

The Role of Bio-Analogy in Contemporary Architecture

Dr. Wijdan Deyaa Abdul Jalil 

Architectural Engineering Department, University of Technology/Baghdad

Email:wjdan_wijdann@yahoo.com

Received on:3/11/2016 & Accepted on:29/12/2016

ABSTRACT

Human's attitude to nature has been changing through history. This was reflected on architecture, associated with each historical period, connected to availability of appropriate technology, where architecture was to protect man, give him a sense of security, luxury or controlling of nature. However, nature has been considered as a major source of inspiration through analogy of organism, which remained effecting until the industrial revolution and the emergence of other sources of analogies like machines and other. The contemporary period witness an attitude towards returning back to nature through bio-analogies, which appeared in many contemporary architectural trends by the impact of new scientific theories like fractional geometry, chaos theory, self-generation,...etc., associated by the revolution in digital technology and manufacturing. In addition to the emergence of the urgent need to achieve sustainability, which affected strongly in this direction that seeks to improve their aesthetic, functional and structural values. In spite of the multiplicity of these trends, they share the attitude to nature as source of inspiration through bio-analogy. So the problem of search is emerged as "the need to identify levels of bio- analogies in contemporary architecture". And the goal of research is determined as "identifying levels of bio-analogies in contemporary architecture". In light of that, the search classification levels of bio-analogies, and its relation to the characteristics of organisms in each level, and then extract their vocabularies to measure the application in contemporary architectural practice through the projects that are selected as case studies. The research found that they have achieved certain vocabularies and not others.

دور المماثلة الأحيائية في العمارة المعاصرة

الخلاصة

تغير موقف الانسان من الطبيعة عبر التاريخ. وانعكس ذلك على العمارة المرتبطة بكل المراحل التاريخية مرتبطا بتوفر التكنولوجيا المناسبة في ان تكون العمارة لحماية الانسان او منحه الشعور بالأمن أو الرفاهية أو السيطرة على الطبيعة. واعتبرت الطبيعة مصدرا أساسيا للإلهام من خلال مماثلة الكائنات الحية، وبقي ذلك ساريا الى الثورة الصناعية، وظهر مصادر اخرى للمماثلة كالمكائن وغيرها. وشهدت الفترة المعاصرة توجهها نحو العودة الى الطبيعة، عبر المماثلة الاحيائية. وظهر ذلك في العديد من التوجهات المعمارية المعاصرة بتأثير النظريات العلمية الجديدة، مثل الهندسة الكسرية ونظرية الفوضى والتوليد الذاتي... الخ، مرتبطا بالثورة في التكنولوجيا والتصنيع الرقمي. بالإضافة الى ظهور الحاجة الملحة لتحقيق الاستدامة، مما أثر بقوة في هذه التوجهات وسعيها الى تحسين القيمة الجمالية والوظيفية والإنشائية. وبالرغم من تعدد هذه التوجهات، الا ان تتشارك التوجه نحو الطبيعة مصدرا للإلهام من خلال المماثلة الاحيائية. لذلك برزت مشكلة البحث في "الحاجة الى تحديد مستويات المماثلة الاحيائية في العمارة المعاصرة". وتحدد هدف البحث في "تحديد مستويات المماثلة الاحيائية في العمارة المعاصرة". على ضوء ذلك قام البحث بتصنيف مستويات المماثلة الاحيائية، وارتباطها بخصائص الكائن الحي في كل مستوى منها، ومن ثم استخلاص هذه المفردات وقياس مدى التطبيق في الممارسة المعمارية المعاصرة عبر المشاريع المختارة كحالات دراسية. وتوصل البحث الى انها قد حققت مفردات معينة دون غيرها.

الكلمات الدالة: المماثلة الأحيائية، الطبيعة، التكنولوجيا الرقمية، التصنيع التحويري

المقدمة

الاهتمام بالطبيعة الكثيرين عبر التاريخ في النماذج والتصاميم التي اعتمدها الإنسان، كمثال محاولة ليوناردو دافنشي Davin Chi بناء آلة الطيران من خلال دراسة الطيور أثناء طيرانها. وتحول التوجه نحو الطبيعة في الفترة الأخيرة إلى طابع ثوري بسبب الحاجة الملحة إلى تطوير الاستدامة البيئية. إذ تشهد المرحلة المعاصرة تنامي التوجه نحو المماثلة الأحيائية في العمارة سعياً نحو حل الكثير من التحديات التصميمية المستجدة، حيث وفر هذه التوجه إمكانية الربط بينها وبين الكائنات الحية من خلال توظيف التطورات التكنولوجية التي تأخذ الهامها من الطبيعة، بهدف تحقيق التوازن والمحافظة على الطبيعة والانسجام معها، وعكس الجمال والتنوع والكفاءة الوظيفية. وغير ذلك إدراك العلاقة بين العمارة والطبيعة، وتسبب في تزايد الوعي بالحاجة إلى المحافظة على الموارد، وضرورة اعتماد مبادئ وحلول الطبيعة، ودراسة الكائنات الطبيعية التي تعيش بتكامل مع محيطها.

المحور الأول: الدراسات السابقة

شرح ستيدمان Steadman المماثلة البيولوجية في الفن والعمارة، وامتدادها عبر التاريخ منذ عهد الإغريق، والنظر إلى الكائنات الطبيعية كنماذج تمتلك الانسجام والنسب المتوازنة بين أجزائها، والتي تدور ضمن تفسيرين أساسيين هما: ١- المماثلة الشكلية: وهي المماثلة المعتمدة على تشكيل الأجزاء ضمن وحدة كلية في ما بينها ومع الكل، والتي تسبب الأرضاء المشتق من جمال الطبيعة. إذ تنمو الكائنات الحية إلى حجم معين محكومة بهيكلها والظروف المحيطة بها في وحدة كلية. وإن هذه الوحدة يمكن توظيفها من قبل المعماري، لتنظيم العلاقة بين الوظائف الداخلية للمبنى ومحيطه. ٢- المماثلة الوظيفية: وهي ارتباط الشكل المصنع بوظيفته (أنه يبدو كذلك). كما ذكر أن تدوينا للأشياء التي تتناسب مع أشكالها، هو أمر مرتبط بإحساسنا بالجمال الطبيعي. وأنه توجد ثلاثة ثيمات فيما يخص المماثلة البيولوجية وهي: ١- علاقة العضويات ببيئتها. ٢- العلاقة بين أعضاء الكائن الحي تبعاً لمبدأ كيرفر Curvier، ويقوم المبدأ على قاعدتين الأولى أن كل أعضاء الكائن الحي تكون نظام واحد وكل جزء متحد مع الأعضاء الأخرى، والثانية هي أن بعض الأجزاء أو الأنظمة لها وظائف متميزة مقارنة بالأخرى، وهي تنظم نفسها ذاتياً طبقاً للأهمية. ٣- العلاقة بين الشكل والوظيفة في الكائن الحي. Steadman, 2008, p.4,8. صنف بنينوس Benyus التوجه التكنولوجي في المماثلة الأحيائية إلى ثلاث طرق هي: ١- الطرق الكيميائية. ٢- الطرق الميكانيكية والهيكلية. ٣- المبادئ التنظيمية في السلوك الاجتماعي للحيوانات. وتؤكد بنينوس على أن الطبيعة هي بيئة مستدامة من خلال مجموعة مبادئ هي: استخدام القدر الأدنى من الطاقة الذي تحتاج إليه، وتوافق الشكل مع وظيفته، وإعادة تدوير كل شيء، والتكافل المعيشي، وتجنب الهدر في الموارد. Benyus, 2002, p.7,30

