

متطلبات التحليل الإنشائي للتوظيف الحركي للنظم المعدنية سابقة التجهيز

Structural Analysis Requirements for Kinematic Function of Pre-fabricated Metal Systems

أ.م.د/ وليد ابراهيم حسن

أستاذ مساعد بقسم الأثاثات والإنشاءات المعدنية كلية الفنون التطبيقية

أ.م.د/ محمد عطالله هلال

أستاذ مساعد بقسم الأثاثات والإنشاءات المعدنية كلية الفنون التطبيقية

ملخص البحث :

تعد آليات الحركة هي الطريقة التي من خلالها يتم تحقيق الوظائف الحركية المطلوبة من النظم سابقة التجهيز , والتي لا بد وان يكون المصمم على دراية بالاحتياجات الحركية الأساسية لتحقيق الوظائف الحركية المطلوبة ، ومن ثم لا بد أن يأخذ في الاعتبار الحركة الجيدة خلال عملية التصميم، والتي يكون لها تأثير كبير على شكل ووظيفة وأداء وإنشائية النظم سابقة التجهيز ، والتي تتضافر سويًا لتؤثر ايجابيا على استخدام النظام وجودته بما يفيد المستخدم ويحقق رضاه التام وراحته عند الاستخدام , بينما تعتمد عملية التصميم الإنشائي للنظم المعدنية المتحركة سابقة التجهيز على إدراك إنشائية آلية الحركة والتي يمكن ان تتم من خلال الفهم الجيد لمبادئ نظرية الآلات ومفاهيم علم الحركة مع الإلمام الجيد بقواعد التحليل الإنشائي للنظم المتحركة , وكذلك أساليب التطبيق الجيد والمرن لهذه الآليات.

وعلى ذلك تنبثق مشكلة البحث من الحاجة إلى استنباط متطلبات التحليل الإنشائي اللازمة لتوظيف الحركة في تصميم النظم المعدنية سابقة التجهيز والتي تسهل عملية التحليل الإنشائي الحركي والتوظيف الميكانيكي لآليات نقل الحركة في تصميم النظم المعدنية سابقة التجهيز .

ويهدف هذا البحث إلى استنباط متطلبات التحليل الإنشائي لتوظيف آليات الحركة في تصميم النظم المعدنية سابقة التجهيز في مجال التأثيث والإنشاء المعدني.

وتوصل البحث إلى أن عملية التحليل الإنشائي للنظم المتحركة سابقة التجهيز عملية ذات حساسية عالية لارتباطها بكفاءة أداء النظام وعدم انهياره تحت العوامل المختلفة , لذلك فإنها تحتاج لمهارات خاصة وقدرات غير تقليدية لحساب الأحمال ونتائجها بدون أخطاء , ومن ثم تتجه الكيانات المتخصصة نحو استخدام برامج الحاسب الآلي في عملية التحليل الإنشائي للنظم المتحركة سابقة التجهيز سواء كانت هياكل إنشائية معدنية أو منتجات صغيرة كالأثاث .

الكلمات المفتاحية : النظم سابقة التجهيز – التحليل الإنشائي – التحليل الوظيفي

Abstract :

The motion mechanisms considered as the way that achieve the kinematic functions of pre-fabricated metal systems, the designer should be aware of the kinematic needs to achieve the required kinematic functions and so the designer should consider the right motion of elements in his design process. It greatly affects the form, function ,performance and the structure of pre-fabricated metal systems. Which interrelated together to give a good usage and quality for the system as well as achieving user benefits and satisfaction.

The structural design of pre-fabricated metal systems depends on the perception of structural of motion mechanisms, which can be done through good understanding of machine theory principles and the motion science concepts with a good knowledge of the rules of structural analysis of kinematic systems, as well as methods of good and flexible application of these mechanisms.

Therefore the research problem stems from the need to devise the structural analysis requirements of kinematic function in the design of pre-fabricated metal systems which

facilitate the process of motion structural analysis as well as the mechanical employment of motion mechanisms in the design of pre-fabricated metal systems.

The research aims to devise the structural analysis requirements of kinematic function in the design of pre-fabricated metal systems in the field of metal furniture and construction.

The research concludes that the structural analysis process of kinematic pre-fabricated metal systems is very sensitive process which associated with the efficiency of system performance and not collapse under the various factors, therefore its need to special skills and unconventional capabilities to calculate loads and results without error. Hence, specialized institutions are moving towards the use of computer programs in the structural analysis process of pre-fabricated motion systems, whether they are metal structures or small products such as furniture

Keywords : Pre-fabricated Systems- Structural Analysis- Functional Analysis

مقدمة البحث :

تعد آليات الحركة هي الطريقة التي من خلالها يتم تحقيق الوظائف الحركية المطلوبة من النظم سابقة التجهيز , والتي لا بد وان يكون المصمم على دراية بالاحتياجات الحركية الأساسية لتحقيق الوظائف الحركية المطلوبة ، ومن ثم لا بد أن يأخذ في الاعتبار الحركة الجيدة (الطبيعية- السليمة- المؤثرة) خلال عملية التصميم، والتي يكون لها تأثير كبير على شكل ووظيفة وأداء النظم سابقة التجهيز في النهاية، وبما يفيد المستخدم ويؤثر ايجابيا على استخدام النظم وجودته . وتعتمد عملية تعليم التصميم الإنشائي للنظم المعدنية المتحركة سابقة التجهيز على إدراك إنشائية آلية الحركة من خلال الفهم الجيد لمبادئ نظرية الآلات ومفاهيم علم الحركة وقواعد التحليل الإنشائي للنظم المتحركة , وكذلك أساليب التطبيق الجيد والمرن لهذه الآليات.

حيث تتم العملية التصميمية للوظيفة الحركية في النظم سابقة التجهيز من خلال مراحل تنسيقية وتخطيطية تهدف في مجملها إلى تقديم حلول جزئية وكلية ذات طابع إبداعي عن طريق التأليف أو دمج الحلول الحركية الجزئية وصولاً إلى صياغة بنائية مستهدفة ذات سمات خاصة لاستيفاء احتياجات حركية محددة , والتي يمكن تحقيقها بكفاءة من خلال تفعيل الاستفادة المصمم من البعد الإنشائي لتحقيق نظم حركية يسهل توظيفها أو تطويرها بما يتوافق مع طبيعة الأداء الحركي المطلوب ووفق أداء سلس لوظائف النظم سابق التجهيز بشكل عام.

مشكلة البحث :

تتمثل مشكلة البحث في الحاجة إلى استنباط متطلبات التحليل الإنشائي اللازمة لتوظيف الحركة في تصميم النظم المعدنية سابقة التجهيز والتي تسهل عملية التحليل الإنشائي الحركي والتوظيف الميكانيكي لآليات نقل الحركة في تصميم النظم المعدنية سابقة التجهيز .

