العمارة الرقمية
دراسة الخصائص الشكلية للعمارة الرقمية

م.م. لينا غانم يعقــوب
linajajjawi@yahoo.com

الجامعة التكنولوجية
قسم الهندسة المعمارية

1. المقدمة

انعكست الثورة الرقمية على العمارة شأنها في ذلك شأن باقي المجالات العلمية والحياتية والاجتماعية .. فبرز تأثيرها واضحاً في الشكل المعماري.. فأصبح النتاج المعماري لا يقتصر على التصميم بالطرق التقليدية وإخراجها كرسوم بواسطة الحاسوب بل تعدى ذلك، إذ أصبحت الأشكال المنتجة هي نتاج لعملية فكرية تصميمية متأثرة وبشكل مباشر بالأوساط الرقمية بشكل عام. إلا انه هناك نقص معرفي واضح بهذا المجال على المستوى الأكاديمي أو المهني خاصة ضمن مجتمعنا المحلي الحديث الرقمنة (إن صح التعبير) .. وعليه فقد تحددت مشكلة البحث بـ " **عدم وجود تصور واضح للخصائص الشكلية للعمارة الرقمية** " وبذلك فقد استهدف البحث " **تحديد مؤشرات الخصائص الشكلية للعمارة الرقمية**، ولغرض تحقيق هذا الهدف تم استطلاع الدراسات المعمارية على مستويين، عني المستوى الأول بالدراسات المعمارية المتعلقة بتحليل الشكل المعماري من أجل الخروج بمؤشرات عامة تتعلق بدراسة وتحليل الشكل، أما المستوى الثاني فقد تم من خلال استطلاع هذه المؤشرات في بعض الدراسات التي عنيت بالعمارة الرقمية وبخصوصية أشكالها، خروجاً بمفردات رئيسية ولدت إطارا مفاهيمياً تم توظيفه لاحقاً ليختبر ضمن مشاريع عرفتها الدراسات المعمارية بامتلاكها خصائص الأشكال الرقمية، وصولاً إلى صياغة نهائية لما استنتجه البحث من خصائص معرفة للأشكال الرقمية.

Digital Architecture
Studying the formality characteristics of "digital architecture"

Lina Gh. Jajjawi/ assistant lecturer
linajajjawi@yahoo.com

University of technology
Dep. Of architecture

Introduction:

The digital revolution reflected on the architecture as it reflected on other scientific, living and social fields.

It's effects emerged clearly in the architectural form, Hence the architectural products did not stop at the design using the traditional methods and producing pictures using computer but exceeded to where the form produced as a result to the imagination design affected directly by the digital media. There is a clear lack of knowledge in this aspect on the academic and professional levels within our local modern digitalization society.

According the research problems was limited to "**the lack of clear imagination of the forms characteristics for the digital architecture**", and the research aimed to "**specify the forms characteristics indications for the digital architecture**".

To realize this goal some architectural studies were reviewed on two level, the first level being the architectural studies in relation to the analysis of the architectural forms to come out with general indications regarding the studies and form analysis, while the second level came out through reviewing these indicators in some studies that concerned the digital architecture and its forms resulting in main details, giving birth to the scope of understanding which were used later to test within projects defined by the architectural studies in owning the characteristics of digital forms and arriving to the final description to what the research concluded characteristics defined for the digital forms.

1-1 الثورة الرقمية في العمارة

أفرزت الثورة الرقمية والعولمة فكر وفلسفة ما يعرف الآن بالأشكال الرقمية (Digital Forms) والتي انتشرت بشكل واسع في شتى المجالات، كما يمكن إيضاح إدراج فكر وفلسفة الأشكال الرقمية ضمن مفهوم النظريات التشكيلية الحديثة والتي تتجاوب مع مقتضيات هذا العصر بكل ما فيه من توجهات ونظريات متجددة. (الطويل،2005، ص68) و تشير(العمارة الرقمية) إلى العمليات المستندة إلى الحواسيب لغرض تنظيم الشكل وإحداث التحولات فيه، سواء كان في حالة الأشكال الساكنة أو تلك المتحركة التي يمكن من خلال استخدام تقنيات البرامجيات إحداث إجراءات حركية لها في واقع افتراضي تقربها من الواقع الطبيعي لتمكن المصمم من اختبارها لغرض تطويرها وإحداث التعديلات عليها.

لم تعد البناية في ظل العمارة الرقمية مجرد بنية اعتيادية مثل ما كانت تؤكده التكتونيات التقليدية .. بل أصبحت تتخذ جسداً حياً (a body with life) من خلال رؤيتها للبناية كبنية ديناميكية (Dynamic Structure) (GAO,2003,P.12).

1-1-1 الشكل في العمارة الرقمية:

يمكن اعتبار الأشكال الرقمية هي تلك الأشكال المعتمدة في تصميمها على استخدام اللغة الرقمية والحاسوب كأساس للتصميم، تبع ذلك انتشار هذه الأشكال في شتى المجالات الهندسية والفنية، فجاءت تعبر عن التجارب والنظريات المتجددة للنحت والعمارة والأشكال الصناعية. فهي تمثل توجه جديد يزداد انتشاراً ويعبر عن جيل جديد من الفكر الفني، انعكس هذا الفكر الجديد على شتى مجالات البيئة العمرانية والحضرية، فعبر عن ذلك من خلال مشاريع التصميم الحضري والمعماري، كما كان لهذا التوجه دوره في العمارة والتصميم الداخلي ويمكن توضيح أسباب ظهور هذا النهج الجديد على المستوى العالمي من خلال النقاط الآتية (الطويل،2005، ص68-69):

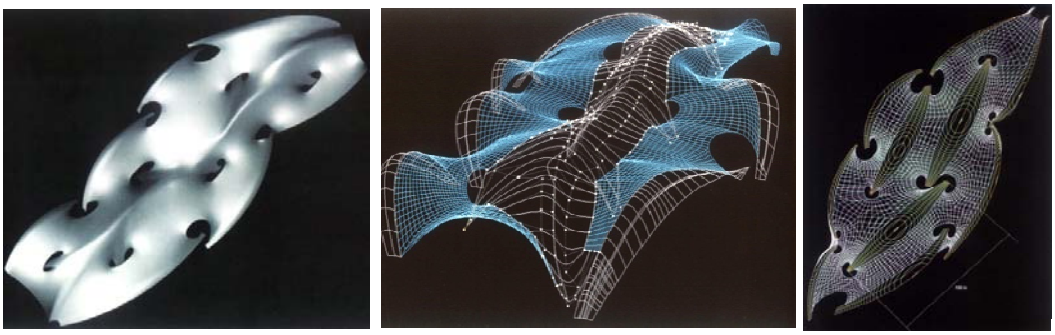
1- التطور المستمر لبرامج الكومبيوتر.
2- ظهور نظام جديد متنامي من الشبكات المعلوماتية.
3- مساهمة التكنولوجية المتقدمة في استحداث نظم تقنيات وصناعة جديدة.
4- ظهور مواد جديدة مثل البلاتينيوم كانت أحد الأسباب في تحقيق مناخ ملائم لتنفيذ الأعمال ذات الأشكال الرقمية الأمر الذي ساعد على تأكيد هذا النهج الجديد.
5- ثقافة الرقميات وتقبل المستعملين وتجاوبهم واستيعابهم لها في انتشار هذا الأسلوب على جميع المستويات الفنية والعمرانية إضافة إلى الانتشار الصناعي.
6- ظهور جيل جديد من المعماريين يتفاعل ويتواكب مع هذا الفكر الجديد.

أولاً : خصائص الشكل في ظل الثورة الرقمية

تتطور الفكرة التصميمية في البيئة الرقمية في أغلب الأحيان من الأفكار التي توفرها وسائل العملية الديناميكية كما يمكن استكشاف العلاقة بين التلاعب التكنيكي بواسطة الحاسوب (والتي سهلت باستخدام البرامج الجديدة) وبين تطور الشكل. بالإضافة إلى توفر القدرة على اختيار المواد والمكونات والبنى الخاصة بالشكل الرقمي، وبسبب المباشرية الممكنة في التلاعب التصميمي على النموذج فان استكشاف المظهر الخارجي يكون أكثر مباشرية أيضا، (GAO,2003,P.7)، مما يتيح سهولة إطلاق الأحكام واتخاذ القرار من قبل المصمم.