أكد ستافورد Stafford على أهمية المماثلة في الإدراك الإنساني، لأنها تؤثر في مجمل الفعاليات الإدراكية كالتعلم والتفكير والعمل والإبداع، وأن النقص في المماثلة الفيزيائية والعاطفية والروحية والتفكيرية يدفعنا للبحث عن أشياء مقاربة لتحل محلها. وحددت المماثلة البيولوجية بثلاث خطوات هي: ١- التصوير Representation وهي تمثيل مختلف الرموز التصميمية وبالأخص البصرية من خلال عمليات الإدراك الحسي البصري واستنتاج الصور وتمثيلها أو تجريدتها. ٢- الاستنتاج Reasoning الاستنتاج من خلال العمليات الإدراكية والمقارنة مع الحلول المماثلة السابقة المبنية على المماثلة البصرية. ٣- المعرفة Knowledge من خلال إظهار الصور والعلاقات لمختلف اصناف المعرفة كالمعرفة المنطقية والإدراكية وتوظيفها في التصميم بتحويلها إلى هياكل أكبر. Stafford, 2001, p. 275

أكد جويل Goel المماثلة الحاسوبية، والدور الذي تلعبه في الهام التصميم لحل مشكلة الاستدامة البيئية، ومؤشرات التحديات الخاصة بتطوير تقنيات جديدة لعمليات التمثيل المعرفي، واكتساب المعرفة والذاكرة والتعلم... الخ ونقلها إلى العمارة، وكون المماثلة الأحيائية أداة مفيدة للمعماري، بدءاً من التصميم الأولي وتطويره وتحليله، وحتى إعادة صياغة المشكلة التصميمية. إذ يمكن استخدام المماثلة الحاسوبية لتحليل النماذج الطبيعية للتعلم من الطرق الطبيعية. كمثال فإنه عند تصميم مبنى مرتفع وحل مشكلة تصعيد الماء بدون صرف كمية كبيرة من الطاقة، فإنه بالإمكان استكشاف القدرة التي تتمتع بها أشجار الخشب الأحمر، والتي يرتفع فيها الماء لعدة آلاف الأقدام، ويتطلب ذلك إنجاز تقدم في المواد المصنعة الجديدة التي تقوم بنفس الوظائف الطبيعية. وأشار إلى أهمية التصميم الملهمة من الطبيعة والمستعينة بالبرمجة الحاسوبية في تحقيق الاستدامة كأحد أهم أهدافها. Goel.2015,p.50-51

تناول Rachmawti التوجهات المعمارية المعاصرة والتحديات الخاصة بالقرن الواحد والعشرين والمرتبطة بالمعالجات المستلهمة من الطبيعة لتحقيق الاستدامة البيئية. كما تناول المشاكل المتعلقة بالتقدم التكنولوجي، وارتباطها بقضايا الإنسانية والعولمة والاقتصاد، وطرح تساؤلات عن الكيفية التي يتم بها تحقيق الانسجام بين العمارة والبيئة والمحافظة على الموارد الطبيعية، والتعامل مع التكنولوجيا من خلال توظيفها كأداة في المواد

والمنتجات المناسبة، والكيفية التي يتم بها تحسين البعد الاخلاقي والعملي للتكنولوجيا. Rachmawti, 2011, p.429

وتناول فرايزر Frazer العمارة التطورية، التي تتخذ المماثلة الاحيائية للنماذج الطبيعية كقوة مولدة للشكل المعماري، بخلق نماذج معمارية افتراضية مستجيبة للتغيرات البيئية، والنظر الى العمارة على انها نوع من البيئة الاصطناعية، مشابهة للعالم الطبيعي ومبادئ التشكيل والتشجير الجيني والاستنساخ والانتخاب الطبيعي، بهدف خلق عمارة ذات سلوك متوازن مشابه للبيئة الطبيعية. واعتقد بانه بالإمكان تحقيق ذلك في حالة توفر امكانية اتباع الكيفية التي يتم بها تشفير هيكل الشكل وفق الرياضيات الجينية Genetic Algorithm، ودراسة الكيفية التي تتم بها عملية الانتخاب الطبيعي وعمليات التشكيل وتحويلها الى بيئة مبنية، واذا ما تم حل هذه المعضلات فانه بالإمكان استخدام الحواسيب كقوة مولدة في العمارة التي تنمو بشكل مشابه للنبات الطبيعي. Frazer, 1995, P.9 ونستنتج من الدراسات السابقة ما يأتي:

- أن المماثلة الاحيائية هي وسيلة قوية بيد المصمم لإنتاج الافكار المبدعة، و استلهام الافكار والبحث عن النظم الطبيعية لاختيار الحل التصميمي المناسب، اذ تعد ذات اهمية في اغناء عملية حل المشاكل التصميمية.
- اهمية دراسة النماذج الطبيعية لإيجاد حلول تصميمية مستلهمة من الطبيعة كمخزن لامتناهي من النماذج، وقيام المماثلة البيولوجية على استكشاف النماذج الطبيعية، واختيار النموذج المحدد، واستكشاف وظائفه ومبادئ التكامل المعيشي له، ثم تجريد الحلول البيولوجية للحصول على الاستراتيجيات المناسبة، ومحاكاة المبدأ الحياتي ثم تقييمه.
- اهمية ان تكون العمارة منسجمة مع الطبيعة والانسان بتوظيف التكنولوجيا المتقدمة، بهدف تحقيق رؤيا كلية شاملة متداخلة للعلاقة بين العمارة والطبيعة.
- احتمالية التطور التكنولوجي في المستقبل بما يمكن توظيفه لخلق العمارة التطورية، باعتماد الحاسوب كقوة مولدة للعمارة بمماثلة عملية النمو في الطبيعة.
- وفي ضوء ذلك تحددت مشكلة البحث وهدفه كالآتي:

مشكلة البحث وهدفه

مشكلة البحث هي: "النقص المعرفي في تحديد مستويات المماثلة البيولوجية في العمارة المعاصرة". اما هدف البحث فقد تمت صياغته في حدود المشكلة البحثية وكالاتي: "تحديد مستويات المماثلة البيولوجية في العمارة المعاصرة".

المحور الثاني- المماثلة Analogy

تعود كلمة المماثلة الى كلمة Analogia الاغريقية وتعني التناسب، Ribeiro,2014, p.110 وهي عملية يتم فيها نقل المعلومات والربط بين مجالين للمشاركة في الخواص او العلاقات بينهما، ويمكن اضافة بعد ثالث هو الوظيفة لمد فكرة المماثلة لتشمل المجال التصميمي. Grands,2015, p.3 ويمكن ارجاع فكرة المماثلة في احدى معانيها الى الرياضيات الاغريقية والنسب الرياضية حيث اشار ارسطو الى مزج العلاقات الرياضية مع العدالة والفضيلة والشعر، حيث يمكن استخدام المماثلة للربط بين مجالات مختلفة. Stafford,2001, p.9 وتعرف كذلك على انها عملية الربط بين حالة من مجال معين (المصدر) والتي لم تكن مفهومة جيدا، مع مجال اخر (الهدف) والذي يكون مفهوم جيدا. ويتطلب ذلك دراسة الطول المتوفرة في المجال الاول، ونقلها الى المجال الثاني لحل مشكلة معينة، وقد تكون عملية النقل لمكونات الحالة أو العلاقة بينها او تمثيلها. كما تحمل المماثلة استنتاجا ان هناك تشابه بين فكرتين او عنصرين في بعض الابعاد، واختلافا في ابعاد اخرى من خلال فحص المشكلة في احدهما وتطبيق كيفية حلها في الاخر. ويتحدد مستوى المماثلة اعتمادا على التباعد بين العنصرين. وتلعب المماثلة دور مميز في حل المشاكل واتخاذ القرارات والادراك والذاكرة والابداع والعواطف والاتصالات وتعد محور الادراك. Ribeiro,2014, p.110

