اثر مناهج إيجاد الشكل الرقمية في خصائص النتاج المعماري المعاصر

سراج جبار كاظم المرشدي باسم حسن هاشم الماجدي

الجامعة التكنولوجية – قسم هندسة العمارة

seraj_almurshdy@yahoo.com Dr.Basim-Arch@yahoo.com

الخلاصه

تُعد التكنولوجيا الرقمية السمة المميزة للعصر الحالي والتي انعكست تطبيقاتها في مجالات العلوم والثقافة والفن وبضمنها العمارة. وغيرت من لغة العمارة بالمستوى المادي والفكري وبرز تأثيرها على الشكل وخصائصه، وبرزت العمارة الرقمية كنمط معماري جديد يستثمر إمكانيات الرقمنة بإزالة التعارض بين مادية التكتونك ولامادية الرقمنة ونتج عن ذلك بلورة رؤى جديدة لصياغة الأشكال المعمارية وخصائصها على وفق المورفولوجيا الرقمية، وبذلك تبلورت مشكلة البحث (النقص المعرفي لمناهج إيجاد الشكل الرقمية وتأثيرها في خصائص الشكل المتحقق) واستهدف البحث (تحديد الصيغ الرقمية لإيجاد الشكل وفاعليتها في خصائص الشكل المتحقق بمقياس موضوعي) . ولتحقيق الهدف البحث تم استيضاح الواقع المعرفي بالدراسات السابقة على مستويين: استهدف الأول تحديد المناهج الرقمية لإيجاد الشكل وناقش الثاني الخصائص الشكلية للنتاج المتحقق لغرض استخلاص مقياس موضوعي بقيم رقمية بالمماثلة مع قوانين الطبيعة. تولد عنها اطار نظري للمناهج الرقمية ومفردات لمقياس خصائص الشكل لاختبار الفرضيات على عينات منتخبة. واستنتج البحث فاعلية التقنيات الرقمية لإيجاد الشكل في زيادة درجة التنظيم والتعقيد و الحرارة و التناغم والانتروبي مقابل فاعلية تقنيات أُخر في تقليلها .

الكلمات المفتاحية :- المورفولوجيا الرقمية ، ايجاد الشكل ، التشكيل ، التوليد ، خصائص الشكل .

Abstract

Digital technology is the hallmark of the present era and its applications have been reflected in the fields of science, culture and art, including architecture, changed the language of architecture in the physical an d intellectual level with its influence on the forms and its characteristics. The digital architecture has emerged as a new architectural type investing possibilities of digitization, by removing the discrepancy between the physical tectonic and immateriality digitization. This resulted in the crystallization of new visions for the formulation of architectural forms and characteristics according to digital morphology. Thus, the research problem is (the lack of knowledge of the methods of form-finding digitally and its effect on the characteristics of the form achieved) . The research aim was to identify digital form-finding and its effectiveness in the characteristics of the form achieved on an objective scale . In order to achieve this goal, the knowledge of previous studies has been clarified on two levels, the first aimed to identify digital approaches to form-finding ,the second discuss the formal characteristics of the product achieved for the purpose of extracting an objective measure of numeric values in the same manner as the laws of nature. It generated a theoretical framework for digital method and vocabulary for its scale of characteristics, the hypothesis is tested on selected samples . Finally the research concluded the effectiveness of digital techniques to form-finding in increasing the degree of living , complexity, heat, harmony and entropy of architectural form versus the effectiveness of other techniques is reducing.

Key words:- digital marphagenesis , Form-finding ,Formation,Generation, form charcteristies.

مقدمة البحث:

افرزت الثورة الرقمية والمعلوماتية فكراً ومفاهيم جديدةً ألقت بظلالها على العمارة والتصميم فضلاً عن المجالات العلمية والاجتماعية الأخرى، وبرز تأثيرها بصورة مباشرة على خلق الشكل ومورفولوجيته وأساليب التصميم. بتطوير مفاهيم العمارة وإعادة تشكيل محدداتها ومعاييرها لتدمج الفكر والمادة والشكل بطرق غير مسبوقة أدت الى إعادة تعريف جذري لتلك المحددات تمخض عن ذلك مناهج جديدة لخلق الشكل. وبرز مفهوم إيجاد الشكل بدل صنعه بالأسلوب التقليدي باستثمار الرقمنة وتقاناتها. ومقاربة خلق الاشكال مع مبادئ الطبيعة والتطور والنشوء لخلق اشكال غاية بالتعقيد و الحيوية.

المحور الاول/ العمارة الرقمية :

تُعد الثورة الرقمية من أبرز القضايا المؤثرة في التصميم المعماري ونظريات العمارة المعاصرة بإعادة النظر في أكثر الأنماط الفكرية والمادية للعمارة في ضوء "الرقمنة" لتمثل العمارة الرقمية امتداد للتوجهات العقلانية للحوسبة في العمارة التي توظف العلوم والتكنولوجيا المشتقة من العمليات العقلية. (Ibrahim,2009,p4) غيرت هذه الأدوات الرقمية لغة العمارة بجميع مستوياتها بمفاهيم جديدة، بالإضافة للإدراك والتصور المختلف لفعل لتقنية الحاسوب في العمارة التي تستند على معالجة شكلية سائلة (Fluid) للأنماط الهندسية ومنظوماتها التعبيرية للتكوينات المنتجة حاسوبياً لإنتاج اشكال لا مألوفة ومبدعة ترتبط بالعمليات الخوارزمية والحسابية وعمليات البرمجة تحت مسمى (العمارة الرقمية)، والتي هي نمط معماري جديد لا يرتبط بطراز محدد، أنتج باستعمال النمذجة والبرمجة والمحاكاة والتصيير

الحاسوبية لتكوين أشكال افتراضية وهياكل مادية يعبر عنها بتقنيات رقمية أو الغلاف الرقمي، ويظهر إبداع لمجموعة واسعة ومتنوعة من الأشكال المعقدة بتأثير الخوارزميات. تحولت فيها مناهج التعبير عن الأشكال، اذ لم تعد البناية في ظل الرقمنة بنية اعتيادية مثلما كانت، بل أصبحت تتخذ جسداً حياً (a life body)رؤيتها للبناية كبنية ديناميكية (Dynamic). (GAO,2003,P12) وتوجيه البناء الفكري للعمارة نحو الافتراضية ونظريات (Deleuze) بالطي، التي تؤكد على الانتقال والتجريب والحضور المادي ليتجاوز المعماريين مفاهيم الحتمية والديكارتية والاهتمام بالهندسة اللااقليدية واللاكمية ومناهج اللاخطية في التشكيل.

(١-١) المورفولوجيا الرقمية (Digital Morphogenesis):

تُعرف المورفولوجيا في البيولوجيا بعلم دراسة الشكل، ويهتم بدراسة وتحليل شكل وبنية الكائن من ناحية المظهر الخارجي والتكوين الخلوي من دون اعتبار الوظيفة. أما في العمارة فتعنى بدراسة التشكل والنسيج البنيوي للشكل ليدرس ككائن حي يتشكل من خلايا تكوينية، فأصبحت الوسائل الرقمية لا تستعمل للإظهار والتمثيل فقط بل كوسائل لتوليد الشكل وتحولاته، مثلت نقلة في قواعد التصميم المعماري التقليدي، وبدل نمذجة الشكل الخارجي يقوم المصممين ببلورة منطق توليدي ينتج بطريقة ذاتية بمجموعة من الاحتمالات والبارامترات التي يحددها المصمم لصياغة الشكل. ويؤكد (Leach) مساهمة مفهوم التكوين التشكيلي(Morphogenesis) لخلق الشكل بمماثلة مع مناهج توليد الأشكال في الطبيعة (العضوية واللاعضوية) التي تستند على منطق تحقيق الامثلية للشكل،وازاحتها نحو القدرة على التحول المستمر والديناميكية لتستبدل القواعد الثابتة للعمليات التقليدية. وعزز ذلك باستعمال المجال اللامادي للحاسوب من استيعاب الخصائص المادية للعمارة للاستكشاف التكتوني وظهور مفهوم من البناء الرقمي (Digital Tectonics) وإزالة التعارض بين مادية التكتونك ولامادية الرقمنة في العمارة، لتمثل هذه الانعطافة تغييراً في تطبيق ما أحدثته (المنهجية الحوسبية) والتعبير عن الشكل المعماري والذي حرر الفكر المعماري باتجاه (الاستعمال التخيلي لعمليات متعددة) مع التركيز على تكييف الشكل والتحول من صنع الشكل (making of form) إلى ايجاد الشكل (Finding of form) ليستبدل المستقر بالمتغير، والمتفرد بالمتعدد عن طريق تقنيات التوليد والتشكيل الرقمي بصورة قصدية من المصمم ،إذ يتصاعد استعمال الوسط الرقمي في العمارة ليس لتقديم الشكل وتصييره فقط وانما لاشتقاق الشكل وتحولاته ،وهو ما يسمى بالمورفولوجية الرقمية.(Leach,2009,p34-36)

(١-٢) صيغ ايجاد الشكل الرقمية (Form-finding with digital technique)

تتعاظم أهمية التصميم الرقمي في تطور العمارة منذ أواخر القرن الماضي، يبين بعض المنظرين أنّ هذا العصر هو عصر السيولة والديناميكية والاكتشافات المتجددة وان الشكل المعماري يفترض أنّ يعبر عن هذه الظاهرة، وتكشف عمليات ايجاد الشكل عن منطق جديد للاستكشاف الشكلي والتكتوني يتم بأنظمة ديناميكية التنسيق لاخطية (بالضد من الاسلوب التقليدي) وبأسلوب يتخلل التغير والتحول في عملها لإنتاج مخرجات غير متوقعة، لا يمكن شرح سلوكها مع الزمن خلال تكوين اجزائها، بوصفها شبكة من الروابط المتداخلة والتفاعلات الداخلية التي تعرف عملها. ويتأثر سلوك هذه الانظمة باي نوع من المعلومات المدخلة او المضافة برمجياً أثناء العمل فأي تغيير كمي بسيط للبارامترات يحدث تأثيراً نوعياً لا يتناسب مع تلك المدخلات، باستعمال الحاسوب ليس للتمثيل وانما لتوليد الشكل وتحولاته. (Rahim,2000,p:6)

ويحدد الاطار العام لجوهر ايجاد الشكل حاسوبيا وتحديد خصائصه بمفهومين هما: الحوسبة والحاسوبية وعادة ما يتم الخلط بينهما، فالحوسبة (Computation) تشير الى اجراء حسابي لتحديد هدف أو شيء ما بطرق رياضية أو منطقية، وتتضمن عمليات غير محددة بسبب طبيعتها الاستكشافية، وتهدف الى محاكاة و توسيع الذكاء البشري وترتكز على المنطق والخوارزميات والاستقراء والاستكشاف، تتضمن انعكاساتها المتشعبة حل للمشكلة بالهياكل العقلية (Mental structures) والادراك ومحاكاة للذكاء. ويتضمّن التصميم الحوسبي حقل واسع وجديدة للعمارة ومناهج التصميم تتطلب مهارات البرمجة ومشتقاتها كتوجه معماري جديد. وتدل الحاسوبية (Computerization) على فعل الادخال (entering) أو المعالجة أو خزن للمعلومات في الحاسوب وانظمته، وتتعلق بالاتمتة والمكننة والرقمنة لكيانات مسبقة التصور في عقل المصمم تتعامل مع الحاسب كأداة (بعكس الحوسبة) والتلاعب بالأجسام وخزنها في الحاسوب.

