مبادئ التصميم الحركي الخاصة بالنظم الإنشائية للفراغات المعمارية

Kinetic design principles for structural systems for architectural spaces

ا.د / باسم حسن عبده

أستاذ تصميم الأثاث بقسم التصميم الداخلي والاثاث - كلية الفنون التطبيقية (جامعة حلوان)

Prof. Bassem Hassan Abdu

Professor of furniture design- Department of Interior Design and Furniture- Faculty of Applied Arts - Helwan University

b.mohamed@ustf.ac.ae

ا.م.د/ داليا محمد عزت

الأستاذ المساعد بقسم التصميم الداخلي والأثاث - كلية الفنون التطبيقية - جامعة حلوان

Assist. Prof. Dr. Dalia Mohamed Ezzat

Assistant Professor, Department of Interior Design and Furniture - Faculty of Applied Arts - Helwan University.

drdaliaezzat2016@gmail.com

الباحث/ محمود سيد محمد

مصمم داخلي

Researcher. Mahmoud Sayed Mohamed

Interior Designer

msm_1988@live.com

ملخص البحث

يقدم البحث دراسة لدور التصميم الحركي في التنهيئة المرنة للفراغات المعمارية المتحولة من خلال عدة نقاط تكون في مجملها مبادئ يجب الوقوف عليها أثناء التطبيق، بداية من شرح مفهوم الديناميكية (علمياً وأدبياً من خلال النظريات المفسرة له) وعلاقة المصطلح بالتصميم الداخلي وتطور تطبيقه فيه من خلال التوجهات الحديثة للمفهوم التي تبناها العديد من المعماريون والمفكرون أهل الإختصاص وما نتج عن ذلك من أثار في البنية التصميمية والإنشائية للفراغ المعماري. يلي ذلك كان التطرق لتصنيفات الأنظمة الحركية على أسس ومعايير متنوعة ودورها في تحديد أنواع الحركة وأساليبها مما يساعد على تحليلها ودراستها وأيضاً معرفة خصائصها والتي كان استعراضها بالبحث متمثلاً من خلال تقديم تعريفات التحولات الشكلية لكل من "Antoniades" "Eisenman" "Gadelson".

جميع ما سبق يتطلب المعرفة التفصيلية للنظم الإنشائية الحركية والتي كانت حاضرة في البحث كذلك من خلال دراسة مفاهيم هذه النظم وتطورها حتى وصولها لمرحلة المنشأ الديناميكى الذكي ذو الحركة المركبة والمستجيب للمتغيرات البيئية المحيطة. هذا بالإضافة للدراسة الهامة للأسس والعلاقات الإنشائية للتصميم الحركي وما يبنى عليه من أساليب التوليد والتحول الشكلي الخاص بالنظم الحركية.

على جانب أخر هناك شق هام متعلق بتطبيق التصميم الحركي من خلال النظم الخاصة به وهو الإعتبارات الواجب إتباعها والإلتزام بها أثناء التطبيق لتحقيق الهدف المنشود من التصميم بصورة سليمة والمتمثلة في: الإعتبارات المعمارية وما تشملها من اعتبارات وظيفية وبيئية وجمالية واعتبارات الشكل الهندسي، أيضاً هناك الإعتبارات التقنية وتشمل الصيانة والتشغيل والامان والأحمال البيئية واختيار المواد والإعتبارات الإقتصادية، وأخيرًا اعتبارات مراحل إعداد العملية

التصميمية وما بها من اعتبارات فرعية متمثلة في التخصصات العلمية المرتبطة بها واعتبارات تصميم العناصر المتحركة ومخطط ألية مراحل اعداد العملية التصميمية.

الكلمات المفتاحية

الديناميكية، التصميم الحركي، التحول الشكلي، النظم الإنشائية.

Abstract

Research presents a study of the role of kinetic design in the flexible preparation of transformed architectural spaces through several points that are, in their entirety, principles that must be addressed during the application. Beginning with explaining the concept of dynamism (scientifically and literally), and The relationship of the term to interior design and the development of its application in and the resulting effects on design and construction structure of the architectural space.

This is followed by a discussion of the classifications of kinematic systems on a variety of grounds and their role in determining the types of movement and its methods, which helps to analyze and know their characteristics, which were reviewed by research in the form of providing definitions of the morphological transformations.

All of the above requires detailed knowledge of the kinetic structural systems that were present in the research as well by studying the concepts of these systems and their development until they reach the stage of the intelligent dynamic structure with compound movement. This is in addition to the important study of the foundations and structural relationships of kinetic design and the methods of generation and morphology built on it of kinetic systems.

On the other hand, there is an aspect related to the application of kinetic design, which is the considerations that must be followed during the application to achieve the desired goal of design in a sound manner, namely: architectural considerations, technical considerations, and finally considerations of the stages of preparing the design process.

Keywords

Dynamic, Kinetic design, Morphological transformation, Structural systems.

مقدمة

من المؤكد أن الإتجاهات الإجتماعية المترابطة بالإضافة للضغوط والإحتياجات البشرية المتزايدة تتطلب الإتجاه نحو التصميم الإبداعي لتحقيق المرونة والديناميكية المكانية في الفراغ العمراني. كما أن إستغلال توسيع هذا الفراغ بات أيضًا أمرًا ذو أهمية إقتصادية، فالإستخدام الفعال لا يحافظ فقط على المساحة المستغلة من مجموع المساحة الفعلية، بل أيضًا يخفض كمية الطاقة المستهلكة والتكاليف المرتبطة بإنشاء المباني وصيانتها.

وإحدى الخصائص الرئيسية للفراغات الداخلية المرنة هي حالتها الديناميكية المتحولة والظاهرة على أنها تلبية للإحتياجات الوظيفية، وتحقيق للمطالب الجمالية، وإستجابة للعوامل البيئية الكامنة وراء محيط الفراغات الداخلية.

ولتحقيق هذه الحالة الديناميكية يتطلب الإلمام بالمباديء التصميمية لعناصرها الإنشائية والخاضعة لعلوم الحركة والقوانين الميكانيكية. فمعرفة خواص هذه الحركة وحصيلتها والتنبؤ بنتائجها والمعرفة الدقيقة والدراسة العميقة لقواعد الحركات يحقق الهدف المنشود من تطبيقها.

مشكلة البحث.

ضعف العلاقة التكاملية بين المصمم الداخلي ومنظومة العلوم الحركية لإنتاج فكر تصميمي قائم على الديناميكية والتحول.

هدف البحث.

الوصول لأسس وإعتبارات تطبيق النظم الحركية لرفع قيمة الأداء الوظيفي والجمالي لعناصر التصميم الداخلي المتحولة.

أهمية البحث.

يركز على تأثير تطبيق النظم الحركية في تشكيل الفراغ الداخلي، وتأثيرها على آداء المبنى لتحقيق أكبر قدر من الإيجابية الوظيفية والأثر الجمالي والمردود الإقتصادي.

فروض البحث.

1- الإعتماد على الخاصية الحركية في تلبية الإحتياجات التصميمية اللازمة لتشكيل الفراغ المعماري الداخلي ذو الخواص المتغيرة يتطلب الوقوف على أسس ومباديء تلبي هذه الإحتياجات.

2- يعتبر التصميم الحركي من الوسائل الإعتمادية الأكثر مرونة في تحقيق التكامل الوظيفى المطلوب والذي يعظم الإستفادة من الفراغات المعمارية المتاحة.

منهجية البحث.

المنهج الوصفى التحليلى: بدراسة مفاهيم الديناميكية في التصميم الداخلي واستعراض لخصائص وأساليب التحولات الشكلية الممكنة لعناصره في نطاق الإعتبارات الواجبة لتطبيق ذلك.

حدود البحث.

1- الحدود الزمنية: يتحرك فى نطاق المرحلة الزمنية منذ بدء تطبيق النظم الحركية في التصميم الداخلي حتى الآن – بما يخدم أهداف البحث.