المماثلة الاحيائية

وهي اساس التصميم المستلهم من الطبيعة. وتقوم المماثلة الاحيائية على فكرة وجود حلول محتملة لحل المشكلة التصميمية في النماذج الطبيعية. وتتعدد مستويات المماثلة لتشمل المظهر او المواد او عملية الانتاج او الهيكل او الوظائف في الكائنات الحية. Grandas, 2015, p.3 وتتلخص المماثلة الاحيائية بمصطلحات عديدة متداخلة مثل Biomimetics, Biomimicry, Bionic. محاكاة الانظمة الحية Biomimetics: وهو مصطلح وضعه Otto Schmit في الخمسينات من القرن الماضي، ويعني دراسة تطور الانظمة التركيبية التي تحاكي التكوين الهيكلي والوظيفي والمواد وعمليات التحليل الهندسي للعضويات، وسلوكها وتطبيق مبادئها في حل المشكلة التصميمية. www.dictionnaire.com ويتعلق بمواضيع

علمية متعددة هدفها التوصل الى تحقيق الاستدامة. ويكون من خلال توجيهين الاول البدء من المشكلة -Problem Oriented والثاني البدء من النموذج الاحيائي Solution-Oriented

محاكاة الكائنات الحية Biomimicry: وهو مصطلح تبنته Janine Benyus في النظر الى الطبيعة كنموذج وكمقياس وكمراقب مؤكدة على تطبيقاتها باتجاه الاستدامة. فالطبيعة كنموذج: من خلال دراسة الشكل الطبيعي والعمليات والانظمة والاستراتيجيات ومن ثم محاكاتها او استلهامها لوضع التصاميم والعمليات في حل المشاكل الانسانية بطريقة مستدامة. اما الطبيعة كمقياس فمن خلال استعمال الطبيعة للحكم والسيطرة لمراقبة جودة الاختراعات المستدامة. والطبيعة كمراقب من خلال تقييم الطبيعة كمصدر نتعلم منه ونحافظ عليه بدلا من اهدار مواردها. Benyus, 2002, p.13 وصنف زاري Zari ثلاثة مستويات لمحاكاة الكائنات الحية وهي: 1- العضوي. 2- السلوكي. 3- النظم الايكولوجية. يتعلق المستوى العضوي بكائن عضوي محدد يتم محاكاته او جزء منه. ويعني المستوى السلوكي محاكاة سلوك الكائن الحي. ويعني مستوى النظم الايكولوجية المبادئ العامة التي تسمح بأداء الكائن لفعالياته الحياتية. Zari, 2007

ويقترح البحث تصنيفا بديلا لتكون مستويات محاكاة الفعاليات الاحيائية او (المماثلة الاحيائية) متعلقة بأربعة مستويات هي: المماثلات الادراكية والبصرية والوظيفية والهيكلية بدلا من التصنيفين المذكورين اعلاه لأنها تشمل الجانب الادراكي المتعلق بالنظريات العلمية، نظرا لأهميته في التغير الحاصل في العمارة المعاصرة، والتي سيتم طرحها لاحقا.

التطبيقات الهندسية الحية Bionic: وهو مصطلح وضعه Jack Steele 1960 في الاشارة الى التوجه العلمي التطبيقي الذي يهتم بالوظائف البيولوجية في الانظمة الطبيعية، وتحويلها الى حلول للمشاكل الهندسية. ويرتبط هذا التوجه بتطوير الجوانب التشغيلية بمماثلة الأنظمة الحية بتوظيف التكنولوجيا. Mihaly, 2014, p.23 عمد المهندسون الى الاستفادة من التكنولوجيا القائمة على دراسة القشرة الحية للكائن الحي في تصميم السقوف والواجهات المعمارية التي تتكيف وتغير تكويناتها تبعا للتغيرات الفصلية Altun, 2014, p.7 ونستنتج من ذلك ان المماثلة الاحيائية في العمارة المعاصرة تقوم بتوظيف المستجدات العلمية والتطبيقات الهندسية، والتي تتباين فيما بينها في محور تركيزها، لكنها تشترك في كونها متعلقة بمحاكاة النماذج والانظمة والعناصر، في التكوينات الشكلية للتنظيم الهندسي والوظائف والهيكل الطبيعية لتحقيق هدف الارتباط بالطبيعة.

دور الحاسوب في المماثلة الاحيائية:

تواجه عملية التصميم في التطبيقات المعمارية تحولا باستخدام التكنولوجيا الحاسوبية، التي زاد استخدامها في العقد الماضي. حيث وظفت البرامج الحاسوبية في عمليات ايجاد الاشكال المطوية واللينة، والمشتقة من الهندسة الجينية والهندسة الكسرية... الخ. وقد وفر ذلك امكانية تحقيق مستويات التعقيد المرتبطة بالجماليات الجديدة المشتقة من الطبيعة، والتوجه نحو العمارة التطورية المتكيفة. فقد طور توسي Tusi فلسفة تطبيقية مؤسسة على العمليات الطبيعية لخلق الهياكل الحاسوبية بمحاكاة الهياكل الطبيعية بدء من المكونات الصغيرة على المستوى الجزيئي وحتى الاجسام الكبيرة، ويمتد ذلك الى دراسة العادات الايكولوجية للكائنات الحية، ثم تطبيقها في الانشاء والعمارة. www.tdrinc.com

يتميز الشكل في الطبيعة بخصائص هندسية كسرية، وهي صفة مميزة للأنظمة الطبيعية تشمل الكائنات الطبيعية المتنوعة. ويمكن تفسير الصور البصرية المتنوعة من خلال التنظيم الهندسي الكسري الطبيعي الذي يحقق الوحدة والجمال والكلية. Lorez, 2011, p.191 والتي يمكن محاكاتها باستعمال البرامج الحاسوبية في توليد النظم الهندسة الطبيعية، لإنتاج هياكل ثنائية أو ثلاثية الأبعاد وتوظيفها في التصميم المعماري. ويشهد التصميم المعماري والإنشائي تغييرات من جراء التقدم في علوم الكمبيوتر والتصميم. ويمكن لتوظيف الحاسوب في التصميم ان يؤثر على طريقة تفكيرنا حول التصميم، وتسلسل توليد الاشكال والفضاءات والتي يجب ان تكون بطريقة كفوة. وتوفرت فرصة لإعطاء بعد جديد للهندسة المعمارية مع استخدام القوة المتزايدة التي وفرتها أجهزة الحاسوب في العقدين الاخيرين، مثل برامج (Lin) التي وفرت أداة جديدة للمعماريين في تصميم المخططات الثلاثية الأبعاد، وتوليد النماذج المشتقة من الهياكل والتنظيمات الداخلية في الكائنات الحية، وفقا للدراسات التي تنطوي تحت مسمى علم التشكل Morphology. وهو دراسة شكل وهيكل الحيوانات والنباتات. ويمثل النمو المفتاح في استعمال العمليات الشكلية-الجينية Morphogenic من خلال البحث في النماذج الحية او الظواهر الطبيعية واتخاذها كنقطة بدء في توليد الشكل التصميمي. وتستخدم العديد من التطبيقات البرمجية مثل Mprpho-Echology, Biothing & Continuum, L-system حيث يتم مراقبة نمو الكائن الحي واجراء العمليات الحاسوبية عليه لإيجاد الشكل المعماري. وتسبب توفر امكانية نمودجة الاشكال المعمارية المعقدة من خلال البرامج الحاسوبية والنمودجة البارامترية، والتي تتشكل نتيجة تغيير معطيات معينة في المعادلات الرياضية الخاصة بتوليدها. وملخص ذلك وجود ثلاث منافع للحاسوب في المماثلة الاحيائية هي:

- ١- امكانية تغيير الشكل او توماتيكيا.
- ٢- اعادة استخدام التكوين الشكلي بتغيير معطياته الرقمية لإنتاج اشكال جديدة مختلفة.
- ٣- امكانية تحويل المعلومات الى وسائل الانتاج الرقمية لأغراض التنفيذ ، باستخدام امكانية الانتاج التحويري.