وهذا التوجه هو السائد بين المعماريين، اذ لا يتطلب مهارة عالية للبرمجة ويعتمد على عمليات معالجة الأشكال حاسوبيا.(Terzidies,2006,p: xi)

وبذلك تعتمد الاشكال على دور الرقميات في ايجاد الشكل وتحولاته وخضوعها لتحولات متعددة الأبعاد تستند الى حسابات رياضية ومنطقية وبأدوات رقمية توسع مجال الاستكشاف والتجريب للمعماري، تتصف هذه الاشكال بسطوح ديناميكية ومتحولة لتعكس مفاهيم جديدة في الشكل من الحركية او النمو او النشوئية او الادائية. **لهذا تحدد مقتربات توليد الشكل الرقمي من خلال العلاقة بين التوجه في توليد الشكل وكيفية توليده،وفي هذا السياق هنالك توجهان رئيسان يرتكز احدهما على التصميم المعماري ويرتكز الاخر على التصميم الهيكلي.** (Schodeck&Other, 2005 , p:50) وكما يلي:

(١-٢-١) ايجاد الشكل بتوجه معماري: Architecturally oriented

يتضمّن هذا التوجه أساليب تصميم وتطوير الشكل المعماري في بيئة الحاسوب وترتكز باتجاهيين: يعرف الأول عملية خلق الشكل بوصفها كبرمجة مباشرة لقيم شكلية مسبقة التحديد بمنهج التشكيل، في حين يهتم الجانب الثاني بالنظر إلى عملية التصميم بوصفه تقصياً وتطويراً لقيم شكلية جديدة بمنهج التوليد. ويهتم المعماريون في تطويع واستغلال القدرات الكامنة لأدوات وتقنيات في برمجيات التصميم بمساعدة الحاسب عند الاستعمال العادي الذي صممت لأجله ،أو باللجوء لأنماط أخُر من البرمجيات لتقديم التمثيلات المرئية غير موجهة في البرمجة . لاستكشاف الأبعاد الممكن الوصول اليها بتوظيف هذه الادوات ، وهذا يعتمد على مدى التوافقات للبيئات البرمجية المختلفة نفسها .ويختلف الشكل الناتج باختلاف الاسلوب المتبع وما ينتج عن ذلك من مسميات لنوع العمارة أو مسمياتها . (Schodeck&Other,2005,p:53)

(١-٢-١-١) مناهج التشكيل: Formation

مكنت الوسائل والادوات الرقمية المعماري من ايجاد أشكال لا يمكن التعبير عنها بالوسائل التقليدية زيادة على متابعة تطور العلاقات والارتباطات بين عناصر الشكل واختباره من النواحي الهيكلية والانشائية في بيئة رقمية، ويوكّد (leach) ازاحة مفهوم الشكل (form) الى عملية التشكيل (formation) التي تربط بين التكوين والتشكيل المادي في الوسط الرقمي. (Leach,2009,p:35) ويرتكز ايجاد الشكل في عملية التشكيل على التفاعلية بين المصمم والتقنيات الرقمية في بيئة ممكنة وتوظف هذه التقنيات عمليات هندسية منظمة أو رقمية تشكلية بمنطق اللاحتمية في ايجاد الشكل. ويتعامل فيه المصمم مع أجسام وهيئات مسبقة التصور مع اجراء التعديلات عليها ومعالجتها رقميا، وتكون هذه التقنيات هي القاعدة الاساسية لتعريف هذه النموذج من الاشكال والهيئات. (Oxman,2006,p:248) وتتضمن مجموعة من النماذج:

اولا : العمارة الطوبولوجية (Topological architectures): تعد الطوبولوجيا من المفاهيم التي انبثقت وتطورت مع التكنولوجيا الرقمية والرياضيات، التي غيرت مفاهيم الفضاء والهندسة الاحداثية. توصف الطوبولوجيا رياضياً بدراسة الخصائص النوعية والضمنية للأشكال التي لا تتغير بتغير المقياس او الهيأة وتحتفظ بخصائصها عندما تخضع هذه الاشكال للتحولات المستمرة بالتقوس والطي والالتواء والتمدد وتعد مرجعاً مفاهيمياً وإسلوباً تقنياً ينتج الاشكال الرقمية المتغيرة، وبالرغم من ما تقدم تصنف هنا كاستراتيجية تصميمية التي تحدد الأشكال المنحنية بالعمليات الحوسبية و(NURBS) لتعريف طوبولوجيا السطوح. ولذلك فأنّ الانتقالة النوعية للبنية الطوبولوجية تتجلى في مغادرة مفاهيم الفضاء الديكارتي وتوظيف الطوبولوجيا (الصفيحة المطاطية) وهندسة المنحنيات والسطوح المستمرة والمترابطة مع بعضها بعض الاخر. ويوضح (Lynn) العمارة المنحنية كأمثلة لمناهج تبتعد عن منطق التناقض السائد في التفكيكية وتطوير لمنطق أكثر سيولة وارتباطية، لتتمظهر السيولة الجديدة من خلال الطي. (lynn,2004,p:24) وفتحت تقنيات البرامج الجديدة عالماً من احتمالات التلاعب الهندسية للشكل القائمة على التفاعلية. وفي الوسائط الرقمية يتم استبدال الإحداثيات الثابتة للأشكال بتراكيب ديناميكية حوسبية مثل الأسطح الطوبولوجية والسطوح الفائقة. فضلا عن التفاعلية مع المعدلات الرقمية (Modifiers)، مثل (NURBS) أو عمليات النمذجة مثل (Lofting) لتفتح التقنيات الجديدة للتركيب والتلاعب التفاعلي للأشكال الهندسية المعقدة في التصميم. ويرتبط التصميم الطوبولوجي أيضا مع مجموعة من المفاهيم المتعلقة بمورفولوجيا التعقيد مثل الاستمرارية الفائقة (hyper-continuity)، والارتباطية الفائقة (hyper-

(Oxman,2006,p:250) تمثل هندسية السطوح الطوبولوجية بدوال بارامترية وليس بمعادلات ضمنية لتصف هذه الدوال مجموعة من الاحتمالات ، فالسطوح العالية الانحناء المستمرة والمتصلة يتم وصفها رياضيا بأدوات (NURBS)، وما يميز هذه السطوح عن غيرها هو القدرة على التحكم في أشكالها بسهولة عن طريق التلاعب والتأثير في نقاط التحكم، والاوزان، والعقد. وتجعل(NURBS) من سطوح الاشكال غير متجانسة ولكنها متماسكة أو متغايرة في مساحة أو فضاء طوبولوجي الممكن حوسبيا بتغير مواقع وقوى التأثير لنقاط السيطرة والاوزان والعقد. (Kolarevic,2003,p:252) وسطوح الكيانات يتم تعريفها بالحساب الرياضي (calculus) لذلك فهي تأخذ اشكال متعددة بدلا من تحديد نقاط ، تتسم بالسطوح المرنة المكونة من شرائح منحنية ، فالطابع الشكلي لشريحة معينة يرتكز على عدد نقاط السيطرة على القمم (Vertices) التي تؤثر على التدفق لمنطقة معينة. فالطوبولوجيا هي دراسة سلوك البنى والهياكل السطوحية تحت تأثير التشوه فهي تعمل على التهجين بين الفضاء التخالفي والزمن التفاضلي، ويؤدّي التحريف المستمر للسطوح إلى تداخل المستويات الداخلية والخارجية. وهذه القدرة التحولية للسطوح تنتج كيانات أجسام لاخطية ومنحنية. (Ibrahim,2009,p:10)

ثانيا: السطوح التشاكلية (التماثلية) (Metamorphic architectures): تمثل السطوح التماثلية نقطة تحول أُخرى لمغادرة الاجسام الافلاطونية والفضاء الديكارتي، بالكرات اللزجة (Blob) أو كرات الميتا (Metaballs) وهي أجسام لاشكلية غير متبلورة انشات كمجموعات مركبة من الالتواء والثني المتبادل بين الأجسام البارامترية والقوى الداخلية للكتلة والجاذبية ، هذه القوى لها حقول ونطاق للتأثير ، يمكن ان يكون هذا التأثير ايجابي (مضاف) أو سلبي (محذوف) . ويتم انشاء هندسية الاشكال بحوسبة السطوح في مجال تجميعي مركب له كثافة مماثلة للسطوح (ومن هنا سميت بالسطوح التماثلية). (Salem,2011,p:21) تختص السطوح التماثلية بالتأثيرات الناتجة عن مؤثرات خارجية لتشويه الجسم المرن. السطوح التماثلية تشعبت الى اشكال كونية أُخر بحيث يمكن ان يخضع الشكل للتغيرات التي تقود الى طرح احتمالات جديدة للشكل . فالأشكال تتفاعل مع بعضها بدل احتلالها للفضاء بصورة مستقلة عن بعضها البعض الاخر وتصبح مرتبطة من خلال المنطق، إذ إنها تنفتح لتتنوع في حقول التأثيرات كروية جديدة تضاف او تنشئ علاقات جديدة ، لتخلق احتمالات جديدة. حدود السطوح التشاكلية الكلية تتحول وتتحرك كحقول للتأثير متنوعة في الموقع والكثافة. وبهذه الطريقة تدار الاجسام وتؤثر في ديناميكية حيوية بدلا عن الجغرافية الساكنة للشكل . (Kolarevic,2003,p:252)

ثالثا: العمارة المتحركة (Animate architectures): يّعرف (Lynn) التصميم الحركي بالتصميم الناتج من خلال وجود القوة والحركة في الزمن التوليد الشكلي، والقوة هنا تعد الشرط أو الحالة الأولية المسببة في كل حركة ولاسيّما الالتواءات والتشوهات في الشكل المعماري تقدم انموذجا ديناميكيا يعتمد على التحريك (Animation) والتركيب الصوري (Morphing). ويؤكد على الاستفادة من برمجيات الكيانات المتحركة الرقمية ليس فقط كوسيلة لتمثيل الاشكال ، وانما لتوليد الشكل وتحولاته، بالاستناد على النموذج السينمائي (Cenimatic Model) السائد للحركية في العمارة، ليستبعد القوة والحركة عن تمفصل الشكل ويعاد تقديمها في وقت لاحق، اي بعد واقعية التصميم من خلال اليات وتقنيات العرض والاظهار البصرية . واستعمال الخيارات والقوائم الكاملة من تقنيات النمذجة المستندة على الحركة مثل الاطار الرئيس للحركة (key frame) واطار الشكل (keyshape) ، والكمينيتكا (kinematics) علم الحركة المجردة العكسية والتقدمية، والحركيات وحقول القوى، وانبعاثات الجسيمات. (Salem,2011,p:22)

فالكينمتيكا (kinematics) هو علم الحركة المجردة ويستعمل بمدلوله الميكانيكي لدراسة حركة الجسم او النظام بحسب نظام التسلسل الهرمي للجسم من دون اختبار لكتلته أو القوى المؤثرة عليه، ويتم نشر وتوزيع التحولات للشكل في تطبيق الحركة إلى أسفل التسلسل الهرمي بالنسبة للحركة الموجهة (التقدمية) والى أعلى التسلسل في الحركة العكسية. فأُن الهيكل الجسم والسطوح تشوه وتحرف باستعمال الحركة العكسية المستحثة من الموقع. أما **المحاكاة الديناميكية** تأخذ بعين الاعتبار تأثيرات القوى المقترحة على حركة الجسم من الجسم نفسه او نظامه، ولاسيّما للقوى التي تولد داخل النظام نفسه، فالخصائص الفيزيائية للجسم مثل: الكتلة والمرونة والاحتكاك وقوى الجاذبية والرياح والانحراف ويتم تطبيقها على الجسم او الشكل المحدد، وتحديدها للكشف عن التصادم والعقبات والانحرافات ليتم حوسبة محاكاتها

الديناميكية. اما نموذج **نظم الجسيمات** فالحقول المتدرجة من الجذب التي يقدمها الموقع خلقت قوى مترابطة مع حركة وتدفق المشاة و المركبات نحو الموقع. (El Daly,2005,p:97)

رابعا: العمارة البارامترية (Parametric architectures): يهتم هذا المنهج بتحديد وتعريف البارمترات لتصميم معين وليس على الشكل، وبتعين قيم مختلفة لهذه البارامترات يتم خلق تكوينات واشكال مختلفة تتيح اعادة ترتيب متغيرات البنية الهندسة. وتستخدم المعادلات (Equations) لوصف العلاقة بين الاجسام وهذا الاجراء يعرف بالهندسة الترابطية (الجمعية) بين الاجسام وهي "هندسة تأسيسية لارتباط الاجسام مع بعضها البعض ضمن نطاق او مجال محدد" . وبهذه الطريقة ينشئ ترابط متبادل بين الاجسام وسلوكها الذي يحدد بموجبه التحولات الشكلية لهذه الاجسام. (Salem,2011,p:25) كما يؤكد (Burry) في التصميم البارامتري على أهمية القدرة على تعريف وتحديد وانشاء علاقات هندسية ذات قيمة محددة، إذ إنّ أي تغيير للباراميتر في المعادلة يمكن أنْ يخلق اشكالا جديدة ، هذه البارامترات لا تتعلق فقط بالأرقام في الهندسة الديكارتية فهي تشمل بارامترات اخرى مثل المعايير الاداء كالإضاءة والصوت والكسب الحراري او مقاومة الهيكل للأحمال او حتى المبادئ الجمالية. لذا فان هذا النوع من الاشكال وبشكل اكثر دقة يتعامل مع الهندسة التجميعية(التركيبية) من خلال تعديل هندسية الشكل في تحليل سطوحه بحسب قيم البارامترات المحددة. ويمثل التصميم البارامتري الاستكشاف الخوارزمي للإنتاج والتشكيل التكتوني باستعمال البرامج الرياضية والتفاعلية لأدوات مدمجة ضمنيا بالبرمجة النصية لتحقق حرية الشكل والتحكم في انماطه، والتفاعل مع ادوات الاظهار. نقلت البارامترية التصميم من الفكرة إلى التقييس المعتمد على الطبيعة المتغيرة والمتسلسلة في إنتاج الشكل، وفي التنفيذ سيغير من طبيعة المواد والتدرجات التقليدية للبناء، ليس لتصميم شكل لكن لمجموعة مبادئ تحدد الخطوات البارامترية لتوليد حالات معينة يمكن تعديلها وتغيرها ورفض الحلول الثابتة .وتمر عملية تكوين الشكل بارامتريا بأربع مراحل: البدء بالمدخلات (input) وآلية التوليد (الخوارزميات، والقواعد وغيرها) وفعل التوليد (output) واختيار البديل الأفضل (selection). (Oxman,2006,p:253)

