود النماذج النظرية التي تظهر من الأنظمة الرقمية لكنها تقوم على علوم الهندسة و التوجهات التي برزت في مجال الذكاء البيولوجي، وتمتلك تلك الأعمال جمالها الخاص الذي يبدو وكأنها تصطدم ببعض الأعمال الفنية، ويعمل دولينز على إخراج معجم للهندسة المعمارية عن نطاق الترميز القابل للتحديث و الجمالي في آن واحد.	البرج النباتي النامي رقميا، ل Denns Dollens 
	الفكر التصميمي لهذا التوجه:	
	هندسة معمارية تجريبية تعتمد على علم النبات ونموذج النمو الرقمي للنبات تعمل كوحدة واحدة . تهجين العمل المعمارى من وحدات نباتية لتنتج مبنى به سمات نباتية.	
	الفكر التطبيقي لهذا التوجه:	إكسوديسيك الدعامات و الابراج النامية Denns Dollens
المشاريع التي تمثل الفكر التطبيقي لهذا التوجه	من خلال مشروع البرج المتنامي رقميا و إكسوديسيك الدعامات و الابراج النامية للمعماري Denns Dollens تستطيع تحديد ملامح وفهم هذا الإتجاه ، **البرج النباتي النامي رقميا:** ومن المشاريع التي يحدد فيه ملامح هذا الإتجاه الرقمي الذي يستقي تشكيلاته من النباتات بصفة خاصة او الصدفيات و الهياكل، البرج النباتي النامي رقميا، بيرشلونة، هو برج سكني من الجزوع الطويلة تتجها الورود و البراعم الحلزونية ، من خلال تهجين العمل المعمارى لتنتج مبنى به سمات نباتية و دمج الطبيعة داخل قشرة المبنى، فهو من جبل داطحات السحاب التي يرتبط بجبل الأبراج النباتية و التجارب الحديثة و المعلومات البيئية الناتجة من برمجيات تحدد الإتجاه الشمسي و ديناميكيات التدفق الهوائي، كآلية تنظيمية. **إكسوديسيك الدعامات و الابراج النامية:** سلسلة من التشكيلات النباتية التي تقوم على مبادء نمو النباتات رقميا بواسطة الحاسوب بحيث يتم برمجة نظام التفريع مسبقا و التداخل و التشابك مع الفروع الأخرى بهف تحقيق نقاط توازن بين الشد و الضغط و تتشكل هذه السلاسل لتنتج المكونات المعمارية الناشئة على الأوراق، وتكون الأشجار عمودية وكذلك الدعامات و الركائز و تتبذر كموصلات للمواد و فراغات يمكن شغلها و تمثل تدفقات الهواء و التوجيه الشمسي و توزيع الرؤية الخارجية و النواحي التصميمية لها مستنبطة من الدراسات التي تبحث بصورة محددة في عملية تفرع و تفتح دعامات الورود.	

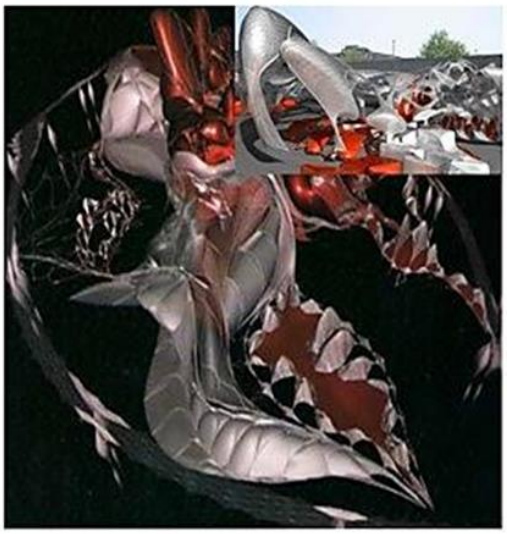
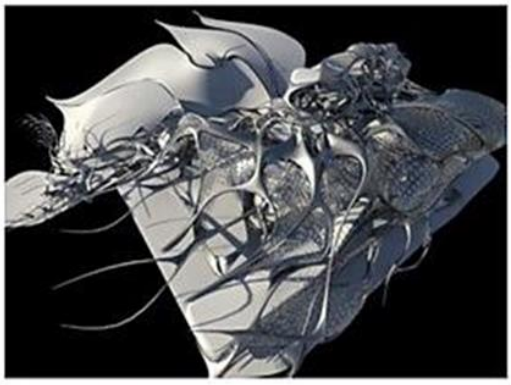
العمارة الديناميكية Dynamic Architecture

