The Egyptian Int. J. of Eng. Sci. and Technology
Vol. 15, No. 2 (May 2012)

EIJEST

المنشآت الديناميكية المتحولة
متطلبات ومراحل إعداد العملية التصميمية*

أ.د/ شريف كمال دسوقي،أ.د/ خالد إبراهيم نبيل،م/ حسين عصام أبو الفضل محمد.**
كليه الهندسة، جامعة الزقازيق ، الزقازيق ، مصر

ملخص البحث:-

تعتبر العمارة الديناميكية المتحولة Transformable Dynamic Architectureأحد أشكال العمارة الحركية Kinetic Architecture، وتعرف بأنها المنشآت التي يمكن أن تغير في شكلها لتأخذ تشكيلات ووضعيات فراغية متنوعة؛ لتحسين استغلال مساحات الفراغات أو لتعدد المنافع والاستخدامات (1)،تتميز هذه المنشآت بالعديد من الخصائص الوظيفية والبيئية والجمالية والاقتصادية.
ونظراً لتعدد الأهداف التصميمية لهذه النوعية من المنشآت، وطبيعتها الإنشائيةوالميكانيكية؛فقد استلزم زيادة تداخل التخصصات غير المعمارية في مراحل التصميم الأولي للمنشأ، عما يحدث في المنشآت التقليدية،ومراعاة متطلباتها بجانب القرار التصميميالمعماري؛ ليتوافق مع المتطلبات الوظيفية، البيئية، الجمالية والاقتصادية؛ حتى لا يكون هناك تعارضاً فيما بين كافة التخصصات أثناء العملية التصميمية، والتوافق بينها.
وفي إطار ما سبق؛ تبرز أهمية تحديد دور كل تخصص في مراحل تصميم المنشآت الديناميكية المتحولة، وذلك بداية من مرحلة تصميم شكل الهيكل الإنشائي للمنشأ، ثم مرحلة تصميم التغطية، وبعدها مرحلة تحليل الأحمال والاجهادات، ثم تحضير المستندات والرسومات التنفيذية لكافة التفاصيل اللازمة للتنفيذ.
وتهدف ورقة البحث للتوصل لمتطلبات ومراحل العملية التصميمية، بداية من مرحلة التصميم المبدئي للمنشأ، ثم مرحلة التصميم المتقدم، التي تتداخل فيها التخصصات المختلفة مع تقييم أثر كل منها على المنشأ، ثم الرسومات التنفيذية؛ليبدأ التنفيذ.

كلمات مفتاحية : عمارة ديناميكية ، منشآت متحولة ، تداخل التخصصات، مراحل العملية التصميمية.

Métamorphique Installations dynamique Exigences et étapes de la conception du processus de préparation

RESUME -

L'architecture dynamique métamorphique architecture transformable dynamique est une forme d'architecture architecture cinétique Kinetic, définies comme des installations qui peuvent changer de forme pour prendre les formations et la position de la variété à vide, d'améliorer l'exploitation des espaces espaces ou pour de multiples avantages et les utilisations de (1), caractérisé par ces installations à plusieurs caractéristiques fonctionnelles, de l'environnement, esthétiques et économiques
Compte tenu de la multiplicité des objectifs de la conception de ce type d'installations, et la nature Alanchaihoualemakanekih; il a fallu augmenter les spécialités de chevauchement est d'architecture dans les stades de la conception initiale de l'origine, ce qui se passe dans les installations de traditionnel, et en tenant compte des exigences de la prochaine décision Altsamemialmmari; se conformer aux exigences fonctionnelles, de l'environnement, de développement esthétique et économique, de sorte qu'il n'est pas il ya un conflit entre toutes les disciplines au cours du processus de conception et de la compatibilité entre eux.
Dans le contexte de ce qui précède; souligne l'importance de définir le rôle de chaque discipline dans la conception des installations de la métamorphique dynamique, et le début de la phase de conception de la forme de la structure d'origine, puis la phase de conception de la couverture, et après les charges la phase d'analyse et les contraintes, puis de préparer les documents et des dessins pour tous les détails nécessaires pour la mise en œuvre.
Le but de cet article pour atteindre les exigences et les étapes de conception de processus, de la phase de conception initiale de l'origine, puis le stade de conception avancée, qui se confond avec les différentes disciplines avec l'évaluation de l'impact de chacun sur l'origine, et des dessins; pour commencer la mise en œuvre.

MOTS-CLES: construction d'une dynamique, des plantes mutantes, qui se chevauchent les disciplines, les étapes de la conception du processus.

* Received: 8/1/2012, accepted: 30/4/2012 (Review Paper)

** Contact author

مقدمة:-

العمارة الديناميكية المتحركة Dynamic Architecture هي احد فروع العمارة الحركية Kinetic Architecture(2)، وتعتبر أكثر أشكالها شيوعاً واستخداماً في الأعمال المعمارية ؛وهي المنشآت التي تتضمنحركة وحدات اصغر بالنسبة لها وغير متكاملة معها؛فالحركة لا علاقة لها بالهيكل الإنشائي للمنشأ ككل؛ على الرغم من قدرتها على التحكم بالسياق العام للمنشأ، مثل حركة القواطيع وعناصر الفرش والأسقف المتحركة وغيرها ، و تصنف العمارة الديناميكية إلى ثلاثة أنواع : إما متنقلة Mobile،أو متحولة Transformableأوقابلة للزيادة والنقصان(1)Incremental.

المنشآت المتحولة Transformable Buildings،هيأحد أشكال المنشآت الديناميكية،تعني المنشآت التي يمكن أنتغير في شكلها لتأخذ تشكيلات ووضعيات فراغية متنوعة، ويمكن أن تستخدملتحسين استغلال مساحات الفراغاتأو لتعدد المنافع والاستخدامات(1).

فهي منشآت ثابتة في مواقعها وغير متنقلة، لها قابلية التواؤم مع الاحتياجات والمتطلبات والظروف المتغيرة ــ غالباً ما تكون وظيفية أو بيئية ــ وذلك إما بالتغير في وضعياتها أو أحجامها أو مساحاتها أو بشكلها الهندسي(3).