المماثلة الأحيائية للطبيعة والتوجهات المعمارية العلاقة بين الانسان والطبيعة

يمكن تتبع العلاقة بين الانسان والطبيعة والتي تنعكس على النمط المعماري بتقسيمها وفق اربعة توجهات عبر تاريخها:

- ١ - **الخوف من الطبيعة:** باستخدام النمط العضوي Organic Pattern في العصور الاولى لانبثاق الحضارة، حيث كان الانسان تحت التأثير المباشر للطبيعة وسيطرتها، بسبب بساطة الوسائل التكنولوجية المتوفرة لديه. وكان هدف العمارة هو الحصول على الأمان وضمان بقاءه وتمثل باستخدام المواد الثقيلة كالحجر والطابوق لتشييد مباني ثقيلة وثابتة. Jones, 2008, p.47.
- ٢ - **التنسيق مع الطبيعة:** باتباع النمط العضوي المفرط Ultra- Organic في الفترة ما قبل الثورة الصناعية. وتحولت رغبة الانسان الى انشاء العمارة التي تمنحه الرفاهية والتنسيق مع الطبيعة، وظهور الانماط الطبيعية في المباني الهامة كالكاتدرائيات الغوطية. Pourjafar, 2011, p.74.
- ٣ - **الهيمنة على الطبيعة:** وهي الفترة ما بعد الثورة الصناعية حيث تعدى الانسان الحاجة الى الامان والرفاهية الى تحقيق الحاجة الى الراحة والاستفادة القصوى من الطبيعة من خلال رفع العمارة فوق الطبيعة او السيطرة عليها. Jones, 2008, p.60. ولم يشمل ذلك كل النتاجات المعمارية لتلك الحقبة وانما اتخذ توجهين: أ- النمط غير العضوي Infra-Organic : من خلال السيطرة على الطبيعة واهمال المبادئ الموجودة في الطبيعة بتأثير الثورة الصناعية والانبهار بجمالية الماكنة. وادى ذلك الى انتاج العمارة الشبيهة بالمكائن وشيوع استخدام الانتاج الكمي بتأثير توفر وسائل التكنولوجيا المناسبة في وقتها. وظهور مقولة ليكوروبوزيه "البيت هو ماكنة العيش"، والتفكير بعيدا عن الطريقة العضوية والذي وصل ذروته في الستينات في حركة الاركيغرام، وروحية التجميع الشبيهة بالمكائن. ب- النمط العضوي الحديث Modern Organic : ويتمثل بالتوجه العضوي في الحداثة عبر ابرز روادها سوليفان وفرانك لويد رايت، وتمثل بالدعوة الى استخدام المبادئ الطبيعية في العمارة لتكون في وحدة مع محيطها وتجنب الاشكال غير الضرورية، وان يكون الشكل والوظيفة واحدا في العمارة، واستخدام الأشكال البسيطة والوضوح. Azizkhani, 2015, p.1058.
- ٤ - **العودة الى الطبيعة:** وهي الفترة المعاصرة وتتضمن توظيف المماثلة الأحيائية على مستويات متعددة بهدف تحقيق الارتباط مع الطبيعة واعادة القيم المفقودة في فترة ما بعد الثورة الصناعية، والتوجه نحو الاستدامة باستخدام المماثلات الأحيائية مع الطبيعة بمستويات متعددة وتوظيف التكنولوجيا المعاصرة. والذي اتخذ توجهات عديدة بمسميات مختلفة تدور حول العلاقة مع الطبيعة في محور تركيزها والتي سيتم تناولها في الفقرة اللاحقة.

التوجهات المعاصرة في العودة الى الطبيعة:

العمارة العضوية الجديدة New-Organic

وهو توجه يعيد طرح الأفكار العضوية في الحداثة ولكن بامتزاج مع الوسائل الجديدة في انتاج الاشكال الطبيعية واحياء فكرة الاندماج مع الطبيعة بما يتناسب مع التغييرات الفلسفية والتطورات التكنولوجية التي شهدتها الثورة الرقمية. حيث اتجهت نحو استعمال المنحنيات المعقدة الملتفة والمنحرفة والتأكيد على الانسيابية. والتحول نحو تبني الافكار المتعلقة بالعلوم الكونية ونظرية الفوضى والهندسة الكسرية، وتغيير فكرة ان تكون العمارة مبهمة وذات شفرات غير معلنة الى ان تكون مشيرة الى العلاقة مع الطبيعة، وتحويل العمارة لاتباع نظام العالم's Worlds Order. Jencks, 1997, p.10. ويفسر ذلك تحول معماريو التفكيكية الى العضوية الجديدة من خلال ادخالهم العناصر المنحنية والمنسابة لأعمالهم، واستبدالها بالخطوط والاشكال المنكسرة والمتضاربة. وساعدهم في ذلك توفير النظريات الجديدة لإمكانية تفسير الاشكال الجديدة بنسبها الى الهندسة الكسرية، ومزجها مع الظاهرة الطبيعية، وتفسير التعقيد على انه انعكاس للتعقيد في الحياة والطبيعة. Salingeros, 2012, p.11.

العمارة البايوفيلية Biophilic

يقوم جوهر العمارة البايوفيلية على ان الانسان لديه ميل عاطفي نحو الاشياء الشبيهة للحياة، وان هذا الميل مرتبط بالتكوين الجيني للإنسان والذي استغرق اجيال كاملة في التطور. ويمكن تعريف العمارة البايوفيلية على انها تلك العمارة التي توفر امكانية الشعور العميق بالارتباط بالطبيعة. وان ذلك يوفر الارضاء الروحي والعقلي والعاطفي للإنسان. وان ذلك يكون بمنحنيين رئيسيين هما: ١- احضار الطبيعة الى الفضاء الداخلي: بإدخال العناصر الطبيعية