يمكن أن يرى الشكل في البيئة الرقمية مبكراً في عمليات التلاعب أو المناورة التصميمية الحركية حيث يمكن عمل التغيير على العنصر بشكل مباشر بواسطة المواد والمكونات والبنى الخاصة بالتلاعب التصميمي مستبدلة بذلك عادات التصميم التقليدية كما يمكن تعايش التفكير التجريدي مع الشكل التجريدي.(GAO,2003,P.13)

يلاحظ أهمية اعتماد التصميم المساعد بالحاسوب /الإنتاج المساعد بالحاسوب في خلق الفضاءات الافتراضية من خلال دمج الأشكال العضوية الطبيعية والهندسيات غير الواضحة بعلاقات شبيهة بالترابطات الكيمياوية البيولوجية لتوليد الأشكال الحرة التي تمثل النمط المستقبلي، فضلاً عن فاعلية اعتماد العناصر المعمارية التكتونية، والخط المولد، والنقاط الشبكية لتوليد الأشكال المادية التي تربط الشكل والمواد والفضاء. (البجاري ،2007،ص55) كما موضح في الشكل رقم (1)



شكل رقم (1) يوضح اعتماد العناصر المعمارية التكتونية، والخط المولد، والنقاط الشبكية لتوليد الأشكال المادية

ثانياً: مصادر استلهام الأشكال الرقمية

ويمكن ان تصنف مصادر استلهام الأشكال الرقمية إلى ثلاثة أصناف

أ- أشكال مستلهمة من المكونات الرقمية (المادية) كأشكال الأجهزة والأدوات الرقمية نفسها.

ب- أشكال مستلهمة من المجسمات التي يمكن إنتاجها بواسطة البرامجيات الرقمية وخاصة البرامجيات ثلاثية الأبعاد مثل برنامج (3d Studio Max) وما شابهها من برمجيات .

ج- أشكال مستلهمة من حقل حيوي آخر .. كالطبيعة مثلاً .

أي بما معناه إن الاستعارة في الفقرة الأولى والثانية من الوسط الرقمي سواء كان مكوناً أو شكل رسومي ، اما الفقرة الثانية فالاستعارة من خارج الوسط الرقمي .. (الطبيعة مثلاً)

2-1 الخصائص الشكلية للعمارة

لغرض الولوج في مجال الخصائص الشكلية الرقمية كان لابد أولاً من تحليل الدراسات التي قامت باستطلاع الأشكال المعمارية بشكل عام وحددت مفردات معينة تمكن البحث في هذا المجال وشملت هذه الدراسات كل من دراسة (الإمام،2002)، دراسة(علي ورمضان،2001) و (دراسة الخفاجي والجبوري،2001) وكالآتي:

1-2-1 دراسة (الإمام) 2002

طروحات الإمام عنيت بدراسة الشكل من خلال تحولاته حيث اهتمت بعدد من المفردات مثلت جوانب متعددة ومتشعبة تبلورت عن طريق الدمج وإعادة التصنيف في خمس مفردات رئيسية وهي : (ص I)

1. مستوى التجريد في عملية التحولات"حيث ان أي مرحلة يتوقف بها الشكل عن التحولات فانه يظهر قدراً من التجريد يلخص السلسلة السابقة ويمكن وصله بالحالة اللاحقة التي تكون تجريداً آخر".(ص 79).
2. زمن التحولات.
3. بنية الشكل أثناء التحولات "يتطلب وصف عملية التحولات إلى نوع خاص من وصف الشكل وصفاً تركيبياً يمثل تعلقاً بين العناصر بعلاقات محددة ، وصفاً يأتي عن طريق المفاهيم ذات القدرة على تفسير عدد كبير من الظواهر بعدد أقل من المفاهيم المعبرة عنها رمزياً "، حيث يتم تحليل البنية وفقاً لمجاميع ثلاثة تتمثل بـ: مجموعة الطور ومجموعة العلاقة ومجموعة وصف العلاقات . (ص 101، 102، 105، 108).

4. انتظام الأشكال المتحولة "يدرس هذا الجانب الانتظام الذي يظهره الشكل أثناء التحولات وأنواعها والمفردات التي ترتبط بها ، مركزاً على وجود نظام آخر خفي وراء الشكل واعتبار ان ما يبدو هو حالة من حالته ومهمة التحولات هو الكشف عن ذلك النظام غير الظاهر".(ص 112)،
5. الإمكان في الشكل أثناء التحول"ارتبطت هذه المفردة بمفردتين فرعيتين هما، مسار التحولات وموقع الاستدلال".

ومن ذلك يتضح إن أكثر المفردات التي تخاطب استطلاع تقييم الشكل واستنباط خصائصه هي مفردة (بنية الشكل أثناء التحولات) مع الأخذ بعين الاعتبار بنية الشكل في لحظة زمنية معينة حيث يمكن تقسيم دراسة بنية الشكل إلى : تحليل البنية ووصف البنية حيث أشارت دراسة الإمام إلى إن تحليل البنية يعبر عنه بالمجموعات وهي ثلاثية تتكون من ، مجموعة الطور (وهي مجموعة الرموز أو العناصر) التي يراد دراسة بنيتها ومجموعة العلاقات وتضمن كل العلاقات المعرفة على مجموعة الطور ، ومجموعة البديهيات التي من شأنها تنظيم العلاقات ووصف لمجموعة الطور. وفي مجال البحث هنا سوف يتم التركيز على مجموعتي الطور والعلاقات لما لهما من تأثير مباشر في إمكانية تحليل ودراسة الخصائص الشكلية حيث مثلت هتين المجموعتين ما يأتي:

1- **مجموعة الطور**: حيث تقسم عناصر مجموعة الطور من حيث قابليتها للارتباط إلى : (عنصر الكتلة ، عنصر الفضاء وعنصر السطح) أما ناحية قابليتها للحذف والإضافة (فك الارتباط) فتقسم إلى : (العناصر الأولية ، العناصر الثانوية) .

2- **مجموعة العلاقة (Relation)**: تعرف العلاقة على أنها الزوج المرتب ضمن المجموعة ، أي أنها التوزيع القواعدي للعناصر ويظهر هذا التعبير في المعالجات الشكلية حيث تكون في العمارة ثلاثية الأبعاد كما في علاقة الكتلة أو العلاقات الفضائية عند تعلق هذا بعنصر الفضاء ، كما يمكن أن تكون هذه العلاقة ثنائية كما في تحليل تنظيم العناصر الرابطة في الواجهات. (ص 105)

وعليه سوف يتم استقراء الدراسات التي عالجت هذين الجانبين في تحليلها لخصائص الشكل وكالاتي :

2-2-1 دراسة (علي ، ورمضان) 2001

تضمنت دراسة الخصائص الشكلية من خلال دراسة المفردات التي تعبر عن مفهوم الوحدة الشكلية في العمارة كنظام ، وهذه المفردات ثلاثة وهي:

أولاً:- عناصر الوحدة الشكلية . (ص116)

والمتضمنة جوانب مختلفة للشكل كالهيئة والاتجاهية والحجم والمادة والملمس والضوء واللون حيث تناولت هذه الدراسة تلك الجوانب من حيث تأثيرها في الشكل المعماري كما موضح في الجدول(1) :

جدول رقم (1) أهم عناصر الوحدة الشكلية /المصدر:(علي ، ورمضان)

عنصر الوحدة الشكلية	جوانبه الفرعية المؤثرة في الشكل المعماري
• **الشكل والهيئة:**	- تضمنت طبيعة الأنماط الشكلية من أشكال هندسية أساسية أو أشكال هندسية حرة أو مختلطة .
• **الاتجاهية:**	- عنيت بمحور الاتجاهية من أفقي وعمودي ومائل ، وطبيعتها من حيث كون الأشكال ذات اتجاهية مركزية أو ذات اتجاهية ثنائية أو أحادية.
• **الحجم:**	- يشمل الأبعاد الحقيقية كالطول والعرض والارتفاع ، والقيمة الحجمية البصرية ، كأبعاد صغيرة أو متوسطة أو كبيرة.
• **المادة**– ويتضمن عنصر المادة دراسة:	- طبيعة المادة المتضمنة شكلها من حيث الدقة ودرجة بساطة المقطع وتعقيده بالإضافة إلى كون الشكل الخارجي خطي أو مسطح أو مجسم .
	- مقاومة المادة لقوى الشد والكبس ومقاومة الأحمال .
	- متانة المادة من حيث مقاومتها للظروف الخارجية والداخلية .
	- قابلية المادة التشكيلية أي درجة توافقها مع الشكل المطلوب .
• **الملمس**	- درجة الخشونة والنعومة : خشن – ناعم .
	- درجة الصلادة والليونة : لين – صلد .
	- مستوى اللمعان : ذا بريق – خافت .
	- درجة الشفافية : شفاف – غير شفاف .
	- مستوى الانعكاسية : ذا انعكاسية عالية – قليلة .
	- درجة الحرارة : درجة حرارة عالية – قليلة .
	- درجة الرطوبة : رطوبة شبه عالية – قليلة .
• **الضوء**	- درجة السطوع : عالية – متوسطة – قليلة .
	- قيم المساحات المضيئة والمعتمة : عالية – متوسطة – قليلة .
	- القيم اللونية للمساحات المضيئة والمعتمة : عالية – متوسطة – قليلة .
	- القيم الشكلية للمساحات المضيئة والمعتمة : منتظمة – غير منتظمة .
• **اللون**	- أصل اللون : رئيسي – غامق – فرعي .
	- القيمة اللونية : فاتح – غامق – محايد .
	- الشدة اللونية : نقي جداً – غير نقي .