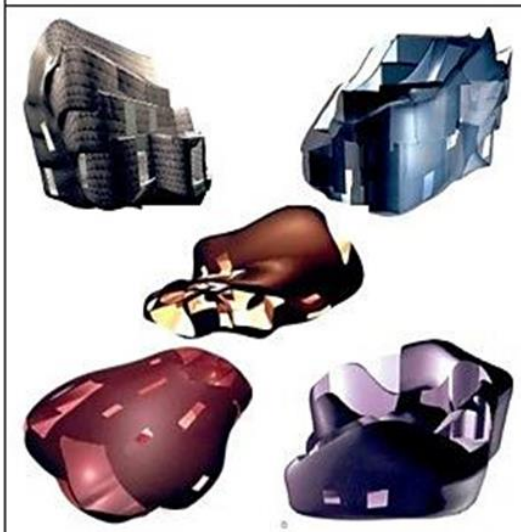
	المؤسس: المعمارى: ديفيد فيشر David Fisher	نماذج ومشاريع هذا التوجه
خصائص و سمات و الفكر التصميمى لهذا التوجه	**مفهوم العمارة الديناميكية:** هي عمارة مفتوحة لمفهوم ديناميكي بالنسبة للزمن ، لتصبح عملية التصميم رباعية الأبعاد، تأخذ طابعا أكثر انتباها للمحيط الخارجي، تريد إظهار الإمكانيات الهائلة التي تتيحها التكنولوجيا، ذات مفهوم جديد و إبداعي يستند على ديناميكية الحركة ، لتُؤشّرُ مؤشر عصر جديد في الهندسة المعماريةِ، و أساليب تصميمها، و ما قد تكون عليه عمارة و مدن المستقبل،كما أطلق عليها "فيشر" ، أنها عمارة **"من تشكيل الحياة، و من تصميم الوقت"** عمارة ديناميكية موضوعية في المجال المرئي كليا تمثل رؤية جديدة من حيث دوران المبانى حول نفسها لتوفير الإطلالات المتميزة و الإدراك الكامل للبيئة و المحيط الخارجي، و تعقب إيقاعاتها الخارجية، حيث استفاد بعض المعماريين من الإمكانيات الهائلة التي وفرها التقدم التكنولوجي الآن، في تحقيق رؤاهم و أحلامهم لعمارة المستقبل، و الوصول إلى عمارة تعبر عن احتياجات العصر و روح التكنولوجيا ، ليضيفوا أبعادا جديدة للعمارة لم تكن متاحة من قبل، يرى من خلالها صور مختلفة من مكان واحد ، اللعب بالمكان و الزمان ، لتتنقل الأشياء إليه بدلا من أن يتنقل هو إليها ، تتحرك البيئة من حوله ، لتصبح ديناميكية متحركة سماتها التغير في وحدة الزمن، لتضفي بعد جمالي جديد "البعد الرابع في عملية التصميم" "الزمن" ليتحول المبنى من الثبات إلى مبنى نشط فعال متحول ، يتفاعل مع الداخل و الخارج في آن واحد.	**ناطحة السحاب الدوارة Rotating Skyscraper 2010**
	الفكر التصميمي لهذا التوجه: • مباني ذات حركة تتفاعل مع البيئة الخارجية • عمارة من تشكيل الحياة و من تصميم الوقت • اضافت بعدا رابعا في العمارة "الزمن". • عمارة ذات قيمة عالية من التكنولوجيا و الإنشاء	
	الفكر التطبيقي لهذا التوجه:	**البرج الدوار بدبي-"Rotating Tower "2007:2010**
المشاريع التي تمثل الفكر التطبيقي لهذا التوجه	تتعرف على هذا الاتجاه من خلال **ناطحة السحاب الدوارة** Rotating Skyscraper ، **والبرج الدوار بدبي-**"Rotating Tower2007 تقدم مجموعة Dynamic Architecture G. إبداعها بمشروع " ناطحة السحاب الدوارة بموسكو "Rotating Skyscraperk" والبرج الدوار بدبي-"Rotating Tower2007 ذاتي الطاقة، الذي يعمل كمولد للطاقة فحيث ، يُنتجا قدرا هائلا من الطاقة فضلا على الجوانب الجمالية للبناء ، و النواتج الإيجابية والتأثيرات الجيدة على البيئة والإقتصاد، و طريقة بنائه، كما يتيحا إمكانيات تصميم غير محدودة، في المحيط الخارجي، حيث يدور كل طابق بشكل مستقل، ليغير المبنى من شكله باستمرار، مما سيؤدي إلى الحصول على هيكل معماري فريد ومتطور دائماً، ومن خلال دمج الحركة والطاقة الخضراء ، يمثلا أيضا حقبة جديدة من العيش الديناميكي، ومرونة كبيرة في التصميم الخارجي و الداخلي حسب الرغبة. دوران معظم الطوابق حول قلب مركزي، بغض النظر عن حركة الطوابق الأخرى. ولذا، فإن الطوابق لن تكون متطابقة، مما سيسمح للمبنى بأن يغير شكله باستمرار، في البيئة الخارجية، وتدويرها وفقاً لحركة الشمس أو المطلات المرغوب فيها ، باستخدام نظام يعمل بالصوت.	

عمارة الإميرجنت Emergent Architecture

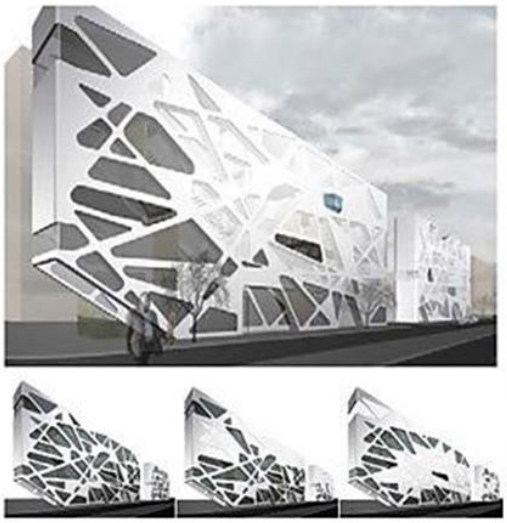
	المؤسس: Tom Wiscombe عام 1999	نماذج ومشاريع هذا التوجه
خصائص و سمات و الفكر التصميمي لهذا التوجه	قد تخصصت عمارة الإميرجنت في قضايا البحث الخاص بالعولمة و التكنولوجيا و المادية من خلال النموذج الذي تم بناءه، و تعد إميرجنت عمليات التجارب و استخدام التكنولوجيا و الأساليب و النهج من الحقول الموجودة خارج الهندسة المعمارية بما في ذلك علوم المواد و هندسة صناعة الفضاء و الرسوم المتحركة الرقمية و يعتبر العنصر الأساسي لأعمال الممارسة المهيئة هو ظاهرة الإلتباق و التي تقدم نظرة متعمقة في الطريقة تحاد بها ظاهريا الأجسام المنعزلة و الجزئيات الدقيقة و الأنظمة التي تعرض السلوك الجماعي في أنماط قوية و غير متوقعة، وتكمن روعة أعمال اميرجنت في الرسومات المتحركة لمشاكلهم التي يقدمونها، كما في الحشود الكبيرة الى وجود مجموعة من الإمكانيات المعمارية حيث تقوم المكونات على الدوام بربط أو تبادل المعلومات، وفق كل هذا ، عندما تتجاوز كل العناصر نسب أجزائها،	**مشروع محكمة العدل بباريس ل Tom Wiscombe** 
	الفكر التصميمي لهذا التوجه: • الإعتماد على قانون البناء الخلوي في ابتكار نمط خلوي مدمج من وحدة شكل تعمل في الأبعاد الثلاثة من المبنى دون كسر التكوين الرئيسي حيث تنتشر في الأسقف و الحوائط الخارجية و الفراغات الداخلية. • تعمل كوحدة إنشائية واحدة.	
	الفكر التطبيقي لهذا التوجه:	**مشروع مكتبة المدينة باستوكهولم ل Tom Wiscombe**
المشاريع التي تمثل الفكر التطبيقي لهذا التوجه	من خلال مشروع محكمة العدل بباريس و مشروع مكتبة المدينة باستوكهولم للمعماري Tom Wiscombe نستطيع تحديد ملامح وفهم هذا الاتجاه ، **مشروع محكمة العدل بباريس** : حيث تعتبر المحكمة جزءا من خطة حضرية تهدف لإحتواء دار العدل و مبنى تنمية الإستخدام المختلط المجاور ، ونتيجة الممشى الضيق المتوفر و طبيعة الموقع اقترح تصميم المبنى الجديد لإنشاء كيانا مركبا يربط بين القديم و الجديد، ومن الناحية الفراغية يربط هذا التحول عمليات العدالة بالمعرفة و الثقافة. **مشروع مكتبة المدينة باستوكهولم** :سيتم التعرف على مكتبة المستقبل من خلال قدرتها على جمع المعلومات و تنظيمها بل وقدرتها على ربط النُظم والناس في الأماكن الحضرية .ويعد هذا التصميم آلية ربط على المستوى الحضري. فهي ترتبط نظريًا بمبنىً موجود فيما يتعلق بالإرتفاع والعرض ومادتًا عن طريق الممرات الأرضية .أما يرتبط المبنى الجديد بالمنظر الجانبي العمودي لتل المراقبة عن طريق بناء يشبه الجسر . ويسمح هذا الارتباط لزائري المكتبة بالوصول إلى مرصد ستوكهولم التاريخي مباشرةً. وبين المبنى الجديد وجانب التل تقع جاردن بلازا والتي تُتيح للزوار مكانًا للاسترخاء من ضوضاءالشارع. أما المدخل الرئيسي للمبنى فيعكس الظروف الحضرية الجديدة في المنطقة ومن ثم يتم توجيهه إلى أوديتوريلان بلازا وتواجد روابط النقل العام والتسوق هناك .وقد تبرز في الشارع لتخلق بذلك مكانًا مثيرًا يمكن للناس الإجتماع ببعضهم فيه وتوجيه أنفسهم قبل التوجه إلى الداخل .ويمكن تصور هذا المبنى كهيكل خلوي، فغير هيكلي وشبكة دائرية تربط الاثنين . حيث يلقل الغير الهيكلي قوى أفقية ورأسية ويعمل على حلها بل يعمل كآلية تنظيمية.	 