هدف البحث :

يهدف البحث إلى استنباط متطلبات التحليل الإنشائي لتوظيف آليات الحركة في تصميم النظم المعدنية سابقة التجهيز بمجال نظم التأثيث والإنشاء المعدني.

أولاً : مفهوم ومبادئ نظرية الآلات

لكي يكون النظام سابق التجهيز نظاماً مؤدياً لوظائفه المحددة، فلا بد أن تكون مجموعة العناصر المكونة له قد تم بناؤها أو ترتيبها بناءً على تنظيم محكم من حيث الشكل أو الوظيفة، ومن ثم فإن بناء العناصر أو ترتيبها يجب أن يؤدي الوظيفة

الأساسية ، وعندما تكون هذه الوظيفة حركية يقوم الفكر التصميمي لنظام البناء الحركي لهذا النظام على الفهم السليم لمجموعة من آليات الحركة المنبثقة من نظرية الآلات Theory of Mechanisms . ويعرف علم الحركة بأنه الدراسة المتكاملة لحركة الأجسام في جميع أشكالها ومجالاتها، وتعرف حركة الأجسام من الوجهة الميكانيكية بأنها تغير في موضع الجسم أو وصلاته، في الفراغ من خلال تطبيق مقادير متغيرة من القوة. (مرجع رقم 6)

وتعتمد الفكرة الأساسية لنظرية آليات الحركة " أو نظرية الآلات " على مبادئ نقل الحركة ومستوياتها وعدد درجات الحرية، ولفهم نظرية الآلات يتم التعريف ببعض النقاط الرئيسية والتي يمكن توضيح أساسياتها Fundamentals من خلال ما يلي :

1- الحركة Motions : توصف الحركة من خلال المفاهيم التالية : شكل (1)

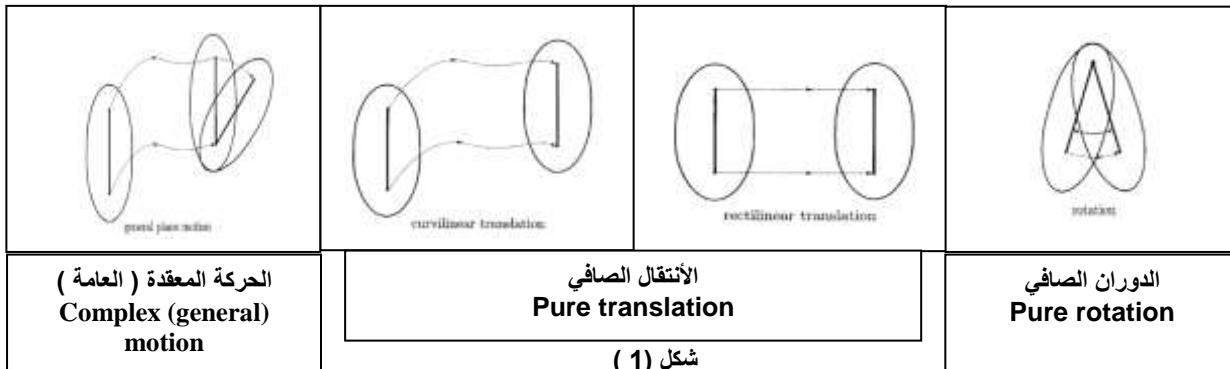
- الدوران الصافي Pure rotation : وفيه يمتلك الجسم نقطة واحدة (مركز الدوران) وتكون كل نقطة في الجسم هي وصف لشكل دوراني حول هذه النقطة .

- الانتقال الصافي Pure translation : كل النقط في الجسم هي وصف لشكل انتقال لممرات متوازية

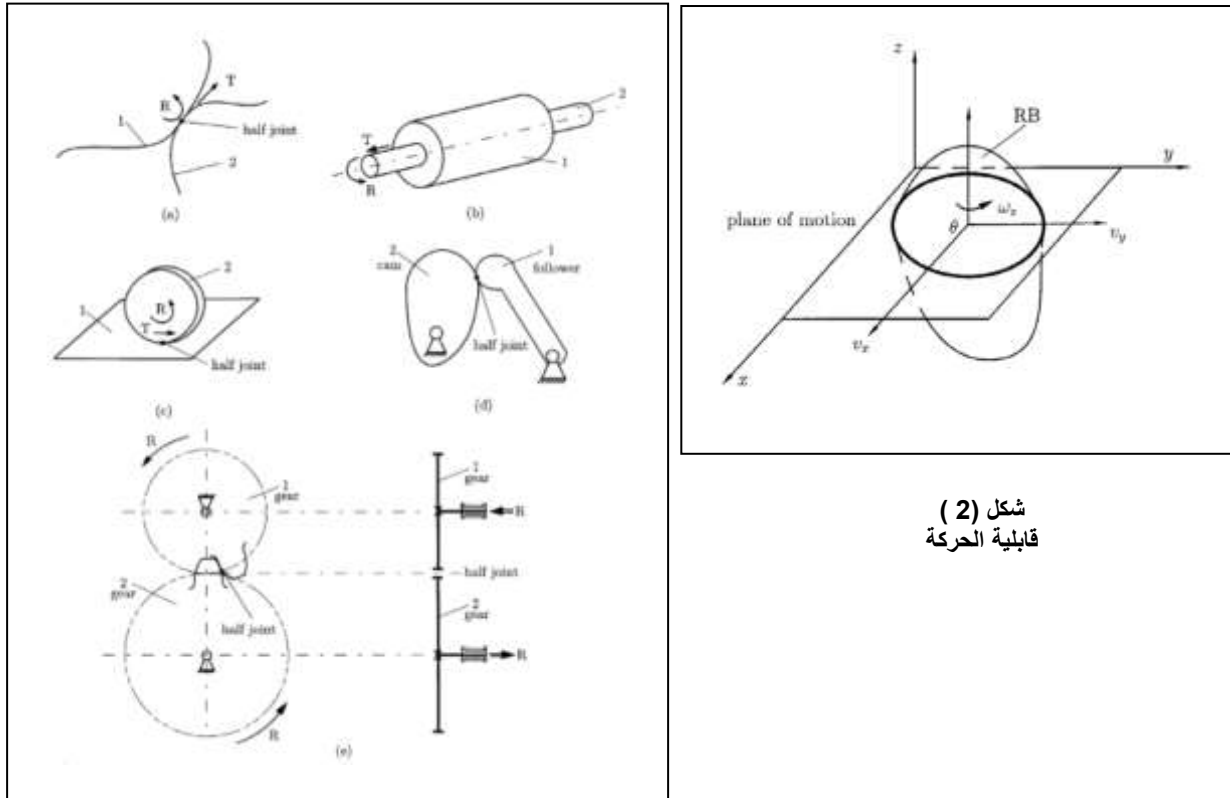
- الحركة المعقدة (العامة) Complex (general) motion : وهي مجموعة أنية من الدوران والانتقال .

