تطوير عناصر البناء التجميعي في الأنظمة المعدنية الخفيفة ما بين تعقيد الشكل وبساطة الإنشاء (دراسة تحليلية)

Devolopment of temporary joining elements in lightweight metal systems between complexity of form and simplicity of installation (Analytical study)

أ. د/ أحمد حامد مصطفى

الاستاذ بقسم تصميم الأثاث والإنشاءات المعدنية - كلية الفنون التطبيقية جامعة حلوان

Prof. Ahmed Hamed Moustafa

Professor at the Department of Furniture Design and Metal Construction - Faculty of Applied Arts, Helwan University

drahmed1394@yahoo.com

م. د/ هاني فوزي أبو العزم

المدرس بقسم التعليم الصناعي - كلية التربية جامعة حلوان

Dr. Hani Fawzy Abu Al-Azm

Instructor, Department of Industrial Education - Faculty of Education, Helwan University

hanyabualazm14@gmail.com

الملخص:

التعقيد والبساطة مصطلحين متلازمين غالبا ما يشيران إلى بعضهما البعض في العديد من الحقول المعرفية، فالتعقيد بمثابة ترتيب بنائي تكاملي يشير إلى عدد الاحتمالات في نظام ما، ويمثل في التصميم حالة تنبع من أبعاد ورؤى فلسفية لاتجاهات تصميمية مختلفة، وعادة ما يتم توظيفه لإحداث تغيير في الصور النمطية للنظم والمنتجات لاثارة اهتمام المتلقي. أما البساطة فتعني أن شيئًا ما يسهل فهمه أو فعله، أو هي طريقة لوصف نتائج تبدو معقدة في ظاهرها باستخدام عدد قليل من القواعد والاجزاء والتفاعلات. ونظرا لان التشكيل البنائي للأنظمة المعدنية يتضمن عديد من العناصر المفردة التي تجمع معا بشكل مؤقت، لكلا منها وظيفة ثانوية، تتشارك بدورها معا لتحقيق الوظيفة الكلية للنظام المستهدف، فإن التعدد في أجزاء ومكونات النظام قد ينشأ عنه درجات متفاوتة من التعقيد البنائي والوظيفي والحجمي تختلف درجته باختلاف وظيفة النظام وبيئته وخصائص مفرداته، وأنه طالما أضحى المستخدم النهائي جزءا مشاركاً في عمليات بناء النظام، فمن المهم ألا ينعكس ذاك التعقيد عليه وان يتم تبسيط عملية تجميع وانشاء النظام بأقل قدر من المهارة.

ومن منطلق أن الأنظمة المعدنية في جملتها بمثابة تجميع مؤقت لعدد من المكونات البنائية يمثل كل منها كيانا متفردا ذو معالجة تصميمية خاصة، فإن كثير من المصممين غالباً ما يركزون عند تطوير تلك الأنظمة على أحد وجهين: إما التوجه نحو تعقيد المعالجة البنائية للنظام ككل بتعقيد الاجزاء المكونة له، أو التوجه نحو تبسيط الإنشاء بغية خفض تكلفة الإعداد وتيسير عمليات الصيانة. ومن ثم تكمن **مشكلة البحث** في ضوء الاستفسارات التالية: من أين تبدأ عملية تطوير الأنظمة المعدنية الخفيفة: من الداخل أم من الخارج؟ وكيف يمكن تعزيز الحلول البنائية القائمة على تصميم نظام واحد يحقق وظائف مختلفة بأشكال متنوعة؟ وكيف يمكن المزاوجة بين تعقيد الشكل وبساطة الإنشاء لتعزيز القيم الاقتصادية والشكلية والجمالية والوظيفية لتلك النظم؟ وكيف يمكن تطوير الأنظمة المعدنية وجعلها غاية في التنوع الشكلي والتعقيد البنائي والتبسيط الانشائي؟

من ثم **يهدف البحث** إلى اجراء دراسة تحليلية حول سبل تطوير عناصر الوصل المؤقت التي تستخدم لتجميع العناصر البنائية في الأنظمة المعدنية الخفيفة، ما بين تعقيد الشكل وبساطة الإنشاء. وقد تم إنجاز هذا الهدف وفقا **لمنهج** وصفي

تحليلي أرتكز بدوره على **ثلاث محاور**: أولها الوصل والتجميع في الأنظمة المعدنية سابقة التجهيز مصطلحات وتصنيفات وثانيها البساطة والتعقيد في تصميم أنظمة معدنية سابقة التجهيز، وثالثها فعالية تصميم عناصر البناء التجميعي بين البساطة والتعقيد دراسة تحليلية، أما **فرض البحث** فقائم على ان المزاوجة المتزنة بين تعقيد الشكل وبساطة الإنشاء في عناصر البناء التجميعى للأنظمة المعدنية سيؤدي إلى إثراء وظائف تلك النظم، ويجعل معالجتها البنائية والوظيفية أكثر فعالية في تلبية متطلبات المستخدم المتغيرة، وتحقيق سهولة التجميع والاستخدام والصيانة واستحداث صور لانظمة معدنية تبدو معقدة في ظاهرها، لكن يتم إنشاؤها بسهولة. وقد أختتم البحث بمناقشة واستخلاص لبعض **النتائج** ذات الصلة.

مقدمة: تعد عمليات الفك والتركيب من المتطلبات الهامة جدا فى مجال تصميم وتجهيز أنظمة التاثيث والإنشاء المعدني، وذلك لما لها من عظيم الأثر في تحقيق المرونة الوظيفية والكفاءة الاستخدامية وإمكانية إعادة استخدام وإثراء عمليات التبادل التجارى. ونظرا لان الأنظمة المعدنية بمثابه تشكيلات بنائية مكونة من شرائح ودعامات وعناصر وصل تعمل كمنظومة واحدة، فهي أقرب لعمليه تجميع وتركيب بين أجزاء ومكونات تُرتب فراغياً وفقاً لاحتياجات وظيفية وضوابط هندسية وحدود قياسيه. ان عناصر ومكونات وأجزاء تلك النظم يلزم تشكيلها وتجهيزها تمهيدا لتجميعها فى نظام بنائى طبقا للتصميم المقرر، بحيث يتم التجميع بأساليب عديدة منها ما هو دائم ومنها ما هو مؤقت قابل لإعادة الفك والتركيب مرة آخرى. وبالتالي فإن اختيار الأسلوب المناسب للتجميع الملاءم يرتبط بمواصفات المنتج وطبيعة الخامة المشكلة وتكلفة تصنيعها والمعدات المتوفرة وحجم الانتاج وغيره. وتعد عناصر الوصل المؤقت من النقاط الحرجه في تصميم النظم المعدنية، حيث تتطلب عناية في تصميمها وتصنيعها بما يضمن تنظيم وتبسيط وتسلسل عمليات تجميع مكونات النظام، وتحقق في ذات الوقت قيماً وظيفيه وجماليه تتواءم مع اقتصاديات وكفاءة الإنشاء. اضافة الى ذلك فإن دراسة المعالجات البنائية للبدائل المختلفة لعناصر الوصل سيكون لها دور حاسم في تحديد حجم التكلفة النهائية للنظام، وذلك لما يتطلبه من تقنيات تجهيز، دقه في التصنيع والتجميع وسهولة وسرعه في التشييد، اضافة الى ان مرونة وبساطه بدائل الوصل المؤقت لهما دور رئيسي في رفع الكفاءة البنائية والقيمة التنافسية للنظام ككل.

كلمات مفتاحية:

(الأنظمة المعدنية، البساطة والتعقيد، البناء التجميعي، سبق التجهيز، عُقد وصل منفصلة)

Abstract

Complexity and simplicity are two interrelated terms that refer to each other in many fields of knowledge. Complexity is an integrative structural arrangement that indicates the number of possibilities in a system. In design, complexity is a case that stems from dimensions and philosophical visions of different design trends. Complexity is usually employed to change the stereotypes of systems and products to interest the end user. Simplicity means that something is easy to understand or do and it is a way of describing seemingly complex results using just a few rules, bits, and interactions. The structural assembly of metall systems includes many single elements that are grouped temporarily together, each of them has a secondary function that shares together to achieve the overall function of the required system. The multiplicity of parts and components of the system may result in varying degrees of structural and functional complexity, the degree of which varies according to the function of the system, its environment and the characteristics of its components. As long as the end user becomes a part of the system building process, it is important that complexity is not reflected

in the end user and the process of assembling system is simplified with the least amount of skill.

When developing metall systems, many designers often focus on one of two aspects: either the orientation towards the complexity of the structural forms of the system through the complexity of the parts that it consists of, or the orientation towards simplifying the assempling process in order to reduce the manufacturing cost and facilitate maintenance operations. Hence, the **problem of research** included the following questions: From where does the process of developing light metal systems begin: from the inside or from the outside? How can enhance the structural solutions that based on a single system designing to meet different functions? How can the complexity of the form be combined with the simplicity of construction to enhance the economic, formal, aesthetic and functional values of these systems? How can metal systems be developed and made extremely diverse in formality, structural complexity and structural simplification?

Then the **Research aims** make an analytical study about development of temporary joining elements in lightweight metal systems, between complexity of form and simplicity of installation. This aim was accomplished according to an **analytical descriptive approach** based on three **topics**: First, joining in prefabricated metal systems, second, the simplicity and complexity in designing prefabricated metal systems, third, an analytical study about devolopment of the components of the synthesized construction between simplicity and complexity. The aim was achieved on the basis of a research hypothesis according to: the balanced mege between the complexity of the form and the simplicity of assempling in the elements of the assembly construction of metall systems, which will lead to the enrichment of the functions and competitive valeuss of those systems. It makes its structural and functional images more effective in meeting changing user requirements, achieving ease of assembly, use and maintenance, and creating forms of seemingly complex metal systems, but they are easily constructed from simple parts. Finally the research concluded with a discussion and conclusion of relevant results.

Keywords:

(Lightweight metal systems, Simplicity, Complexity, Prefabrication, temporary joining and Separated jointing nodes)

أولا: الوصل المؤقت في الأنظمة المعدنية سابقة التجهيز ... مصطلحات وتصنيفات

في الصناعات المعدنية وتطبيقاتها يعد وصل مكونين أو أكثر امرا ضروريًا لأغراض التجميع، فعملية الوصل **Joining** تجعل نظام الإنتاج أكثر موثوقية وكفاءة وربحية. ويُعرف الوصل بأنه إحدى عمليات التصنيع التي يمكن من خلالها تجميع مكونين صلبين أو أكثر مع أو بدون تطبيق عناصر خارجية مثل الحرارة.م.٢١ص١ وهو طريقة لتجميع أجزاء ومكونات نظام ما بأسلوب معين لتحقيق قيم وظيفية، جمالية أو اقتصادية، وهو ايضاً نوع من العلاقة بين أشكال هندسية مرتبطة بنقاط محدده في فراغ مُعطي. ووفقا لـ **مصطفى** م.٢ص١١٥ **"** فإن الوصله **Joint** تعني النُقط التي يتلاقي فيها عضوان أو أكثر، والعُقده **node** نقطة يتلاقي فيها أعضاء إنشائية معاً بزوايا مختلفة، والعضو أمتداد بين عُقدتين**"**. وبالتالي فالوصلة بمثابة عنصر بناء تجميعي في نظام الوصل **systems Joining** الذي هو بناء مشيد من أجزاء وعناصر ووحدات مرتبة ومتجاوره تؤسس وفقاً لترتيب محدد وتجمع لتقديم كلّ موحد بما يحقق قيماً وظيفية وجمالية وانشائية محددة.