2- الحدود المرجعية: يتحرك في نطاق التخصصات التصميمية والعلمية والتقنية والتي تخدم أهداف البحث.

محاور البحث.

1- الفراغ الحركي.

2- الخصائص والتحولات الشكلية للنظم الحركية.

3- تصنيف النظم الحركية.

4- النظم الإنشائية الحركية.

5- إعتبارات تطبيق النظم الحركية.

١- تعريف بالمفاهيم

١-١ علم الحركة

علم الحركة هو أحد فروع علم الميكانيكا الذي يصف مفهوم الحركة الفيزيائي للأجسام بدون أي إعتبار للكتل أو القوى التي تسبب الحركة. ويدرس علم الحركة كيف يتغير موقع الجسم مع الزمن حيث يتم قياس الموقع بالنسبة لمجموعة إحداثيات. (مريهان محمد يحيى محمود – ص٥١٧).

١-٢ الديناميكية

الديناميكية أو الحركية ترجع الى كلمة "Dynamo" وتشير لمعنى القوة، أما "Dynamical" فتشير الى الشيء المميز بفاعليته المستمرة. وعلم الديناميكا هو علم يبحث في أثر القوة في الأجسام المتحركة والساكنة معاً. أما في الحقل الأدبي فيشير معنى الدينامية الى مفردات؛ الإنسجام والتناسل والنمو والحوار والحركة والتحول والإنتقال والقوة والتغير والتغيير. (سوزان حسن عبد الحميد – ص١).

٢- الفراغ الحركي (الديناميكي)

يعتبر "Ungers" وهو من رواد الفكر الديناميكي المعاصر أن التحول والدينامية ظاهرة تمثل عملية لقطع أو عزل التأثير لمحدد الفكرة ولا يكتفي بإظهار سمة التناقض إنما يفسح المجال للتبادل المشترك في العلاقات التي تعبر عن أصل الفكرة ويتم الإعتماد على الإختزال في إظهار التحول.

أما المعماري الامريكي "Eisenman"[٢]فيرى أن البنية الشكلية المعمارية من وجهة نظره هي أساس إستراتيجيات الدينامية والتحولات التفككية التي تجري داخل العمل التصميمي، فالنص الحركي للفراغات الداخلية ليس شيئاً متكاملاً فقط ومنغلقاً على نفسه، إنما هو شبكة ديناميكية تتسم بالتحول والترابط. (سوزان حسن عبد الحميد – ص٥).

وبالتالي يمكن البناء على ذلك والتوصل الى أن الفراغ الديناميكي هو الفراغ المحفز على الحركة والتحول من خلال خصائص الترابط والإنتقال والنمو والإنفتاح والإختزال.

- **تطور الفراغ الديناميكي**

طبقاً لكتاب الفراغ والزمن والعمارة لـ"Sigfried Giedion"[٣]فإن الفراغ الديناميكي قد مر بثلاثة مراحل، الأولى وقد تكون الفراغ فيها من خلال إلتقاء الكتل المختلفة، أما الثانية وهي مرور الفراغ بمراحل من التطور في التكوين والمعالجات (الإنشائية والبيئية) مما أدى لمرونة داخلية مستمرة ومتطورة، أما المرحلة الأخيرة فكان بإضافة البعد الزمني للأبعاد الثلاثة للفراغ وفيه تم إدراك الفراغ من خلال الحركة، وبالتالي تعددية رؤيته. (سوزان حسن عبد الحميد – ص٩).

اذن فمع التطور من الإدراك الإستاتيكي الى الإدراك الديناميكي للفراغ حدثت تغيرات في المفاهيم المعمارية، نتج عنها بأن أصبحت المواد أخف وصار الإنشاء أكثر نشاطا وأقل تحديدا. وقد أصبح الهدف هو ضرورة التعبير عن الحركة في العمارة، وهو ما نتج عنه مفاهيم جديدة للإتزان "الإتزان الديناميكي" (Dynamic Equilibrium) و" الإتزان الهش" (Fragile Equilibrium)، وإحساس جديد بالأوزان "كالعمارة المضادة للجاذبية" (Anti-Gravity Architecture) ، والذي يقود في النهاية الى مفهوم جديد لفراغ يعبر عن روح الحركة، فراغ يعتمد على الشفافية والديناميكية والطاقة وتداخل الفراغات والمواد. وتم الوصول لهذا المفهوم والتعبير عنه من خلال الأشكال الهندسية المركبة والمستويات المائلة

والمنحنية بطريقة جديدة معتمدة على أسس الاتزان الديناميكي. وتعبر الصورة (١) عن هذا المفهوم بحالة تحول ديناميكي تتسم بالسلاسة والإتزان بداخل وحدة سكنية.

صورة (١): تصميم وحدة سكنية متحولة للمصمم الروسي Vlad Mishin

المصدر: https://www.thecoolist.com/transforming-interiors-designs-modular-smart-homes/

٣- الخصائص والتحولات الشكلية للنظم الحركية.

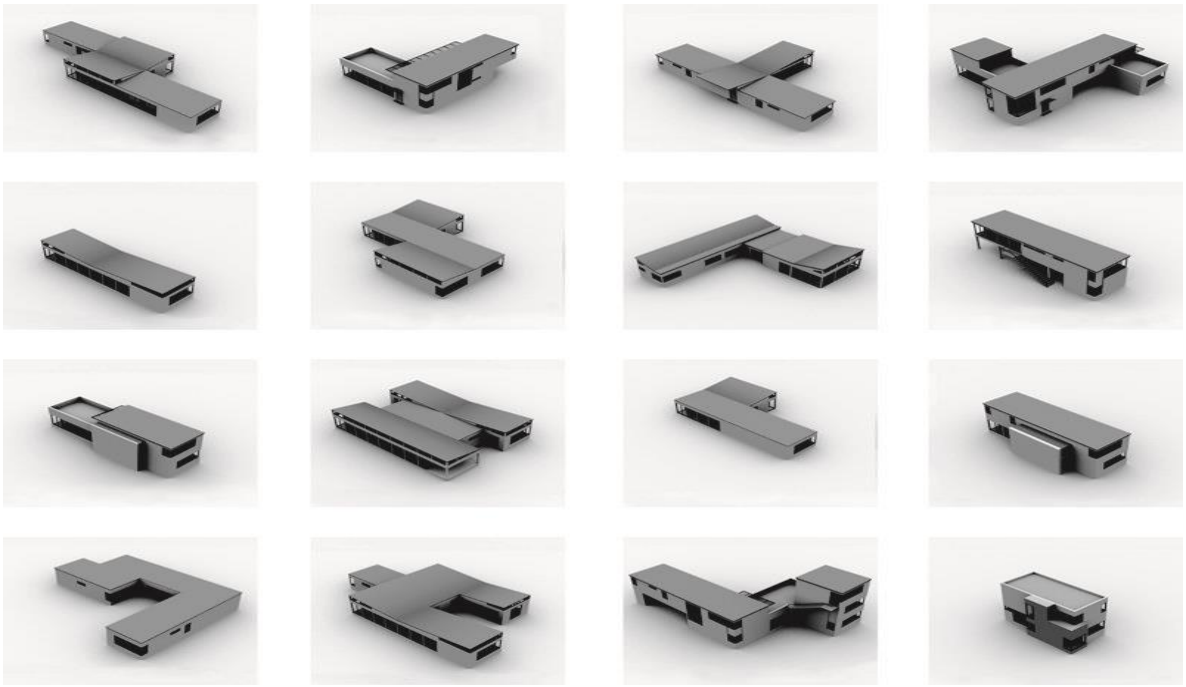
عرف "Antoniades"[٤] التحولات الشكلية بانها عملية تغير الشكل لكي يصل الى المرحلة النهائية بالإستجابة لمجموعات متعددة من الديناميكات الخارجية والداخلية. كما أشار الى أن التحولات هي عملية معالجة الشكل دون العودة الى المتطلبات الوظيفية مما يعطي الشكل قوة دافعة لتطوير تقنيات تصميمية جديدة.