ويظهر التحول في المنشآت في ثلاث مواضع كالتالي(4) :-
1 - حدوث حركة في الهيكل الإنشائي.
2 - حدوث حركة في بعض العناصر الداخلية.
3 - حدوث حركة بالكسوة المغلفة للمنشأ.

وسيتم في ورقة البحث التركيز على دراسة المنشآت المتحولة بحركة الهيكل الإنشائي، وهي المنشآت التي تتضمن هياكل إنشائية يمكنها التغير في وضعياتها أو أشكالها، بحيث ينتج عنها أشكالاً متعددة سواء كانت في وضع الثبات أو الحركة, فتستخدم كمنشآت ثابتة يكون فيها جزء أو كل الهيكل الإنشائي للمبنى قابل للتحرك(5)، بهدف عمل فراغات تتواءم مع رغبة المستخدمين، سهلة التطوير والتعديل تبعاً لمتطلباتهم، وتتواءم مع البيئة العمرانية المتضمنة لها(6).

ولطبيعة هذه المنشآت الإنشائية والميكانيكية، استلزم تدخل التخصصات الغير معمارية في مراحل التصميم الأولي لهذه المنشآت، وذلك لفتح مجالات الإبداع، والخروج عن التنميط، وتحقيق المتطلبات المعمارية المختلفة، سواء أكانت وظيفية أو بيئية أو اقتصادية أو غيرها، مع تحقيق الكفاءة والأمان للمستخدمين والمتعاملين مع المنشأ بعد إتمام التنفيذ.

مشكلة البحث:-

نظراً لتعدد متطلبات تصميم وتنفيذ المنشآت الديناميكية المتحولة، التي تتطلب تداخل العديد من التخصصات غير المعمارية في اتخاذ القرارات الأولية بمراحل التصميم المبدئي للمنشأ، خلاف المنشآت التقليدية ؛ تَبْرُز صعوبة اتخاذ القرار المعماري السليم، بما يؤثر على وضع حلول جديدة تجمع ما بين الفكر الإبداعي، والمتطلبات الوظيفية والبيئية والجمالية والاقتصادية.

هدف البحث :-

تهدف ورقة البحث إلى ما يلي :-

- إبراز أهمية تحقيق التداخل بين التخصصات المختلفة أثناء التصميم المبدئي للمنشآت المتحولة.
- دراسة عناصر تصميم المنشآت المتحولة، ودور ومهام كل تخصص بها.
- دراسة متطلبات تصميم الجزء المتحرك بالمنشآت المتحولة، والهدف من كل مرحلة.
- الوصول إلىمخطط لآلية مراحل إعداد العملية التصميمية، بداية من مرحلة التصميم المبدئي إلى التنفيذ.

منهج البحث:-

اتبع البحث المنهج الاستقرائي في تناول المعلومات، ودراسة المخططات التي تتضمن مراحل تصميم المنشآت الديناميكية المتحولة، والوصفي في دراسة بعض المشروعات.

1 -نماذج لمشروعات تبرز أهمية تحقيق التكامل بين التخصصات:-

تبرزأهمية التكامل بين التخصصات المختلفة في العديد من المشروعات الديناميكية المتحولة، والتي تحمل العديد من الخصائص التي يتطلب دراستها، والتي سيتم تناولها فيما يلي :-

1 1 -متحف ملواكي للفنون - الولايات المتحدة :-

متحف ملواكي للفنون Milwaukee Art Museum من تصميم المعماري سنتياجو كلاترافا Santiago Clatrava، يقع هذا المنشأ بالقرب من بحيرة ميتشجان بالولايات المتحدة الأمريكية، وقد شيد عام 1998.

جاء الجزء المتحرك بقاعة كوادراتشي Quadracci Pavilion بالمتحف، على شكل طائر يفرد أجنحته [*شكل 1*] (8)، تعمل كحجاب شمسي متحرك أعلى صالة الاستقبال بارتفاع 27 متر، ويتكون الجناحين المتحركين من72 زعنفة معدنية Steel Fins، تزن حوالي 90 طناً، وتغطي بحد أقصى عرض66م.

أعطت الخصائص الحركية لهذا المنشأ العديد من المزايا، على الرغم من تكلفته البالغة 121 مليون دولار؛حيث جمع ما بين تحقيق المتطلبات المعمارية البيئية والترفيهية والجمالية، والتي أدت إلى جعله علامة مميزة للمدينة، ومنها زيادة في العائد الاقتصادي، بزيادة عدد الزوار إلى أكثر من الضعف في أول سنة بعد افتتاحه (6 p. 160).

ولسنتياجو كلاترافا العديد من المشروعات، التي اتسمت بأنها تجمع مابين الفكر المعماري الإبداعي والفكر الإنشائي، بالإضافة إلى الجانب الحركي، فدراسته للعلوم الإنشائية هيأته ليكون متكاملا فيما بين تحقيق المتطلبات المعمارية، وتحقيق أسس الثبات والاتزان الإنشائي.

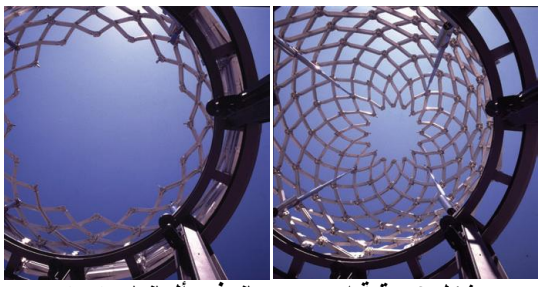
شكل 1: متحف ملواكي للفنون ، الولايات المتحدة. (9)

1 2 ـقبة أيريس ـ ألمانيا :ـ

قبة أيريس Iris Dome، من تصميم تشاك هوبرمان Chuck Hoberman،نفذت بمعرض اكسبو 2000 Expo بهانوفر بألمانيا، سميَّت هذه القبة بهذا الاسم لأنها تشبه في حركتها حركه حدقة العين[*شكل 2*]؛ حيث تفتح من أعلى لتنطبق على محيطها، وشيدت كعمل فني تخليداً لإعادة إنشاء كاتدرائية فراونكرش Frauenkirche التي هدمت في الحرب العالمية الثانية(7).

