استراتيجية السطوح المشتقة رقميا وتطبيقاتها في نتاج العمارة العراقية المعاصر

سراج جبار كاظم المرشدي باسم حسن هاشم الماجدي

الجامعة التكنولوجية – قسم هندسة العمارة

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

الخلاصه

يتميز العصر الحالي باتخاذ التكنولوجيا الرقمية وتقاناتها بوصفها سمةً مميزة له ليستثمرها الانسان في بحثه عن المعارف والعلوم بالمحاكاة اللامحدودة بعوالم افتراضية لتنظيم محيطه وعالمه الواقعي بصورة تكاملية منسجمة، وشهدت العمارة نقلة نوعية بفعل التقدم في التقانة حيث ارتبطت مفاهيم التصميم والإنتاج والانشاء المعماري المعاصر بتطور الرقمنة التي وسعت من الخيارات التصميمية والانشائية لخلق الاشكال العضوية والمنحنية عالية التعقيد ، و اتاحت الادوات الرقمية من إضافة نكهة معمارية خاصة بالرقمنة على السطوح لتحقق خصائص معينة للنتاج المتحقق ، وبذلك تبلورت مشكلة البحث **(الحاجة العلمية لمعرفة واضحة ومحددة استراتيجية السطوح المشتقة رقميا وخصائصها التكوينية والشكلية لنتاج العمارة بصورة عامة والعمارة العراقية على وجه الخصوص)** وبذلك هدف البحث الى **(تحديد الاليات الرقمية للاستراتيجية في خلق الاشكال وفاعليتها في خصائص النتاج المتحقق وفق مقياس Salingaros)**. ولتحقيق هدف البحث تم استيضاح الواقع المعرفي بالدراسات السابقة وبناء اطار مفاهيمي لاستراتيجية السطوح وخصائصها التكوينية، وتوظيف نموذج (Salingaros) لمعرفة الخصائص الشكلية للنتاج المتحقق بمقياس موضوعي بقيم رقمية بالمماثلة مع قوانين الطبيعة. تولد عنها اطار نظري للاستراتيجية ومفردات لمقياس خصائص الشكل واختباره بمشاريع معمارية منتخبة. واستنتج البحث فاعلية اليات محددة باعتماد التقنيات الرقمية في زيادة درجة الحيوية والتعقيد والحرارة والتناغم والانتروبي اضافة لخصائصها التكوينية في النتاج المتحقق.

الكلمات المفتاحية :– استرتيجية السطوح ، الرقمنة ، نموذج سالنكروس ، الحيوية ، التعقيد.

Abstract

The current era adopt the digital technology and its Techniques as a distinctive feature . It invested by human in his quest for knowledge and science by unlimited simulation with virtual worlds to organize his world in an integrative and harmonious manner . thus, the architecture has undergone a qualitative shift due to technical progress, where the concepts of design, production and construction of contemporary architecture related to the development of digitization, which has expanded design and structural options to create highly complex organic and curved forms. Digital tools have made it possible to add architectural flavor of digitization on surfaces to achieve certain characteristics of the product, thus the research problem identified **(The scientific need for a clear and specific knowledge of the surfaces strategy-digitally derived and their structural and formal characteristics for the production of architecture in general and Iraqi architecture in particular)** Thus, the aim of the research is to **(determine the digital mechanisms of the strategy in creating form and their effectiveness in its characteristics according to Salingaros scale)**. To achieve the research goal the conceptual reality of the previous studies has been clarified and the conceptual framework of the surface strategy and its structural characteristics has been developed. The Salingaros model has been used to measure the formal characteristics of the product achieved on an objective scale with numerical values in line with the laws of nature. It creates a conceptual framework for the strategy and vocabulary for measuring the characteristics of the form and testing it with selected architectural sample, The research concluded the effectiveness of specific mechanisms by adopting digital techniques to increase the degree of vitality, complexity, heat, harmony and entropy in addition to their structural properties in the achieved product.

Key words:- surface strategy, Digitization , salingaros model, living ,complexity.

مقدمة البحث:

انعكس التطور التكنولوجي في العصر الرقمي على جوانب الحياة الثقافية والعلمية والفنية والاجتماعية وغيرها وكان للعمارة النصيب الاوفر منها. الامر الذي ادى الى اعادة صياغة تكاد تكون شاملة في منظورها للجانب الفكري والمادي على حد سواء، وبرز تأثيرها بصورة مباشرة على الشكل وعملية التصميم. اذ غيرت الرقمنة وتقاناتها من طبيعة النتاج والفكر المعماري وأهدافه، لتذيب العلاقة بين المادة والمعلومات وبين الحقيقي والافتراضي وتخلق حقل معماري بأشكال مبدعة بما يمكن وما لا يمكن تصوره، فضلاً عن التحول الفكري في ادراك مفاهيم السطح والمادة والزمن. إذ لم يقتصر التغير بمناهج واستراتيجيات بل تعداه الى لغة

العمارة وتعبيراتها بالمستوى المادي لعمليات التصنيع والتركيب. وطرحت التكنولوجيا الرقمية مجموعة من الاستراتيجيات في حقل العمارة، بضمنها استراتيجية السطوح لخلق الشكل بدرجة عالية من الترابط والتعقيد والحيوية. ورغم سعة المعرفة السابقة للتقنيات الرقمية في العمارة الا انها اشرت فجوة معرفية باستراتيجية السطوح ودور الاليات المتبعة في الخصائص التكوينية والشكلية للنتاج المعماري بصورة عامة والعمارة العراقية بصورة خاصة، حيث تناولت الدراسات السابقة مفردات الاستراتيجية ومتغيراتها بصورة مجتزئة الى جانب تحليل خصائص النتاج المتحقق بصورة وصفية ، إضافة الى تمحورها حول نتاجات العمارة العالمية وقلة الدراسات التي تناولت الواقع المحلي للعمارة العراقية ومواكبتها التطور الرقمي في مجال العمارة ، اذ وبذلك جاءت المشكلة البحثية (**الحاجة العلمية لمعرفة واضحة ومحددة استراتيجية السطوح المشتقة رقميا وخصائصها التكوينية والشكلية لنتاج العمارة بصورة عامة والعمارة العراقية على وجه الخصوص**) وبذلك استهدف البحث (**تحديد الاليات الرقمية للاستراتيجية في خلق الاشكال وفاعليتها في خصائص النتاج المتحقق وفق مقياس Salingaros**) للوصول الى وصف شكلي دقيق .ولتحقيق ذلك استلزم استيضاح للواقع المعرفي واستخلاص اطار نظري لاستراتيجية السطوح إضافة الى الخصائص المتحققة في النتاج واستكشاف الاليات الفاعلة لتحقيق خصائص محددة من خلال التطبيق على مشاريع معمارية منتخبة، وتحليل النتائج للوصول الى الاستنتاجات والتوصيات.

(١) التكنولوجيا الرقمية في العمارة:

يؤكد (Marcos) بان كل حقبة زمنية تتسم بروحية لعصرها (zeitgeist) وروح عصرنا الحالي قائمة على الرقمنة والمعلوماتية، فالتغيير في نمط النتاج المعماري بتأثير الرقميات لا يختزل بالتغيرات الحاصلة لأسلوب التصميم المعماري واستراتيجياته لتحقيق الكفاءة والامثلية فقط، بل تعداه الى تغير مفاهيمي جذري وشامل في اللغة التعبيرية للعمارة وبشقيها التصميمي والانشائي.(Marcos,2011,p:1037) ويظهر الانعكاس الرقمي في الممارسة التكنولوجية للعمارة بثلاث مستويات مثلت أنماط توظيف التقنيات الرقمية في العمارة: **يتجه الأول** نحو عملية التصميم ذاتها ودخول التطورات الرقمية في مجال الحوسبة والنمذجة والتحليل وتحقيق الامثلية للتصميم، ومثل **الثاني** محاكاة الصور الذهنية وتمثيلها بهيئة صورية بالإضافة إلى محاكاة المفاهيم الرقمية في التحول والتغير والتشوه، وتعد أدوات التصيير (visualization) وسيلة لتصيير المعلومات في صورة عرض مرئي ليدخل المصمم معلومات رقمية متعددة على العنصر المراد عرضه، لتقوم البرمجة الرقمية بعرضه في (صورة) لزيادة الإدراك للصورة المتكونة ومقارنتها مع الصورة الذهنية للمصمم، وفي إطار **التوجه الثالث** تتم مقاربة الإنتاج الرقمي للعمارة بمواد واليات وتقنيات آلية بصيغة رقمية .(مهدي،٢٠٠٩، ص:٢٤٤) غيرت الرقمنة التفاعل بين البشر والحاسب بالسطح البيني بتحول السطوح من هيكل حماية ضد البيئة الخارجية الى شاشة معلوماتية باستخدام سطوح المبنى لأجهزة الاستشعار لتحويل المعلوماتية التي تستجيب للتغير في البيئة الخارجية يوظف المبنى ككائن حي. وحولت تقنيات السطوح الفائقة الرقمية من قشرة المبنى الى معنى وجودي اخر يتجاوز الوظيفة الزخرفية التقليدية للسطح، لتصبح العمارة الرقمية تدرك كسطح للاسقاط (projection surface) بالمقاربة بين الواقع الافتراضي والمادي.(Chun,2010,p:10) وتوظيف مفاهيم الطوبولوجيا والهندسة الإقليدية والسطح الفائق (Hypersurface) في الرياضيات سطحا في الفضاء الفائق يحقق مزاوجة بين عالمين مختلفين(المادي واللامادي) بتعقيدات متشعبة وفقا لعلاقات الإدراك والتصور للمعلومات الرقمية. ويمكن لهذا التصور للفضاء الفائق الرقمي أن يوسع العلاقات الثنائية لبارمترات الفضاء وتنسيج الشكل باي صورة.

(٢) استيضاح الواقع المعرفي للدراسات السابقة :

(٢-١) دراسة: The architecture of the jumping universe, Jencks، 1997:

تناولت الدراسة بمحتواها العام لمجموعة من المفاهيم والتوجهات المرتبطة بالتكنولوجيا الرقمية، مستثمرة مجموعة من الاستراتيجيات ومنها استراتيجية السطوح لتكوين اشكال معقدة من منظور النظام لخلق عمارة شاملة تأخذ من التطورات التكنولوجية وتكتسب غناها من عمقها التنظيمي. تتمثل باليات الطي في العمارة لإظهار صفات متعاكسة وتختلف عن الاساليب الاخرى في التعامل مع التعددية والتناقض بربط ما هو مختلف في انتقال انسيابي وناعم وخلق الاستمرارية، وتطرح انظمة ترميز مختلفة للتعامل مع النتاج يصور المبنى بأسلوب تشكيل يماثل الكولاج ،حيث تعمل على توصيل الهياكل بصورة مستمرة التي تلوى وتحنى بطريق عشوائية وتحافظ على هوية كسرية وصفات التشبيه الذاتي بآلية (الاجتزاء السينمائية) بمجموعة من القطوع للسطوح خلال الشكل لتظهر المقاطع الناتجة سلسلة من الاختلاف الطوبولوجي، اضافة الى الية التغطية البلاطية (Tiling) بانساق كسرية التي تعمل على ارتباطية سطوح الواجهة والسقف والجدران بانتقال سلس ومستمر بنظام نمطي من وحدات متكررة ، وتكون هذه الانساق بنيوية ضمن هيكل المبنى او تطبيقية. (ص:١٧٤) ويؤكد (Jencks) ان العمارة تناظر العضويات وتشكل شبكة من التحولات الديناميكية المولدة للشكل تحقق التفرد والمختلف بتقنيات الالتواء والانحناء والطي المستندة الى التحولات في النظم، تتميز بالمرونة والتوفيق بين المتناقضات والتكيف بحرية ضمن الوحدة الكلية للنظام ،وتعمل على توفير علاقة بين التنوع او التنافر مع التكوين او الهيمنة او الانصهار ضمن النظام وهذه الحالات تولد التناقض والتعددية، فيكتسب عمقا وتناغما للأشكال ببنية كلية بطرق تحولية (ص:٦٨) والميل نحو المختلف الذي يظهر عمليات الانبعاث والالتواء والاشكال المتبلورة تخلق حيوية للأشكال الحركية تتشكل عبر التحولات المستمرة بسلسلة من النظم المتداخلة والمتحولة مع بعضها البعض في بنية كلية رابطة بينهما بتدرج هرمي بصورة مشابهة للكائن الحي تكشف عن الابعاد التي يتنظم بها الشكل.(ص:٤٨) **طرحت الدراسة استراتيجية السطوح ومجموعة من الاليات بصورة مختزلة، بخصائص شكلية تمتاز بالتناقض والتعقيد والتنظيم والحيوية إضافة للخصائص الوظيفية للهياكل والسطوح ، دون توضيح العلاقة بين الاليات المعتمدة في خلق النتاج وخصائصه المتحققة**

