مقومات المنشأ الفعال في النتاج المعماري المعاصر

أنس حميد مجيد الجبوري
مدرس مساعد
جامعة بغداد/ كلية الهندسة / قسم هندسة العمارة

الخلاصـــــة

يعد المنشأ بصيغته العلمية مفهوماً من مفاهيم إكمال الصورة المعمارية التي تسعى إلى إخراج منشأ فعال وجذاب في النتاج المعماري المعاصر, لاسيما بان المنشأ – وبصورة عامة- يمثل ناحية المتانة إضافة إلى عاملي البهجة والمنفعة الوظيفية بحسب نظرية فيتروفيوس الثلاثية, مما جعل دور المنشأ يعتمد على جعل رصيده الفني قادراً على إعطاء مفهوم الفعالية ضمن النتاج المعماري. يأتي ذلك من خلال إعتماد آلية فكرية لوسائل وتفاصيل المنشأ –ككل وكأجزاء- والعمل على تسليط الضوء على المنشأ ضمن النتاج بشكل يداعب حاجات المتلقي وغاياته الفنية والحسية والجمالية إضافة إلى دوره الأساس في ثبات النتاج, لاسيما وإن التقنيات الحديثة –على مستوى التصميم والتنفيذ- ساعدت وبشكل فعال على حل الرموز الشكلية والمنشأية للنتاج المعماري المعاصر. ومن هنا تتضح الفجوة المعرفية في فهم قصدية مقومات وتأثير المنشأ الفعال وتكامل عناصره ومفرداته الوظيفية والحسية والجمالية في تشكيل النتاج المعماري المعاصر, ويمثل ذلك مشكلة البحث.

يهدف البحث إلى تسليط الضوء على المفاهيم المنشأية التي يرتكز عليها النتاج المعماري ومفاهيم التصميم التي تساعد على إبتكار منشأ فعال بعناصره ومفرداته وصولاً إلى تحديد مقومات فاعلية المنشأ المعمارية والتي تمثل المنظومة القيمية المعمارية للإبداع المنشأي المعاصر.

الكلمات الرئيسة: النظام المنشأي, البنية الإنشائية, التكوين المنشأي.

The Constituents of Active Structure in Contemporary Architectural Products

Anas Hameed Majeed Al-Jubori
Assistant Instructor
Baghdad University/College of Engineering/ Architectural Department
E-mail: anas_arch2005@yahoo.com

ABSTRACT

The structure is considered in its scientific formula one of the concepts which complete the architectural image that seeks to take out an effective and attractive structure in contemporary architectural production, especially that the structure -in general- represents strength in addition to delight and functional benefits according to Vitruvius trinity. So, the role of structure depends on making its aesthetical properties able to give efficiency within architectural product. That has come through adoption of intellectual mechanism of structural means and details –as a whole or parts- and focused on structure with the recipient's needs, aesthetical, and sensory purposes in addition to its fundamental role of stability, especially that the modern technology –in design and construction- has helped effectively to solve the formal and structural symbols of contemporary architectural product. Hence, it is necessary to put a knowledge gap to understand the constituents' intention and effective impact of structure beside the integration of the functional, sensual and aesthetical vocabulary, which represents a research problem.

This research aims to highlight the potentials of structural connotations -which support the architectural products– and design connotations –which cooperate to create an active structure by its parts and vocabulary in order to determine the factors of architectural structrure effectiveness which represent the architectural value system for contemporary structural creative.

Keywords: Structural System, Constructional Structure, Structural composition.

مقدمة البحث:

يمثل تطور العمارة إنعكاساً لتطور النظم المنشأية وتنامي القدرات التعبيرية للأفكار بواسطة التقنية, واكتساب هذه القدرات خصائص جمالية نتيجة هذا التطور, ليتحول الفكر المنشأي من نظام إنشائي ناتج من تراكم الخبرة إلى نظام إنشائي فني يعكس جمالية المنشأ ككل أو كأجزاء في فعالية إظهار المبنى. فالإنشاء الفني يرتبط بشكل وثيق بمفهوم النظام الإنشائي والبنية الإنشائية.

فالجوانب المنشأية مع الطابع الجمالي تمثل النتيجة النهائية للمبنى الذي يجتمع فيه الفكر المنشأي والتقني مع الفكر الفني والإبداعي لاسيما وأن النتاج المعماري المعاصر يشهد تنافساً معمارياً كبيراً وبأشكال تمتاز بمنشآءاتها المبدعة فمنها ما يتناغم مع الطبيعة وطبوغرافيتها ومنها ما يتحدى الإرتفاعات الشاهقة أو البحور الشاسعة وبمساعدة المواد الجديدة والمتطورة والتقنيات الحديثة المرتبطة بالحاسوب.

مشكلة البحث:

وجود نقص معرفي في فهم قصدية مقومات وتأثير المنشأ الفعال وتكامل عناصره ومفرداته الوظيفية والحسية والجمالية في تكوين النتاج المعماري المعاصر والتي لا بد من الإهتمام بها وعدم تجاهلها منذ المراحل الأولى لعملية التصميم. تولدت هذه المشكلة نتيجة وجود فرق واضح بين النتاج المعماري المبدع والنتاج التقليدي كون إعتماد الأول على مفاهيم منشأية أساسية بالتزامن مع مفاهيم التصميم التي تسعى لإبتكار منشأ فعال وبمساعدة آليات التعامل مع القوى المسلطة على المبنى.

هدف البحث:

يهدف البحث إلى سد النقص المعرفي في فهم قصدية مقومات وتأثير المنشأ الفعال وتكامل عناصره ومفرداته الوظيفية والحسية والجمالية في تشكيل النتاج المعماري المعاصر من خلال تسليط الضوء على:

1. آليات التعامل مع القوى المسلطة على الشكل.
2. العلاقة بين البنية المنشأية والبنية التصميمية.
3. المفاهيم المنشأية الأساسية كركيزة أساسية للنتاج المعماري المعاصر.
4. مفاهيم التصميم التي تساعد على إبتكار منشأ فعّال.
5. وصولاً إلى تحديد مقومات فاعلية المنشأ المعمارية.

الكلمات الدالة والتعاريف:

- **المنشأ الفعال:** هو المنشأ العاكس لتطور النظم المنشأية وتنامي القدرات التعبيرية للأفكار بواسطة التقنية والمواد الحديثة واكتسابه خصائص جمالية نتيجة التطور, ليتحول الفكر المنشأي إلى نظام منشأي فني يعكس جماليته مستنداً إلى مفاهيم منشأية أساسية بالتزامن مع مفاهيم التصميم. [الباحث].

- **النظام المنشأي:** مجموع العناصر المنشأية الحاملة للمبنى التي تضم المبادئ والطرق التي تترابط وفقها هذه العناصر. [Engel, 1977, P:15].
- **البنية الإنشائية:** الخصائص والملامح الأساسية لإنشاء محدد أو لنظام منشأي أو لمادة البناء الأساسية. [نوبي، 2009، ص:12].
- **التكوين المنشأي:** هي الآلة الأولية الوحيدة لإدارة الشكل والمساحة والوسيلة الأساسية التي ترسم البيئة المادية. يستند التكوين المنشأي إلى المادة المتمثلة بقوانين العلوم الطبيعية مشكلة قاعدة أساسية من القوى التكوينية للرسم الهندسي المعماري, ليشخص التكوين المنشأي الهدف الإبداعي في توحيد الشكل والمادة والقوى لذا فهو وسيلة جمالية وحديثة لمختلف أنواع الأبنية. [Engel, 1977, P:19].

1- آليات التعامل مع القوى المسلطة على الشكل:

يتعرض الشكل المادي إلى قوى تتحدى قدرة تحمّله وتهدد بالتالي هدفه ومعناه, يمكن تخطي هذا التهديد عبر إعادة توجيه القوى العاملة إلى طرق تتحدى الشكل والمساحة. إن آلية هذه العملية تعرف بالتكوينات المنشأية, حيث أن إعادة توجيه القوى هي قوى التكوينات المنشأية وجوهرها. عادة ما يكون التعامل مع القوى المسلطة على الشكل – الطبيعية والإصطناعية– عبر عدد من الآليات التي تمثل أسس نموذجية بمميزاتها الجوهرية الكامنة والتي تواجه الإنسان يومياً في تعامله مع القوى ويتعلم من خلالها –بقصد أو بدونه– كيفية تحملها والتعامل معها والسيطرة عليها: [Engel, 1977, P:20]

1-1 تعديل القوى.

2-1 توزيع القوى.

3-1 حصر القوى وتحديدها.

4-1 إنتشار القوى.

5-1 جمع القوى وتأريضها.

ويمثل الجدول (1) تصنيفاً للآليات الخمس المذكورة أعلاه مع تحديد التكوينات والأنظمة المنشأية الخاصة بكل آلية والإجهاد ونوع القوى التي تتعامل معها.

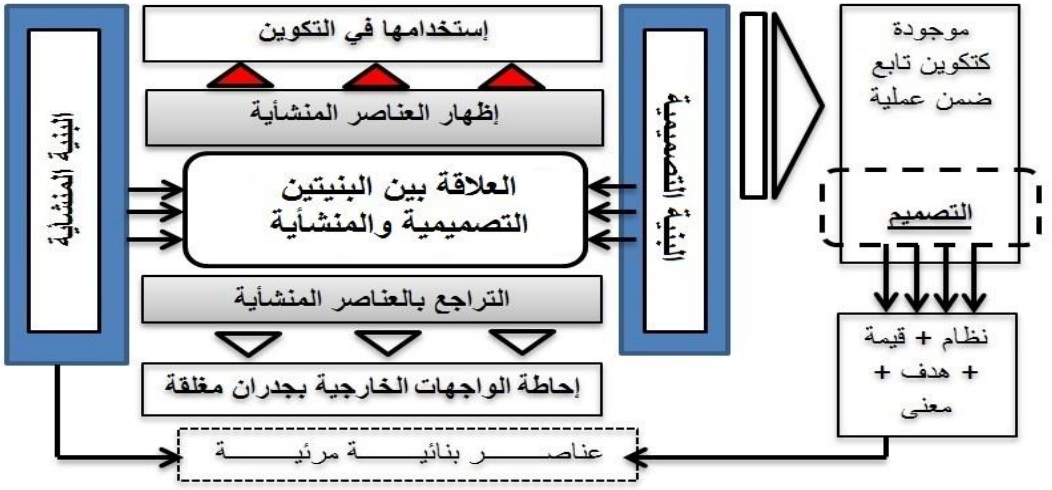
الآلية	التكوينات المنشأية العاملة	الأنظمة المنشأية	الأنظمة / الإجهاد	نوع القوى
تعديل القوى	بواسطة الشكل المادي	ذات "التكوين المقاوم"	أنظمة أحادية الإجهاد	قوى ضاغطة أو قوى شد
توزيع القوى	عبر تركيب العناصر المشدودة والمضغوطة.	ذات "المتجهات المقاومة"	أنظمة متعاونة الإجهاد	قوى ضاغطة وقوى شد
حصر القوى	داخل القطاع وعبر تواصل المواد.	ذات "المقاطع المقاومة"	أنظمة ذات الإجهاد المنحني	القوى الجانبية
إنتشار القوى	تمديد السطح وشكله.	ذات السطوح النشطة"	أنظمة ذات الإجهاد السطحي	قوى الطبقة الرقيقة
جمع القوى	كمرسل للأحمال الأفقية.	ذات "الإرتفاع المقاوم"	أنظمة ذات الإرتفاع المقاوم	بدون حالة إجهاد خاصة

الجـــــــدول (1): آليات التعامل مع القوى المسلطة على الشكل

(الباحث إستناداً على Engel, 1977, P: 20).

2- البنية المنشأية والبنية التصميمية:

إن العلاقة بين البنيتين المنشأية والتصميمية من النواحي التي يرتكز عليها البحث, فبصورة عامة يكون التعامل بين البنيتين إما إظهار العناصر المنشأية واستخدامها في التكوين – وهو ما سيركز عليه البحث– أو التراجع بها وإحاطة الواجهات الخارجية بجدران مغلقة [الصقر، 2010]. ومن أجل أستعلام البينة التصميمية التي يشترط فيها وجود التكوين الفني النابع من عملية التصميم فلا بد من فهم هذه العملية – اي عملية التصميم – بإعتبارها مجالاً من مجالات الخبرة البشرية والمهارة المعرفية التي تهتم بقدرة الإنسان على رؤية التكوين والنظام والقيمة والهدف والمعنى في أشياء ومجموعات تحيط به ويدمجها مع بعضها لتلائمه بدرجة اكبر.[حجازي، 1999، ص:48]. **يوضح المخطط (1) العلاقة بين البنية المنشأية والبنية التصميمية ودورها في خلق النتاج المعماري المعاصر.**



مخطط (1) العلاقة بين البنية المنشأية من جهة والبنية التصميمية من جهة أخرى (الباحث)

كما يعد التصميم عملية خلق وإبداع وإبتكار بإستعمال عناصر مرئية بنائية كالنقطة والخط واللون والملمس وربطها بالأسس التصميمية كالوحدة والتكرار والتناسب وغيرها التي تعد أساساً لتشكيل التصميم وتنظيم العناصر الفنية والبنائية –المنشأية– وذلك لتحقيق عمل فني يتسم بالنفعية فضلاً عن الجمالية الوظيفية. [حقي، 2014، ص:8].

كما يرى هاينو أنجل Heino Engel بأن التصميم الهندسي هو فن فيزيائي طبيعي يهدف إلى حل النزاع القائم بين الإنسان وبيئته, فعلى الرغم من أن العملية معقدة الا أن الحل الطبيعي سهل التحديد إذ أن بيئتنا تتكون من عوامل متعددة ومتنوعة مثل الإستمرار التاريخي والظروف المحددة للموقع إلى جانب حاجات المجتمع المادية والنفسية والإبتكارات المنشأية والمساعدات التكنولوجية والشكل والمساحة الإبداعية. [Engel, 1977, P: 3].