وتعتبر هذه القبة أحد أشكال المنشآت ذات المقصات Pantographic Structures، والتي أهتم بدراستها تشاك هوبرمان، وبرع بها، وحاز فيها على العديد من براءات الاختراع ؛ فقد قام هوبرمان بتصميم وتنفيذ نماذج لهياكل إنشائية متنوعة قابلة للفرد والضم، يسهل تطبيقها في الأعمال المعمارية(10).

وعلى الرغم من ذلك ؛ لم تنتشر حلوله واختراعاته حتى الآن بالأعمال المعمارية، وذلك لصعوبة استنتاج الأشكال الهندسية لهذه الهياكل الإنشائية، وصعوبة التحكم بها، وكبر تكلفة تصنيعها وصيانتها.



شكل 2 : قبة ايريس ، هانوفر، ألمانيا . (10)

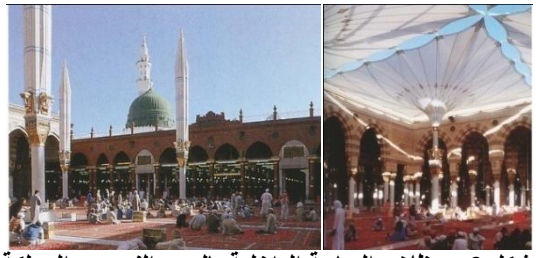
1 3 ـالمظلات المتحركة بالحرم النبوي ـ المملكة العربية السعودية :ـ

شيدت المظلات المتحركة للساحات الداخلية للحرم النبوي عام 1992 ، من تصميم بودو راش Bodo Rasch، الذي درس على يد فراي أوتو Frie Otto- مؤسس نظرية المنشآت الغشائية -، وطورها بعمل الصورة المتحولة منها.

توجد عدد 6 مظلات متحركة بكل ساحة داخلية بالحرم النبوي،المظلة الواحدة على شكل شمسية بأبعاد 17 × 18 م وبارتفاع 14 متراً في حالة الضم [*شكل 3*] ، وتتكون من هيكل معدني مغطى بغشاء من التفلون PTFE، وتفتح وتغلق لأغراض بيئية؛ حيث تقوم صيفاً بالإظلال طوال النهار، وفي المساء تفتح لتسرب الحرارة المخزنة بالفراغات الداخلية؛ أما شتاء تفتح نهاراً للتدفئة، وتغلق ليلاً للحفاظ على درجة الحرارة.(11)

في حالات هطول الأمطار؛ يتم صرف مياه المطر في ماسورة داخلية تتوسط العمود حيث تنحدر المياه من الخيمة إلى داخلها، ومنها إلى الصرف العمومي بالمنشأ، وفي حالات زيادة درجة الحرارة عن 45 درجة مئوية؛ يعمل التكييف الذي توجد فتحاته أسفل أعمدة الخيام المتحركة، واعلي تيجان هذه الأعمدة على ارتفاع 11 متر.(11)

فيبرز في هذا المنشأ التكامل ما بين التخصصات المختلفة، حيث تم تحقيق التوافق ما بين الفكر الوظيفي،البيئي،الجمالي والإنشائي، بالإضافة إلى التوافق فيما بين المرافق والخدمات المختلفة، من أنظمة إنشائية وميكانيكية.



شكل 3 : مظلات الساحة الداخلية بالحرم النبوي ، المملكة العربية السعودية(11)

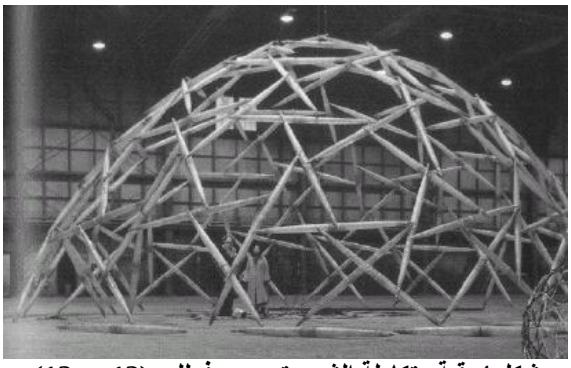
1 4 ـنظرية المنشآت المتكاملة الشد:ـ

وضع باكمنستر فوللر R.Buckmister Fuller العديد من النظريات الإنشائية، أبرزها نظرية الهياكل والجمالونات الفراغية، وقدم العديد من أشكالها إما بالشكل الثابت منها أو المتحول.

ومن النظريات الإنشائية التي وضعها نظرية المنشآت المتكاملة الشد Tensegirty[*شكل 4*]، والتي مازالت حتى الآن في طور الدراسةلتطبق بالأعمال المعمارية.(12 p. 12)

تعتمد فكرة هذه النظرية على المزج، ما بين الكابلات كعناصر شد، والقضبان كعناصر ضغط، فهي شد متصل وضغط غير متصل، فهو نظام متعادل ذاتياً في حالته الثابتة، ويشمل عناصر ضغط داخل عناصر شد متصلة.

وتتميز هذه النظرية بأنها ستساهم في تقليل تكلفة تنفيذ المنشآت الواسعة البحر، وتقليل استهلاك المواد؛ ومنها التقليل في الوزن، وسهولة التحكم أثناء الحركة، وإعطاءأشكالاً متحولة متنوعة.
و على الرغم من مزاياها المتنوعة؛ فإنها لم تدخل في نظاق التطبيقات المعمارية -بصورتها الثابتة - لعدم تحقيقها لعنصر الأمان، وذلك لأنها تعتمد بشكل رئيسي على استمرارية الكابلات - عناصر الشد -.



شكل 4:قبة متكاملة الشد ، تصميم فوللر. (12 p. 12)

من خلال التعرض السابق لعدد من المنشآت، تبين أن هناك منشآت تحقق فيها التكامل بين التخصصات، إما لطبيعة دراسة المصمم أو بتحقيق التكامل بالفعل بين مختلف التخصصات، كما أنه هناك منشآت وضعت كنظريات واختراعات ونماذج دون تطبيق بالأعمال المعمارية، وذلك إما لكونها نظرية قيد الدراسة، أو لوجود مشاكل في تصنيعها وتنفيذها.