وعادة ما تتم عملية الوصل بأحدى صورتين:-وصلات دائمة **Permanent Joints** تتم بطريقة يصعب معها فك أو فصل الأجزاء المتصلة عن بعضها دون تمزيقها، وتتسم بالمتانة والقوة، وقد تتطلب فحص اتلافي مكلف، كما أنها صعبة الإصلاح والصيانة، ومن صورها (اللحام والدُسر والبرشام واللواصق). والنوع الثاني هو وصلات مؤقتة **Temporary Joints** تسمح بفك او فصل الأجزاء المتصلة بطريقة سهلة ومن دون تمزيق مكوناتها أو الإخلال بسلامة العناصر الاخرى المكونة للنظام. ورغم ان الوصلات المؤقتة تتسم بمتانة اقل اذا ما قورنت بمثيلاتها من النوع الدائم، إلا أنها سهلة الفحص والصيانة، ويعتمد الجانب الأكبر من عُقد الوصل المؤقتة على قوى الاحتكاك المتولدة فيها لمنعها من الحركة أو الانتقال بالنسبة لبعضها البعض، وبالنسبة لعُقد الوصل المرنة فيعتمد الجانب الأكبر على مقدار ونوع درجات الحرية للاجزاء المتصلة.

١- سبق التجهيز prefabrication كلمة سبق تعني وجود مجموعة من العمليات الصناعية حدثت قبل بدء التجميع الفعلي في الموقع النهائي، وبالتالي فإن سبق التجهيز أسلوب يقوم علي توظيف التطورات الحادثة في المواد والتكنولوجيا لاثراء عمليتي التصميم والتصنيع لتوفير مكونات يتم إنتاجها في المصنع ثم يتم تجميعها في الموقع، لتحقيق دقه في التجميع وسرعة في الإنشاء وسهوله في الصيانه. ووفقا لـ **آتشاريا Acharya** م.١ص٢٦٧ يُعرف التصنيع سابق التجهيز "بأنه أحدى الطرق البديلة والشائعة، التي ترتبط بإنتاج مكونات بنائية في منطقة خاضعة للرقابة، ثم تسلم وتجمع لاحقا في موقع الإنشاء". وعن أهمية سبق التجهيز في العمارة وما يتصل بها من انظمة أكد رايان **Ryan E & Smith** م.٢٠ص٣ "ان العمارة سابقة التجهيز هي قصة الضرورة والرغبات" حيث يتم الإنشاء منذ البداية كمسألة وظيفية، للوصول الى المواقع البعيدة، أو تسليم الأنظمة بسرعة أكبر أو الاعداد بكميات كبيرة باستخدم سبق التصنيع. وحول مستقبل سبق التجهيز راى **بغشيزرعي Baghchesaraei** م.١٢ص٤٤٢٦١ بتصرف "انه سيؤدي الى تحسين السوق الحالي والأسواق المستهدفة للتطوير، وتقديم العمل كعملية موازية في المصنع وفي مواقع الاستخدام، وإعطاء موثوقية للنظام وتحقيق جودة واتقان أعلى، والتقليل من استهلاك الطاقة والتكاليف، واتاحة العمل في بيئة أمنة".

ومن ثم يؤكد الباحثين ان لسبق التجهيز أهمية كبيره في اعداد اجزاء ومكونات النظم المعدنية، بسبب مزاياه العديدة مثل: امكانية تصنيع وتجميع وتركيب النظام في وقت قليل جدا وباقل هدر للمواد وبحد ادنى من المهارات، مع توفر حلول عملية لمواقف بنائية صعبة او بعيدة، توفير مكونات معقدة منتجة بدقة عالية، توظيف مواد خفيفة الوزن، والاستعانة بمبادئ التوحيد القياسي، وتحسين مراقبة الجودة، تقليل مخلفات المواد، والحدّ من التأثيرات البيئية وإتاحة الفرصه لإعادة الاستخدام والتدوير لمكونات النظام والعمل في بيئة آمنه.

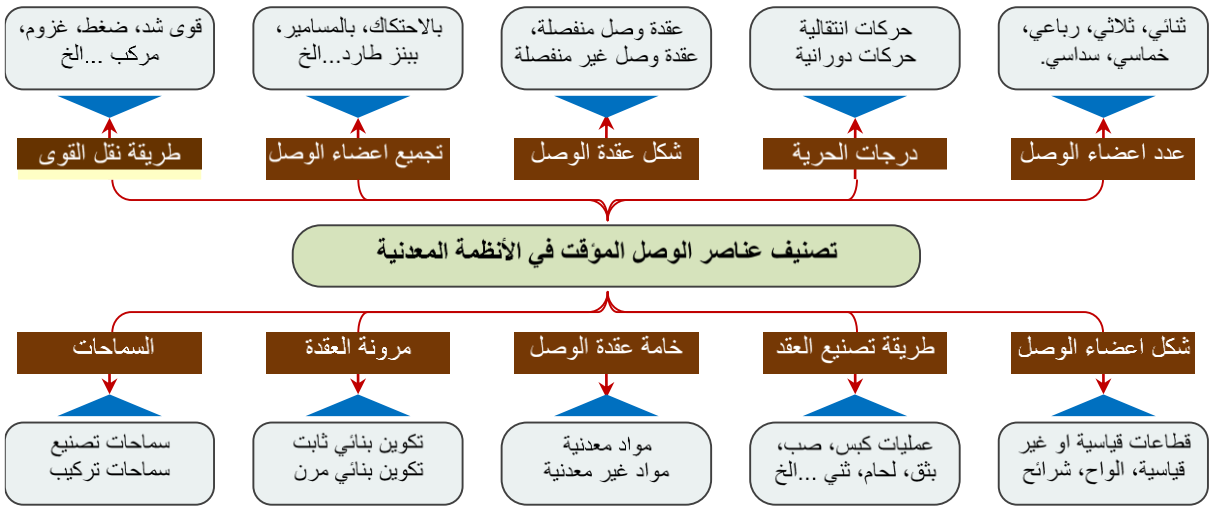
٢- التوحيد القياسي Standardization: وفقاً **لعبد العزيز** م.٦ص١٩ هو "أسلوب يحقق وضع المواصفات القياسية التى تحدد الخصائص والأبعاد ومعايير الجودة وطرق التصنيع والأداء للمنتجات والأنظمة، مع تبسيط وتوحيد انواعها وأجزائها بقدر الإمكان، وذلك إقلالا للتعدد وتيسيراً للتبادلية فى الإنتاج الكبير وخفضاً للتكاليف." اما التنميط فهو نظام موحد يكفل تماثل وتجانس مجموعة من الأجزاء المتشابهة التي تنتج كمياً، من خلال مواصفات ومقاييس محددة تؤدى إلى إمكان تكرار إنتاج نفس الاجزاء. والتبسيط من العمليات المصاحبة لعملية التنميط، فإذا كانت عملية التبسيط هى منطق الإنتاج الكمى، فإن التنميط هو أساس تنفيذ هذا المنطق وإعطائه الصيغة العملية. وبالتالي فإن تنميط اجزاء ومكونات النظم المعدنية سابقة التجهيز سيدعم عملية تصميم وإنتاج وتسويق تلك الانظمة ويساعد على تجنب التصميمات غير الضرورية، ويخفض من تكاليف إنتاجها، ويبسط استخدام وصيانة أجزائها من خلال تعزيز إمكانية استبدال الأجزاء المتطابقة، ووضع مستويات جودة محدودة لمكونات النظام، مع تبسيط عمليات تجميعها بمعرفة الشخص الغير فنى، وانجاز عمليات الإحلال والإبدال بسهولة، وتسهيل طرح المناقصات وأجراء عمليات الشراء والبيع من خلال مواصفات موحدة.

٣- درجات الحرية (DoF): هي إمكانيات حركة جسم مصمت في فراغ ثلاثي الأبعاد لاداء حركات انتقالية تاخذ ثلاث صور: إلى الأمام أو الخلف، وإلى اليسار أو اليمين، وإلى أعلى أو أسفل، بالإضافة الى ثلاثة حركات أخرى تتعلق بدوران الجسم حول محاوره: أفقي أو رأسي أو عمودي عليهما، وطالما كانت الحركة الانتقالية في الثلاثة اتجاهات لا تعتمد على بعضها البعض، وكذلك الثلاثة دورانات للجسم حول محاورة المتعامدة، فإن اي جسم يصبح له ست درجات حرية محتملة [م.٢٧ص١]. ان الربط بين عدد من الأجزاء بوصلات مفصلية قد يعطي النظام عدد أكبر من درجات الحرية من جسم واحد مصمت، في هذه الحالة يُستخدم التعبير (درجات حرية) لوصف عدد الإحداثيات المطلوبة لوصف حركة المفصل. ومن ثم فان أي حركة محتملة لنظام ميكانيكي يمكن أن تخضع لدرجات حرية أو درجات تنقل، وفي هذا الاطار اعتبر **نورتن Norton** [م.١ص٢٦٦] "ان درجة الحرية للآلية: تساوي عدد القياسات المستقلة اللازمة لتحديد موقعها في الفراغ بشكل فريد في أي لحظة، اي تساوي عدد المدخلات التي يجب توفيرها من أجل إنشاء مخرجات يمكن التنبؤ بها". وتعد دراسة درجات الحرية من الامور الهامة في تصميم الأنظمة المعدنية وجعلها اكثر مرونة، حيث يمكن الحصول على المفصل المطلوب باستخدام عقد وصل منفصلة، ويتم تحديد المفاصل بشكل أكبر من خلال درجات الحرية التي تمنحها بين عناصرها المتصلة.

٤- تصنيفات عناصر الوصل المؤقت في الأنظمة المعدنية

تعد عناصر البناء التجميعي في الأنظمة المعدنية من الاهمية بمكان، بسبب تضمنها أعضاء كُثر تتلاقي في نقط فراغية مختلفة وفي اتجاهات عده. وحول هذا أكد **كوكو** [م.٥ص٣٥] "على ضروره مراعاة دراسه تفاصيل الوصلات في الهياكل المعدنية باعتبارها عمليه معقده وخطيره تتطلب من المصمم تفهم سير القوى في الأعضاء وتصميم الوصلات التي تتحمل تلك القوى". وقد صنف **شيلتون Chilton** [م.١٣ص٣١] الهياكل المعدنية الفراغية بناء على أنظمة الوصل المستخدمه فيها الى ثلاث أنواع: اولها أنظمة يتم تجميعها من أعضاء منفصلة من خلال وصلات عقده **node joints** وغالبا ما يشار إليها باسم نظم القطعة صغيرة **'piece-small' systems** وثانيها انظمة يتم تجميعها باستخدام أوتار مستمرة، وثالثها أنظمة يتم تجميعها من خلال وحدات نمطيه سابقة التجهيز. كما قدّم **ميلون Mellon** [م.٢ص١١٩] تصنيف لأنظمة الوصل المستخدمه في الهياكل المعدنية بناء على شكل العقده الى: ألواح وصل، **Connector Plates**، كرات مجوفة أو مصمته، صرات مبثوقة، ألواح متعدده المستويات تجمع باللحام، ونظم وصل متعدده المفاصل **Multi Hinge**.

ومن ثم يمكن تصنيف عناصر الوصل المستخدمه في الأنظمة المعدنية بناء على كثير من المحددات الواجب مراعاتها عند التخطيط – كما بالشكل (١) - مثل: طبيعة الامتداد الفراغي للنظام، مقطع الأعضاء الانشائية ونوعها، أسلوب نقل القوي فيها، وهل ستنقل لموقع الإنشاء كأجزاء وعناصر أم وحدات سابقة التجهيز، اضافة الى خامة الوصلة وطريقة تصنيعها واسلوب تجميع اعضائها. ومن أكثر انماط الوصل شيوعا في الأنظمة المعدنية سابقة التجهيز تلك القائمة على عقد وصل منفصله باشكال وخامات مختلفة، وهي تتطلب تخطيط شبكي مدروس بعناية وتقوم على توظيف قطاعات انشائية، وذلك بسبب أدائها الجيد في مقاومة قوي الشد والضغط محورياً، مع تمتعها بدرجات حرية مختلفة، وعادة ما تتسم هذه الأنظمة بمعالجات خاصه قد تجري على النهايات الطرفية لأعضائها لتتوائم مع عقدة الوصل بما يسمح بعمل وصلات مركزية أو مسمارية تمنع الاحتكاك بين الأعضاء، وأن هذه المعالجات والخصائص هي أحد أسباب التباين بين أنظمة عقدة الوصل، وعنصر مؤثر في التكلفة النهائية للنظام.