وتشتمل عملية التصميم على ثلاث مراحل: [بنداري،2008، ص:65].

2-1 التحليل analysis: تقسيم المشكلة إلى أجزاء صغيرة لغرض التكامل لا لغرض التجزئة.

2-2 التركيب synthesis: وضع تلك الأجزاء مع بعضها وصياغتها بعلاقات جديدة.

2-3 التقييم evaluation: اكتشاف مواءمة النظام الجديد مع الوظيفة من خلال الممارسة.

فالاحساس بذلك الفضاء – الناتج من المنشأ المكون له – يتكون عند تحقيق علاقة ادراكية معينة بين الانسان ومحيطه، تتسع هذه العلاقة لتشمل حواس الانسان المختلفة معطية له الاساس اللازم لتشكيل كتلي وفراغي متكامل وتفاعل مكاني متواصل, حيث تتبنى مراحل الإدراك هذه ثلاث حلقات تتمثل بالإدراك الحسي Perception والإدراك المعرفي Cognition ومن ثم التقييم Evaluation . [الحاجم،1993، ص:76].

وعليه, يكون من الضروري أن يكون المنشأ –بمبادئه وعناصره– حاضراً كعنصر أساسي في مرحلة التحليل ليتكامل مع منظومة التصميم ومن ثم يدخل وبقوة في مرحلة التركيب والصياغة ليأتي بعد ذلك دور المصمم الإنشائي لتقييم مدى فاعليته ليكون ملائماً مع الوظيفة المطلوبة.

3- المفاهيم المنشأية الأساسية الركيزة الأساس للنتاج المعماري المعاصر

تمثل مفاهيم الإنشاء الركيزة الأولى للتوصل إلى نتائج جمالية عالية المستوى (حسب رأي المعماري الإيطالي Pier Luigi Nervi), من أهم المفاهيم المنشأية للنظام المنشأي المعماري ما يأتي:

3-1 الإتزان Equilibrium:

هو المعادلة بين الفعل ورد الفعل, وهو إحساس فطري شعر به الإنسان منذ أيامه الأولى فهو يقف بإتزان ستاتيكي ويتحرك بإتزان ديناميكي, فلابد أن يكون التكوين المنشأي متزناً إستاتيكياً وديناميكياً تحت تأثير جميع أنواع القوى الممكن توقعها (حية, ميتة, رياح, تربة, زلازل وغيرها) [الجبوري،2007، ص:16], ومن الضروري أن يكون الإتزان واضحاً ومحسوساً من قبل المصمم. ويمكن تحقيق مبدأ الإتزان من خلال:

3-1-1 الإتزان التراكمي: المنشأ متزن نتيجة تراكم أجزائه وكتله, نتيجة الوزن الناتج من قوى جاذبية الأرض (الفعل) والقوى المعاكسة له من الأرض (رد الفعل). حيث ينتقل الوزن عن طريق التراكم كما في النظام المنشأي المصمت. **شكل (1)**

3-1-2 الإتزان الجاسيء: المنشأ المتزن نتيجة جساءته Stiffness, وذلك من خلال جساءة (قوة) المنشأ ذاته وتماسكه الكتلي الذي يحول القوى من وسط المنشأ على قواعده وبالتالي إلى الأرض. يمكن تسمية هذه العملية بالإستمرارية المادية. أي أن أجزاء المنشأ تكون مجموعة متماسكة ومتكاملة تقاوم بمكوناتها الأحمال الواقعة على أجزائها وتقلل من قطاعاتها segments وتعمل على نقل الأحمال (الأفقية والعمودية) إلى الأرض كما هو الحال في النظام المنشأي الهيكلي [الجبوري،2007، ص:17]. **شكل (2)**

3-1-3 الإتزان المنساب: المنشأ المتزن بإنسيابية أجزائه وكتله. من خلال إندماج وحدات المنشأ هندسياً في وحدة واحدة مستمرة هندسياُ وبدون قطاعات segments, حيث تتحول الأحمال الأفقية والعمودية إلى إجهادات محورية تنساب داخل قطاع المنشأ ثم تنتقل إلى الأرض وتقاوم برد فعل منها كما هو الحال في النظام المنشأي السطحي (أو القشري) [Trebilcock, 2004, P:34]. **شكل (3)**

3-1-4 الإتزان المرن: المنشأ المتزن بمرونة الشكل. ويتحقق من خلال مرونة وليونة المنشأ مقارنةً بجساءته, حيث يتلقى بذلك الإجهادات المحورية وبأنسب الأوضاع لتسري خلاله بالضغط أو الشد ثم تنتقل إلى الأرض كما هو الحال في النظام المنشأي القابلوي والأغشية المشدودة. **شكل (4)** [رأفت،1997، ص:41].

وعليه, فإن إعتماد أحد أنواع هذا المبدأ –أي الإتزان– أو دمج نوعين مع بعضهما وبصورة مدروسة وغير تقليدية يؤدي إلى إنتاج معماري يكون المنشأ فيه فعالاً وبارزاً للمتلقي بكافة أجزائه وعناصره.

3-2 الإستمرارية Continuity:

هي نظرية تنص على توفير الكفاءة في الطاقة المنشأية والتي تتحق من خلال كفاءة إستعمال المادة المنشأية التي تسعى نحو إلغاء عزوم الإنحناء وتحويل الإجهادات إلى محورية بالشد والإنضغاط ونحو تحقيق تضافر كل جزء من أجزاء المنشأ في مقاومة الأحمال المنشأية. ويمكن تحقيق مبدأ الإستمرارية من خلال: [Engel, 1977, P: 24]

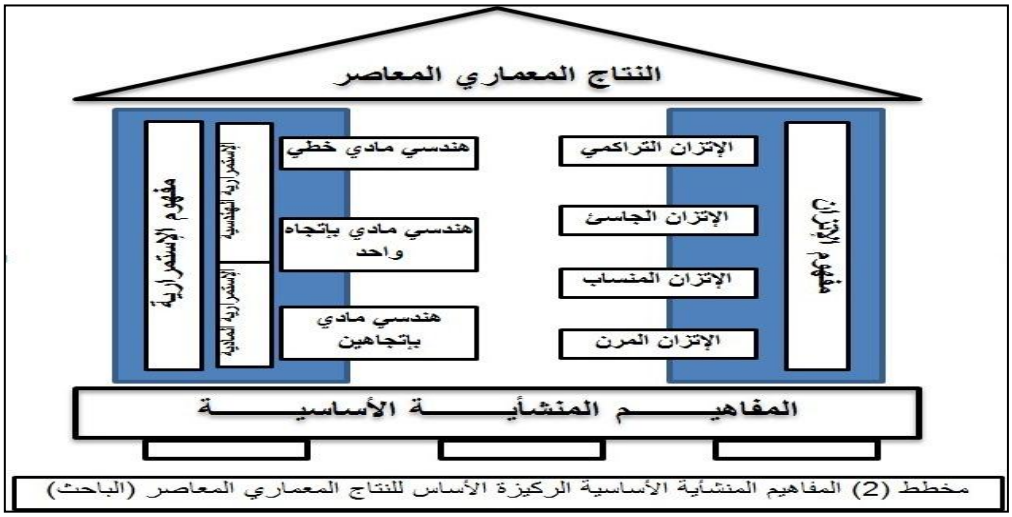
3-2-1 الإستمرارية الهندسية: هي إجهادات محورية يكون فيها فرق المماس بين نقطة وأخرى فرقاً لا متناهياً في الصغر, وتكون الأستمرارية منعدمة في منشأ مضلع ويحوي على زوايا قائمة أو حادة, ويكون المنشأ في هذه الحالة أما منشأ دائري بإتجاه واحد أو كروي بإتجاهين. **شكل (5)**

3-2-2 الإستمرارية المادية: هي أن يكون المنشأ متماسكاً بكافة أجزائه بشكل يضمن عملها كجسم واحد مهما اختلفت الإتجاهات وتسمى monolithity كالمنشأ الخرساني المسلح أو منشأ فولاذي متراص باللحام والأربطة والألواح ووصلات التقوية bracing. **شكل (6)**

ويتعامل المنشأ مع شقي هذا المبدأ بثلاث طرق: [الباحث إستناداً إلى Engel, 1977, P: 25]

- **هندسي مادي خطي** (one-dimensional). **شكل (7)**
- **هندسي مادي بإتجاه واحد** (two-dimensional). **شكل (8)**
- **هندسي مادي بإتجاهين** (three-dimensional). **شكل (9)**

وعليه, يكون المصمم المعماري أمام خيارات واضحة مناسبة لبرنامجه المنشأي–المعماري ليقف عند درجة الإستمرارية الهندسية أو المادية التي تحقق أهدافه الحيزية والفنية والإقتصادية والتي من شأنها ان تترك الأثر الفعال في نفس المتلقي. يوضح المخطط (2) المفاهيم المنشأية الأساسية (الإتزان والإستمرارية) التي يرتكز عليها –وبصورة أساسية– النتاج المعماري المعاصر.



مخطط (2) المفاهيم المنشأية الأساسية الركيزة الأساس للنتاج المعماري المعاصر (الباحث)

4- مفاهيم التصميم التي تساعد على إبتكار منشأ فعّال:

يمكن للمصمم أن يرتكز على حدسه وقدرته الخيالية في عمله بمساعدة الآراء العملية والمادية والتحليلية وإن كانت تتلائم مع المنطق الميكانيكي ومع الأشكال والإمكانيات التي تصدر عنه, لتخطي القيود المتعلقة بالتكوينات المنشأية المتميزة في تنوعها مع إستخلاص أشكال جديدة تتناغم مع روح العصر.

لاتمثل هذه الأشكال تكوينات منشأية يمكن إدخالها في أي مخطط دون إختيار سابق, إنما هي أنظمة منشأية بحد ذاتها. لذا يمكن القول بأن التكوينات المنشأية هي " **أمثلة ووسائل لتطبيق التصميم**" أما الأنظمة المنشأية فهي " **أوامر ومبادئ التصميم**", وعليه: تكون التكوينات المنشأية هي جزء من نظام أمني واسع. [رأفت،1997، ص:76].

كما أن تأثير مواد وطرق الإنشاء في الفكر التصميمي يعد من الأمور المصاحبة للتطور الذى حدث في مفاهيم عملية التصميم المعماري للمباني المختلفة، والتي مثلت في مجملها تغييراً كبيراً في طبيعة التصميم المعماري للفضاء الداخلي وعلاقته بالفضاء الخارجي، وأيضاً التطور الذى حدث في الهيئات الخارجية للمباني سواء في الارتفاعات أو في التشكيل المعماري لعناصر المبنى أو هيئة المبنى في مجملها.

ومن هذه المفاهيم التصميمية التي تطورت في النتاج المعماري المعاصر والتي ارتبطت بالتطور في مواد البناء وطرق الإنشاء: **(المرونة الوظيفية – الاتصال بين الفضائين الداخلي والخارجي – تطور إرتفاعات المباني – البحور الواسعة – اللغة المعمارية الجديدة).**

4-1 المرونة الوظيفية:

يتمثل تصميم المباني في السنوات والعقود التي سبقت تطور التقنية والمواد الإنشائية بمسقط المبنى **(**مخطط المبنى**)** الذي يتشكل من مجموعة من الأحياز والفضاءات مفصولة عن بعضها البعض بعناصر منشأية عمودية متمثلة بجدران وقواطع وفواصل وعناصر منشأية أفقية متمثلة بالسقوف والأرضيات، ولا يتحقق الاتصال بين الفضاءات الداخلية سوى عن طريق فتحات الأبواب وبأبعاد وأعداد محددة ومقيدة بسبب مواد البناء المستخدمة في تشكيل هذه العناصر (أي الجدران) وفقاً لنظام البناء بالجدران الحاملة Bearing walls المتمثل بمواد البناء ذات الوحدات المتكررة كالطابوق Brick والكتل الخرسانية Concrete Blocks وغيرها في عملية البناء **شكل (10)**. مع تطورات إمكانيات المواد الحديثة وخصوصاً الحديد والخرسانة المسلحة أمكن التوصل إلى طرق (نظم) إنشائية جديدة كنظام الهيكل الإنشائي Skeleton Construction [التميمي،2012، ص:41]. ومن أوائل هذا النظام مبنى Bis Rue Franklin Apartment, Paris من قبل Auguste Perret عام 1903 بهيكل خرساني ذي مخطط أعمدة حر مع قواطع جدارية غير حاملة وبمساحات حرة وطليقة **شكل (11)**. كما حقق Le Corbusier درجة عالية من المرونة الوظيفية من خلال هيكل الدومينو Dom-ino عام 1914 والذي سمح بحرية وضع الجدران في أي مكان مع سرعة الإنشاء وحرية تشكيل الواجهات الخارجية. **شكل (12)**. إنعكس هذا التحول على مواد البناء وبالتالي على طرق الإنشاء التي تحولت من الإنشاء الخطى إلى الإنشاء بالأسطح الفعالة، كمنشآءات Flex Candela القشرية من الخرسانة المسلحة الرقيقة **شكل (13)**, وقباب Buckminster Fuller الجيوديسية من وحدات الحديد عالية الشد **شكل (14)** فتحققت درجات عالية من المرونة الوظيفية من خلال التصميم الفضائي Spatial Design والحيز الشاسع

Universal Space. ومن المشاريع الحديثة The Dali Museum للمجموعة HOK حيث يمكن ملاحظة الهيكل الخرساني ذي مخطط لأعمدة حرة وبمساحات شاسعة تتناغم مع المرونة الوظيفية العالية التي تنسجم مع صفة المتحف, إضافة الى اللمسة الزجاجية ذات الشكل المرن التي تعد إنعكاس للقباب الجيوديسية بنظام عشوائي مغاير لنموذج القبة [Trebilcock, 2004, P:19]. **شكل (15)**

وعليه, يمكن القول بأن النظامين الهيكلي والقشري هما الأكثر ملائمة مع مفهوم المرونة الوظيفية مقارنة بالنظام المصمت, لاسيما بأن الدمج بين النظامين –الهيكلي والقشري– معاً يوفر إمكانية أكبر في تحقيق مفهوم المرونة الوظيفية. كما أن الإنشاء بالأسطح الفعالة بدلاً من الإتشاء الخطي يوفر مدى أوسع لتحقيق هذا المفهوم.