عمارة الاميد AMID Architecture	
المؤسس: كريستينا مورينو، إيفرين جريندا Cristina Diaz & Efren Garcia (AMID) في اسبانيا عام 2005	نماذج ومشاريع هذا التوجه
خصائص و سمات و الفكر التصميمي لهذا التوجه كونت كريستينا مورينو، إيفرين جريندا (AMID) في أسبانيا عام 2005، اتسم عملهم بالأركان المنحنية و استخدام العناصر النباتية و الحيوانية كمعالجات للواجهة، حيث تلمح اللغة المعمارية في العناصر البيولوجية، و في الوقت الذي تمثل فيه تشكيلاتهم أمرا مهما لمشاريع الإميد فإن الأمر الحاسم هو محاولتهم لتخفيف وطأة الدمار البيئي و لهذه الغاية استخدموا الحاسب الآلي ليس فقط لتقديم الأشكال المعمارية بل للتنبوء بتدفقات الطاقة و تظلها في أرجاء مبانيهم.و يمكن فهم الأعمال المعمارية لمكتب AMID على انها تصميم متنوع متشابك الحقول سواء في الجوانب التخيلية او الفعلية او الطبيعية او غير الطبيعية، بحيث تعمل جميعها في تكامل من جهة التشكيل والدراسة البيئية والدراسة التكنولوجية لتشغيل وادارة المبنى.	**مشروع الجبل السحري بمدينة إيمز ايوا:**
الفكر التصميمي لهذا التوجه: • دمج المبنى مع البيئة في وحدة واحدة لتلافي الآثار الضارة للبيئة بخلق غلاف خارجي يغطي جميع عناصر التصميم. • مراعاة الجانب البيئي و دراسات توفير الطاقة. • اضافة بعد اجتماعي او سياسي على التصميم.	
الفكر التطبيقي لهذا التوجه:	**المبني الإداري ومبني البلدية باسبانيا**
المشاريع التي تمثل الفكر التطبيقي لهذا التوجه من خلال **مشروع الجبل السحري** بمدينة إيمز ايوا، و المبنى الإداري **ومبني البلدية بأسبانيا** نستطيع تحديد ملامح وفهم هذا الإتجاه . **مشروع الجبل السحري بمدينة إيمز ايوا:** وهو عبارة عن محطة لتوليد الطاقة الحرارية، كان الهدف هو معالجة المبنى كقطعة من المنظر العام داخل المدينة و كجبل حي، حيث حاول المعماريون تخفيف تأثير محطة الطاقة من خلال أدوات و مفاهيم التشجير و البناء المعماري و علم البيئة، حيث اقترحوا تغطية المبنى بالكامل بغطاء زهري ، بمختلف طوابقه بصورة ظلية، ليتحول المبنى الى حديقة رأسية ، ولتسهيل عملية الصيانة تم اخلاء طريق على محيط المبنى بين الهيكل و جدران المحطة، حيث عمل المشروع على جذب الطيور و الفراشات. **مشروع مكتبة المدينة باستوكهولم :**كان الهدف هو عمل مبنى يعمل على تشجيع عملية تداخل الطرق و الناس و البضائع و الأفكار، ومن ثم تم خلق فراغ خارجي كبير تضمه كتلة المشروع حيث يرتفع هذا الفراغ عن منسوب الطريق ويتصل معه بمنحدرات لتعزيز الإتصال بين أفراد المجتمع و المبنى و يزيد من قيمة إحتواء المبنى للأفراد والمستخدمين. ولقد تم وضع غلاف هيكلي خارجي على محيط المبنى يزيد من شفافية المبنى، بواسطة مصفوفى منسوجة بصورة كبيرة من الفولاذ متشابكة مع بعضها مكونة إطارا هيكليا يلف حول واجهات المبنى، وتعمل الشمس كعنصر مؤثر لإظهار الهيكل نتيجة كثافته وعمقه، مع تجنب الواجهات المكشوفة لأشعة الشمس المباشرة في الصيف، علاوة على ان الواجهات الشرقية و الغربية ذات تركيب أعمق و أكبر من أجل خفض الطاقة السلبية لأشعة الشمس.	