شكل (١) محددات تصنيف عناصر الوصل المؤقت في الأنظمة المعدنية سابقة التجهيز (من اعداد الباحثين)

ثانيا :البساطة والتعقيد في تصميم وانشاء أنظمة معدنية سابقة التجهيز

أتاحت التطورات الحديثة في التقنيات الرقمية في التصميم والتحليل والتصنيع فرصا عديدة امام المصممين لمعالجة المواقف المعقدة في البيئات الاستخدامية المختلفة، وقدمت لهم فرصا عديدة لتعزيز مواصفات الأنظمة المعدنية ووظائفها وصورها، وجعلتها غاية في التنوع الشكلي والتعقيد البنائي، وساهمت في تقديم حلول تتوافق مع تعدد وتنوع متطلبات المستخدمين. ونظرا لان الحياة المعاصرة قد تتسم بالتعقيد طارة وبالبساطة طارة اخرى في بعض جوانبها، فإن البساطة والتعقيد بوصفهما حالتين ترتكزان على أبعاد ورؤى فلسفية لحركات واتجاهات تصميمية متنوعه، لا يمكن تجنبهما في عملية التصميم المعاصر بوصفها فعلاً يعتمده مصممين كُثر لتغيير الصور النمطية للمنتجات والنظم بما يثير اهتمام المتلقي. وفي هذا الاطار يقول **لابلاس** م.٩ص٧ "لا تقاس بساطة الطبيعة بمقدار تصورنا لها كون ظواهرها لا نهائية، لكنها بسيطة في اسبابها وتتجلى حكمتها في العدد الهائل من الظواهر التي تكون عادة شديدة التعقيد كنتيجة لعدد صغير من القوانين العامة". وفي الاطار ذاتة تعددت اراء الفلاسفة والباحثين م.٢٣ص١ حول اهمية البساطة والتعقيد ودورهما في التغيير، حيث اعتبر كلاود ان "البساطة واحدة من أكبر الأشياء الدافعة للتغيير" وذهب هورتون ان "فن البساطة هو لغز التعقيد" وراى فريمان ان "البساطة هي روح الكفاءة." واعتبر فوكاسوا ان "البساطة ليست أسلوباً وإنما حالة توافق" وأكد جوتة على ان "كل شيء أبسط مما نتخيل وأكثر تعقيدا مما يمكننا أن نتصور" وقد سبق أفلاطون غيره عندما أكد ان "جمال الأناقة والانسجام والإيقاع الجيد يعتمدان على البساطة". اما مصطفى محمود "فراى أن البساطة أعمق من التعقيد"، واعتبر هيرداهل "ان التقدم هو قدرة الإنسان على تعقيد البساطة".

١- البساطة والتعقيد .. مفاهيم واراء

البساطة **Simplicity** لغة تعني السهولة والوضوح وإصطلاحا تعني التقليل من الاشياء والمفردات والصور من حيث تفاصيل الشكل بحذافيره من اجل الوصول الى المتلقي بصورة مفهومة ومقروءة. م.٧ص٢٦٧ كما تعرف البساطة بانها شيئًا ما يسهل فهمه أو فعله او هي حالة بسيطة من حيث الشكل أو التكوين أو هي شي مكون من أجزاء قليلة. م.٢٦ص١. وقد تتسم البساطة بالعمق، وحول هذا أكد بيير **لابلاس** م.٩ص٤٣ " ان البساطة العميقة هي الاساس الراسخ الذي يستند عليه تعقد الكون". والتبسيط **Simplification** لفظ مشتق من البساطة وقد عرفه البعض م.٤ص٢٨١ "بانه اختصار عدد نماذج المنتجات إلى العدد الذى يكفى لمواجهة الاحتياجات السائدة فى وقت معين وذلك باختصار أو باستبعاد النماذج الزائدة أو

استحداث نموذج جديد ليحل محل نموذجين أو اكثر، على إلا يخل ذلك بمتطلبات المستخدم، والغرض منه الإقلال من التنوع المفرط فى الأشكال والأحجام والأبعاد" ورغم اهميتها الا إن البساطة وحدها قد تقلل من النظر في الخيارات الأخرى، حيث يمكن أن تؤدي دوامة البساطة والاختزال في كثير من الأحيان إلى نتائج عكسية في التصميم.

التعقيد **Complexity** ظاهرة متعددة الوجوة سواء: اجتماعية، ثقافية، وظيفية، تكنولوجية، فراغية، أو ابداعية. وقد عرفة **الجرجاني** م.١٨ص٢٩ بانه "كلام مغلق لا يظهر معناه بسهولة، لكون اللفظ غير ظاهر الدلالة على المعنى المراد لخلل واقع في النظم، او لا يكون ترتيب الألفاظ على وفق ترتيب المعاني بسبب تقديم أو تأخير أو حذف أو إضمار أو غير ذلك". وقدّم **كيبيس Kepes** م.١٦ص٢٧ مفهوما جامعا للتعقيد باعتبارة " ترتيب بنائي تكاملي من شأنه أن يربط بين الفنون والعمارة والعلوم والتكنولوجيا". في حين راى اخرون م.٧ص٢٦٧ ان "التعقيد هو استخدام كثير للعلاقات وترابطاتها مع بعضها من حيث الشكل والحجم بصورة معقدة او متشابكة مع بعضها البعض".

واعتبر **بار- يام Bar-Yam** م.١٧ص٤١٥ ان التعقيد كمصطلح يشير "إلى عدد الإحتمالات في نظام ما، وامتداد الوصف المطلوب بالتالي لتضمينة، مضيفا أن هذا يختلف اعتمادًا على مقياس النظام الذي نقوم بوصفة، والخصائص التي تهمنا فيه، وفي أي وقت نرى النظام".

ورغم ان التعقيد والبساطة قد تم اعتبارهما في جُل دراسات التاريخ والعمارة مفاهيم متضادة، إلا ان جريبين **Gribbin** يرى "ان علم التعقيد يوضح خلافًا لذلك، وأن البساطة والتعقيد مترابطان وان هناك تفاعل جدلي بين البساطة والتعقيد، وانه يمكن أن ينشأ التعقيد من البساطة وبالمثل يمكن أن تنشأ البساطة من التعقيد". وعلى ذات النهج اكد **كولرفيتش Kolarevic** "أنه يمكن تعريف البساطة على أنها تعقيد بسيط، وبالمثل يمكن تعريف التشابك **Complicity** على أنه بساطة معقدة". وفي ذات الاطار اعتبر **Stewart&Cohen** "التشابك على أنه تفاعل بين أنظمة متضافرة تدعم الميل نحو التعقيد، والبساطة على انها ترتيب أبسط للخروج من التعقيد". اما كروجر **Kruger** فاعتبر ان البساطة تدور حول "علاقة تكميلية بين التعقيد والبساطة". كما عرّف **Kolarevic**، "البساطة على أنها تعقيد بسيط وبالمثل عرّف التشابك على أنه بساطة معقدة" م.١٦ص٢٧

ومن وجهة نظر الباحثين يمكن اعتبار البساطة: حالة او وضع او طريقة لا يُميز فيها صفات مختلفة، ويتحقق فيها نوعا من الاستقرار والتوافق لمكونات في فراغ يسهل فيه عمل معالجات تتسم بالتنوع البنائي والوظيفي في شكلها وبالبساطة والسهولة في عملية انشائها وصيانتها. اما التعقيد فيمكن اعتبارة تدقيق للمعطيات التصميمية عبر وفرة التفاصيل وتنوع الأنماط وتكثيف العناصر البنائية في صور انشائية ما يمنحها فيض من القيم الشكلية والوظيفية والجمالية ويحملها مزيدا من التركيز البصري. وبالتالي فالبساطة والتعقيد هما قيمتين مؤثرتين في تصميم النظم المعدنية بما يضيفانه من مثيرات بصرية أكثر تنوعاً لنواتج تصميمية تحمل غرابة في تأويلها والاستدلال عليها بفعل الوضوح والتنوع في العلاقات والمعالجات للمفردات المكونة للنظام.

٢ - البساطة والتعقيد في عمليتي التصميم والإنشاء

في مقدمتة لاوراق المجلد الاول للمؤتمر الرابع الثلاثون **"CAAD"** بفنلندا، حول البساطة والتعقيد تسأل **هيرنيوجا Herneoja** عن دور التعقيد أو البساطة كجزء من عملية التصميم؟ وهل استخدام أساليب تصميم معقدة سيوفر البساطة لعملية التصميم؟ وهل يمكن تصميم التعقيد بأساليب بسيطة؟ هل يستلزم استخدام الحساب في تصميم التعقيد أم يوفر وسائل للتحكم فيه؟ واجاب ان التطورات الحديثة في التقنيات الرقمية وأدوات التصميم الرقمي تمكننا من معالجة المواقف المعقدة في البيئات المختلفة، واضاف اننا غالبًا ما نتوقع أن تساعدنا التكنولوجيا في إدارة تعقيدات الحياة، وتبسيط مهامنا وحياتنا

اليومية، ومع ذلك فإن هذه التطورات تثير أيضًا مسألة ما إذا كانت تقنيات التصميم تشجع التعقيد على حساب البساطة في كل من عملية التصميم والبيئات الحية. في حين يرى **Bar-Yam** "ان الدراسة العلمية للأنظمة المعقدة جزئيًا تتعامل مع المبادئ التي تحكم ظهور مثل هذه الأنظمة من مكونات بسيطة" م.١٧ص٤١٥ بينما اعتبر اخرون م.١٤ص٧٢ ان تقنيات الحاسوب اتاحت استكشاف طرق جديدة لتقليل تكلفة بناء أشكال كبيرة، وذلك اما بتقليل عدد المكونات ذات الأشكال المختلفة لتقليل تكاليف التصنيع أو بتحديد الأشكال التي يمكن بناؤها باستخدام مكونات تنتج بكميات كبيرة.

اعتبر **كولارفيتش Kolarevic** م.١٦ص٣١ "ان تعدد المعاني العكسية التي ترتبط بمفهومي البساطة والتعقيد في العمارة، والعلاقة المتناقضة الضمنية بينهما، يقدما فرصًا مثيرة للاهتمام لاستكشافهما بطريقة غير ثنائية التفرع، وأن العلاقة الجدلية بين الاثنين يمكن ان تكون مثمرة للغاية، إن التفكير فيها على أنها متناقضات يقلل من الدور الإنتاجي للبساطة في فهم التعقيد، ودور التعقيد في فهم البساطة، والمبرر أن البساطة طريقة أنيقة وفعالة لإنتاج التعقيد في العمارة". وفي ذات الاطار راى **ماتاشا Matcha** م.١٩ص٢٣٩ (عندما يتم إنتاج التباين بكميات كبيرة، فانة يمكن أن تكون الأجزاء مختلفة وان تكون الأنظمة أكثر تعقيدًا). واكد **جينكس Jencks** أن الشكل المعماري هو مكان يتجلى فيه التعقيد وان الحداثة كانت تدور حول التبسيط في العمارة، والتي عبر عنها فان ديرروه **V. Rohe** بإيجاز على أنها "الأقل هو الأكثر **less is more**". وكان فنتوري هو الذي أعاد تقديم موضوع التعقيد في العمارة؛ ومع أنه لم يكن محددًا بشأن أنواع التعقيد التي كان مهتمًا بها، حيث أشار إلى كل من التعقيدات الحالية التاريخية في الهندسة المعمارية والتعقيدات المرتبطة بالتصميم نفسه. راجع م١٦ص٢٧