2- قابلية الحركة Mobility : المقصود بها عدد المقاييس المستقلة الضرورية للتعرف على الوضع الحركي الإستثنائي في الفراغ وفي أي لحظة من الوقت في مستوى الحركة plane of motion كما بالشكل (2) .

3 - الأزواج الحركية Kinematic Pairs : تمثل الأزواج الحركية Kinematic Pairs الوسيلة التي يتم بها تكوين الترابط Linkages وهي عناصر أساسية لكل ميكانيزمات الحركة في أي نظام حركي , كما بالشكل (3) . (مرجع رقم 2)



شكل (1)
الحركة من خلال أشكالها المتعددة

شكل (2)
قابلية الحركةشكل (3)
الأزواج الحركية

4- عدد درجات الحرية (DOF) Number of Degrees of Freedom : إن مفهوم عدد درجات الحرية أساسي في تحليل الآليات وهو ضروري لقدرته على التقرير السريع لعدد DOF لأي مجموعة من الروابط والأزواج الحركية التي تقترح كحل لمشكلة ما في أي نظام حركي , وعدد درجات الحرية يمكن أن يعرف إما بأنه :

- عدد المدخلات الضرورية لكي يخلق مخرجات نظام متوقعة .
- عدد النظراء المستقل independent coordinates المطلوب لتعريف وضع النظام .

وأن أي جسم في الفراغ له 6 درجات من الحرية , تحسب عدد درجات الحرية لأي نظام (f) يحتوي (n) من الروابط الحركية ويكون له (6-f)n درجات حرية , ولكل من الأزواج الحركية من الدرجة (j) يكون لها (j - f) درجات حرية , وفي حالة تصميم نظام يحتوي أكثر من زوج من الأزواج الحركية من الدرجة (k) يكون عدد درجات الحرية للنظام من المعادلة التالية :

$$M = (6 - f)n - \sum_{j=f+1}^5 (j - f)c_j.$$

5- الآليات المستوية Planar Mechanisms : وتمثل عدد الأزواج الحركية سواء كانت دورانية أو انتقالية بين الوصلات والروابط في النظام الحركي , ويتم احتسابها بالإعتماد على عدد درجات الحرية . (مرجع رقم 6)

ثانياً: الاعتبارات الوظيفية في تصميم النظم المتحركة سابقة التجهيز:

يعرف النظام سابق التجهيز بأنه هو الكيان المتناسق الذي يتكون من أجزاء وعناصر سابقة التجهيز يتم تجهيزها بشكل مسبق في المصنع ويتم تجميعها سواء في المصنع أو في مكان أداء وظيفتها , وتكون عناصر هذا النظام متداخلة ذات علاقات تبادلية تقوم بأداء وظائف وأنشطة تكون محصلتها النهائية بمثابة الناتج الذي يحقق وظيفة النظم سابقة التجهيز من خلال كلاً من التحليل الوظيفي والبناء الوظيفي الحركي لهذه النظم .

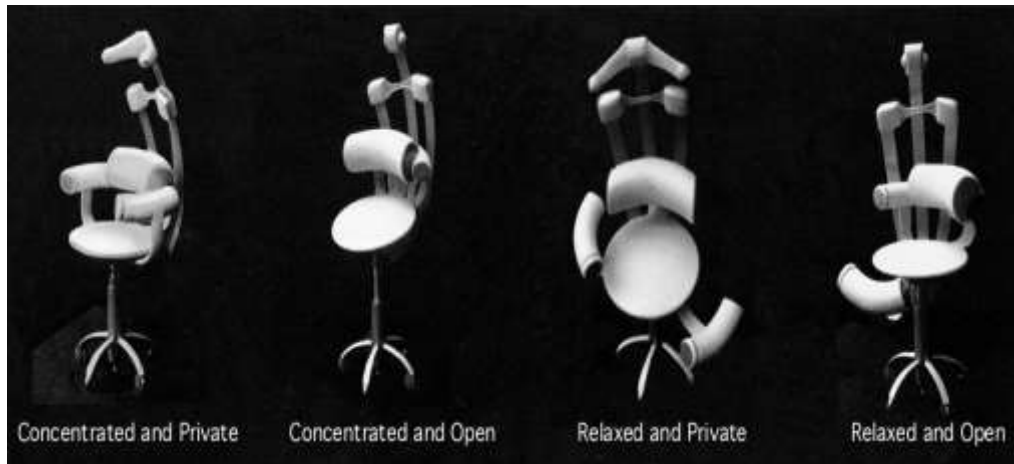
1- التحليل الوظيفي:

يقصد بالوظيفة Function بأنها ظروف الفعل الذي يحقق به الشيء هدفه, وأن النظم تصنع لأغراض عملية تؤديها، وفوائد تؤخذ منها، وبناء عليه تحدد الأغراض المقصودة للنظام المصنوع ويكون شكله ملائماً للوظائف وناتجاً منها وتابعاً لها .

ولقد تعددت المفاهيم المتعلقة بالوظيفية غير أن جميعها تجتمع على أن هناك عامل مشترك هو تحقيق الشكل المبتكر للغرض منه، فكثير من النظم تصمم لأداء وظيفة معينة وباختلاف الوظيفية تختلف الخامة وأسلوب الإنتاج، وينعكس ذلك في النهاية على الشكل المطلوب.

كما تعبر الوظيفية عن النشاط المتوقع للنظام، وهي تعرف كذلك بأنها ملائمة النظام للهدف الذي صمم من أجله، بما يعنى الاستغلال الأمثل للموارد والإمكانات المتاحة، اعتماداً على القياس العلمي لتقرير القيمة والحكم على الأداء . (مرجع رقم 7)

وكما كانت الوظيفة تعبر عن توقع المستخدم لما يمكن أن يحققه النظام كلما ازدادت كفاءة وفاعلية أداء هذا النظام، ويوضح الشكل (4) تصميم كرسي معدني مرن The Conceptual Chair للمصمم "كين فاي شونج Kin Fai Cheung", ومن خلاله يبين كيف يمكن أن يغير الكرسي من وضعه الوظيفي ليتناسب مع احتياج المستخدم ووفق استخدام اليد بفاعلية وسهولة. (مرجع رقم 8)



شكل (4)

تغير وضع الكرسي الوظيفي ليتناسب مع احتياج المستخدم

وعلى ذلك فإن عملية التحليل الوظيفي تعتمد على تحقيق الوظائف الرئيسية والثانوية لنظام بأكثر السبل رضاء للمستخدم ، والذي يتحقق من خلال دراسة العلاقة بين الأجزاء والعناصر لتحقيق الترابط والتناسب والتوافق بينها لتحقيق التكامل في النظام.