إكسيفيروتارتش XEFIROTARCH		
	المؤسس: هيرنان ألوسون Hernan Aloson في لوس انجلوس	نماذج ومشاريع هذا التوجه
خصائص و سمات و الفكر التصميمي لهذا التوجه	أسسها هيرنان ألوسو Hernan Aloson في لوس انجلوس فقد كان عملا ملحوظًا ومصنوعًا بدقة عالية، ملهمًا بالجمال الذي يستوحى تشكيله من خلال الطفرات البيولوجية التي تحدث طبيعيا، و يصف ألوسون عملية الإنشاء بأنها عملية فريدة من إندماج الأجزاء المصغرة مع الشكل الكلي، وقد احتوت معظم الأعمال على صورة عالية من الناحية الجمالية وعلى قوة جذب مغناطيسية لما هو غريب وخارق للطبيعة. تلك المجموعة التي تتمتع بالجمال الساحر والإثارة والإتقان من الناحية المعمارية يجعلها أحد الاتجاهات المعمارية المهيئة الدائمة الهامة الآن. فهم يتميزون بتفردهم بالمغالاة فيما يخص مشروعاتهم التي تبدو غير متوافقة مع اللغة المعتاده للتشكيل المعماري	**مشروع المدينة العالمية بخليج بوسان بكوريا الجنوبية** 
	الفكر التصميمي لهذا التوجه: • دمج الهندسة المعمارية مع علوم الأحياء فى منظومة رقمية لتنتج تشكيلات لها بعد جمالى عالى. • دمج الهندسة المعمارية مع علوم الأحياء فى معالجات رقمية تراعى التداخل مع طبوغرافيه الموقع . • مفهوم جديد للفراغ الخارجي والداخلي	
	الفكر التطبيقى لهذا التوجه:	**مسابقة الأعمال الهندسية المعمارية المعاصرة- بوستن**
المشاريع التي تمثل الفكر التطبيقى لهذا التوجه	لتعرف على هذا الإتجاه من خلال **مشروع المدينة العالمية** بخليج بوسان بكوريا الجنوبية **ومسابقة الاعمال الهندسية المعمارية المعاصرة**-بوستن **مشروع المدينة العالمية بخليج بوسان بكوريا الجنوبية .** حيث يعتبر المشروع مركزا للأنشطة الإبداعية و الثقافية، يتسع ل 6000 فرد ، تتشكل ملامحه من خلال سلسلة من الانسيابات، فهو يخلق استمرارا فراغيا من خلال استكشاف الامكانيات الموجودة في الداخل كحقل ديناميكي يمكن شغله كشبكة ممتدة للأجزاء والوظائف المختلفة، عن طريق دمج الهندسة المعمارية مع علوم الأحياء في منظومة رقمية لتنتج تشكيلا لها بعد جمالي عالي. **مسابقة الأعمال الهندسية المعمارية المعاصرة- بوستن** المفهوم التصميمي مقتبس من نبات السرخس المرجاني الذي ينمو على نبات آخر حيث يعتمد على دعما ميكانيكيا و ليس العناصر الغذائية، ولكي لا تظهر الهندسة المعمارية بطريقة مفككة، فأي نظير للعمل يتم تكوين إطاره من خلال سياقات متنوعة، التي تعمل معا لحظة إدراك هذا العمل، ويفترض المقترح تلك النظرة الناقدة لعرضه للهندسة المعمارية التي سوف تملأ المدينة وهنا تفرض الهندسة المعمارية وضعها الأيقوني داخل المدينة، مثل النباتات الهوائية يتوحد هذا الشكل مع المدينة وموقعها إلا أنه مكتفي ذاتيا بصفته للتركيز على التدفق العام و القوة الإبداعية، فهو يمتد بصورة غير متوقعة عبر شبكة المدينة، مما يسمح بوجود عدد من نقاط الإتصال و زوايا متعددة للرؤية كما يضاعف مسارات رحلة الأفراد داخل و خارج المشروع ليكونوا جزءا أساسيا من التصميم لإكتمال المشروع.	

	عمارة الجينات Genetics Architecture	
	المؤسس: كولاتن ماكدونالد استوديو Kolatan Mac Donald Studio	نماذج ومشاريع هذا التوجه
خصائص و سمات و الفكر التصميمي لهذا التوجه	اذا كان المديول هو وحدة البناء الأصغر "جين البناء" قبل عصر الثورة الرقمية فإن جين البناء في عصر الثورة الرقمية سيتخلص من معظم قيود المديول القديم و قد تم اقتراح اسم "الجينات الرقمية - Genetics Architecture " ليتم إطلاقه على وحدة البناء الغير مديولية في عصر الثورة الرقمية، حيث لن يكون التوحيد القياسي Standardization على حساب التعدد و التنوع في التشكيل، و الحل المعماري ضرورة حتمية، بذلك تستطيع أدوات الثورة الرقمية الجمع بين ميزتين: • التنوع و التعدد في التشكيل، و الحل المعماري ، • الإنتاج على نطاق واسع.	الإسكان الخيالي- Kolatan Mac Donald Studio 
	الفكر التصميمي لهذا التوجه: • التصميم على وحدة بناء غير مديولية. • الحصول على بدائل متعددة تعتمد على أساس تصميمي واحد تعتمد بشكل اساسي على الأوساط والعمليات الرقمية. • مفهوم جديد للكتلة من المباني السائلة او البارامترية	
	الفكر التطبيقي لهذا التوجه:	مركز التجارة العالمي- أبو ظبي- فوستر وشركاه
المشاريع التي تمثل الفكر التطبيقي لهذا التوجه	نتعرف على هذا الاتجاه من خلال **مركز التجارة العالمي- أبو ظبي- فوستر وشركاه، ومشروع الإسكان الخيالي ل كولاتن ماكدونالد** **مشروع الإسكان الخيالي ل كولاتن ماكدونالد Kolatan Mac Donald Studio** عبارة عن بيوت خيالية سابقة التجهيز في مرحلة التصميم التجريدي لخمس نماذج مشتقة من التصميم الكولوني و هو المصدر الأساسي في جميع التصميمات كمسقط أفقي مكون من ثلاث عرف و حمامين، حيث تم طرح أهداف يتم الوصول اليها كمحدد للمنتج النهائي بواسطة الإعتماد على الأسلوب و العمليات الرقمية تم الحصول على بدائل جميعها تعتمد على نفس الأساس التصميمي. **مركز التجارة العالمي- أبو ظبي- فوستر وشركاه Foster & Partners:** المبنى الرئيسي في مشروع شاطئ الراحة يمتد في قلب المرفأ لخلق شبه جزيرة ، و تطور إستراتيجية التصميم هي إستجابة محددة للغاية في المناخ و التضاريس في هذا الموقع الساحلي، و بناء درامي من خلال عملية تحليل الحاسب الآلي للظروف البيئية ، حيث يوفر نظام للظل ، كما يتم تبريده بواسطة التدفق الطبيعي للهواء ، حيث يأخذ المبنى شكل متعرج يرتفع الى برج في طرفه الشرقي كرد فعل مميز لنظام التظليل مع الإحتفاظ بكمية الإضاءة المناسبة مع وضع سياج حامي من الرياح الضارة، و اختيار الزاوية التي يتم بها الحصول على الطاقة الشمسية، حيث يعد من التصميمات البيئية و التحتية القوية بوحدة بناء غير مديولية.	