كالنباتات والماء والحيوانات الى الفضاء والتواصل البصري بينه وبين الطبيعة الخارجية واستعمال الاضاءة الديناميكية المرتبطة بالمعطيات الطبيعية وتوظيف المواد الطبيعية في المواد. ٢- استخدام اللغة البصرية الطبيعية في العمارة: بتبني الانماط والاشكال الطبيعية. بهدف تحقيق مجموعة من المنافع كتحسين الحالة الذهنية والنفسية والصحية للإنسان مما ينعكس على تقليل الضغوط النفسية والميل الى العنف وتحسين السلوك الايجابي وزيادة الانتاجية. Soderlund, 2015, p.951-956 ويكون ذلك من خلال تعزيز ارتباط الابنية بالمحيط ككائنات متكاملة، وصولا لبنية حضرية مثالية. ويشمل العديد من الجوانب منها: ١- الايفاء بالحاجات الانسانية في البيئة المبنية كالجوانب الصحية والنفسية والاجتماعية والاقتصادية من خلال مماثلة الاشكال الطبيعية بالحلول المتوفرة في العالم الأحيائي. ٢- ان يوفر المبنى الاستخدام الافضل مناخيا وجيولوجيا وشكليا بما يتناسب مع مكانه والظروف الطبيعية المحيطة به من حيث اشعة الشمس والرياح ومصادر الماء... الخ. ٣- ان يكون السياق التصميمي ضمن الخصائص البيولوجية المحلية. Zerebakova, 2007, p.5-11 وملخص ذلك ان العمارة البيوفيلية تؤكد على ضرورة ارتباط العمارة بالطبيعة لتعويض النقص الواضح الذي خلفته الحداثة في القرن الماضي باستثناء التوجه العضوي والذي يجعل من الضروري اعادة تأسيس العلاقة مع الطبيعة في الحياة اليومية للإنسان.

العمارة التطورية Evolutionary Architecture

وهي العمارة التي تمثل التوجه نحو الدمج بين علوم الرياضيات الحاسوبية والالكترونيات والذكاء الاصطناعي وعلم الجينات، وتنقل مختلف النظريات والتقنيات من الحقول العلمية الى العمارة. وتهتم بالدراسة المعمقة للعمليات الطبيعية في الكائنات الحية والهياكل والمواد والعلاقات الايكولوجية بين الكائنات الحية وتطبيقاتها في البيئة المبنية، والافكار المستقبلية الخاصة بإمكانية بناء المبنى بطريقة التوليد الذاتي، بمماثلة الكائنات الحية التي تنمو من خلال المعلومات المخزنة في شفرتها الوراثية، لتكون العمارة قابلة لان تنمو بل وحتى تموت كما في الطبيعة. Altun, 2014, p.2 وهي افكار وسيناريوهات مستقبلية ومرتبطة بالوصول الى تكنولوجيا متقدمة في المواد والانشاء غير متوفرة في الوقت الحاضر.

العمارة البيولوجية Bio-Architecture

تمثل العمارة البيولوجية التوجه نحو مقارنة الهياكل المبنية بالانماط الموجودة في الطبيعة، وتهجين العمارة بالاشكال والهياكل والوظائف البيولوجية، بهدف خلق مبنى يؤدي وظائفه بفاعلية اكبر في الانسجام مع البيئة، في مظهره والمواد المستعملة وفي اليات التشغيل والتواصل، مما يتطلب توظيف علوم المواد والتكنولوجيا المعاصرة في تحقيق ذلك. Pourjafar, 2011, p.79 ويستخدم المصطلح للإشارة الى الارتباط مع المبادئ الصديقة للبيئة لخلق البيئة المعمارية او توزيع الفضاءات الخارجية. كما ترتبط بالتعبير المعماري والشكل والمواد والتكنولوجيا والذي يعود بالنفع على البيئة الحية والصحة الانسانية. وتهدف الى تحقيق الاقتصاد بالطاقة واستحصالها والتصميم والانشاء بما ينسجم مع تحقيق التصميم المستدام، وتتطلب الحلول الناجحة فهم عميق للمبادئ الشكلية والوظيفية والهيكليّة في الطبيعة. من خلال فهم البيئة الحية والتنوع الاحيائي وتوظيف التكنولوجيا الصديقة للبيئة علاوة على توفير مصادر جديدة ومفردات جديدة في التعبير المعماري، والتي قد تكون هدفا أساسيا في المشروع. Zerebakova, 2007, p.5,14

نستنتج من ذلك أهمية المماثلة الاحيائية في العمارة منذ بدء نشوؤها، الا ان دورها كان باستخدام المواد الطبيعية كما في العمارة الشعبية والعمارة التقليدية، او بمحاكاة صور الاشكال الحية كما في العمارة التقليدية، او دمج العمارة مع محيطها وتجريد أشكالها الظاهرية كما في العمارة العضوية التي نادى بها فرانك لويد رايت، والذي لا ينسجم مع حقيقة التعقيد في الطبيعة، وذلك بسبب القصور التكنولوجي آنذاك. وهي مماثلة سطحية تتناول جانب الشكل دون الوظيفة او الخصائص الشكلية الطبيعية مقارنة بما هو متوفر للعمارة المعاصرة بسبب التقدم التكنولوجي. اذ يعد الاخير وسيلة فعالة في المماثلة الاحيائية في العمارة المعاصرة، ولكنها بالرغم من ذلك اتخذت منحنيين:

- ١- المماثلة السطحية: من خلال تبني الصور الشكلية الخارجية المستلهمة من الطبيعة.
- ٢- المماثلة العميقة: من خلال تبني الانظمة الشكلية والوظيفية والهيكليّة في الطبيعة بتوظيف تكنولوجيا الحاسوب في توليد الشكل، اعتماد اللوغاريتمات الحاسوبية ليكون مكونا من عناصر معتمدة على بعضها تماما مثل المعادلة الرياضية التي تتغير بتغيير اي عنصر فيها، واستخدام المواد المتقدمة والتصنيع الرقمي.

المحور الثالث: مستويات المماثلة الاحيائية في العمارة المعاصرة:

المماثلة الاحيائية الادراكية Bio-Conceptual:

تكون المماثلة البيولوجية ادراكية من خلال اتباع مبدأ معين موجود في الطبيعة، وعكسه في التصميم. وتهدف الى معرفة الهيكل الحي والأجزاء المكونة له، وطرق ارتباطها ببعضها ونوع الاتصال مع العالم الخارجي، والنظم التي تتحكم بعلاقة الأجزاء مع الهيكل. ويتعلق هذا بدراسة الأنظمة الداخلية البيولوجية وليس الاكتفاء بدراسة المظهر الخارجي، كدراسة حياة النمل والنحل وطرق بناء مساكنهم، ومرونة هياكل الأشجار، والتي تمكنها من مواجهة القوى المختلفة مثل الرياح والزلازل، وأسلوب بناء الطيور لأعشاشها على الأشجار. ترتبط المماثلة الادراكية للطبيعة بمجموعة من النظريات، والتي اثرت على ادراك التكوينات الطبيعية والمماثلات الاحيائية في التصميم المعماري واهمها:

نظرية التوليد الذاتي Self-Generating

وتقوم على فكرة امتلاك الكائن الحي شفرات التوليد الذاتي الخاصة بما سيكون عليه الشكل في علاقته مع البيئة والتي ستترتب عليها عمليات النمو وتنظيم المواد، ونقلت هذه الفكرة الى العمارة باستخدام البرامج المولدة للشكل. Menges,2012,p.