ويتم تحليل العمل البنائي إلى مجموعة من العناصر تبعا لعددتها ومدى أهميتها في تحقيق الهدف الكلي حيث يمكن للمصمم الحذف أو الاستغناء عن احد أو بعض عناصر العمل، وكذلك يمكن للمصمم إضافة عنصر أو أكثر إذا لزم الأمر. وتبعاً لذلك توجد عناصر أساسية تؤدي الوظيفة الرئيسية "Main Function"، وتعبر عن مجموع الوظائف الأساسية التي تؤدي وظائف فرعية "Sub Function" وهي مواصفات العمل التي تدعم الوظيفة الرئيسية، وبعد تحليل الوظيفة الكلية إلى وظائف جزئية يبدأ المصمم في الربط بين هذه الوظائف بترتيب مقترح حسب الأهمية وصولاً إلى الوظيفة الكلية، ويتحدد البناء الوظيفي تبعاً لأسلوب دمج أو ترتيب الوظائف الجزئية، من خلال وضع البدائل كأسلوب الربط بينها، وبصفة عامة فإن أي نظام يجب أن يكون له فائدة أساسية من وجوده وقد تتبعها فوائد فرعية، وهذا هو ما يمكن تعريفه بالبناء الوظيفي للنظام. (مرجع رقم 10)

2- البناء الوظيفي الحركي :

يعني البناء الوظيفي الحركي بأنه الربط المنطقي بين الوظائف الحركية الجزئية لتأدية الوظيفة الحركية الكلية المقصودة بواسطة عناصر الاستخدام، ويتم ذلك عن طريق تحليل الوظيفة الكلية إلى وظائفها الجزئية بحيث يصل إلى وظائفها الجزئية ذات الحلول الموجودة، ويتم الربط بين الوظائف الحركية الجزئية في تصميم النظم المتحركة سابقة التجهيز من خلال أحد العلاقات الآتية:

أ- ربط متوالي: وهو يكون في هيئة سلسلة مستمرة - بحيث أنه عند انتهاء وظيفة تبدأ وظيفة أخرى تليها - بمعنى أن تكون مخرجات الوظيفة الجزئية الأولى هي مدخلات الوظيفة الجزئية التالية .



شكل (5)
الربط المتوالي في النظم سابقة التجهيز

ب- ربط متوازي: وفيها يتم عمل الوظائف الجزئية أو بعضاً منها في نفس الوقت.



شكل (6)
الربط المتوازي في النظم سابقة التجهيز

ج- ربط مختلط : وفيها يتم إجراء بعض الوظائف في شكل متوالي ، والبعض الآخر في شكل متوازي.



شكل (7)
الربط المختلط في النظم سابقة التجهيز

ثالثاً : الخصائص الإنشائية للنظم المعدنية المتحركة سابقة التجهيز

تحدد الخصائص الإنشائية للنظم المعدنية سابقة التجهيز مدى كفاءة النظام من الناحية الإنشائية والتي يترتب عليها مدى جودة النظام وكفاءته في تأدية وظائفه وكذلك مدى استقراره وعدم انهياره تحت تأثير الأحمال والعوامل الخارجية والداخلية المختلفة , تتجاوز ذلك في حالة النظم المتحركة لتضمن بنائية الوصلة التي يتم من خلالها الحركة وتحويل

النظام إلى قسمين أحدهما ثابت والأخر متحرك لكل منهما بنائيته الإنشائية المعتمدة على تلقيه الأحمال , لذلك تكون عملية التحليل الإنشائي هي المحور الرئيسي لضمان استقرار وجوده أداء هذه النظم خلال عملها لذلك فإن في هذا المحور سوف يتم تناول مفهوم التحليل الإنشائي للنظم المعدنية سابقة التجهيز وكذلك خصائص التحليل الإنشائي للنظم المعدنية المتحركة سابقة التجهيز .

1- مدخل لمفهوم التحليل الإنشائي للنظم المعدنية سابقة التجهيز .

تعتبر عملية التحليل الإنشائي هي المحور الأساسي والداعم لعملية تصميم النظم البنائية والنظم سابقة التجهيز، وهي تبحث في تجاوب العناصر الإنشائية المكونة لنظام مع المؤثرات الخارجية التي قد يتعرض لها أثناء عمره الافتراضي وتأدية وظائفه ، حيث تركز عناصر البناء على عدد من الركائز , Supports, في صورة قطاعات تتصل ببعضها عن طريق وصلات والتي تقوم بنقل الأحمال إلى تلك الركائز، وذلك من أجل تكوين نظام بنائي قادر على مقاومة أي حمل Load قد يتعرض له، وبدون أن يتحرك من موقعه . (مرجع رقم 1)

يعرف التحليل الإنشائي بشكل عام بأنه هو الطريقة التي بواسطتها يتم بناء الهيئة الشكلية للنظام ويتحكم في اتزانه واستقراره عبر تنظيم العلاقات التبادلية بين العناصر الإنشائية المكونة لهذا النظام . (مرجع رقم 11)

وعلى ذلك يعرف التحليل الإنشائي للنظم سابقة التجهيز بأنه عملية تفسير استجابة التكوين البنائي لتأثير القوى الخارجية وفق القوانين التي تحكم اتزان واستقرار هذه النظم ، ويعتبر السلوك الإنشائي لعناصر هذه النظم بمثابة تجسيد للعلاقات الإنشائية التي تتصافر لتحقيق الوظيفة الأساسية وعبر اختيار مواد مناسبة ذات كفاءة إنشائية في مقاومة الأحمال والقوى الخارجية المؤثرة والإجهادات الداخلية والتشوهات الناجمة عن تلك المؤثرات مع ضمان استقرارها الإنشائي مع ظروف الاستخدام المختلفة .

ويعتمد التحليل الإنشائي على تبسيط التكوين الكلي للنظم إلى أبسط عناصرها مع التوزيع المنطقي للأحمال في المستوى ثلاثي الأبعاد . (مرجع رقم 9)

وعملية التحليل الإنشائي للنظم سابقة التجهيز عملية ذات حساسية عالية لارتباطها بالعمر الافتراضي للنظام وكفاءة أداءه وعدم انهياره تحت العوامل المختلفة , لذلك فإنها تحتاج لمهارات خاصة وقدرة غير تقليدية لحساب الأحمال ونتائجها بدون أخطاء , لذلك تتجه الدراسات الحديثة إلى استخدام برامج الحاسب الآلي في عملية التحليل الإنشائي للنظم سابقة التجهيز سواء كانت هياكل إنشائية معدنية أو منتجات صغيرة كالأثاث . (مرجع رقم 5)

2- خصائص التحليل الإنشائي للنظم المعدنية المتحركة سابقة التجهيز

إن النظم الإنشائية المتحركة بشكل عام يواجهها العديد من التحديات على المستوى الإنشائي نظراً لتغير الوضع الكلي للتحميل من فترة لأخرى وفق التغير الديناميكي الحاصل نتيجة حركة أجزاء بالهيكل الإنشائي , وهو ما يتطلب تصميم إنشائي معتمد على وصلات ودعامات أكثر صلادة من نظيرتها في الهياكل الإنشائية الثابتة.