(٢-٢) دراسة: Islami, Surface-driven architecture, 2007:

تبين الدراسة تأثر العمارة المعاصرة بالرقمنة وانتقال التصميم المعماري من الفضاء الحقيقي الى الافتراضي، لتسهم في اضافة سمات جديدة للعمارة من خلال الاشكال والسطوح المعقدة. غيرت الثقافة الرقمية من طبيعة السطح والهيكل بالنظر اليهما ككيان مفاهيمي واحد بعلاقة اكثر تجانسا مع بعضها ، بالتطورات التي احدثها التقانة والمادية الهجينة التي لا تفصل بين التأثيرات السطوحية عن وظيفتها الهيكلية .(ص:٦٧٨) وتطرح الدراسة تقنيات التثليث (Triangulation) والبكسلة (pixilation) والمجالات المضلعة (polygonization) ومنحنيات واسطح (NURBS) إضافة لشبكات Mesh لتوليد ونمذجة السطوح المعقدة، الذي يعتمد على قدرة الحاسوب الرقمي في التعامل بسهولة ومعالجة السطوح على مستوى الانتاج الرقمي. كما طرحت الدراسة عدد من الاستراتيجيات في تشكيل السطوح والاشكال المعقدة مثل الطي، الكنتورية، التركيب والاجتزاء والتشويه لخلق السطوح في النمذجة الرقمية واضافة الملمس واللون والمادية لخلق التأثيرات المطلوبة للسطوح ليس فقط للتواصلية او التعبيرية وانما لتنفيذ الاعمال الانشائية التي حولت عمليات

السطوح من حدود واطار للفضاء والحجم الى تفعيل دور السطوح كغلاف وهيكل، فاستراتيجيات السطوح المنتجة رقميا تلغي التسلسل الهرمي بين الثنائيات المتعارضة بمرجعيات متنوعة وتقدم مناهج اكثر ابداع وحيوية للعمارة. (ص:٦٨٠) **بينت الدراسة مجموعة من الاليات المتبعة باستراتيجية السطوح وأسلوب تمثيلها الرقمي والخصائص التكوينية والشكلية للنتاج المتحقق والمتبعة في الاستراتيجية ، تقدم مناهج اكثر ابداع وحيوية للعمارة بالتناغم والتماسك والتعقيد للشكل الناتج**

(٢-٣) دراسة: Marcos ، New Materiality: digital fabrication and open form ،2011:

تشير الدراسة الى مفهوم "الانفتاحية" للشكل المعماري المعاصر المولدة من نصوص برمجية بارامتية تحدد هندسيتها ببنية طوبولوجية من خلال التصميم المشفر اللامادي. والتي من خلالها يتم تعريف العلاقة بين الاجزاء والكل ضمن مدى من البارامترات معينة، لذا فان التغيير في التكتونية هو سبب التغير في التركيب وطرح قواعد جديدة غيرت من اللغة المعمارية جذريا، الذي تحقق من مفاصل الشكل اي التفاعل بين الاجزاء العمودية والمائلة والافقية وبين الاجزاء الداعمة والمدعمة. (ص:١٠٣٩) فالاحتياجات الهيكلية هي ليست اعتباطية وتعتمد على متغيرات هندسية الشكل واداء المواد والاحمال، اذ استخدام (ايزنمان) فكرة الاعتباطية للشكل عن طريق استراتيجية التباعد بثلاث مستويات، الاول للرسم التخطيطي الذي يمثل متطلبات البرنامج ومؤثرات الموقع، والثاني بالرسم التخطيطي (diagram) الموضوع مبدئيا من خارج حقل العمارة كنظام للترتيب (order) يستخدم رموز تمثيلية من هياكل DNA او الكسريات او البلورات السائلة التي تنظم بنسق شكلي معين، وساهمت النمذجة ثلاثية الابعاد و الفضاء الافتراضي من البرامج الرقمية ومنحنيات (NURBS) لتوليد السطوح المعقدة والسيطرة عليها وحرية الاشكال، فالتغير الاساسي على الشكل المعماري هو محصلة القدرات المستحدثة في التصميم الرقمي التي غيرت بعمق عملية التصميم من خلال الحوسبة والبارامترات لتوليد السطوح المنحنية والمتغيرة. وعلى هذا الاساس تم صياغة استراتيجيات تصميمية جديدة باستخدام الرقميات لتوليد الاحتمالات الشكلية الممكنة .ممثلة بالاجتزاء والفسيفسائية والطي، والكنتورية والتشكيل. كآليات فعالة ليس في صنع الشكل فقط وانما في خلق هيكليته وهندسته، للتعبير عن السطوح بديكور جمالي وبنفس الوقت بنائي (constructive).(ص:١٠٤٤) **يتضح مما سبق التحول المفاهيمي الحاصل في لغة العمارة وتعبيريتها بالرقمنة التي غيرت بعمق عملية التصميم بالحوسبة والبارامترات لتوليد السطوح المنحنية والمتغيرة بقواعد جديدة لينتج شكلانية حرة ومعقدة. دون معرفة الاليات الفاعلة لتحقيقها**

(٢-٤) دراسة: Krauel ، Contemporary digital architecture : design & technique ، 2014:

تبين الدراسة طبيعة ما تمر به العمارة المعاصرة من التجريب الذي فتح افاقا لمجالات وحقول غير متوقعة لا يمكن حسابها وانشائها بالوسائل التقليدية، وتغيرت فيها العلاقة بين العمارة والتقنية لتشكيلات حرة ومركبة معقدة. وتطرح نموذج سطوحي حيوي يظهر دور البرمجة وتقنيات الانتاج والمادية باليات الطي والتغطية الفسيفسائية المكونة من اشكال غير متشابهة. (ص:٩) ويتم تشكيل المنظومة الهيكلية بطبقات مكونة من الهياكل الاساسي الناقل للأحمال وهياكل ثانوية اخرى بمؤثرات ادائية وجمالية وتكتونية وتتألف مع الغلاف الخارجي لهيئة التكوين، وبمادية تقدم انتقال ناعم من الخصائص النفاذية والانعكاسية والشفافية بدون التأثير على الخصائص الهيكلية. وطبقات الاسطح الخارجية يمكن وضعها بسلسلة من اشكال متعددة. ورغم النظرة الوظيفية للتقنيات وفرت تطبيقات بديلة للإنتاج والتمثيل كوسيط رمزي لإظهار بارامترات تعبيرية

تتجاوز الابعاد المادية وتمكن المعماريين من خلق احتمالات تعبيرية وشعرية ورمزية بالوسائط الرقمية لبناء صورة واقعية مجسمة باستخدام مرجعيات متنوعة. (ص:٢٧٣) **يتضح من الدراسة اهمية تقنيات التشكيل والانتاج الرقمية لأنشاء سطوح وهياكل الاشكال مشتقة من بنى الطبيعة وهياكلها وتعيين الاتساق السطوح كبنية تكوينية للشكل تظهر التعبيرات الجمالية والحيوية المطلوبة باعتماد استراتيجية السطوح،**

(٢-٥) دراسة: Zaera،(Patterns, Fabrics, Prototypes, Tessellations) ،٢٠٠٩:

تناولت الدراسة الامكانيات الجديدة التي وفرتها التكنولوجيا الرقمية لتطوير تقنيات الزخرفة المعقدة من خلال الاحتمالات التعبيرية التي تقدمها التكنولوجيا لغلاف المبنى (السطوح) ممثلة بالهندسية الناعمة، والتغطية الفسيفسائية ، وملمس المواد، والتخطيط ذو الطبقات (layering) لتشكيل الغلاف المبنى من خلال استراتيجية السطوح وباليات الطي و التغطية الفسيفسائية، عادت على مواضيع الانساق كتنظيمات من مواد مناسبة لتجسيد اشكال جديدة عامة وادوات تركيبية وهيكلية. (ص:١٨) حيث ان الانماط السطوحية المعاصرة تجسد التعقيد من خلال التماسك وليس من خلال التناقض، وتأكد هذا الميل من خلال التقانات الرقمية حيث مكنت تطبيقاتها من التطوير مستمر للأنماط معقدة وعلى مستويات مختلفة في العملية الرقمية لتمكن المعماري من الحفاظ على الاتساق الداخلي والخارجي بدون اللجوء الى شبكة جامدة (Grid) او الاشارة الى مرجعية للنظام. باعتبار غلاف المبنى(سطوح) عنصر معماري مرتبط مباشرة بوظائف تمثلية، واستخدام التنوع مع التناسق والتمايز المختلف. (ص:٢٧) **بينت الدراسة مجموعة اليات مؤكدة على اهمية استراتيجية السطوح وانماطها المعاصرة في تجسيد التعقيد من خلال التماسك مع اتنوع والتناسق كبنية تكوينية للشكل او تطبيقية بتنظيم هرمي لتكون ابعد من مجرد ديكور بتعبيرية رمزية وبعدة مستويات لتظهر ابعادا جمالية ورمزية للشكل**

(٣) الاطار النظري:

(٣) استراتيجيات السطوح المشتقة رقميا (Surfaces strategies):

امتلكت الاشكال الحرة واللاقياسية للعمارة الرقمية خصائص مميزة من النواحي الفضائية والهيكلية والجمالية، ولاستغلال هذه الإمكانات توجب تطوير استراتيجية تصميم للسطوح ضمن مكونات التغليف بالاقتران مع هيكل داعم ملائم، وتقوم بعمليات الخلق والمعالجة الرقمية للسطوح بإنتاج الاغلفة للمباني التي تؤثر في الصفات التعبيرية والجمالية اضافة الى التعقيدات التكتونية والهندسية الجديدة. لذلك ليس بالضرورة ان يتضح التأثير الرقمي في الهيكل وانما قد يظهر من خلال السطح ليبرز في التعبير الشكلي الجديد، وتمثل السطوح الخارجية للمبنى الغلاف الذي يكون هيئته ويصبح شكل الهيكل احد العناصر المكونة للسطوح المعمارية نفسها، ويحقق المنطق المفاهيمي الشكلي لبرامج CAD مثل (NURBS,Mesh) رسم تلك السطوح، وأدت الاستكشافات الانشائية بالحالات المعقدة هندسيا لإنتاج مشاريع مميزة اثرت على اعادة التفكير في تكوينات السطوح والتوجه نحو استكشاف غلاف المبنى ليصبح الهيكل كجزء لا ينفصل من الغلاف او يندرج ضمنيا معه في تكوين القشرة ويمتص الغلاف كل او معظم الاجهاد المتعرض له المبنى، حيث يدمج الهيكل مع الغلاف لتنتج اشكال ذاتية الدعم لا تحتاج اسناد مثل المنحنيات والطيات التي من شانها تمكين الغلاف المستمر الفعال هيكليا ويتجنب النظام الساكن باخر ديناميكي. فالغلاف وحده لا يمكن ان يرفع الاحمال الثقيلة وهكذا ادى انصهار الهيكل والسطوح في بنية احادية أو شبه أحادية للمغلف تؤثر بتصميم الهياكل والكسوة خاصة، وهذا بدوره حفز البحث عن المواد والمعالجات "الجديدة" للسطوح مع تقنيات التصنيع CAM. (Zeinab&Hazem,2007,p:75)