خامسا: عمارة التشكيل الادائي (Performance-based formation architectures): يمكن عدّ تشكيل التصميم على أساس الأداء عندما يتم تطبيق المحاكاة الرقمية للقوى الخارجية في توجيه عملية التشكيل، بتضمين البارامترات التالية كمتغيرات تدخل في صياغة التشكيل: الأداء البيئي، والتكلفة والآفاق التكنولوجية والمكانية (الحيزية) والاجتماعية والثقافية والبيئية. يوظف التشكيل الادائي تقنيات المحاكاة التحليلية لإنتاج التعبيرات البارامترية التفصيلية عن الأداء. وهذه بدورها يمكن أن تنتج استجابات تشكيل لأصناف معقدة من متطلبات الأداء ويمكن أن تطبق التأثيرات الخارجي للقوى في التصميم لإبلاغ السلوك المعقد للنموذج الذي يمكن أن تكون تشوه أو تحول، ويرتبط ذلك بعلاقة مع ديناميكية الاجسام، إذ يمكن حوسبة المحاكاة الديناميكية للتأثيرات البيئية كقوى المحركة لها. (Oxman,2006,p:257)

(١-٢-١-٢) مناهج التوليد: Generation

تترك بعض المقتربات الأسلوب العادي في توليد الهيئات (shapes) لتسمح للمعماري باستكشاف هيئات ذات معنى ضمن انساق هندسية اكثر تعقيدا تعتمد على الامكانات والاوامر الخفية للبرمجيات الرقمية وتعتمد على هيكلية القواعد الحاكمة لتوليد الشكل. (Schodeck&Other,2005,p:52) يتعامل المصمم فيها مع هيكل هندسي لكينونات مسبقة التصميم في بيئة (CAD)، وتعمل وسائل التركيب الرقمية كوسائط للسيطرة الطوبولوجية والهندسية في توليد الاشكال بتعريف الجوانب الهندسية للعلاقات الهيكلية لتكون الصفات الشكلية النوعية غير محددة المعالم. لهذا يتسم المنهج التوليدي الرقمي بتقديم تقنيات حسابية لعمليات التوليد الشكلي، يتفاعل فيه المصمم باليات معقدة تتعامل مع نشوء اشكال مستمدة من قواعد ومبادئ وعلاقات توليدية، وتكون الهيئات والاشكال هي ناتج لعمليات توليد مسبقة الصياغة والتشكيل. توفر السيطرة وخيارات توجه المصمم لاختيار الحلول. وغالبا تستند هذه العمليات إلى قواعد ومبادئ تطورية بالتوليد الطبيعي او الهندسي قد تدمج مع نماذج التشكيل لإنتاج نماذج مركبة تجمع بين التوجهين، وهي كما يأتي: (Oxman,2006,p:258)

اولا: العمارة التطورية (Evolutionary architectures): هذا المنهج يعتمد على نظرية التطور والعلوم المرتبطة به، إذ إنّ كل شيء في الطبيعة يتطور ويتغير من مرحلة الى أُخرى بالعلاقة الى الزمن والتجريب ، فقد يكون التغير باتجاه اكثر تطوراً من سابقه أو اقل، بحسب التجربة مع المحيط وما يفرضه من تأثيرات. لذا يقترح (Frazer) النموذج

التطوري كعملية لتوليد الشكل المعماري، يتم التعبير فيه عن المفاهيم المعمارية كقواعد توليدية بحيث يتم تسريع نشؤها وتطورها ونموها وتختبر باستعمال النمذجة الرقمية الحاسوبية. وتوصف المفاهيم المعمارية بلغة جينية(وراثية) بإجراءات رموز نصية تعطي اوامر لتوليد الشكل النهائي. وتستعمل النماذج الحاسوبية محاكاة تطور أُشكال النماذج الأُولية (القوالب) ليتم فيما بعد تقسيمها على اساس ادائها في بيئة المحاكاة. وبهذا الاسلوب فان عدد كبير من الخطوات التطورية يمكن أنْ تتولد في مدة قصيرة من الزمن وتظهر أشكالاً ناشئة (Emergence)غير متوقعة.(El Daly, 2005,p:136) إنّ المحرك الاساس للعمارة التطورية هو الخوارزمية الجينية، ويتم تطوير هذه الخوارزميات لتوضيح عمليات التكيف للأنظمة الطبيعية وتصميم النظم الصناعية بالاستناد لمبادئ هذه الانظمة بتوظف التقنيات التطورية التي يجري اشتقاقها بالمماثلة مع عملية التشفير الوراثي(Genetics) فهي صنف تطوري مواز للأنظمة الطبيعية في البحث عن إجراءات التكييف، ويعتمد تطور الشكل على القواعد التوليدية التي تحدد تطور الشفرة الجينية ونموها الذي يعرف التشكل الجيني للكيان (morphogenesis). (Oxman,2006,p:256) وتعرف سمات هذه المنهج كهياكل وبنى شبه خيطية (سلسلة) تكافئ الكروموسومات الطبيعية والتي يتم تطبيق قواعد الاستنساخ (reproduction) والانتقال الجيني (gene crossover)، والطفرة الوراثية (mutation) عليها، والاختيار (selection) عن طريق بارامترات متعددة يتم ترميزها بمعايير مختلفة وتتغير قيم هذه البارامترات خلال عملية التوليد. و تولد عدد من الاشكال الزائفة (اشباه شكلية) ويتم اختيار هذا التوليد من المصمم بالاعتماد على معايير الملائمة المحددة مسبقا . الكائنات المختارة وقيم البارامترات المقابلة يتم تهجينها بمرافقة انتقال الجينات والطفرات وبالتالي تمرير المفيد والحيوي من هذه الصفات في التوليد الجديد ويتم الحصول على الحلول المثلى بتغيرات تدريجية على مدى توليدات عدة . ترتكز عملية الترميز الوراثي على نمذجة المنطق الداخلي أكثر من الشكل الخارجي، فضلاً عن تحديد المعايير والبارامترات وتجنب التضارب وسوء التعريف وكيفية تحديد المعايير لاختيار الاصلح. وتفاعل الاشكال مع بيئتها وتمثيلها برموز العمليات المورفولوجيا. (Ibrahim,2009,p:13)

ثانيا: العمارة المتحولة (Metamorphic architectures): أدّى تحول التركيز لعملية التصميم من التركيب الفضائي الى الصفات المادية والتفاصيل التكتونية ، فإنّ الخواص التكتونية ومحتوى المورفولوجيا التصميم تدمج بقواعد رياضية لتوليد النموذج الشكلي التحولي بطابع أكثر تجريداً وطوبولوجياً وأقل تركيباً، لتستند لنظام حاسوبي لتغطية مادية ثلاثية الأبعاد، كأسلوب لتوليد الشكل المتحول لمحتوى شكلي مسبق . (Oxman,2006,p:256) وتمثل العمارة المتحولة فكرة خلق شكل بسيط ثم تطبيق المعدل (Modifier) لإجراء التحولات الملائمة أو المناسبة كالانحناء والتشظية والالتواء والشبيكة الشعرية (lattice deformation) والتحولات النشوئية (morphing) وغيرها من العمليات لتغير الشكل أو السطوح. ويتم تحديد المعدل المختار وفقا للمفهوم بإضافة البعد الزمني الرابع لعمليات التحريف والتعديل على السطوح ، إذ إنّ برامج الرسوم المتحركة تضيف امكانية التعبير عن فضاء والشكل في التحولات الشكلية للجسم. ويتم اختيار افضل اطار للشكل المراد خلال المدة الزمنية المحددة. وتتضمن توليد الاشكال والسطوح المتحولة العديد من التقنيات الرقمية التي تعمل على تحول هيأة الجسم من حالة الى حالة اخرى متغيرة ، تتمثل هذه التقنيات في مفتاح التحريك الرئيس (Key Animation) أو تشويه نموذج الفضاء المحيط بالشكل بشبيكة التشويه أو منحنيات(spline) أو على احد محاور النظام الديكارتي او مستويات معينة التي يتم تسجيل التعديلات على مسار الحركة. تجري التحولات على هندسية الشكل بفترات محددة للمسار، وتقوم البرامجيات الحاسوبية بتبسيط وحوسبة الحالات بانتقالات ناعمة متحركة ومشتقة زمنيا بين الطرفين بحوسبة تبدل هذه الحالات. (Kolarevic,2003,p:254) وفي تشوه النماذج الفضائية، تتشكل الاجسام والسطوح بشكل متوافق ومتطابق مع التغيرات الهندسية للنموذج الفضائي المحيط بها. إذ إنّ شكل الجسم في الحالة الاولى للاطار الاولي على خط الزمن يظهر مختلفا عن الاطار النهائي الحالات. (El Daly,2005,p:97)

ثالثا: العمارة المولدة ادائيا" (Performance-based generation architectures): يرتكز التوليد ذو المنحى الأدائي على عمليات توليدية يقودها الأداء وعادة ما تتكامل مع عمليات التشكيل، وهذا التطور باتجاه الحالة النهائية المتكاملة يحصل بتمكين الادوات الرقمية. وتعمل القوى في سياق معين مثل القوى الانشائية والبيئية وغيرها بصورة أساسية على ايجاد الشكل بتصميم رقمي، ويمكن عدّ القوى الخارجية (كقوى البيئية والأحمال الهيكلية، والصوتيات،

والنقل، والموقع، والبرنامج ..الخ) معلومات تعمل بمثابة "القوى" التي يمكن أنْ تعالج وتنشط الاستجابة لعمليات التصميم الرقمي بشفافية مع المصمم. وفي نموذج التوليد الأدائي، فإنّ بيانات محاكاة الأداء تدفع وتقود عمليات التوليد والتشكيل لتوليد الشكل. يمكن للمصمم أن يتفاعل مع ثلاث وحدات هي: تعريف معايير الأداء في وحدة الأداء، وتحديد التوليد في وحدة توليد والتفاعل مباشرة مع التمثيل الرقمي. (Oxman,2009,p:103) ترتبط مفاهيم التصميم الرقمية التي مع الرسوم المتحركة على أساس الأداء وبواسطة الإجراءات التحليلية الحاسوبية لتوزيع الإجهاد ضمن الغلاف الحجمي للسطوح تقوم برسم خرائط السطوح كحقل من النواقل القوى الرئيسية، ووفقا لهذه المعلومات الهيكلية وجمعها بغيرها من البارامترات مثل زاوية سقوط الشمس ومحاور النظر والفضاء، لتطوير الغلاف الحجمي للأشكال. (Hensel&Menges,2008,p:89)

(١-٢-٢) ايجاد الشكل بتوجه هيكلي: Structurally oriented

يتم فيه توليد الشكل في اطار التصميم الانشائي ، والشكل المنتج على وفق هذه الالية قد يكون نموذجاً فيزيائياً او رقمياً. فان اليات ايجاد التصورات الاولية الصالحة انشائياً تختلف عن الاليات التي تستهدف الجانب المرئي، وكذلك الحال بالنسبة لآليات الانشاء الملحقة بها. إذ لا تنصاع كل الاشكال المولدة بالضرورة لأحكام الانشاء والتصنيع. فالآليات الصالحة لإيجاد أشكال تعمل على حمل الأثقال وتكوين سطوح مستمرة تختلف بشكل واضح عن تلك المقتربات التي تعنى بما هو مرئي في الشكل. ومن ثم فأنّ هنالك مناهج فيزيائية وأُخرى حاسوبية قائمة على التجريب لإيجاد الهندسية الملائمة للسطوح الحاملة للأثقال بهيئة معقدة. وتعتمد معظم مقتربات ايجاد الشكل الهيكلية على نماذج فيزيائية دقيقة مثل، أعمال الشبكات المعلقة بالسلاسل أو تجارب النسيج الممطوط وغيرها، وتنقسم على محوريين:(Schodeck&Other,2005,p:35)

اولا: الانتظام الذاتي في تقنيات المواد (Self-Organization) : يعرف الانتظام الذاتي لأنظمة المواد الحية كعملية تقع عبر الزمن لها حركية تنتج متسعا لمتغيرات في نسق النظام وبنيته لها دور في تحوير سلوك النظام . وتتضمن خصائص الانتظام الذاتي بنية فضائية ثلاثية الابعاد، ووفرة زائدة وتمايزاً، وتدرجاً وتنميطاً. وقد تصاعدت استراتيجيات التصميم و آليات التي تقوم على نماذج بيولوجية للعمليات التي تنتج فيها أشكال المواد الطبيعية. فقد طورت الكائنات الحية تنوعات متعددة لشكل (خلوي انمائي) يرتبط ببنيتها ومادتها **يرتبط فيه الشكل والبنية والمادة كل منهما على الاخر، وهو سلوك لا يمكن التنبؤ به بتحليل اي منهم على حدة**، إذ تتطور المواد الطبيعية تحت الضغط ، لتكوّن بنى داخلية معقدة من المادة العضوية (البيولوجية) في تجاوب متكيف على مستوى الجزء فيها ، ذات كثافة تتصاعد تجاوبا مع زيادة الضغط، تتمثل بتجاويف او فضاءات مملوءة بالهواء او السوائل (تمثل هندسية رغوة الصابون نموذجا لها) ويعد نسيج العظم مثالا لذلك، فهو صلد خلوي وهو مادة مسامية لها مظهر الرغوة المعدنية ، وداخله عبارة عن شبكات من بنى صغيرة متماسكة التوصيل ، يزداد كثافة تجاوبا مع حمل الاثقال وأقل كثافة عند تقدم العمر، وما يختفي منه هو المادة الموصلة الصغيرة جدا لتصبح الفضاءات او الخلايا ضمن العظم واسعة. (Weinstock,2006,p:40) وتقدم استراتيجيات التصميم التي تعتمد على الهندسيات الرغوية وعلى (الخلويات) متعددة السطوح التي تملأ الفضاء او الفراغ (space- filling polyhedral) بانظمة انشائية عالية القوة والمرونة. وتعد السيطرة على حجم الخلية، وتوزيع وتمايز الاحجام ضمن البنية الكلية ودرجة وعدد الوصلات ، كلها متغيرات يمكن استكشافها في انتاج القوة والنفاذية. (Hensel,2006,p:15)