ومن ثم يؤكد Andrés de Antonio Crespo, 2007 أنه يمكن إجراء افتراضين في التحليل الإنشائي للنظم الإنشائية المتحركة كما يلي:- (مرجع رقم 4)

أ. إن التغير في الشكل الهندسي changing geometry يؤدي إلى حدوث تغيراً جذرياً في السلوك الديناميكي dynamic behavior للنظام الإنشائي .

ب. إن التغيير في الشكل الهندسي *changing geometry* لا يؤثر كلياً على السلوك الديناميكي. وبما أن الحركة ستكون بطيئة، يمكن أن يكون التحليل الإنشائي شبه ثابت للهيكل الأساسي الحامل "الغير متحرك". بينما يتصرف الهيكل المتحرك ككتلة مركزة الأحمال على الجزء الأساسي .

وعلى ذلك فإن تصميم وصلات الهيكل المتحرك *The design of the connection of the movable structure* إلى الهيكل الثابت هو الجانب الحاسم *critical aspect* في عملية التحليل والتصميم الإنشائي حيث أن هذا الهيكل يمكن أن يتحرك ولكنه في الوقت نفسه يمكن أن يكون ثابتاً مع الهيكل الأساسي , ومن ثم فإن الافتراض الصحيح لعملية التحليل الإنشائي يتم من خلال عمل نمذجة رقمية لعملية التحليل الإنشائي ككل مع الوضع في الاعتبار حركة أو دوران الهيكل الإنشائي المتحرك، والتركيز بشكل خاص على الآثار الالتوائية *torsional effects* للهيكل كله. (مرجع رقم 4)

تتعدد البرامج الحاسوبية التي يمكن من خلالها عمل نمذجة لعملية التحليل الإنشائي والتي تعتمد على محاكاة النموذج الحقيقي بنفس الخامات والمقاييس الفعلية لتحديد دقيق للعناصر الإنشائية وطريقة استقبالها للأحمال وكذلك تحديد مناطق الأمان والضعف في الهيكل الإنشائي وكذلك مناطق الانهيار المحتملة له .

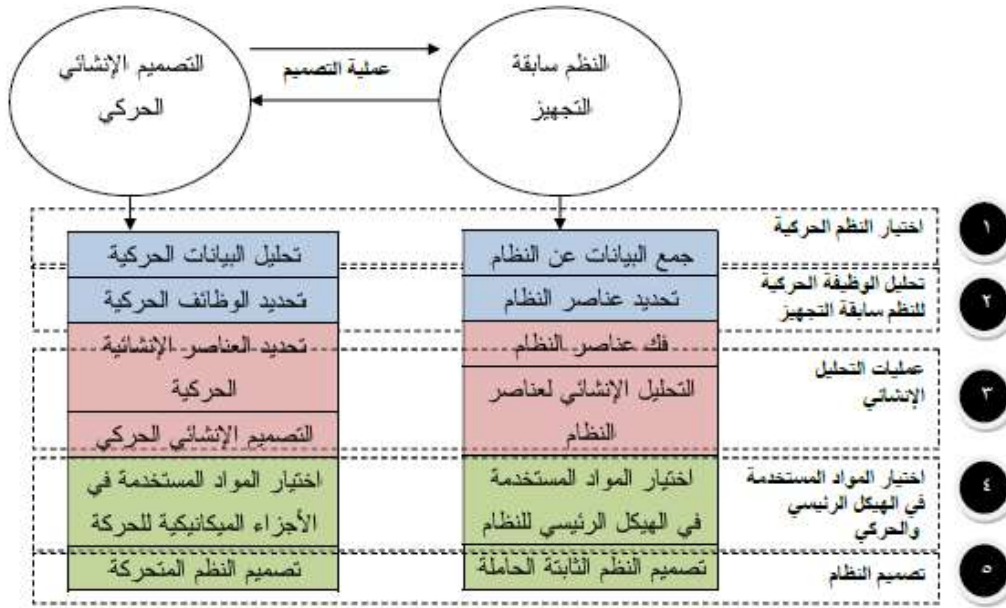
حيث يعد تطور برامج الحاسب الآلي من أحدث طرق التحليل الإنشائي وأقربها تمثيلاً للواقع وتعتمد جميعها على طريقة العناصر المحدودة *the finite element method* والتي تتيح تمثيل النظام الإنشائي للنظم سابقة التجهيز بطريقة ثلاثية الأبعاد وبعناصر أحادية وثنائية وثلاثية الأبعاد. ومن ثم لم يعد هناك ضرورة للتحليل الإنشائي بالطرق التقليدية التي تعتمد على التحليل الإنشائي أحادي أو ثنائي الأبعاد.

غير أن التحليل لثلاثة أبعاد باستخدام طريقة العناصر المحدودة *the finite element method* يعد هو التوجه الأحدث في تمثيل النظم الإنشائية بشكل عام حيث أصبح بالإمكان تمثيل النظام الإنشائي (المنشأ/المنتج) كوحدة واحدة وتحليله وتصميمه لأي عدد من الأحمال أو مركبات الأحمال *load combinations* في وقت أقل بكثير من كافة طرق التحليل التقليدية بما يتضمنه من عدم حدوث أخطاء مع دقة النتائج .

رابعاً : متطلبات توظيف البعد الإنشائي في تصميم النظم المتحركة سابقة التجهيز:

تعتمد آلية توظيف البعد الإنشائي في تصميم النظم المتحركة سابقة التجهيز على استخدام إجراءات التصميم الإنشائي الحركي والتي تأخذ في الاعتبار التحليل الإنشائي والوظيفي للأنظمة الحركية ضمن عملية تصميم النظم المتحركة سابقة التجهيز وفق الوظائف الحركية المرجو تحقيقها.