ثانياً:-مظاهر الوحدة الشكلية . (ص117)

تضمنت هذه المفردة التوازن والتناغم والهيمنة والحيوية .. أي ما يمكن اعتبارها جوانب من مبادئ التصميم .. في النواحي المتعلقة بالشكل المعماري، إذ تم تعريف كل من هذه المظاهر كما مبين في الجدول رقم(2)

جدول رقم (2) أهم مظاهر الوحدة الشكلية/ المصدر:(علي ، ورمضان)

مظهر الوحدة الشكلية	جوانبه الفرعية المؤثرة في الشكل المعماري
• التوازن :	- توازن شكلي متناظر : التناظر تام (محوري – شعاعي – دوراني – زخرفي) .
	- توازن غير شكلي أو توازن ضمني : ويشمل التناظر غير التام (محوري – شعاعي – دوراني – زخرفي) ، و التسوي أو اللاتناظر.
• التناغم :	- التناسب : ويشمل الأساس التناسبي وأنماط المنظومات التناسبية مثل(التناسب الحسابي – التناسب الهندسي – التناسب التناغمي)
	- الإيقاع : ويشمل قيم الإيقاع المنتظم مثل(التكرار التام – التدرج أو التعاقب المنتظم – الاستمرارية المنتظمة) وقيم الإيقاع غير المنتظم مثل(التكرار المتغير – التدرج أو التعاقب الغير منتظم – الاستمرارية الغير منتظمة) .
• الهيمنة :	- الأشكال الهندسية البسيطة ذات الوحدة الذاتية (المكعب ، الاسطوانة ، الهرم .... الخ)
	- الأساس المنتظم المعتمد (محور التنظيم – سطح التنظيم – الحجوم المنظمة)
	- التناقض
• الحيوية :	- طبيعة الحركة البصرية : وتشمل كل من القيمة الديناميكية للعناصر وعلاقاتها مثل (أشكال العناصر – الترابط الذهني للعناصر – حركة العين في التكوين) و القيمة الديناميكية الطبيعة المتوازنة .
	- طبيعة العلاقات الفراغية : تشمل الشد الفراغي مثل (علاقة العناصر مع بعضها – علاقة العناصر بحدود المجال المرئي) التماس كـ (تماس أركان – تماس حافات وجوانب – تماس أركان وحافات وجوانب) ، التراكب (تراكب كلي – تراكب جزئي) والتقاطع (التقاطع المخترق – التقاطع المغلق – التقاطع المتشابك)

1-2-3 دراسة (الخفاجي، الجبوري)

تطرقت دراسة الخفاجي والجبوري إلى البحث في الخصائص البصرية للشكل من خلال دراسة متغيرات التغير التركيبي في النظام الأساسي ، حيث حددت نوع التغير بـ :

أولاً:- التنويع في النظام الأساسي.

ثانياً:- الاختراع في النظام الأساسي.

ثالثاً:- التجريب في النظام الأساسي.

وكما مبين في الجدول رقم (3)

جدول رقم (3) متغيرات التغير التركيبي في النظام الأساسي/ المصدر:(الخفاجي، الجبوري)

المتغيرات	جوانبها الفرعية المؤثرة في الشكل المعماري	
أولاً:- التنويع في النظام الأساسي ويشكل :	• الشكل من حيث درجة انتظاميته ولا انتظاميته .	
	• الاتجاهية : كمحور وتماثل الطبيعة .	
	• الحجم : من حيث تماثل المقياس .	
	• الوزن البصري : تماثل موضع – تماثل قيم الحمل– تماثل الطاقة الكامنة .	
	• اللون : تماثل أصل اللون – تماثل قيمة اللون– تماثل الكروما .	
	• الضوء : تماثل درجة السطوع – تماثل قيم المساحات المضيئة – تماثل القيم اللونية – تماثل القيم الشكلية.	
	• الملمس : تماثل درجة الخشونة والنعومة – تماثل درجة الصلادة – الليونة – تماثل مستوى اللمعان – تماثل مستوى درجة الشفافية – تماثل مستوى الانعكاسية – تماثل درجة الحرارة – تماثل درجة الرطوبة .	
ثانياً:- الاختراع في النظام الأساسي ويتضمن:	• علاقة التناظر : علاقة التناظر التام	
	• علاقة التكرار : علاقة تكرار تام	
	• علاقة التناسب : الأساس التناسبي – نمط التناسب	
ثالثاً:- التجريب في النظام الأساسي	• **وحدة** النظام الأساسي	- الهيمنة : أساس منظم موحد
		- استمرارية الأجزاء : صغر المسافة بين الأجزاء المقارنة بمقياسها – انقطاع غير مفاجئ – توحد الاتجاهات .
		- الانتظامية : التجزئة – الانسلاخ وتعدد الطبقات

مما تقدم يتضح اعتماد الطروحات التي تناولت الشكل في العمارة مفردتي (العناصر الشكلية) و(المظاهر الشكلية) والتي عرفها الإمام بمفردة (الطور) ومفردة(العلاقات) وسوف يعتمد البحث هذه المفردات الأخيرة لأنها الأشمل في التعريف والأقرب إلى طروحات العمارة الرقمية وكما سيتضح لاحقاً.

3-1 الخصائص الشكلية في العمارة الرقمية

وتتضمن استطلاع الدراسات التي تناولت تحليل الأشكال الرقمية المعمارية وتشمل كل من دراسة (كاو)2003 ودراسة (البجاري) 2007.

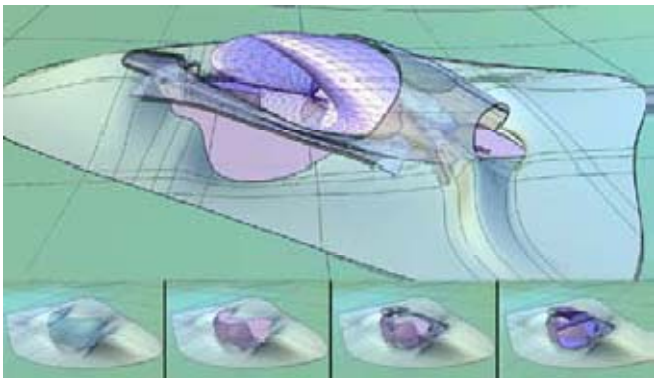
1-3-1 دراسة (كاو) WAN-PING GAO 2003

تناول (كاو) الخصائص الشكلية من خلال تحليله لمجموعة من المشاريع معمارية *عنيت بالاشكال الرقمية حيث تضمن ذلك التحليل في أحد جوانبه أهم الخصائص المعرفة للشكل الرقمي.إذ يتوضح التحليل كالآتي:

- **المشروع الأول:**

تميز الشكل المعماري في هذا المشروع بإمكانية ملاحظة **أسس الشكل** و**إطاره** و**نواته**، أي أن الأشكال هنا لا تعبر عن الشكل النهائي المستقر بل عن مجموعة المراحل التي يمر بها التكوين، وبذلك تسمح للمشاهد بإمكانية تخيل أسس الشكل وذلك يعد واحد من أساليب المناورة الشكلية التي أشارت لها الدراسة والتي تعالج إمكانية إحداث تشويها الشكل وإعادة توليده من جديد وكما يتوضح في الشكل رقم (2).