4–2 الاتصال بين الفضائين الداخلي والخارجي:

كانت العلاقة بين الفضاءات الداخلية والفضاء الخارجي في الأنظمة المصمتة تتم من خلال فتحات خارجية محدودة المساحة والعدد بسبب مواد البناء وطرق الإنشاء التقليدية، فكان الإحساس بالفضاءات يوحى بالانغلاق. ولكن تطورت هذه العلاقة في بداية القرن العشرين وانتشرت بحلول القرن الواحد والعشرون حيث اتجهت التصاميم المعمارية –بسبب بروز الأنظمة المنشأية الهيكلية– نحو اندماج الفضاء الداخلي مع الخارجي، وازدادت مناطق الاتصال والتداخل بينهما مع عدم الإفراط بخصوصية الفضاء الداخلي وهيئته المعمارية. فظهر مبدأ الفضاء الداخلي المنساب Fluid space, وبذلك تحول الإحساس من الإنغلاق إلى الإنطلاق. ويمكن ملاحظة هذا المبدأ بصورة واضحة في العديد من المشاريع الحديثة التي يكون فيها الاتصال بين الداخل والخارج على المستويين الأفقي –من خلال الوظيفة والمشهد الحدائقي والشوارع المجاورة– والعمودي –من خلال وظيفة المبنى والسماء والأبنية العالية والشاهقة المجاورة لها–. ومن أمثلة هذا المبدأ المدخل الرئيس لمشروع TMW Technical Museum في فيينا لمجموعة Querkraft Architects الألمانية, حيث يظهر براعة التصميم المعماري مع الإنشائي لتحقيق هذا المبدأ. **شكل (16)**

وعليه, يمكن القول بأن فكرة الفضاء المنساب الناتج من التداخل والإتصال بين الفضائين الداخلي والخارجي من الأفكار التي يمكن ملاحظتها في النتاج المعماري المعاصر بشكل يؤمن مبدأ الخصوصية والواجهة الخارجية. ويعد النظام القشري هو الأكثر ملائمة لتطبيق فكرة الفضاء المنساب, ويليه النظام الهيكلي الذي يحقق هذه الفكرة على المستوى الأفقي والعمودي. ليأتي بعد ذلك النظام المصمت الذي يختزل فكرة الفضاء المنساب نتيجة لعناصره المنشأية وقلة أحجام وأعداد الفتحات. كما أن الدمج بين النظامين –الهيكلي والقشري–يوفر إمكانية أكبر في تحقيق مفهوم الإتصال بين الفضائين الداخلي والخارجي.

4–3 تطور ارتفاعات المباني:

حققت المواد والتقنيات المتطورة بإمكانياتهما العالية طموح الإنسان في الانطلاق بالأبنية لإرتفاعات شاهقة وبأشكال إبتعدت عن المألوف بمساقطها المربعة أو المستطيلة، وأدت الخرسانة دوراً في ذلك إلا أن الفولاذ قد كان له

الدور الأهم بسبب صغر مقاطع عناصره وقدرته العالية على تحمل قوى الشد ومساهمته في جعل العناصر المغلفة للهيكل خفيفة الوزن، وخصوصاً بالاندماج في عملية الإنشاء مع كل من الألمنيوم والزجاج. [عادل سعيد، 2010، ص:38].

ومن هذه المشاريع مبنى شركة التأمين Home Insurance Company في شيكاغو كأول ناطحة سحاب من الفولاذ بإرتفاع عشرة طوابق بتصميم المهندس William Le Baron Jenney 1883، **شكل (17)**, وتطورت ارتفاعات المباني وأصبحت تتدرج في العدد والإرتفاع. ومن هذه المشاريع Bank of China Tower لمجموعةI.M Pei المعمارية **شكل (18)** ومبنى Turning Torso للمعمارSantiago Calatrava **شكل (19)** وبرجي التجارة العالمية في البحرين 2008 بمخطط مغزلي وبرجين مفصولين متصلين بممرات زجاجية كعناصر تقوية من قبل مجموعة multi-national architectural firm Atkinsالمعمارية [عادل سعيد، 2010، ص:45]. **شكل (20)**

وعليه, فإن المصمم المعماري يمتلك خيارات متعددة ومتنوعة يمتزج فيها البرنامج المعماري للوظيفة متعددة الطوابق ذو المساقط المتباينة مع البرنامج المنشأي لعملية نقل الأحمال لتلك الطوابق مع مراعاة درجة الإستمرارية ونوع الإتزان لتحقيق الأثر الفعال لمنشأ المباني المرتفعة.

4-4 البحور الواسعة:

وكما هو الحال في تطور إرتفاعات الأبنية سبقتها محاولات جادة لتحقيق بحور أوسع, فلم يكن في الإمكان فى ظل إمكانيات المواد التقليدية أن تتسع بحور المباني رغم محاولات توظيف الأحجار عن طريق العقود والقباب في تغطية مساحات أبعادها معقولة في ذلك الوقت. فبدخول الخرسانة مجال الإنشاء تطورت البحور وبدأت في معبد البانثيون لتصل إلى 43.44 متراً (150 قدم) **شكل (21)**, وأتسعت بتطور إمكانيات الخرسانة كما في أعمال Pier Luigi Nervi لتصل إلى 60 متراً في قصر الرياضة بروما Palazetto dello Sport, Rome **شكل (22)**, وبثورة تصنيع الحديد الزهر والمطاوع والصلب دخلت البحور الواسعة مجالاً جديداً باستخدام المنشآءات الفراغية والقابلوية ومنشآت الخيم ومن هذه المشاريع ,Campo Volantin Footbridge, Bilbao في أسبانيا من تصميم المهندس المعماري Santiago Calatrava عام 1990-1997, وهو جسر للمشاة يلاحظ فيه حضور عدم الإتزان –كما هو الحال في معظم مشاريعه– بشكل يخطف الأنفاس من خلال خفة المنشأ المؤلف لتلك المشاريع **شكل (23)**. ومن المشاريع المعاصرة الداعمة لهذا المبدأ مشروع Haydar Aliyev Cultural Center - Baku, 2007-2013 للمعمارية Zaha Hadid **شكل (24)**.

وعليه, فإن تطور المواد المنشأية من الخرسانة –وإمكانيات تشكيلها– والفولاذ –وكفاءة إدائه– مكن من تطبيق المفاهيم المنشأية بمدى أوسع وبإتجاهات ثلاثية البعد ليسمح بذلك بنشر السقوف والأسطح لمسافات شاسعة وبدون مساند وسطية. كما أن العديد من المشاريع المعمارية المعاصرة تتمتع بمنشأ متميز يكون هو المسؤول في تحقيق بحورها الواسعة.

4-5 اللغة المعمارية الجديدة:

يمكن إدراج المفاهيم الأربعة السابقة (المرونة الوظيفية, الاتصال بين الفضائين الداخلي والخارجي, تطور إرتفاعات المباني, البحور المتسعة) على إنها عوامل إدخال يراد منها الوصول إلى مخرجات لغة معمارية جديدة تتسم بلغة العصر, لاسيما مع تواجد مواد وطرق البناء الحديثة بتناغم مع تقنية الحاسوب وبرامجها التطبيقية التي تمثل مفردات جديدة في مجال التصميم والتشكيل المعماري في القرن الحالي بصفة خاصة، مما أمكن تسميتها باللغة المعمارية الجديدة والتي تضم اللغة التعبيرية واللغة البصرية.

إمتازت هذه اللغة بمفردات خاصة من أهمها المساحات المسطحة الزجاجية كمحطة Berlin Hauptbahnhof في ألمانيا **شكل (25)**، ومنشآءات الفضاء الناتئ cantilevered space كمبنى Voestalpine AG تصميم Dietmar Feichtinger Architectes في النمسا **شكل (26)**، ومنشآءات التشكيل الحر والمتنوع في الواجهات الخارجية كمبنى UFA Cinema Center في ألمانيا 1998 التي تمتاز باستخدام العناصر المنشأية في عملية التشكيل الخارجي إضافة لوظيفتها المنشأية **شكل (27)**, وغيرها من المشاريع المعمارية الحديثة. [نوبي، 2009، ص:23].

إن توفر التقنيات الحديثة لإنتاج منشأ معاصر بمواد الإنشاء الجديدة أنتجت إمكانيات غير محدودة للتكوينات المنشأية ومنها الناتئة Cantilevered Compositions التي لم تكن ممكنة في السابق، حيث أصبح الامتداد الأفقي على الأنهار والشوارع بطريقة لا تتقاطع مع المحاور البصرية أو الحركية ضمن حدود الرغبة والإمكان بعد أن كانت إمكانيات الوحدات البنائية كالأحجار لا تتعدى المتر أو جزء منه. فالمواد القابلة للضغط والشد جعلت القابوات تمتد لمسافات طويلة وبصورة رشيقة وخفيفة وأنيقة تعطي لتلك المنشآءات سمة التطور وروح العصر [Trebilcock, 2004, P:32]. ويلاحظ ذلك جلياً في الكثير من مشاريع المعماري Santiago Calatrava ومنها Oriente Station في لشبونة, البرتغال 1998 **شكل (28)**, ومشروع Bohl Bus and Tram Stop في سويسرا 1996 **شكل (29)**.

وعليه, تتسم اللغة المعمارية الجديدة للنتاج المعماري بأشكال ذات جماليات رمزية وتعابير بصرية بواسطة مفرداتها المشكلة للمنشأ مما يجعلها من أقوى النماذج المميزة للعمارة المعاصرة. فالمنشآت ذات الأكساءات الزجاجية ومواد الأياف الزجاجية والبلاستيكية والرشاقة ودقة الضبط بين مركباتها المنشأية عكست اللغة المعمارية بعناصرها البصرية التي تثير الأعجاب الإنشائي مع أشكال الفضاءات ذات البحور الكبيرة المتفردة والمباني ذات الارتفاعات الشاهقة لتكون بذلك نتاجات مختلفة في التعبير والتأثير.

5- مقومات فاعلية المنشأ المعمارية (المنظومة القيمية المعمارية للإبداع المنشأي)

بعد التطرق للمفاهيم المنشأية الأساسية التي تمثل الركيزة الأساس للنتاج المعماري المعاصر ومفاهيم التصميم التي تساعد على إبتكار المنشأ الفعال, فلابد من التعرف على المنظومة القيمية المعمارية التي تهدف إلى إبداع منشأي يكون فيها حدس المعماري هو النواة الأساس لإبتكار منشأ فعال لعمارة مبدعة [يونس ستار،2008]. ليأتي بعد ذلك التدقيق والتحقيق الإنشائي لدعم الفكرة أو دحضها. بمعنى تعامل المعماري مع العناصر والوحدات المنشأية لا من وجهة نظر الكفاءة المنشأية فقط ولكن يعمل على تحويرها لتكون حاملة وموصلة للغة فنية معمارية [نوبي، 2009، ص:43].

فإذا ما إفترضنا بأن المفاهيم المنشأية الأساسية ومفاهيم التصميم لإبتكار المنشأ الفعال هي مدخلات فإن النتائج والمخرجات تمثل مقومات فاعلية المنشأ المعمارية, والتي يمكن تحديدها بما يأتي:

5-1 توافق المنشأ مع الكتل الجمالية المعمارية –على مستوى التصميم الداخلي أو على مستوى الكتلة الخارجية أو كليهما-.

يعد المنشأ العنصر الرابط والبارز والماسك للشكل المعماري المتميز والجزء المسؤول عن إنتاج وإخراج الكتلة المعمارية. حيث يعمل على منح الشكل المعماري عدم تماثل إنشائي في عملية تدرج وإنتقال الأحمال معتمداً على مبدأ التوازن ولكن بشكل غير مالوف –أي عدم تفريغ الأحمال بصورة التدرج الهرمي – وبوضع أكثر وضوحاً. كما أن بروز السقوف والأسطح إلى الخارج بعيداً عن نقاط الإسناد هو في ذاته تحدٍ جديد بسبب الضغط على عناصر الإسناد الطرفية حفاظاً على توازنها. هذا وقد تحرر المنشأ المعاصر بالإستمرار الهندسي والمادي من أي قيود على الشكل الخارجي ليجعل المنشأ المتماسك المستمر مبدأً جديداً مغايراً عن المنشأ التقليدي.

لذا, فإن إدراك الإمكانيات الجديدة لمواد الإنشاء وطرق تجميعها والتعامل معها –مع إنسياب الأحمال والإجهادات- قد مكن المعماري من الوصول عن طريق الإنشاء إلى أشكال معمارية بديعة ملائمة للتقنيات الجديدة مع توسيع لإمكانياتهم النفعية. ومن تلك المشاريع التي تعكس هذا التوجه مشروع Milwaukee Art Museum في ولاية وسكنسون الأميريكية 2001 من تصميم المهندس المعماري Santiago Calatrava. **شكل (30)**

5-2 توافق المنشأ مع ديناميكية الفضاءات النفعية المعمارية المطلوبة, من خلال:

5-2-1 طرق ونظم وآليات تكرار البحور الصغيرة بشكل غير تقليدي: من خلال التلاعب ببحور الفضاءات بشكل يتناسب مع الوظيفة المطلوبة وبشكل مختلف عن الطرق والنظم التقليدية للفضاءات وجسورها الهيكلية ضمن النظام الهيكلي –كالتراصف العرضي, الترابط الطولي المزدوج, الجسور الطرفية, والشبكات المربعة- كأن تكون بشكل مائل متعرج, جسور متشعبة محورية, جسور قطرية ونصف قطرية, التقاطعات والشبكات المائلة. إن جميع هذه النظم تقع ضمن محور المقاطع الفعالة (هي جزء من عدة محاور تضم التكوينات الفعالة, المتجهات الفعالة, السطوح الفعالة, الإرتفاعات الفعالة) [Engel, 1977, P:183] **شكل (31).**

5-2-2 إستخدام الأنظمة المفتوحة للبحور المتوسطة والكبيرة: إن التعامل مع المساحات الواسعة الخالية من المساند من الأمور التي سعى المعماري لتحقيقها بشكل يتعدى حدود إمكانياته الإنشائية ليعزز بذلك الإحساس بالسقف الواحد الشامل, كالأرضيات المسطحة التي تعمل على توزيع الأحمال بإتجاهين دون جسور طرفية, أو الأرضيات المرفوعة على مسند وسطي ذو وسادة تعمل على تحويل الأحمال السطحية إلى نقطية, او الأرضيات التي تعمل بنظام الأضلاع بإتجاه واحد وبإتجاهين one & two ways ribbed slabs [Engel, 1977, P:207]. **شكل (32)**

5-2-3 التلاعب بالمساند العمودية وطرق إنشائها: هي واحدة من الطرق التي تعد عاملاً مكملاً المقومات السابقة لاسيما في المباني العالية وناطحات السحاب من خلال آلية التعامل مع عناصر الإسناد توزيعاً وتنفيذاً وكيفية التعامل مع الأحمال وتجميعها وتوزيعها وتفريغها للأسس, ومنها: [الباحث إستناداً إلى Engel, 1977, P:288,289].