يمكن وصف هذه المتطلبات من خلال خطوات متتالية يتم تطبيقها على مستوى تحليل وتصميم النظام على المستوى الإنشائي والحركي وبنائية النظم سابقة التجهيز من خلال شكل(8) الذي يوضح هذه المتطلبات والعلاقة بين النظم سابقة التجهيز والتصميم الإنشائي الحركي من خلال علاقات تبادلية في عملية التصميم وذلك كما يلي :-



شكل (8)


متطلبات الاستفادة من البعد الإنشائي في تصميم النظم المتحركة سابقة التجهيز

1- اختيار طبيعة النظم الحركية سابقة التجهيز :

تطورت العملية التصميمية للوظيفة الحركية في النظم سابقة التجهيز على حسب العلاقة بين الوظيفة الحركية وكيفية أداء الوظيفة الكلية للنظام ودور الإنسان في أداء هذه الوظائف , ولهذا تنوعت هذه المراحل وتعددت طبقاً لتعقيد النظام سابق التجهيز مما تطلب ذلك تحديد مدى مشاركة الإنسان في كل مرحلة كما يلي:

- ✓ النظام الحركي اليدوي: Manual Motion System
- ✓ النظام الحركي النصف آلي: Semi-Automatic Motion System
- ✓ النظام الحركي الآلي: Automatic Motion System
- ✓ النظام الحركي ذو التحكم الذاتي: Automation Motion System
- ✓ نظام السيبرنتكس الحركي: Cybernetics Motion Systems

وبوضح الجدول التالي هذه الأنظمة :

نموذج	الوصف	النوع
 <p>سرير مستشفى متحرك يدوياً</p>	يتكون هذا النظام من أنظمة الحركة اليدوية ويكون المستخدم هو من يتحكم في العملية من خلال طاقته البدنية وذلك كمصدر للقوة ينقلها إلى أجزاء الحركة اليدوية والتي تستجيب في أداء الوظيفة الحركية وفقاً لقدرة المستخدم .	النظام الحركي اليدوي: Manual Motion System

 <p>وحدة الكنب-سرير نصف الاتوماتيكية</p>	<p>يتكون هذا النظام من مزيج بين أنظمة الحركة اليدوية والآلية ويقوم المستخدم بمشاركة النظام الآلي في التحكم في العملية من خلال طاقته البدنية البسيطة بينما يكون مصدر القوة هو الجزء الآلي الذي ينقلها إلي أجزاء الحركة والتي تستجيب في أداء الوظيفة الحركية وفقاً لقدرة الجزء الآلي .</p>	<p>النظام الحركي النصف آلي: Semi-Automatic Motion System</p>
 <p>كرسي طبي اتوماتيكي</p>	<p>يتكون هذا النظام من أنظمة الحركة الآلية ويكون دور المستخدم هو اعطاء الأمر للنظام الآلي في التحكم في العملية ويكون مصدر القوة هو الجزء الآلي الذي ينقلها إلي أجزاء الحركة والتي تستجيب في أداء الوظيفة الحركية وفقاً لقدرة الجزء الآلي , ويؤدي النظام الآلي في هذه الحالة الوظائف العملية والأنشطة دون تدخل من الإنسان ولكن يقبل تدخله في بعض المراحل .</p>	<p>النظام الحركي الآلي: Automatic Motion System</p>
 <p>السرير الاتوماتيكي متعدد الأغراض "التحكم عن بعد"</p>	<p>يتكون هذا النظام من أنظمة الحركة الآلية حينما يكون نظام الحركة ذاتي التحكم فانه يؤدي كل الوظائف الحركية والأنشطة ولا تقبل تدخل الإنسان في أي مرحلة .</p>	<p>النظام الحركي ذو التحكم الذاتي: Automation Motion System</p>
 <p>وحدة كرسي الألعاب التفاعلي</p>	<p>يتكون هذا النظام من أنظمة الحركة الآلية بحيث يكون نظام الحركة هو تطوير لنظام التحكم الذاتي حيث أن نظام الحركة الآلية في هذه الحالة لا يؤدي الوظائف والأنشطة كاملاً فحسب ولكن أيضاً يقوم باختيار بدائل العمليات والأنشطة المناسبة وتوقع الاحتمالات الطارئة الممكن حدوثها وكذلك إصلاح الأعطال المتوقع حدوثها .</p>	<p>نظام السيبرنتكس الحركي: Cybernetics Motion Systems</p>

2- تحليل الوظيفة الحركية فى تصميم النظم سابقة التجهيز :

الوظيفة الحركية فى تصميم النظم سابقة التجهيز تعنى باستخدام جميع الإمكانيات المتاحة لإنجاح الحركة فى هذه النظم بأقصى مرونة وفاعلية وسهولة استخدامه , والوظيفة الحركية هي أحد العوامل المؤثرة فى نجاح الوظيفة العملية لهذه النظم .

وتتم العملية التصميمية للوظيفة الحركية فى النظم سابقة التجهيز من خلال مراحل تنسيقية وتخطيطية تهدف فى مجملها إلى تقديم حلول جزئية وكلية ذات طابع إبداعي عن طريق التأليف أو التوفيق أو دمج الحلول الحركية الجزئية وصولاً إلى صياغة بنائية مستهدفة ذات سمات خاصة لاستيفاء احتياجات حركية محددة، بحيث تبدأ العملية التصميمية بدراسة الوظائف الحركية الجزئية والكلية فى ضوء المعايير التصميمية المتفق عليها، ثم التقويم لكل من الوظائف الحركية الكلية و الوظائف الحركية الجزئية وصولاً لأنسب العلاقات البنائية بين تلك الوظائف .

3- التحليل الإنشائي للنظم المعدنية المتحركة سابقة التجهيز

يقدم التحليل الإنشائي باستخدام برامج الحاسب مجموعة من المزايا تتمثل فيما يلي :-

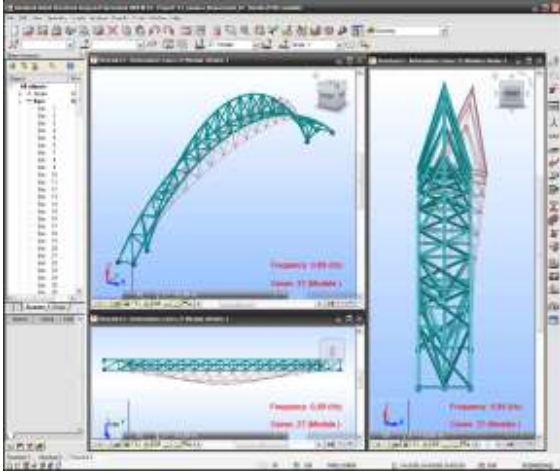
أ- إجراء التعديلات فى الأحمال أو المواصفات المتعلقة بالخامات أو طبيعة العناصر الإنشائية.