فالهدف هو تحقيق تكامل المتطلبات المعمارية الوظيفية والبيئية والجمالية والاقتصادية، بالإضافة إلى تحقيق الثبات الإنشائي، ومرونة وسلاسة الحركة الميكانيكية، وأخيراً سهولة التنفيذ والصيانة التي تتبعها.

وبذلك يستلزم دراسة عناصر تصميم المنشآت الديناميكية المتحولة ، وتحديد دور ومهام كل تخصص بالعملية التصميمية:-

2 -متطلبات تصميم المنشآت الديناميكية المتحولة :-

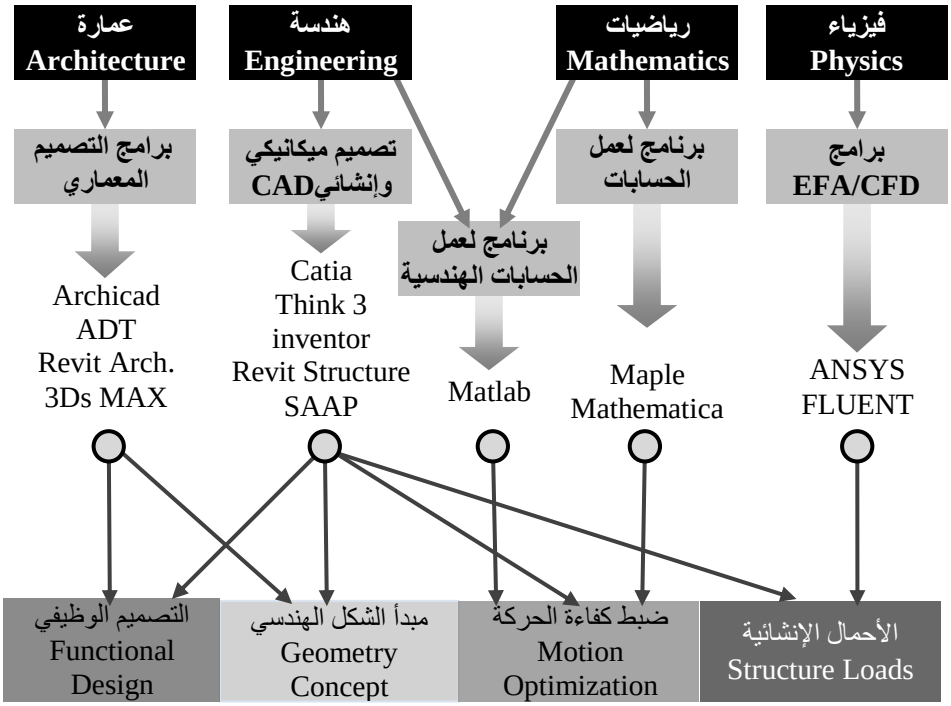
يعتبر تصميم للمنشآت الديناميكية المتحولة تصميم متداخل التخصصات Interdisciplinary؛ فتتسم هذه النوعية من المنشآت بطبيعتين، احدهما إنشائية والأخرى ميكانيكية (7)؛ تظهر الطبيعة الإنشائية في أسلوب استنتاج الشكل الهندسي واساليب نقل الأحمال لتحقيق الثبات، أما الطبيعة الميكانيكية فتكمن في دراسة أسلوب الحركة والتحول من حالة أو وضعية إلى أخرى؛ فالتحول في هذا النوع من المنشآت ليس من الخواص السهل تحقيقها، وتتطلب مجهودات كبيرة في التصميم والتصنيع.(5)

ويبرز ذلك في المنشآت ذات الهياكل الإنشائية المتحولة - المنطبقة أو المنبسطة - عن المنشآت ذات الهياكل الإنشائية المتحركة الموضع ، ويمكن حصر التخصصات المطلوبة لعمل المنشآت المتحولة إلى ثلاثة فروع علمية كالتالي(13):-

- تخصصات معمارية.
- تخصصات هندسية ، كالمدنية والإنشائية والميكانيكية وهندسة المواد.
- تخصصات رياضية وفيزيائية، كعلم الميكانيكا والهندسة الوصفية والتحليلية.

ففي العمارة التقليدية تتدخل الهندسة المدنية والإنشائية مع المعمارية لعمل المنشأ، أما المنشآت المتحولة فتحتاج إلى تدخل إضافي للهندسة الميكانيكية والرياضيات لاستنتاج أشكالها وتحديد نمط التحرك والتحول الخاص بها.

فيمكن تحديد متطلبات تصميم المنشآت المتحولة في أربعة نقاط كالتالي (13) [*شكل* 5] :-



شكل 5 : متطلبات تصميم المنشآت الديناميكية المتحولة، والتخصصات الخاصة بكل عنصر .(13)

فـي اطـار الشـكل السـابق، تبـرز متطلبـات تصـميم المنشـآت الديناميكية المتحولة فيما يلي :-

2 1 -تحديد مبدأ الشكل الهندسي :-

المقصـود بـه تحديـد الشـكل الهندسـي للمنشـأ، ويبـرز فـي هـذا العنصر دور المعماري في اتخاذ القرار المناسب، مـع استشـارة التخصصـات الهندسـية الإنشـائية والميكانيكيـة، وذلـك باسـتخدام أدوات تساعد على عمل نماذج ثلاثية الأبعاد على الحاسب.

2 2 -ضبط كفاءة الحركة :-

يهدف هذا العنصر إلى تحديد مدى كفاءةالشكل الهندسـي المحدد أثنـاء الحركـة، وتحقيـق النظـام الميكـانيكي الأمثـل للتحـرك، والسلوك الإنشائي في كافة الوضعيات سواء في حالـة الثبـات أو الحركة، وبهذا يستلزم استشارة أخصـائيين في العلوم الهندسية – مـن إنشـائية وميكانيكيـة - بالإضـافة إلـى أخصـائيين فـي علـوم الرياضيات لوضـع واسـتنتاج معـادلات الحركـة، وتوقـع حركـة المنشـأ، وعمـل أنظمـة المحاكـاة وذلـك مـن خـلال بـرامج لعمـل الحسابات الرياضية والهندسية.