ويوضح (Joseph Giovannini) ان فكرة السطح الهيكلي لا تقتصر على المواد الجديدة ولكن ايضا هندسيتها وتركيبها وتكوينها لتؤسس علاقة متبادلة بين التكوينات والمادية الجديدة. فتحت تلك التكوينات الافاق للسعي نحو مواد جديدة. ان انصهار الهيكل والغلاف في تكوين هيكلي لحمل ونقل الاثقال المسلطة له تأثير كبير على تصميم الهياكل والسطوح التي تكون بشكل غلاف رقيق بطبقات متعددة من الالواح تحتوي مجموعة انظمة بالإضافة للنظام الهيكلي، فالتقنيات هي التي تحرك وتشتق تلك الكسوة بالعلاقة مع مفاهيم صناعية اخرى (مثل سطوح الشد في صناعة السيارات والطائرات بهيكل يشبه القفص) ويؤكد فعالية الاغلفة الهيكلية الجديدة بالخروج الجذري عن المثل العليا للحداثة بما يلي:

١- بعض الطرق للبحث عن المادة والشكل الذي يوحد الهيكل والغلاف مثل مشروع (Domino House) للمعماري لوكربوزيه الذي يفصل الهيكل عن الغلاف ،يلاحظ إن الترابط الجديد هو اعادة احياء الجدران الداعمة ولكن بحرية اكبر، تمكن المعماريين لإنشاء مباني أكثر حيوية تتكامل فيها الأسطح المعقدة مع الهياكل لتمثل نقلة نوعية في التعبيرية الهندسية والفكرية.

٢- ان بعض الاستراتيجيات توازن التركيب بين الهيكل والقشرة لتكوين طبقة خاصة بذلك التركيب، الذي طبقها فرانك جيري لمعظم مشاريعه.(Jenks,1997,p:62) تفعيل طبقة القشرة كهيكل هو ممارسة عملية في السيارات والطيران والصناعات ومثل المنهج الجدة النسبية في العمارة وخروجا من منطق "أسبقية الهيكل" المتداول. مع الفصل في القشرة والهيكل، لينتج التجاور الفضائي ترابط قوي بين المساحات البصرية. (Kolarevic,2009,p:64)

وتظهر التأثيرات المتبادلة بين السطوح والهيكل في الشكل بثلاث اساليب، تؤثر وتبدل المظهر الفضائي والتكتوني للتشكيل وتكنولوجيا انتاجه ليكون المصمم على بينة كاملة بالنتائج الشكلية والهيكلية تدمج بمرحلة التصميم المفاهيمي: التوجه الاول يشتق شكل العناصر الهيكلية من اختلافات تقسيمات البنية الاطارية للشكل المعماري وتتبع المنحنيات الكنتورية بهندسيته (3D) الاساسية للشكل تترجم ببنى تشبه الاضلاع (هياكل وسطوح) تنشى هذه الاضلاع (ribs) اطارات الهيكل وتتبع احداثيات الشكل بثلاث اتجاهات، وتكون المورفولوجيا الناتجة متجانسة لااتجاهية، وتظهر تعبيرية التكتونية من خلال السطح بعناصر هيكلية خطية او منحنية. والتوجه الثاني يتم فيه الحصول على الاطر الهيكلية عن طريق تقطيع (cutting) الشكل بشرائح عمودية وافقية، وتعرف كل شريحة الخطوط الكنتورية للإطارات، او من خلال تتبع اطارات الاحداثيات الاساسية لهندسية الشكل وتصطف العناصر على شكل مصفوفة باتجاهين رئيسيين بفواصل محددة، تكون مورفولوجيا الشكل اتجاهية مؤلفة من اطارات مقوسة بالاتجاه السائد بتعبيرية تكتونية للهيكل ويشتق هيئة الشكل من السطوح المكونة له، وتحقق امثليه الشكل الهيكلي بالإضافة الى تتبع الاطارات الدقيق لهندسية الشكل الاساسية. وفي التوجه الثالث فان الاطار الهيكلي يخلق من شبكة (mesh-wire) مؤلفة من عناصر خطية او منحنية تقسم الشكل الى اسطح غير منتظمة تحددها العناصر الهيكلية. ويتم التوفيق بين هندسية الشكل مع الهيكل لخلق شكل السطح النهائي. والمورفولوجيا الناتجة هي لااتجاهية ومتجانسة ويحدد هيئة الشكل بالعناصر الهيكلية والسطوح التي ما بينها وتنتج تعبيرية تكتونية تدمج بين الاثنين الهيكل والسطح. (Tuba&Other,2003,p:30) وفيما يلي اهم الاليات والتقنيات:

أ/الكنتورية (Contouring): تستخدم في السطح الكنتوري سلسلة مقاطع مستوية تكون موازية لبعضها البعض وتوزع بفواصل منتظمة، تنتج تلقائيا ببرمجيات النمذجة لشكل معين ويتم استخدامها للتعبير عن المكونات الهيكلية للمبنى، ان المقطع الكنتوري يماثل عملية lofting في بناء السفن، حيث يتم تعريف شكل

لبدن السفينة من خلال سلسلة من مستويات جانبية للمقاطع العرضية التي تصبح "اضلاع" تتراكب على "الهيكل" الذي يمتد طوليا. (Kolarevic,2009,p:60) كما غيرت الكنتورية طرق التعامل مع المادية الجديدة باستخدام تقنيات الطرح التدرجي لتعطي خصائص ثلاثية الابعاد على مايبدو ظاهرا على السطوح بمواد لوحية، فالنحت كتقنية موجودة منذ الحضارات القديمة والفرق الرئيسي بين العمليتين هو ان النحت التقليدي كان يدويا ويعتمد على المهارة والحرفة الذي رفض في عصر التقدم الرقمي الذي وفر امكانيات متعددة وانساق نمطية مفصلية ومعقدة للمكونات. (Dunn,2012,p:129) يتمكن المصمم من ازالة منهجية ومنظم للمواد بسلسلة عمليات النحت بواسطة اجهزة (CNC) القادرة على الانتاج الاسرع و الادق لعدد كبير من العناصر اللاقياسية او التكرارية من المكونات . وكذلك مستوى ودقة التفاصيل للمواد المستخدمة البلاستك والمعدن فالمواد المناسبة التي يتم اختيارها بالعلاقة بالحجمية ثم تشكل بالألة بمستوى عالي من التفاصيل، فاسلوب الكنتورية مكنت انشاء تأثيرات بصرية عالية بمادية تقليدية او جديدة . (Iwamoto,2009,p:133)

ب/التغطية البلاطية (الفسيفسائية) (Tiling&Tessellating): عملية التجانب البلاطية تسمى ايضا بالتغطية الفسيفسائية (Tessellation) فهي عمليات تطوير الاشكال او الهيئات عند تجميعها مع بعضها بمستوى متماسك بالتداخل والتراكب بدون فجوات لتكوين سطح مسطر باي تكوين بحيث تتوافق وتتداخل هذه القطع مع بعضها حتى مع تغيير البلاطة في الحجم او الشكل للسطح، ويتم مماثلة انساق السطوح البلاطية بشبكة (mesh) ويتم تقريب الشكل المنحني الى مضلعات يتم تقسيمها بإيعازات (mesh) الرقمية. (Dunn,2012,p:165) فالسطوح المعقدة والمنحنية غالبا ما تنتج عن طريق (tiling) أو الفسيفساء المستوية بتحويل السطح مزدوج الانحناء إلى سطح مقطع وينشئ الغلاف بالاستكمال الخطي بين منحنيين في الفضاء، أي ربط أزواج من المنحنيات معاً على التوالي لتحويلها الى سطح مسطر(ruled surfaces) بشرائح المستوية وانتاج مجموعة متنوعة من الأسطح للشكل، ولذلك فان الهندسية وشدة التفاصيل والصورة الكلية اهم سمات هذا الاسلوب الرقمي لتوفر طرق انتاجه انساق مختلفة للحصول على اكبر تأثير بصري مادي. كما تستخدم الشبكة لتقريب هندسية المنحنيات الى مضلعات وترجمة معلومات التصميم الرقمي لتنتج الشكل المادي كما تظهر في البرمجة. لذا فان هذا الاسلوب لتصميم وصنع الاشكال والسطوح ثلاثية الابعاد المعقدة من مجموعة من المكونات الاساسية ثنائية الابعاد وتطوير مكونات التخصيص الكتلي اللاقياسي بإمكانيات التصميم الاستكشافي وخيارات التعديل وانتاج مكونات بتمايز اكثر من السابق، تشترك بمجموعة من الفعاليات لإنتاج المؤثرات البصرية والجمالية. كما ساعدت البرمجيات لتقييم الدقة والحجم للبلاطات بالعلاقة مع هندسيتها الذي اتاح الاختيار الهندسي للنتوءات وتخصيص الحجم. لتجزئة السطح المعقد لمجموعة البقع. عملية التحويل والتطوير بإجراءات مخصصة لتقسيم السطح تسهل على المصمم معايرتها وتحديدها مع نظام الانشاء بتطبيقات واسعة كألية لصنع اشكال معقدة . (Kolarevic,2009,p:70)

ج/الطي (Folding):هي عملية تحويل وتطوير السطوح (2D) الى اشكال وهياكل (3D) .فالطي يملك امكانية لتعريف هندسية الهيكل والبنية اضافة الى انتاج اشكال معقدة بحجوم فضائية تمتلك ديناميكية وصلابة وحلول هيكلية من خلال الطية المؤثرة الدعم الذاتي المؤثر على الفراغ وتثبيت المادية اللوحية للسطوح المستوية والمنحنية. وتتكون أنماط الطية من الخطي (الطي الجاسئ) أو المنحنيات (الطي المنحني) والتي على أساسها يتم طي المواد (2D) لصنع هيكل ثلاثي الأبعاد. وبتناوب الطي تنتج خطوط ومنحنيات التي تحدد الطيات الجبلية والوادي. وبالمقارنة مع الكنتورية تعتبر الطي اقتصادية بالمواد مع طرق تعبيرية وجمالية لاستكشاف افكار التصميم بمقاييس مختلفة باستمرارية الفضاء والسطح بأشكال متنوعة مع السيولة

المميزة للشكل اكثر من الطرق الاخرى. فالطي ليست منهج فقط بل طريقة تمثيل مباشرة بحركية العلاقات للتصميم (Milena,2013,p:188) تقنية الطي هي هياكل تتكون من عناصر متعددة الأضلاع والسمة الرئيسية لها أنها اجزاء صغيرة الحجم مقارنة مع قدرة تحمل الهيكل تعمل كتقنية توليدية باستكشاف خصائص السطوح وكيفية ان تكون الدقة في الاختلافات ذات القيمة للمصمم ، فالتقنيات الرقمية تمكن من حساب وتبسيط انماط الطيات المعقدة وتقدم مجموعة خيارات للمصمم بعملية تحويل الاسطح الى اشكال مضمنة ومنمطة .ان الطي له تاريخ واسع في التصاميم وتتضمن برمجيات الرقمية خيارات بوظائف محددة في واجهة المستخدم تحول الاشكال والسطوح الحرة بانساق لوحية جاهزة للإنتاج بمكائن (CNC) بثقوب ومسارات محززة تساعد في طيها. وفي التعبير المادي يتيح التلاعب بالسطوح بالانحناء والطي ليكون مؤثرا ويتطلب ان يكون اللوح مرن وسميك. (Dunn,2012,p:141)