عمارة بيج Beige Architecture

	المؤسس: المعمارى: توم فولدرز Thom Foulders	نماذج ومشاريع هذا التوجه
خصائص و سمات و الفكر التصميمى لهذا التوجه	نشأت تلك الأعمال عام 1998 في سان فرانسيسكو، حيث ضمت مجموعة كبيرة من المشاريع البنائية و النظرية حيث يدمج فولدرز النظام المعماري مع تصميم البيئات المؤقته و المعارض التجريبية و نماذج الأساس النمطية، ويستخدم فولدرز المواد المهجنة و التكوينات النمطية من مكونات معمارية متشابهة من وحدة متكررة لتخلق منهجية بنائية واحدة، كما أن إهتماماته تتمثل في تطويره للأسطح الديناميكية التى تتغير لوجود الشاغل في الفراغ، سواء من الناحية البصرية من خلال تراكم التأثيرات البصرية او ديناميكيات المواد. ويمكن القول ان هذا النوع يندرج تحت العمارة الهجين باستخدام أنواع متعددة من التكنولوجيا المتطورة التي تعتمد على شبكات المعلومات لإنتاج عمارة ذات بعد غير مادي الى ما وراء الطبيعة.	**مسكن مولّد اللون للمعماري Thom Foulders** 
	الفكر التصميمي لهذا التوجه: • نظام هجين يعتمد على فكرة النمو في الكائنات الحية التي تحافظ على بقائها في نظام مضاد • خلق غلاف خارجي من تشكيلات وحدة متكررة و متداخلة لغلاف ذكي يستجيب للاستخدامات الداخلية. • استخدام زجاج اليكتروني لخلق نسيج متغير ديناميكي يستجيب لمتطلبات البيئة و الخصوصية.	
المشاريع التى تمثل الفكر التطبيقى لهذا التوجه	الفكر التطبيقي لهذا التوجه: تتعرف على هذا الإتجاه من خلال **مسكن مولد اللون** –طوكيو ، ومشروع سكني يحمل اسم **"المجال الجوي"-** للمعماري **Thom Foulders** **مسكن مولد:** عبارة عن وحدات سكنية ، تم إبتكار استراتيجية لتشييد مبنى يضاعف الإمكانيات من خلال إصدارا اليكترونيا من اصدارات التمويه، و على خلاف معظم استراتيجيات التمويه التى توافق السياق من خلال المحاكاة العرضية، حيث يتم تغطية اي كائن بشكل بأنماط واضحة لإخفائه، ومن ثم يكون من الصعب ملاحظته، حيث يتم قطع كل الأنماط التصويرية الشاملة والمعروفة باسم التمويه من خلال نظام التنميط المعرقل (DPS) بينما تتحلل تكوينات أكبر الى "ضوضاء" مرئية، ولخلق قشرة التمويه من خلال نظام التنميط المعرقل استخدم الزجاج الإلكتروكرومي لخلق نسيج متغير يحاكي واقع العناصر الصلبة و الفراغات البارزة، إستجابة للمناخ والتأثيرات الضوئية ومتطلبات الخصوصية. **مشروع المجال الجوي:** يخلق المشروع غطاء خارجي Skin لوحدة مسكن لعدة عائلات، حيث تم غطائه بطبقة كثيفة من النباتات، كما تم عمل الطبقات المتراكمة لشبكة الخلية الجديدة استجابة للعناصر الداخلية، و يعتبر المجال الجوي المحيط لمنطقة تمتزج فيها العناصر الصناعية مع العناصر الطبيعية، حيث يكسر ضوء الشمس عبر اسطحها المعدنية ، بينما ترسو مياه الأمطار بعيدا عن الممشى الخارجي عن طريق الشبكة الانبوبية أما المناظر الداخلية فقد تحصنت وراء الغطاء المتنوع الذي يشبه النباتات الخضراء.	**مشروع المجال الجوي للمعماري Thom Foulders**

مما سبق نستطيع الإستنباط والإستدلال على حركة نمو وتطور العمارة ومدى تأثير العمارة الرقمية على عملية النمو والتطور، إذ أصبح لدينا مؤشرات و دلائل على حركة ومسار العمارة في الفترة المستقبلية أمكن لنا من خلالها التوصل إلى نظرة آنية ورؤية مستقبلية للتعرف على حركة الفكر والنتاج المعماري في الفترة القادمة تستند على التطور التكنولوجي الكبير الحادث الآن لتُؤشّرُ لعصر جديد في الهندسة المعماريةِ و أساليب تصميم بناياتِها و ما قد تكون عليه عمارة و مدن المستقبل وتقديم الخدمات الجديدة ذات التقنية العالية، حيث تؤكد هذه الإتجاهات أن المساحة التي يعيش فيها الإنسان يجب أن تكون ديناميكية و إن هذه الإتجاهات قد فتحت سبلاً جديدة مميزة للتعبير العصري بعيداً عن الملامح التاريخية والتراثية ويؤكد ريتشارد روجرز (Richard Rogers) على أن عمارة المستقبل لن تنحصر في مشاكل الكتلة والحجم وإنما ستكون عبارة عن منشآت خفيفة سيختفي من خلال طبقاتها الشفافة المركبة وجودها المادي.

النتائج :

- إنعكست الثورة الرقمية على العمارة شأنها في ذلك شأن باقي المجالات العلمية والحياتية الآخرى حيث برز تأثيرها واضحاً على المنتج و الشكل المعماري و أصبح المنتج المعماري لا يقتصر على التصميم بالطرق التقليدية وإخراجها كرسوم بواسطة الحاسب الآلي وفقط، إنما أصبحت الأشكال نتاج لعملية فكرية تصميمية متأثرة بشكل مباشر بالأوساط الرقمية بواسطة منظومة فكرية متكاملة التغيير في إحدى عناصرها يغير في نتيجة التصميم ذاتها.