وازاء جدلية العلاقة بين مفاهيم البساطة التي نادت بها حركة الحداثة، ومفاهيم التعقيد التي انطوت عليها حركة ما بعد الحداثة، اعتبر **منصور** م.٨ص١٢٨ ان حركة الحداثة **modern movement** قد تعاملت مع الشكل التصميمي من خلال منظومة فكرية تحكم فعل التصميم وتؤسس لقواعد واشتراطات ملزمة للمصمم بالتمسك بقيم تمثل سمات الجمال الشكلى ومنها (البساطة والتجريد والعقلانية) واستندت فى ذلك الى شعار مفادة (ان البساطة تصنع الجمال) أما حركة ما بعد الحداثة **post modern movement** فقد رفعت شعار (التعقيد والتناقض يصنعان الجمال) ومن ثم فقد حررت المصمم من أحكام الشكل وأشتراطاته، وهيأت منطلقات فكرية غير محددة في المعالجات الجمالية للشكل التصميمي. بينما يقول **بيمان** م.١٨ص٣٥ ان التعقيد يكمن في الفوضى وكذلك العشوائية في النظام داخل الشكل الهندسي، وفي الأنظمة المعقدة لا توجد علاقة واضحة بين السبب والتأثير، وهذا يعطيها سمة من العشوائية، والنظام المعقد يتحول من نمط الى آخر بشكل مستمر وهذا يولد العشوائية الظاهرية والتي تمثل مظهر النظام. كما اعتبر **اندرو Andrew** م.١٨ص٣٤ "أن التصميمات المعقدة وما يَكتنفها من خطوط متنوعة وتكرارات وتوترات شَكلية تُضفي على المشهد البصري صفة جمالية بما توفرة من وفرة في التفاصيل عِبر عناصر منحنية وخطوط مائلة ومقوسة وزويا حادة فضلا عن تجنب الاشكال التقليدية البسيطة، وهذه التعقيدات تعطي اثارة بصرية أكثر لتزيد من اهتمام المتلقي بالحدث الجمالي". في حين راى **هنريك Heinrich** م.١٧ص٤١٦ "ان توازن التعقيد والبساطة في نظام ما من المحتمل انه يعتمد على النطاق الذي يتم وصف النظام وفي أي نقطة زمنية" كما اعتبر **Kallegias** م.١٥ص٤٨٠ "أن النمذجة الرقمية والمادية قد سهلت استكشاف علاقات جزئية بين الهيكل العام ومكوناته، كما ساهمت هذه العملية في فهم التعقيد في مختلف المستويات والمقاييس".

وعن علاقة الاختزال بالبساطة، أشار **اوبندورف** Obendorf م.١٦ص٢٨ ان "الاختزال هو الطريق إلى البساطة، والبساطة تصف مسارات الاقتراب من الاختزال، معتبرا إن توليد التعقيد المرئي أو الفراغي، بحد أدنى من الوسائل، وحد أدنى من العناصر المادية، ليس بالامر البسيط". وأشار **فنتوري Venturi** م.٨ص١٤٢ "ان العمارة يجب أن تعمل توترات وغموض وتناقض وهي إحدى جوانب التعقيد وان اساس العمارة المعقدة هي الغموض". وراى **جون** م.١٨ص٣١ "ان التعقيد هو طريقة

تتفاعل بها المكونات مع بعضها البعض خاصةً أن العناصر التصميمية ليست نظاماً معقداً بالتأكيد حتى وإن كانت هذه العناصرهي ذاتها المكونة للتصميم المعقد ويمكن القول أن العناصر البسيطة لا بد وأن تتفاعل مع بعضها البعض حتى ينتج ما هو أكبر من مجرد حاصل جمع هذه المكونات أو العناصر وهذا هو التعقيد المبني على البساطة". وحول علاقة التعقيد بالنظام اعتبر **راز** م.١٨ص٣٧ "ان الاخفاق في الوصول الي تشكيل معقد هو اخفاق في الوصول الى نظام في الشكل، وان التعقيد مترادف مع النظام الذي تزداد الحاجة الية كلما ازدات درجة التعقيد".

ورغم تعدد المعاني المرتبطة بالبساطة والتعقيد في مجال تصميم وانشاء الأنظمة المعدنية، والعلاقة المتناقضة التي قد تبدو بينهما، فإنة يمكن القول أن المصطلحين يشيران إلى بعضهما البعض في العديد من سياقات التصميم والإنشاء المختلفة، كمفاهيم تلتقط الترابط والتعايش والتفاعل، وإن التفكير فيهما على أنهما متناقضين يقلل من دور البساطة في فهم التعقيد ودور الأخير في فهم البساطة، وذلك من منطلق أن البساطة كمفهوم قد يكون طريقة أنيقة وفعالة لإنتاج التعقيد في التصميم، فالبساطة يمكن ان تكون طريقة لبلوغ نتائج تبدو معقدة من خلال عدد قليل نسبيًا من القواعد والتفاعلات والمكونات، وان المدخلات البسيطة قد تؤدي الى ظهور تصميمات في هئية أشكال وتنظيمات فراغية تبدو شديدة التعقيد، رغم انه يتم إنشاؤها بواسطة نظام يعتمد على اجزاء بسيطة، ما يعني إن أكثر الانظمة المعدنية تعقيدا قد تكون بسيطة في تجهيزها وبنائها من اجزاء قليلة، وانه كلما زادات الاختلافات وتعددت مكونات النظام زاد تعقيده. كما يمكن القول ان التعقيد خاصية للانظمة المعدنية يعي بالعلاقة بين جزئياتها وطبيعة الارتباط فيما بينها، وتزداد خاصية التعقيد بازدياد الاحتمالات والتنظيمات الداخلية ضمن عناصر النظام المختلفة اي يقاس التعقيد وفقا لعدد احتمالات الربط بين عناصره.

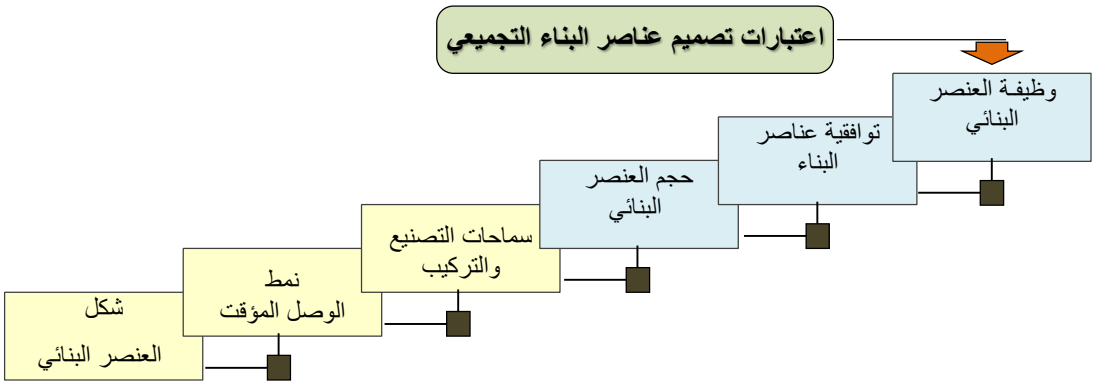
ثالثا تطويرعناصر البناء التجميعي بين البساطة والتعقيد... دراسة تحليلية

يعتمد أسلوب البناء التجميعى في الأنظمة المعدنية الخفيفة على استخدام عناصر وصل مؤقتة أو وحدات سابقة التجهيز لعمل تكوينات بنائية مختلفة، بحيث يمكن فكها وإعادة تركيبها أكثر من مره، وهذا يتطلب من المصمم الإدراك السليم للعلاقة بين المكونات البنائية للنظام المستهدف بهدف صياغة تراكيب متنوعة وتعزيز القيم التنافسية لها. وفي هذا الاطار اعتبر **حمودة** م.١١ص١٤٨ **"**الوحدة البنائية بمثابة مجموعة علاقات تؤخذ كأساس يربط عناصر وأجزاء التكوين المختلفة غرض الحصول على التوافق التام بين تلك العناصر والأجزاء**"** وبذلك يمكن تمثيل عناصر البناء التجميعي على أنها هيئات صغيرة تتشارك مع أخرى لبناء هيئات أكبر بحيث تتحدد الخصائص الشكلية للوحدة الفرعية المجمعة من خلال الخصائص الشكلية والوظيفية للنظام ككل، وبذلك يتحقق مبدأ الوحدة والإتساق الذى يربط الأجزاء الصغيرة لتكون كلاً واحداً متماسكاً من خلال نظام متآلف تخضع معه كل التفاصيل لمنهج واحد. ومن ثم فإن تقسيم الأنظمة المعدنية إلى اجزاء ومكونات يمكن إنتاجها ونقلها وتجميعها، سيزيد الارتباط البنائي بين تلك المكونات وينعكس ذلك ايجابا على تبسيط عمليات النقل والتجميع.

ومن اهم الاعتبارات التى تؤثر على تصميم عناصر البناء التجميعى ما يلى: م.٣ص٨٧ بتصرف

- **الوظيفية** : تعني أن يؤدى كل عنصر تجميعى وظيفته الجزئية فى إطار الوظيفة الكلية للنظام ككل.
- **التوافقية**: تعنى إمكانية بناء أشكال متعددة للنظام باستخدام عدد معين من العناصر، وتتطلب تحديد أبعاد ومواضع العناصر البنائية فى النظام تبعاً لوظيفة كلا منها، وذلك بهدف تحقيق التوافق والتطابق عند عمليات التجميع والتركيب.

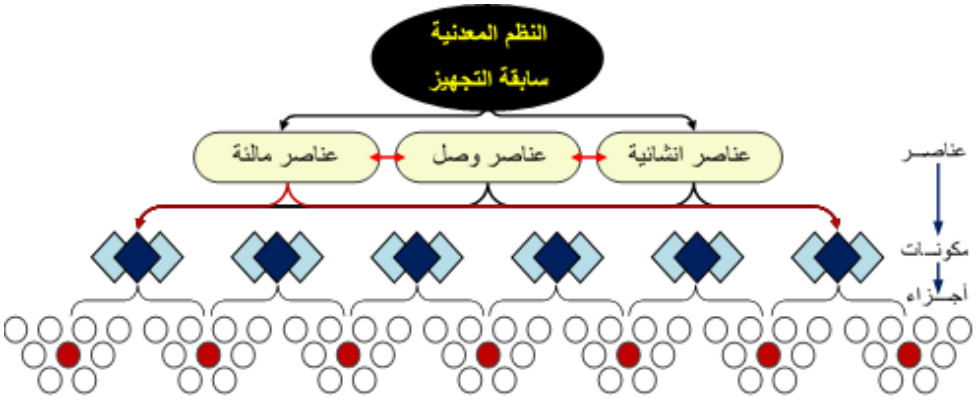
- **الابعاد** (الحجم): تعني ان يحدد ابعاد الوحدات البنائية فى النظام المعدني تبعاً لأهميتها وصلاتها الشكلية والوظيفية بحيث يكون حجم الوحدة ملائم للحصول على تغيرات لازمة عند عملية التكرار، وأن يكون حجم الوحدة وشكلها مصمم لتفادى حدوث صعوبة فى عمليات الفك والتجميع.
- **السماحات**: يراعى سماحات التصنيع والتركيب فى الوحدات البنائية لتيسير عمليات الفك والتركيب.
- **شكل الوحدة:** تمثل المجال الذى يتسم بالمرونة واتساع فرص الاختيار والتنوع وتحديد الصلات الشكلية بين العناصر فى النظام البنائى المستهدف.
- **طريقة الوصل**: تعني الاختيار الملاءم لطريقة الوصل، فالوصل الدائم يتم في التجميعات الداخلية، والمؤقت في التجميعات النهائية لعناصر النظام، مع مراعاة ان عناصر الوصل المؤقت تتميز عن نظائرها الدائمة في: انها تسمح بتفكيك مكونات النظام بسهولة دون تلف، ويسهل فحصها بسرعة وفعالية من حيث التكلفة، ولا تحتاج الى اختبارات إتلافية، وهي سهلة الإصلاح والاستبدال، كما انها أكثر ملاءمة للانظمة التي تتطلب فصل متكرر للمكونات المجمعة.