د/الاجتزاء (Sectioning): تمثل طريقة لتوصيف المكونات والعناصر بالعلاقة مع الشكل الهندسي للسطح من خلال سلسلة من المقاطع التي تقطع الشكل بموديل رقمي (digital module) تواصل الارتباطات بين السطح والفضاء والشكل. يجزء الشكل الى اضلاع (ribs) وفقا للأداء الهيكلي المطلوب ومن ثم اكساءه بالسطوح (skin) فإن مجموعة من الأضلاع بالتقارب من بعضها تولد سطوح معقدة ليتمظهر الشكل الاساسي مقسم الى اضلاع وسطوح ، يتعامل مع نوعين من الاشكال هما القياسي الحر. والسمة الرئيسية لهذا الأسلوب هو أنه يمكن استخدامها لتمثيل كل من الأشكال الهندسية القياسية والحرة بنفس المستوى من الضبط والدقة، والقدرة على التشريح (slice) خلال عملية التصميم لفهم وتواصل العلاقات للشكل والسطح الفضاء. وتوفر البرمجيات الرقمية اوامر مقاطع سريعة خلال الشكل ثلاثي الابعاد وتستخدم سلسلة من تلك المقاطع المتوازية التي تظهر حالا كيف ستتحول الى هيكل مادي وسطوح.(Milena,2013,p:236) وفي هذا السياق فان الشكل يعرف كسلسلة من مقاطع محددة تغطى بالمواد او الغلاف (skin) وبينما تعد هذه التقنية جديدة في العمارة وربطها بالتكنولوجيا الرقمية الا انها استخدمت عن تقليد سابق في صناعة السفن والطائرات وبنائه . وتستخدم تقنيات القطع في الانتاج باجهزة (CNC) وحسب المواد وما يتناسب معها من اسلوب . (Iwamoto,2009,p:10)

هـ/التشكيل (Forming): يتطلب التشكيل منهجا خاصا بالعلاقة مع التكنولوجيا الرقمية التي تمكنه فيعدّ اداةً لتوليد مكونات الشكل وعناصره من قوالب وتشكيله بأنماط متعددة ومتفردة، يتضمن تركيب وتجميع لأشكال منتظمة او غير منتظمة. وقد تم استخدامه في انتاج العناصر المعمارية كالواح الواجهات ومكونات التفاصيل والمكونات المادية الاخرى. وفي الموقع كان التشكيل يعتبر من الاليات الهامة لإنتاج الهياكل مسبقة الصنع كالأعمدة والجسور والجدران والالواح وحتى الانطقة. (Dunn,2012,p:172) وفي مناهج الانتاج الرقمي فأنها تتبع نفس الطريقة بالإضافة الى انتاج المكونات المنحنية والمعقدة الشكل بدقة عالية تتطلب قالب او شكل معين يخلق عادة باستخدام (CNC) وقد تستخدم تقنيات النماذج السريعة (prototype)، ويتم ذلك من قوالب موجبة وسالبة تدعى (الذكر والانثى) لإنتاج الزخارف والانساق والتأثيرات الجمالية بامكانات كبيرة، والتكامل بين الطرق تقليدية والرقمية للإنتاج. وتعتبر عملية انتاج الشكل بالحجم الكامل (الواقعي) من اهم مميزاته الذي يمد الجسور الارتباط بين عملية التصميم والانتاج الرقمي. (Iwamoto,2009,p:139)

و/الهياكل الغشائية (Membrane Structures):هي تراكيب هندسية تغلف التكوين الشكلي بهياكل خفيفة تكون فيها نسبة الكتلة الى الفضاء الذي تغطيه صغيرة بالعلاقة مع الاحمال المسلطة، وتتطلب نمذجتها معرفة بخواص الهيكل الهندسية والميكانيكية التي اتاحته المحاكاة والبرمجة الرقمية، وتختص بتغطية مساحات واسعة بهيكل خفيف تتعامل مع قوى التوتر والشد دون الاحمال الاخرى لتغطية اكبر فضاء باقل كمية مواد. وتشييد

بنوعين من المواد تختلف خصائصها هي : المواد موحدة الخواص (Isotropic) بخصائص متماثلة ومتساوية بجميع الاتجاهات، والمواد المتباينة الخواص (Anisotropic) بخصائص متباينة باتجاهات مختلفة تكسى السطوح الغشائية مزدوجة الانحناء بقشرة من مواد ثنائية الابعاد ليست كقطعة واحدة، وبنمط اكساء يوفر تغطية لكامل الهيكل.(Mollaert,2000,p:9-14) وتشمل هياكل الشد الكابلية والغشائية والخيامية، والهياكل المدعمة بالهواء المضغوط. وتختلف اشكالها حسب الاتجاهات المحددة لنقل الاحمال والتي تعتمد على المادية المستخدمة او تصميم اطار (frame) تتجنب ضغوط الانحناء وتحقق امثليه الشكل. تبرز اهمية اختيار المواقع المناسبة لخطوط التماس حيث تكون قوى الشد باقل قيمة لتوضع باتجاهات الاحمال الاساسية، وتكون بارزة على السطح لتشتق منها نمط الاكساء مع نوع الارتباط للصفائح المادية. وتوفر البرمجيات نماذج شبكية تستطيع تحويل هندسية(NURBS) الى (Mesh) بتكرارات معينة لأمثليه الهيكل والشكل.(Tia,2011,p:16)

(٤) الاطار النظري المستخلص لاستراتيجية السطوح:

بعد استعراض الاطار المعرفي المطروح في الفقرات والدراسات السابقة تحدد الاطار النظري للمفردات التركيبية للاستراتيجية السطوح المشتقة رقميا وخصائص نتاجها بالجدول (١).

جدول (١) الاطار النظري لاستراتيجية السطوح ،(المصدر: الباحث)

ردات يسية	المفردات الفرعية	القيم الممكنة			
صيغ الخلق الرقمية المعتمدة لاستراتيجية السطوح	نمط الاليات المعتمدة	اليات مفردة	الطي	تحويل السطوح الثنائية الابعاد الى هياكل واشكال ثلاثية الابعاد	الطي المنحني
					الطي الخطي
			الاجتزاء	مقاطع بهيئة هندسية حرة(Free form)	مقاطع هندسية خطية متعامدة (Orthogonal) محاور افقية
					محاور عمودية
					محاور قطرية
					محاور متعددة
			الكنتوري	هياكل كنتورية متموجة	
				سطوح كنتورية متموجة	
				معالجة المواد بالطرح التدريجي	
			التغطية البلاطية اوالفسيفسائية	تقسيم الشكل الى سطوح مسطرة (Ruled surface)	تمثيل منظم لأشكال منتظمة او غير منتظمة
					تمثيل غير منظم لأشكال منتظمة او غير منتظمة
			التشكيلية	تشكيل السطوح بديكورات تكتونية وتعبيرية جمالية	هيئة معينة
					اشكل محددة
			الهياكل الغشائية	هياكل خفيفة	كابلية
					خيامية
				سطوح غشائية بمواد خفيفة	
			الخطوط الجيودسية	تقسيم السطوح الى خطوط متقاطعة بنقاط محددة	سطوح مستوية
					سطوح منحنية
		مزج اثنين من الاليات او اكثر			
		اساليب اخرى			
	ادوات التمثيل الرقمية لهندسة السطوح	سطوح واجسام Nurbs			
		شبكات Meshes			
		التثليث Triangulation			
		المجالات المضلعة polygonization			
		انظمة Voxel			

الخصائص التكوينية للنتاج	علاقة السطح والهيكل بالشكل	تمييز السطوح في الشكل	الهيكل يتبع التقسيمات الاطارية للشكل	كتونية للسطوح
		تمييز الهياكل في الشكل	قسم الشكل بمجموعة من الاطر الهيكلية	كتونية للهياكل
		اتصهار الهياكل والسطوح في الشكل	يخلق الاطار الهيكلي بشبكة mesh	كتونية للهيكل والسطح
	معالجة الهيكل مع غلاف الخارجي	طبقة هيكلية واحدة		
		تعدد الطبقات	هيكل مع معالجات تعبيرية	
			هيكل مع معالجات بيئية	
			هيكل مع معالجات وظيفية	
	طبيعة الوظيفة التي تؤديها قشرة السطوح	تعبيرية	رمزية	
			رقمية	
			عضوية	
		تكوينية	هيكلية (بنيوية)	
			تطبيقية	
		تواصلية	اظهار التحولات المستمرة	
			اظهار القوى المؤثرة في تكوينها	
	نظومة المراجع لشكلية المعتمدة	تنوع المرجعيات		
		تعددية المرجعيات		
صائص الشكلية للنتاج	التناغم			
	التعقيد			
	الحيوية			
	الانتظام والعشوائية			
	التناظر والتكرار			

(٥) الخصائص الشكلية للنتاج المعماري:

عرفت (Psarra) الشكل المعماري بمجموعة من الخطوط المرتبطة ببعضها بعلاقات تكوينية بنظام محدد، لتعكس وظائف جمالية ونفعية وتعبيرية. ويعبر (Abel) عن الشكل بمجموعة من العناصر المرتبطة فيما بينها بانساق تنظيمية تترابط فيها المكونات مع بعضها ومع الكل ضمن مبادئ واسس، ويماثل العمارة بنظام حي يمتلك لغة بخصائص جوهرية كالتنظيم والتعقيد والتناغم. (Abel,1997,p:21) ويتفق هذا مع راي (Salingaros) بامتلاك الشكل خصائص بنيوية تكون أساسية وضرورية لإدراك الشكل وتحقيق الفهم لدى المتلقي بحيث اذا أبعدت عنه لا يمكن تمييزه ويحاط بالتشويش. تتمثل الخصائص (بالتنظيم والتناغم والانتروبي والحرارة والتعقيد). (Salingaros,2008,p:43) ويلاحظ في العمارة المعاصرة اعتماد الرقمنة كألية لخلق فضاءات افتراضية لتوليد الاشكال بارتباطات تماثل الارتباطات في البيولوجيا والعلوم الكونية الطبيعية (العضوية واللاعضوية) في بيئة رقمية بأدوات تفاعلية للتحكم بالعلاقة بين تكنيك الشكل وتطويره حاسوبيا، إضافة الى بارامترات المكونات والمواد والملمس للشكل وبنيته ومعالجتها بصورة تفاعلية. (Gao,2003,P:12)ولغرض استخلاص مقياس لخصائص الشكل سيتطرق البحث الى مجموعة من الدراسات التي تناولت خصائص الشكل بضوء الرقمنة .