نظرية العمارة الجينية Genetic Architecture

وتتعلق بفكرة توليد الاشكال المعمارية باستخدام اللوغاريتمات، وتغيير معطيات ارقام المعادلات الرياضية، لإنتاج عمليات تحاكي النمو في الكائن الحي. وتهدف الى خلق حياة صناعية مبنية على عمليات التطور ومحاكاة السلوك الطبيعي في البيئة المبنية. ومن روادها المعماري Greg Lin الذي اقترح ستة نماذج لمنزل Embryological House باعتماد المحاكاة الحاسوبية. Altun, 2014, p.3

نظرية الفوضى Chaos

وتتعلق بتفسير الانظمة الطبيعية التي تبدي سلوكا عشوائيا وتؤكد على مفاهيم تعدد الاحتمالات والانتظام خلال العشوائية وتفسر الظواهر الطبيعية على انها حالة عدم استقرار مستمرة وديناميكية والتي تجعلها تبدو عشوائية. طاهر، ٢٠١٠، ص ٨٢٢

نظرية الهندسة الكسرية Fractal Geometry

وهي نظرية في الرياضيات وضعها مانديلبروت Mandelbrot وتتعلق بدراسة الأشكال الطبيعية التي تتصف بأنها ذات تشابه ذاتي وتفاصيل متكررة بمقاييس مختلفة، وانه يوجد قواعد شكلية صارمة مخفية يمكن ان تفسر الاشكال الطبيعية التي قد تبدو حبيبية وملتوية ومنقرعة وغريبة وملتوية ومضطربة ومتعرجة ومجعدة، وان بالإمكان تمثيلها هندسيا باستعمال الرياضيات اللوغاريتمية وتوظيف الحاسوب لتوليد الهياكل الكسرية في النماذج الطبيعية. Lorez,2011,p.191 ويوفر ذلك امكانية توظيفها لخلق اشكال معمارية ابداعية مفعمة بالحركة والانسيابية.

المماثلة الاحيائية البصرية Bio-Visual

توفر المماثلة البصرية اداة قوية بيد المعماري لحل المشاكل التصميمية وتتطلب الاستنتاج بالمماثلة البصرية نقله الصور من حالة مألوفة في الطبيعة لتوفير حل مشكلة تصميمية محددة، وهي وسيلة شائعة بشكل واسع، ويعود ذلك جزئيا الى العدد الكبير من المصادر المتوفرة في الطبيعة، والتي تحفز المصمم لنقل الصور السطحية او الهيكلية الى العمارة بمماثلة الاشكال الموجودة في الطبيعة. ويتم استخدامها في التصميم لحل المشكلة التصميمية بالاعتماد على التشابه مع الطبيعة، وتبعاً لستارفورد فانه من الواجب الا تكون المماثلة مقتصرًا على التشابه السطحي وانما التشابه الهيكلي لان الاول يتسبب في مماثلة كاذبة، وبالتالي يؤدي الى حلول تصميمية خاطئة. Stafford, 2001, p.201

الاول: مماثلة سطحية للصور الاحيائية اما بشكل مباشر بازاحتها او تحويلها او تشويهها او تجريدا لتحريفها عن شكلها الاصلي.

الثاني: مماثلة التنظيم الهندسي الطبيعي للشكل باتباع الهندسة الكسرية باستخدام الحاسوب لتوليد الشبكات المنظمة للشكل الثنائية الابعاد والثلاثية الابعاد.

كما تتبع المماثلة الاحيائية البصرية الصفات الخاصة بالشكل في الكائن الحي، ومنها ما يأتي:

١- التنظيم الهندسي الكسري:

تتصف الكائنات الحية بامتلاكها نظام هندسي كسري يعتمد على التكرار والتشابه الذاتي، ويمكن استخدامه في التصميم المعماري المعاصر باستخدام البرامج الحاسوبية.

ب- الديناميكية:

تتميز الأشكال في الطبيعة بالديناميكية، إذ تقوم الأشكال بإعادة تنظيم هياكلها من خلال عملية النمو، ويمتلك النموذج الطبيعي خاصية المرونة والقدرة على التحوير. وتتميز الأشكال بكونها ذات خطوط ناعمة ومناسبة، وأشكال كفوة انشائياً لمقاومة القوى. Sabin & Jones, 2008, P.4

ج- المرونة:

يُتصف الشكل الطبيعي بكونه مرناً وقابلاً للتغير كاستجابة للتغير في الظروف الداخلية والخارجية. وتمثل المرونة صفة العنصر على التغير استجابة للقوى المؤثرة فيه. ويمكن نقل هذه الخاصية إلى التصميم المعماري لإكساب المبنى المرونة وقابلية التحول. Menges, 2012, p.12

د- المحورية:

تتصف الكائنات الحية بوجود محور رئيسي تتوزع حوله المحاور الثانوية، ويكون المحور الرئيس متناظرًا أما الثانوية فقد لا تكون كذلك ويكون المحور الرئيسي عمودي في جسم الإنسان وفي النباتات وافقي في الحيوانات. Poujafar, 2011, p.79

هـ- القيمة النوعية للأجزاء

يوجد في الطبيعة الكثير من النباتات طويلة القامة والمستقرة رغم صغر مقاطعها ضد القوى البيئية المختلفة. يمكن تفسير ذلك من خلال مجموعة من الميزات الهيكلية كالترتيب المتبادل من الملمس الصلب واللين في ساق النبات، والتي تمكنه من مقاومة القوى والضغوط المسلطة عليه. Poujafar, 2011, p.79-80

و- التعقيد:

وهو من الصفات الأساسية في الكائنات الحية. وتظهر الانظمة المعقدة مرتبطة بالأنماط الهرمية في التشكيلات الهندسية الطبيعية والمتفاعلة بمستويات ومقاييس متعددة، والذي يحقق الادائية المثلى والتنسيق بين الاجزاء المكونة للنظام. Pourjafar, 2011, p.79

ح- التنوع:

تتميز الكائنات الحية بالتنوع من خلال دمج الاجزاء المكونة للكل، والتشابه كبدل للتطابق، إذ ان اجزاءها متنوعة في الحجم والاتجاه والزوايا، ويحدث ذلك نتيجة التداخل بين خاصيتي الاختلاف والتشابه.

ط- التدرج:

يعتمد انتقال القوى في الهياكل الطبيعية على التدرج، ويترافق التدرج والتفرع مع التسلسل الهرمي. حيث تكون العناصر الرئيسية اقل عددا من العناصر الثانوية. Salingeros, 2012, p.11

ي- التمهيد:

تقوم الاجزاء بالتعريف والسيطرة على الاجزاء المجاورة لها، مع وجود اجزاء وسطية كمفاصل. ويكون كل منها ذا اهمية، بحيث ان ازالته تؤدي الى الاضرار بالنظام ككل. Poujafar, 2011, p.79-80

ك- الوحدة:

يُتصف تكوين الكائن الحي بالوحدة وعدم الانقطاع بين الأجزاء والكل. ان كل عضو في الهيكل الطبيعي ضروري للأعضاء الأخرى واي تغيير في احدها يؤدي الى التأثير في الأخرى. وتتحقق الكلية بسبب ترابط المكونات مع بعضها في مقاييس متعددة، في ظل التنوع والتطور، ومن خلال التفاعل والتغذية الرجعية. وتتطلب عملية نقل هذه الخصائص الى التصميم الأخذ بنظر الاعتبار التكيف مع المؤشرات المحلية، ويسمح بملائمة الحالات الخاصة للمشروع بالنظر اليه كجزء غير منفصل عن الكل حوله. Steadman, 2008, p.33

وملخص ذلك ان المماثلة البصرية للصور الطبيعية توفر مدى واسع من الخيارات التصميمية المتنوعة والتي تعكس الصفات الشكلية للكائنات الطبيعية والتي تكون مصدر للإبداع المعماري، الذي يكون ضمن توجيهين اساسيين هما:

- ١- المماثلة الأحيائية البصرية السطحية، والتي تتعلق بخصائص الحالة المألوفة الظاهرية.
- ٢- المماثلة العميقة الأحيائية البصرية وتتعلق بمحاكاة النظم والصفات العميقة للحالة المألوفة.