- سهلت تكنولوجيا التصميم الرقمي عملية التعبير عن التصميم لكن التأثير الكبير كان على عملية التصميم نفسها نتيجة استخدام برامج تطوير الأفكار مما ساعد في نقل هذه الأفكار من خيال المصمم إلى حيز الواقع و من الإعتبارات الهامة لكفاءة و نجاح المشروع في مدى أداء المبنى للعمليات التقنية الرقمية بكفاءة عالية، فصار هناك تكامل بين عملية التصميم المعماري و المنظومة الإنشائية و تكنولوجيا وأساليب البناء الرقمية في رفع الكفاءة الإنشائية و التصميمية للمبنى، مما أدى الى إطلاق الحرية لإبداع تشكيلات كتل غير مسبوقة.

- لم تعد المهارات التصميمية التي يمتلكها المهندس المعماري وقدرته على الإبداع هو المعيار الوحيد الذي يستطيع أن يصل بمشروعه الى أرض الواقع و حيز التنفيذ حيث أصبحت العملية التصميمة تبنى على عاملين أساسين و هما قدرة المعماري على الإبداع من جهة و الإلمام بالتطبيقات الرقمية من جهة أخرى و التي يستطيع بها أن يطور فكرته التصميمية و ينقلها من الواقع الإفتراضي الى الواقع المرئي، وبالتالي تظهر الضرورة الحتمية لأن يكون المعماري ملماً بالأنظمة التقنية المتقدمة لمعطيات الثورة الرقمية بما ينعكس بالإيجاب علي مشروعه.

- أظهرت العمارة الرقمية بروز الأطر الإنشائية على سطوح وحجوم الشكل وترجمة الهياكل الإنشائية واستخدامها استخداماً تعبيرياً صريحاً كعناصر تكنولوجية شكلية.

- يمكن من خلال الإتجاهات المعمارية الرقمية التى تناولتها الدراسة تصور رؤية مستقبلية لما ستكون عليه حركة الفكر والنتاج المعماري في الفترة القادمة و التي تستند على التطور التكنولوجي الكبير الحادث الآن ومدى تأثيرها على حركة ومسار العمارة في المستقبل لبزوغ عصر جديد في الهندسة المعماريةِ و أساليب تصميمها، ستكون عبارة عن منشآت خفيفة يختفي من خلال طبقاتها الشفافة و المركبة شكلها المادي.

العمارة الرقمية أنتجت أفكار تصميمية خلاقة ومتجددة من حيث الشكل والمضمون فظهرت تشكيلات إبداعية جديدة و مبتكرة من الصعب أن يصل إليها المعمارى فى ظل أدواته التقليدية القديمة، و أصبح التطور التكنولوجي جزءاً لايمكن إغفال تأثيره على العمارة ومن أدوات المعمارى الهامة لصياغة فكر العملية التصميمة و أساليب تنفيذه على أرض الواقع، حيث

أصبح الإبداع المعماري مرتبطاً بكل من الإبداع البشري و تكنولوجيا العمارة الرقمية اقتبست أشكالها من مصادر مختلفة **حيث يمكن تلخيص خصائص ومصادر الشكل في ظل الثورة الرقمية فيما يلي:**

أولاً : خصائص الشكل في ظل الثورة الرقمية:

- تتطور الفكرة التصميمية في البيئة الرقمية في أغلب الأحيان من خلال التلاعب بواسطة الحاسوب وبين تطور الشكل بالإضافة إلى توفر القدرة على إختيار المواد والمكونات والبنى الخاصة بالشكل الرقمي و إمكانية التلاعب التصميمي على النموذج و إستكشاف المظهر الخارجي بشكل مباشر مما يتيح سهولة إطلاق الأحكام واتخاذ القرارات، حيث يمكن أن يرى الشكل في البيئة الرقمية مبكرا في عمليات المناورة التصميمية الحركية حيث يمكن عمل التغييرعلى العنصر بشكل مباشر بواسطة المواد والمكونات مستبدلة بذلك عادات التصميم التقليدية.

- يمكن إعتبار أن الأشكال الرقمية هي تلك الأشكال التي تعتمد في تصميمها على إستخدام اللغة الرقمية والحاسوب كأساس للتصميم تبع ذلك إنتشار هذه الأشكال في شتى المجالات الهندسية والفنية، فجاءت تعبر عن التجارب والنظريات المتجددة للنحت والعمارة والأشكال الصناعية فهي تمثل توجه جديد يزداد انتشارا ويعبر عن جيل جديد من الفكر الفني إنعكس على شتى مجالات البيئة العمرانية والحضرية و العمارة والتصميم الداخلي، حيث يرجع ظهور هذا النهج الجديد للأسباب الآتية:

- التطور المستمر لبرامج الكومبيوتر.
- ظهور نظام جديد متنامي من الشبكات المعلوماتية.
- مساهمة التكنولوجية المتقدمة في إستحداث نظم تقنيات وصناعة جديدة.
- ظهور مواد جديدة مثل البلاتينيوم، الأمر الذي ساعد على تأكيد هذا النهج الجديد.
- إنتشار ثقافة الرقميات على جميع المستويات الفنية والعمرانية إضافة إلى الإنتشار الصناعي و ظهور جيل جديد من المعماريين يتفاعل ويتواكب مع هذا الفكر الجديد.

ثانياً: مصادر إستلهام الأشكال الرقمية:

- ساعدت التطبيقات الرقمية في خلق فضاءات إفتراضية من خلال دمج الأشكال العضوية و الهندسية بعلاقات شبيهة بالترابطات الكميائية أو البيلوجية لتوليد أشكال حرة، فضلا عن فاعلية إعتماد العناصر المعمارية التكوينية و الخط المولد والنقاط الشبكية لتوليد الأشكال المادية التى تربط الشكل و المواد و الفراغ، حيث يمكن تحديد التصنيفات الملهمة لشكل العمارة الرقمية الى ثلاث مجموعات تم التعبير عنها و تمثيلها بسمات شكلية تختلف فيما بينها، إلا أنها تحمل داخلها قيم تكنولوجية و تقنية عالية سماتها الديناميكية في الشكل و المضمون، حيث يمكن تصنيف شكل العمارة الرقمية و مصادر استلهامها الى ثلاث مصادر أساسية هي:

1. أشكال مستلهمة من المكونات الرقمية "Hard ware" كأشكال الأجهزة والأدوات الرقمية نفسها.
2. أشكال مستلهمة من من الوسط الرقمي "Software " الأشكال التي يمكن إنتاجها بواسطة البرمجيات الرقمية. كالعمارة التفاعلية و المتحركة الديناميكية.
3. أشكال مستلهمة من خارج الوسط الرقمي " أشكال مستعارة من الحقول الحيوية" كالطبيعة تتمحور في :

- أشكال هجينة غير متوقعة باستخدام الخوارزمية الجينية.
- إستراتيجية الحالة الكرستالية السائلة.
- تجريد الطبيعة متمثلة بالهياكل والمنشآت الطبيعية والقواقع والقشريات البحرية وغيرها.