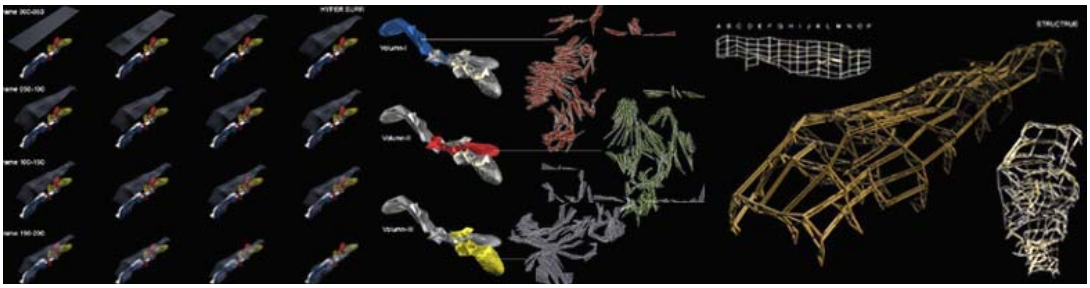
* مشاريع مأخوذة من مسابقة (جائزة التصميم الرقمي العالمية للشرق الأقصى) FEIDAD award :(The Far Eastern International Digital Design Award)



الشكل-2-إمكانية ملاحظة مجموعة المراحل التي يمر بها التكوين

- **المشروع الثاني:**

في هذه الحالة يلاحظ ظهور التحول الشكلي للمعلومات المتعلقة بـ (القوة، المجال، الأثر) وذلك يحدث من خلال **<u>بروز الأطر الإنشائية على السطوح والحجوم للشكل</u>** حيث يلاحظ إحاطة واضحة بالعناصر المكونة للشكل.. [1] كما في الشكل -3-



الشكل-3- بروز الأطر الإنشائية على السطوح والحجوم للشكل

- **المشروع الثالث:**

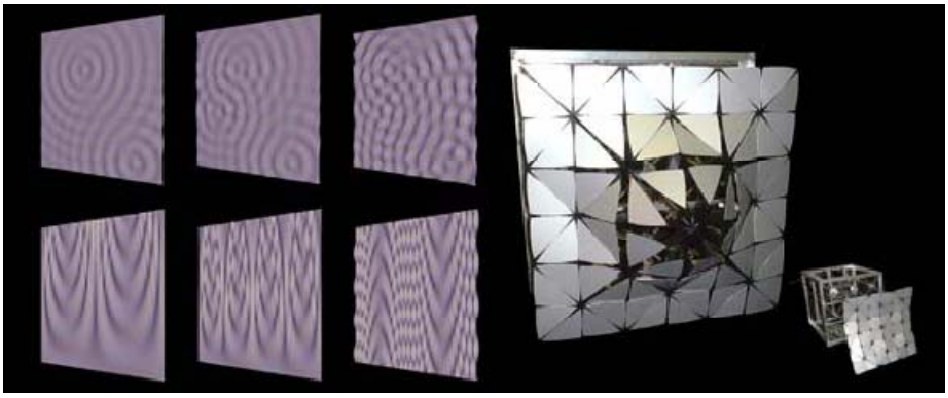
الشكل هنا يتميز **<u>بتغليف كلي مغلق (بنية مغلقة)</u>** معبرة عن خاصية الفضاء المغلق الذي يتحسسه الإنسان ويتفاعل معه بطريقة تمكنه من إيجاد المنفذ الملائم أو الآلية المناسبة لاختراق هذه البنية المغلقة. كما في الشكل -4-

الشكل -4- الفضاء المغلق الذي يتحسسه الإنسان ويتفاعل معه

[1] في مثل هذه الحالة يلاحظ إمكانية البرامجيات الحديثة في توفير الايعازات الملائمة لهذا الغرض والتي تعطي تفصيلاً واضحاً لتقسيمات العنصر (Segments) والتي تعبر هنا عن تقسيمات النظام الإنشائي ومن بين هذه الايعازات هو أيعاز (Lattice) المستخدم في برنامج (3 d smax).

- **المشروع الرابع:**

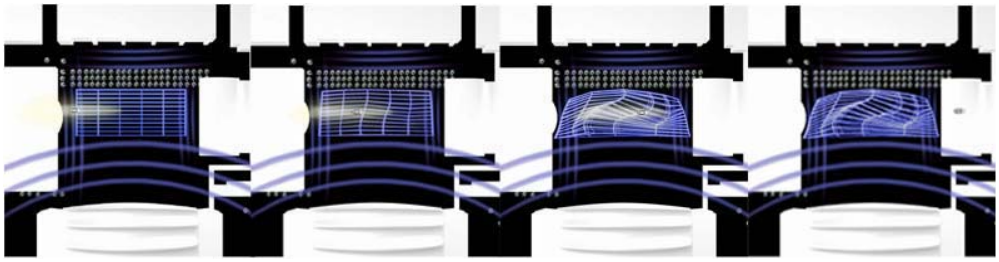
تتجسد الخصائص الشكلية في هذه الحالة في **محاكاة السطوح** التي بامكانها **عنونة المعلومات** المتعلقة بـ (الأحداث، الحركة، الصوت ... وغيرها من الظواهر) الخاصة بالبيئة المجاورة والاستجابة لتغيرات الشكل كوسيلة حساسة (Sensitive device). كما في الشكل –5–



الشكل –5– السطوح المعنونة لمعلومات (الأحداث، الحركة، الصوت ... وغيرها من الظواهر)

- **المشروع الخامس:**

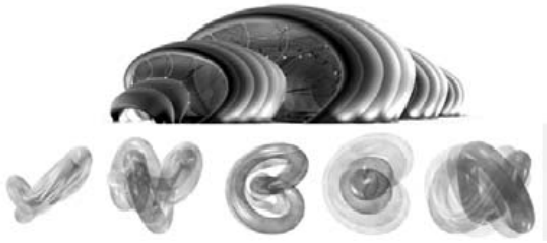
يتجسد الشكل في هذه الحالة بسلسلة من **التوقفات التي تحاكي مجال القوة (Force Field)** والتي تظهر عند قيادة السيارة خلال مصفوفة أنبوبية لتظهر **كشكل تفاعلي (an interactivity form)** كما في الشكل–6–.



الشكل –6– شكل تفاعلي يظهر عند قيادة السيارة خلال مصفوفة أنبوبية

- **المشروع السادس:**

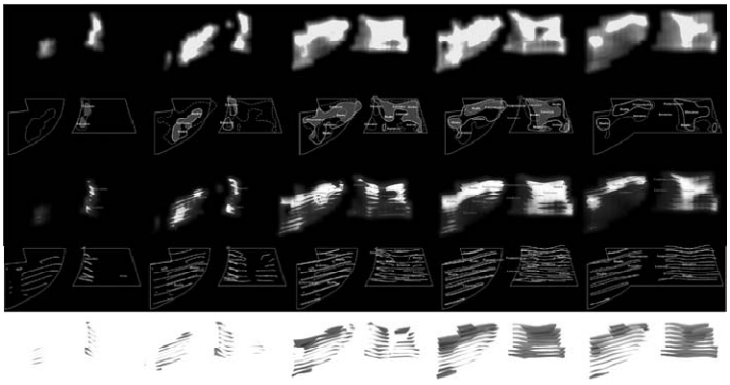
يتميز الشكل في هذه الحالة **بخصائص شكلية غير واقعية (Unreal form characteristic) متمثلاً بأشكال هوائية (منفوخة)** من خلال مجموعة من التغيرات الشكلية متطورة من الأشكال الهوائية. وهذه الحالة تمثل أيضا إمكانية التلاعب والمناورة الشكلية لإحداث تشوهات شكلية لتوليد أشكال جديدة. كما في الشكل–7



الشكل –7– أشكال هوائية تبرز خصائص شكلية غير واقعية

- **المشروع السابع:**

تبرز خاصية الشكل هنا من خلال **تحول شكلي** يحاكي حركة الشواطئ وذلك من خلال استخدام جانبان من التحولات الشكلية المتعالقة داخلياً لمحاكاة تلك الحركة كمال في الشكل –8–

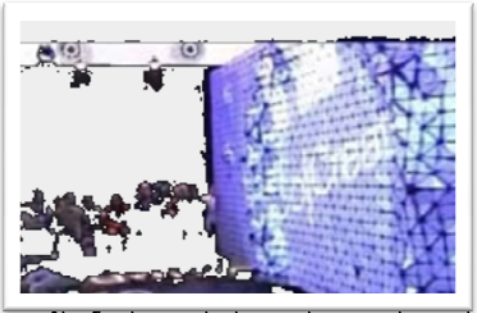


الشكل –8– تحول شكلي يحاكي حركة الشواطئ

يلاحظ في الحالتين الخامسة والسابعة تركز فكرة الشكل في صيغة حركة المتعلقة بفعل ما.

- **المشروع الثامن:**

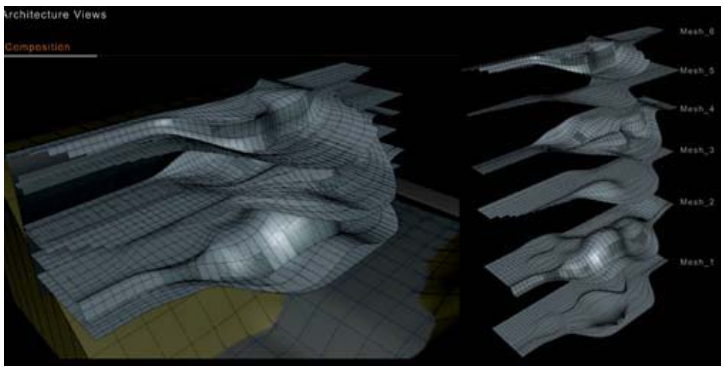
يعبر عن الشكل في هذه الحالة من خلال **جدار حساس** (Sensitive Wall) والذي يمثل **سطح تعبيري** يقوم بعكس معلومات البيئة كما في الشكل –9– .