2 3 -التصميم الوظيفي :-

وفيه يتم دراسة وظيفة المنشأ، وكفاءة الحل المعماري المتحول، ودور الحـل الـديناميكي المتحـول فـي تحقيـق الكفـاءة الوظيفيـة للمنشـأ، وتحديـد مواضـع المعـدات والتجهيـزات الخاصـة بالحركة،بالإضـافةإلى مراعـاة النـواحي الاقتصـادية والإنشـائية والميكانيكية، وذلك بعد استشارة المتخصصين.

2 4 -الأحمال الإنشائية :-

حيث يتم دراسة أثر الأحمـال المختلفـة علـى المنشأ الـديناميكي المتحـول،من خـلال بـرامج المحاكـاة Simulation، وذلـك باستشـارة المختصـين بـالعلوم الهندسـية الإنشـائية والميكانيكيـة، بالإضـافة إلـى التخصصـات الفيزيائيـة لدراسـة الوسـط المحـيط وأثره على المنشأ.

وقبـل دراسـة أسـلوب التـداخل بـين التخصصـات فـي المراحـل التصـميمية المختلفـة، يسـتلزم التعـرف علـى تسلسـل مراحـل تصميم الجزء المتحرك بالمنشآت الديناميكية المتحولة.

3 -مراحـل و متطلبـات تصـميم الجـزء المتحـرك بالمنشـآت المتحولة :-

إن العملية التصميمية لكافة المنشآت هي عمليـة ترددية، تهـدف للوصـول للحـل الأمثـل Optimum Solution لمختلـف عناصـرها (14)، وباعتمـاد التصـميم المتحـول للمنشـآت علـى العديد من التخصصـات، بـرزت وازدادت الحركـة الترددية فـي خـط سـير العمليـة التصـميمية عـن تصـميم المنشـآت الثابتـة(13)،فمن خـلال العناصـر السـابق ذكرهـا؛ يمكـن تقسـيم مرحلة تصـميم الجـزء المتحـرك بالمنشـآت الديناميكيـة المتحولـة إلى أربعة مراحل كالتالي[*شكل 6*] :-

3 1 -مرحلة تصميم الشكل الهندسي للهيكل الإنشائي :-

وذلـك وفـق المتطلبـات المعماريـة المطلوبـة؛ حيـث يـتم تصـميم العناصـر والأجـزاء، مـن خـلال عمـل نمـوذج لجـزء أو لعنصـر متحـرك، ومراجعـة التخصصـات الأخـرى وتبـادل المعلومـات، ومـن ثـم تـتم مرحلـة تجميـع العناصـر المتحركـة وأجزاؤهـا، ثـم عمل نموذج مجمع، يـدرس خلالـه مـدى توافـق هـذه المكونـات، فإن لم يتحقق يستلزم الرجوع إلى نقطة البدء من جديد حتى يتم التوصل إلى الشكل الأمثل للهيكل الإنشائي.
بعد ذلك يتم وضـع وتحديـد شـكل الحركـة بـالنموذج المجمـع، ثـم اختبارهـا، فـإن لـم تـتم بالشـكل المرغـوب فيـه، يـتم الرجـوع إلـى مرحلة تصـميم وعمـل نمـاذج العناصـر، حتـى يـتم الوصـول إلـى الشكل الأمثل للهيكل الإنشائي، ومن ثم البدء في مرحلـة تصـميم التغطية الخاصـة بالهيكل الإنشائي.