ثانيا: الهيئة المثلى انشائيا للشكل (Optimization of shape) : الهيأة المثلى: هي الشكل الذي يحقق حالة من التوازن بين الاحمال الخارجية والقوى الداخلية في تلك الهيأة وباقل المواد، ويبرز توجيهان لأكثر الآليات شيوعاً بهذا المجال هما: منهج كثافة القوى (force density method) والراحة الحركية (dynamic relaxation)، وقد وجد كلاهما لتقليل القوة الحاضرة في النظام عبر الحصول على الهيأة المثلى للنظام نفسه. وفي الآليتين كليهما يصاغ الشكل بتغير الاحمال او تعديل الظروف التي تدعم وتحد النظام، وكل من هذه الظروف الداعمة والمحددة تقبل شكلا اوليا متفردا. ويمكن لانحناء الهيئة في البنى الغشائية التأثر بدرجة الشد المسبق. ويستخدم منهج كثافة القوة بشكل رئيس لتحديد الشكل المتزن المرتبط بوجود ضغط مسبق محدد وكذلك في تحليل الاحمال المسلطة على الشكل، فهو يسمح للمصممين بإيجاد اشكال متزنة ذات طوبولوجية ومواقع اسناد ومجموعة من نسب كثافة القوة (الكابل) وهو منهج

مستقل عن الموقع الأولّي للمفاصل الحرة ويأخذ بعين الاعتبار كل عنصر مؤطر لكل مفصل. وتنتج نسب كثافة القوة المختلفة هندسيات مختلفة في حالة اتزان. وهو منهج له حس فيزيائي كلّما عظمت فيه نسبة كثافة القوة كلما كبر الطول الثابت للعنصر. لتشبه كثافة القوة بعدّها الرابط المطاطي الثابت بين المفاصل، فكلما كبرت النسبة كان الرابط المطاطي أقوى. (Schodeck&Other,2005,p:53)

أما منهج الراحة الحركية فهو نوع من اليات التحسين (optimization) ويمكن استعماله لإيجاد شكل لهياكل الكابل والنسيج . بهدف العثور على الهندسة فيها كل القوى هي في حالة توازن. وهو اجراء تحليلي عددي متكرر، وآلية لإيجاد الشكل في البنى الغشائية من خلال نمذجة فيزيائية محاكيه تتضمن شبكة رقمية مثبتة بمواضع محددة تستقر في حالة توازن تحت تأثير الاحمال، وتتحقق عملية التكرار عبر حسابات تعتمد على المرونة والمادة المحددين للغشاء، وتعين نقاط الحدود والقوى ذات العلاقة (باستقرار الغشاء) من خلال محاكاة عملية ما عبر الزمن. (Szalapaj,2005,p:67)

ويوضح الجدول التالي (١) مفردات مناهج إيجاد الشكل الرقمية

جدول (١) اهم المفردات والمؤشرات المستخلصة لمناهج ايجاد الشكل الرقمية. (المصدر: الباحث)

المفردات	المؤشرات والقيم الممكنة				
اساليب ايجاد الشكل الرقمية	اسلوب الحاسوبية Computerization	اسلوب الحوسبة Computation	توجه معماري	التشكيل	الطوبولوجي
					الحركي
					البارمتري (الترابطي)
					السطوح التشاكلية
					الادائي
				التوليد	التطورية
					التحولية
					الادائية
			توجه هيكلي	الانتظام الذاتي	
				الراحة الحركية	كثافة القوة
					الراحة الحركية
مرجعيات الشكل	من داخل حقل العمارة				
	من خارج حقل العمارة				

المحور الثاني/ خصائص الشكل في العمارة:

يوضح (Abel) الشكل المعماري كمجموعة من العناصر الشكلية ترتبط فيما بينها بعلاقات بانساق تنظيمية ترتبط فيها العناصر مع بعضها البعض ومع الكل لتحقيق التكوين الكلي ضمن مبادئ واسس تنظيمية، ويُعد أنّ العمارة هي نظام حي له لغة ويمتلك خصائص مادية وبنيوية (جوهرية) كالتنظيم والتعقيد والتناغم. (Abel,1997,p:22) ويتفق هذا مع رأي (Salingaros) بامتلاك الشكل خصائص بنيوية تمثل الخصائص الأساسية التي إذا أبعدت عنه يحاط بالغموض ولا يمكن تمييزه ، اما الخصائص المادية فهي تشترك مع البنيوية في وصف بنية الشكل .وأشار إلى الخصائص الجوهرية (بالتنظيم، والتناغم، والانتروبي والحرارة والتعقيد والحيوية). (Salingaros,2008,p:42) ويلاحظ في العمارة الرقمية أهمية اعتماد (CAM/CAD) لخلق فضاءات افتراضية تدمج الاشكال الطبيعية (العضوية واللاعضوية) والهندسيات اللاقياسية (اللاخطية) بارتباطات تماثل الارتباطات في البيولوجيا والعلوم الكونية لخلق الاشكال الهجينة والحرة. إذ يتمّ تطوير الأفكار المعمارية في البيئات الرقمية بوسائل ديناميكية تفاعلية تمكن المصمم من استكشاف العلاقة بين تكنيك الشكل وتطويره بوساطة الحاسوب، فضلاً عن إختيار المكونات والمواد والملمس للشكل وبنيته، زيادة على سهولة المعالجات المصمم بصورة تفاعلية(GAO,2003,P:12) ولغرض استخلاص مقياس لخصائص الشكل سيتطرق البحث الى مجموعة من الدراسات التي تناولت الشكل المعماري وخصائصه بضوء الرقمنة.

(٢-١) الدراسات السابقة لخصائص الشكل في العمارة:

(٢-١-١) دراسة Frazer، *Evolutionary architecture*، ١٩٩٦.

طرحت الدراسة نموذجاً رقمياً لاشتقاق الأشكال اسماه (العمارة التطورية) التي تستقصي مبادئ خلق الاشكال الحيوية بالتوازي مع مورفولوجيا الطبيعة، ويفترض فيها قوانين الطبيعة كقوى مولدة للأشكال المعمارية، وتجري في بيئة افتراضية رقمية لتسريع وضغط عمليات النمو للشكل المعماري الخاضع لقوانين المورفولوجيا والانتقال الجيني بالتكرار والعبور والتحديد لاختيار الاصلح.(ص:١٠٣) بشكل يماثل النظام الجيني الذي يحكم الاجزاء الاكبر من الذرة (Atom) **ولهذا تؤكّد على اشتقاق للعمليات أكثر من اشتقاق الاشكال. ويشبه فيها العمليات بالنمط الجيني والاشكال بالنمط الظاهري**، بمماثلة الجينات للعمارة مع الجينات البيولوجية التي تتراكب وتجمع بعلاقة تبادلية بين المكونات بعمليات الانتقال والعبور والطفرة الوراثية لتنعكس بالنمط الجيني أمّا بتغيير العناصر وتسلسلها أو في الارتباطات أو كليهما، بآليات الحذف والاقلاب والاضافة التي تحكم بطبيعة العناصر (موجبة او سالبة) أو نوعها (أساسية او ثانوية) ويتم بالتحكم بعلاقة الجزء بالجزء ضمن الجين، أو علاقة الجزء بالكل.(ص:٩٤) تخضع الى معايير محددة في الاختيار لتحقق القبول للمتلقي تمثل بإمكانية التكرار، والتنوع بقدرتها على التغير والتحول بالنمط الظاهري، والتنافس في بيئة مخصصة قبل تكرار الشفرة .(ص:٩٨)

تنظر الدراسة للشكل المعماري بالمماثلة مع النظام البيولوجي وعملياته والتركيز على مفهوم الطفرة في (للنمط الجيني) الناتجة بفعل الطاقة المسلطة على النظام لتنعكس (بالنمط الظاهري) للشكل بالتحول والتغيير في عناصره أو علاقاته أو كليهما وارتباطها بالكل الاشمل، فالعمل الفني الحيوي يتولد من تبادل والارتباط بين الموضوع والشكل بتحليل البنية الشكلية بمستوياتها كلها الى الأجزاء المكونة لها وعلاقتها مع الجزء والكل.

(٢-١-٢) دراسة Lynn، *Animate Form*، ١٩٩٩:

قدم (Lynn) نموذج عمليات دقيقة تظهر تأثيرات القوى المختلفة على المظهر الخارجي (الفيزياوي) للشكل، وبالتقابل مع النماذج البيولوجية فأنّ الشكل يولد وفقا للسياق **فهو يهتم باشتقاق الشكل الخارجي أكثر من اشتقاق لعمليات تحكم توليده.** (ص:١١) ويعتمد ذلك على ادخال الزمن لحظة توليد الاشكال، وتثليث السطوح (شبكة مثلثة) لتحويل النقاط الثابتة (static point) إلى سطوح المتجهة (vector surface) بالنمذجة الرقمية؛ لان الكيانات الطوبولوجية تستند إلى النواقل والنقاط لتدمج الحركة والزمن بالشكل **كالتواء أو انحناء أو غيرها من تراكب قوى متعددة**، وتقسيمها شبكيا يظهر **التغير والتحول لعناصر الشكل ليكون بارزاً أو ضحلاً**، كذلك يتضمن **تجميع مستمر لأجزاء غير متجانسة تعرض صفات الكل النوعية بالاستمرارية وصفات موضعية باللاتجانس** والتناقض ترفع من الاحتمالية (انتروبي). (ص:٢٣)

تبنت الدراسة اسلوب الحيوية للشكل الخارجي اكثر من اشتقاقها لعمليات توليده التي تحكمه وتتفاعل مع القوى السياقية للموقع تظهر على الشكل في السطوح المقسمة بشبكات رقمية لتدمج الحركة والتحول كعمليات التواء أو انحناء أو غيرها من المؤثرات الحيوية في الشكل. تنعكس بالاختلافات والتفاصيل وملمس المواد على السطوح

(٢-١-٣) دراسة Sana، *Re-thinking Architectural Form*، ٢٠٠٥:

تقدّم الدراسة الشكل كظاهرة تكون العمليات الحيوية والنشوء التطوري جزءاً منها، وتعرف العملية الحيوية كظاهرة ديناميكية متغيرة باستمرار تتضمن تحولات من لحظة الى اخرى وتحكم بالترتيب للنظام، وتمتد هذه العملية حقبات تحول تشكل وتوجه بكلية متماسكة ونظام معقد يخلق خصائص مميزة للشكل، وتمثل هذه الفترات الحقبات صورية للنظام تتبع بنشوء و إنتروبي مضافة الى مسار النظام لتصبح المولد الاساس لخصائص الحيوية والتعقيد والتناسق للشكل. **(ص:٣)** وقدمت نموذج حيوي وفق مفهوم التنظيم الذاتي، لوحدات اساسية مكعبة ترمز كل وجه للوحدة بتسلسل معلومات في فضاء افتراضي رقمي، وتسلط عليها طاقة لتتراكب هذه الوحدات مع بعضها لتكون نمط معين للشكل يخضع لتحولات بمستويات متعددة لنمط الشكل على مستوى الاجزاء وعلاقتها ببعضها وبالكل بتنوع العلاقات الرابطة بينها بالتجاذب أو التنافر، وتحدث تحولات بعلاقة الجزء بالجزء من عناصر متطابقة من حالات التكرار والعبور. اما التحولات لمستوى علاقة الجزء بالكل تنتج بعناصر موجبة وسالبة(ذكر وانثى) إذ تمثل العناصر الموجبة ببروز للنمط او تعمل الاجزاء السالبة كخلفية للعناصر وتكون شكل حاوي للعناصر. وهذا ما يحدث في واقع

الحياة بنمو اشكال معقدة من قواعد بسيطة بين الاجزاء تشكل بهندسية عالية على مستوى الجزء وتماسك بمستوى الكل تظهر التحول على مستوى الكتلة أو السطح أو الاجزاء. (ص:٩)

توضّح الدراسة الشكل المعماري كظاهرة حية يخضع لسلسلة تحولات مفاهيمية للعلاقات والعناصر المكونة له والتي ترتكز على الفكر الجوهري وتخلق الحيوية في الشكل من خلال التصورات والعناصر والتفاصيل واداء المواد والتي تنسجم مع بعضها ومع المحيط كوحدة متماسكة تنعكس في بدرجة التحول بالخواص الظاهرية والعلاقات بين العناصر.