وعرفها "Eisenman" بأنها مجموعة من العمليات التي تجري على المستويات العميقة من العمارة لتحويلها الى مستويات السطحية، التي تمثل قرائتها وتفسيرها مفتاح لسلسلة متعاقبة ومستمرة من القراءات التي تتدرج بالعمق تدريجياً لتكشف عن عمليات التحول التي ولدتها.

كما عرفها "Gandelsonas" بأنها تلك القواعد أو التحركات التي تتبع في البنية العميقة لتؤدي الى بنية سطحية وشكل معين، فهي تتعلق بالعلاقة بين ما هو معلن وهو ضمني.وتسمح برؤية الأشكال بصورة جديدة. وتعتبر الخصائص والتحولات الشكلية للنظم الحركية مؤشر مهم لتحديد طبيعة العلاقة بين الداخل والخارج وتتضمن قياس ما يلي:-

- طبيعة الجزء من حيث كونه فارغاً أو صلداً.
- درجة الإنغلاق التي تعبر عن نسبة عدد العناصر الشكلية المعرفة لطبيعة الفراغ. (سوزان حسن عبد الحميد – ص٤٩).

وتوضح الصورة (٢) تلك المفاهيم من خلال نظام بنائي موديولي تظهر فيه طبيعة العلاقة بين الداخل والخارج من خلال مجموعة من التحولات الشكلية لهذا النظام.



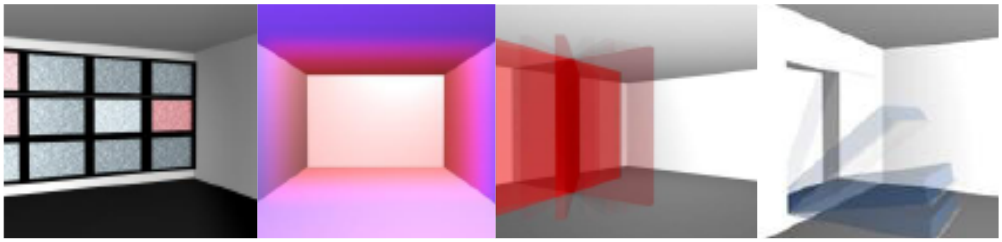
صورة (٢): نموذج سكني ذو تصميم بنائي موديولي قابل للتغيرات والتحولات الشكلية من تصميم مكتب Resolution 4 Architecture.
المصدر: https://www.pinterest.com/pin/436849232607961567/

٤- تصنيف النظم الحركية

يختلف التصنيف تبعاً لطريقة وهدف وموضع الدراسة بالعمل البحثي. فهناك عدة رؤى لتصنيف هذه النظم منها تصنيف المصمم "Hoberman"[٦]الذي صنفها الى ثلاثة أنواع، وهم إما بحركة الهيكل الإنشائي، أو بالعناصر الداخلية، أو بالكسوة المغلفة للمنشأ المتحرك.

أيضاً هناك تصنيف قائم على أساس الشكل الهندسي للمنشأ وحركته للمصمم "F.Escrig" [٧] في كتاب (l'ArchitecturaTransformable) وقسمها الى سبعة أقسام كالتالي: (منشآت الشد المنطبقة، أسطح من الشد المتكامل، الأسطح القابلة للسحب والانكماش ، منشآت منبسطة، منشآت متنقلة، منشآت مرفوعة، منشآت تعمل كالمظلات).

وجاء تصنيف الباحثة "Elizabeth Erin Lee"[٨]على أساس النظام الحركي والشكل الانشائي الى أربعة أصناف، ويشمل بشكل عام الناحية المادية الملموسة بالاضافة الى الناحية البصرية والايحائية المحسوسة. والأنواع الأربع هم: – التخزين Stow، التمحور Pivot، التغير اللوني Chameleon، والنبضات الترددية Pulsate . ويمثلوا في مجملهم الحلول النموذجية لمواكبة التقدم التكنولوجي وتلبية متطلبات أنماط الحياة المعاصرة والمتغيرة.وتوضح الصورة (٣) الأنماط الأربعة لتصنيف Elizabeth .Erin Lee



صورة (٣): أصناف النظم الحركية الأربعة من اليمين (التخزين- التمحور- التغير اللوني- النبضات الترددية).
المصدر: Elizabeth Erin Lee, contemporary archetypical practices of transformative interior design, Master Thesis, Faculty of the Graduate School of Cornell University ,(2011), 16.

وهناك تصنيف الباحث في المنشآت المنبسطة وسهلة التنقل "Ariel Hanaor"[٩]وقام هذا التصنيف على أساس الهيكل الإنشائي للمنشأ المتحرك وقسمت الى النظم ذات الهياكل الشبكية، وذات الهياكل المستمرة.

أما تصنيف فريق عمل "Kinetic Design Group" بمعهد "MIT" بالولايات المتحدة الأمريكية فمن أهم التصنيفات وكان تبعا لآلية الحركة. متمثلة في سبعة أقسام وهم:-

- حركة ناتجة من عنصرين أحدهما بمفصل ثابت والآخر متحرك على مسار خطي.
- الحركة بواسطة العجلات على مسار خطي.
- حركة الهيكل بالمفصلات بواسطة كابلات محيطة بالهيكل.
- حركة ناشئة من عنصرين بينهما مفصل، الأول ثابت ويتحرك الثاني خارجها.
- حركة ناشئة من عنصرين بينهما مفصل، الأول ثابت ويتحرك الثاني داخلها.
- حركة ما بين عنصرين بينهما مفصل للحركة والدوران. (حسين عصام ابو الفضل – ص٣٢).

٥- النظم الإنشائية الحركية

ظلت النظم الإنشائية طوال قرون طويلة تقوم على مبدأ الإتزان والثبات وكان من أهم وظائف الإنشاء الحفاظ على المنشأت فى صورتها الإستاتيكية كما هي لا تتغير ولا تتبدل، وكان الحكم على نجاح المنشأ من خلال قدرته على البقاء ثابتا ومتزنا أطول مدة زمنية ممكنة.

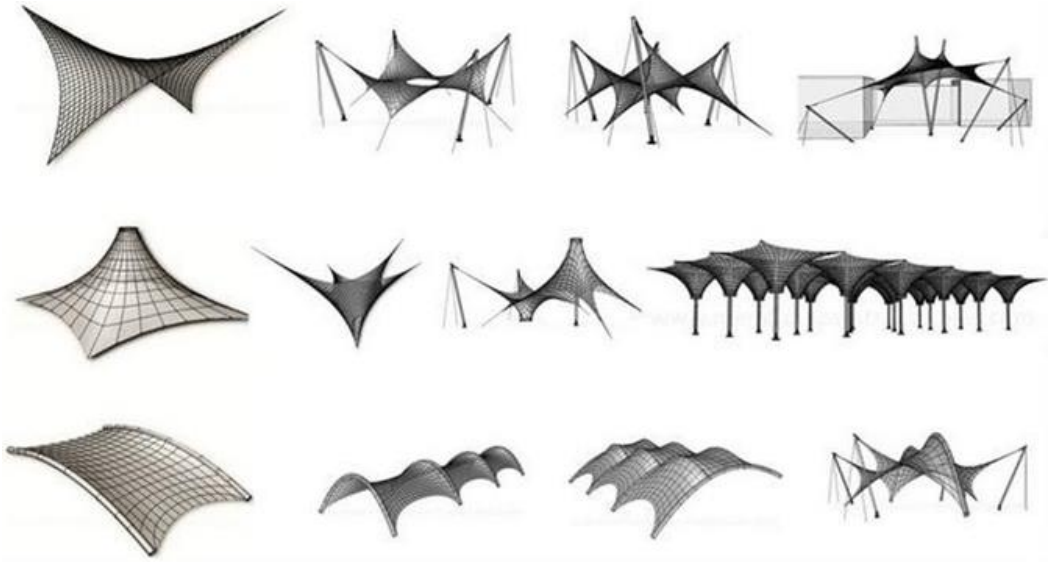
وبتطور المفاهيم الإنشائية، ولم يعد الثبات والاتزان الإستاتيكى هو الحاكم على نجاح الأنظمة الإنشائية، بل أستحدثت مفاهيم جديدة أدت لظهور الإنشاءات الخفيفة، نتيجة لإنتقاد المعماريون الإنشاءات الثقيلة بإعتبارها غير منطقية فظهرت نظريات الطرح والإضافة والإحلال في المبانى القائمة بالفعل، وظهر ما يسمى بالوحدات الكبسولية. ولم يعد يكتفى المعماري بإستخدام قوى الضغط في الحفاظ على إتزان المبنى بل إستخدم أيضا قوى الشد، وظهرت الأبحاث التي تتناول الأغشية الإنشائية المشدودة.