شكل (٢) اعتبارات هامة في تصميم عناصر البناء التجميعى للانظمة المعدنية (من اعداد الباحثين)

١- عناصر البناء التجميعي للانظمة المعدنية سابقة التجهيز

تُعد أنظمة التأثيث والإنشاء المعدني بمثابة بُنى ثلاثية الأبعاد، تصنع باساليب سابقة التجهيز، تتسم بالتنوع الوظيفي والبنائي والحجمي، وتتألف هياكلها من قطاعات قياسية او مشيدة، وتجمع بشكل دقيق في وصلات عُقدية أو غير عقدية، وترتب بدورها في أطر هندسية مترابطة لاستقبال أحمال مقررة وتصرفها بامان الى الارض، وغالباً ما تتواجد في تكوينات بسيطة أو مركبة. وترتكز كثير من تلك النظم على اسلوب البناء التجميعي، وفي هذا الاطار اعتبر **بدوي** م.٥٠ص٨٦ "نظام البناء التجميعي بمثابة فكر تصميمي يقوم على عمل اشكال مختلفة من خلال تجميع بعض العناصر مع ملاحظة ان هذه العناصر يمكن فكها مره آخرى ثم إعادة تكوينها، وان التكوينات قد تنتج من تكرار عنصر واحد او عدد قليل من العناصر المختلفة للوصول الى عدد كبير من الاشكال او المنتجات" وتتشارك اغلب الأنظمة المعدنية سابقة التجهيز في انها تصنع من اجزاء عديدة تجمع معا لعمل مكونات فرعية تجمع هي الاخرى معا لتكوين عناصر بنائية تاخذ احد الصور التالية:-

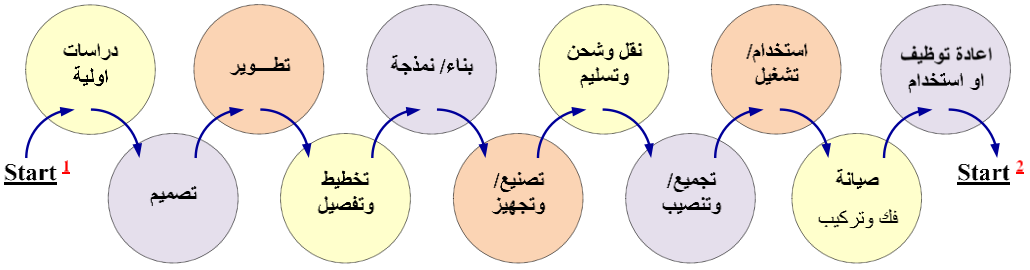


شكل (٣) الأنظمة المعدنية سابقة التجهيز كمفردات بنائية من اجزاء ومكونات وعناصر (من اعداد الباحثين)

- **عناصر داعمة**: تصنع من قطاعات معدنية قياسيه **standard** أو مشّيده **built up section**، وتتسم بالصلابة وخفة الوزن وتتواجد في مقاطع متعدده وتنتج بالبثق أو بعمليات سحب على البارد أو الساخن.
- **عناصر مالئة**: تستخدم في تكسية النظام المعدني حسب الوظيفة المطلوبة، وتتضمن: تغطيات وتجاليد وأغشية في صور شفافة أو نصف شفافة أو معتمة، وتصنع من مواد معدنية أو غير معدنية، وفي هيئات مستوية أو مركبة، ويتم تشكيلها او تشغيلها بطرق مختلفة.
- **عناصر وصل:** عادة ما يكون اغلبها مؤقت، وهي وسائل تجميع عناصر النظام فى اتجاه حركى أو ثابت لتحقيق قيم معينة، قد تشكل من عُقد وصل منفصلة أو غير منفصلة، وعادة ما تصنع باحدى عمليات التشغيل او التشكيل، ومن مواد معدنية او من اللدائن. وقد تعطي تلك العناصر اوضاعا بنائية ثابتة أو اوضاعا متغيرة (حسب درجات الحرية المقررة)، وقد تتموضع العُقد في نهاية العضو الانشائي أو تثبت على آي نقطة على سطحة او تسمح بأداء الحالتين معا (طرفية - سطحية)، وقد تكون وصلة (خاصة) لتحقيق وضع بنائي محدد في منتج بعينة، أو (مرنة) يمكنها تحقيق اكثر من وظيفة للنظام، وقد يتم تثبيت مكونات الوصل بطرق عدة مثل: قوة الاحتكاك او بمسامير ربط أو ببنز طارد او غير ذلك.

٢- التصميم للتجميع المؤقت والإنشاء البسيط.. اعتبارات ومستويات

رغم أن الأنظمة المعدنية سابقة التجهيز قد يتم تصميمها بأشكال فريدة ومعقده، وببدائل عديدة للانشاء، إلا أن التصميم للتجميع المؤقت لتلك الأنظمة بغرض تبسيط طريقة إعداد ونقل وتجميع مكوناتها، يعد من الامور الهامة الواجب على المصمم دراستها بعناية، وهذا يتطلب تحديد المستويات المتعلقة بدورة حياة تلك الأنظمة ودراسة الاعتبارات الواجب مراعاتها في كل مستوى، وبما يلبي متطلبات المستخدم، ويضمن تبسيط عمليات التجميع وتسلسل الإنشاء واجرائهما باقل قدر من التكاليف والمهارات، ووضع خرائط التسلسل التركيبي لعناصر النظام، وعمل توافق قياسي وبعدي بين مكونات النظام، واستيعاب خصائص المواد، ودقة تفاصيل الوصل، وطرق التصنيع وتكاليفه، وزمن التجميع المطلوب، ومستلزمات الشحن والتسليم، وامكانات الفك والتركيب، واعتبارات الصيانة، واستيفاء معايير السلامة والجودة.



رسم توضيحي (٤) مستويات اساسية في دورة حياة الأنظمة المعدنية سابقة التجهيز (من اعداد الباحثين)

ان الدراسة الوافية للمستويات السابقة قد تنتهي الى وجود صعوبة في تجميع احد المكونات البنائية للنظام المعدني، وهنا على المصمم ان يكون اكثر مرونة في البحث عن بدائل اخرى مثل امكانية دمج ذاك الجزء مع آخر أو إزالته تمامًا والبحث عن بديل اكثر بساطة، أو تغيير موضع هذا الجزء بتحريكة بالنسبة للأجزاء الأخرى ومن دون الاخلال بالوظيفة المقررة، وقد يتم التفكير في تغيير خامة هذا الجزء للحصول على مواصفات اعلى، أو قد يتم إعادة النظر في الأجزاء الأخرى لتحديد ما إذا كانت بحاجة إلى مزيد من التبسيط او التعقيد في المعالجة التصميمية، والتفكير في تقليل عدد عمليات التجميع في الموقع إلى الحد الأدنى، وقد يتضمن ايضا إيجاد طرق لتقليل أو إزالة الأجزاء غير الضرورية أو استيعاب المزيد من الأجزاء في عُقد تجميع محددة، وقد يتم تضمين بعض التفاصيل مساحات صغيرة للمناورة في التجميع ومن دون ان يؤثر ذلك على ثبات واتزان النظام.

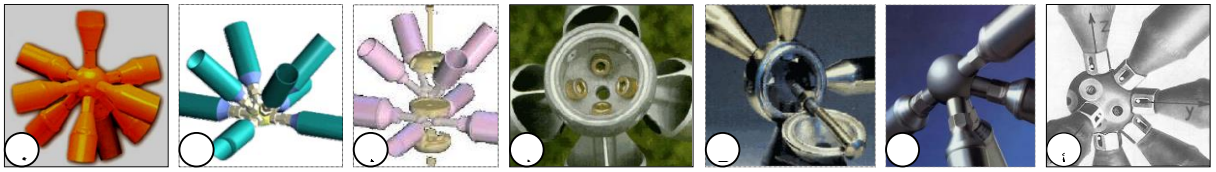
ومن ثم يمكن القول ان فعالية التصميم للتجميع المؤقت والإنشاء البسيط للانظمة المعدنية سابقة التجهيز ترتكز على مبدئين رئيسيين هما: تقليل عدد عمليات التجميع في موقع الاستخدام النهائي، والحد من التنوع في عناصر البناء التجميعي المكونة للنظام قدر الامكان. وان الالتزام بذلك سيدعم: تقليل زمن التجميع باقل وقت وجهد ومهارة، تقليل فرص حدوث إخفاقات في التركيب، تقليل تكاليف التصنيع والتجميع، اعطاء موثوقية أعلى للنظام، تبسيط عمليات التجميع والإنشاء، تسهيل عمليات النقل والشحن والتسليم، تكرار عمليات التجميع يؤدي إلى جودة أعلى وتشييد أدق، محاكاة ممكنة لتسلسل البناء لتوقع حالات التضارب المحتملة لعناصر النظام، استخدم نماذج أولية للحد من مشكلات التصنيع المسبق، تصميم عناصر ووسائل وصل بما يساعد المستخدم على تركيب مكونات النظام ببساطة وسهولة.

٣- من أين يبدأ تطوير الأنظمة المعدنية.. من الداخل ام من الخارج؟

قبل البدء في الدراسة التحليلية لعناصر البناء التجميعي، من المهم السعي للاجابة على الاستفسار التالي: من أين يبدأ تطوير الأنظمة المعدنية سابقة التجهيز؟ من الداخل أم من الخارج؟ إن الاجابة على هذا السؤال قد تُوقع المصمم فريسة لنظريات متناقضة، وتضعه في دوامة من الآراء المؤيدة والمعارضة، فاتجاه كالوظيفية مثلا يؤكد على أن الشكل يتبع الوظيفة، بما يعني ان عملية التصميم او التطوير تبدأ من الداخل ثم تتدرج الى الخارج، حيث يتم البدء بالجزئيات أو التفاصيل ثم الذهاب الى الكليات (الشكل العام)، وعلى الجانب الاخر هناك اتجاهات آخرى كالعضوية يذهب عكس ذلك لتكون بداية التصميم من الخارج الى الداخل، حيث يؤكد مؤسسوه على أن الشكل ينبغى ان يكون نابعا من البيئة ومتوافقا معها لا مناقضا لها، ما يعني ان على المصمم يبدأ من الكليات (التصور العام كما في الاسكتشات العامة للمنتجات) ثم الذهاب الى الجزئيات لاحقا والبحث في التفاصيل.

ومن منطلق اننا بصدد تطوير انظمة معدنية وليس منتجات بمواصفات خاصة، فإن وجهة نظر البَاحثين ترتكز على اهمية الدمج بين الرأيين بعقل واعي سعيا للاستفادة من ايجابيات كلا منهما، على ان تكون نقطة البدء في تطوير النظام المستهدف من الجزئيات وصولا الى الكليات اي من الداخل للخارج، ثم يتم عمل دراسة وافية على البدائل المحتملة للكليات التي ستتيحها عناصر النظام، ثم يعاد النظر مرة ثانية في الجزئيات كاشكال ووظائف وطرق تجميع. بمعنى ان يتم البدء بجزئيات النظام المستهف والنمو تدريجيا إلى الخارج وصولا إلى الشكل/ الاشكال التي تستوفى الوظيفة او الوظائف المطلوبة، مع الاهتمام بالتفاصيل الداخلية (الجزئيات) وجعلها اكثر مرونة للوصول الى بدائل (كليات) تتسم بالتنوع البنائي من حيث الوظائف والاحجام والاشكال. وبالتالي فان فهم المصمم لطبيعة العلاقة التي تربط مكونات النظام المعدني المستهدف مع البدائل المحتملة لشكله النهائي، يمكن ان يحقق تفاهم وتناغم بين الشكل والفراغ ويعزز من الميزات التنافسية للنظام.