(٢-١-٤) دراسة Salingaros، *Theory of architecture*،٢٠٠٨:

توضّح الدراسة أهمية دخول أساليب التحليل الرقمية في العمارة كعوامل معتمدة لمعرفة القوانين التي تحكم نظام الشكل وخصائصه البنيوية (الجوهرية)،فالشكل المعماري ونظيره البيولوجي يمتلك نظاما دقيقا على وفق مصفوفات واسس رياضية تمنح التكوين هيئته وخصائصه بالتنظيم والتعقيد والانتروبي والتناسق والحرارة على المقياس الصغير والكبير والمقياس الرابط بينهما، وقدمت الدراسة مقياسا علميا لمعرفة وتقيم خصائص الشكل من خلال دراسة جوانب حسية ذاتية يصعب قياسها ، وربطها بمبادئ من خارج حقل العمارة بالمماثلة مع قوانين الطبيعة بالفيزياء والبيولوجيا فيما يتعلق بالخصائص البنيوية للشكل المعماري ممثلة (بالتناغم والحرارة والتنظيم والتعقيد) تعتمد مؤشرات موضوعية لمتغيرات الشكل. (ص:١١٢)

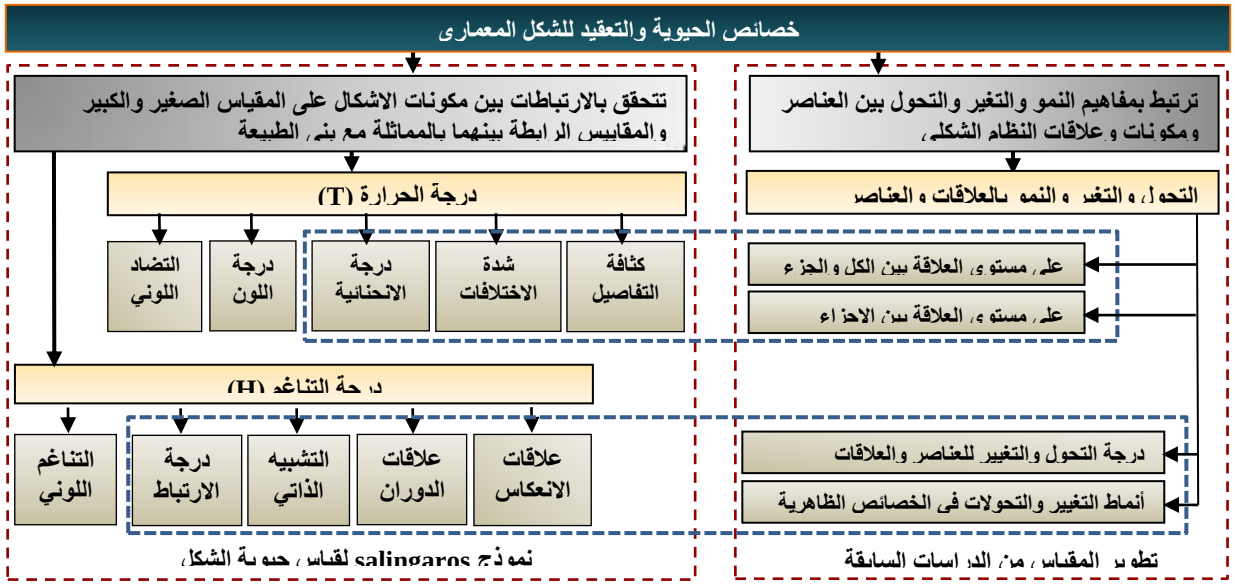
استخدمت لتقييم طرز تقليدية، وسيتم اعتمادها مع تعديل على النموذج بما يوافق المفاهيم المستحدثة للعمارة الرقمية.

(٢-٢)النموذج الافتراضي لمقياس خصائص الشكل :

يستند الانموذج الافتراضي للبحث في قياس درجة الحيوية للأشكال المعمارية على نموذج (Salingaros) مع اجراء بعض التعديلات المتمثلة بربط بعض المتغيرات المستخلصة من الدراسات السابقة لمقياس أكثر شمولية بما يتلاءم مع مفاهيم التحولات والأنظمة الجينية التي اعتمدتها العمارة الرقمية في صياغة الاشكال، بغية ادخال متغيرات النمو والتحول والتغيير بمرجعيات موضوعية مشتقة من علوم البيولوجيا والطبيعة. وكما مبين بالمخطط (١-١).وسيتم تفصي متغيراتها كما يأتي:

اولا/ درجة حرارة الشكل(T): يمثل مقياس لشدة الاختلافات المميزة، وكثافة التفاصيل، وانحنائية الخطوط والاشكال، فضلاً عن درجة اللون المرتبطة بالمقياس الصغير للشكل، يتم قياس الهيكل الحراري للشكل بخمس متغيرات وكل متغير مقياس تتراوح قيمته (0-2)، وتحسب درجة الحرارة النهائية لمعدل قيم تلك المتغيرات ($T_{total}=T_1+T_2+T_3+T_4+T_5$) وتكون قيمة لحرارة الشكل الكلية بالشكل ($0< T_{total} <10$)، وكما مفصل :

- كثافة التفاصيل الممكن ادراكه T1: وتمثل حدود التمييز المتصورة لملمس المواد والاشكال للمقارنة في أي حجم.
- كثافة الاختلافات وشدتها T2: وتقيس كمية التنوع والبنى الثانوية للشكل، و التمايزات والاختلافات الهندسية كلها.
- درجة انحنائية الخطوط والاشكال T3: وهي مقياس لأصغر نصف قطر للأشكال والخطوط المنحنية والمتعرجة والخطية.
- الشدة اللونية T4: تمثل تقريب للعمق اللوني وكثافته والواضح على السطوح والاشكال.
- التباين بين الدرجات اللونية T5: وتمثل قياس التفاعل والتأثير المتبادل بين مجموعة من الألوان المميزة والمختلفة.
- مستويات التحول والتغيير للعناصر الشكلية بالعلاقة بين الجزء والكل(T6) : باعتماد مكونات موجبة (positive) تمثل كشواخص بارزة او خاسفة على السطوح او عناصر وسطوح سلبية (negative) تكون كخلفية للأشكال.
- مستويات التحول للعناصر الشكلية بالعلاقة بين الاجزاء(T7): اعتماد عناصر ثانوية بدرجة عالية من الحرية ترفع من حرارة الهيكل وتشترك في وصف سمات البنية، أو اعتماد عناصر اولية لا يمكن اقصائها ناتجة من علاقات الهيمنة.



مخطط (١) يوضح عملية تطوير مقياس Salingaros وبناء النموذج الافتراضي لقياس سمات الشكل بالحيوية والتعقيد
المصدر : الباحث

ثانيا/التناسق (H) والانتروبي (S) للشكل: تقاس العشوائية بالانتروبي (اللانتظام)؛ ولأنّ الانتروبي ليس مفهوماً حدسيا أو تقليدياً في العمارة لذلك يستعمل التناسق المعماري (H) لقياس قلة العشوائية في الشكل، تأثر قياس التناسق للشكل بخمس مفردات اساسية في قياس التناغم المعماري للشكل تعتمد على قياسات الاجزاء للسطوح والاشكال والمدركة بصورة مباشرة، وتحسب درجة التناسق النهائية لمعدل قيم تلك المتغيرات بالشكل التالي ($H_{total}=H_1+H_2+H_3+H_4+H_5$) بحيث تكون قيمة التناغم الكلية بالشكل ($0< H_{total} <10$)

- العلاقات الانعكاسية على جميع المقاييس H1: تعتمد على اتجاه محاور التناظرات بجميع المقاييس.
- العلاقات الانتقالية والدورانية بجميع المقاييسH2: تتضمن تكرار العناصر بنمط او نسق معين باتجاه واحد أو أكثر.
- درجة امتلاك الاشكال المختلفة هيأة متشابهة H3:باختلاف المقياس لنفس الشكل بحجوم مختلفة ومحاذاتها باتجاه معين.
- درجة الترابط الهندسية للأشكال مع بعضها H4: وتشير الى الارتباطية الهندسية الداخلية والخارجية بأشكال متعددة.
- درجة تناسق اللونيH5 : وتمثل مقياس للتناغم بالألوان التي تكسي السطوح والاشكال.
- درجة التحول والتغيير للعناصر والعلاقات بجميع المقاييس (H6): تحولات جزئية منتظمة، أو تحول تدريجي للعناصر و العلاقات بنسق معيين، أو تحول كلي وتغيير مفاجئ يزيد من عشوائية العناصر وارتباطاتها.
- نمط التحول في الخصائص الظاهرية (H7): كثافة التحول للعناصر بالحجم والموضع والتوجيه للكتلة والفضاء، تجميع لعناصر غير متجانسة تعرض صفات الكل بالاستمرارية وصفات موضعية باللاتجانس على مستوى الاجزاء والتفاصيل.

ثالثا/ درجة الحيوية والتعقيد للشكل: تستعمل الكميات (T) و (H) لقياس خاصية الحيوية(L) والتعقيد(C) للشكل، إذ ترتبط قيمة التناسق مع حرارة الشكل المعماري لإظهار حيوية وتعقيد البنية الشكلية ،حيث(**L=TH**) و(**C=TS**).

جدول (٢) يوضح متغيرات مقياس درجة حرارة الشكل ، المصدر: الباحث

المتغيرات	القيمة الممكنة
١ – (T_1) كثافة وقوة التفاصيل المنتشرة على السطوح و الممكن ادراكها : ($0<T_1<2$)	كثيفة ، متوسطة، قليلة
٢ – (T_2) كثافة الاختلافات وشدتها بدون عنصر اللون : ($0<T_2<2$)	كثيفة ، متوسطة، قليلة
٣ – (T_3) درجة انحنائية الخطوط والاشكال : ($0<T_3<2$)	منحني، متعرج، خطي
٤– (T_4) كثافة الدرجة اللونية : ($0<T_4<2$)	غامق ، متوسطة، فاتح
٥– (T_5) درجة التناسق اللونية : ($0<T_5<2$)	كثيفة ، قليلة
٦– (T_6) مستويات التحول والتغيير للعناصر الشكلية بالعلاقة بين الجزء والكل : ($0<T_6<2$)	كثافة العناصر الموجبة، السالبة
٧– (T_7) مستويات التحول للعناصر الشكلية بالعلاقة بين الاجزاء : ($0<T_7<2$)	تحول العناصر ثانوية، اساسية

جدول (٣) يوضح متغيرات مقياس التناغم المعماري للشكل ، المصدر: الباحث	
١ – (H_1) العلاقات الانعكاسية بجميع المقاييس : ($0<H_1<2$)	متناظرة ، غير متناظرة
٢ – (H_2) العلاقات الانتقالية والدورانية بجميع المقاييس : ($0<H_2<2$)	وجود علاقات الانتقال،الدوران
٣ – (H_3) درجة امتلاك الاشكال هيئة متشابهة : ($0<H_3<2$)	كثيفة ، متوسطة، قليلة
٤– (H_4) درجة الارتباطية بين الاشكال: ($0<H_4<2$)	وجود ارتباطات ،عدم وجودها
٥– (H_5) درجة الاتساق اللوني : ($0<H_5<2$)	متناغم ، غير متناغم
٦– (H_6) درجة التحول والتغيير للعناصر والعلاقات بجميع المقاييس : ($0<H_6<2$)	تحول جزئي، تدريجي، كلي
٧– (H_7) نمط التحول في الخصائص الظاهرية: ($0<H_7<2$)	شدة التحول بالموقع والاتجاه

- **(٣) الدراسة العملية :**

بعد أنْ تم استعراض المعرفة المطروحة لمناهج ايجاد الشكل الرقمية واستخلاص مفرداتها وتحديد خصائص الشكل ومفرداته، تختص هذه الفقرة بتهيئة المستلزمات الأساسية للتطبيق والفرضية والنتائج والاستنتاجات والتوصيات.

- **(٣–١) التصورات الافتراضية:**

لغرض اجراء الدراسة العملية وتطبيق المفردات المستخلصة، تم صياغة الفرضيات بمحورين كالأتي:

- **تتنوع التقنيات الرقمية المستثمرة لخلق الشكل وغالبا ما يميل المعماريون لصيغ التشكيل البارامتري بمرجعيات من خارج حقل العمارة.**
- **تتباين فاعلية الاليات المتبعة للتقنيات الرقمية في خصائص الشكل المعماري المتحقق، ويميل المعماريون لتوظيف صيغ التوليد لزيادة الحيوية والتناغم المعماري اكثر من صيغ التشكيل بتوجه معماري باليات محددة.**

- **(٣–٢) معايير انتخاب العينات البحثية:**

• أنْ تكون مشاريع معاصرة وتعود لمصممين بانتماءات معمارية مختلفة تتبع أسلوب العمارة الرقمية مع التعدد الوظيفي.

• تنوع الآليات والتقنيات الرقمية لتكوين المشروع زيادة على تنوّع طرق إيجاد تلك الاشكال.