5-2-3-1 **نظام البحر الحر (نظام الأنبوب) Free Span System:** نقاط تجميع الأحمال موزعة على الإطار الخارجي للمبنى.

5-2-3-2 **النظام الناتئ (نظام النواة) Cantilever System:** نقاط تجميع الأحمال مركزة في منتصف المبنى.

5-2-3-3 **نظام الفسح Bays System:** نقاط تجميع الأحمال موزعة في فسح Bays المبنى.

5-2-3-4 **نظام البحر الحر مع المسند المركزي Free Span System with Central Support:** يتجه جزء من الأحمال في كل طابق نحو الوسط والجزء الآخر نحو الإطار الخارجي للمبنى.

5-2-3-5 **النظام الناتئ العريض مع المسند المركزي Wide Cantilever System with Central Support:** يتم نقل الأحمال داخلياً نحو نقاط نظام مركزي.

5-2-3-6 **نظام السطح الناتئ الممتد الواسع Free Span with Cantilever System:** يتم نقل الأحمال نحو نقاط القسم الداخلي من الوسط والجانبين.

5-2-3-7 **نظام الإمتداد غير المتناظر Assymmetrical Bays System:** يتم نقل الأحمال بشكل غير متساو إلى نقاط التجميع. **شكل (33).**

5-3 مرونة التعديل والتغيير (الحذف أو الإضافة):

يعد عامل المرونة بشقيه التعديل والتغيير سمة من سمات العمارة المعاصرة بواسطة الحذف والإضافة متماشياً وموازياً للغة العصر التي تمتاز بالسرعة والتغيير مقارنةً بعامل الزمن, وبتناغم مع ما يتم طرحه من التقنيات الحديثة وبرامج الحاسوب المتطورة التي تسعى إلى تكييف المبنى للتغير والتطوير والتعديل وعلى المستقبل القريب أو البعيد. حيث تلعب المرونة دوراً أساسياً وبارزاً في النظام الهيكلي وبنسب عالية قياساً بالنظامين المصمت والقشري, الذي له دور كبير في تغيير وصياغة أدائية الفضاءات الداخلية, متطلباً منظومة معمارية منشأية مفتوحة النهايات open ended بحيث يمكن إضافة عدة فسح Bays أو حذف بعضها أفقياً على مستوى المخطط أو عمودياً على مستوى المقطع والواجهة دون تعطيل أو تشويه لجوهر المبنى [رأفت،1997، ص:236]. كما هو الحال في مشروع Research Laboratories for Schlumberger, Cambridge للمعمار Michael Hopkins وشركائه 1985 بإمكانيات الإمتداد المستقبلي عام 1992 وهو من المشاريع عالية التقنية بسقوف مشدودة وواجهات الالياف الزجاجية **شكل (34).** فمن الواجب أن تؤخذ الإضافات بنظر الإعتبار منذ الخطوات الأولى للتصميم لحساب الأسس المطلوبة لتحمل أحمال الكتل والأجزاء المضافة من أجل اجتناب أي تكسير أو تغيير بالأسس [رأفت،1997، ص:236], كما يتطلب هذا العامل الإرتباط بالتوحيد القياسي عن طريق شبكة موديول منشأية من مضاعفات الموديول المعماري كما في مشروع S.R. Crown Hall, Chicago. Illinois Institute of Technology, 1956. للمعمار Mies van der Rohe. **شكل (35).**

5-4 مراعاة المنشأ للمعايير التصميمية:

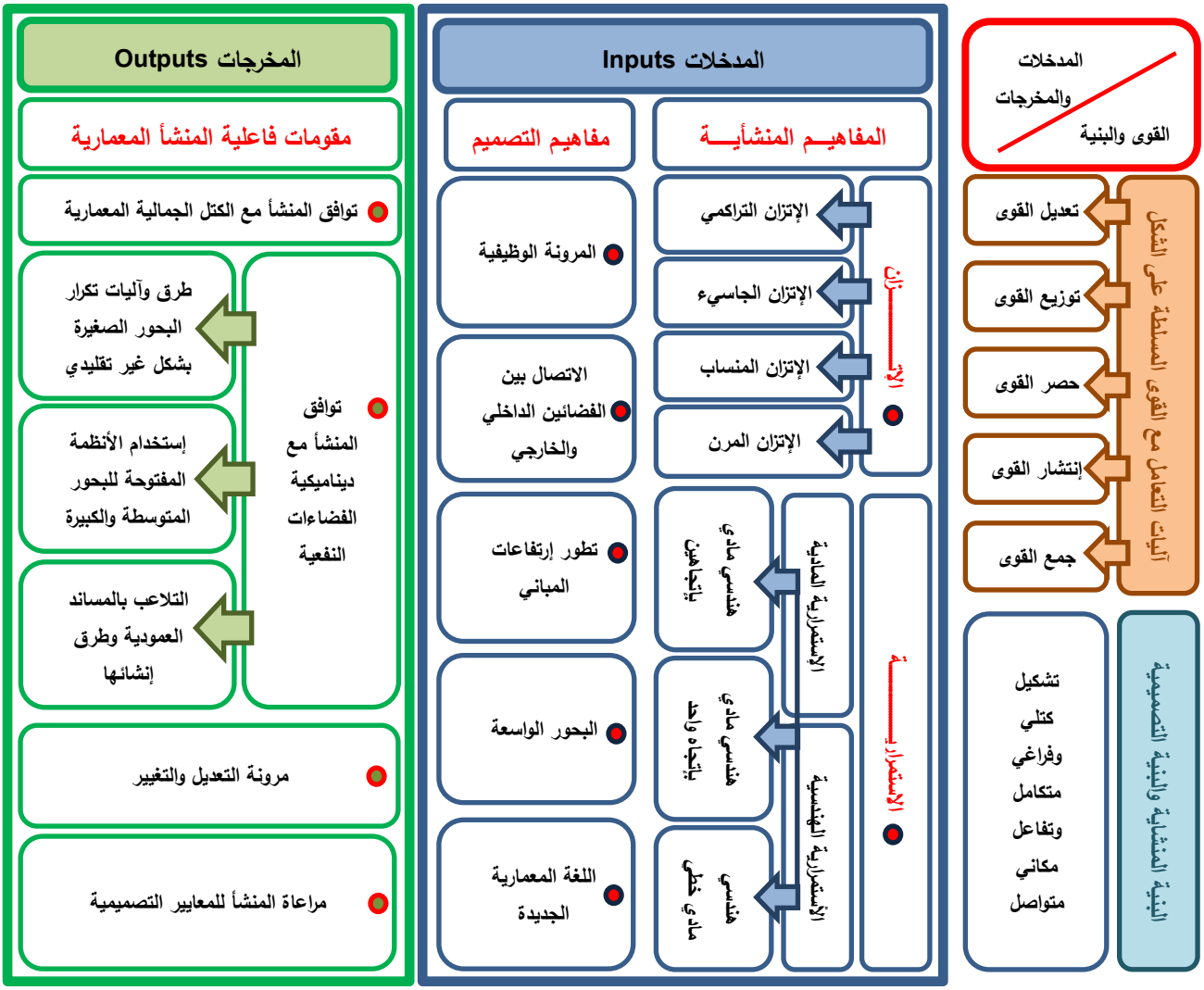
التعبير والإبداع المعماري جانبان متلازمان تنقلان العمارة من مجرد التعبير عن مواد وكتل صماء إلى أعمال حية متفاعلة يعيش من خلالها المستخدم الإحساس بفن العمارة, فعمل المنشأ على إشباع الاحتياجات الإبداعية للعمارة منذ القدم، لتبرز هنا أهمية القرار المنشأي وما يفرضه كنمطٍ للإبداع المعماري وصولاً للكفاءة المنشأية المطلوبة. فحسب دراسة Herbert Read يمر الإحساس بالجانب التعبيري بثلاث مراحل: **الأولى** هي تمييز التصورات المادية كالألوان والحركات وغيرها، **والثانية** هي تنظيم هذه التصورات في أشكال وصور ممتعة، أما **الثالثة** فتكون بتطابق التنظيم للتصورات مع حالة الشعور أو الإحساس الذي قد نال (تعبيراً) عنها. [Read, 1986, P: 41].

وتعد تعبيرية المنشأ من الأمور الأساسية التي تعطي للعمارة المعاصرة تصوراً متميزاً ومرآة إنعكاس للتطور والتقدم الحاصل في مجال التقنيات الحديثة, فقد لعب المنشأ دوراً بارزاً في عمارة ستينيات القرن المنصرم كبادرة تحرر من تعبيرية عشريناته ذات التيار الوظيفي الطاغي ليشهد كنوع من التشكيلات المختلفة المتنوعة. ومنها مبنى شركة طيران TWA في مطار كندي قرب نيويورك 1963 للمعمار Ero Saarinen **شكل (36)**, مستوحياً من هيئة طائر ضخم مبتعداً عن أشكال أبنية المطارات العادية والمألوفة. واعتمد تسقيف المبنى على منظومة منشأية من أربعة أقبية قشرية خرسانية، تمتد الجانبية منها بعيداً خالقةً تطليعتين بارزتين ممتدتين ومستندتين على مساند مزدوجة تحصر بينهما الأقبية القشرية الوسطية. يبدو شكل المبنى نحتيّاً اكثر منه بنائياً نتيجة لرغبة المعمار نحو تأكيد وحضور الجانب الفني والتعبيري المنشأ للمبنى. استطاع Saarinen ان يداخل في الشكل الجديد كل الفضاءات المخصصة للمسافرين والأمتعة والخدمات. وهنا، ليست وظيفة المبنى هي التي أوجبت تحديد الشكل، وإنما النزعة لتأكيد ذلك الإحساس أو "التعبيرية" التي أتاحتها التقنيات المنشأية.

كما ويمكن ملاحظة هذا التوجه واضحاً في العمارة الحديثة المعاصرة التي كانت لغتها الداخلية معتمدة على التعبيرية المنشأية والتقنية المتطورة من خلال إبراز دور المنشأ وما ترتب عليه من انعكاسات على الشكل الخارجي. وبالتالي الاعتماد في تعبيراتها الشكلية على تقنيات الإنشاء والمنشأ كما في محطة ليون للمعمار Calatrava **شكل (37)** التي استُغلت فيها الإمكانيات التي أتاحتها التطورات التكنولوجية في عالم المنشأ مع التركيز على إمكانيات التعبيرية المنشأية والخروج بالمحصلة بمشاريع تتميز باستخدام تكنولوجيا التعبير للمنشأ.

6- إستخلاص الجانب النظري:

وفي ضوء ما تم طرحه من المفاهيم المنشأية الأساسية ومفاهيم التصميم لإبتكار المنشأ الفعال **كمدخلات** يراد منها إستحصال **المخرجات** التي تمثل مقومات فاعلية المنشأ المعمارية التي تسعى لفهم قصدية مقومات وتأثير المنشأ الفعال وتكامل عناصره ومفرداته الوظيفية والحسية والجمالية في تكوين النتاج المعماري المعاصر وبمساعدة آليات التعامل مع القوى المسلطة على المبنى والبنيتين المنشأية والتصميمية. **يوضح المخطط (3) إستخلاص الجانب النظري لمدخلات ومخرجات مقومات فاعلية المنشأ المعمارية** التي سيتم من خلالها تحليل أمثلة الجانب التطبيقي.



المخطط (3) إستخلاص الجانب النظري لمدخلات ومخرجات مقومات فاعلية المنشأ المعمارية (الباحث)

7- الجانب التطبيقي / المشاريع المنتخبة:

وفي ضوء ما تم طرحه في **المخطط (3) الخاص بإستخلاص الجانب النظري لمقومات فاعلية المنشأ المعمارية** والتي سيتم من خلالها تحليل أمثلة الجانب التطبيقي.

7-1 مشروع Milwaukee Art Museum في ولاية وسكنسون الأميريكية 2001 من تصميم المعماري Santiago Calatrava.