الشكل –9– الجدار الحساس العاكس لمعلومات البيئة والذي يمثل سطحاً تعبيرياً

- **المشروع التاسع:**

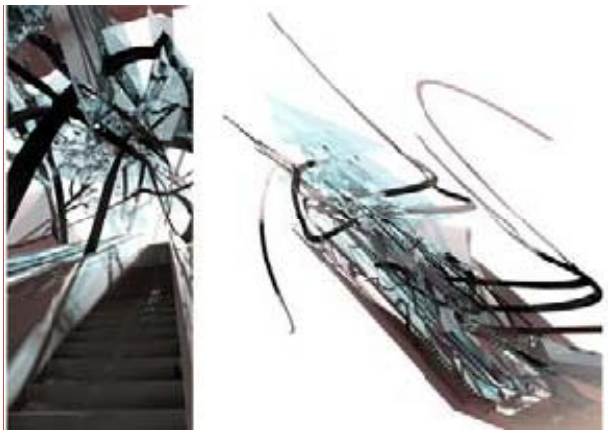
يلاحظ في هذه الحالة **خصائص شكلية تفاعلية متنوعة تمكن لها قابلية التعبير عن نفسها** حيث يحاول المشروع خلق حركة نموذج تدفق أو انسياب جزئية (Movement of particle flow) ومن ثم ايجاد طريقة لمناقشة **فكرة السائل (Fluid)** كما في الشكل –10–



الشكل –10– الشكل التفاعلي الذي يعبر عن نفسه (خلق حركة نموذج تدفق أو انسياب جزئية)

- **المشروع العاشر:**

يتميز الشكل هنا بتعبيرية قوية لحركة المسافرين على المصاعد من خلال السرعة والظلمة (through speed and darkness) كمال في الشكل –11– .والذي يعبر **عن الانفعالات والتغيرات الشكلية**



الشكل –11– يعبر عن الانفعالات والتغيرات الشكلية

يلاحظ من هذه الدراسة ان أهم الجوانب المتعلقة بالأشكال الرقمية تتلخص بما مبين في الجدول رقم(4) :

جدول رقم –4–

أهم مؤشرات الاشكال الرقمية – دراسة كاو
1– المرحلة التعبيرية للشكل.
2– وضعية الأطر الإنشائية.
3– انغلاقية الشكل.
4– نوع المحاكاة الديناميكية للسطوح.
5– تفاعلية الشكل.
6– واقعية الشكل.
7– نوع التحول الشكلي.
8– سطح تعبيري متمثل بجدار حساس
9– خصائص شكلية تفاعلية متنوعة تمكن لها قابلية التعبير عن نفسها – مثلاً أشكال تعبر عن فكرة السائل (Fluid)
10– الانفعالات والتغيرات الشكلية

1–3–2 دراسة البجاري ، 2007

عنيت دراسة البجاري في احد جوانبها بالتعرف على مؤشرات التكنولوجيا الرقمية من خلال دراستها في العمارة الداخلية أشارت الدراسة إلى الجوانب الآتية :

1– أهمية استخدام **الخوارزمية الجينية** في توليد وإنتاج **أشكال هجينة غير متوقعة** بدلاً من تصميمها، واستكشاف فضاءات جديدة مدهشة من قبل المصممين اعتماداً على المحاكاة بالحاسوب بوضع نموذج لبيئة رقمية افتراضية، واعتماد

الشفرة الجينية الرقمية الافتراضية للأشكال المعمارية الرقمية خلال التصميم المساعد بالحاسوب CAD بتعديل النماذج المخزونة مسبقاً والتلاعب بها لتوليد الأشكال الجديدة، فضلاً عن أهمية اعتماد مفهوم مخطط الجسد كمصدر لتوليد الأشكال الرقمية من خلال تجريد أجسام الفقاريات إلى عناصر تصميمية وخزنها بشكل شفرة جينية. (ص54)

2- إمكانية اعتماد **إستراتيجية الحالة الكرستالية السائلة** في توليد الشكل الرقمي خلال الحاسوب بإدخال قوى دوامة في عملية التصميم اعتماداً على برمجيات مستخدمة في صناعة الأفلام لمحاكاة الأعاصير. (ص55)

3- أهمية التكنولوجيا الرقمية في توليد الأشكال المعمارية من خلال **تجريد الطبيعة متمثلة بالهياكل والمنشآت الطبيعية، والقواقع والقشريات البحرية** باعتماد المكونات الرئيسة المؤثرة في الشكل المعماري المتمثلة بالخصائص الهندسية، والهيكلية، والمعمارية، من خلال تمثيل تلك الأشكال الطبيعية بمنحنيات حسابية ثم استبدالها بمنحنيات حسابية جديدة بتغيير العلاقات الرياضية للمحددات الشكلية بحيث يمكن إعادة تركيبها في أشكال رقمية لإنتاج أشكال معمارية جاهزة قابلة للتطوير بأشكال متعددة والى عمارة حقيقية، فضلاً عن أهمية القوقعة البحرية في بناء نموذج رقمي افتراضي للهيكل الداخلي لها لدراسة الخصائص البنيوية والخارجية من خلال أساليب رقمية لمحاكاة شكل القوقعة واعتماد النموذج الناتج في العرض البصري وعدّه مدخلاً لبرنامج تحليلي هيكلي. (ص57)

4- فاعلية اعتماد التكنولوجيا الرقمية في عمليات خلق وتكوين الأشكال المعمارية **من البنى والمنشآت البيولوجية والهياكل المتولدة ذاتياً** في الطبيعة باستخدام برامج حاسوبية في إدخال سلسلة من المتغيرات على نماذج ذاتية التوليد لاشتقاق الهياكل الشكلية باعتماد اللوغاريتم الجيني لإنتاج أشكال كفوءة، فضلاً عن وجود المخططات الأصلية للأشكال الطبيعية مخزونة في الشفرة الجينية الافتراضية لأشكال الحياة كافة التي يتم تمثيلها بالحاسوب. (ص58)

يمكن تلخيص أهم ما طرحته هذه الدراسة فيما يخص الأشكال الرقمية بما مبين في الجدول رقم(5)

جدول رقم -5-

أهم مؤشرات الاشكال الرقمية – دراسة البجاري	
1-	أشكال هجينة غير متوقعة باستخدام الخوارزمية الجينية
2-	إستراتيجية الحالة الكرستالية السائلة
3-	تجريد الطبيعة متمثلة بالهياكل والمنشآت الطبيعية، والقواقع والقشريات البحرية
4-	البنى والمنشآت البيولوجية والهياكل المتولدة ذاتياً

4-1 استخلاص المفردات الأساسية وقيمها الممكنة لتحليل وتحديد خصائص الأشكال الرقمية المعمارية

مما تقدم يمكن تحديد أهم المؤشرات الشكلية للعمارة الرقمية حيث يتضح انه لا يمكن لمفردة الطور أن تظهر أو توضح الخصائص المميزة للعمارة الرقمية في حين ان هذه الخصائص تتجلى بشكل بارز في مفردة العلاقات وعليه فانه يمكن تحديد القيم الممكنة لمفردة العلاقات (المظاهر الشكلية) ومفرداتها الثانوية في ضوء المتغيرات المعرفة للخصائص والتي تمثلت بكل من مفردة (التوازن) ومفردة (الحيوية) الثانويتين وقيمهما الممكنة والتابعتين للمفردة الرئيسية (العلاقات) لوضوح تجسيدهما للمؤشرات التي تم استخلاصها من الدراسات المتعلقة بالخصائص الرقمية للشكل كما مبين في الجدول رقم (6), وعليه سوف يتم اختبارها لاحقاً ضمن الدراسة العملية لتحقيق هدف البحث.