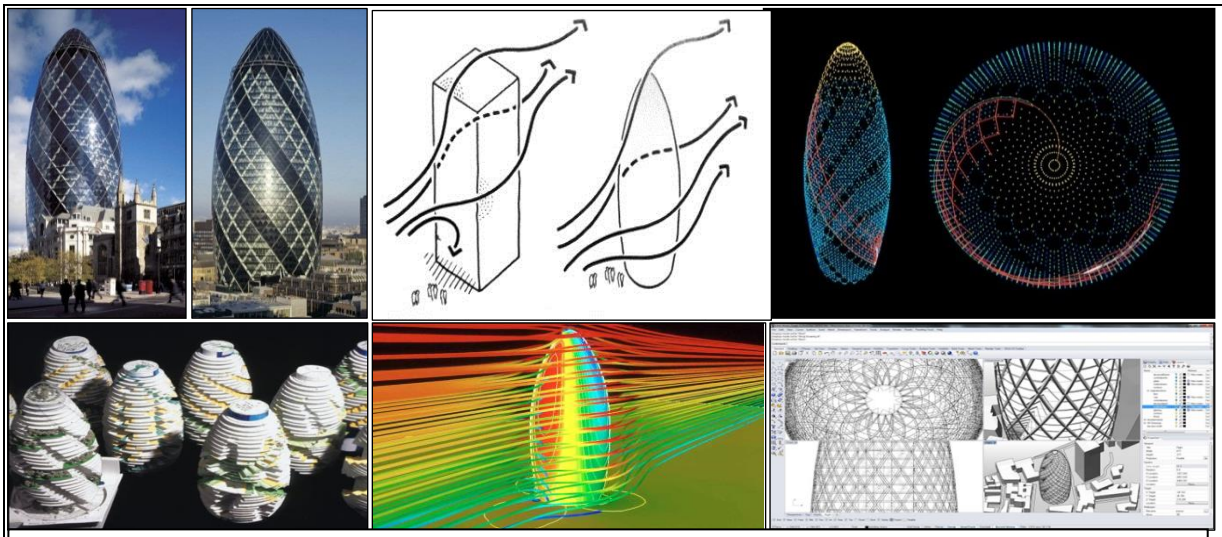
• تميز المشاريع بالتفرد والتمييز في التكوين، إضافة الى انتمائها للمدة الزمنية نفسها.

• امتلاك المشاريع المنتخبة خصائص شكلية بالديناميكية والتعقيد والحيوية تدخل التكنولوجيا الرقمية وتقانتاها بصورة مباشرة ومؤثرة في عملية التصميم أو الإنتاج أو الانشاء مع تنوع طرق نمذجتها وتمثيلها رقمياً.

- **(٣–٣) وصف العينات المنتخبة:**

تم انتخاب خمس مشاريع معمارية كعينات بحثية لإجراء القياس والتحقق من الفرضيات، وتقديم وصف كامل للمشروع باعتماد مصادر الدراسات السابقة ومصادر الانترنيت والوصف المقدم من المصمم.

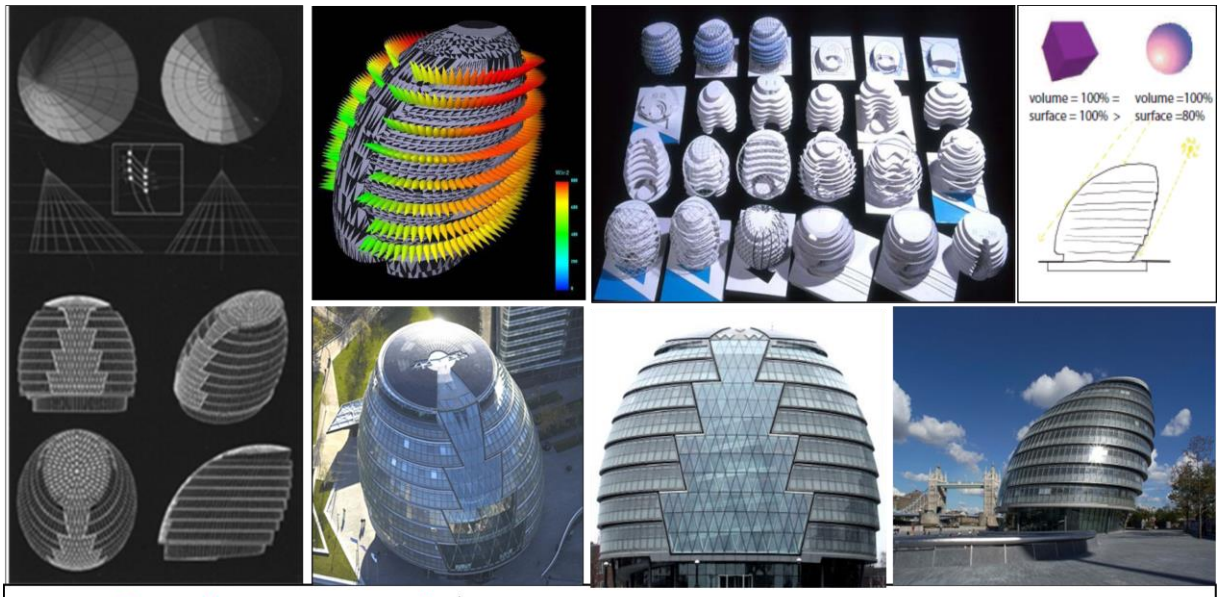
أولا/مشروع:Swiss Reinsurance Headquarters، 2004	المصمم: Foster & partener	المكان: لندن	الرمز
تعريف حالة الوصف			B
يقدم هذا المشروع خروجا جذريا عن الأعراف التقليدية في الشكل والتنظيم والأداء والنوفذة، اذ تدخل الإضاءة والتهوية وتقليل الطاقة كجينات مولدة لصياغة هندسية الشكل فضلاً عن التحليل الانشائي والهيكلي، ووظف إمكانات الهندسة الترابطية باستخدام المكونات التوليدية التطورية لإيجاد الشكل ، بالهام من وحي الطبيعة بأبعاد كسرية على وفق مفهوم التشبيه الذاتي. (Abel,2004,p:141) واستخدم المصمم برمجية مصممة من شركة (Bently stystem) لصياغة الشكل بالنمذجة ثلاثية الابعاد والتي تغير الجينات المولدة للشكل بمرونة ودقة عالية. لإتاحة القدرة على التغيير والتوليد والتحسين لأي عنصر أو مكون في النموذج، بالتعامل مع عناصر الشكل كمعادلات رياضية تقوم الحوسبة بتبسيط عملياتها. وساعدت النمذجة الرقمية على توفير قاعدة بيانات لكل عنصر والتعامل معه بصوت منفردة وهو ما أتاح سهولة تصميم وتحليل النظام الهيكلي ومكوناته، شكل (١). (www.fosterandpartners.com)			



شكل (١) يوضح أسلوب نمذجة المشروع Swiss بتوظيف التقنيات الرقمية ، المصدر:www.fosterandpartners.com

الرمز	المكان: لندن	المصمم: Foster & partener	ثانيا/ مشروع:London City Hall، 2003
A	تعريف حالة الوصف		

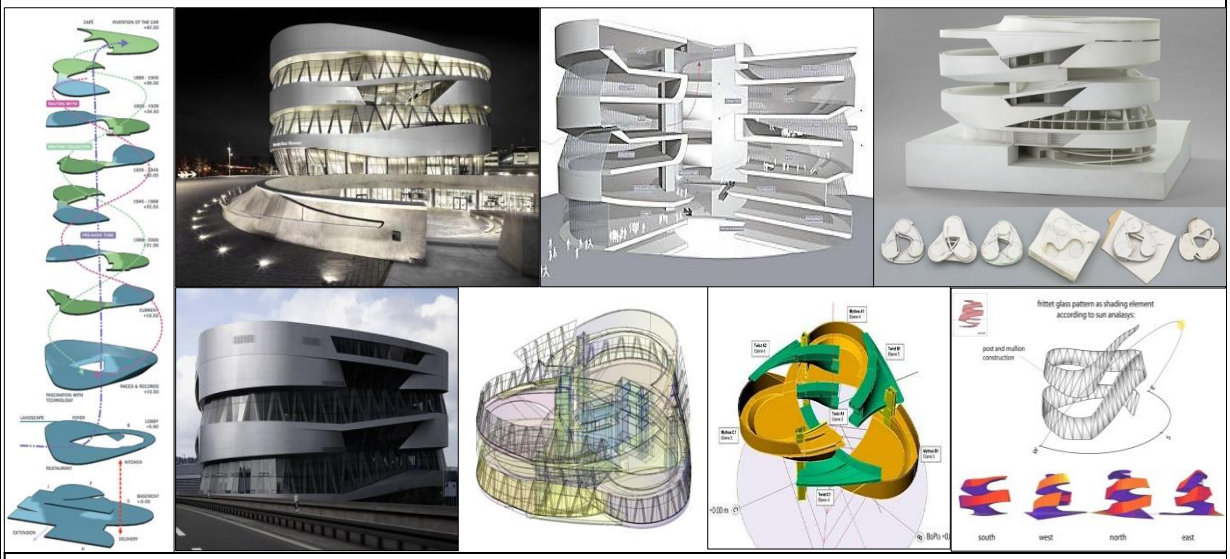
تحددت مبادئ التصميم للمشروع لانشاء مبنى ايقوني من الناحية الشكلية ويستجيب لقضايا البيئة والأداء الحراري والضوئي ، وجاء توليد الشكل وتحسينه من خلال الجمع بين الجوانب الشكلية والادائية بتوظيف النمذجة البارامترية . (Abel,2004,p:145) تمثلت فكرته الأساسية بعدسة كبيرة مواجهة للنهر وتعكس شفافية الإدارة والحكم للمجتمع الإنكليزي ولذلك بدل من توظيف برامج التحريك لخلق الشكل ثم التعامل مع برنامج(Microstation) الذي هو احد أنظمة CAD لخلق الشكل المقترح بارامتريا، وتوفير سيطرة بارامترية على سطوح وعناصر الشكل لتوليد الشكل وتحسينه بتقليل نسبة (٢٥%) من استهلاك الطاقة، كانت لها الأثر الكبير في صياغة الشكل وتعديله ليتناسب مع نتاجها، كما موضح بالشكل (٢). (www.fosterandpartners.com)



شكل (٢) يوضح أسلوب التحول الشكلى والاداء London City Hall بتوظيف الرقمية ، المصدر: www.fosterandpartners.com

ثالث/مشروع:Mercedes-Benz Museum، 2006	المصمم: UN Studio	المكان: المانيا	الرمز
تعريف حالة الوصف			C

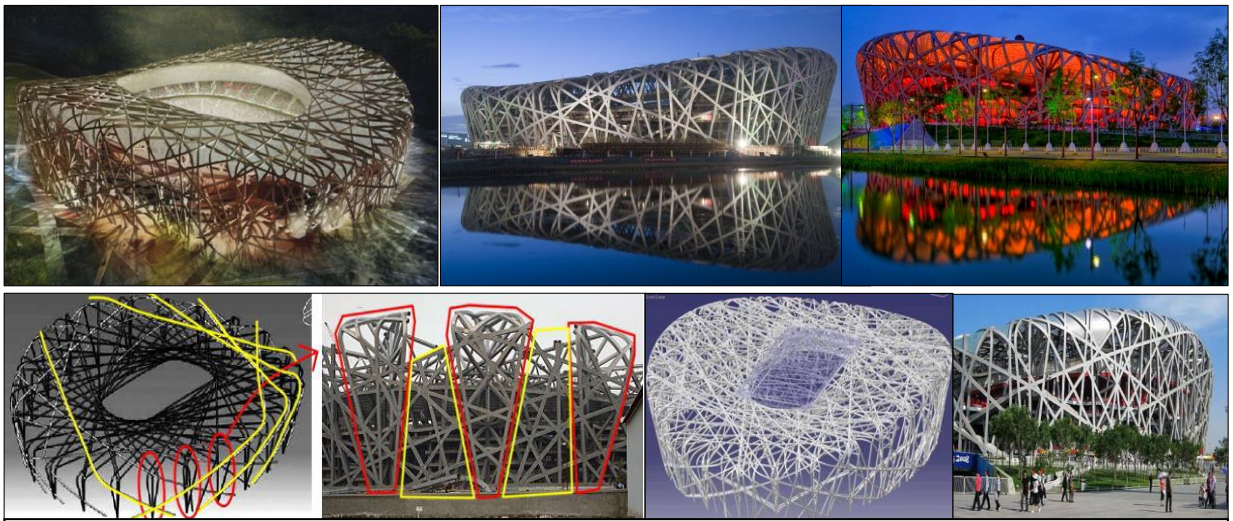
شيّد هذا المتحف في مدينة شتوتغارت لعرض مجموعة من سيارات مارسيدس التاريخية ، وقد فاز التصميم بجائزة (FEIDAD) للعام (٢٠٠٣)، وتستند فكرة التصميم على خلق مسار خطي متغير باستمرار لتوجيه الزائر بتبادل ديناميكي مع الداخل والخارج مشتقة من السياق المحيط بالموقع وشعار مارسيدس . (www.archidaily.com) بحيث ترتب صالات العرض بالانفتاح على الخارج واستعملت لذلك برامج رقمية حاسوبية (3D) باستعمال نموذج من البيانات المركزية سميت بنموذج الام (Mother-model)، كأساس لاشتقاق هندسية الشكل .وإرتكز مفهوم التصميم على التدفق للزوار في المبنى بشكل سينمائي تأخذهم في جميع نواحي المعرض لتحقيق المتعة للزائر .واستعمال برامج النمذجة الحركية (animation) لتحقيق هذا الهدف بتنظيم خطي للتدفقات بشكل حلزون مدرج تحقق الاستمرارية الحركية واشارة مرجعية لشاشات العرض ، فالمحفز الأساس لخلق الشكل ينطلق من تجربة الزوار وليس للأغراض الجمالية او التعبيرية ، كما موضح بالشكل (٣). (www.detail-online.com/inspiration)