(٥-١) نموذج Salingaros لقياس خصائص الاشكال:

وظف (Salingaros) مقياسا بالمماثلة مع قوانين الثرموداينمك في الفيزياء لدراسة جوانب ذاتية يصعب قياسها، ترتبط بالشكل المعماري لتبيان خصائصه بالعلاقة مع الجوانب التركيبية الداخلة في تكوين الشكل 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) ويؤكد 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 وفق مصفوفات واسس رياضية رقمية تمنح التكوين هيئته وخصائصه بالتنظيم والتعقيد والانتروبي والتناسق والحرارة والترابط المنطقي والتدرج للمقياس الصغير والكبير والمقياس الرابط بينهما يستند على متغيرات درجة حرارة الشكل وتناغمه المكونة من مفردات تفصيلية لسطوح التكوين. سيتم تفصيل متغيراتها كما يلي: (ص:١١٤)

اولا/ درجة حرارة الشكل(T): يمثل مقياس لشدة الاختلافات المميزة، وكثافة التفاصيل، وانحنائية الخطوط والاشكال، اضافة الى 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 ($0< T_{total} <10$)، كما موضح بالجدول (٢)، تتألف من المتغيرات التالية:

- كثافة التفاصيل الممكن ادراكه T1: وتمثل حدود التمييز المتصورة لملمس المواد والاشكال للمقارنة في اي حجم.
- كثافة الاختلافات وشدتها T2: وتقيس كمية التنوع والبنى الثانوية للشكل، و لكل التمايزات والاختلافات الهندسية.
- 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 الالوان المميزة والمختلفة

ثانيا/التناسق (H) والانتروبي (S) للشكل: تقاس العشوائية بالانتروبي (اللانتظام) ولان الانتروبي ليس مفهوم حدسياً او تقليدياً في العمارة لذلك يستخدم التناسق المعماري (H) لقياس قلة العشوائية في الشكل، تأثر قياس التناسق للشكل بخمسة 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 ($0< H_{total} <10$) كما موضح بالجدول (٣)، تتألف من المتغيرات التالية:

- العلاقات الانعكاسية على جميع المقاييس H1: تعتمد على اتجاه محاور التناظرات بجميع المقاييس.
- العلاقات الانتقالية والدورانية بجميع المقاييس H2: تتضمن تكرار العناصر بنمط او نسق معين باتجاه واحد او اكثر.
- درجة امتلاك الاشكال المختلفة هيئة 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 الاتساق اللونيH5 : وتمثل مقياس للتناغم بالألوان التي تكسي السطوح والاشكال.

ثالثا/ درجة الحيوية والتعقيد للشكل: تستخدم الكميات (T) و (H) لقياس خاصية الحيوية(L) والتعقيد(C) للشكل، حيث 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 بالاعتماد على (Salingaros)	
المتغيرات	القيمة الممكنة
– (T_1) كثافة وقوة التفاصيل المنتشرة على السطوح و الممكن ادراكها : ($0<T_1<2$)	متوسطة، قليلة
– (T_2) كثافة الاختلافات وشدتها بدون عنصر اللون : ($0<T_2<2$)	متوسطة، قليلة
– (T_3) درجة انحنائية الخطوط والاشكال : ($0<T_3<2$)	متعرج، خطي
– (T_4) كثافة الدرجة اللونية : ($0<T_4<2$)	متوسطة، فاتح
– (T_5) درجة التناسق اللونية : ($0<T_5<2$)	قليلة

جدول (٣) يوضح متغيرات مقياس التناغم المعماري للشكل ، المصدر: الباحث بالاعتماد على (Salingaros)	
(H_1) العلاقات الانعكاسية بجميع المقاييس : ($0<H_1<2$)	ة ، غير متناظرة
(H_2) العلاقات الانتقالية والدورانية بجميع المقاييس : ($0<H_2<2$)	علاقات الانتقال،الدوران
(H_3) درجة امتلاك الاشكال هيئة متشابهة : ($0<H_3<2$)	متوسطة، قليلة
٤ – (H_4) درجة الارتباطية بين الاشكال: ($0<H_4<2$)	ارتباطات ،عدم وجودها
٥ – (H_5) درجة الاتساق اللوني : ($0<H_5<2$)	، غير متناغم

(٦) الدراسة العملية :

بعد ان تم استخلاص مفردات الاطار النظري لاستراتيجية السطوح وتحديد خصائص التكوينية والشكلية للنتاج المتحقق، تختص هذه الفقرة بتهيئة المستلزمات الأساسية للتطبيق والفرضية والنتائج والاستنتاجات والتوصيات.

(٦-١) الفرضيات:

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

١. تتنوع التقنيات الرقمية المستثمرة لتكوين الشكل ويميل المعماريون لألية التشكيل بمرجعيات متنوعة.

٢. تتباين هندسية السطوح وفقا لطوبولوجيا السطح و الاليات المتبعة في تكوينه وغالبا ما ترتبط صيغ معينة بتمثيلها بشبكات "Mesh" لإظهار الشكل بتعبيرية تكتونية للسطوح.

٣. تتباين فاعلية اليات الاستراتيجية المتبعة لخلق الشكل المعماري بالتقنيات الرقمية في خصائصه المتحققة، ويوظف المعماريون صيغ محددة لتحقيق خصائص معينة بصورة قصدية او غير قصدية من المصمم.

(٦-٢) معايير انتخاب العينات :

- ان تكون مشاريع عراقية معاصرة لمصممين بتوجهات مختلفة تتبع اسلوب التكنولوجيا الرقمية مع التعدد الوظيفي.
- تنوع الاليات والتقنيات الرقمية لاستراتيجية للتكوين إضافة الى تفرد وتميز المشروع، وللفترة الزمنية (٢٠٠٩-٢٠١٧).
- امتلاك العينة خصائص تكوينية وشكلية متنوعة بالتنظيم والتعقيد والتناسق لاختبار شمولية الاستراتيجية.

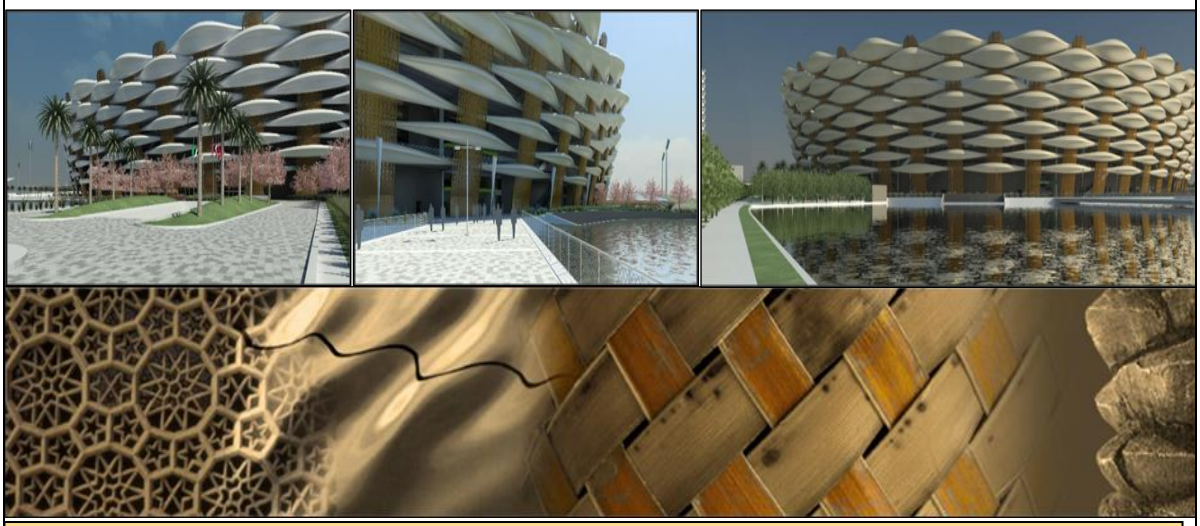
(٦-٣) وصف العينات المنتخبة:

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. وكما موضح بالجدول (٤).

جدول (٤) وصف العينات المنتخبة للدراسة

١/مشروع: المدينة الرياضية -ملعب البصرةالدولي،٢٠٠٩-٢٠١٣	المصمم: (360 Architect)	المكان: البصرة	الرمز
تعريف حالة الوصف			A

فاز بالتصميم مكتب (360Architect) المتخصص بتصميم الملاعب وترتكز فلسفته لفكرة المشروع بإنشاء ملعب متفرد ومميز ينحدر من الموقع المقام فيه، اما تصميم الملعب جاء ليعكس المؤثرات المعمارية المحلية مع الدلالة لتراث البصرة الغني ومد جسور التواصل بينهما بتقنيات معاصرة. واستلهم شكل الملعب الرموز الاساسية المميزة لمدينة البصرة من اشجار النخيل الى وعاء الزنبيل التقليدي (المنسوج يدويا) مع استعارة الانساق التقليدية للشناشيل البصرية، اما كتلة الملعب مستوحاة من لحاء جذع النخلة، تنسج سطوحه الخارجية بعناصر متحولة الحجم والموقع تماثل لحاء النخلة. استخدمت برامج (Catia) لتطوير السطوح المنحنية بارامتريا تحدد الابعاد والشكل على الشبكة وتقديم صورة للهيكل مستوحاة من توزيع الواح الاعمدة المائلة بالعلاقة مع بارامترات السطوح المعقدة ،لينشئ هذا الارتباط بين تعديل الهيكل و السطوح المنحنية نقلة جديدة باتجاه الحرفية الرقمية للتصميم و الانتاج التشكيلات الرمزية المحتملة لتلك السطوح. كما تتضح بالشكل (١). (www.360architects.com) (http://www.ashaqalarab.com)



شكل (١) المراجع الرمزية المستثمرة في تكوين الانساق الشكلية للسطوح الخارجية للملعب وتمثيلها بالبرمجيات
المصدر: وزارة الشباب والرياضة/شعبة التصاميم-قسم المشاريع الاستراتيجية

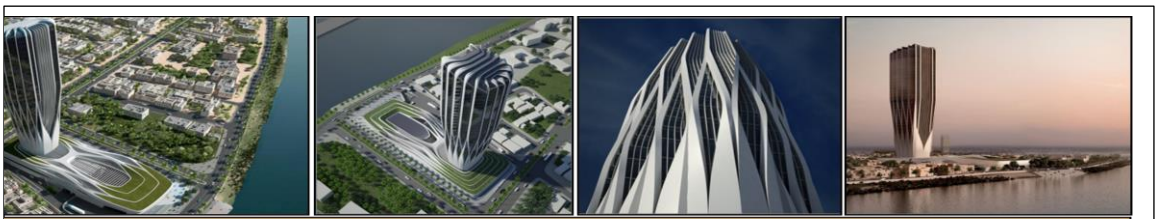
٢/ مشروع: مجلس الوزراء العراقي ،٢٠١٠	المصمم: منهل الحبوبي	المكان: بغداد	الرمز
تعريف حالة الوصف			B

ترتكز فكرة المشروع لخلق نتاج معماري ذو عمق تاريخي يتميز بالأصالة ويواكب الحداثة لتظهر المبنى كصرح مؤصل المعاني التي يحملها. فالعمق الفلسفي الكامن في خطوط وعناصر التصميم يمتلك دلالة تلخص حضارة وادي الرافدين اكسبت المشروع غنى وتفرد جاعلة منه شاخصا في هذا الزمان والمكان. ولخص المصمم الفكرة تحت عنوان (الدستور العراقي الابدي الحر) بتحويل رمز الابدية الى فراغ وليس كتلة ولتعريف حدود الفراغ وهيئته فاختار المصمم شكل المكعب باعتباره من الاشكال مسبقة الادراك التي تحفز الوعي لدى المتلقي لإدراك صورة الشكل، ونحت تكوين (3D) لرمز الابدية من المكعب بسطوح ديناميكية متموجة تشطر الكتلة الرئيسية الى قسميين. اما انتمائية الى حضارة العراق تمت باشتقاق ختم خاص بالحضارة العراقية واستعارة مدينة بغداد المدورة ، ومعالجة السطوح الخارجية بتكوينات وانساق تشتق من الحضارة السومرية كونها تعم العراقيين ككل وتميزهم عن الحضارات الاخرى، وتمتزج مع زخارف الاسلامية تكون انساق متفردة السطوح المبنى تعبر عن اصالة المكان والهوية المحلية بطابع معاصر مزاج باتجاه توظيف التقنيات الرقمية المعاصرة في تصميم وانتاج ونمذجة المشروع ، كما موضح بالشكل (٢). (/http://www.cap-consultant.co)