المماثلة الأحيائية الوظيفية Bio-Functional

وتكون من خلال محاكاة الوظائف الطبيعية في الكائن الحي ويتمثل بعضها بالاتي:

أ- الحركة:

تمثل قدرة الكائنات الحية على الحركة واحدة من اهم الصفات التي تمتلكها، وتتبع الحركة سياقات تغيير للمكان أو الشكل وهناك دراسات كثيرة في حركات الهياكل مثل حركة جسم الانسان وتوازنه اثناء حركته، التنظيم الذاتي والانظمة التكيفية فهي عملية ديناميكية قابلة للتكيف والحفاظ على نظم الهيكل الخارجي دون رقابة. ويمكن ملاحظة

استجابة نمو الفروع لقوى الطبيعة كضوء الشمس واتجاه الريح... الخ، من خلال دراسة الهياكل المتفرعة في النباتات، والتي تستثمر في العمارة لتصميم مباني تستجيب للمتغيرات الطبيعية.

ب- التكيف:

ان قانون التكيف اساسي في الطبيعة في كل الهياكل البيولوجية. وكل تفصيل في الشكل العضوي له غرض معين. ويمثل المبدأ الطبيعي البقاء للأفضل، وهو المصطلح الذي اشتق من نظرية دارون Darwin في الانتخاب الطبيعي النظرية الجوهرية في التكيف. ويمكن نقل فكرة التكيف الى العمارة بجعلها منسجمة مع محيطها وملائمة للغرض المشيدة من اجله. Steadman, 2008, p.55,72,4

ج- التطور:

تتم اعادة انتاج وتنويع واجراء تغييرات اساسية في الهياكل الطبيعية من خلال عملية الانتخاب الطبيعي، ويأخذ ناحيتين هما: 1- التفاعل بين الهياكل والاجزاء والوحدات والذي يقود الى بناء الهياكل. 2- تهديم التراكيب الاضعف مما يؤدي الى الانتخاب الطبيعي. Atakara, 2010, p.34. يمكن ال DNA في الكائن الحي من خلال الشفرات الوراثية ان يستنسخ ذاته، ويكون الكائن الحي الجديد نسخة معدلة عن الكائن الاصلي. وتمثل الطبيعة مصدرا ملهما من خلال موجوداتها التي تتميز بخصائص متنوعة في اعادة انتاج ذاتي واستنساخ لمكوناتها. توفر محاكاة فكرة التطور عند توظيفها في العمارة باستخدام البرامج الحاسوبية المتخصصة إمكانية توليد اشكال غير مسبوقه. Menges, 2012, p.40

د- الوظائف المتعددة:

تؤدي الأنظمة الطبيعية مهمات متعددة الوظائف، في حين ينتج الانسان مكونات ذات وظيفة محددة. اذ لا يؤدي أي عنصر في جسم الكائن الحي مهمة مفردة، بل أكثر من ذلك. فقد يكون له مهام وظيفية وهيكلية وجمالية في ان واحد. Mihaly, 2014, p.22، وكمثال يمتلك الغلاف في الكائن الحي وظائف متعددة، ويمكن نقل هذه الفكرة للواجهات المعمارية لتكون اكثر من كونها مجرد عازل بين الداخل والخارج. فتكون قادرة على القيام بوظائف متعددة، بشكل مشابه للجلد او القشرة في الكائن الحي. ويقال ذلك الحاجة الى المواد المستخدمة، ويصب في تحقيق الاستدامة. Rankouhi, 2012, p.45. ويمكن تحسين الاداء البيئي للمبنى من خلال مماثلة الحلول الموجودة في الكائن الحي وتوظيفها في المبنى في الحلول الخاصة بالعزل الصوتي والتحكم بالإشعاع الشمسي والتهوية الرطوبة والانتقال الحراري.. الخ، والذي يجب ان يكون مقرونا بدراسة كفاءة المواد واستخدام الطاقة والاستحصال الشمسي وتأثير الرياح.

هـ- تعددية الطبقات:

يعتمد تكوين الكائن الحي على تعددية الطبقات خلال ارتباطها الوظيفي والشكلي مع بعضها وبمستويات مختلفة. ويعتمد على الانظمة المعقدة المؤلفة من عدد كبير من الاجزاء المتفاعلة المرنة والمتكيفة. ويمكن نقل هذه الخصائص الى العمارة لتوليد افكار جديدة لتوفير امكانية التكامل بين الاجزاء والكل في طبقات متعددة وبمستويات ومقاييس متنوعة. وتطوير الانظمة المفتوحة المتعددة المستويات ذات الهياكل الهرمية، ويسمح بتصميم مستويات مختلفة في التصميم المعماري. Poujafar, 2011, p.79

استحصال الموارد من الطبيعة

مكنت التكنولوجيا المعتدة على المماثلة الاحيائية للأنظمة الطبيعية من تطوير مواد جديدة لتحسين استحصال الطاقة. وهناك الكثير من المواد الجديدة مثل السائل النانوي Nano Fluid التي تقوم بتحسين استحصال الطاقة الشمسية بنسبة 40%. Rankouhi, 2012, p.45

اعادة التدوير

تقوم الكائنات الحية بإعادة تدوير المواد في الطبيعة بكفاءة وتوازن مع النظام البيئي المحيط بها. ويمكن مماثلة هذه الفعاليات للاستفادة منها في تصميم الأنظمة الخاصة بالعمارة المعاصرة كمثل تم مراقبة عمليات التفكير للمكونات الصلبة في المياه في الغابة ومحاكاتها في التكنولوجيا المستخدمة في العمارة المعاصرة لتصميم أنظمة لمعالجة المياه بنوعية جيدة لتستعمل في الارواء الزراعي. Rankouhi, 2012, p.45

المماثلة الاحيائية الهيكلية Bio-Structural

وتقوم على مقارنة الهياكل المبنية مع الاشكال والانماط الموجودة في الطبيعة، ودراسة المبادئ الاساسية في هيكل الانسان والحيوانات والنباتات... الخ من جوانب مختلفة لإيجاد حلول معمارية، باتباع المناهج والأساليب والنظم القائمة في الطبيعة مضافا لها التكنولوجيا الجديدة. Poujafar, 2011, p.79. اذ تظهر هياكل الكائنات الحية تكاملا كلياً مع ما يحيطها، وتستخدم نفس المواد الموجودة في محيطها باقل تأثير على البيئة. Mihaly, 2014,

p.22، فدراسة هياكل السلاحف كمثل تظهر بان الهيكل الطبيعي لعظامها يوفر استراتيجية حماية وانحدار ناعم وانتقال بين العناصر المختلفة في الهيكل. وهناك الكثير من الامثلة في الطبيعة في هياكل النباتات وكائنات البحر الصغيرة، والذي يوفر نماذج للتصميم. Steadman, 2008, p.13 وقد وفرت البرامج اللوغاريتمية مثل لوغاريتمات النمو Growth والتفرع Branching والألواح Paneling امكانية تصميم انماط مشابهة للطبيعة مثل الانماط المطوية والتموجة والمحاكاة... الخ، لتؤشر محصلة العلاقة بين المماثلة البيولوجية والتطور التكنولوجي المنعكس على العملية البنائية في البيئة المشيدة من قبل الانسان. Mihaly, 2014, p.32 ويمكن ملاحظة الهياكل الهرمية في الاشكال الطبيعية والتي الهتم المصممين في انشاء الهياكل ذات البجور الطويلة بأقل قدر من الهياكل وبتوظيف المواد المتقدمة. Atakara, 2010, p.28