وللتأكيد على وجهة النظر القائمة على ان تطوير الأنظمة المعدنية يبدأ من الجزئيات وصولا للكليات، يمكن استعراض عدد من أنظمة معدنية قائمة على عُقد وصل كروية، بدأت بنظام ميرو **Mero System** في أربعينات القرن الماضي، والذي يقوم على تحقيق أكبر قدر من التنوع باستخدام عدد قليل من الأجزاء، وهو يتالف من عقدة كروية من الصلب بها فتحات ملولبه لتجميع مجموعة من الأعضاء يصل عددها الى ثمانية عشر عضواً، وبسبب اعتبارات تتعلق بالتصميم والاقتصاد والانشاء، تم تطوير هذا النظام لصور عديدة مثل: النسخة المعدله منه على شكل عقدة مجوفة نصف كروية والتي عُرفت باسم عقدة الوعاء **Bowl Node**، والنسخ المطورة المعروفة بنظام **Orona** ونظام **NS Space Truss** ونظام **Spherobat**، ونظام **Vestrut**، ونظام **cubotto**، ونظام **Ortz**، ونظام **Palc**، وجميعها اتاحت تكوينات مبتكرة للهياكل الفراغية، وتميزت بامكانية عمل هياكل بأشكال وبحور مختلفة، لكنها تباينت فيما بينها في عدة امور مثل: طريقة حل عُقدة الوصل، وخامتها واسلوب تصنيعها وطريقة تجميع أعضاء الوصل وعددها وسرعة التشييد والبحر المطلوب وغير ذلك.

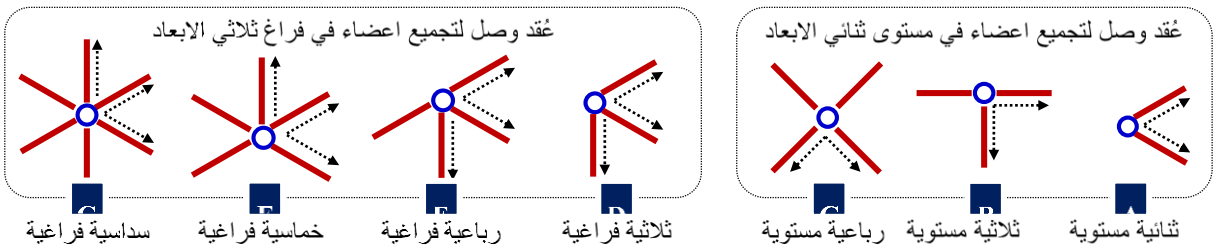


شكل (٥) انظمة معدنية توضح ان التطوير يبدأ من الجزئيات الى الكليات أ- نظام ميرو Mero **ب- نظام أورونا** Orona **ج- نظام** NS space truss **د- نظام** Spherobat **هـ- نظام** Vestrut **و- نظام** Cubotto، **ز- نظام** Palc **(راجع م.٢ص١١٩-١٢١)**

سبل تطوير البدائل الأساسية لعناصر البناء التجميعي للانظمة المعدنية... دراسة تحليلية

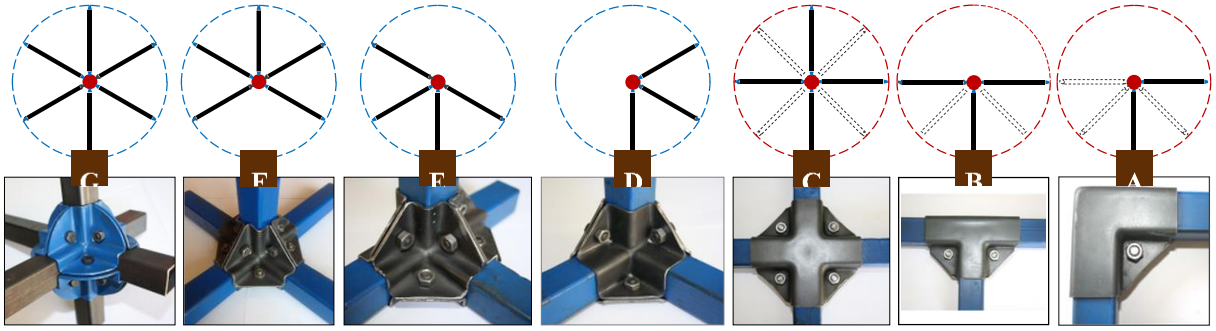
ان التطوير المستقبلي للانظمة المعدنية سابقة التجهيز يستهدف توسيع الدراسات المتصلة بها في خطين متوازيين: أولهما تعزيز إمكانيات ووظائف ومواصفات الأنظمة المستهدفة، ثانيًا التعمق في دراسة شكل وأداء ووظائف الاجزاء المكونة لها، بحيث يمكن تقديم حلول وبدائل بنائية متنوعة في الشكل والحجم والحيز. ونظر للتعقيدات البنائية التي تتعلق بالشبكات الفراغية للانظمة المعدنية الكبيرة، ولبيان منطلقات تطوير عناصر البناء التجميعي، فإنة يمكن البدء بمثال بسيط حول تطوير أحد الأنظمة المعدنية سابقة التجهيز التي تستخدم في عمليات التأثيث الداخلي، والتي يمكن توظيفها في بناء: (مكتبات، مكاتب، مناضد، وحدات عرض، وحدات تخزين... الخ). والتي تقوم على شبكات هندسية بسيطة ومتعامدة. هذا النوع عادة ما يتالف من ثلاث عناصر اساسية (قطاعات انبوبية متنوعة الاطوال والمقاطع، عُقد وصل بصور مختلفة، مسطحات وتجاليد متنوعة الخامة والشكل).

ان بداية التطوير ستكون بالاهتمام بالجزئيات الداخلية للنظام، اعتمادا على ان محاور جميع الأعضاء الانشائية تتلاقي في مركز الوصله ما يمنع إنحراف الاحمال، ويجعل الوصله تحت تأثير القوى المحورية فقط. وان كان هذا لا يمنع ان تتطلب نُظم أخرى ان تكون محاور الأعضاء في مستويات مختلفة ولا تتلاقي معا في مركز الوصلة كما في حالة حزم المواسير الراسية. ومن ثم تتركز الحلول المقترحة لعناصر الوصل على تجميع قطاعات انبوبية في علاقات زَاويّة متعامدة، لعمل تشكيلات بنائية عديدة من تلك المكونات، وفي هذه الحالة تنحصر بدائل البناء التجميعي المحتملة لعناصر اي نظام معدني في سبع حالات اساسية تاخذ الصور الموضحه بالشكل (٦) وهي: (وصلات ثنائية أو ثلاثية أو رباعية توزع اعضائها في مستوى ثنائي الابعاد، ووصلات ثلاثية او رباعية أو خماسية أو سداسية توزع اعضائها في الفراغ).

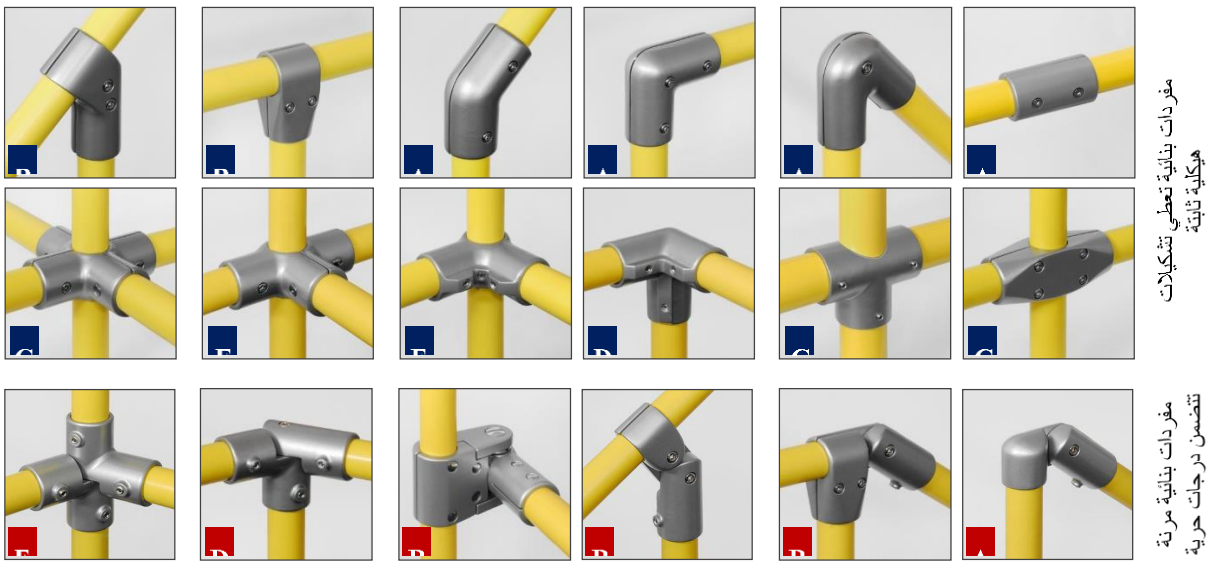


شكل (٦) البدائل السبعة المحتملة لعُقد الوصل في انظمة التاثيث المعدني المصممة وفقا لشبكات هندسية متعامدة (من اعداد الباحثين)

ومن الناحية العملية فقد تحققت البدائل السبعة لعناصر البناء التجميعي في العديد من النظم المعدنية، لكن التباينات المادية والشكلية بين بدائلها، مردها الى واحد او اكثر من العوامل التالية: (نمط التوزيع الشبكي للأعضاء، خامة الوصلة، مقطع العضو الانشائي، طريقة تثبيت الوصلة مع العضو، طريقة انتاج الوصلة، سماحات التصنيع والتركيب، ثبات او تغير العلاقة الزاوية بين الأعضاء، دقة التصنيع والتجميع، درجات الحرية على المستوى الانتقالي أو الدوراني...الخ). لتوضيح صحة ما انتهى اليه التحليل السابق، يمكن مقارنة الحلول البنائية للبدائل السبعة المستنتجة مع بدائل بنائية لبعض الأنظمة القائمة بالفعل مثل نظام **mini wholesale**، ونظام **Arens** كما بالشكلين (٧،٨).



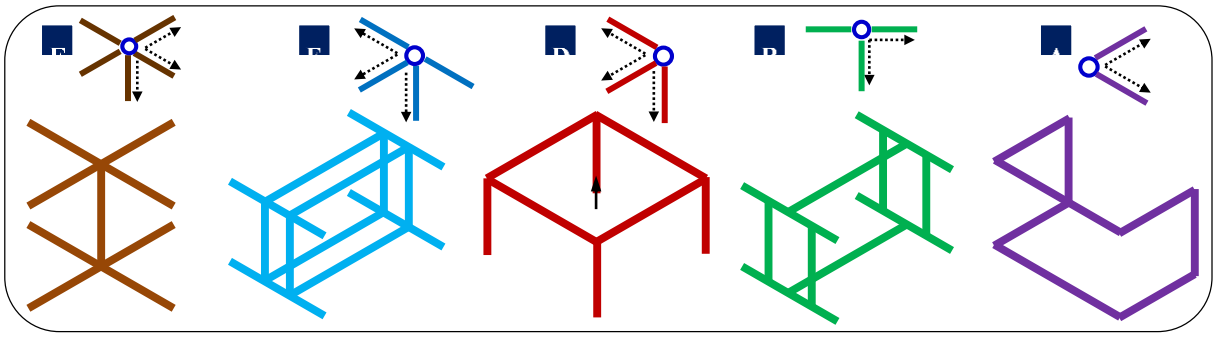
شكل (٧) البدائل السبعه لعناصر البناء التجميعي في نظام mini wholesale **لعمل تشكيلات هيكلية بزوايا ثابتة (راجع م.٢٢ص١)**