شكل (٢) يوضح مناظير خارجية مختلفة المشروع تبرز المعالجات السطوحية بتقنيات رقمية
المصدر : info@cap-consultant.com

٣/مشروع: مبنى البنك المركزي العراقي ، ٢٠١١	المصمم: مكتب زها حديد	المكان: بغداد	الرمز
تعريف حالة الوصف			C

ينبثق المبنى المرتفع من انحدار نهر دجلة بتصميم ينقل القيم الجوهرية لوظيفة المشروع المتمثلة بالصلابة والاستقرار والاستدامة المنبثقة من قلب المؤسسة (CBI). وتنعكس هذه القيم بالأهمية التاريخية لنهر دجلة والذي استخدم تاريخيا ممر تجاري ومصدر المياه الصالحة ولذلك فانه شكل تاريخ العراق والمرتكز للبناء في المستقبل، وبحكم موقعه على النهر مثل هذا المشروع مرحلة جديدة من البناء لنمو وتطوير مدينة بغداد بأشكال ملتوية ومعقدة بهيئة مموجة وخطوط جريئة تعكس سمات المرونة والانسيابية والديناميكية للمشروع . ويقدم تصميم المشروع مظهرا معاصرا لهذه القيم الغنية بالعلاقات التاريخية والتقاليد ، بشكل عضوي يتخذ شكل الشفرات المستوحاة من الاوراق النقدية تتمازج بانسيابية مشتقة من الامواج النهرية مثلت الاستعارة الرئيسية للشكل، بكتل صلبة ومصمتة للواجهة الامامية وتتحول الى شفافة ومفتوحة للواجهة النهرية . كما تقسم قشرة الهيكل الخارجي بطبقات عمودية تمتد على طول البرج وتستمر ضمن القاعدة (podium) المجزئة بطبقات ايضا وتعمل على ترابط عناصر المبنى المنفصلة بانتقال ناعم وانسيابي، فالهيكل الخارجي يعزز مبدا السيولة لكلا الجانبين المعماري والهيكلي وبما يلائم هندسية الشكل، شكل(٣)(www.zaha-hadid.com)



شكل (٣) يوضح المشروع بمناظير متعددة من زوايا مختلفة تبين التلاعب الرقمي والتحولات لسطوح الشكل
المصدر : http://blog.idmgroup.hu/blog/zahahadid

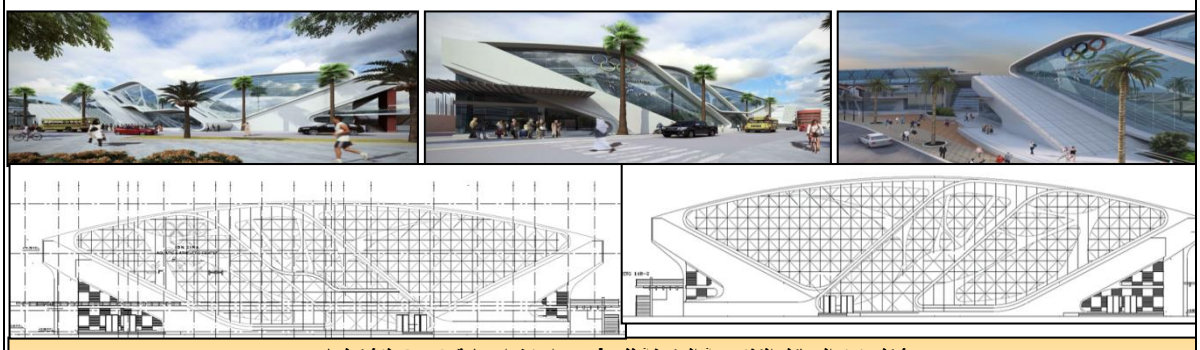
٤/مشروع: المجمع الرياضي لنادي الطلبة ، ٢٠١٤	المصمم: مكتب (IGC)	المكان: بغداد	الرمز
تعريف حالة الوصف			D

تقدم فكرة المشروع اقصى قدر من المرونة والانسيابية الشكلية والفضائية لخلق عنصر حيوي في المدينة وتحتوي الطاقات الشبابية المبدعة، وتستند الفكرة التصميمية على محاكاة كأس كرة القدم، كرمز رياضي يجسد اهمية النادي ودوره في تطوير المهارات الشبابية. وفي بادئ الامر استخدمت الشبكات (Mesh) للسيطرة على الشكل الجيومتري للتكوين بمضلعات لا نظامية وتطوير استراتيجيات متفردة لمعالجة القشرة الخارجية تعتمد على دور المحددات البيئية للإشعاع الشمسي والرياح في تحديد نمط الاستجابة الشكلية، وتصميم التنظيم المادي للسطوح الخارجية بمجموعة انساق متباينة الفتح والاغلاق بأسلوب التثليث الناتجة من تقاطع مجموعة من الالواح مثلثية الشكل، ولتحقيق السيطرة والدقة بالتعامل مع شكل وسطوح ومواد المشروع استخدمت برمجيات (Catia/Rinho) لغرض معالجة النموذج الرقمي (3D) لتصميم وانتاج الشكل المنحني من خلال الوجوه المثلثة كنظام لتطوير السطوح المموجة بارامتريا لتحديد الكتلة، وتشكيل الهياكل التي تتنوع مقاطعها بحسب موقعها، كما يبين شكل(٤) (http://www.tomasllavador.con)

شكل (٤) يوضح الطبولوجيا الهندسية السطوحية ومعالجة التقنية والتعبيرية لسطوح المشروع
المصدر :http://www.tomasllavador.com

٥/مشروع: النادي الطلابي المغلق لجامعة ابن سينا ،٢٠١٥	المصمم: مكتب(Tomás Llavador)	المكان: بغداد	الرمز
تعريف حالة الوصف			E

يهدف التصميم الاساسي الى خلق فضاءات ومساحات لتشجيع التفاعل الاجتماعي والأكاديمي بالاستجابة لنمط الحياة الطلابية في الجامعة. وهذا هو الهدف الذي استند في تصميم النادي الطلابي المغلق، تتبع فلسفة التصميمية من نمط حياة الطلبة والرياضية ، باستعارة تبتعد عن الانماط التقليدية للمباني المماثلة لخلق ايقونة معمارية نابضة بالحياة ضمن النسيج الجامعة وتتسم بخصائص الديناميكية والانسيابية والمرونة بسطوح متموجة كنتورية، تستوحي الشكل من الاستمرارية الحركية وتجريد حركة الرياضي بالهام من الرموز الرياضية الاولمبية . ولتحقيق ذلك استخدم المصمم نظام بارامتري لاكتشاف الخيارات بمنهج تطوري، ببرامج (Revit) لأنشاء موديل تخطيطي للسطوح ترتبط مع طوبولوجيا الهندسية للشكل الناتج . وضمان السيطرة الرقمية على هندسية تلك السطوح بأجسام (nurbs) وتحويلها الى شبكات (mesh) في بعض المواقع، كما تتضح بالشكل (٥) . (http://www.igcgroup-co.com)



شكل (٥) الهياكل الكنتورية المكونة للسطوح واستخدام مادة GRC لتشكيلها
المصدر : وزارة التعليم العالي / الدائرة الهندسية – شعبة التصاميم

(٦-٤) أسلوب القياس وتحديد 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 الاستراتيجية ونسب تحققها ويوظف فيما بعد لمعرفة تأثيرها وفاعليتها في خصائص النتاج ،اما الثاني فهو مقياس رقمي يعتمد على تقيم للمفردة المتحققة، تستخدم في المعادلة لقياس خصائص الشكل، ثم يتم التحليل المقارن بين المفردة والخاصية من خلال العينة البحثية ليتم معرفة فاعلية الاليات في الخصائص المتحققة للنتاج، كما موضح بالجداول (٥) و(٦) و(٧) و(٨).

جدول (٥) نتائج تطبيق مفردات استراتيجية السطوح على العينات المنتخبة ،(المصدر: الباحث)

مفردات رئيسية	المفردات الفرعية					القيم الممكنة		المشاريع المنتخبة					المجموع	نسبة القيم الممكنة	نسبة الرئيسية
صيغ الخلق الرقمية المعتمدة لاستراتيجية السطوح	نمط الاليات المعتمدة	اليات مفردة	الطي	تحويل السطوح الثنائية الابعاد الى هياكل واشكال ثلاثية الابعاد		الطي المنحني	1	0	1	1	0	2	%40	%40
						الطي الخطي	0	0	0	0	0	0	%0	
			الاجتزاء	مقاطع بهيئة هندسية حرة	مقاطع هندسية خطية متعامدة	محاور افقية	0	0	0	0	0	0	%0	%40
						محاور عمودية	0	0	1	0	0	1	%20	
						محاور قطرية	0	0	0	0	0	0	%0	
						محاور متعددة	1	0	0	0	0	1	%20	
			الكنتوري	هياكل كنتورية متموجة			0	0	0	0	1	1	%20	%40
				سطوح كنتورية متموجة			0	0	0	1	0	1	%20	
				معالجة المواد بالطرح التدريجي			0	0	0	0	0	0	%0	
			التغطية البلاطية او الفسيفسائية	تقسيم الشكل الى سطوح مسطرة (Ruled surface)		تمثيل منظم لأشكال منتظمة او غير منتظمة	0	0	0	0	1	1	%20	%20
						تمثيل غير منظم لأشكال منتظمة او غير منتظمة	0	0	0	0	0	0	%0	
			التشكيلية	تشكيل السطوح بديكورات تكتونية وتعبيرية جمالية		معينة	0	0	0	0	0	0	%0	%80
						عددة	1	1	1	1	0	4	%80	
			الهياكل الغشائية	هياكل خفيفة			0	0	0	0	0	0	%0	%20
							0	0	0	0	0	0	%0	
				غشائية بمواد خفيفة			1	0	0	0	0	1	%20	
			الخطوط الجيودسية	تقسيم السطوح الى خطوط متقاطعة بنقاط محددة		ستوية	0	0	0	0	0	0	%0	%20
						تحنية	0	0	1	0	0	1	%20	
			مزج اثنين من الاليات او اكثر				1	1	1	1	0	5		%100
	ادوات التمثيل الرقمية لهندسة السطوح		سطوح واجسام Nurbs				1	0	1	0	0	2	%28.6	%100
			شبكات Meshes				1	1	1	0	1	4	%57.1	
			التثليث Triangulation				0	0	0	1	0	1	%14.3	
			المجالات المضلعة polygonization				0	0	0	0	0	0	%0	
			انظمة Voxel				0	0	0	0	0	0	%0	
الخصائص التكوينية للشكل	علاقة السطح والهيكل بالشكل		تمييز السطوح في الشكل	تتبع التقسيمات الاطارية للشكل		تعبيرية تكتونية للسطوح	1	1	0	1	0	4	%80	%100
			تمييز الهياكل في الشكل	الشكل بمجموعة من الاطر الهيكلية		تعبيرية تكتونية للهياكل	0	0	0	0	0	0	%0	
			انصهار الهياكل والسطوح في الشكل	الاطار الهيكلي بشبكة mesh		تعبيرية تكتونية للهيكل والسطح	0	0	1	0	1	1	%20	