جدول رقم (6) يوضح القيم الممكنة لمفردة : العلاقات (المظاهر الشكلية) في ضوء المتغيرات المعرفة للخصائص الشكلية – المصدر (الباحثة)

	العلاقات (المظاهر الشكلية)													
	التوازن			التناغم		الهيمنة			الحيوية					
	توازن شكلي متناظر	توازن غير شكلي أو توازن ضمني		الايقاع		الأشكال الهندسية البسيطة ذات الوحدة الذاتية	الأساس المنتظم المعتمد	التناقض	طبيعة الحركة البصرية		طبيعة العلاقات الفراغية			
				الإيقاع المنتظم	الإيقاع غير المنتظم				القيمة الديناميكية للعناصر وعلاقاتها	القيمة الديناميكية الطبيعة المتوازنة	الشد الفراغي	التماس	التراكب	التقاطع
الفقرات الفرعية	التناظر التام	التناظ غير التام	التسوي او اللاتناظر	التكرار التام – التدرج أو التعاقب المنتظم – الاستمرارية المنتظمة	التكرار المتغير – التدرج أو التعاقب الغير منتظم – الاستمرارية الغير منتظمة	المكعب ، الاسطوانة ، الهرم .... الخ	محور التنظيم – سطح التنظيم – الحجوم المنظمة		أشكال العناصر – الترابط الذهني للعناصر – حركة العين في التكوين		علاقة العناصر مع بعضها – علاقة العناصر بحدود المجال المرئي	تماس اركان – تماس حافات وجوانب – تماس أركان وحافات وجوانب	تراكب كلي – تراكب جزئي	التقاطع المخترق – التقاطع المغلق – التقاطع المتشابك
القيم الممكنة	محوري - شعاعي – دوراني - زخرفي	محوري - شعاعي – دوراني -زخرفي												
المؤشرات الرقمية														
المرحلة التعبيرية للشكل.														
وضعية الأطر الإنشائية.														
انغلاقية الشكل.														
نوع المحاكاة الديناميكية للسطوح.														
تفاعلية الشكل.														
واقعية الشكل.														
نوع التحول الشكلي.														
سطح تعبيري متمثل بجدار حساس														
خصائص شكلية تفاعلية متنوعة تمكن لها قابلية التعبير عن نفسها – مثلاً أشكال تعبر عن فكرة السائل (Fluid) (الحيوية)														
أشكال هجينة غير متوقعة باستخدام الخوارزمية الجينية														
إستراتيجية الحالة الكرستالية السائلة														
تجريد الطبيعة متمثلة بالهياكل والمنشآت الطبيعية، والقواقع والقشريات البحرية														
البنى والمنشآت البيولوجية والهياكل المتولدة ذاتياً														

١-5 الدراسة العملية (التحليل والنتائج والاستنتاجات)

1-5-1: تصميم استمارة الاستبيان

بالاعتماد على ما طرح أعلاه .. وبالاستعانة بما توصل إليه البحث من مؤشرات والتي تم توضيحها في الجدول رقم (6) تم تصميم قائمة استبيان تلاءم أهداف وموضوعة البحث .. وتم استبعاد المفردات الشكلية التي لا تملك تأثيراً قوياً في مجريات التحليل وكما موضح في الملحق رقم (1).

1-5-2: تحليل مشاريع رقمية

تم انتخاب العينة الخاصة بالدراسة العملية كما يلي :

استخدام تسعة مشاريع تعود لمسابقة معمارية لناطحة سحاب* ، والواردة تفاصيلها المصورة في الملحق رقم (2).. للأسباب التالية :

1- قلة الأبنية المنفذة ذات الأشكال المرقمنة .
2- اهتمام المسابقة بالجوانب الرقمية للشكل المعماري بصيغة اقرب إلى فكرة البحث . وعليه يمكن من خلالها استخلاص المعرفة اللازمة بخصائص الأشكال الرقمية المعمارية .
3- توفر الصور والتفاصيل الكاملة لكافة مشاريع المسابقة هذه .

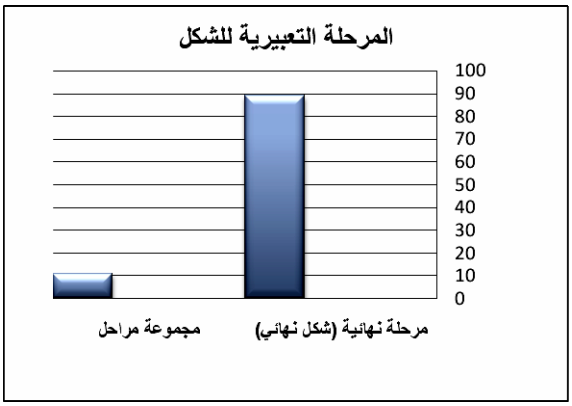
1-5-3 النتائج والاستنتاجات والتوصيات

1-5-3-1 نتائج الدراسة العملية

توصلت الدراسة في جانبها العملي إلى النتائج التالية علماً ان هذا الجانب متعلق (كما ذكر سابقاً) بمفردة (العلاقات الشكلية) وتلخصت النتائج بما يأتي:

1- النتائج المتعلقة بالمرحلة التعبيرية للشكل :

حيث اتسمت أكثر المشاريع بمرحلة تعبيرية نهائية للشكل، اذ لم يلاحظ ظهور المراحل التعبيرية المرحلية ضمن المبنى الواحد، وهذا يعني ان خاصية المراحل التعبيرية لا يشترط وجودها في العمارة الرقمية، اذ يمكن ملاحظتها في فترات معمارية أخرى، فهي تمثل تفرد تصميمي لمصمم ما وليس خاصية مميزة لحركة معمارية معينة كما في شكل رقم(12).



شكل رقم (12) يوضح المرحلة التعبيرية للشكل

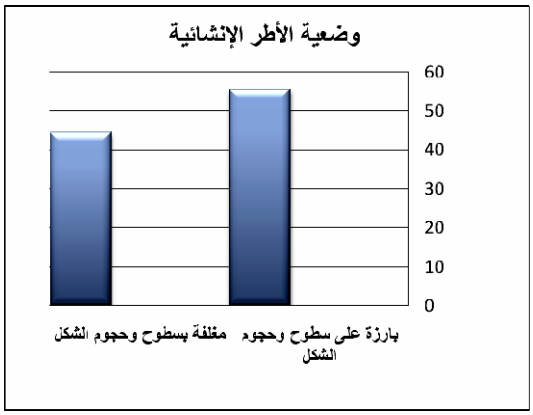
2- وضعية الأطر الإنشائية:

* خاصة وان الأبنية الشاهقة الارتفاع تتجلى فيها بوضوح المعالجات المتعلقة بالعمارة الرقمية

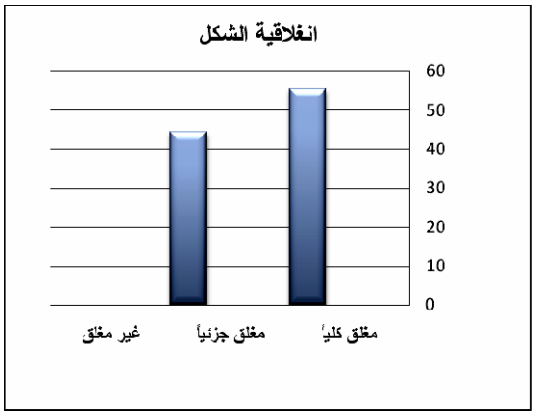
نسبة من النتائج أظهرت بروز الأطر الإنشائية على سطوح وحجوم الشكل وهذا يعني ان الأشكال الرقمية تظهر فيها الأطر الإنشائية بعد تكوين الأرضيات والسطوح والحجوم كما في شكل رقم(13).

3- انغلاقية الشكل:

معظم المشاريع برزت فيها حالة الانغلاقية التي لا يقصد بها انعدام الشفافية وإنما إبهام وتعريف الفتحات والمنافذ الحركية والتي تترك للمتلقي (سواء كان متفرج مستطرق أو مستخدم) متعة البحث والاستقصاء إلى الحد الذي يتمكن من عنده استكشاف واستخدام المنافذ وفق أسلوبه الخاص في إيجاد تلك المنافذ كما في شكل رقم(14).



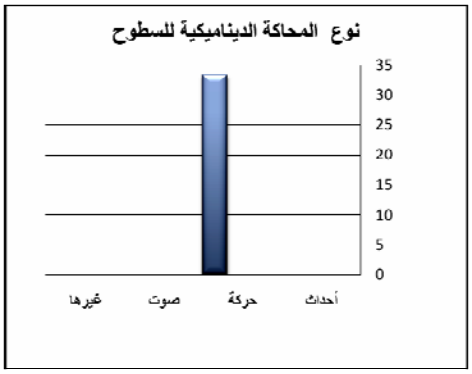
شكل رقم (13) يوضح وضعية الأطر الإنشائية



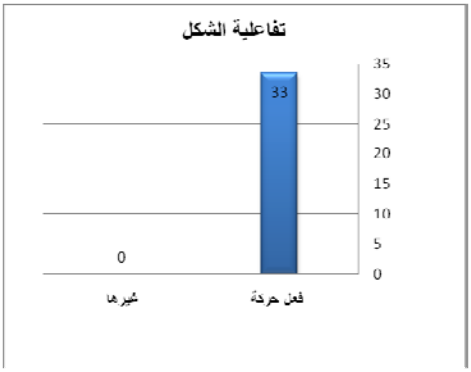
شكل رقم (14) يوضح انغلاقية الشكل

4- نوع المحاكاة الديناميكية و تفاعلية الشكل:

أكثر فعل ديناميكي تمت محاكاته وتفاعله من قبل الأشكال الرقمية والذي برز هو الفعل الحركي وهذا يبين أن الخاصية الأكثر وضوحاً في الأشكال الرقمية هي استمرارية الزمن. كما في الشكل رقم (15)،(16).