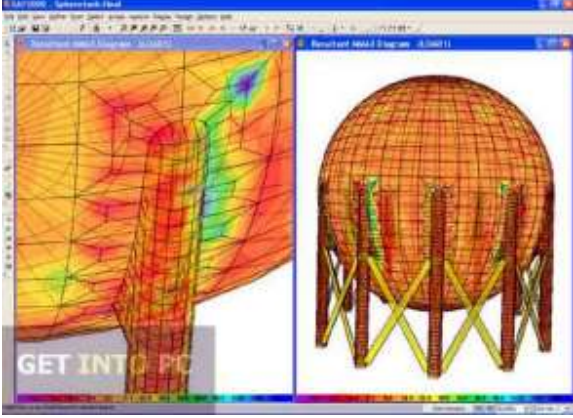
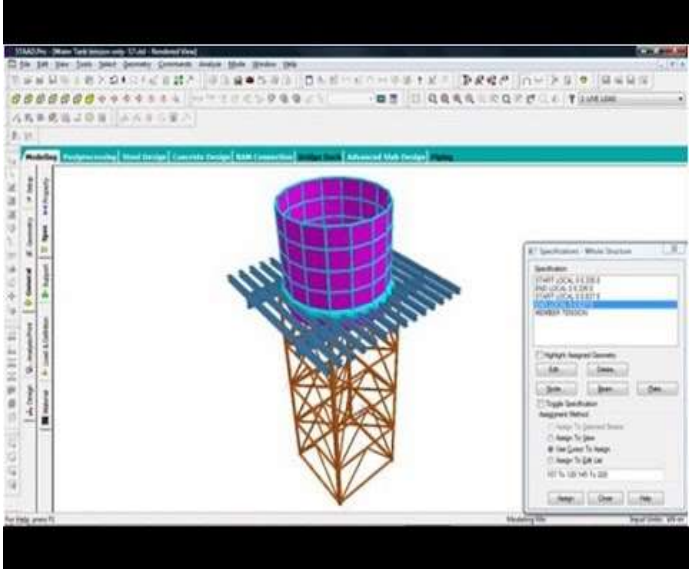
ب- إعادة التحليل والتصميم والتقييم لأي متغيرات فى الأحمال أو مواصفات أو أبعاد العناصر الإنشائية.

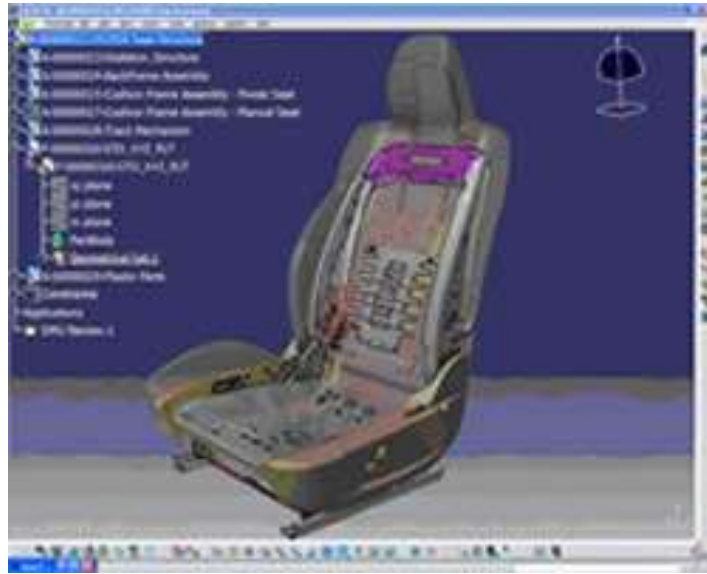
ج- النظام الأمثل لتمثيل الواقع وبالتالي للتحليل الديناميكي للنظم المتحركة . (مرجع رقم 3)

ومن البرامج الشهيرة على المستوى العالمي فى التحليل والتصميم الإنشائي للنظم المعدنية سابقة التجهيز البرامج

التالية :-

البرنامج	الوصف
Robot Autodesk Structural Analysis Professional	برنامج روبوت او (robot) وهو برنامج التحليل الإنشائي المعروف وهو يقوم بتحليل الهياكل والمنشآت المعدنية والحصول على النتائج وعرضها فى شكل بسيط ومن مميزاته إمكانية اختيار كود التصميم و سهولة التعامل ودقة النتائج وإمكانية الحصول منه على تصميم للقطاعات وبالتالي إخراج قائمة حسابية بالتحليل الإنشائي وتصميم القطاعات.
	
واجهة المستخدم لبرنامج روبوت	
Structural SAP Analysis	اسمه هو الحروف الأولى من عمله Structural Analysis Program وهو برنامج يقوم بالتحليل الإنشائي والتصميم لجميع أشكال المنشآت بشكل عام، وغالباً يتم

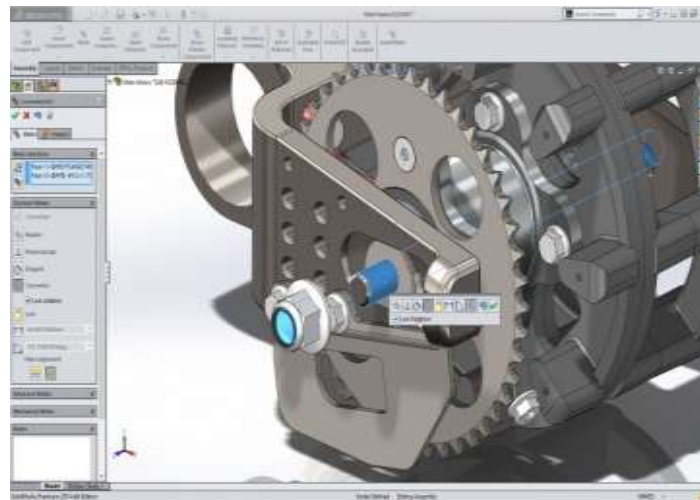
<p>استخدامه لحساب العناصر القشرية - القباب - الخزانات - الأبراج المعدنية. كما انه يتميز بالسهولة والدقة في التصميم والتوافق مع معظم الكودات العالمية .</p>	<p>Program</p>
 <p>واجهة المستخدم لبرنامج ساب</p>	<p>STAAD : Structural Analysis And Design</p>
<p>وهو من أكثر البرامج في عملية التحليل الإنشائي إنتشاراً وهو مميز في حل المنشآت المعدنية وأكثر ما يتميز به عن باقي البرامج النمطية أو الخطوات الثابتة في الحل مما يعطي مرونة كبيرة للمستخدم في التعامل وإخراج النتائج مع خاصية اختيار كود التصميم.</p>	
 <p>واجهة المستخدم لبرنامج ستاد</p>	<p>CATIA V5</p>
<p>كاتيا هو برنامج تصنيع متكامل بالحاسب الآلي تم تطويره من قبل شركة داسو سيستمس. كاتيا مكتوب في لغة البرمجة ++C ، و هو حجر الزاوية في برمجيات إدارة دورة حياة المنتج. يخلط البعض بين وظيفته ووظائف البرامج الأخرى ، التي قد تصل إلى مرحلة التصميم CAD لكنها لا تصل مطلقا إلى مرحلة التصنيع CAM</p>	



واجهة المستخدم لبرنامج كاتيا

سوليدوروكس هو عبارة عن برنامج (تطبيق) تصميم ميكانيكي ثلاثي الأبعاد (التصميم بمساعدة الكمبيوتر). وهو يتضمن مديول كامل عن التحليل الإنشائي للنظم والمنتجات.