إستحدثت أيضاً أنظمة تعتمد على الإتزان بين قوى الضغط والشد(كما في الصورة ٥)، كما ظهرت الإنشاءات الغشائية المنفوخة، وظهرت نظريات إنشائية تعتمد على الطي والإنزلاق والتمدد والتغير في الشكل والحجم (كما في الصورة ٤)، وبلغ الطموح الإنشائي لدى المعماري ذروته عندما تخيل المنشأ كنظام يتحرك حركة مركبة مستوحاة من حركة جسم الإنسان، ويصبح المبنى ما يشبة الهيكل العظمي الذي يتصل بالعضلات والأوتار، ويسيطر على حركتة ما يشبة مخ الانسان ويكون هو المسؤول عن إصدار التوجيهات اللازمة لحركة أجزاء المبنى مما يمكنة من الإستجابة للمتغيرات البيئية الحادثة في الوسط المحيط، وهذا من شأنه أن يقلل من أبعاد القطاعات الإنشائية للمبنى. وهذا الاتجاه الجديد يعرف بالإنشاء الذكي، أو الإنشاء الحساس، أو الإنشاء المستجيب.

صورة (٤): مقعد منطوي يوضح فكرة نظام الإنشاء القابل للطي.

المصدر: www.marvelbuilding.com/foldable-stool-structure-inspired-spiders-legs-spin.html

وبالوصول الى هذه المحطة الأخيرة يكون الإنشاء قد مر بمرحلة تطور وتحول كبيرة، بدأ فيها بمفاهيم الثبات والاتزان التقليدية ووصل في نهايتها الى منشأ ديناميكى ذكي يتحرك حركة مركبة يستجيب من خلالها للمتغيرات البيئية المحيطة. (محمود سيد محمد – ص١٦٩).



صورة (٥): النظام الإنشائي (الأغشية المشدودة) والذي يوضح مدى إمكانيته في تقديم أنماط تشكيلية وإنشائية عديدة ومتنوعة تساهم في إثراء الخيارات التصميمية الحركية.

المصدر: www.romualdorivera.wordpress.com/2014/10/09/tensile-membrane-structures

٥-١ الأسس والعلاقات الإنشائية للتصميم الحركي.

طبيعة التصميم الحركي لا تتوقف على الأشكال وهيئتها وما تحدثه من تأثير في الحيز المكاني فحسب، بل يرتبط مظهرها المرئي أيضاً بالأسلوب الذي تنظم به هذه الأشكال وكيفيات بناء العلاقات المشكلة للمسطحات، من خلال مجموع العمليات الأدائية المتوالية التي تتضمنها العملية التصميمية الحركية. وتعتبر الأسس الإنشائية لبناء التصميم هي المحدد للعلاقات التي ترتبط بين عناصر العمل أو مفردات التصميم ومدى تأثيره بالعناصر المحيطة به وبوحدة التصميم وترابطه. حيث تتضمن تلك العناصر التشكيلية أنماطاً لا حد لها من نظم الترابط بين بعضها البعض،

ومن خلال مجموعة من الأساليب التنظيمية التي يستعين بها المصمم لأحكام العلاقات الشكلية على مسطح التصميم، وتمثل العلاقات الشكلية ما يلي:-

الشكل والتباين	الشكل وتغير الوضع	الشكل وتغير المكان
الشكل وعمليات الحذف	الشكل وعمليات الاضافة	علاقات التجاور
علاقات التماس	علاقات التراكب	التداخل بين الأشكال
التشابك بين الأشكال	التصغير والتكبير	تكرار العناصر

جدول (١): الأسس والعلاقات الإنشائية للتصميم الحركي،

المصدر: (اسماعيل شوقي - ص٢١٨,٢١٩).

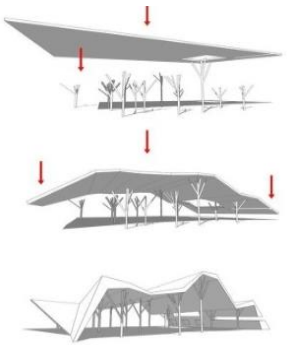
٢-٥ أساليب التوليد والتحول الشكلي للنظم الحركية Transformation Method.

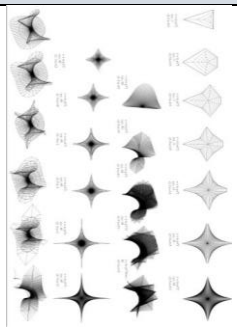
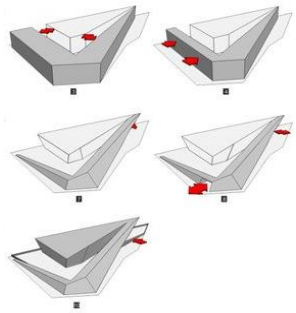
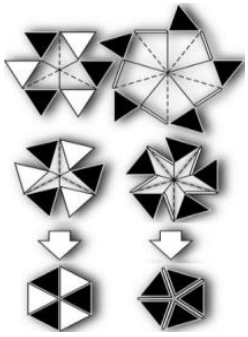
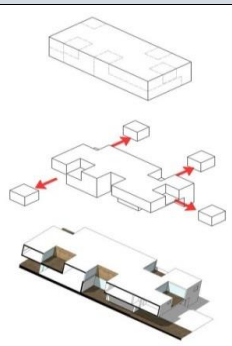
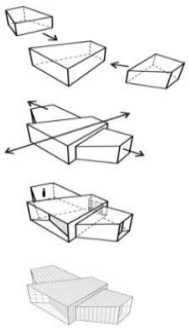
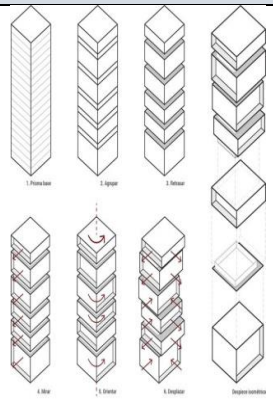
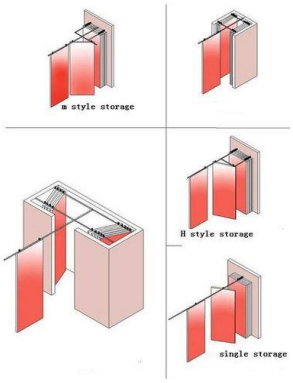
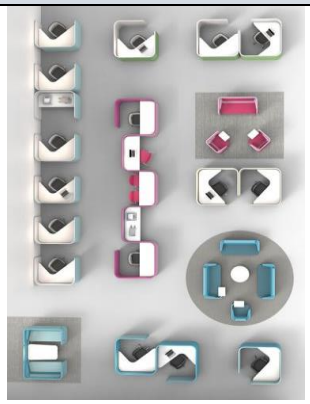
المدخل لدراسة أي تشكيل تصميمي يكون من خلال دراسة الخصائص البصرية لعناصر هذا التشكيل، وتعكس تشكيلات العمارة الديناميكية مباديء تحكم العلاقة بين عناصرها وتعتبر أساساً لهذا التشكيل. أما الخصائص البصرية لعناصر التشكيل الديناميكي فهي الأدوات التي يستخدمها المصمم للخروج بالتكوين المطلوب في ظل علاقة حاكمة وهذه الخصائص البصرية هي الشكل واللون والملمس والمسامية.