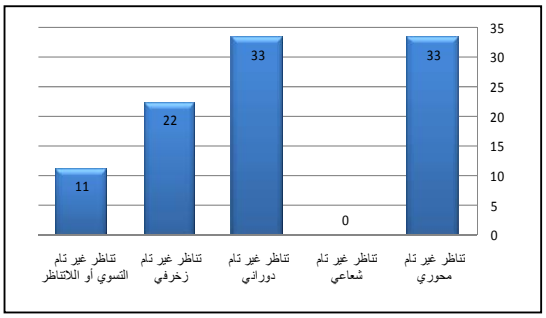
شكل رقم (15) نوع المحاكاة الديناميكية



شكل رقم (16) تفاعلية الشكل

5- واقعية الشكل(أشكال مشوهة لتوليد أشكال جديدة):

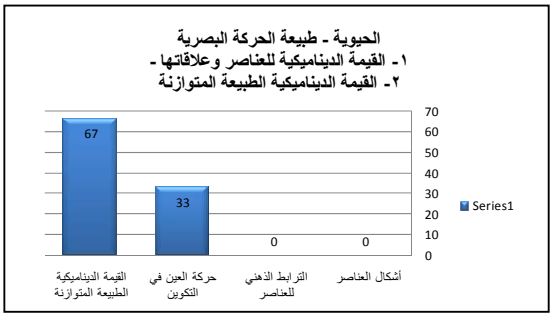
ارتبطت المفردة الثانوية (واقعية الشكل) بشكل أساسي بمؤشر التوازن، فنلاحظ في الجانب المتعلق بالتوازن غير الشكلي أو التوازن الضمني ان السمة السائدة هي التناظر غير التام المحوري وبنسبة مساوية للتناظر غير التام الدوراني، ولا نجد حالة التناظر غير التام الشعاعي، كما نجد أيضا حالات التناظر غير التام الزخرفي وهذا يعطي مؤشراً واضحاً **لامتلاك الأشكال الرقمية في جانب كبير منها الى سمة اللاواقعية**.



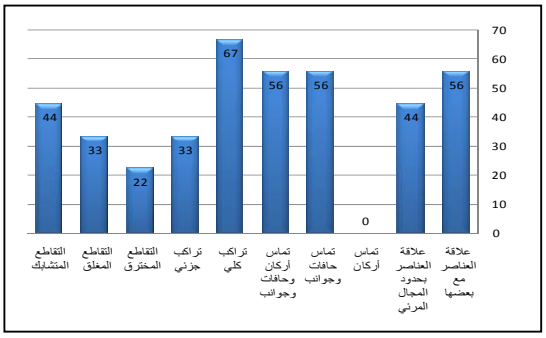
شكل رقم (17) واقعية الشكل :التوازن – توازن غير شكلي او توازن ضمني

6- خصائص شكلية تفاعلية متنوعة تمكن لها قابلية التعبير عن نفسها:

مثلاً أشكال تعبر عن فكرة السائل (Fluid) (الحيوية): خلصت النتائج أيضا إلى بروز القيمة الديناميكية الطبيعية المتوازنة في ما يتعلق بالحيوية من حيث طبيعة الحركة البصرية أما من حيث طبيعة العلاقات الفضائية المتمثلة بعلاقات الشد الفراغي وعلاقات التماس وعلاقات التراكب وعلاقات التقاطع فكانت النتائج كالآتي: علاقات العناصر مع بعضها كانت أقوى علاقات شد فراغي من علاقة العناصر بحدود المجال المرئي كما تساوت علاقة تماس الحافات والجوانب مع علاقة تماس الأركان والحافات والجوانب بسيادتهما على علاقة تماس الأركان المنفردة التي لم تلاحظ ابداً في النتائج.وبالنسبة لعلاقة التراكب الكلي فلوحظت بنسبة اكبر من علاقة التراكب الجزئي أما علاقة التقاطع المتشابه فبرزت أكثر من علاقتي التقاطع المغلق والتقاطع المخترق.



شكل رقم (18) الحيوية – طبيعة الحركة البصرية 1- القيمة الديناميكية للعناصر وعلاقاتها – 2- القيمة الديناميكية الطبيعية



شكل رقم (19) الحيوية - طبيعة العلاقات الفضائية

1-5-3-2 الاستنتاجات

- **استنتاجات عامة للاشكال الرقمية :**

1- تمتاز الأشكال الرقمية بكونها أشكال هندسية حرة.

2- تمتاز طبيعة شكل المادة بدرجة عالية من دقة التفاصيل، وبتعقيد شكل المقطع ، والشكل الخارجي فيميل دائماً إلى التجسيم فتلاحظ دائماً الأقواس على سبيل المثال تكون غير مسطحة بل تأخذ عمقاً معيناً وبزاوية معينة.

3- كما تمتاز هذه الأشكال بكثرة التفاصيل التي تحتويها والتي تنبثق باتجاهات متباينة تعطي انطباعاً بخشونة الملمس.

4- تمتاز الأشكال الرقمية بتناظر غير تام محوري وتناظر غير تام دوراني مما يمنحها توازناً ضمنياً واضحاً.

5- أما من حيث التناغم فان التناسب التناغمي هو الأبرز والأكثر تحسساً من التناسبات الحسابية أو الهندسية ، وهذا مما يؤكد طبيعة الأشكال الحرة التي لا تخضع لعمليات التناسب الحسابية وما شاكلها .. وهذا سبق ملاحظته في خصائص العمارة العضوية.

ويلاحظ سواد كل من الاستمرارية المنتظمة أو غير المنتظمة، في حالة التناغم الإيقاعي، حيث تختفي حالات التكرار التام والتدرج أو التعاقب المنتظم.

لوحظ انه لا يمكن لمفردة الطور أن تظهر أو توضح الخصائص المميزة للعمارة الرقمية في حين ان هذه الخصائص تتجلى بشكل بارز في مفردة العلاقات وعليه فان مفردة العلاقات (المظاهر الشكلية) ومفرداتها الثانوية مثل مفردة (التوازن) ومفردة (الحيوية) الثانويتين وقيمهما الممكنة هما الأكثر تجسيداً للمؤشرات التي تم استخلاصها من الدراسات المتعلقة بالخصائص الرقمية للشكل كما ستوضح لاحقاً بعد اعطاء خصائص عامة للاشكال الرقمية.

- **الاستنتاجات الخاصة بالدراسة العملية – المتعلقة بمجموعة (العلاقات الشكلية) تمثلت بـ:**

1- حيث اتسمت أكثر المشاريع بمرحلة تعبيرية نهائية للشكل وهذا يعني ان خاصية المراحل التعبيرية لا يشترط وجودها في العمارة الرقمية، اذ يمكن ملاحظتها في فترات معمارية أخرى، فهي تمثل تفرد تصميمي لمصمم ما وليس خاصية مميزة لحركة معمارية معينة

2- نسبة من النتائج أظهرت بروز الأطر الإنشائية على سطوح وحجوم الشكل وهذا يعني ان الأشكال الرقمية تظهر فيها الأطر الإنشائية بعد تكوين الأرضيات والسطوح والحجوم.

3- معظم المشاريع برزت فيها حالة الانغلاقية التي لا يقصد بها انعدام الشفافية وإنما إبهام وتعريف الفتحات والمنافذ الحركية والتي تترك للمتلقي (سواء كان متفرج مستطرق أو مستخدم) متعة البحث والاستقصاء إلى الحد الذي يتمكن من عنده استكشاف واستخدام المنافذ وفق أسلوبه الخاص في إيجاد تلك المنافذ وهذا الأمر استهدفته الأشكال الرقمية لإضفاء متعة للمتلقي والانتقال من تقليدية هذه العناصر من حيث تداولها.

4- أكثر فعل ديناميكي تمت محاكاته وتفاعله من قبل الأشكال الرقمية والذي برز هو الفعل الحركي وهذا يبين أن الخاصية الأكثر وضوحاً في الأشكال الرقمية هي استمرارية الزمن.

5- تمتلك الأشكال الرقمية في جانب كبير منها سمة اللاواقعية.