سيتم تحليل المشروع وفق جدول إستخلاص الإطار النظري لأهمية المشروع الذي يضم عدد من المقومات التي يمتلكها منشأه الفعال وكونه أحد نتاجات العمارة المعاصرة في ولاية وسكنسون الأميركية, حيث تم تأسيس العديد من

المنظمات من أجل تحقيق معرض فني لهذه المنطقة. **ويمثل الجدول (2) تحليلاً للمشروع وفقاً لمستخلص الإطار النظري لمقومات فاعلية المنشأ المعمارية.**

آلية التعامل مع القوى:	
آلية **توزيع القوى**, فالتكوين المنشأي متكون عبر **تركيب العناصر المشدودة والمضغوطة**. النظام المنشأي ذو **متجهات المقاومة المتعاونة**, ويتعامل مع **قوى إنضغاط وقوى شد.**	
البنية المنشأية والبنية التصميمية:	
التعامل بين البنيتين من خلال **إظهار العناصر المنشأية واستخدامها في التكوين**, وإستعمال **عناصر مرئية بنائية** كالخط واللون وربطها بأسس التصميم كالوحدة والتناسب والتي تعد أساساً لتشكيل التصميم **وتنظيم العناصر التصميمية –المنشأية** لتحقيق عمل يتسم بالنفعية فضلاً عن الجمالية الوظيفية.	
المفاهيم المنشأية الأساسية (الركيزة الأساس)	
الإتزان	إعتماده على نوعين من **الإتزان** هما **المرن والمنساب** وبعناية أدت إلى نتاج معماري ذي منشأ فعال وبارز بكافة أجزائه وعناصره. فهو متزن بإنسيابية أجزائه وكتله –بإندماج وحدات المنشأ لكتلته الزجاجية في وحدة واحدة مستمرة هندسياً وبدون قطاعات–, كما هو متزن بمرونة شكله –بمرونة المنشأ والتقاء الإجهادات المحورية لجناحي المدخل وبأنسب الأوضاع لتسري خلاله بالضغط أو الشد.
الإستمرارية	فالمنشأ ذو مخطط مغزلي بإتجاه واحد يمتاز بكفاءة إستعمال المادة المنشأية لإلغاء عزوم الإنحناء وتحويل الإجهادات إلى محورية بالشد والإنضغاط, كما أنه متماسك بكافة أجزائه بشكل يضمن عمله كجسم واحد مهما اختلفت الإتجاهات معتمداً **مبدأ الهندسية والمادية** على أنه **هندسي مادي بإتجاه واحد.** يتكون جناح كوادراتشي Quadracci Pavilion –المدخل الرئيس الخادم لزائري المتحف– من الفولاذ والزجاج الجاثم على جسر خرساني حلقي concrete ring beam في الجزء الجنوبي للمتحف. يتكون السقف من 17 إطاراً بشكل حرف الـ (A) تتراوح أطولها من 8.25 إلى 29.75 متراً شكل (38) بعد ان صممت بواسطة الحاسوب وتم تنفيذها من الأسلاك والفولاذ, ومن ثم شُكّلت ورُكّبت في الموقع لتعطي بمجموعها الشكل والمتانة والشفافية. قُطّعت مكونات هذه الأطر من لوحات فولاذية كبيرة big sheets of steel plate ولُحمت ببعضها. تم تحديد أشكالها رقمياً بواسطة الحاسوب من خلال نموذج محوسب للجناح ومنشأه الأساس, وقد تم وضع الأطر على جسر حلقي بيضوي الشكل ومن ثم إدراج الألواح الزجاجية, يلي ذلك عمود فقري فولاذي من ثلاث قطع يتقوس لرفع الأطر.
مفاهيم التصميم المساعدة في إبتكار المنشأ الفعّال:	
المرونة الوظيفية	يضم المشروع عدد من الوظائف التي تمتاز بمرونتها **كمعرض للأعمال الفنية المؤقتة ومتجر ومطعم ومقهى.** تعكس هذه الوظائف مبدأ المرونة من خلال **التحرر من الجدران** وكأنها ضمن الفضاء الخارجي. ربط المبنى بالمدينة من خلال جسر معلق يعزز هذا المبدأ.
الإتصال بين الفضائين الداخلي والخارجي	الإتصال بين الفضائين الداخلي والخارجي من خلال حركة الجناحين الإنسيابية, **على المستوى العمودي من خلال ترابطه بالسماء وعلى المستوى الأفقي من خلال الجسر الرابط مع المدينة.**
البحور الواسعة	ربط المشروع القديم بالجديد حيث التفاعل مع لغة الحاسوب والتقنيات المتطورة لإنتاج **الفضاءات الشاسعة والبحور الواسعة المنسابة.**
اللغة المعمارية الجديدة	تتمثل لغته المعمارية **بصفاء اللون الابيض للكتل الصماء واللون الأزرق للسطوح الزجاجية والإمتدادات للحجوم الناتئة الحرة والتشكيل الحر والمتنوع للواجهات** مما جعلت المشروع خاضعاً للمفاهيم التصميمية التي مكنته من ميزة المنشأ الفعال.
مقومات فاعلية المنشأ المعمارية (المنظومة القيمية المعمارية للإبداع المنشأي)	
توافق المنشأ مع الكتل الجمالية المعمارية	عمل التكوين المنشأي للمشروع على تفعيل وتنشيط الفكرة التصميمية ليظهر المنشأ مفهوماً من مفاهيم إكمال النتاج المعماري الساعي لإبراز منشأ فعال وجذاب ممثلاً ناحية المتانة إضافة إلى عاملي البهجة والمنفعة الوظيفية ومعتمداً على جعل رصيده الفني قادراً على إعطاء مفهوم الفعالية ضمن النتاج. حيث يضم المنشأ **مقاطع عائمة بشكل صليب مع أجزاء ناتئة وبشكل جريء.**
توافق المنشأ مع ديناميكية الفضاءات النفعية المعمارية	للمبنى **سقف زجاجي بإرتفاع 27.5 متراً** شكل (39) بشكل مشابه للهرم ليتوافق بذلك مع ديناميكية ما تحته من الوظائف النفعية وهي معرض للأعمال الفنية المؤقتة ومتجر ومطعم ومقهى. كما يرتبط المبنى بالمدينة من خلال **جسر معلق** يلعب دوراً بارزاً في موازنة التكوين الكتلي.

مرونة التعامل والتغيير (الحذف أو الإضافة)	المشروع مرن ليس من خلال التعديل والتغيير, وانما من خلال تغيير الطابع العام والشكل الخارجي, **فخلال النهار تكون الإضاءة طبيعية وخلال الليل تكون الإضاءة صناعية** من خلال إضاءة مشعة وُضعت أسفل الجسر الحلقي الخرساني ليبدو المشروع وكأنه مصدر للإشعاع والضوء والفن لتلك المدينة.
مراعاة المنشأ للمعايير التصميمية	عمل المصمم على تصميم مصباحٍ متوهجٍ للمدينة ذات الواجهة النهرية وبكل الإتجاهات, كما وأستند إلى **جعل فضاء الإستقبال الزجاجي بشكل القارب الشفاف** شكل (40) ومواجهاً للحافة النهرية **بجناحين ضخمين** ضد أشعة الشمس لتعزيز وتنشيط وظيفة المبنى. شكل جناح كوادراتشي **نحتي رشيق ذو بناء كانتدرائي رائع بسقف يتأرجح في الفضاء**. طول الجناح الواحد 66 متراً يفتح بفترة النهار ويتقوس بفترة الليل وأثناء العواصف وبزمن مقداره أربع دقائق حيث أصبحت هذه الأجنحة رمزاً لهذه المدينة شكل (41). وفوق ذلك تعمل أثنين من الأعمدة الفقرية الدوارة على إسناد الأجنحة المتحركة الواقية مع أشعة الشمس وبشكل يسمح أو يمنع دخولها, حيث عمل ذلك على إبراز دور الضوء وأهمية في الفكرة التصميمية وفعالية جناح كوادراتشي.

الجدول (2): تحليل المشروع وفقاً لمستخلص الإطار النظري لمقومات فاعلية المنشأ المعمارية (الباحث).

7-2 مشروع Haydar Aliyev Cultural Center - Baku, Azerbaijan , 2007-2013 للمعمارية Zaha Hadid.

سيتم تحليل المشروع أيضاً وفق جدول إستخلاص الإطار النظري لأهمية المشروع الذي يضم عدد من المقومات التي يمتلكها منشأه الفعال وكونه أحد نتاجات العمارة المعاصرة في مدينة باكو- اذربيجان ضمن مسابقة تهدف إلى تصميم مركز ثقافي لتلك المدينة, ليكون المبنى الرئيس للبرامج الثقافية للبلاد لكسر حدية ونحتية وضخامة العمارة السوفيتية التي سادت في تلك المدينة بشكل يعبّر عن الثقافة الأذرية (الأذربيجانية) بتفائل نحو المستقبل. يضم المشروع قاعة مؤتمرات (1200 كرسي) ومتحف ومكتبة بثمانية طوابق. **ويمثل الجدول (3) تحليلاً للمشروع وفقاً لمستخلص الإطار النظري لمقومات فاعلية المنشأ المعمارية.**

آليات التعامل مع القوى المسلطة	
آلية **إنتشار القوى**, فالتكوين المنشأي متكون **عبر تمديد السطح وشكله**. النظام المنشأي **ذو السطوح النشطة أي أنظمة ذات إجهاد سطحي**, ويتعامل مع **قوى الطبقة الرقيقة**.	
البنية المنشأية والبنية التصميمية	
التعامل بين البنيتين من خلال إظهار العناصر المنشأية واستخدامها في التكوين, حيث **النظام والقيمة والهدف والمعنى من خلال نظامين منشأيين** هيكلي خرساني concrete skeleton system وسطحي فولاذي إطاري فضائي steel space frame system مع مفاصل حركة مفردة single movement joints.	
المفاهيم المنشأية الأساسية (الركيزة الأساس)	
الإتزان	لمنشأ المشروع نوعين من الإتزان تبعاً للهيكل المكون له, فهو **متزن نتيجة لجساءته** المتأتية من تحويل القوى من وسطه لقواعده **بعملية الإستمرارية المادية** جاعلاً أجزاء المنشأ بشكل كلٍ متماسك يقاوم بمكوناته الأحمال الواقعة على أجزائه ويقلل من قطاعاته وينقل الأحمال إلى الأرض. كما أن منشأ القشرة السقفية (غطاء المبنى) **متزناً بإنسيابية أجزائه وكتله** من خلال إندماج وحدات المنشأ في **وحدة واحدة مستمرة هندسياً** وبدون إنقطاع, نتيجة إنسياب الإجهادات المحورية داخل قطاع المنشأ ثم إلى الأرض.
الإستمرارية	عمل المعماري على وضع خيارات واضحة تتناسب مع برنامجه المنشأي- المعماري حسب درجة الإستمرارية الهندسية أو المادية التي تحقق أهداف المشروع الحيزية والفنية لتترك الأثر الفعال في نفس المتلقي, من خلال إعتماد المادة المنشأية لقشرة السقف التي تسعى نحو إلغاء عزوم الإنحناء وتحويل الإجهادات إلى محورية بالشد والإنضغاط. فتم إعتماد هذه القشرة بأكثر من إتجاهين وبشكل اقرب لسرج الحصان لجعل فرق المماس بين نقطة وأخرى لهذه الإجهادات المحورية فرقاً لا متناهياً في الصغر. كما يضم المشروع على منشأ خرساني مسلح متماسك بالجزء المغطى بالقشرة السقفية بشكل يضمن عمله كجسم واحد مع اختلاف الإتجاهات ليكون المشأ خاضعاً **للإستمرارية الهندسية المادية وبإتجاهين**.

مفاهيم التصميم المساعدة في إبتكار المنشأ الفعّال:	
المرونة الوظيفية	يحتوي المشروع على قاعة مؤتمرات (1200 كرسي) ومتحف ومكتبة بثمانية طوابق, ففي المستقبل البعيد أو القريب **يمكن تغيير وظيفته بسبب سماح منشأه الفعال في إحداث التغيير**.
الإتصال بين الفضائين الداخلي والخارجي	عمل تصميم المشروع على إنشاء **علاقة إنسيابية بين الساحة المحيطة بالمبنى وداخله**. هذه الساحة غير مسيجة ومتاحة للجميع كجزء من النسيج الحضري للمدينة. **تتدرج الساحة بشكل يحتضن المساحة الداخلية** وبشكل يعّرف ويحدّد مساحات مخصصة للإحتفالات الجماهيرية الأذرية التقليدية منها والمعاصرة شكل (42). عملت تموجات وتشعبات وطيات وإلتواءات الساحة على تعديلها من ساحة مختلفة المستويات إلى مشهد حدائقي معماري يعمل على تأدية مهمة الترحيب والإحتضان والتوجيه نحو الداخل عبر مستويات مختلفة, ليتم إلغاء الصراع بين (البيئة المبينة) و(البيئة الطبيعية), بين الغلاف المبني والمساحات الحضرية, بين الكتلة والسطح, بين الداخل والخارج. مما عمل على إقامة علاقات عدم التمييز بين العناصر المعمارية والأرض التي يعيشون فيها.
تطور إرتفاعات المباني	كما ذكر آنفاً حيث يضم المشروع مكتبة **بثمانية طوابق مغطاة بنظام سطحي فولاذي إطاري فضائي** steel space frame system بشكل يتناسب مع مقياس الإنسان لتقليل حجم الإرتفاعات بشكل ملائم.
البحور الواسعة	كان الهدف إنشاء **حيز كبير خال من الأعمدة** لإتاحة الفرصة للزوار بتجربة إنسيابية الفضاء الداخلي. ولتحقيق ذلك تم **إذابة العناصر العمودية بالغلاف الخارجي** ونظام الجدران الستائرية Curtain wall system.
اللغة المعمارية الجديدة	كانت الفكرة في تجسيم المشروع بنّية الربط لهذا الفهم التاريخي للعمارة، من خلال وضع التفسير المعاصر بشدة مما يعكس فهماً أكثر دقة. هذا الاختلاف في **مستويات الأرض الناتج عن طبوغرافية المنطقة ساهم في دعم الفكرة المعمارية** حيث تم الإستفادة منها في ممرات السير ومواقف السيارات تحت الأرض دون الحاجة إلى الحفر أو الدفن وحولت الموقع من سمة سلبية غلى إيجابية خدمت الفكرة التصميمية. شكل (43)
مقومات فاعلية المنشأ المعمارية (المنظومة القيمية المعمارية للإبداع المنشأي)	
توافق المنشأ مع الكتل الجمالية المعمارية	يتكون المشروع –كما ذكر آنفاً– من **نظامين منشأيين هيكلي خرساني وسطحي فولاذي إطاري فضائي مع مفاصل حركة مفردة** شكل (44). **مكن منشأ الأطار الفضائي من إنشاء شكل حر** مع توفير الوقت من خلال سرعة إنجازه وتشييده. تعزز كتلة السطح فكرة البحث عن حلول منشأية غير تقليدية, حيث تم **إدخال أعمدة منحنية curved boot columns لتحقيق القشرة المقوسة السطحية** الذائبة للأرض من جهة الغرب شكل (45), **وتم إستعمال جسور ناتئة cantilevered beams مستدقة النهاية وبشكل مقوس** يدعم غلاف المبنى من جهة الشرق شكل (46). **مكن المنشأ الثانوي substructure من تأسيس لعلاقة مرنة بين الشبكة المنشأية الجاسئة للإطار الفضائي وطبقات التغليف الخارجي ذات الجدران الستائرية**. تم اختيار الخرسانة المسلحة بالألياف الزجاجية Glass Fibre Reinforced Concrete (GFRC) والبوليستر المسلح بالألياف الزجاجية Glass (GFRP) Fibre Reinforced Polyester كمواد الكسوة مثالية للجدران الستائرية لأنها تسمح لمرونة التصميم العالية للمبنى في الاستجابة لمتطلبات وظيفية مختلفة جداً شكل (47).
توافق المنشأ مع ديناميكية الفضاءات النفعية المعمارية	من خلال **إستخدام الأنظمة المفتوحة ببحور الكبيرة والتعامل مع مساحات واسعة خالية من المساند** لتعزيز بذلك الإحساس بالسقف الواحد الشامل وبأرضيات مسطحة تعمل على توزيع الأحمال بإتجاهين دون جسور طرفية.
مرونة التعديل والتغيير (الحذف أو الإضافة)	يمتلك المشروع مرونة عالية تطبيقاً لمبدأ الإضافة دون تقليل من أهمية المشروع بل بالعكس نتيجة الاختلاف في مستويات الأرض الناتج عن **طبوغرافية المنطقة والذي ساهم في دعم الفكرة المعمارية في ممرات السير ومواقف السيارات تحت الأرض** دون الحاجة إلى الحفر أو الدفن وحولت الموقع من سمة سلبية غلى إيجابية خدمت الفكرة التصميمية.
مراعاة المنشأ للمعايير التصميمية	تقع مدينة باكو ضمن منطقة تشتهر بالرياح العاتية وتسمى المنطقة "حيث تضرب الرياح" الخاضعة لأحمال رياح عالية على مدار السنة. كما تعد هذه المنطقة من المناطق الزلزالية جاعلة من مهندسي المشروع أمام تحدي مزدوج. يستمد المنشأ **ذو الشكل الحر** من الفكرة التصميمية المعمارية **ذات السطح الواحد** لتبنّي مختلف المتطلبات الوظيفية شكل (48).