Solidworks



واجهة المستخدم لبرنامج سوليدوروكس

4- اختيار المواد المستخدمة في الأجزاء الميكانيكية للحركة :

تصنع الأجزاء الميكانيكية للحركة من مواد تتميز بمواصفات متانة عالية بعد معالجتها حراريا بهدف زيادة مقاومتها للتآكل الميكانيكي وإجهاد الكلال الملائم لأدائها الوظيفي.

ويتوقف إختيار المواد التي تصنع منها الأجزاء الميكانيكية للحركة في النظم سابقة التجهيز علي مدى تحمل هذه المواد للإجهادات المختلفة.. لذلك يستخدم فيها الصلب الكربوني (الذي يحتوي عي نسبة كربون تتراوح من 0.4 : 0.5 % كربون) ، حيث يتميز بمواصفات تشغيلية عالية بالإضافة إلي إكسابه خواص ميكانيكية وميتالورجية مناسبة لأدائه الوظيفي بمعالجته حراريا كما يمكن أن يستخدم الصلب السبائكي أيضا أو من حديد الزهر الممتطولي العالي المتانة

. Ductile Cast Iron

5- تصميم النظام :

تشمل عملية تصميم النظام مرحلتين وهم تصميم الهيكل الإنشائي الحامل سواء من الناحية الإنشائية أو الشكلية وكذلك تصميم الهيكل المتحرك بما يتضمنه من اجزاء ميكانيكية .

ويستخدم تصميم الهيكل الإنشائي الحامل في تكوين الهيكل البنائي المراد تصميم قطاعاته ليكون الدعامة الرئيسية التي يركز عليها النظام ، ويعرف بانه الهيكل البنائي المتكون من مجموعة من العناصر قطاعات وصلات ،... القدرة على تلقي ومقاومة القوى المختلفة الناتجة عن الوزن الذاتي للنظام وعن الحركة الناتجة عن تأدية الوظائف الحركية ، دون حدوث أى تأثير على استقرارها، وذلك من خلال ردود الأفعال التي تتولد في الهيكل عند وقوع تلك القوى عليه.

ويتم تصميم الهيكل الإنشائي الحامل من خلال حساب الأحمال المختلفة التي تقع على عناصره المختلفة ثم تحقيق عامل الاتزان الاستاتيكي لتلك العناصر ، بغرض تحقيق الكفاءة الشكلية مع البعد الإنشائي والتي تعني التوافق بين استخدام المادة الإنشائية المناسبة وشكلها الإبداعي المتوافق مع طبيعة القوى المؤثرة علي النظام المتحرك سابق التجهيز بما يعنى استخدام المواد الإنشائية بأقصى كفاءة ممكنة، وذلك وفقاً لمعايير شكلية وجمالية منطقية تتمثل في تحقيق الجمال الشكلي وفي نفس الوقت القوة والاتزان للنظام البنائي.

نتائج البحث :**توصل البحث إلى الاستنتاجات التالية :**

- إن الربط بين الوظائف الحركية الجزئية فى تصميم النظم المتحركة سابقة التجهيز يتم من خلال أما الربط المتوالي وهو يكون في هيئة سلسلة مستمرة متتابعة ، أو الربط المتوازي وفيه يتم عمل الوظائف في نفس الوقت ، والربط المختلط وجمع بينهم .
- تعد عملية التحليل الإنشائي للنظم المتحركة سابقة التجهيز عملية ذات حساسية عالية لارتباطها بكفاءة أداء النظام وعدم انهياره تحت العوامل المختلفة ، لذلك فإنها تحتاج لمهارات خاصة وقدرات غير تقليدية لحساب الأحمال ونتائجها بدون أخطاء ، ومن ثم نتجه الكيانات المتخصصة نحو استخدام برامج الحاسب الآلي في عملية التحليل الإنشائي للنظم المتحركة سابقة التجهيز سواء كانت هياكل إنشائية معدنية أو منتجات صغيرة كالأثاث .
- تتعدد البرامج الحاسوبية لعملية التحليل الإنشائي للنظم المتحركة سابقة التجهيز والتي تعتمد على محاكاة النموذج الحقيقي بنفس الخامات والمقاييس الفعلية لتحديد دقيق للعناصر الإنشائية وطريقة استقبالها للأحمال وكذلك تحديد مناطق الأمان والضعف في الهيكل الإنشائي وكذلك مناطق الانهيار المحتملة له .
- قدم البحث رؤية لمتطلبات توظيف البعد الإنشائي في تصميم النظم المتحركة سابقة التجهيز عبر استخدام إجراءات التصميم الإنشائي الحركي.
- أهمية بناء تعليم تصميم الأثاث المتحرك على الفهم الجيد لمبادئ نظرية الآلات ومفاهيم علم الحركة ، وكذلك تفعيل أساليب التطبيق الجيد والمرن لهذه الآليات .
- أهمية التفعيل التطبيقي لكيفية الاستفادة من خصائص التحليل الإنشائي بما يدعم قدرات حل المشكلات في مراحل بناء الفكر التصميمي للنظم المتحركة سابقة التجهيز .

مراجع البحث :

1. أحمد حامد المعلاوي (2001) الجوانب البنائية المؤثرة في تصميم الوصلات المسبوكة المستخدمة في الاثاث المعدنية, رسالة ماجستير , كلية الفنون التطبيقية , جامعة حلوان.
2. A. John Uicker , Gordon Pennock & Joseph Shigley (2010) Theory of Machines and Mechanisms, Oxford University Press; 4 edition.
3. Abdul Razzaq Touqan (2005) Necessity of Upgrading Methods of Analysis for Seismic Resistant Design, the international earthquake engineering conference, paper no. 17, Dead Sea, Jordan,.
4. Andrés de Antonio Crespo (2007) Conceptual Design of a Building with Movable Parts, master these Civil and Environmental Engineering, Massachusetts institute of technology,2007
5. Carl A. Eckelman (2006) Use of personal computer in the structural design and product engineering of furniture , Forest Product Research Society, Proceeding of Computer Symposium .
6. Dan B. Marghitu (2001) Mechanical Engineer's Handbook , Academic Press Publishing, 1st edition.
7. Filippo A. Salustri (2003) Towards an action logic for design processes - international Conference on Engineering Design (ICED 03) STOCKHOLM.
8. Kees J. Overbeeke, Peter Vink, and Fai K. Cheung (2001) The emotion-aware office chair - The International Conference on Affective Human Factors Design Asean Academic Press, London.
9. Li Dai & Jilei Zhang (2007) Simplified analysis and design methods for structural members of sofa frames considering fatigue effects, Forest Prod. Journal,57(9).
10. M. Hashemian (2005) Design for adaptability, Ph. D. thesis, Department of Mechanical Engineering, University of Saskatchewan.
11. Tuncer Dilik (2005) Structural Analysis of Furniture Hardware Industry in Turkey, Forest Prod. American Journal of Applied Sciences 2 (7).