معالجة الهيكل مع الغلاف الخارجي	طبقة هيكلية واحدة		0	0	0	0	0	0	%0	%0
	تعددية الطبقات	هيكل مع معالجات تعبيرية	0	1	1	1	1	4	%80	%100
		هيكل مع معالجات بيئية	1	0	0	0	0	1	%20	
		هيكل مع معالجات وظيفية	0	0	0	0	0	0	%0	
طبيعة الوظيفة التي تؤديها قشرة السطوح	تعبيرية	رمزية	1	1	0	0	1	3	%60	%100
		رقمية	0	0	0	0	0	0	%0	
		عضوية	0	0	1	1	0	2	%40	
	تكوينية	هيكلية (بنيوية)	1	1	1	1	0	4	%80	%100
		تطبيقية	0	1	0	0	0	1	%20	
	تواصلية	اظهار التحولات المستمرة	1	1	1	1	1	5	%83.3	%100
		اظهار القوى المؤثرة في تكوينها	0	0	0	1	0	0	%16.7	
منظومة المراجع الشكلية المعتمدة		تنوع المرجعيات	1	1	1	1	1	5	%62.5	%100
		تعددية المرجعيات	1	0	0	1	1	3	%37.5	

جدول (٦) 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	2	1	2	2	1
(T_5) درجة التضاد اللونية	1	2	1	2	1
درجة الحرارة الكلية للشكل	9	9	8	9	8

جدول (٧) يوضح حساب متغيرات مقياس التناغم المعماري للشكل ، المصدر: الباحث

(H_1) العلاقات الانعكاسية بجميع المقاييس	0	0	1	2	2
(H_2) العلاقات الانتقالية والدورانية بجميع المقاييس	0	0	2	2	2
(H_3) درجة امتلاك الاشكال هيئة متشابهة	1	1	2	2	2
(H_4) درجة الارتباطية بين الاشكال	0	1	2	2	1
(H_5) درجة الاتساق اللوني	2	0	2	1	1
درجة التناغم الكلية للشكل	3	2	8	9	8
درجة الانتروبي الكلية للشكل (S=10-H)	7	8	2	1	2

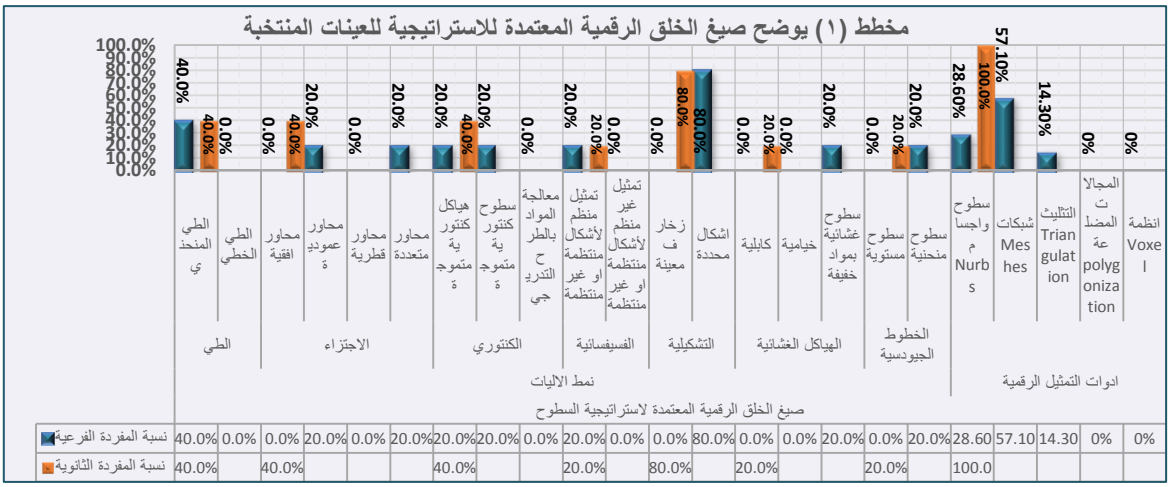
جدول (٨) يوضح مقياس خصائص الشكل ، المصدر: الباحث

المتغيرات	المشاريع المنتخبة				
	E	D	C	B	A
درجة حرارة الشكل المعماري(T)	9	9	8	9	8
درجة التناغم المعماري (H)	3	2	8	9	7
درجة الانتروبي والعشوائية للشكل المعماري (S=10-H)	7	8	2	1	3
درجة الحيوية (التنظيم) للشكل المعماري (L=TH)	%27	%18	%64	%81	%56
درجة التعقيد للشكل المعماري (C=TS)	%63	%72	%16	%9	%24

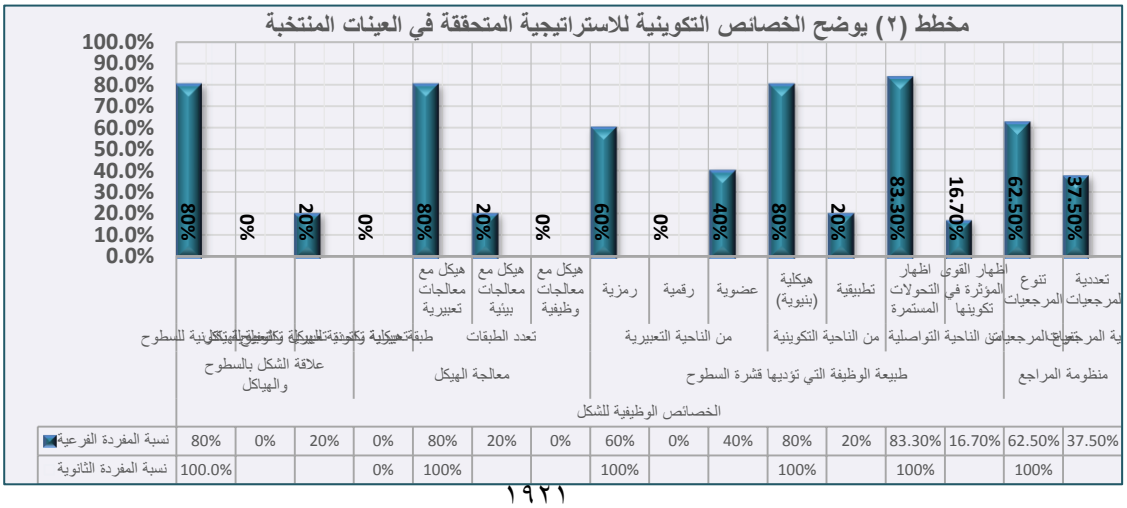
(٦-٥) تحليل ومناقشة النتائج :

أولا/صيغ الخلق الرقمية المعتمدة لاستراتيجية السطوح: أظهرت نتائج التطبيق لهذه المفردة تنوعا في مفرداتها الثانوية، حيث أظهرت النتائج بالنسبة لنمط الاليات تفوقا كبيرا للتشكيلية بنسبة **(80%)** بتقنيات تشكيل السطوح لديكورات معينة بأشكال محددة، تلتها الطي والاجتزاء والكنتوري بنسبة**(40%)** لكل منها، توزعت بتقنية الطي المنحني بنسبة **(40%)** والاجتزاء توزعت بتقنيات التقطيع بالمحاور العمودية والمتعددة **(20%)** لكل منهما. اما الكنتوري توزعت بنسبة**(20%)** لكل من الهياكل والسطوح الكنتورية المتموجة.

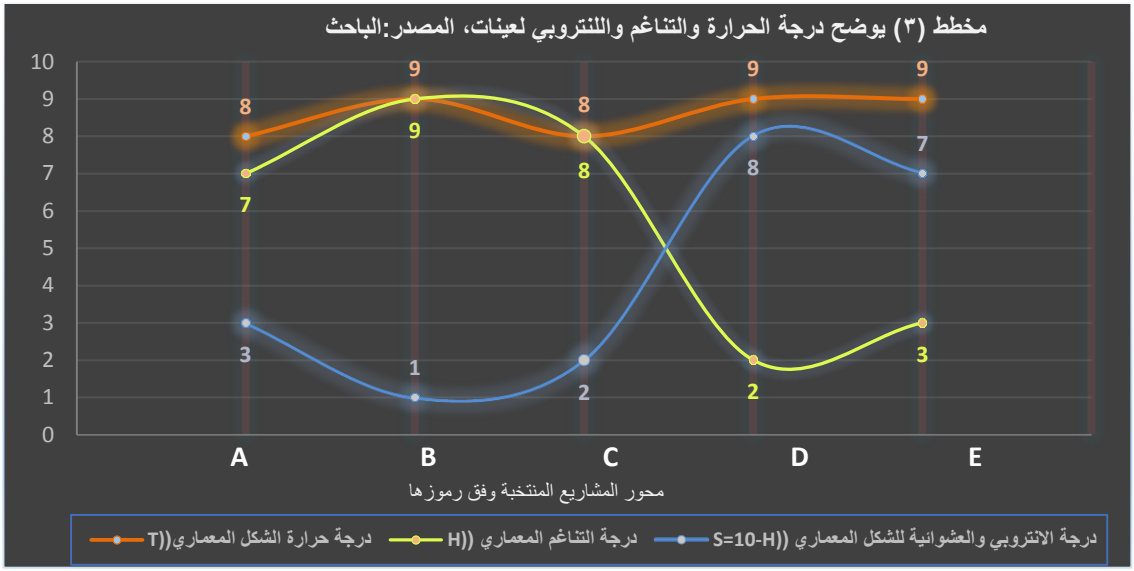
وحققت الهياكل الغشائية (20%) بالسطوح غشائية بمواد خفيفة. والسطوح الجيودسية (20%) بالسطوح المنحنية.اما مفردة أدوات التمثيل الرقمية لهندسية السطوح تنوعت مفرداتها الثانوية حققت شبكات (mesh) اعلى قيمة بنسبة(57.1%) واجسام (Nurbs) بنسبة(28.6%) وشبكات التثليث بنسبة(14.3%)، وكما يوضحها المخطط (١). **وهذا يتفق مع الفرضية الأولى باعتماد المعماريين الية التشكيل بصورة اكبر من غيرها وتمثيل السطوح بصيغ رقمية (NURBS,Mesh) وذلك لسهولة ودقة التحكم في السطوح والشكل اضافة الى للإمكانية التعبيرية في اظهار الاتساق بمرجعيات شكلية متنوعة.**