الجدول (3): تحليل المشروع وفقاً لمستخلص الإطار النظري لمقومات فاعلية المنشأ المعمارية (الباحث).

إستنتاجات البحث:

1. ضرورة سد النقص المعرفي في فهم قصدية مقومات وتأثير المنشأ الفعال وتكامل عناصره ومفرداته الوظيفية والحسية والجمالية في تشكيل النتاج المعماري المعاصر.
2. تسليط الضوء على المفاهيم المنشأية التي يرتكز عليها النتاج المعماري ومفاهيم التصميم التي تساعد على إبتكار منشأ فعال بعناصره ومفرداته وصولاً إلى تحديد مقومات فاعلية المنشأ المعمارية والتي تمثل المنظومة القيمية المعمارية للإبداع المنشأي المعاصر.
3. التعرف على آليات التعامل مع القوى لتحديد التكوينات والأنظمة المنشأية الخاصة بكل آلية والإجهاد ونوع القوى التي تتعامل معها.
4. تمثل المفاهيم المنشأية الأساسية الركيزة الأساس للنتاج المعماري المعاصر من خلال مبدأي الإتزان والإستمرارية. فإعتماد أحد أنواع الإتزان (التراكمي, الجاسيء, المنساب, المرن) أو دمج نوعين مع بعضهما وبصورة غير تقليدية يؤدي إلى إنتاج معماري يكون المنشأ فيه فعالاً وبارزاً بكافة أجزائه. كما توفر الإستمرارية الهندسية أو المادية وطرق التعامل معها (هندسي مادي خطي, هندسي مادي بإتجاه واحد, هندسي مادي بإتجاهين) خيارات مناسبة للبرنامج المنشأي–المعماري تبعاً لدرجة الإستمرارية لتحقيق الأهداف الحيزية والفنية ذات الأثر الفعال.
5. تساعد مفاهيم التصميم على إبتكار المنشأ الفعّال من خلال (المرونة الوظيفية, الاتصال بين الفضائين الداخلي والخارجي, تطور ارتفاعات المباني, البحور الواسعة, اللغة المعمارية الجديدة).
6. تمثل مقومات فاعلية المنشأ المعمارية المنظومة القيمية المعمارية للإبداع المنشأي والتي تتم من خلال (توافق المنشأ مع الكتل الجمالية المعمارية, توافق المنشأ مع ديناميكية الفضاءات النفعية المعمارية المطلوبة, مرونة التعديل والتغيير, مراعاة المنشأ للمعايير التصميمية).

توصيات البحث

1. يظهر البحث النظرة إلى المنشأ كعنصر معماري مثير وبشكل يتكامل مع الفكرة التصميمية. تعمل المساهمة الجمالية للمنشأ على تحفيز الحواس وإشراك العقل والعواطف, فالطاقة التحويلية للمنشأ تكون من خلال قوة وطاقة التكوين المعماري.
2. تنشيط وتفعيل وتعزيز فعل التصميم من خلال التكوين المنشأي لإنه يمثل الوجود على أرض الواقع بتحليل المنشأ معمارياً أكثر من منشأياً بواسطة رصده وقراءته بعين المعماري أكثر من النظرة الحسابية لعين الإنشائي.
3. إبراز دور المنشأ كعنصر معماري وضمن رصيده الفني (النواحي التعبيرية والجمالية) من خلال إستكشاف المنشأ بواسطة تفاصيله المنشأية المساقة ضمن فعل التصميم.
4. تشجيع المعماريين على تطوير موقف إستباقي للمنشأ ضمن الفكرة التصميمة بدلاً من الإبتعاد عن سلوكه ومواده وإعتباره عنصراً مساعداً نفعياً فقط, من خلال الإستفادة منه كهيئة خالية من التفاصيل يليه تنشيط المخططات بالتفاصيل المنشأية.

المصادر الأجنبية:

1. Engel, Heino, *Structure Systems*, 4th Editions, Suddautsche Veriagsanstalt, Germany, 1977.
2. Lisborg, Niels, *Principles of Structural Design*, Academy Editions, 1993.
3. Philip Jodidio, *Architecture Now***,** Vol:2, 2009.
4. Read, Herbert, *The Meaning of Art*, Faber Editions, 1986.
5. Trebilcock, Peter, *Architectural Design in Steel***,** Spon Press, London, 2004**.**
6. https://en.wikipedia.org
7. http://www.archiii.com/designs/museum/
8. http://www.dezeen.com
9. www.galinsky.com.
10. www.google.com/image
11. www.greatbuildings.com

مصادر العربية:

12 التميمي, أسامة عبد المنعم, **المنظومات التكنولوجية المتكاملة وتعبيرية العمارة/** أطروحة دكتوراه غير منشورة/ قسم الهندسة المعمارية، جامعة بغداد، 2012.

13 الجبوري, أنس حميد مجيد, قوى الشد في العمارة –دراسة تحليلية لواقع العمارة المعاصرة–/ رسالة ماجستير غير منشورة/ قسم الهندسة المعمارية, جامعة بغداد, 2007.

14 الحاجم, مازن احمد, **اثر البيئة الحضرية في الإحساس بالمكان/** رسالة ماجستير غير منشورة/ قسم الهندسة المعمارية، جامعة بغداد، 1993.

15 الصقر، إياد محمّد، التكنولوجيا المعاصرة وتأثيرها على القيم الجمالية، مقال منشور، الشبكة الدولية، 2010. http://communication.akbarmontada.com/t823-topic

16 بنداري, ياسر سعيد محمد, **اعتبارات في تصميم وإنتاج الأثاث الزجاجي للعمارة الداخلية/** أطروحة دكتوراه غير منشورة/ كلية الفنون التطبيقية / جامعة حلوان, 2008.

17 حجازي, محمود حلمي, **أساسيات التصميم**, كلية الفنون التطبيقية/ جامعة دمياط, مصر 1999.

18 حقي, سامي إبراهيم, **دراسات في أسس التصميم**, وزارة الثقافة– دائرة الفنون التشكيلية 2014.

19 رأفت, علي أحمد, **ثلاثية الابداع المعماري,** قسم العمارة/ جامعة القاهرة, 1997.

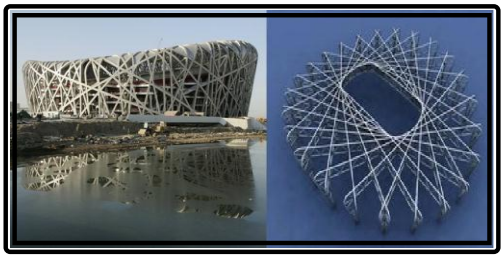
20 عادل سعيد هادي، أثر التطور التكنولوجي على البنية الشكلية للأبنية العالية، بحث منشور، مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد 28، العدد 1، 2010.

21 نوبي, محمد حسن، الفكر المعماري الإنشائي، محاضرات في نظرية العمارة، قسم العمارة وعلوم البناء – كلية العمارة والتخطيط، جامعة الملك سعود، الرياض، 2009.

22 هوشيار قادر رسول، العمارة والتكنولوجيا: دراسة تحليلية للفعل التكنولوجي في العمارة، أطروحة دكتوراه غير منشورة، كلية الهندسة، جامعة بغداد، 2003.

23 يونس ستار، مقدمة في مفهوم المنظومة، ورقة منشورة في موقع ستوب الهندسي، الشبكة الدولية، 2008. http://forum.stop55.com/361

شكل (1) الإتزان التراكمي: أهرام الجيزة في مصر حيث المنشأ متزن نتيجة تراكم أجزائه وكتله, المصدر :
www.img.roro44.net/imgcache/2015/04/261658.jpg



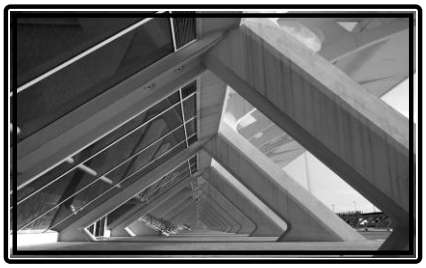
شكل (2) الإتزان الجاسئ: ملعب عش الطير في الصين حيث المنشأ متزن نتيجة جساءته.,المصدر :-www.s-media-cache-ak0.pinimg.com/6ad2d3d2d044a9f29b13b127fdae7128.jpg

شكل (3) الإتزان المنساب: قاعة Tenerife Concert المنشأ متزن بإنسيابية أجزائه وكتله بإندماج وحداته في وحدة واحدة مستمرة هندسياً وبدون قطاعات, المصدر : http://unusual-architecture.com/tenerifeconcerthallcanaryislands.jpg

شكل (4) الإتزان المرن: مباني دورة الألعاب الأولمبية في ميونخ (1972) حيث المنشأ متزن من خلال مرونة وليونة المنشا مقارنةً بجساءته, المصدر : http://www.best-of-munich.com/olympic-park/olympic-park.html

شكل (5) الإستمرارية الهندسية: مبنى أوبرا سيدني 1973 حيث الإجهادات المحورية لمنشأ كروي بإتجاهين, المصدر :
http://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Sydney_Opera_House_Australia.jpg

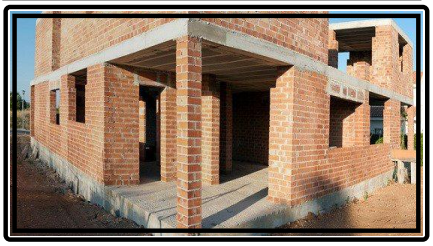
شكل (6) الإستمرارية المادية : منشأ هيكلي portal frame حيث المنشأ متماسك بكافة أجزائه بشكل يضمن عمله كجسم واحد مهما اختلفت الإتجاهات, المصدر :
www.google.iq/search?=portal+Frame



شكل (7) هندسي مادي خطي: City of Art & Science Valencia, المصدر :
Architecture now.Vol.2..2009. Philip Jodidio) page 43

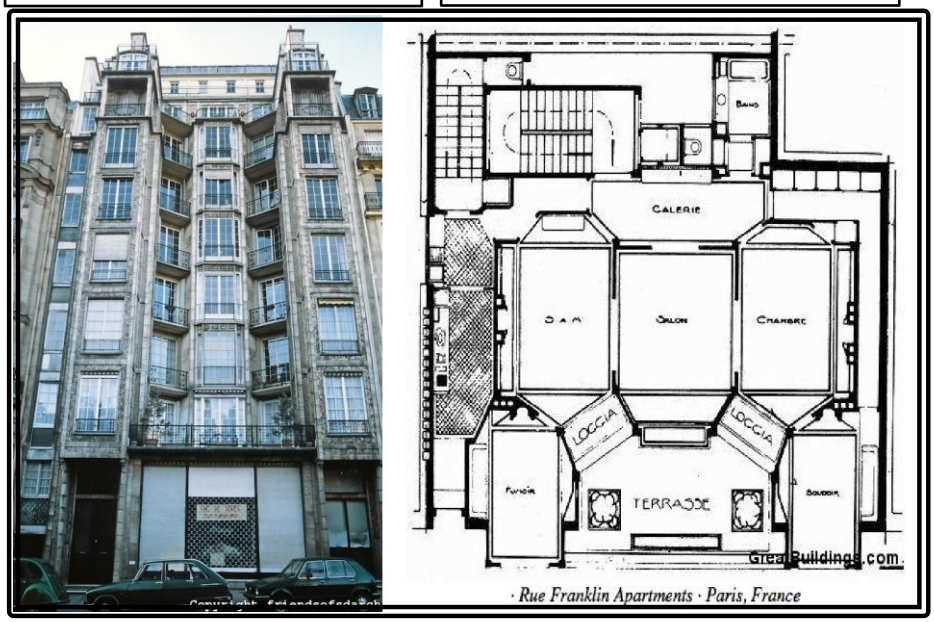
شكل (8) هندسي مادي بإتجاه واحد: City of Art & Science Valencia المصدر : architecture now.Vol.2..2009. Philip Jodidio) page 43