وتمثل الأشكال والمجسمات الهندسية عناصر تشكيلية يتناولها المصمم في البناء التصميمي سواء كانت مفردة أو من خلال تكوين. فالأشكال البنائية تتكون من مختلف الإتحادات الممكنة للعناصر الهندسية البسيطة للمكونة البنائية.

ونستعرض هنا ملخصاً لعمليات توالد الأشكال لإنتاج أنماط أكثر تراكباً من الأشكال. ويذكر أن عملية توالد الأشكال من وحدتها البنائية الأولى تتصدرها دائما عملية محورية تعد حلقة الإتصال الأولى بين هذه الوحدة البنائية والنقطة وبين كل ما ينتج عنها من أنماط تشكيلية، وهي ما تمثلت في عملية النمو بأنماطها الثلاثة "الخطي والمركزي والحر" وأن نمطي النمو "الخطي والمركزي" هما ما ينتجان ما يطلق عليه وحدات التشكيل الأساسية المتمثلة في الخط المستقيم والدائرة والكرة. ومن ثم فان توالد الأشكال يكون مرتكزاً على أحد هذه الوحدات الأساسية بإعتبار أن هناك دائماً عملية سابقة عليها تمثلها عملية النمو.

وتتنوع الحلول الشكلية والفراغية من خلال التحولات الشكلية والتي يمكن تمثيلها من خلال العمليات التالية: -

الإنحناء	الإنكسار	الإمتداد - الإنكماش
		

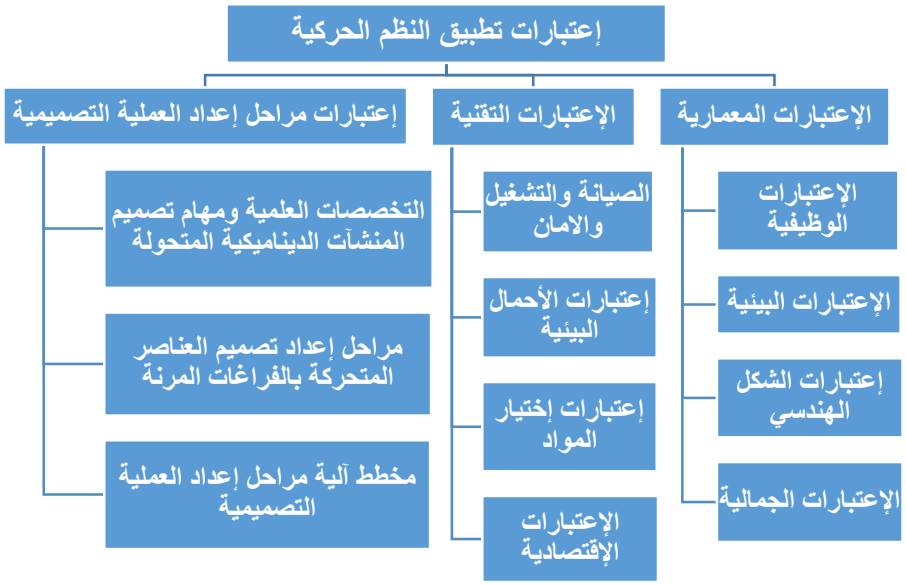
الدوران	التحور	التحريف
		
التلخيص	**الحذف**	**الإضافة**
		
القطع	**الإنتقال**	**التكرار**
		

جدول (٢): أساليب التوليد والتحول الشكلي للنظم الحركية.
المصدر: (ضياء الدين طنطاوي – ص ١٦٨،١٦٧).

٦ - إعتبارات تطبيق النظم الحركية

لكي يتم تطبيق أنظمة التصميم الحركي وما يتطلبه من تكنولوجيا بهدف تحقيق المرونة الوظيفية للفراغات المعمارية، فمن الواجب تقييد وتقنن هذا التطبيق بمجموعة من الإعتبارات لتحقيق الهدف من إستخدامها بصورة صحيحة ومريحة من جميع الجوانب الوظيفية والجمالية والشكلية والنفسية.

وسيتطرق البحث لدراسة ثلاثة إعتبارات رئيسية يندرج تحتها مجموعة من الإعتبارات الفرعية والتي تكون في مجملها حدود تطبيق هذه النظم وأساس إستخدامها. والشكل التالي يوضح منظومة تطبيق المنشآت ذات العناصر الحركية من خلال الإعتبارات الأساسية والإعتبارات الفرعية المندرجة تحتها.



شكل (١): يوضح إعتبارات تطبيق النظم الحركية

المصدر: الباحث.

٦-١ الإعتبارات المعمارية.

وتتمثل في تلبية الإحتياجات المختلفة للانسان، وذلك بتحقيق الراحة الوظيفية، والجمالية، والشكلية، والنفسية، والاجتماعية. (حسين عصام ابو الفضل- ص ١٢٨).

- **الإعتبارات الوظيفية.**

ويمكن استعراض تفاصيلها في النقاط التالية:

1- دراسة قدرة المنشأ المتحول علي تحقيق الغرض منه، وإختيار البديل المتحول المناسب للإحتياجات المعمارية المختلفة المتوقعة، ومدى توافق الحل التصميمي المتحول مع متطلبات الفراغات الداخلية.

2- دراسة العلاقة بين الجزء الثابت والجزء المتحرك، وأثر كل منهما على الآخر، وقدرته على جعل المنشأ الثابت يقوم بوظائفه أثناء حركة الجزء المتحرك دون إعاقة والعكس.

3- دراسة عناصر الاتصال الرأسي والأفقي وعلاقتهما بالحركة لإحداث المرونة المطلوبة بالفراغ المعماري.

4- دراسة مواضع الخدمات والمرافق ومراعاة عدم تداخل مساراتهما.

5- دراسة نسبة المساحة المستغلة لأنظمة التشغيل ومواضعها، وأثر ذلك على الأجزاء الثابتة بالفراغ المعماري.

6- مدي توافق التصميم المعماري مع القوانين والتشريعات واللوائح.

www.wbdg.org/ccb/AF/AFDG/interior.pd

- **الإعتبارات البيئية.**

تتأتي بتحقيق الراحة الحرارية والضوئية والصوتية للانسان، وعدم إضرار المبني بالبيئة والحفاظ علي الطاقة، ويمكن تحديد الإعتبارات البيئية العامة للمنشآت الديناميكية المتحولة من خلال الرجوع الي بعض إستراتيجيات التصميم البيئي، وإستراتيجيات التصميم المتكامل "Integrated Design"، وإعتبارات العمارة الخضراء والمستدامة.

www.interiordesignpro.org/energy-efficient-interior-design/

- **إعتبارات الشكل الهندسي.**

ويأتي تحديد الشكل الهندسي بما يلائم الغرض من المنشأ وتحديد حركاته سواء كانت وظيفية أو بيئية وهو ما يتطلب الآتي:

1- تحديد الشكل الأساسي للمنشأ المتحول.مع إستنتاج أشكال معمارية غير مألوفة والخروج عن الأنماط التقليدية.

2- مراعاة النواحي الإنشائية والميكانيكية، فالمنشآت الديناميكية لها طبيعتان، طبيعة إنشائية حيث تجمع المواد بالصورة المثلي لنقل الأحمال، وطبيعة ميكانيكية تظهر في تحويل القوي المختلفة الى حركة.