شكل (٣) يوضح إيجاد الشكل بالأسلوب الحركي والرقمنة Mercedes- Museum، المصدر: www.fosterandpartners.com

رابعا/مشروع:Beijing China Birds Nest Stadium، 2008	المصمم: leyang	المكان: الصين	الرمز
تعريف حالة الوصف			D

يُعد هذا المشروع من المباني المميزة المصممة على وفق مبادئ الاستدامة. اشتقت فكرته التصميمية من (عش الطائر) لتحقيق القوة الهيكلية وجماليات الهياكل الطبيعية، فضلا عن ادخال متغيرات الأداء (مقاومة الزلازل والتوجيه وتقليل الطاقة) كبارامترات مؤثرة في عملية اشتقاق الشكل ، وثم توظيف برامج النمذجة لتوزيع الأطر الحاملة المكونة للشكل بنمط كسري يظهر

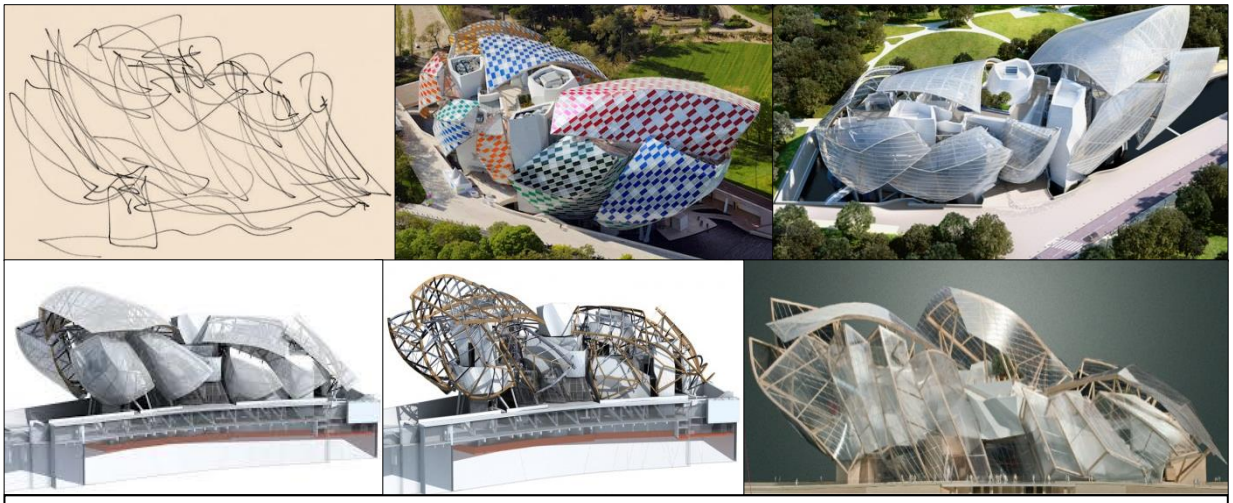


شكل (٤) يوضح إيجاد الشكل الهيكلي بالتنظيم الذاتي بأسلوب الرقمنة Beijing China Stadium، المصدر: Weinstock,2006,p:4

للناظر بمظهر عشوائي . (Weinstock,2006,p:38) وتفعيل منطق التنظيم الذاتي في توزيع نقاط التقاطع و الاحمال للأطر الانشائية للهيكل (إذ تتجاوب البنى الداخلية المعقدة من المادة العضوية بالكثافة مع زيادة الضغط و الاحمال ، وتتمثل بتجاويف او فراغات هوائية ، كما في نسيج العظم وفقاعة الصابون وغيرها) باعتماد التحليل الرقمي المتقدم لاختيار شكل الملعب واعتماداها في مراحل الخلق كافة من التصميم وحتى الإنتاج على تقنيات النمذجة الرقمية، الشكل (٤). (https://www.e-architect.co.uk/beijing/birds-nest-beijing)

خامسا/مشروع: Louis Vuitton Museum،2014	المصمم: Frank Gehry	المكان: فرنسا	الرمز
تعريف حالة الوصف			E

يذكر جيري في وصفه للمشروع انه وبفضل التقنيات الرقمية الاستثنائية حققت الخيال الفني للمبنى بتحرير فكر المصمم سواء في مرحلة التصميم أم منهج خلق الشكل، والتي تمثلت من خلاله القوة والتفرد للمبنى.(www.lvmh.com) باستعارة شكل سفينة مغطاة باثني عشر شراعا تعطي الشعور بالحركة تمزج الطبيعة مع المشروع، واعتمد في تصميمه للمشروع على أدوات صممتها برمجيات جيري (Gehry Technologies) بالاستناد على برمجيات (Catia) والتي جعلت من الاشكال المعقدة سهلة التصور والتصنيف ، استخدمت خلالها أدوات (Nurbs) بالسطوح المنحنية لتوليد الاشكال اللاقياسية للأشرعة . وكذلك في توليد المضلعات اللانظامية للأطر الهيكلية ، فخلق الاشكال الكتل الرئيسة الداعمة والتي سميت بالجبال الجليدية، شكل (٥)



شكل (٥) يوضح أسلوب النمذجة لسطوح الشكل Louis Vuitton Museum، المصدر: www.architarat-review.com (www.architarat-review.com).

(٣-٤) أسلوب القياس وتحليل المتغيرات:

توضح الفقرة أسلوب القياس المتبع ونوعه لمفردات الإطار النظري ومتغيراته، والذي شمل نوعين من القياس يقسم الى مرحلتين:الأول هو قياس نوعي يعتمد المنهج الوصفي لمعرفة تحقق القيمة في العينة المنتخبة بالتأشير المباشر للمفردة (0= قيمة غير متحققة، 1= قيمة متحققة)، ويهدف الى تحليل متغيرات مناهج إيجاد الشكل ونسب تحققها ويستعمل فيما بعد لمعرفة تأثير المفردات ونسبة فاعليتها في خصائص الشكل ،اما الثاني فهو مقياس كمي يعتمد على قيمة رقمية للمفردة المتحققة، لتدخل بصورة مباشرة في المعادلة لقياس خصائص الشكل، ثم اجراء التحليل المقارن بين المفردة والخاصية من خلال العينة البحثية ليتم معرفة فاعلية الاليات في خواص المتحققة للنتاج، كما موضح بالجداول (٤) و(٥) و(٦) و(٧).

جدول (٤) تطبيق الاطار النظري لمناهج ايجاد الشكل الرقمية. (المصدر: الباحث)

المفردات	المؤشرات والقيم الممكنة						المشاريع المنتخبة					نسبة القيم الممكنة	نسبة المفردات المتحققة
							E	D	C	B	A		
اساليب ايجاد الشكل الرقمية	اسلوب الحاسوبية Computerization	اسلوب الحوسبة Computation	توجه معماري	التشكيل	الطوبولوجي		1	0	0	0	0	%14.3	%50
					الحركي		0	0	1	0	0	%14.3	
					البارمتري (الترابطي)		0	1	1	1	1	%57.1	
					السطوح التشاكلية		1	0	0	0	0	%14.3	
					الادائي		0	0	0	0	0	%0	
				التوليد	التطورية		0	0	0	1	0	%20	%35.7
					التحولية		1	0	0	0	1	%40	
					الادائية		0	0	0	1	1	%40	
			توجه هيكلي	الانتظام الذاتي			0	1	0	0	0	%50	%14.3
				الراحة الحركية	كثافة القوة		0	1	0	0	0	%50	
					الراحة الحركية		0	0	0	0	0	%0	
مرجعيات الشكل	من داخل حقل العمارة			مرتبط بسياق او نمط او توجه معماري			0	0	0	0	0	%0	%100
	من خارج حقل العمارة			مرتبط بانساق طبيعية او صناعية او ثقافية او اجتماعية			1	1	1	1	1	%100	

جدول (٥) يوضح حساب متغيرات مقياس درجة حرارة المعماري للشكل، المصدر: الباحث

المتغيرات	المشاريع المنتخبة				
	E	D	C	B	A
(T_1) كثافة وقوة التفاصيل المنتشرة على السطوح و الممكن ادراكها	2	2	1	2	2
(T_2) كثافة الاختلافات وشدتها بدون عنصر اللون	2	2	2	1	2
(T_3) درجة انحنائية الخطوط والاشكال	2	2	2	2	2
(T_4) كثافة الدرجة اللونية	0	1	2	2	2
(T_5) درجة التضاد اللونية	2	1	1	2	1
(T_6) مستويات التحول والتغيير للعناصر الشكلية بالعلاقة بين الجزء والكل	2	2	1	2	2
(T_7) مستويات التحول للعناصر الشكلية بالعلاقة بين الاجزاء	2	2	2	1	2
مجموع القيم الكلية	12	12	11	12	13
حساب درجة الحرارة الكلية للشكل من (10)	8.6	8.6	7.8	8.6	9.3

جدول (٦) يوضح حساب متغيرات مقياس التناغم المعماري للشكل ، المصدر: الباحث

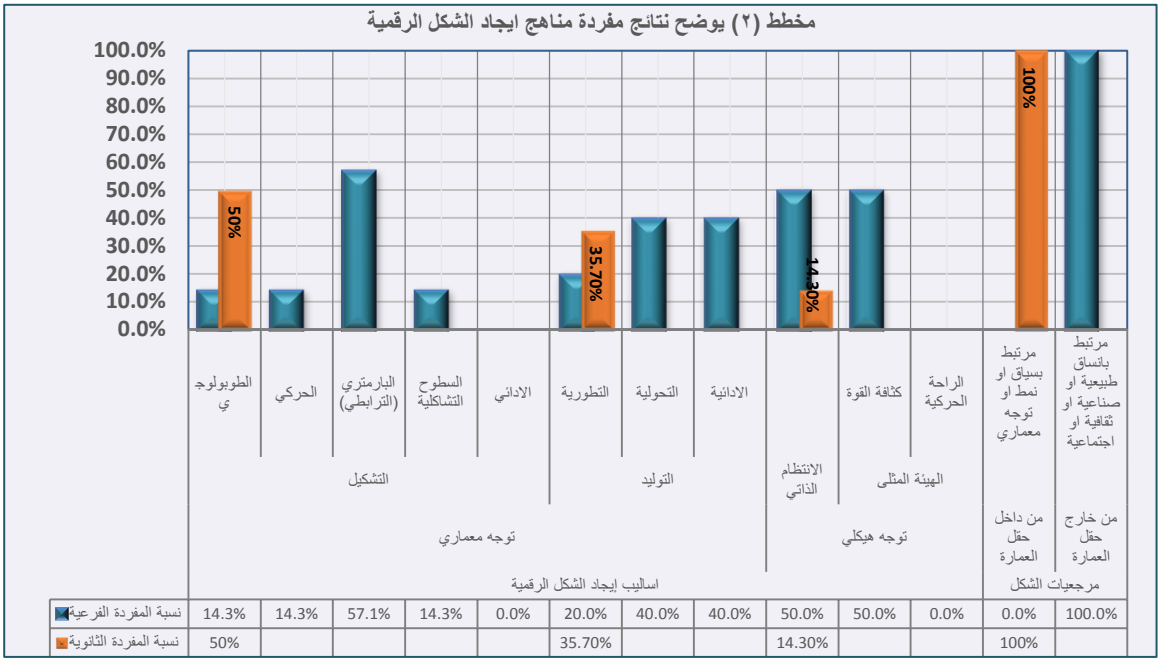
(H_1) العلاقات الانعكاسية بجميع المقاييس	0	1	1	2	2
(H_2) العلاقات الانتقالية والدورانية بجميع المقاييس	1	0	2	2	2
(H_3) درجة امتلاك الاشكال هيئة متشابهة	1	2	1	2	2
(H_4) درجة الارتباطية بين الاشكال	0	1	1	2	1
(H_5) درجة الاتساق اللوني	1	0	2	1	2
(H_6) درجة التحول والتغيير للعناصر والعلاقات بجميع المقاييس	0	0	2	2	2
(H_7) نمط التحول في الخصائص الظاهرية	1	1	1	1	2
مجموع القيم الكلية	4	5	10	12	13
حساب درجة التناغم الكلية للشكل من (10)	2.8	3.5	7.1	8.6	9.3
حساب درجة الانتروبي الكلية للشكل (S=10-H)	7.2	6.5	2.9	1.4	0.7

جدول (٧) يوضح مقياس خصائص الشكل ، المصدر: الباحث					
المتغيرات	المشاريع المنتخبة				
	E	D	C	B	A
درجة حرارة الشكل المعماري(T)	8.6	8.6	7.8	8.6	9.3
درجة التناغم المعماري (H)	2.8	3.5	7.1	8.6	9.3
درجة الانتروبي والعشوائية للشكل المعماري (S=10-H)	7.2	6.5	2.9	1.4	0.7
درجة الحيوية (التنظيم) للشكل المعماري (L=TH)	%24	%30	%56	%74	%86.5
درجة التعقيد للشكل المعماري (C=TS)	%62	%56	%22.6	%12	%6.5