- البنى والمنشآت البيولوجية والهياكل المتولدة ذاتياً.

أي إن الاستعارة في الفقرة الأولى والثانية من الوسط الرقمي سواء كان مكوناً أو شكل رسومي أما الفقرة الثانية فالإستعارة من خارج الوسط الرقمي أشكال مستلهمة من الطبيعة.

التوصيات:

- يجب تطوير المواد التدريسية الخاصة بالتطبيقات الرقمية بواسطة الحاسب الآلي ومخرجاتها و تناول تدريس إتجاهات العمارة الرقمية المعاصرة في المناهج الدراسية بأقسام العمارة و الهندسة المعمارية حتي يكون معماري المستقبل ملم بها ومواكب للتطور الحالى في برامجها وتأثير ذلك على تصميماتهم.
- على المعمارى ألا ينفصل عن مايقدمه العلم بنظمه وتقنياته وأطروحاته الجديدة وأن يظل متفاعلاً معها وإستيعاب إمكانيات التقنيات الحديثة حتي لا ينفصل عن المستقبل ولا يعني هذا الإنفصال عن الهوية المعمارية و الثقافة المحلية وإنما عرض هذه الهوية بروح العصر الذي نعيش فيه و متطلباته الجديدة.
- يجب أن يصاحب الإتجاهات المعمارية المعاصرة وما أحدثته من تغير في الفكر والشكل و المضمون بالتوازي ما يناسبها من تطوير في التشريعات المعمارية و العمرانية التي تتسم بالمرونة حتى لا تكون عائق أمام إنطلاق الفكر والإبداع المعماري وتجهيز المجال والبيئة العمرانية لهذا التغير دون قيود صارمة توقف هذا التطور و مواكبته.
- العمل على تضيق الفجوة الرقمية فيما بيننا وبين العالم المتقدم فيما يتعلق بتكنولوجيا المعلومات وكذلك بين المجتمعات المحلية داخل المجتمع المصرى ذاته ومن ثم يجب العمل على توسيع استخدام تقنيات المعلومات.

المراجع

المراجع العربية:

1. ابو سعدة، هشام. "عمارة وعمران الألفية الثالثة من تداعيات الخيال- الكتاب الأول-الخيال الملكة الغائبة" القاهرة ، مصر: *مركز الدراسات التخطيطية والمعمارية*، ٢٠١٠.

Abu Saada, Hisham: *Emarh wa Omran Alalfiah Alsalsah Mn Tdaeiat Alkhial* – Alktab Alawl – Alkhial wa Almlkah'' Alqahera, Mesr: Markz Aldrasat Altakhtetia wa Almemaria, 2010.

2. بدران، عبدالله. " القدرات الإبداعية للتقنيات الحديثة في التشكيل المعماري" -مجلة البحوث الهندسية- (*جامعة حلوان- القاهرة- مصر*) ، ٢٠٠٨.

Badran, Abdullah. *Alkodrat Alebdaeiah Leltkniat Alhaditha fe Altashkil Almeemare* – Megalet Albhoath Alhandthia - Gamet Helwan - Alqahera, Mesr: 2008.

3. جريشة، هشام." النسبية والتفكيكية" القاهرة، مصر: *مكتبة الأنجلو المصرية*، ٢٠١١.

Greishah, Hesham. *Alnsbiah wa AltafkekiaMaktabet Alanglo Almasria*, Alqahera, Mesr 2011.

4. حسن، محمد. " *البيئة المدرسية في عصر الثورة الرقمية*" مقالة، المملكة العربية السعودية: *مجلة البناء*، عدد ١٦٤، ٢٠٠٤.

Hassan, Muhammad. *Albiaa Almadrsia fe Assr Alsawra Alrakmiah, Mkala*, Almamlka Alarbia Alsoudia: Meglat Al-Binaa, No. 164, 2004.

5. حسن، محمد. " قيم الإبداع في التصميم المعماري" مقالة، المملكة العربية السعودية ، وزارة الشئون البلدية: *مجلة تقنية البناء*، العدد ٦، ٢٠٠٥.

Hassan, Muhammad. *Kiam Alebdaaa fe Altassmim Almeemare*, Almamlka Alarbia Alsoudia, Wzart Alshoon Albaldia: Meglat Tekniat Al-Binaa, Aladad 6, 2005.