شكل (9) هندسي مادي بإتجاهين: محطة ليون في فرنسا المصدر:
www.galinsky.com/buildings/lyonairport/index.htm



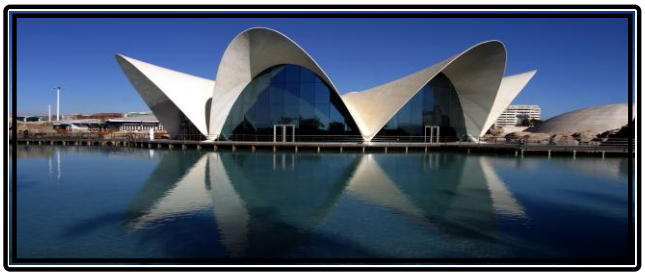
شكل (10) نظام الجدران الحاملة: الاتصال بين الفضاءات الداخلية من خلال فتحات الأبواب والشبابيك بأبعاد وأعداد محددة, المصدر:
www.theconstructor.org/building/types-of-masonry-walls/10800

شكل (12) هيكل الدومينو Dom–ino حيث المرونة الوظيفية العالية بحرية وضع الجدران وسرعة الإنشاء وحرية تشكيل الواجهات الخارجية, المصدر:
www.fondationlecorbusier.fr/CorbuCache/6.jpg?r=010800



· Rue Franklin Apartments · Paris, France

شكل (11) النظام الهيكلي: Bis Rue Franklin Apartment, Paris ذو مخطط أعمدة حر مع قواطع جدارية غير حاملة وبمساحات حرة طليقة, المصدر : www.cdn.c.photoshelter.com/img-get/I00000mSRiL2xooA/s/860/860/Perret002.jpg

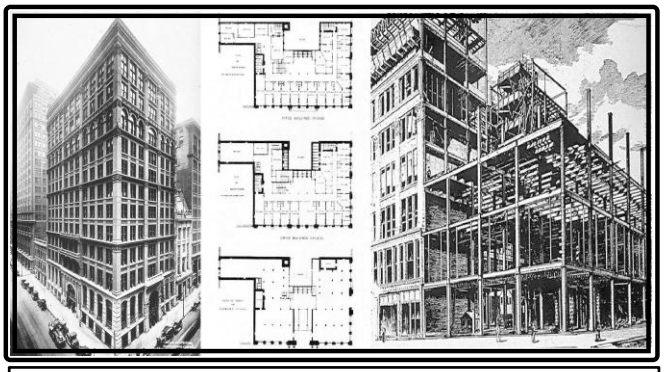


شكل (13) منشأءات كانديلا Felix Candela structures : الإنشاء بالأسطح الفعالة القشرية من الخرسانة المسلحة الرقيقة, المصدر:
www.penccil.com/files/U_40_564377920785_url24.jpg

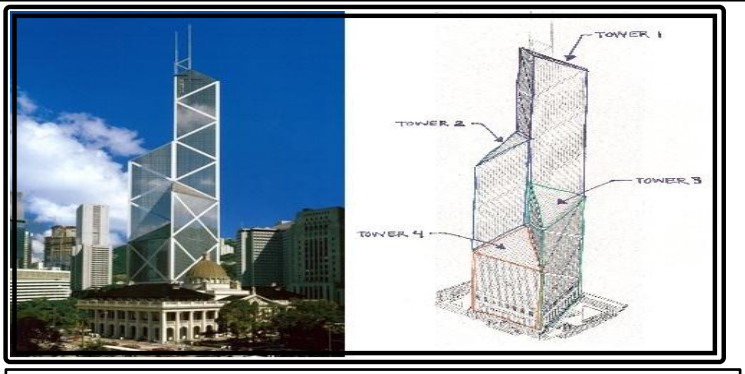
شكل (14) القبة الجيوديسية للمعمار Buckminster fuller: الإنشاء بالأسطح الفعالة المصنوعة من وحدات الحديد عالية الشد, المصدر : https://torontoandworld.files.wordpress.com/2013/10/pc061584.jpg

شكل (15) متحف دالي في الولايات المتحدة الأميريكية The Dali Museum حيث الهيكل الخرساني ذو أعمدة حرة ومساحات شاسعة تتناغم مع المرونة الوظيفية العالية مع لمسة زجاجية مرنة, المصدر : http://www.phaidon.com/resource/exterior-wide-angle-high-res.jpg

شكل (16) متحف TMW Technical في فيينا لمجموعة Querkraft Architects الألمانية. الاتصال بين الداخل والخارج على المستوى الأفقي والعمودي, المصدر : http://www.archidesignclub.com/magagine/rubriques/architecture/43504-musee-technique-de-vienne-par-querkraft.html



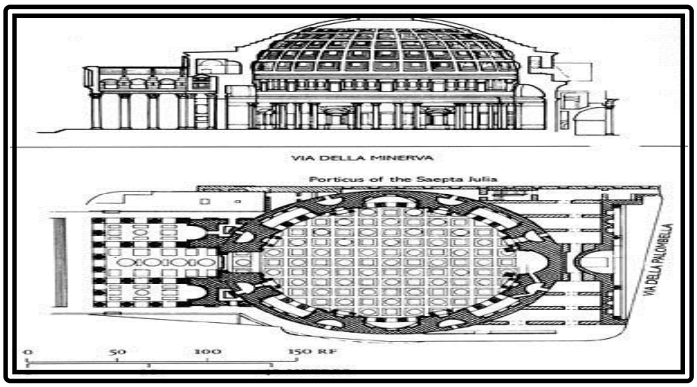
شكل (17) مبنى شركة التأمين Home Insurance Company في شيكاغو كأول ناطحة سحاب منفذة من الفولاذ بارتفاع عشرة طوابق, المصدر : https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/8d/8c/4f/8d8c4f92d8432c0eb67c36be32f47779.jpg



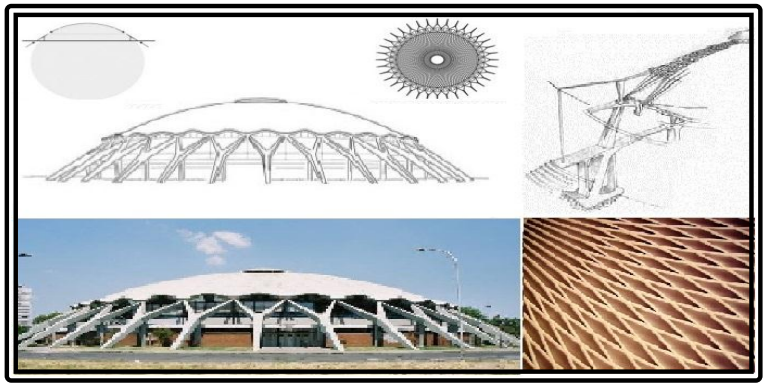
شكل (18) برج Bank of China تطور ارتفاعات المباني لمئات الطوابق وتتدرجت في العدد والإرتفاع, المصدر :
http://www.heintges.com/images/projects/bank-china-tower-1.jpg

شكل (19) مبنى Turning Torso للمعمار Santiago Calatrava تطور ارتفاعات المباني وتتدرجت وتغيرت في العدد والإرتفاع وزاوية الدوران, المصدر :
http://sonachavdadotcom.files.wordpress.com/2012/03/turning_torso_santiago-calatrava.jpg

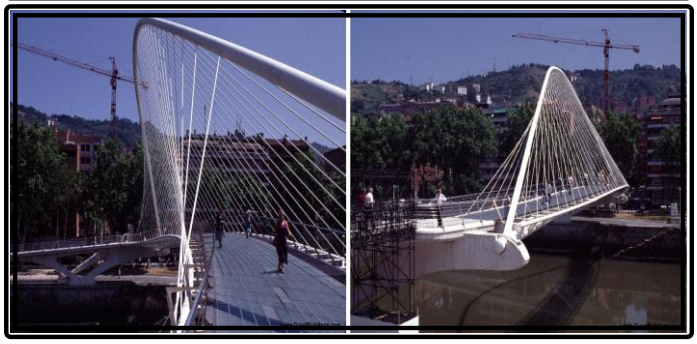
شكل (20) برج التجارة العالمي في البحرين 2008. ذو مخطط مغزلي ببرجين مفصولين بالكتلة متصلين بممرات زجاجية تعمل عمل عناصر التقوية, المصدر :
/http://www.alternative-energy-news.info/bahrain-wtc-wind-turbines



شكل (21) معبد the Pantheon في روما حيث تطورت البحور بدخول الخرسانة مجال الإنشاء, المصدر:
www.utexas.edu/courses/romanciv/artandarchitecture/pantheonplan.jpg



شكل (22) قصر الرياضة palazzetto dello sport rome إحدى أمثلة تطور الخرسانة وتوسع البحور, المصدر:
http://files1.structurae.de/files/photos/1/976812/f1000024.jpg

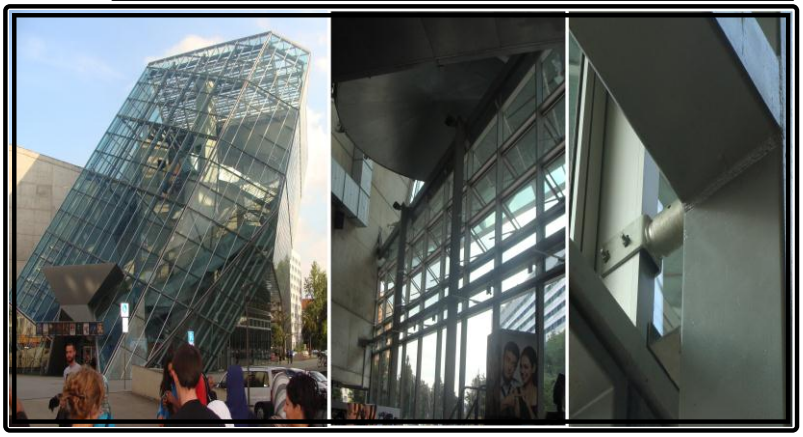


شكل (23) جسر Campo Volantin Footbridge · Bilbao, Spain· تصميم المعماري Santiago Calatrava عام 1990–1997 تطور البحور باستخدام المنشاءات الفراغية والقابلوية, المصدر:
http://www.greatbuildings.com/cgi-bin/gbi.cgi/Campo_Volantin_Footbridge.html/cid_campo_volantin_01.html

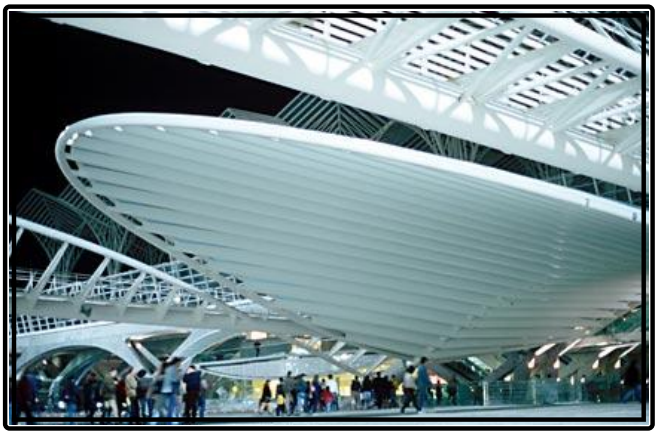
شكل (24) مشروع Haydar Aliyev Cultural Center – Baku 2007–2013 للمعمارية Zaha Hadid تطور البحور الواسعة باستخدام المنشاءات الخرسانية والفولاذية, المصدر:
/http://www.dezeen.com/2013/11/14/zaha-hadid-heydar-aliyev-centre-baku

شكل (25) مشروع Berlin Hauptbahnhoft في ألمانيا حيث إمتازت اللغة المعمارية بمفردات خاصة كالمساحات المسطحة الزجاجية, المصدر:
http://jbdowse.com/eur/pix/hbf-reichstag/4213.JPG + تصوير الباحث

شكل (26) مشروع مبنى Voestalpine AG تصميم Dietmar Feichtinger Architectes في النمسا حيث إمتازت اللغة المعمارية بمفردات منشأ الفراغ الناتئ Cantilevered Space. المصدر:
http://www.arcspace.com/architects/feichtinger/voestalpine/voestalpine.html



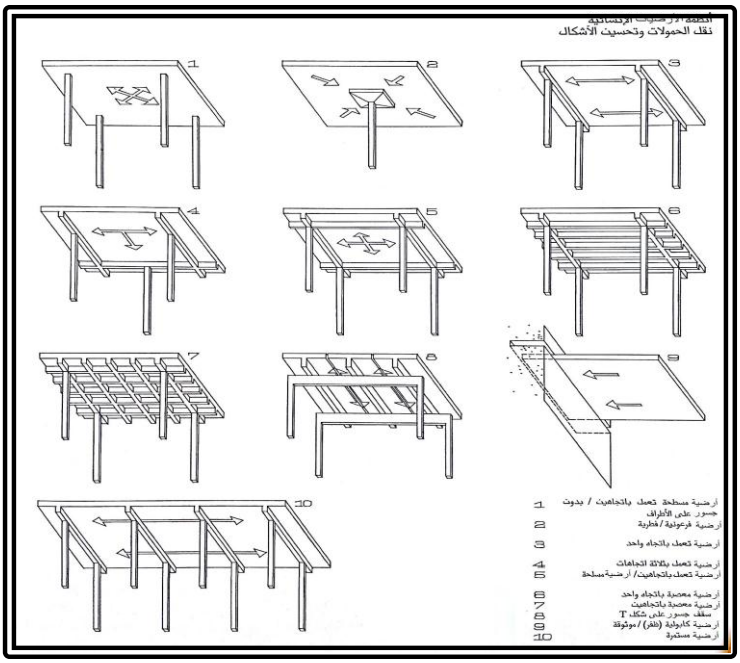
شكل (27) مشروع مبنى UFA Cinema Center في ألمانيا 1998 حيث إمتازت اللغة المعمارية بمفردات منشأ التشكيل الحر والمتنوع في الواجهات الخارجية.
المصدر: تصوير الباحث