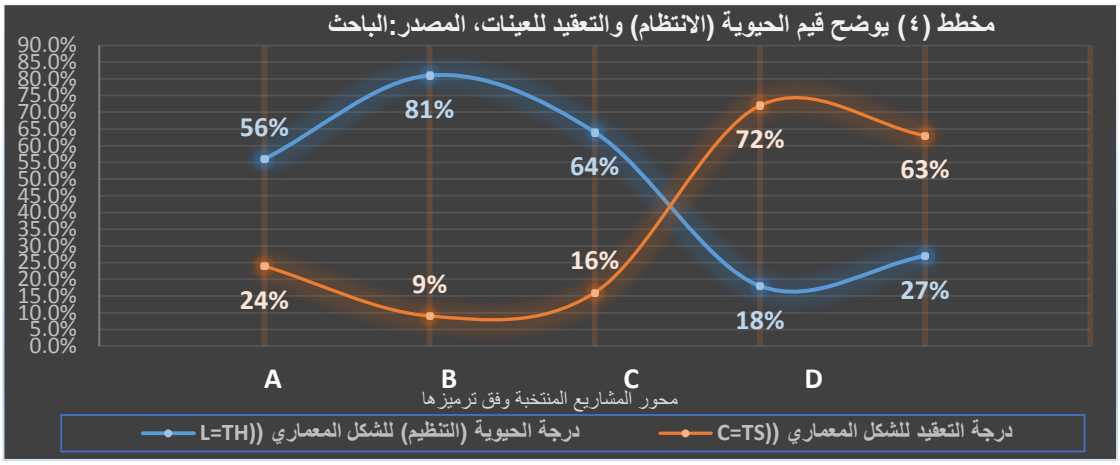


ثانيا/الخصائص التكوينية للشكل: تنوعت قيم مفرداتها الفرعية للمشاريع، فبالنسبة لمفردة **علاقة الشكل بالسطوح والهياكل** أظهرت تفوقا للتعبيرية التكتونية للسطوح بنسبة(80%)، والتعبيرية تكتونية للهيكل والسطح بنسبة(20%). وتشابهت العينات لمفردة **معالجة الهيكل مع الغلاف الخارجي** باعتماد التعددية للطبقات الهيكل بمعالجات تعبيرية بنسبة(80%) والمعالجات البيئية بنسبة(20%). اما مفردة **الوظيفة التي تؤديها قشرة السطوح** فقد حققت من الناحية **التعبيرية** نسبة (60%) للرمزية و(40%) للعضوية. ومن الناحية **التكوينية** حققت السطوح البنيوية (الهيكلية) نسبة(80%) والتطبيقية للزخرفة نسبة(20%) ، ومن الناحية **التواصلية** حققت اظهار التحولات المستمرة نسبة(83.3%) ،واظهار القوى المؤثرة في تكوينها (16.7%) .وجاءت منظومة المراجع المعتمدة بنسبة (62.5%) للتنوع، (37.5%) للتعددية. كما في المخطط (٢). **وهذا يتوافق مع الفرضية الثانية بتباين نمط الاليات المتبعة في تكوين الشكل حسب هندسية السطوح واسلوب تمثيلها الرقمي بشبكات (Mesh) لإظهار الشكل بتعبيرية تكتونية للسطوح وتعددية الطبقات الهيكلية بمعالجات تعبيرية ، وهذا يوضح اذابة الحدود بعلاقة تبادلية بين السطح والهيكل بتوظيف الهيكل كجزء من الزخرفة السطوحية.**



ثالثا/ خصائص الشكل المتحققة: أظهرت النتائج تنوعا لدرجة الخصائص المتحققة للنتاج وفق الاليات والتقنيات المستثمرة لإنتاج الشكل، حيث يظهر ارتفاع درجة حرارة الشكل لكافة العينات، وتباين التناغم والحيوية للعينات حيث ارتفع قيم التناغم والحيوية لثلاث مشاريع، وارتفعت قيم التعقيد والانتروبي لمشروعين. وكما موضح بالجدول (٨) والمخططات (٣) و (٤).





(٦-٦) الاستنتاجات :

أولا/ الاستنتاجات العامة للبحث:

١. احدثت الرقمنة وتقنياتها تغيرا جذريا في لغة العمارة على المستوى المادي والفكري بالخروج عن الأعراف السابقة بانموذج معماري جديد ينصهر فيه السطح الكتلة والفراغ بعلاقات متبادلة تنتج اشكالا متنوعة وتظهر جماليات تعبيرية بالسطوح المنحنية والمعقدة تستلزم ربط مرحلتي التصميم والإنتاج بصورة تكاملية.

٢. لا تقتصر دور التقنيات الرقمية كأدوات ووسائل بل كشريك أساسي في عملية اشتقاق الشكل وتحولاته.

٣. ان استراتيجية السطوح المشتقة رقميا هي معالجة الاسطح المعمارية بتأثير التقنيات والاليات والنمذجة الرقمية في مرحلة التصميم او الإنتاج او التنفيذ لتكوين السطوح وظهورها بصورة تكاملية على مستوى التصميم والانشاء بحيث لا يمكن الفصل بين المواد والعناصر الهيكلية المدمجة في تركيبها وتقوم عمليات الخلق والمعالجة الرقمية هذه بالتأثير في الصفات التكتونية والتعبيرية والجمالية للتكوينات الشكلية بحيث يندمج

السطح والهيكل في تكوين القشرة لأبداع اشكال ذاتية الدعم بالانحناء والطي تماثل فكرتها الأساسية لتكوين الاسطح في صناعة الطائرات و السيارات بغرض الملائمة الوظيفية للشكل بأفضل أداء .

٤.تبرز استراتيجية للسطوح بوصفها نظام فكري مفاهيمي يخاطب الذات الانسانية من خلال الانساق التي تضيف ابعادا اخرى للشكل المعماري من خلال تنظيم الارتباطات والعلاقات الشكلية التعبيرية ، لتمنح الشكل حالة معينة.

٥.بلورت التقانة الرقمية مناهج فكرية ومادية جديدة لعمليات خلق الشكل بسطوح ديناميكية وحيوية متحولة باستمرار تعكس مفاهيم جديدة في الخلق ما بين نمو وحركة وأداء وتعالق متبادل تعتمد التقانة الرقمية كأساس في تكوين الاشكال.

٦.وفرت الرقمنة وتقنياتها عودة قوية للانساق السطوحية في تشكيل غلاف المبنى من خلال استراتيجية السطوح ابعد من كونها مجرد ديكور بعدما كانت اللغة السائدة في غلاف المبنى هي السطوح العامة استخدمت كأدوات تركيبية وهيكلية.

٧.يستنتج البحث تمييز العمارة العراقية المعاصرة بسمة الحيوية بصورة أكبر من العمارة العالمية بسبب ميل المصممين الى تنسج الشكل باتساق سطوحيه متماسكة مشتقة من مرجعيات ورموز بالسياق المكاني وتعكس محتوى عالي ومنظم من المعلومات مرتبطة مع الجوانب الحسية والادراكية للذات المتلقية.

ثانيا/ استنتاجات الدراسة العملية:

١. توظف صيغ الخلق الرقمية المعتمدة لاستراتيجية السطوح بكافة الياتها في تعددية الطبقات الهيكلية مع الغلاف الخارجي بمعالجات تعبيرية.

٢. فاعلية صيغ الخلق الرقمية المعتمدة لاستراتيجية السطوح بكافة الياتها في اظهار التعبيرية التكتونية للسطوح.

٣. فاعلية صيغ الخلق الرقمية المعتمدة لاستراتيجية السطوح باليات (الاجتزاء والطي والكنتورية والهياكل الغشائية والخطوط الجيودسية والتغطية الفسيفسائية) في تكوين سطوح الشكل البنيوية (الهيكلية).

٤. فاعلية صيغ الخلق الرقمية المعتمدة لاستراتيجية السطوح بكافة الياتها في زيادة درجة الحرارة للشكل المعماري .

٥. فاعلية صيغ الخلق الرقمية المعتمدة لاستراتيجية السطوح باليات (الطي والاجتزاء والهياكل الغشائية) في زيادة درجة الحيوية (التنظيم) ودرجة التناغم المعماري للشكل ، وتقليل درجة التعقيد والانتروبي للشكل المعماري .

٦. فاعلية صيغ الخلق الرقمية المعتمدة لاستراتيجية السطوح بالية (التشكيل) في زيادة درجة الحيوية (التنظيم) ودرجة التناغم المعماري ودرجة التعقيد والانتروبي للشكل المعماري .

٧. فاعلية صيغ الخلق الرقمية المعتمدة لاستراتيجية السطوح باليات (الكنتورية والخطوط الجيودسية) في زيادة درجة التعقيد ودرجة والانتروبي للشكل المعماري .

(٧) التوصيات :

- أهمية تبني المؤشرات التركيبية لاستراتيجية السطوح المشتقة رقميا ومفرداتها الرئيسية والثانوية التي توصل اليها البحث كاستراتيجية تصميمية لخلق نتاج معماري حواري ابداعي وعلى المستويين الفكري والمادي.

- استثمار المتغيرات الواردة في قياس خصائص الشكل وتحويلها الى بارامترات مترابطة بأسلوب البرمجة لأنشاء برنامج مختص في قياسها، ويسهل استخدامه من قبل المصممين في توليد او تقييم النتاج المعماري بمعايير واضحة سهلة التحكم وتعطي مدى واسع من البدائل في التكوين .
- أهمية تفعيل دور الرقمنة في تكوين العمارة المعاصرة بكافة الجوانب من التصميم وحتى التشغيل.
- أهمية الجمع والالمام المعرفي بتقنيات التصميم والإنتاج الرقمي للمعماريين العراقيين وتشجيعهم في استنباط وبلورة مناهج وطرق وأساليب جديدة تنبع من خصوصية العمارة العراقية وتلبي حاجة المجتمع العراقي .
- أهمية توظيف الاليات والتقنيات الرقمية بالتصميم والانشاء والتشغيل للمباني والاستفادة من مدى التجريب الواسع الذي اتاحته العوالم الافتراضية في عمليات إعادة تطوير وتأهيل غلاف المباني التقليدية وبما يلائم الخصوصية المحلية.
- استثمار ما طرحه البحث من مفردات ومقياس لخصائص الشكل في المجالات التطبيقية كمرجع لتقييم النتاجات تحقق خصوصية عراقية بهوية تكنولوجية عالمية.

المصادر :

نوّار سامي مهدي، ٢٠٠٩، **الاغتراب والموضوع المعماري: دراسة في علاقة بين التفكيك والعمارة الرقمية**. اطروحة دكتوراه غير منشورة. جامعة القاهرة، كلية الهندسة. مصر

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

Chun, Jae-Hoon , 2010 . A Study on the Characteristics of Digital Architecture Expressed in the Contemporary Fashion Works of Hussein Chalayan. In: Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles (Vol. 34, No. 12 .

Dunn, Nick , 2012,"Digital Fabrication in architecture". , London, United Kingdom , Lamurence King .

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.

Hazem M. N. afify & Zeinab A. abd elghaffar. , 2007, Advanced Digital Manufacturing Techniques (Cam) In Architecture Authors, Master Thesis, Menoufia University, Egypt.

Islami, S. Yahya, Surface-Driven Architecture: Moving Beyond the Ornament/Structure Opposition, 3rd Int'l ASCAAD Conference on Em'body'ing Virtual Architecture [ASCAAD-07, Alexandria, Egypt

Iwamoto L. , 2009, Digital Fabrication: Architecture and Material Techniques, Princeton Architectural Press.

Jencks, Charles , 1997,"The Architecture of Jumping Universe "Academy Edition, Great Briton.

Kolarevic, Branko , 2009, Architecture in the digital Age: Design and Manufacturing, Taylor & Francis Group, second edition, New York and London.

Krauel J., 2014, Contemporary Digital Architecture-Design & Techniques, Barcelona-Spain, printed in china, published in 2014.

Marcos, Carlos, 2011; "New Materiality: Digital Fabrication and Open Form. Notes on the Arbitrariness of Architectural Form and Parametric Design" , Proceedings of the IMProVe 2011 International Conference on Innovative Methods in Product Design June 15th – 17th, Venice, Italy

Milena, Stavric& Sidanin P.& Tepavcevic P. ,2013, Architectural Scale Models in the Digital Age design, representation and manufacturing , Springer Wien New York.

Mollaert ,M. ,2000, **Membrane structures: understanding their forms** , Department of Architecture, Vrije Universities Brussel.

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.

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

Tuba K.& Martijn V. and Bige P. ,2003, Exploration of Interrelationships between Digital Design and Production Processes of Free-Form Complex Surfaces in a Web-Based Database , Department of Building Technology, Delft University of Technology, NL

Zaera, alejandro ,November/ 2009, **"(Patterns, Fabrics, Prototypes, Tessellations " , Article in, "Architectural design ",** edited by, Garcia ,Mark, Wiley – Academy, John Wiley & Sons Limited, , Vol 79, No 6 .

http://blog.idmgroup.hu/blog/zahahadid

http://www.ashaqalarab.com

http://www.cap-consultant.com

http://www.igcgroup-co.com

http://www.tomasllavador.con

www.360architects.com

www.zaha-hadid.com