6- أشكال تعبر عن فكرة السائل (Fluid) (الحيوية): علاقات العناصر مع بعضها كانت أقوى علاقات شد فراغي من علاقة العناصر بحدود المجال المرئي كما تساوت علاقتة تماس الحافات والجوانب مع علاقة تماس الأركان

والحافات والجوانب بسيادتهما على علاقة تماس الأركان المنفردة التي لم تلاحظ ابداً في النتائج.وبالنسبة لعلاقة التراكب الكلي فلوحظت بنسبة اكبر من علاقة التراكب الجزئي أما علاقة التقاطع المتشابه فبرزت أكثر من علاقتي التقاطع المغلق والتقاطع المخترق.

7- كما خلصت النتائج أيضا إلى بروز القيمة الديناميكية الطبيعية المتوازنة في ما يتعلق بالحيوية من حيث طبيعة الحركة البصرية أما من حيث طبيعة العلاقات الفضائية المتمثلة بعلاقات الشد الفراغي وعلاقات التماس وعلاقات التراكب وعلاقات التقاطع .

المصادر :

1- الإمام، محمد وليد،2002، "تحولات **الشكل في المعماري – تجوال الشكل وتكامل الخصائص**" **رسالة دكتوراه غير منشورة، مقدمة إلى قسم الهندسة المعمارية في الجامعة التكنولوجية، بغداد.**

2- البجاري، احمد لؤي،2007،"**الاستدامة في العمارة الداخلية – أثر التكنولوجيا الرقمية في التشكّلات التبيوئية والاحيائية**" **رسالة ماجستير غير منشورة، مقدمة إلى قسم الهندسة المعمارية في الجامعة التكنولوجية، بغداد.**

3- الخفاجي، مؤمل علاء الدين إبراهيم و الجبوري، بديعة على محمد على الجبوري، "أثر التغير التركيبي في **الشكل المعماري على المتلقي مستَقبلاً**"، المجلة العراقية للهندسة المعمارية – السنة الأولى – آب – 2001.

4- علي، خليل إبراهيم و رمضان ، أنوار صبحي،" **الإطار النظري لمفهوم الوحدة الشكلية في العمارة كنظام**"، وقائع المؤتمر القطري السنوي الأول للهندسة المعمارية (المدينة والإنسان) 3-4 كانون الثاني 2001 .. كلية الهندسة، الجامعة التكنولوجية .

5- **الطويل، حاتم عبد المنعم (2005):**" **الثورة الرقمية وأثرها على تطوير التعليم المعماري**"**مقالة في مجلة Architectural @planning journal vol.16، April- 2005 ، ، (pp67-82)**

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

wpyng@arch.nctu.edu.tw

7- http:///www.feidad.org.

8- www.arch.nctu.edu.tw/.../caadria2004.content.tectonics.pdf

ملحق رقم (1)

مفردات النهائية للخصائص الشكلية للعمارة الرقمية – المصدر (الباحثة)

المؤشرات	القيم الممكنة									
				المشروع الأول	المشروع الثاني	المشروع الثالث	المشروع الرابع	المشروع الخامس	المشروع السادس	المشروع السابع	المشروع الثامن	المشروع التاسع
1- المرحلة التعبيرية للشكل.	مرحلة نهائية (شكل نهائي)			*	*	*	*	*	*		*	*
	مجموعة مراحل						*	*	*	*	*	
2- وضعية الأطر الإنشائية.	بارزة على سطوح وحجوم الشكل					*	*	*	*	*		
	مغلفة بسطوح وحجوم الشكل	تماس أركان										
		تماس حافات وجوانب تماس										
		أركان وحافات وجوانب		*	*						*	*
3- انغلاقية الشكل.	مغلق كلياً			*	*		*	*	*			
	مغلق جزئياً											
	غير مغلق											
4- نوع المحاكاة الديناميكية للسطوح.	أحداث											
	حركة							*	*	*		
	صوت											
	غيرها											
5- تفاعلية الشكل.	نوع الفعل							*	*	*		
6- واقعية الشكل.	أشكال واقعية	توازن شكلي متناظر	التناظر تام	محوري								
				شعاعي								
				دوراني								
				زخرفي								
	أشكال غير واقعية	توازن غير شكلي أو توازن ضمني	التناظر غير التام	محوري	*						*	
				شعاعي								
				دوراني				*	*	*		
				زخرفي		*	*					
			التسوي أو اللاتناظر									*
7- نوع التحول الشكلي.	المجال الذي تحاكيه											
8- سطح تعبيري متمثل بجدار حساس												
9- خصائص شكلية تفاعلية متنوعة تمكن لها قابلية التعبير عن نفسها – مثلاً أشكال تعبر عن فكرة السائل (Fluid) (الحيوية)	الحيوية	طبيعة الحركة البصرية	القيمة الديناميكية للعناصر وعلاقاتها	أشكال العناصر								
				الترابط الذهني للعناصر								
				حركة العين في التكوين					*		*	*
			القيمة الديناميكية الطبيعة المتوازنة			*	*	*	*	*	*	
		طبيعة العلاقات الفراغية	الشد الفراغي	علاقة العناصر مع بعضها		*	*	*			*	*
				علاقة العناصر بحدود المجالالمرئي	*				*			*
			التماس	تماس أركان								
				تماس حافات وجوانب	*	*		*				*
				تماس أركان وحافات وجوانب		*	*	*	*	*		
			التراكب	تراكب كلي		*	*	*	*	*		*
				تراكب جزئي	*	*					*	
			التقاطع	التقاطع المخترق						*		*
				التقاطع المغلق	*	*			*			
				التقاطع المتشابك		*	*		*		*	
10- أشكال هجينة غير متوقعة باستخدام الخوارزمية الجينية											*	
11- إستراتيجية الحالة الكرستالية السائلة											*	
12- تجريد الطبيعة متمثلة بالهياكل والمنشآت الطبيعية، والقواقع والقشريات البحرية							*			*	*	*
13- البنى والمنشآت البيولوجية والهياكل المتولدة ذاتياً							*			*		

ملحق رقم (2)

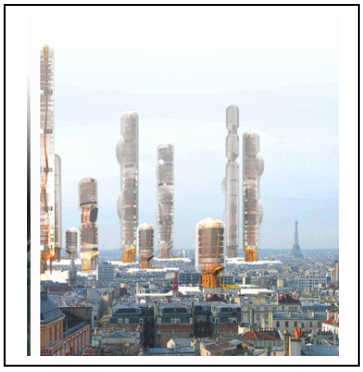
مشاريع المسابقة المعمارية لناطحة السحاب في

المجموعة الأولى :

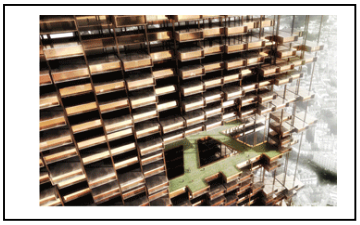
المشاريع المستلهمة من الوسط الرقمي (أشكال المكونات المادية Hard ware)

المشروع الأول

المشروع الثاني



المشروع الثالث

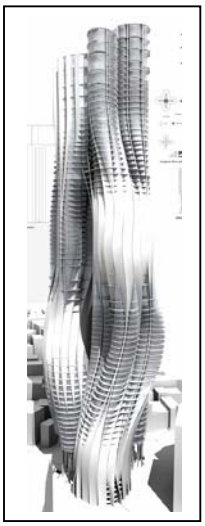


المجموعة الثانية :

المشاريع المستلهمة من الوسط الرقمي (الأشكال المكونة بالبرامجيات Soft ware)

المشروع الرابع

المشروع الخامس

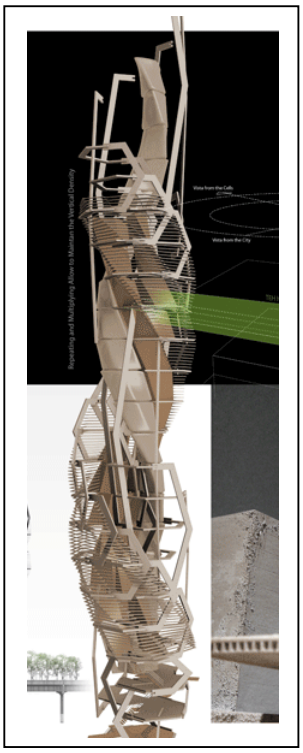


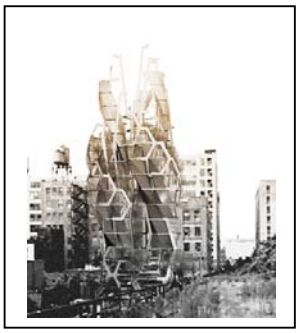
المشروع السادس

المجموعة الثالثة :

المشاريع المستلهمة من خارج الوسط الرقمي (اشكال مستعارة من حقول اخرى وخاصة الطبيعة كالية عضوية أو حياة منبعثة للمواد)

المشروع السابع





المشروع الثامن

المشروع التاسع