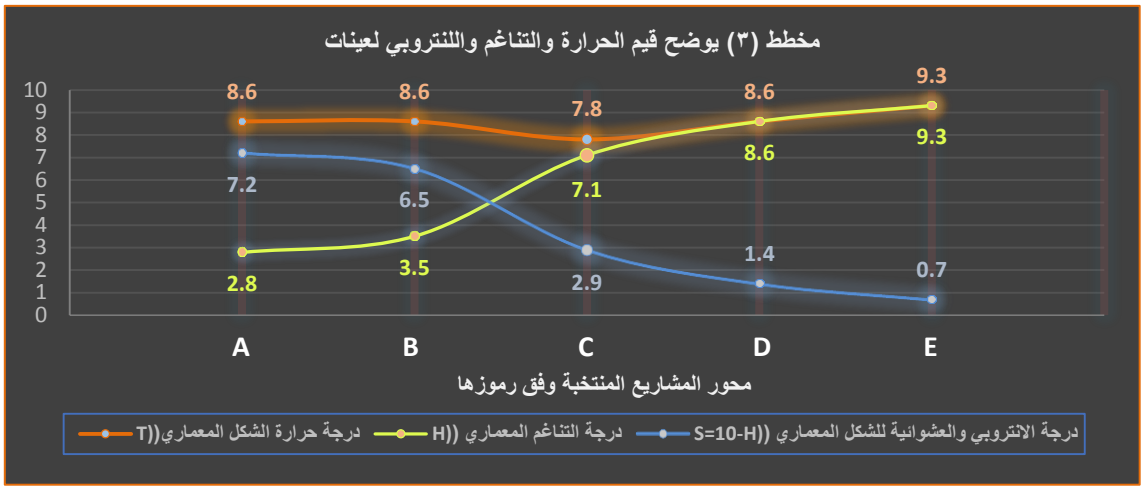
(٣-٥) تحليل النتائج :

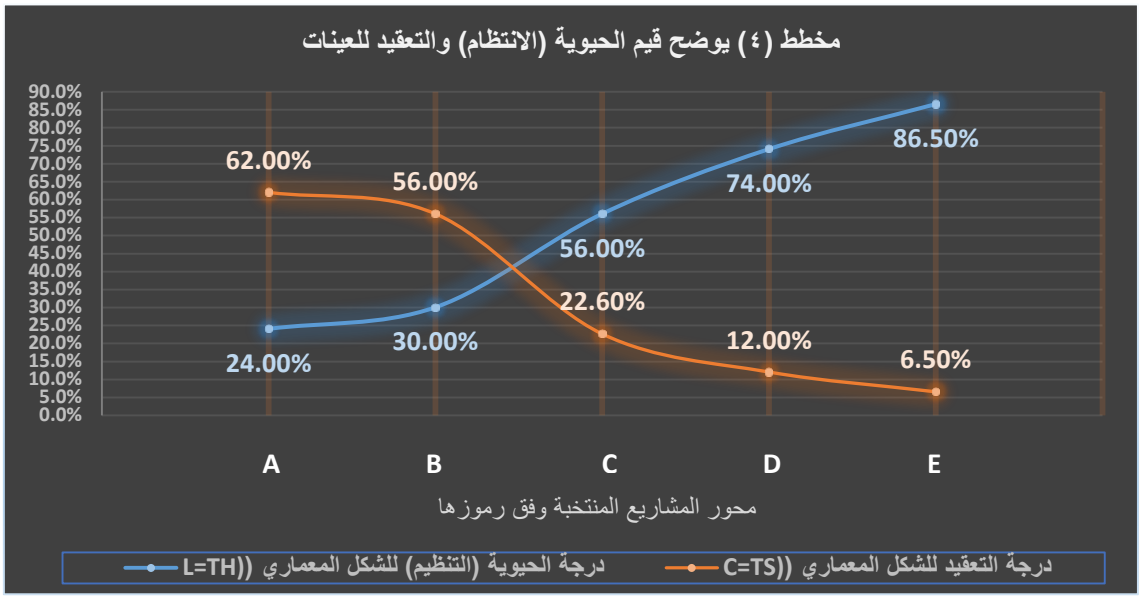
أولا/مفردة مناهج إيجاد الشكل الرقمية: أظهرت نتائج التطبيق لهذه المفردة تنوّعاً في لمفرداتها الثانوية، وكما مبين بالمخطط (٢). إذ أظهرت النتائج تفوقاً كبيراً لايجاد الشكل بتوجه معماري بنسبة **(85.7%)** وتوزعت قيمها كالأتي: حققت صيغ التشكيل نسبة **(50%)** توزعت بحسب التقنيات، حقق البارامتري **(57.1%)** تلاه الطبولوجي والحركي والسطوح التشاكلية بنسبة**(14.3%)** لكل منها. اما صيغة التوليد حققت نسبة **(35.7%)** توزعت للتحولي والادائي بنسبة **(40%)** لكل منهما، والتطوري بنسبة **(20%)**. التوجه الهيكلي بنسبة **(14.3%)**، توزعت لأليات التنظيم الذاتي وإيجاد الهيئة المثلى انشائيا بتقنيات كثافة القوة بنسبة **(50%)** لكل منها. وكما موضح بالمخطط (٢).

ثانيا/مرجعيات الشكل: إذ تشابهت النتاجات جميعها باعتماد مرجعيات متنوعة من خارج حقل العمارة بنسبة **(100%)**. **وهذا يتفق مع الفرضية الأولى بميل المعماريين لصيغ التشكيل البارامتري بمراجع خارج حقل العمارة في خلق الاشكال.**



ثالثا/ خصائص الشكل المتحققة: كشفت نتائج التطبيق عن تباين في الخصائص المتحققة للمشاريع على وفق أسلوب المعالجة المتبعة والتقنيات والاليات الموظفة لإنتاج الشكل، إذ تبين ارتفاع درجة حرارة الشكل للعينات كافة، وتباين التناغم والحيوية للعينات حيث ارتفع قيم التناغم والحيوية لثلاث عينات وقلت قيمته لعينتين، وارتفعت قيم التعقيد والانتروبي لعينتين وانخفضت قيمته قيمتهما لثلاث عينات. وكما موضح بالجدول (٧) والمخططات (٣) و (٤).





(٣-٦) الاستنتاجات :

أولا/ الاستنتاجات العامة للبحث:

١. غيرت التكنولوجيا الرقمية وتقنياتها من لغة العمارة التعبيرية على المستوى المادي والفكري.

٢. لا تقتصر التقنيات الرقمية على كونها أداة، بل كشريك أساس في عملية التصميم لاشتقاق الشكل وتحولاته.

٣. تكشف عمليات ايجاد الشكل عن منطق جديد للاستكشاف الشكلي والتكتوني (بالضد من الاسلوب التقليدي)، يتم بأنظمة ديناميكية لاخطية وبأسلوب يتخلل التغير والتحول في عملها لإنتاج مخرجات غير متوقعة.

٤. يحدد الاطار العام لجوهر ايجاد الشكل حاسوبيا وتحديد خصائصه بمفهومين هما: الحوسبة والحاسوبية، فالحوسبة (Computation) تشير الى اجراء حسابي لتحديد هدف أو شيء ما بطرق رياضية أو منطقية، وتتضمن عمليات غير محددة بسبب طبيعتها الاستكشافية، وترتكز على المنطق والخوارزميات والاستقراء والاستكشاف. وتدلُّ الحاسوبية (Computerization) على فعل الادخال او المعالجة أو خزن للمعلومات في الحاسوب وانظمته، وتتعلق بالاتمتة والمكننة والرقمنة لكيانات مسبقة التصور في عقل المصمم تتعامل مع الحاسب كأداة للمعالجة والتلاعب بالأجسام.

٥. استثمار مفهوم المورفولوجيا (Morphogenesis) في خلق الشكل المعماري بالمماثلة مع مناهج توليد الأشكال في الطبيعة (العضوية واللاعضوية) التي تستند على منطق تحقيق الأفضلية والامثلية للشكل، وازاحته نحو عمليات الديناميكية والتحول المستمر.

٦. امتازت عملية ايجاد الشكل الرقمية بأليات وتقنيات متنوعة منها مايرتكز على الشكل نفسه بالتشكيل أو التوليد، ومنها ما يرتكز على النظام الهيكلي و أنظمة للمواد.

ثانيا/ استنتاجات الدراسة التطبيقية:

١.فاعلية مناهج إيجاد الشكل بتوجه معماري لصيغ التوليد (بتقنيات التطوري والتحولي والادائي) في زيادة درجة الحيوية (التنظيم) ودرجة الحرارة والتناغم المعماري للشكل ، وتقليل درجة التعقيد والانتروبي للشكل المعماري .

٢.فاعلية مناهج إيجاد الشكل بتوجه معماري لصيغ التشكيل (بتقنيات البارامتري و الحركي) في زيادة درجة الحيوية (التنظيم) ودرجة الحرارة والتناغم المعماري للشكل ، وتقليل درجة التعقيد والانتروبي للشكل المعماري .

٣.فاعلية مناهج إيجاد الشكل بتوجه معماري لصيغ التشكيل (بتقنيات الطبولوجي والسطوح التشاكلية)، وإيجاد الشكل بتوجه هيكلي بتقنيات (التنظيم الذاتي وكثافة القوة) في زيادة درجة التعقيد والحرارة والانتروبي المعماري للشكل ، وتقليل درجة الحيوية (التنظيم) ودرجة والتناغم المعماري للشكل.

(٣-٧) التوصيات :

- أهمية تحقيق الوعي الرقمي لدى المصممين والطلبة والمهتمين بحقل العمارة وتوظيف التقنيات الرقمية كشريك أساس في خلق النتاج والعملية التصميمية لرفع المستوى الفكري والابداعي والتعبيري للأشكال المعاصرة، وتحديث المناهج الاكاديمية لإدخال عمليات البرمجة وتحديد البارامتر بتقنيات (image process) في مناهج العمارة وإقامة الدورات المختصة بالبرمجة الصورية والشكلية للمعماريين .
- استثمار المتغيرات الواردة في قياس خصائص الشكل وتحويلها إلى بارامترات مترابطة بأسلوب البرمجة لأنشاء برنامج مختص في قياسها، ويسهل استعماله من لدن المصممين في توليد أو تقييم النتاج المعماري بمعايير واضحة سهلة التحكم وتعطي مدى واسع من البدائل في التكوين .
- بلورة واستنباط مناهج جديدة لخلق الشكل المعماري تعتمد التقنيات الرقمية وتحقق الامثلية الادائية .
- يوصي البحث بتفعيل دور الرقمنة في تكوين العمارة المعاصرة بالجوانب كافة من التصميم وحتى التشغيل.

المصـــادر :

Abel, Chris , 2004, **Architecture, Technology And Process**, Architectural Press.

El Daly, Hazem Mohamed , 2004," **ARCHITECTURE IN THE AGE OF INFORMATION TECHNOLOGY"**, Master Thesis **,** Ain Shams University , Faculty of Engineering , Department of Architecture.

Frazer,John H.,1996,**" Evolutionary architecture "** , Architectural Association Press, London.

GAO, WAN-PING, 2003,Graduate Institute of architecture, National Chiao-Tung University , 1001 Ta Hsueh Road, Hsinchu, Taiwan 300.

Hensel, Michael , 2006, **"Computing Self-Organisation: Environmentally Sensitive Growth Modelling"**, Architectural Design, Profile No 180, Vol 76, No 2, March/April.

Ibrahim, Ibrahim Abdel.Hady ,2009 **"Impact of The Digital Simulation And the Dynamic References On The Form Methodology"**, Doctoral Thesis, Alexandria University, Department of Architecture.

Kolarevic , Branko , 2003, **Digital Architectures**, University of Pennsylvania, USA, ACADIA: Eternity, Infinity and Virtuality.

Leach, Neil,2009, **Digital Morphogenesis**. In: Architectural Design (Volume 79, Issue 1,).

Lynn, Greg , 1999, "**Animate Form"**, Princeton Architectural Press, New York.

Oxman, Rivka ,2006, **Theory and Design in the First Digital Age,**In: Design Studies 27 229-265, Great Britain.

Salem N. , 2011, **Digital Architecture Theoretical Study Of Digital Design Modelling**, Master Thesis, Alexandria University, Egypt.

Salingaros, nikos A. , 2008," THEORY OF ARCHITECTURE ", with contributions by Michael W. Mehaffy,Terry M. Mikiten,Debora M. Tejada and Hing_Sing Yu.

Sana, Murrani, 2005,**" Re-thinking Architectural Form:The Emergence of Self-organized Architectural Form"** , Planetary Collegium; Plymouth, UK.

Schodek D. & Bechthold M. & Griggs K.& Kao K. & Martin B. and Steinberg M. , 2005**,Digital Design And Manufacturing G: CAD/CAM Applications In Architecture And Design** , 1st Edition,USA.

Szalapaj , Peter,2005, **"Contemporary Architecture and the Digital Design Process "**,1st Edition.

Terzidis K. , 2006**, Algorithmic Architecture**, Architectural press.

Weinstock, Michael , 2006, **"Self- Organisation and Material Constructions"**, Architectural Design , Profile No 180, Vol 76، No 2, March/April.

www.fosterandpartners.com
www.archidaily.com
https://www.e-architect.co.uk/beijing/birds-nest-beijing
www.architarat-review.com
www.lvmh.com