3 2 -مرحلة تصميم الشكل الهندسي للتغطية :-

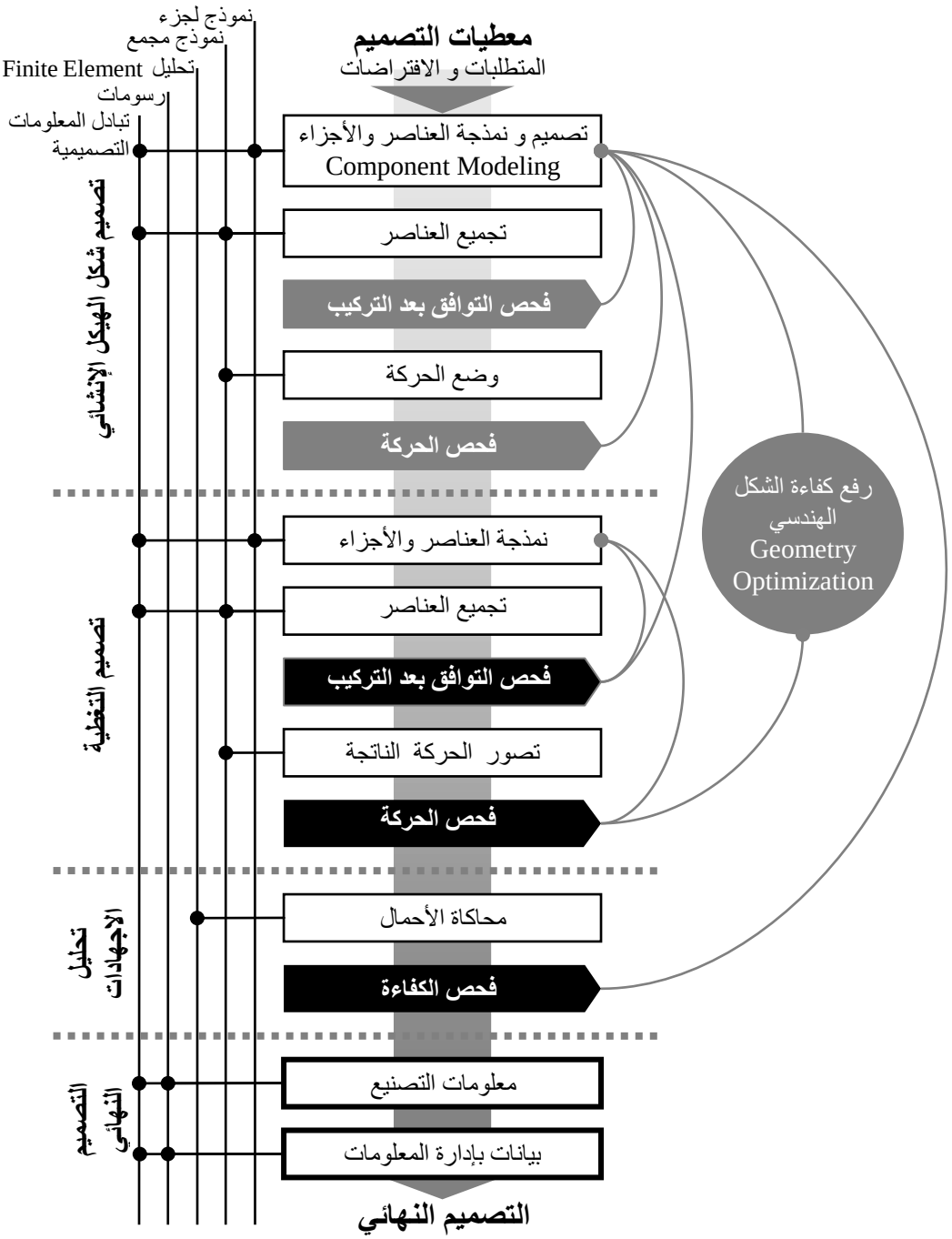
في هذه المرحلة يتم دراسة الشكل الهندسي للتغطيـة وتوافقـه مـع الشـكل الهندسـي للهيكـل الإنشـائي، فتبـدأ بعمـل نمـاذج الأجـزاء الخاصـة بالتغطيـة ومراجعـة التخصصـات المختلفـة وتبـادل المعلومات، ثم تجميعها مع الهيكل الإنشـائي؛ بغـرض الحصـول علـى نمـوذج مجمـع واستشـارة التخصصـات الأخـرى وتبـادل المعلومات، ومنها يتم فحص التوافق، فإن لم يتحقق يتم الرجـوع إلى مرحلة عمل نماذج عناصـر التغطيـة أو الرجـوع إلـى إعـادة تصـميم الهياكـل الإنشـائية مـن جديـد، وتظـل فـي حلقـة مسـتمرة حتى يتم التقدم للمرحلة التالية.
بعد ذلـك يـتم البـدء فـي عمـل تصـور للحركـة الناتجـة، والـذي يتطلب عمل نموذج مجمع للهيكل الإنشائي وعناصـر التغطيـة، ومنهـا يـتم فحـص الحركـة، فـإن لـم تتحقـق سلاسـة الحركـة يـتم الرجـوع إلـى مرحلـة تصـميم التغطيـة أو مرحلـة تصـميم الهيكـل الإنشائي من جديد، كلٌ بغرض الوصـول إلـى رفـع كفـاءة الشـكل الهندسي للمنشأ.
بعـد الوصـول إلـى الشـكل الأمثـل للهيكـل الإنشـائي والتغطيـة، المتوافقـة مـع حركـة الهيكـل الإنشـائي، يـتم التقـدم إلـى مرحلـة التصميم الإنشائي للمنشأ.

3 3 -تحليل الإجهادات والأحمال :-

وفيهـا يـتم محاكـاة الأحمـال المختلفـة علـى المنشـأ بعمـل تحليـل Finite Element، حيث يـدرس ويراجـع مـن خلالـه التصـميم والتحليل الإنشائي واختيار المواد المناسبة للمنشـأ، ومـن ثـم تـتم مرحلة مراجعة الكفاءة، والتي إن لم تتحقق يستلزم الرجوع إلـى نقطـة البـدء مـن جديـد إلـى أن يـتم تحقيقهـا، ومـن ثـم تبـدأ مرحلـة التصميم النهائي.

3 4 -التصميم النهائي:-

حيث يتم من خلال المراحل السابقة تجميـع المعلومـات الخاصـة بتصـنيع العناصـر الإنشـائية والميكانيكيـة، وتسـجل لهـا البيانـات لـتحفظ بـإدارة المعلومـات، بمـا يمهـد - بعـد مراجعتهـا - التقـدم لمرحلة التصميم النهائي.
فالعمليـة التصـميمية لـن تـتم إلا بتـداخل التخصصـات المختلفـة، لرفع كفـاءة المنشـآت الديناميكيـة المتحولـة، وتوافقهـا مـع الجـزء الثابـت بالمنشـأ، وبـذلك لابـد مـن وجـود مخطـط يحـدد خـط سـير العملية التصميمية، وتحديد المهام الخاصـة بكل تخصص.



شكل 6 :يوضح تسلسل مراحل للعملية التصميمية للجزء المتحرك بالمنشآت الديناميكية المتحولة . (13)