6. رأفت، علي." ثلاثية الإبداع المعماري, الإبداع الفكري-عمارة المستقبل" *القاهرة: مركز أبحاث انتركونسلت*،٢٠٠٧.
Raafat, Ali. *Solathiat Alebdaaa Almemare, Alebdaaa Alfekry – Emart Almostakbl*, Alqahera: Markz Abhath Enterconslt, 2007.
7. ربيع، شريف محمد. " استخدام الحاسب الآلي كأداة في العملية التصميمية" *دكتوراه، كلية الهندسة جامعة القاهرة*، ٢٠٠٤.
Rabi`, Sherif Mohamed. *Estekhdam Alhaseb Alaale Kaadah fe Alamaleia Altassmemia*, Doktorah, Koliat Alhandasa, Gamet Alkahera, 2004.
8. صابر، احمد محمود. "الديناميكية الساكنة في العمارة بين المفهوم و التطبيق" مؤتمر الأزهر الهندسي الدولي الحادي عشر، مصر: *كلية الهندسة، جامعة جامعة الأزهر*، ٢٠١٢.
Saber, Ahmed Mahmoud. *Aldenamekia Alsaknah fe alemara bin Almfhom wa Altatbik*, Moatamar Al-Azhar Alhandase Aldawle Alhade Ashar, Mesr: Gameat Al-Azhar, 2012.
9. صابر، أحمد محمود. "خصائص و سمات العمارة الديناميكية - البعد الرابع في العمارة – الزمن" *مجلة العلوم الهندسية، كلية الهندسة، جامعة أسيوط*.: محتوى ٤٣، عدد (٥)، ٢٠١٥.
Saber, Ahmed Mahmoud. *Khssaes wa Semat Alemarah Aldenamekia-Alboad Alrabeh-Alzmn*, Megalet Alaloam Alhandasia, Gameat Assiut: Mohtwa 43, Adad (5), 2015.
10. ضياء، وجدان عبدالجليل. "توليد الشكل و علاقته بالهيكل في العمارة الرقمية" العراق: *الجامعة التكنولوجية، مجلة جامعة بابل*، ٢٠١٨.
Diaa, Wijdan Abdul Jalil. *Tawleed Alshakl wa Elakatoh belhaikal fe Alemarah Alrkamiah*, Iraq: Algamah Al-Technologyah, Megalet Gameat Babylon, 2018.
11. عصام الدين، محمد." التطور التكنولوجي كمدخل لعمارة القرن الحادي والعشرين" *ماجستير، كلية الهندسة، جامعة القاهرة*، ٢٠٠٤.
Essam El-Din. *Altatwr Alteknologe Kamadkhl Leemaret Alkarn Alhade wa Aleshreen*, Magester, Kolit Alhandsah, Gamet Alkahera, 2004.
12. كامل، أحمد." العمارة والتكنولوجيا" *ماجستير ،كلية الهندسة، جامعة الأزهر*- القاهرة، مصر، ٢٠١٢.
Kamel, Ahmed. *Alemarah Alteknologia*, Magester, Kolit Alhandsah,Gamet Al-Azhar - Alkahera, Meser, 2012.
13. محمود، علي. "استخدام الحاسب الآلي في العملية التصميمية" دكتوراه، *كلية الهندسة، جامعة القاهرة*، ٢٠٠١.
Mahmoud, Ali. *Estekhdam Alhaseb Alaale fe Alamalih Altassmemiah*, Doktorah, Koliat Alhandasa, Gamet Alkahera, 2001.
14. مهدي, سعيد. "استخدام البرمجيات الإلكترونية في التصميم المعماري أداه أم أيديولوجيا" *مؤتمر قسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة*، جامعة القاهرة، ٢٠٠٦.
Mahdi, Saeed. *Estekhdam Albrmagiat Alelectroniah fe Altassmem Almeamare Adah Am Aidiologia*, Moatamr Kesm Alhandasah Almemariah, Koliat Alhandasa, Gamet Alkahera, 2006.
15. هيبة، خالد محمود. "العمارة المعاصرة والتكنولوجيا-رؤية نقدية لتأثير التكنولوجيا الرقمية" *مجلة العلوم الهندسية، جامعة ام القرى*: محتوى 5 ، عدد (١) ، ٢٠١٣.
Hiba, Khaled Mahmoud. *Alemarah Almoaasrah wa Alteknologia- Roaia Nakdia*, Megalet Alaloam Alhandasia, Gamet Umm Al-Qura: Mohtwa (1), Adad 5, 2013.
16. يوسف، عبير سامي. "العمارة ما بعد الثورة الرقمية" المؤتمر الدولي الثالث للجمعية العربية للتصميم المعماري بمساعدة الحاسب (أسكاد) تجسيد العمارة التخيُّلية، الإسكندرية، مصر، ٢٠٠٧.
Yousef, Abeer Sami. *Alemarah ma Baad Alsora Alrkamiah*, Almoatmr Aldawle Alsals Algameia Alarabia Leltsmem Almemare Bemosaadt Alhaseb (SCAD) Tagsed Alemarah Altakhioliah, Aleskandaria, Mesr, 2007.

المراجع الأجنبية:

17. Agnoletto, M. Boccia, F. Silvio C. *Masterpieces of Modern Architecture*. Vercelli: VMB Publishers, 2006.
18. Charles, Jencks. *Architecture & beyond* (succession the art of predication) USA: Willey Academy, 2000.
19. Foster, Norman. *Reflections.* London: Prestel Publishers, 2005.
20. Isenberg, Barbara. *Conversations with Frank Gehry*. First Edition. New York: Knopf, 2009.
21. Jeong, Kwang Young. *SS44 Sky Scraper 44*. Korea: Archi World Co, Ltd, 2009.
22. Leach, Neil. Introduction, *Designing For a Digital World*. USA: John Wiley & Sons LTD, 2002.
23. Mohamed, Saleh Uddin. *Digital Architecture* . New York: McGraw-Hill, 1999.
24. McCullough, M. Abstracting Craft: *The Practiced Digital Hand*. USA: The MIT Press, 1998.
25. Maher, M. L., Gero, J. *Agent models of 3D virtual worlds, ACADIA*: . Thresholds, California State: Polytechnic University, Pomona, 2002.
26. Mark, Paterson. *Cyberspace – the World of Digital*, Australia: pty Ltd, 2001.
27. Monninger, Michael. *Coop Himmelblau, Taschen*, pp. 41- 83. Germany, 2010.
28. STEEL, J. *Architecture and Computers "action and reaction in digital design revolution*, London: Laurence King Publishing, 2001.
29. Szalapaj, Peter. *CAD Principles for Architectural Design*. Routledge, Taylor & Francis, 2001.
30. Zellner, Peter. *AD Hybrid Space, New Forms in Digital Architecture* . Ltd, London.: Gardners Books , 1999.

المواقع على شبكة الإنترنت:

31. https://arcspace.com/feature/tenerife-concert-hall/ 13-10-2020
32. https://dailyhive.com/mapped/sydney-opera-house-digital-season 13-10-2020
33. https://www.pinterest.ca/pin/536914205277862 88/?nic_v2=1a3OObDa5 13-10-2020
34. https://al-ain.com/article/zaha-hadid-architect-iraq-britain
35. http://creative-architecture96.blogspot.com/2016/07/blog-post_13.html ٢٠٢٠-١٠-١٣
36. https://www.weetas.com/article/ar/modern-architecture-changing-face-world-arv
37. http://en.wikipedia.org/wiki/Jewish_Museum_Berlin/17-12-2012
38. http://en.wikipedia.org/wiki/Stata_Center/17-12-2012
39. https://www.yokohamastation.com/osanbashi-pier-yokohama-port-international-passenger-terminal/
40. https://www.pinterest.com/pin/166211042478768838/?nic_v2=1a3OObDa5
41. http://ar.wikipedia.org ،،www.blogger.com
42. http://bubblemania.fr/wp-content/uploads/475490299.jpg
43. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/9d/Aerial_view_of_EMPSFM.jpg/640px-Aerial_view_of_EMPSFM.jpg
44. https://www.azahner.com/works/emp/
45. https://ara.architecturaldesignschool.com/cairo-expo-city-zaha-hadid-38906
46. https://www.facebook.com/110201889001906/posts/1092896927399059/
47. https://albenaamag.com/2020/01/05
48. http://www.bornrich.com/worlds-top-10-futuristic-luxury-hotels.htm
49. www.worldbuildingsdirectory.com/index.cfm.(Giselbrecht , Ernst,2013)