3- تصميم المنشأ من وحدات تكرارية أو موديولية "Kinetic Blocks" يسهل تصميمها وتنفيذها فيما بعد، فالتحول ينتج من حركة هذه الأجزاء والتي تعمل معا بصورة متكاملة.

4- دراسة شكل وأسلوب الحركة، وسلوك المنشأ أثناء التحرك من خلال عمل نماذج مبدئية "Prototypes" واقعياً أو رقمياً.

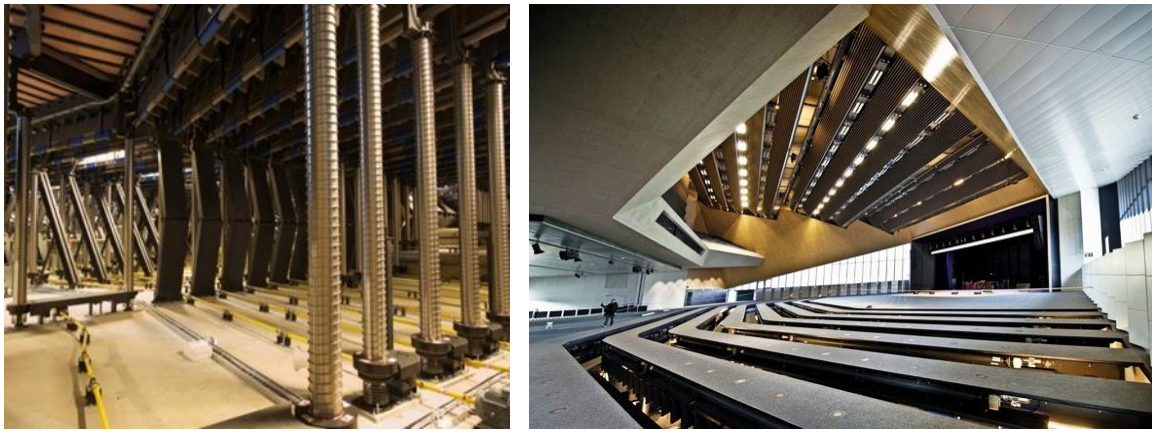
5- مراعاة تحقيق سلاسة الحركة، وتحقيق مبدأ قابلية الرجوع والتكرار.

6- التحقق من الثبات والإستقرار أثناء الحركة.

7- تحقيق سهولة الإستخدام للمنشأ، ومرونة الإستجابة للمتطلبات المختلفة (الوظيفية والبيئية).

(www.freshome.com/2014/11/18/why-form-should-follow-function-in-interior-design/)

ويعتبر النموذج التصميمي والإنشائي والتكنولوجي بالصورة (٦) لنظام Gala System بمركز Swiss Tech Convention Center تطبيقاً معبراً عن تلك النقاط بوضوح.



صورة (٦): شكل النظام الهيدرولوكي الألي المستخدم في نظام Gala System والمتسبب في التحول الذكي لمدرجات ومقاعد القاعة الكبرى بمركز "Swiss Tech Convention Center".

المصدر: https://www.archdaily.com/519434/epfl-quartier-nord-swisstech-convention-center-retail-and-student-housing-richter-dahl-rocha-and-associes

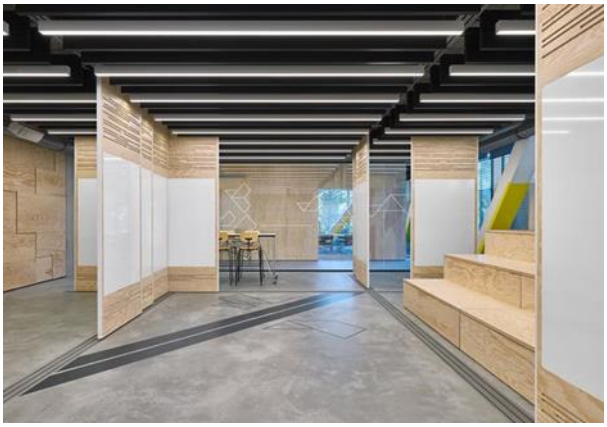
- **الإعتبارات الجمالية.**

ويتحقق ذلك بما يلي:-

1- دراسة الجماليات الناتجة من شكل الحركة، بدراسة البعد الجمالي في حالة الثبات أو الحركة.

2- دراسة علاقة شكل الحركة مع عناصر الجزء الثابت من المنشأ، وتوافق التشكيل الناتج مع الجزء الثابت.

3- دراسة مدى توافق المنشأ مع البيئة المحلية والطابع الخاص بالمنطقة والوسط المحيط.



صورة (٧): التصميم الداخلي لمركز Innovation center 2.0 بالمانيا ويتضح فيه التوافق الجمالي لعناصره الثابتة والمتحركة .
المصدر: https://www.archdaily.com/868212/innovatin-center-scope-architekten

٢-٦ الإعتبارات التقنية.

- **إعتبارات الصيانة والتشغيل والامان.**

هي إعتبارات يستلزم إتباع خطواتها لتقليل حجم المخاطر وإستمرارية كفاءة عمل المكونات المتحركة، وتقليل تكلفة الصيانة الدورية والمفاجئة، وتحقيق الأمان للمستخدمين.

- **الإعتبارات الخاصة بالأحمال البيئية.** *[١]

تقييم وتحديد الأحمال البيئية سواء الخارجية أو الداخلية ودراسة التعامل معها يساعد على منع أو تقليل الأضرار التي يمكن أن تلحق بالمنشأ وحركة مكوناته، ويتطلب ذلك:

- وضع أنظمة للإستشعار بالأحمال البيئية.
- تصميم المنشأ إنشائياً لمقاومة الأحمال البيئية أو التجاوب معها، كبناء منشأ مرن سهل الحركة مقاوم للزلازل.
- وضع أنظمة تعمل كرد فعل للأحمال البيئية، مثل عمل الأنظمة التي ينتج عنها حركة غلق المنشأ.

- **إعتبارات إختيار المواد.**

توجد معايير متعددة لتحديد مدي كفاءة المواد المختارة ومقاومتها للمتغيرات البيئية المختلفة، فتعدد المواد المتاحة وخصائصها جعل من إختيار المواد المناسب منها صعبا وتتطلب ضرورة الرجوع الى برامج ذات قواعد بيانات على الحاسب لإجراء المقارنة بين مختلف المواد مثل قاعدة بيانات جامعة كامبريدج لإختيار المواد CES (Cambridge Engineering Selector) وغيرها. وتمثل إعتبارات إختيار المواد ما يلي:

1- الإعتبارات البيئية. وذلك من خلال:-

- إختيار المواد الأصح تأثيراً علي البيئة، والأقل إستهلاكاً للطاقة أثناء تصنيعها وعند إستخدامها.
- إختيار المواد الأكثر تحملاً للظروف البيئية، وأخفها وزناً وأكثرها مقاومة للحرائق مثل مادة "PTFE".
- إختيار المواد إقتصادية الصنع والتشغيل.

- إستخدام مواد سهلة التنظيف وصغيرة المسام، وذلك لتقليل تكلفة صيانة المنشأ وأعمال النظافة مثل المواد ذاتية التنظيف "Self-Cleaning" ، والمواد التي لا تسمح بإلتصاق العوالق "Anti-Adhesive".
- إستخدام مواد متوفرة في البيئة، والمواد الطبيعية لتقليل تكلفة التوريد والتصنيع والتشغيل.