4 -مخطط آلية مراحل إعداد العملية التصميمية :-

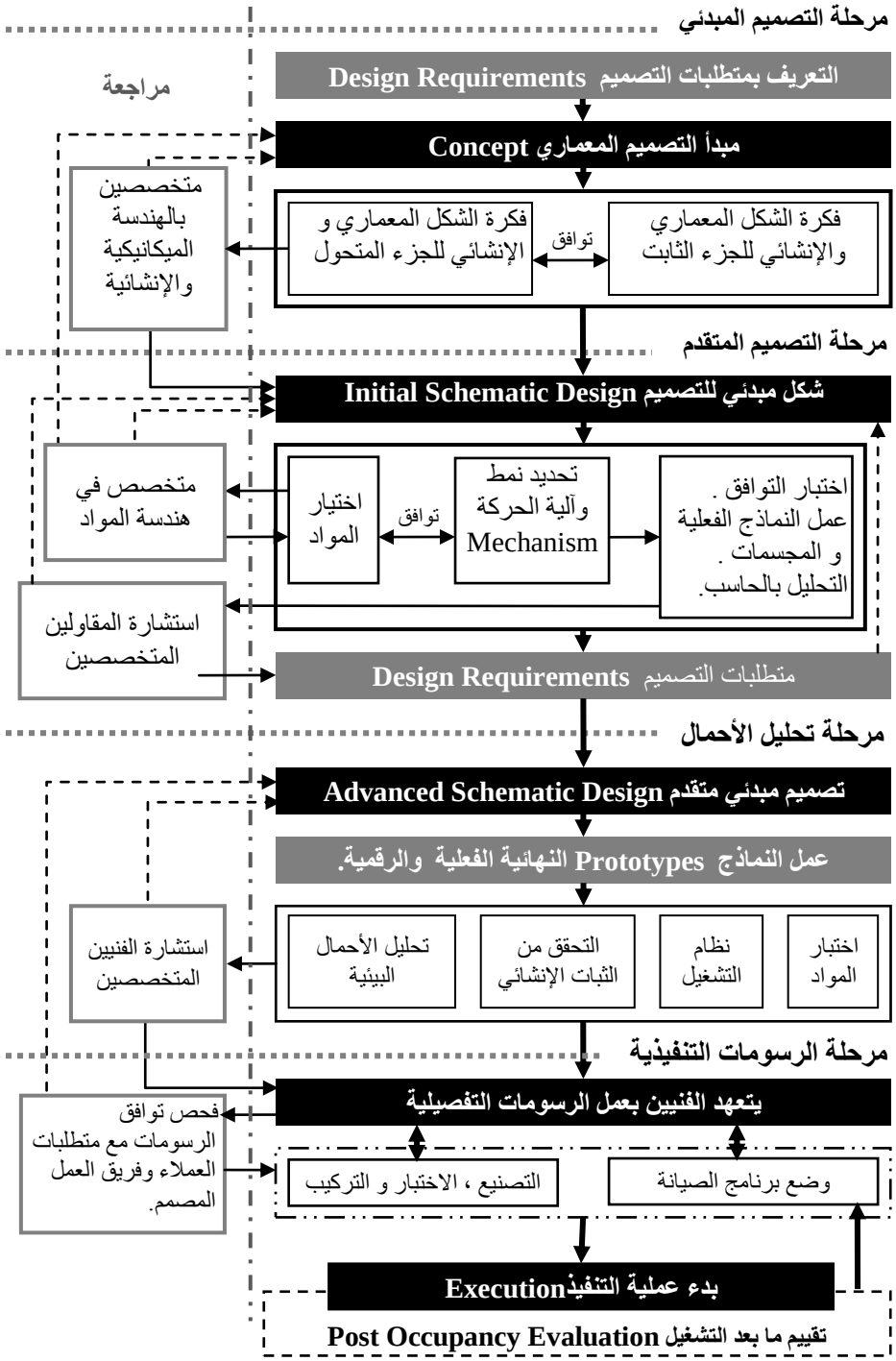
تبرز أهمية هذا المخطط في توضيح مدى التداخل بين التخصصات المختلفة، والمهام المطلوبة من كل تخصص، ودور كل تخصص في رفع كفاءة المنشآت الديناميكية المتحولة، وتم تطوير المخطط عما هو مذكور بالمصدر(15)ليكون مكوناً من أربعة مراحل أساسية [*شكل7*] كما يلي :-

4 1 -مرحلة التصميم المبدئي :-

في هذه المرحلة يتم تحديد الشكل المبدئي للمنشأ الديناميكي المتحول وذلك من خلال ما يلي : -

1 - التعريف بمتطلبات التصميم، وعمل الفكرة المبدئية للتصميم، وأخذ موافقة المالك عليها.
2 - قيام المعماري باستنتاج شكل الهيكل الإنشائي للجزأين الثابت والمتحرك،وتحقيق التوافق بينهما.
3 - مراجعه ما تم التوصل إليه مع مختصي الهندسة الإنشائية والميكانيكية، والذي يتطلب إما مراجعة الفكرة

المعمارية من جديد أو التقدم إلى مرحلة التصميم المتقدم للمنشأ المتحول.



شكل 7 : يوضح مدخل آلية مراحل إعداد العملية التصميمية للمنشآت المتحولة.

2 4 -مرحلة التصميم المتقدم:-

تهدف هذه المرحلة إلى التوصل للتصميم المتطور من خلال :-

1 - عمل نماذج إختبارية Prototypes إما فعلية أو على الحاسب، وتحليلها واختبار مدى توافقها، ومراجعه المتخصصين في الهندسة الإنشائية والميكانيكية والمقاولين المسئولين عن عمليه التصنيع، و ذلك لمعرفة مدى إتاحة مكونات هذه الحلول وقابليتها للتنفيذ.

2 - تحديد نمط التحول والسلوك الميكانيكي للمنشأ، ومراجعة المختصين بهذا الشأن، وفحص التوافق والحركة للهيكل والتغطية.

3 - الاختيار المبدئيللمواد والتي يجب مراجعتها من قبل متخصصين في ذلك، مع مراعاة اعتبارات اختيارها.

4 - اختبار توافق التصميم الناتج مع متطلبات التصميم، ومنها تبدأ مرحلة تحليل الأحمال.

4 3 -مرحلة تحليل الأحمال :-

حيث يدرس خلالها التحليل الإنشائي واختيار المواد والنظام الإنشائي المناسب، وتحليل الأحمال المختلفة وذلك من خلال :-

1 - تحليل الأحمال البيئية وتحديد المواد والتصميم الإنشائي، بعمل نماذج وتحليلات Finite Element، ومراجعة جداول اختيار المواد بناء على الاعتبارات الخاصة بها، ومنها يتم التوصل إلى التصميم الإنشائي الأمثل للمنشأ.
2 - عمل نظام التشغيل الخاص بالنظام، وذلك دور مهندسي التحكم وأخصائيي الحركة الميكانيكية، واختبار ملاءمتها مع المستعملين.
3 - استشارة الفنيين المسئولين عن التنفيذ، والذي منه يمكن إعادة النظر في التصميم المتقدم، وتحديد إمكانية تصنيع المكونات المطلوبة، ومدى توفر المواد، حتى يكون التصميم قابل للدخول في مرحلة تجهيز الرسومات التنفيذية ومستندات التنفيذ.