شكل (٨) البدائل السبعه لعناصر البناء التجميعي في نظام Arens م.٢٤ص١

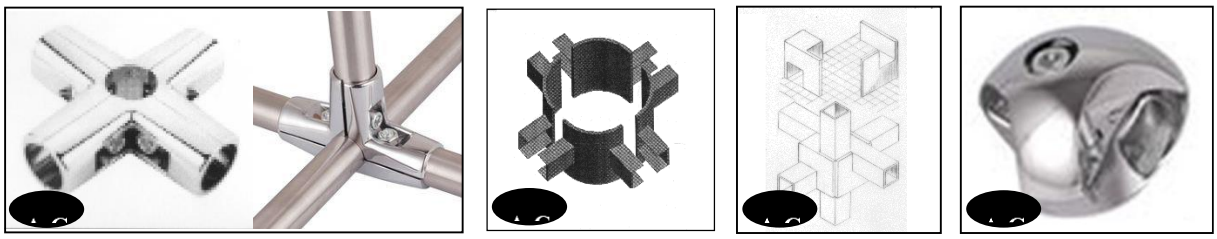
ففي النظام الاول تم تصنيع عناصر الوصل بعمليات تشكيل صفائح معدنية، وتضمن عنصر بنائي لكل بديل من البدائل السبعة، ورغم كونه نظام مرن في التجميع وقابل للفك والتركيب، ويسمح ببناء هياكل معدنية بعلاقات زاوية ثابتة، إلا انه يفتقد الى الدقة في التصنيع ويحتاج الى مفتاحي ربط للتجميع، ويصعب تثبيت شرائح عمل على الهيكل بسبب بروز رؤوس المسامير. وفي النظام الثاني **Arens** تم تصنيع عناصر الوصل بعمليات صب لسبيكة الومنيوم عالية الجودة، وتضمن النظام عنصر بنائي لكل بديل من بدائل التجميع السبعة ما زاد من مكونات النظام، وهو يتميز بتوفير بدائل بنائية مرنة بعد تضمين عناصرة درجات حرية مختلفة، كما انه يتسم بالدقة وله قابلية للفك والتركيب باستخدام مفتاح الالنكية، يتيح الحصول على هياكل معدنية متزنة من قطاعات انبوبية ذات علاقات زاويّة ثابتة او متغيرة.

ان التفهم الواضح للحلول البنائية التي تنتج عن بدائل البناء السبعه يتيح للمصمم نقاط بدء عديدة لتطوير النظام المعدني المستهدف انطلاقا من جزئياته، ومن ضمن هذه الحلول: ان يقوم المصمم بابتكار حل تصميمي لكل بديل من بدئل الوصل المحتملة للنظام المستهدف بناء على التخطيط الشبكي لاعضائه، وفي هذه الحالة قد يصل عدد عُقد الوصل المسئولة عن تشكيل النظام الى سبعة عُقد مختلفة الشكل والوظيفة اضافة الى مجموعة القطاعات الانبوبية والالواح المطلوبة لاستكمال بناء النظام، لكن هذا الحل سيزيد من التنوع في أجزاء ومكونات النظام وستكون نقطة ضعف له. وهناك نقطة انطلاق ثانية لتطوير النظام، وذلك عندما تتطلب المعالجة البنائية ابتكار بديل وصل واحد فقط من البدائل السبعة، حيث يمكن ابتكار عقد ثنائية **A** او ثلاثية **B&D** او رباعية **E** او خماسية **F** في مستوى واحد او في الفراغ لانشاء نظام يبنى من وصلة واحدة متكررة ومجموعة من الاعضاء الانبيوبية كما في الشكل (٩)، وهذا الحل يعتمد على التشكيل البنائي للنظام المستهدف ووظيفته (فالتشكيل البنائي للمناضد يختلف نسبيا عن نظيرة في المكتبات او وحدات الارفف او وحدات العرض).



شكل (٩) كروكيات مقترحة لتشكيلات بنائية لانظمة معدنية يتم تجميعها بنموذج واحد فقط من البدائل السبعة لعقد الوصل (من اعداد الباحثين)

وهناك نقطة بدء ثالثة لتطوير النظام المستهدف وهي ان يقوم المصمم بابتكار وصلة واحدة تتسم بالمرونة ويمكنها تحقيق كل او بعض بدائل الوصل السبعة التي تجمع اعضائها في مستوى واحد او في الفراغ **A,B,C,D,E,F,G** كما في الشكل (١٠)، وقد يتم تصميم الوصلة المرنة بحيث يتم تشكيلها من قطعه واحدة فقط او من قطعتين مختلفتين او من ثلاث قطع، بحيث يتم تكرارهما مع قطاعات انبوبية لعمل هياكل معدنية معقدة ومتنوعة تجمع بوسائل بسيطة، وفي هذا الحل سيقل عدد عناصر البناء التجميعي ويصبح النظام اكثر فعالية ومرونة واقل في التكاليف وابسط في عمليات التجميع.



شكل (١٠) صور لانظمة وتطبيقات توضح امكانية تشكيل البدائل السبعة باستخدم عقدة واحدة فقط مكونة من جزء واحد او اثنين

وبناء على ما سبق فإن منطلقات التطوير السابقة تتيح الحصول على عُقد وصل بصور مختلفة يمكنها توفير تشكيلات بنائية متنوعه لانظمة معدنية في اوضاع ثابتة، لكن اذا اراد المصمم ان يطور النظام ويجعلة اكثر مرونة واكثر فعالية، فعلية ان يدمج درجات الحرية في بعض عناصر البناء التجميعي، سواء على مستويات انتقالية او دورانية، وهنا تزداد فرص الحصول على تشكيلات لانظمة تتسم بالتعدد والتنوع والتعقيد البنائي، ووقتئذ عليه ان يفاضل بين الحلول المطروحة بما يلبي متطلبات المستخدم كونه اضحي مشاركا في الانشاء، ويحقق في الوقت ذاتة الاعتبارات المحددة في النقاط السابقة، مع التركيز على انه مهما بلغت تعقيدات التشكيل النهائي، فمن المهم ان يتم تبسيط عمليات التجميع والإنشاء على المستخدم.

المناقشة والاستنتاج

أنظمة التأثيث والإنشاء المعدني بمثابة بُنى ثلاثية الأبعاد، تصنع باساليب سابقة التجهيز، تتسم بالتنوع الوظيفي والبنائي، وتتألف هياكلها من قطاعات قياسية او مشيدة، وتجمع بشكل دقيق في وصلات عُقدية أو غير عقدية، وترتب في أطر هندسية مترابطة لاستقبال أحمال مقررة وتتواجد في تكوينات بسيطة أو مركبة. وبسبب ذلك كانت الحاجة لتوظيف عناصر البناء التجميعي في تلك الانظمة، وبما يسمح بتحقيق مبدأ الوحدة والإتساق في اطار تخضع معه كل تفاصيل النظام المستهدف الى منهج واحد. ان استخدام عناصر البناء التجميعي يتيح تحقيق التعقيد البنائي والخروج من الانماط الجامدة للانظمة المعدنية، وتجعل المتلقي مشارك في التشكيل والإنشاء. ان فعالية الحلول التصميمية لعناصر البناء التجميعي لاي نظام معدني لها دور حاسم في تحديد التكلفة النهائية للنظام، وتحديد التقنيات المطلوبة لاعداد وتبسيط عمليات التجميع لمكوناته وتحقيق الكفاءة البنائية والقيمة التنافسية له. ان الدراسه الوافية لعناصر وعُقد الوصل تتطلب تفهم كيفية سير القوى في أعضاء الوصل، والتشكيل البنائي للاعضاء والالية التي تثبت بها في العقدة وشكل العقدة ومكوناتها وطرق تصنيعها والمواد التي يمكن ان تصنع منها والسماحات المتصلة بها ودرجات الحرية التي يمكن ان تعزز من مرونة النظام ككل.

ترتكز فعالية التصميم للتجميع المؤقت للأنظمة المعدنية على دراسة كافة الاعتبارات في كل مستوى من مستوياتها، لتلبية متطلبات المستخدم، وبما يضمن تبسيط عمليات التجميع وتسلسل الإنشاء واجرائهما باقل قدر من التكاليف والمهارات، مع الاهتمام بخرائط التسلسل التركيبي، واجراء التوافق البعدي بين المكونات، واستيعاب طبيعة المواد وتفاصيل الوصل، والتوظيف الدقيق لطرق التصنيع، ومراعاة وسائل الفك والتركيب للمستخدم، واستيفاء معايير الجودة والسلامة. ان تعزيز تلك الفعالية يتطلب من المصمم البحث الدائم في البدائل المتعلقة بامكانية دمج اجزاء النظام مع اخرى أو إزالتها تمامًا، أو تغيير مواضع بعض الاجزاء او التفكير في تغيير الخامة للحصول على مواصفات اعلى، او التوجه أو استيعاب المزيد من الأجزاء في عُقد تجميع مرنة. ان تطوير الانظمة المعدنية وجعلها اكثر مرونة مع امكانية توفير اشكال تتسم بالتنوع المادي والتعقيد البنائي، تسير على خطين متوازيين: دمج بدائل الوصل السبعة في اقل عدد ممكن من عقد الوصل، مع

تعزيز درجات الحرية لبعض عناصر البناء التجميعي، سواء على مستويات انتقالية او دورانية. إن تفتيت الأنظمة المعدنية إلى اجزاء ومكونات يمكن إنتاجها ونقلها وتجميعها، سيزيد الارتباط البنائي بين تلك المكونات وينعكس ذلك ايجابا على تبسيط عمليات التصنيع والنقل والتجميع ويعزز من قدرتها التنافسية.

نتائج واستنتاجات

1. **سبق التجهيز** منهج متكامل لاعداد مكونات بنائية في منطقة خاضعة للرقابة ثم تسلم وتجمع لاحقا في موقع الاستخدام، ما يعطي موثوقية للنظام ويحقق جودة واتقان أعلى ويقلل من التاثيرات البيئية ويتيح العمل في بيئات أمنة ويسهل من عمليات إعادة الاستخدام اوالتدوير لمكونات النظام.
2. **التنميط** نظام موحد يكفل تماثل وتجانس أجزاء ومكونات النظام، ما يسمح بإمكان تكرار اعداد نفس الاجزاء بنفس المواصفات والمقاييس، ويقلل من التكاليف ويحدّ من التعدد ويتيح إمكانية استبدال الأجزاء المتطابقة ويسهل من عمليات التجميع بمعرفة الشخص الغير فني.
3. **درجات الحرية** احدى وسائل تحقيق المرونة في الأنظمة المعدنية ترتبط بحركة مكوناتها في فراغات ثلاثية الأبعاد لاداء حركات انتقالية او دورانية، وتتطلب تحديد عدد المدخلات التي يجب توفيرها في مكونات النظام من أجل إنشاء مخرجات يمكن التنبؤ بها.
4. **البساطة** في الأنظمة المعدنية تعني الوفاء بمتطلبات المستخدم مع الإقلال من التنوع المفرط فى الأشكال والمكونات وتعزيز الاستقرار والتوافق بينها وتبسيط وتنظيم عمليات الإنشاء والصيانة.
5. **التعقيد** في الأنظمة المعدنية بمثابة تدقيق للمعطيات التصميمية عبر وفرة التفاصيل وتنوع المعالجات وتكثيف العناصر البنائية ما يعزز من قيمها الشكلية والوظيفية والجمالية ويحملها مزيدا من التركيز البصري.
6. **عناصر البناء التجميعي** بمثابة نقاط حرجة تتطلب عناية في تصميمها بما يضمن تنظيم وتبسيط وتنميط عمليات تجميع مكونات النظام وتعزيز القيم الوظيفيه والجماليه التي تتواءم مع اقتصاديات وكفاءة الإنشاء.
7. تنحصر **عناصر البناء التجميعي** في الأنظمة المعدنية المشكلة وفقا لشبكات هندسية متعامدة، في سبعة بدائل اساسية تتوزع على مستويات ثنائية او ثلاثية الابعاد، وقد يتم تصميم عقدة وصل لكل بديل او تصميم عُقد مرنة يمكنها تحقيق كل او بعض بدائل التجميع السبعة.
8. يرجع **التباين في بدائل عناصر الوصل السبعه** في الانظمة المعدنية القائمة، الى وجود اختلاف في معالجاتها البنائية مردة واحد او اكثر من عناصر عدة مثل (مرونة الوصلة، وخامتها وطريقة تصنيعها، مقطع أعضاء الوصل، طريقة التثبيت، السماحات، بساطة التركيب، درجات الحرية)
9. ان **التطوير المستقبلي للانظمة المعدنية** سابقة التجهيز يستهدف توسيع الدراسات المتصلة بها في خطين متوازيين أولهما تعزيز إمكانياتها ووظائفها واقتصادياتها، وثانيهما التعمق في دراسة شكل وأداء ووظائف مكوناتها، وتقديم حلول وبدائل بنائية متنوعة في الشكل والحجم والحيز.
10. ترتكز **فعالية التصميم للتجميع المؤقت والإنشاء البسيط** للانظمة المعدنية على مبدئين هما تقليل عدد عمليات التجميع في موقع الاستخدام النهائي، والحدّ من التنوع في عناصر البناء التجميعي المكونة للنظام.
11. **تبدأ عمليات تطوير** انظمة معدنية سابقة التجهيز من الداخل ثم تنمو تدريجيا إلى الخارج للوصول الى شكل او اشكال ملاءمة تستوفى الوظيفة المطلوبة، مع التركيز على التفاصيل الداخلية وجعلها اكثر مرونة للوصول الى بدائل (كليات) محتملة تتسم بالمرونة والتنوع البنائي.