2- إعتبارات انشائية وميكانيكية. ويتحقق ذلك بما يلي:-

- مراعاة عامل إنخفاض كفاءة المادة بمرور الوقت "Depreciation" .
- مراعاة السلوك الحراري والصوتي للمواد.
- مراعاة العمر الإفتراضي للمادة، ومتانتها بمرور الوقت"Durability"، مما يساعد على وضع خطط واقعية للصيانة.
- أن تكون المادة مقاومة للإنبعاج "Buckling"، خاصة للمواد المعرضة للإنثناء بكثرة.

www.level.org.nz/material-use/choosing-materials/

3- الإعتبارات الجمالية للمواد.

يجب مراعاة مظهر المادة المستخدمة، وتوافقها مع الإدراك البصري للمنشأ والمعتمد على الخصائص الميكانيكية، أنماط التشكيل والتحول، شكل الهيكل الإنشائي الداعم وتثبيت المادة به.

- **الإعتبارات الاقتصادية (التكلفة والقيمة).**

تعتبر من أهم الإعتبارات التي لا بد من دراستها عند تصميم المنشآت الديناميكية المتحولة، فهذه النوعية من المنشآت تتسم بإرتفاع تكاليف تصميمها وتصنيعها وتشغيلها وصيانتها، مما يجعل استبعادها – كبديل تصميمي– أكثر إحتمالا . وتتركز عناصر تحديد تكلفة هذه المنشآت في النقاط التالية :-

1- تكلفة التصميم المبدئي للمنشأ.

تتمثل في عمل الأبحاث والدراسات العلمية المختلفة، لإبتكار أنواع الحركة وأسلوبها وسلوك المنشأ أثناء تحركه والذي قد يكون بعمل نماذج إختبارية "Prototypes" لتوقع النتائج.

2- تكلفة التصنيع.

وتتمثل في الحاجة إلى إبتكار أساليب متطورة لتصنيع أجزاء المنشأ مع توفير مصممين وفنيين مهرة لعملية التصميم والإنتاج، أيضاً المواد الخام النموذجية كالـ "PTFE" و"الاستانلس" تمثل عائق نظراً لضعف توافرها أو إرتفاع تكلفتها.

3- تكلفة التشغيل والتحكم.

متمثلة في الطاقة المستخدمة لتحريك المنشأ، وتوفير أنظمة المراقبة والإستشعار والتحكم.

4- تكلفة الصيانة الدورية والمفاجئة.

لها أهمية في الزيادة من العمر الافتراضي للمنشأ. وذلك نظراً لكثرة العناصر المتحركة والأنظمة الميكانيكية وتداخلها الذي يسهل حدوث مخاطر أثناء التشغيل والحركة. (حسين عصام ابو الفضل - ص ١٣٨).

٦-٣ إعتبارات مراحل إعداد العملية التصميمية.

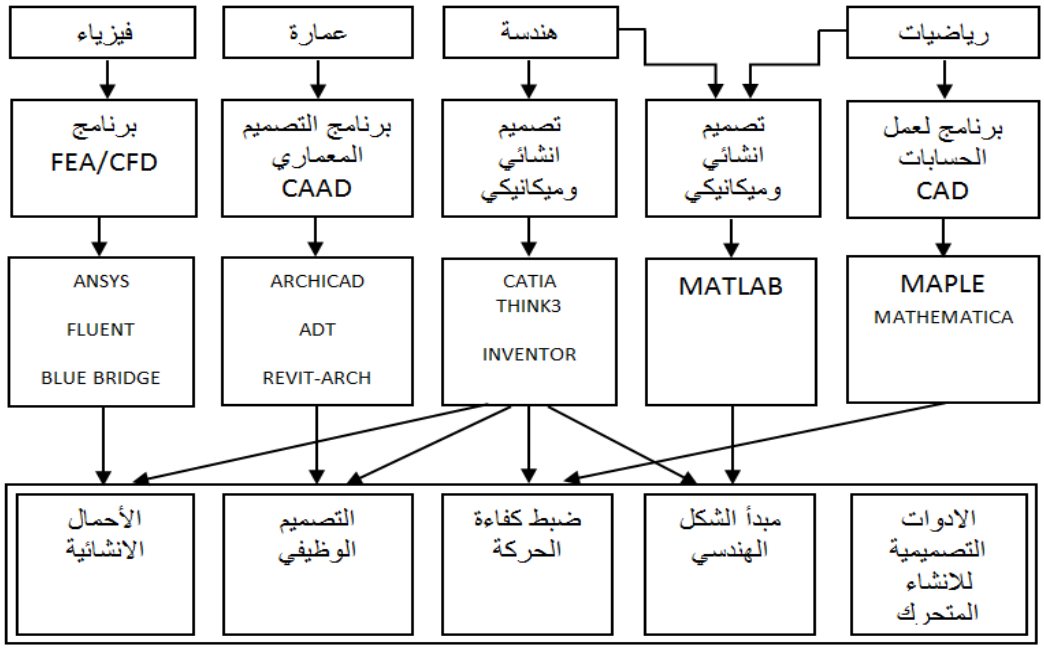
تصميم المنشآت الديناميكية المتحولة هو تصميم متداخل التخصصات"Interdisciplinary"، ذو طبيعتين، إحدهما انشائية تظهر في اسلوب إستنتاج الشكل الهندسي وسلوك الأحمال لتحقيق الثبات، والأخرى ميكانيكية وتكمن في دراسة اسلوب الحركة والتحول من حالة أو وضعية الى أخرى، وبذلك لابد من وجود مخطط يحدد خط سير العملية التصميمية وتحديد المهام الخاصة بكل تخصص. فالتحول في هذا النوع من المنشآت يتطلب مجهودات كبيرة في التصميم والتصنيع، ويبرز ذلك في المنشآت ذات الهياكل المتحولة عن المنشآت ذات الهياكل المتحركة.

ويمكن حصر التخصصات المطلوبة لتطبيق المنشآت المتحولة الى ثلاثة فروع علمية فيما يلي:-

1- تخصصات معمارية.
2- تخصصات هندسية كالمدنية والإنشائية والميكانيكية وهندسة المواد.
3- تخصصات رياضية وفيزيائية كعلم الميكانيكا والهندسة الوصفية والتحليلية وغيرها.

- **التخصصات العلمية ومهام تصميم المنشآت الديناميكية المتحولة.**

يمكن تحديد التخصصات العلمية ومهام كل منها، عند تصميم المنشآت المتحولة كما يلي:



شكل (٢): يوضح تداخل التخصصات المختلفة بالمراحل التصميمية للمنشآت الديناميكية المتحولة.
المصدر: (حسين عصام ابو الفضل – ص١٤٠-١٤٤).

النتائج

1. الفراغ الديناميكي هو الفراغ المحفز على الحركة والتحول من خلال خصائص الترابط والإنتقال والنمو والإنفتاح والإختزال.
2. التنوع والإختلاف التصنيفي للنظم الحركية مؤشرعلى تعقد المنظومة بأكملها في أساليبها وسلوكها ومحتواها وعناصرها.
3. تطور النظم الإنشائية يساهم في إثراء الخيارات التصميمية الحركية.

4. أساليب التوليد والتحول الشكلي هي المبادئ البنائية الأساسية الحاكمة لعملية التصميم الحركي.

5. التصميم الحركي النموذجي يتطلب مشاركة مجموعة تخصصات ما بين معمارية كـ (العمارة الذكية-العمارة الرقمية-العمارة التفاعلية-العمارة الديناميكية)، وهندسية كـ (الهندسة الإنشائية-الهندسة الميكانيكية-هندسة المواد)، وعلمية كالرياضيات والفيزياء.

6. يتطلب التصميم الحركي الناجح أن يراعي العديد من الإعتبارات الوظيفية والبيئية والجمالية والتقنية والاقتصادية لكي يلبي الهدف المنشود من تطبيقه في تحقيق الراحة الوظيفية والجمالية والشكلية والنفسية والاجتماعية.