4 4 -مرحلة الرسومات التنفيذية:-

وفيها يتم تجهيز التصميم لمرحلة التنفيذ وذلك كما يلي :-

- يتعهدالفنيين بعد مراجعةالتصميمات بعمل الرسومات التنفيذية، و اعتمادها من المصمم.
- يقوم الفنيين باختبار المكونات بالمقياس الفعلي، ووضع خطط الصيانة الدورية والمفاجئة، وعمل مستندات التنفيذ ومعلومات التصنيع.
- يقوم الفنيين بعد ذلك بمراجعة الرسومات التنفيذية مع فريق العمل المصمم للمنشأ، لتحديد توافق الرسومات التنفيذية مع التصميمات المطروحة ورغبة العملاء.
- تتم عملية التنفيذ، وبعدها يتم عمل تقييم ما بعد التشغيل، حيث يتم تقييم المنشأ ومتابعته، والرجوع إلى خطط الصيانة المطروحة مسبقاً.

و بهذا يتم التكامل ما بين التخصصات المختلفة للتوصل إلى الحل الأمثل Optimum Solution، وإتمام عملية التنفيذ مع تقليل نسبة الأخطاء الناتجة من التداخلات المختلفة بين المقاولين المتخصصين والتخصصات الهندسية المختلفة

5 -النتائج والتوصيات:-

من خلال مناقشة البحثلعناصر تصميم المنشآت الديناميكية المتحولة، ومراحل العملية التصميمية، ومخطط آلية مراحل إعداد العملية التصميمية، تم التوصللنتائج التالية:-

1 - عند تصميم المنشآت الديناميكية المتحولة،فانه يتطلبالتوافق فيما بين كافة التخصصات من معمارية وإنشائية وميكانيكية وفيزيائية ورياضية، وذلك للوصول إلى تصميم متكامل، يحقق كفاءة اختيار الشكل الهندسي للمنشأ، مع تحقيق المتطلبات المعمارية المختلفة من وظيفية، بيئية، جمالية اقتصادية، مع تحقيق معايير الأمان والاعتمادية للمنشأ.
2 - تنقسم مراحل تصميم المنشآت الديناميكية المتحولة إلى أربعة مراحل، مرحلة تصميم الشكل الهندسي للهيكل الإنشائي، مرحلة تصميم الشكل الهندسي للتغطية، مرحل تحليل الاجهادات والأحمال، وأخيراً مرحلة إعداد مستندات التنفيذ، بكل مرحلة يستلزم مراجعة واستشارة التخصصات المختلفة، وتبادل المعلومات، وعمل النماذج الرقمية والفعلية؛ وذلك للوصول إلىالتصميم الأمثل.
3 - لتحقيق التوافق بين التخصصات المختلفة، وتحديد مهام ودور كل تخصص، يستلزم السير على خطة تحدد آلية مراحل إعداد العملية التصميمية، والتي تنقسم إلى أربعة مراحل، مرحلة التصميم المبدئي، مرحلة التصميم المتقدم، مرحلة تحليل الأحمال، وبالنهاية مرحلة الرسومات التنفيذية.

ولتدعيم عملية تصميم المنشآت الديناميكية المتحولة؛ توصي ورقة البحث بإتباع مخطط آلية مراحل إعداد العملية التصميمية الموضح بالبحث، لقيامة بتحديد مهام ودور كل تخصص بكل مرحلة على حده، وتحديد خط سير العملية التصميمية، وذلك للوصول إلى الكفاءة المرجوة من هذه النوعية من المنشآت، وتحقيق التوافق مع المتطلبات المتغيرة للمستعملين،واتخاذ القرار السليم، وتقليل مخاطر ما بعد التنفيذ ومشكلات التصنيع.

6 -المراجع

1. **Fox, Micheal and Kemp, Miles.***Interactive Architecture.* New York : Princeton Architectural Press, 2009. ISBN 978-1-56898-836-8.
2. **ZUK, Willian and H.Clark, Roger.***Kinetic Architecture.* New York : Van Nostrand Reinhold Company, 1970.
3. **Rodriguez, Carolina and Chilton, John.** Transformable & Transportable Architecture With Scissor Structure. [book auth.] Robert Kronenburg. *Transportable Environments 3.* London : Taylor & Francis, 2006.
4. **Hoberman, Chuck.***(Lecture) Changeable Form : Transformable Architecture.* Vinecia : Smart Geometry Winter Conference, January 2007.
5. **Asefi, Maziar.***Transformable and Kinetic Architectural Structures :Design ,Evaluation and Application to Intelligent Architecture.* Saarbrucken,Germany : VDM verlag Dr. Muller Aktiengesellschaft & Co. KG, 2010. ISBN: 978-3-639-25062-6.
6. **Kronenburg, Robert.***Flexible : Architecture That Respond to Change.* London : Laurence King Publishing Ltd, 2007. ISBN-10: 1 85669 461 5.
7. **Hoberman, Chuck.** Transformation in Architecture and Design. [book auth.] Robert Kronenburg and Filiz Klassen. *Transportable*

Environments 3. London : Taylor & Francis, 2006.

8. **Nichols, Anne.***Example Case Study:Milwaukee Art Museum.* 2004.

9. **Tzoins, Alexander.***Architecture Record : Santiago Calatrava Gold Medalist.* USA : Mcgraw Hill Company, May 2005.

10. **Hoberman Associates, Inc.** Company Profile & Selected Works. [Online] 2009. [Cited: 10 12, 2010.] www.hoberman.com.

11. **Otto, Frie and Rash, Bodo.***Finding Form: Towards An Architecture of the Minimal.* Stutgart : Deutsher Werkband Bayern, 1995. ISBN : 3-930698-66-8.

12. **Jáuregui, Valentín Gómez.***Tensegrity Structures and their Application to Architecture.* Spain : PUbliCan - Ediciones de la Universidad de Cantabri, 2010. ISBN 9788481025750.

13. **Wierzbicki, Madalina Nicoleta.***Knowledge-Based Architectural Descision Making Of Kinetic Structures.* British Columbia, Canada : The University of British Columbia, 2007.

14. **Lawson, Brayn.***How Designers Think :The Design Process Demystified (Fourth Edition).* Oxford : Architectural Press ,Elsevier, 2005. ISBN-10: 0-7506-6077-5.

15. **Asefi, Maziar.***Design Management Model for Transformable Architectural Structures.* Valencia : Proceedings of the International Association for Shell and Spatial Structures (IASS), October 2009.