شكل (28) مشروع Oriente Station في لشبونة, البرتغال 1998/ Santiago Calatrava وفرت التقنيات الحديثة إمكانيات غير محدودة للتكوينات الناتئة, المصدر:
http://www.galinsky.com/buildings/oriente/index.htm

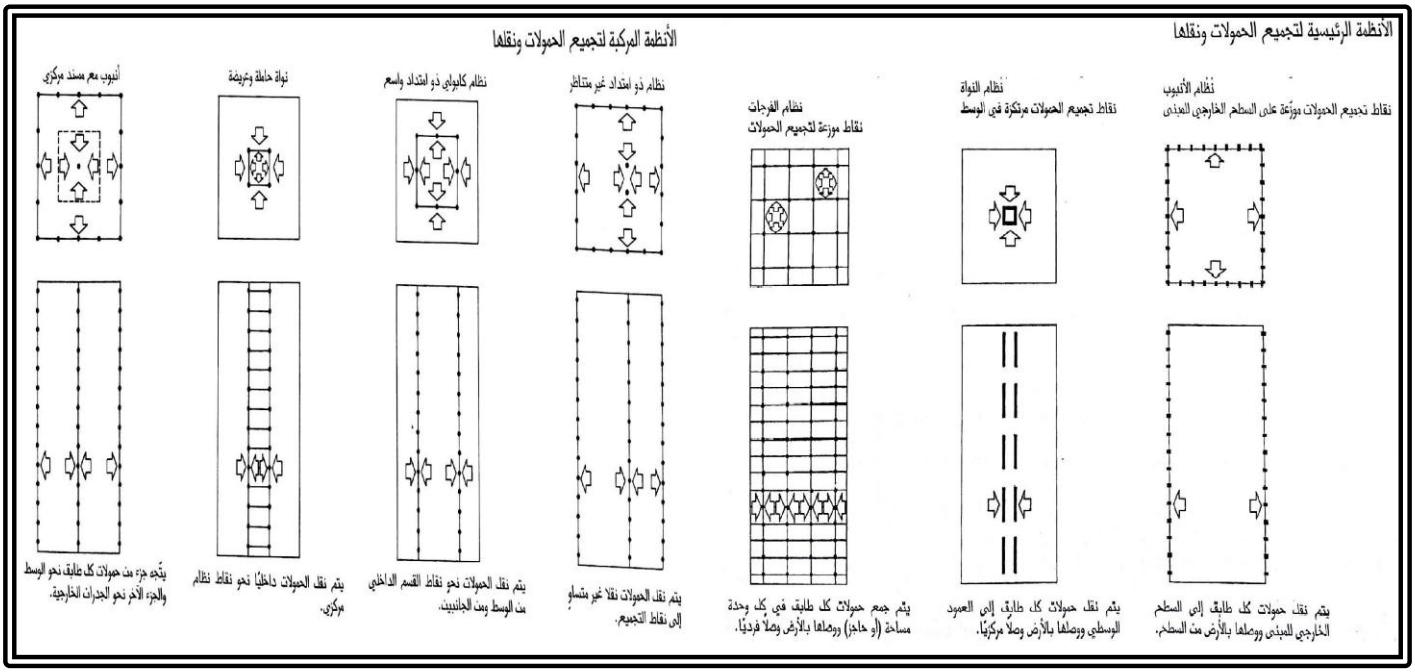
شكل (30) مشروع Milwaukee Art Museum في ولاية وسكنسون الأميريكية 2001 من تصميم المهندس المعماري Santiago Calatrava توافق المنشأ مع الكتل الجمالية المعمارية على مستوى التصميم الداخلي والكتلة الخارجية, المصدر: http://www.galinsky.com/buildings/milwaukeeart/index.htm

شكل (29) مشروع Bohl Bus and Tram Stop, في سويسرا, 1996/ Santiago Calatrava المواد الضغط والشد جعلت القابوات تمتد لمسافات طويلة ورشيقة لتعطي سمة التطور وروح العصر, المصدر: http://www.galinsky.com/buildings/bohl/index.htm



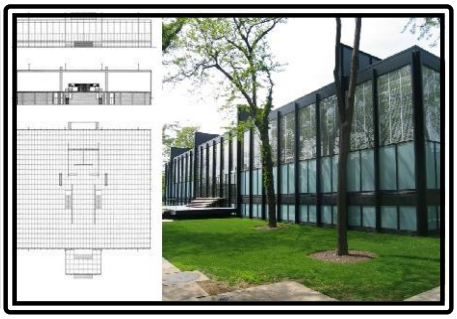
شكل (31) طرق ونظم وآليات تكرار البحور الصغيرة وبشكل غير تقليدي وسيلة لتوافق المنشأ مع ديناميكية الفضاءات النفعية المعمارية. المصدر: [Angel, 1977, P:183]

شكل (32) إستخدام الأنظمة المفتوحة للبحور المتوسطة والكبيرة وسيلة أخرى لتوافق المنشأ مع ديناميكية الفضاءات النفعية المعمارية. المصدر: [Angel, 1977, P:207]



شكل (33) آلية التعامل مع عناصر الإسناد توزيعاً وتنفيذاً وكيفية التعامل مع الأحمال وطرق تجميعها وتوزيعها وتفريغها للأسس.
المصدر: [Angel, 1977, P:288,289].

شكل (36) مبنى شركة طيران TWA في مطار كندي، نيويورك/ للمعمار Ero Saarinen 1963
يلعب المنشأ دوراً بارزاً متحرراً من تعبيرية التيار الوظيفي. المصدر:
/www.greatbuildings.com/gbc/images/cid_1017980176_TWA_Terminal_JFK3.jpg

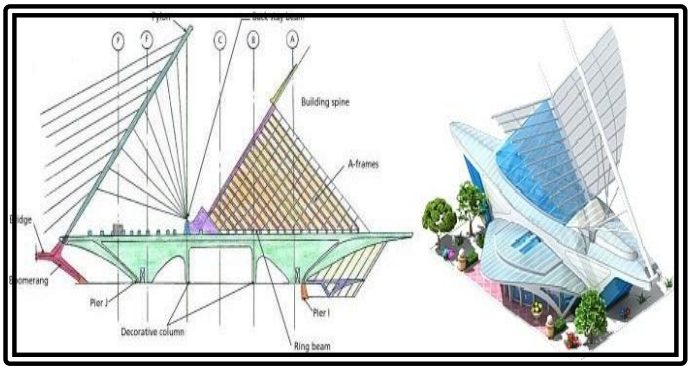


شكل (35) مشروع S.R. Crown Hall, Chicago. Illinois Institute of Technology, للمعمار Mies van der Rohe 1956. مرونة التعديل والتغيير بالتوحيد القياسي بواسطة شبكة موديول إنشائية. المصدر:
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d6/Crown_Hall_060514.jpg

شكل (34) مشروع Research Laboratories for Schlumberger, Cambridge للمعمار Michael Hopkins وشركائه 1985 مرونة التعديل والتغيير بمنظومة معمارية منشأية مفتوحة النهايات. المصدر: http://www.galinsky.com/buildings/schlumberger/index.htm

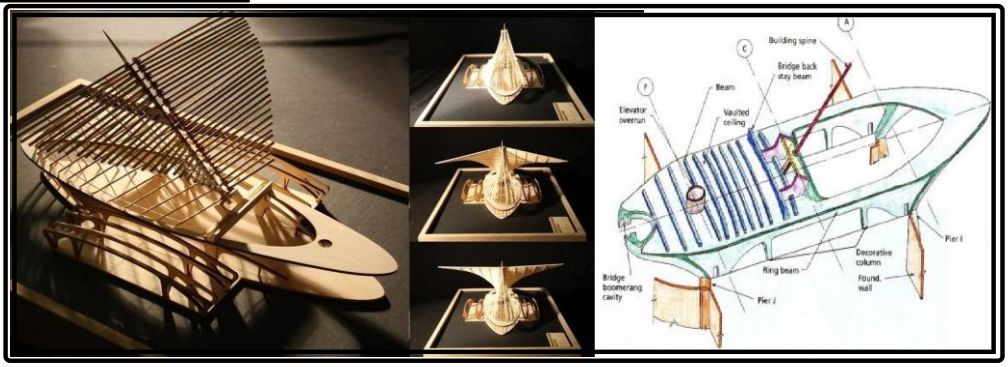
شكل (38) قاعة كوادراتشي لمشروع Milwaukee Art Museum في ولاية وسكنسون الأميريكية 2001 من تصميم Santiago Calatrava حيث السقف الزجاجي مكون من (17) إطاراً بشكل حرف الـ (A) تتراوح أطولها بين 8.25 إلى 29.75 متراً. المصدر:
http://blog.neoscape.com/wp-content/uploads/2010/04/MILWAUKEE_ART_MUSEUM_05.jpg

شكل (37) مشروع Lyon-Satolas Airport Railway Station/ للمعمار Santiago Calatrava 1989–1994 الاعتماد في التعبيرات الشكلية على تقنيات الإنشاء والمنشأ. المصدر:
http://www.galinsky.com/buildings/lyonairport/index.htm



شكل (40) قاعة كوادراتشي لمشروع Milwaukee Art Museum في ولاية وسكنسون الأميريكية 2001 من تصميم المعماري Santiago Calatrava الهيكل على شكل أجنحة بطول يفتح خلال النهار ويتقوس في الليل وأثناء العواصف وقد أصبحت هذه الأجنحة رمزاً لهذه المدينة. المصدر:
http://www.galinsky.com/buildings/milwaukeeart/index.htm

شكل (39) السقف الزجاجي لقاعة كوادراتشي لمشروع Milwaukee Art Museum في ولاية وسكنسون الأميريكية 2001 من تصميم Santiago Calatrava والذي يرتفع لحدود 27.5 متراً والذي يضم تحته معرضاً للأعمال الفنية. المصدر:
http://www.galinsky.com/buildings/milwaukeeart/index.htm



شكل (41) مشروع Milwaukee Art Museum في ولاية وسكنسون الأميريكية 2001 من تصميم المعماري Santiago Calatrava حيث فضاء الإستقبال الزجاجي لجناح Quadracci Pavilion بشكل القارب الشفاف وبتصميم فريد مواجهاً الحافة النهرية وبجناحين ضخمين ضد أشعة الشمس. المصدر:
http://www.galinsky.com/buildings/milwaukeeart/index.htm

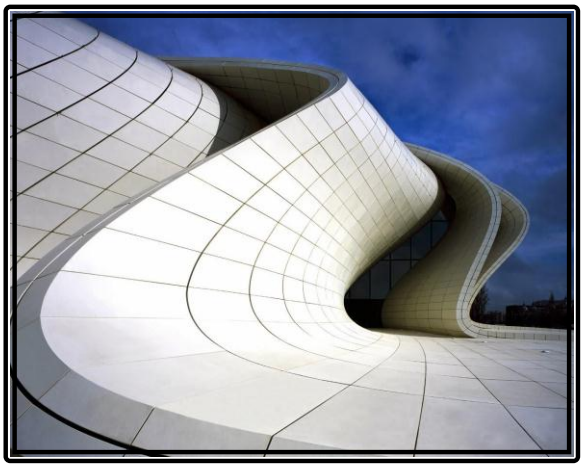
شكل (43) مشروع Haydar Aliyev Cultural Center حيث ساهمت طبوغرافية المنطقة بدعم الفكرة والإستفادة منها كممرات سير ومواقف سيارات تحت الأرض. المصدر :
/http://www.dezeen.com/2013/11/14/zaha-hadid-heydar-aliyev-centre-baku

شكل (42) مشروع Haydar Aliyev Cultural Center – Baku, 2007–2013 للمعمارية Zaha Hadid حيث عمل تصميم المبنى على إنشاء علاقة إنسيابية مستمرة بين الساحة المحيطة بالمبنى وداخله. المصدر :
/http://www.dezeen.com/2013/11/14/zaha-hadid-heydar-aliyev-centre-baku

شكل (46) مشروع Haydar Aliyev Cultural Center إستعمال جسور ناتئة مستدقة النهاية مقوسة يدعم غلاف المبنى من جهة الشرق. المصدر :
www.dezeen.com/2013/11/14/zaha-hadid-heydar-aliyev-centre-baku

شكل (45) مشروع Haydar Aliyev Cultural Center تم إدخال أعمدة منحنية لتحقيق القشرة المقوسة السطحية من جهة الغرب.المصدر :
www.dezeen.com/2013/11/14/zaha-hadid-heydar-aliyev-centre-baku

شكل (44) مشروع Haydar Aliyev Cultural Center حيث المنشأ الخرساني والفولاذي مع مفاصل الحركة, المصدر :
www.dezeen.com/2013/11/14/zaha-hadid-heydar-aliyev-centre-baku



شكل (48) مشروع Haydar Aliyev Cultural Center حيث يظهر جلياً منشأ الشكل الحر ذو السطح الواحد, المصدر :
www.dezeen.com/2013/11/14/zaha-hadid-heydar-aliyev-centre-baku

شكل (47) مشروع Haydar Aliyev Cultural Center الخرسانة المسلحة بالألياف الزجاجية (GFRC) والبوليستر المسلح بالألياف الزجاجية (GFRP) كمواد كسوة مثالية للجدران الستائرية. المصدر :
www.dezeen.com/2013/11/14/zaha-hadid-heydar-aliyev-centre-baku