التوصيات

في إطار الدراسة الخاصة بمبادئ التصميم الحركي وتطبيقه بالفراغات المعمارية فإنه يوصى بإجراء ما يلي:-

1- على المصمم الحفاظ على هوية المبنى المحلية الخاصة في نفس الوقت الذي يتم فيه إضافة أنظمة حركية متطورة، تجنبا لسيطرة الآلة وتلاشي الهوية المحلية تدريجيا أمام سطوة التكنولوجيا الصناعية الحديثة.

2- على المهندسين المختصين بالهندسة الإنشائية دراسة وتطوير النظريات الإنشائية، وذلك للخروج عن الأشكال التقليدية لها، وذلك لفك القيود من الفكر التصميمي بالأشكال الإنشائية المحددة لها.

3- على المؤسسات الصناعية دراسة إقتصاديات المنشأ الديناميكي، وأساليب التحكم بالتكلفة مقابل الوظيفة المرجوة.

المراجع

أولاً: الكتب والدوريات العلمية.

أ- العربية

1. شوقي، اسماعيل." الفن والتصميم"، كلية التربية الفنية، جامعة حلوان، ط (١٩٩٨) .

1- Shawky، Isma3il."aAlfan waltasmim"، kollyat altarbia alfaniah،Game3at holwan.t(1998).

2. محمد حسنين، هالة. "منهجية التصميم الحركي الذكي في العمارة الداخلية للحيزات السكنية"، بحث منشور بمجلة العمارة والفنون و العلوم الإنسانية، مصر،عدد خاص (٢) الموتمر الدولي السابع " التراث والسياحة والفنون بين الواقع والمأمول"،(٢٠٢١).

2- Mo7amed Hasanin، Hala."Menhagyat altasmim al7araky alzaki f el3mara alda5lyah ll7ayzat alsakanyah"، ba7th manshor bmagalet al3emara walfnon wal3lom al2ensanyah، Masr، 3add 5as(2)، almo2tamar aldawly alsabe3،(2021).

3. محمد يحيى محمود، مريهان. "أثر البعد الرابع على تطور التصميم الديناميكى (الحركى) بالتصميم الداخلى والأثاث"، بحث منشور بمجلة العمارة والفنون و العلوم الإنسانية، مصر، العدد الثاني عشر، الجزء الأول، (٢٠١٨).

3-Mo7amed yahia،Maryhan."Athar albo3d alrabe3 3la tatawor altasmim aldynamicy(al7araky) beltasmim alda5ly wal2athath" ، ba7th manshor manshor bmagalet al3emara walfnon wal3lom al2ensanyah، Masr،al3add althany 3ashr Masr، algoz2 al2awal Masr،(2018).

ب- <u>الأجنبية.</u>

4- Elizabeth Erin Lee,"contemporary archetypical practices of transformative interior design", Master Thesis, Faculty of the Graduate School of Cornell University ,(2011).

ثانياً: الرسائل العلمية.

5- أحمد أمين طنطاوي، ضياء الدين. "النشاط الحركي وأثره على التشكيل البنائي والكفاءة الوظيفية للفراغ الداخلي للمنشآت الإدارية المتنقلة"، رسالة دكتوراه، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان، (٢٠٠٩).

5- Mo7amed Amin Tantawy، Diaa Eldin. "Alnashat al7araky w atharo 3la eltashkeel albena2y walkafa2a alwazefya llfaragh alda5ly llmonsha2at al2edarya almotanakela"، Resalet doctorah، Kollyat elfonon eltatbykia، Game3att 7olwan، (2009).

6- حسن عبد الحميد، سوزان. "الديناميكية في التصميم الداخلي"، رسالة ماجستير، كلية الفنون الجميلة، جامعة الإسكندرية، (٢٠١٥).

6- Hassan 3abdelhamid،Suzan. "Aldynamikia feltasmim alda5ly"، Resalet magestir. Kollyatt alfnon algamila، Game3att Al2eskandaria، (2015).

7- سيد محمد ، محمود. "التكنولوجيا المتطورة للنظم المتحركة وتطبيقاتها في تصميم الفراغات الداخلية مرنة الوظائف"، رسالة ماجستير، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان، (٢٠١٧).

7- Sayed Mo7amed،Ma7moud. "Altochnologia almotatawera llnozom almota7arekah watatbykatoha fi tasmim alfaraghat alda5ylyah marenet alwaza2ef"، Resalet magestir، Kollyat elfonon eltatbykia، Game3att 7olwan، (2017).

8- عصام ابو الفضل، حسين. "تكنولوجيا العمارة الديناميكية"، رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة عين شمس،(٢٠٠٧).

8- 3essam Aboalfadl، 7ussein."Technologia al3emarah aldynamikia"، Resalet magestir، Kollyat alhandasah، Game3att 3in shams، (2007).

ثالثاً: شبكة المعلومات الدولية.

1. http://www.level.org.nz/material-use/choosing-materials/ (11-6-2021..22:00)
2. https://www.archdaily.com/519434/epfl-quartier-nord-swisstech-convention-center-retail-and-student-housing-richter-dahl-rocha-and-associes (28-5-2021.. 22:00)
3. https://www.archdaily.com/868212/innovatin-center-scope-architekten (26-5-2021..21:00)
4. https://www.mymove.com/home-inspiration/decoration-design-ideas/why-form-should-follow-function-in-interior-design/ (29-5-2021 .. 21:00)
5. https://www.pinterest.com/pin/436849232607961567/ (6-6-2021..22:00)
6. https://www.thecoolist.com/transforming-interiors-designs-modular-smart-homes/ (13-6-2021..23:00)
7. www.interiordesignpro.org/energy-efficient-interior-design/ (17-5-2021.. 22:00)
8. www.marvelbuilding.com/foldable-stool-structure-inspired-spiders-legs-spin.html (8-6-2021..22:00)
9. www.romualdorivera.wordpress.com/2014/10/09/tensile-membrane-structures (27-5-2021..21:00)
10. www.wbdg.org/design/ensure_health.php (28-5-2021 .. 21:00)

---

[١] * Ungers - مصمم وأستاذ بالعديد من الجامعات وباحث معماري الماني معروف بتصميماته الواقعية، برزت أعماله في عمارة المتاحف.

[٢] * Eisenman - معماري وأستاذ بجامعة كامبريدج وكاتب أمريكي تنتمي أعماله للحداثة والتفكيكية.

[٣] * Sigfried Giedion مؤرخ وناقد معماري سويسري. درّس في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا وجامعة هارفارد. تركزت مؤلفاته في مجال العمارة وعلاقتها بالبعد الزمني.

[٤] * Anthony C. Antoniades كاتب يوناني له عدة مؤلفات في مجال العمارة.

[٥] * Mario I. Gandelsonas. معماري وكاتب ومؤلف أمريكي ومحاضر في في جامعة برينستون. ومؤسس وشريك لشركة Agrest and Gandelsonas Architects.

[٦] * Chuck Hoberman. هو فنان ومصمم ومهندس معماري ومخترع للألعاب والهياكل القابلة للطي وأبرزها كرة هوبرمان الشهيرة.

[٧] * Félix Escrig. مؤلف وكاتب أسباني في مجال العمارة وتحديداً في التكوينات والتحولات الشكلية.

[٨] * Elizabeth Erin Lee. هي مصـممة بمجال التصـميم الداخلي وباحثة في جامعة " Cornell University " في مدينة ايثاكا بولاية نيويورك بالولايات المتحدة الأمريكية.

[٩] * Ariel Hanaor. أكاديمي وباحث متخصـص في الهياكل الإنشـائية وتحولاتها الشـكلية أهمها Principles of Structures.

[١] * الأحمال البيئية هي احدى القوى المؤثرة على أي عنصر من عناصر المنشأ وتكون نتيجة تغير عوامل بيئية معينة كتغير الحرارة على سبيل المثال ويسمى حملاً حرارياً قد يسبب التمدد أو الانكماش. وهناك أحمال نتيجة الرطوبة والثلوج والأمواج وغيرها.