12. ان **التنوع في أجزاء ومكونات النظام** قد ينشأ عنه درجات متفاوتة من التعقيد البنائي والوظيفي والحجمي تختلف درجتة باختلاف وظيفة النظام وبيئته، وانه طالما اضحى المستخدم النهائي عنصر مشارك في بناء النظام فمن المهم ان يراعي تبسيط عملية تجميع وانشاء النظام.

13. تهدف **المزاوجة بين التعقيد البنائي والبساطة الإنشائية** الى تعزيز القيم الشكلية المبتكرة للنظام المستهدف بمعالجات مستحدثة وأنساق جديدة يشارك المستخدم في صياغتها.

14. **تتضمن عملية تطوير عناصر البناء التجميعي** نقاط عدة مثل ان يتم ابتكار حل تصميمي لكل بديل من البدائل السبعة للنظام المستهدف، أو يتم ابتكار حل لبديل واحد بناء على التخطيط الشبكي لعناصر النظام، او ابتكار وصلة واحدة تتسم بالمرونة ويمكنها تحقيق كل او بعض بدائل الوصل السبعة، او يتم دمج درجات حرية في بعض عناصر البناء التجميعي سواء على مستويات انتقالية او دورانية لحقيق مرونة اكثر.

15. **توصية**: ان تطوير الأنظمة المعدنية يتطلب اجراء مزيد من الدراسات حول تعزيز المتانة وخفة الوزن والرشاقة لأعضاء وعُقد الوصل، دعم المرونة الوظيفية والانشائية، تعزيز الاقتصاد البنائي والبساطة في التجميع والصيانة، توظيف التقنيات الحديثة، استحداث مواد أقل تأثير سلبى على البيئية ، ابتكار حلول وصل فعالة ودقيقة مع استغلال درجات الحرية، توظيف مبادئ التنميط والقياسية.

مصادر البحث:

١- مصطفى، احمد حامد& ياسر الصادق (يوليو ٢٠٢١م) التصميم لأجل التغيير.. الهياكل المعدنية الخفيفة ذات القابلية للبسط الفوري نموذجا، مجلة علوم التصميم والفنون التطبيقية، جامعة حلوان، مجلد ٢ عدد٢.

1 - mustafaa , aihmad hamid & yasir alsaadiq (yuliu 2021 ma) altaghyir .. aleilmiaat almaediniat dhat alqabiliat lilbast alfawrii namudhaja , majalat altasmim walfunun altatbiqiat , jamieat hulwan , mujalad 2 eadad 2.

٢- مصطفى، أحمد حامد. (اكتوبر ٢٠١١م) تطور المعالجات البنائية والتقنية لانظمة الوصل المستخدمه في الهياكل الفراغية مزدوجه الطبقة، مجلة علوم وفنون دراسات وبحوث، جامعه حلوان، مجلد (٢٤) عدد ٢

2 - mustafaa ،'ahmad hamidi. (aktubar 2011 mu) tatawur almuealajat albarijiat waltaqniat lianzimat alwasl almustakhdimih fi alfaraghiat tafsilat fi alfaraghiat , dawayir eulum wafunun dirasat wabuhuth , jamieuh hulwan , mujalad (24) eadad 2

٣- بدوى، أحمد عمر. (يناير ١٩٩٦م) نظام البناء التجميعي فى تصميم المنتجات، مجلة علوم وفنون دراسات وبحوث، جامعة حلوان، المجلد الثامن العدد الاول.

3 - baduaa ،'ahmad eumr. (ynayir 1996 mi) nizam albina' altajmieii fi tasmim almuntajat , majalat eulum wafunun dirasat wabuhuth , jamieat hulwan , almujalad althaamin aleadad alawila.

٤- أعضاء هيئة التدريس. (١٩٩٧م) مبادئ هندسة الإنتاج، طبعة ثانية، جامعة الإسكندرية، كلية الهندسة.

4 - 'aeda' hayyat altadrisi. (1997 ma) mabadi handasat al'iintaj , tabeat thaniat , jamieat al'iiskandariat , kuliyat alhandasati.

٥- كوكوا ، دانيال . (اغسطس ١٩٨٣) الهياكل الانشائيه الفراغيه اشكالها وانظمتها المختلفه، مقال منشور، مجله عالم البناء، العدد [٣٦]، القاهره.

5 - kukua , danial. (aghistis 1983) alhayakil alainshayiyah alfaraghiah ashkalaha wanzamatha almukhtalifuh , maqal manshur , majaluh ealam albina' , aleadad [36] , alqahirihi.

٦- عبد العزيز، سمير محمد .(٢٠٠٠) اقتصاديات جودة المنتج بين ادرة الجودة الشاملة والايزو ١٠٠١ ،٩٠٠٠، مكتبة الاشعاع الفنية القاهره.

6 - eabd aleaziz , samir muhamadu. (2000) aqtisadiaat aljawdat almuntaj bayn adirat aljawdat alshaamilat walayzu 1001 , 9000 , maktabat alashieae alfaniyat alqahirihi.

٧- فرحان، شذى كريم. (٢٠١٨) البساطة والتعقيد في النسق البصري لتصاميم اغلفة مجلات، بحث منشور، مجلة الاطفال مجلة الأكاديمي العدد ٨٩ISSN 2523.، ISSN 1819، 2020 (Online), 5229 (Print)

7 - farhan , shadhaa krim. (2018) albasatat waltaeqid fi alnasaq albasarii litasamim aghlafat majalaat , bahth , majalat aliaitfal aleadad 89.ISSN 2523,2020 (eabar al'iintirnta) , ISSN 1819,5229 (tibaeatun)

٨- منصور، علاء الدين كاظم. (٢٠١٤م) القيم الجمالية بين البساطة والتعقيد في التصميم الداخلي، بحث منشور مجلة كلية التربية الاساسية المجلد ٢٠ العدد ٨٦ العام

8 - mansur , eala' aldiyn kazim. (2014 ma) alqiam aljamaliat bayn albasatat waltaeqid fi altasmim aldaakhilii , bahth manshur majalat kuliyat altarbiat alahisa' almujalad 20 86 aleam

٩- جربين، جون. (٢٠١٣م) البساطة العميقة ... الانتظام في الشواشي والتعقيد، صبحي رجب عطاالله، مكتبة الاسرة الثقافة العلمية، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة

9 - jirbin , jun. (2013 ma) albasatat aleamiqa ... alaintizam fi alshawashi waltaeqid , subhi rajab eatallah , maktabat alasirat althaqafat aleilmiat , alhayyat almisriat aleamat lilkitab , alqahira

١٠- جاسم ، وفاء محمد.(يناير ٢٠٢٠) البساطة والتعقيد في بنية تصميم الإعلان الرقمي، بحث منشورالكترونيا، مجلة بحوث الشرق الأوسط، العدد (٥٣) جامعة عين شمس مركز بحوث الشرق الأوسط والدراسات المستقبلية.

10 - jasim , wafa' muhamad. (ynayir 2020) albasatat waltaeqid fi binyat tasmim al'iielan alraqamii , bahth mubashir wamajalaat , majalat buhuth alsharq al'awsat , aleadad (53) jamieat eayn shams markaz buhuth alsharq al'awsat waldirasat almustaqbaliati.

١١- حموده، يحيي .التشكيل المعماري، الناشر المؤلف، القاهره، غير مذكور سنه النشر.

11 - hamuwdah , yahyi. altashkil almiemariu , alnaashir

١٢- القزاز،هناء . رجب، محمد. محمد، منار." الإستفادة من نظم النقل الذكية في تصميم محطات الأتوبيس الصديقة للبيئة" مجلة العمارة والفنون والعلوم الانسانية المجلد الاول العدد ٣.

12- alqazaaz hanaa. rajab muhamadu. muhamad manar. "alaistifadat min 'anzimat alnaql aldhakiat fi tasmim mahataat alhafilat alsadiqat lilbiyati." majalat aleimarat walfunun waleulum al'iinsaniat , almujalad al'awal , aleadad 3.

١٣ - حسن ,رهام . " ابتكار تصميم المسطح المعماري القابل للإنتاج الكمي بالاستفادة من منهجية صياغة العلامة على الشبكة الإسلامية الهندسية" مجلة العمارة والفنون والعلوم الانسانية المجلد الثاني العدد٥

13- hasan , raham. "abtikar tasmim almusatah almuqam al'iiqlimii lil'iintaj alkmii bialaistifadat min manhajiat siagha alealaamat ealaa alshubkt al'iislamiat alhandasia "majalat aleimarat walfunun waleulum aliansaniat almujalad althaani aleadad 5

- (November 2015) Using Prefabrication Systems in Building Construction, International Journal of Applied Engineering Research , Volume 10, Number 24 Research India Publications Baghchesaraei, Alireza , Meltem V. K. & Omid B.
- (2000) Space Grid Structures, 1st published, Architectural Press, An imprint of Butterworth, Heinemann, London. Chilton, John
- (2016), Folding The Unfoldable A Method For Constructing Complex،Curved Geometry With Quad Edge Panels, 34th International Conference on Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe, eCAADe, Vol. (1), University of Oulu, Finland. Ergun Akleman, Negar Kalantar, Alireza Borhani

- (2016) Elemental Intricacy: Architectural Complexity through Hard and Soft Material Agency, the 34th International Conference on Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe, eCAADe, Vol. (1), University of Oulu, Finland. Kallegias, Alexandros & Pattichi, Eleni
- (2016) Simplexity (and Complicity) in Architecture, the 34th International Conference on Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe, eCAADe Complexity & Simplicity, Volume (1), University of Oulu, Finland. Kolarevic, Bran
- (2016) Using the Phase Space to Design Complexity Design Methodology for Distributed Control of Architectural Robotic Elements, 34th International Conference on Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe, eCAADe, Vol (1), University of Oulu, Finland Mary K. Heinrich & Phil Ayres
- (March 2020) Complexity As A Visual Feature In The Design of Interior Spaces, Route Educational & Social Science Journal (RESS), İstanbul , Türkiye, Volume 7, Issue 3.. Marzouk, R. & Dawood, H.
- (2016), From Designing Buildings from Systems to Designing Systems for Buildings, 34th International Conference on Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe, eCAADe, Vol. (1), University of Oulu, Finland. Matcha, Heike 19
- (2010) Prefab Architecture, A Guide To Modular Design And construction, Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. Canada Smith , Ryan E
- http://www.difference.minaprem.com
- http://www.miniwholesale.co.za/steel‹tube‹connectors
- https://almalomat.com/57762
- https://www.hugo‹arens.de/en/tubular‹fittings/universal‹tube‹connectors/
- https://www.wikiwand.com
- https://www.yourdictionary.com/simplicity
- https://ar.freejournal.info/110696727