وتكون المماثلة الاحيائية الهيكلية من خلال محاكاة الطبيعة في هياكلها في جوانب عديدة منها:
أ- سلوك الهيكل تجاه القوى المؤثرة:

يوجد في الاشكال الطبيعية امثلة كثيرة يمكن استلهامها في تشييد القباب مثل البيض، الجوز... الخ، والتي توفر أشكالها الناعمة واحتواءها بعض الملامح الامكانية لها على توزيع القوى المسلطة وجعلها متعادلة. تتكون اجزاء الهياكل الحية بناء على الادائية والانسجام مع باقي الاجزاء، ويمكن ملاحظة الاشكال شبه الكروية أو الفقاعات في الكائنات الطبيعية المعقدة. ويمكن لهذه الأشكال ان تشكل تكوينات جديدة تحت الضغط وبمحاور تصل لحوالي ١٢٠ درجة في سطوح هذه الاشكال المرنة. ومثلت مصدر إلهام لعلماء الطبيعة والرياضيات وانتقلت الى العمارة ايضا كما في الهياكل الجيوديسية Geodesic. Poujafar, 2011, p.79

ب- الانتقال الحر للأثقال: يتميز جسم الكائن الحي بتكونه من اجزاء متشكلة تبعا للقوى وانتقالها من العناصر الثانوية الى العناصر الرئيسية، ويقل ذلك كمية المواد اللازمة لإنشائها. يتصف الهيكل الطبيعي بكونه ذا هيكل متدرج تكاملي، وتتحول فيه القوى من الانضغاط الى الشد وبالعكس. كما يتصف بالمرونة وامكانية التشوه والعودة الى شكله الاصيل. وكذلك تدرج الهياكل في النباتات فالجذع يتدرج في سمكه وصولا الى الافرع الثانوية التي تكون اقل قطرا. وتعتبر شبكة العنكبوت واحدة من المعجزات الطبيعية، فهي أقوى من أسلاك الفولاذ التي لها نفس القطر ولها المرونة التي تتيح لها ان تمتد أكثر من أسلاك الصلب. وقد لفت هذا الهيكل الخفيف والحساس والقوي انتباه المهندسين للاستفادة من هذه الهياكل لإنشاء الكابلات المرنة في هياكل الجسور المعلقة. Poujafar, 2011, p.79

ج- اختيار المواد:

تستخدم الكائنات الحية اقل كمية من المواد للحصول على افضل شكل انشائي. كمثل عش الطير المبني على فروع الاشجار الهشة المرنة باستخدام هياكل خفيفة مرنة واقل كمية من المواد. وقد طبق هذا المبدأ ميس فان ديروه من خلال مبدأ "الأقل هو الأكثر" في تصميم الهياكل، من أجل الحصول على افضل النواحي التشغيلية باستخدام اقل كمية من المواد. Poujafar, 2011, p.79-80

د- التحوير الكمي:

وتعني كلمة التحوير الكمي في الطبيعة الاستجابة الى ضغوط البيئة. Mihaly, 2014, p.22 ويمكن للأشكال الطبيعية ذات التنوع الشكلي والحجمي في مكوناتها، ان تكون قابلة للمحاكاة والتصنيع المسبق بتوظيف وسائل الانتاج الرقمية المتطورة واستخدامها في العمارة. Lars, 2004, p.17 وتسبب تطور التكنولوجيا الرقمية في وسائل الانتاج في تخفيض كلف فاعلة في مواد البناء المحورة، مما فتح الافاق للتصميم التحويري الكمي، والذي يوفر للمصمم أن يحاكي التصاميم الطبيعية وبالتالي الحصول على تصاميم اكثر انسجاما مع الطبيعة. Mihaly, 2014, p.22

يستنتج من ذلك بان توجه الهياكل المعمارية البيولوجية في كثير من الأحيان أعمق من مجرد تقليد ملامح السطح في الطبيعة، فبعض المهندسين المعماريين يعملون على استكشاف بنية الأشجار لتصميم مباني كقوة هيكليا وانشائيا. وتقوم الفكرة على نسخ الهياكل المعمارية البيولوجية في المعالم الطبيعية، وجماليات الشكل الطبيعي، وتنفيذها للإيحاء بأنها قوية ومستقرة وأكثر قربا من الطبيعة. ويمكن لهذه الهياكل عند تطبيقها في العمارة أن تخلق فضاءات ذات مماثلة هيكلية بيولوجية من خلال تطويع التكنولوجيا المتقدمة في ما يلي: ١- استخدام الاشكال الطبيعية او النسب او انماط النمو في التصميم المعماري، من اجل خلق الحياة والانظمة المستدامة في المبنى. ٢- استخدام المواد الطبيعية والمواد البيولوجية والمواد المصنعة الخفيفة. ٣- استخدام الهياكل المناسبة ذات خصائص هرمية وتتميز بالانتقال الحر للقوى وامكانية النمو والتطور.

المحور الرابع- انماط المماثلة الاحيائية في العمارة المعاصرة:

يمكن تعريف الانماط على انها الوسائل او النماذج التي يتم تكرار العنصر او الفكرة فيها في نظام مقيد وقابل للتنبؤ به. Diaz, 2012, p.88 وتلعب الانماط دورا مهما في حياتنا وفي بيئتنا المحيطة، وتتمثل الانماط المصنعة من قبل الانسان قبل الثورة الرقمية بالحياكة او الغرز او الطي، اما الانماط الطبيعية فتشمل الكسريات الطبقات

التكديس التفريع... الخ، وتشهد العمارة المعاصرة تحول نحو الانماط الطبيعية بعد التطورات التي شهدتها التكنولوجيا الرقمية لإنتاج اشكال اكثر كفاءة ومستجيبة للمتغيرات البيئية. Mihaly, 2014, p.32.

الانماط الطبيعية:

تتوفر في الطبيعة الكثير من الانماط مثل الانماط المتناظرة والكسرية والحلزونية والفوضوية والمنسابة والمتعرجة وانماط الكثبان الرملية والفقاعات والرغويات والشقوق والبقع والاشرطة... الخ. وتكون الانماط في الطبيعة ضمن صنفين رئيسيين: ١- الانماط ذاتية التنظيم Self-Organized: وهي موجودة في الكائنات الحية وغير الحية، ففي الاولى تتأثر بعمليات الانتخاب الطبيعي وبذلك فأنها تكون معرضة للتغير والتكيف، اما في الكائنات غير الحية، فأنها تتأثر بقوى الطبيعة كقوى الجاذبية والرياح والمطر وقوة الاحتكاك وغيرها، كمثل انماط الكثبان الرملية. ٢- الانماط المقصودة Invoked: وهي التي تقوم الكائنات الحية بصنعها مثل بيوت النحل واعشاش الطيور... الخ. Camazine, 2001, p.vii.

تصنيف الانماط الطبيعية في العمارة المعاصرة:

١- النمط الشكلي Formal:

ويقوم على محاكاة النمط الطبيعي دون الاهتمام بأساسيات الهيكل الحي، كمثل عند محاكاة طبقات الارض فلا يعبر المصمم اهتماما الى القوى التي اثرت على تشكيلها، وانما يهتم بشكل الطبقات فقط. ويطلق عليه أيضا تسمية مماثلة حرفية Literal، كمثل فعند مماثلة الشجرة حرفيا فان ذلك يكون من خلال التركيز على الشكل الخارجي او هيئة الشجرة. Antoniades, 1990, p.104.

٢- النمط المجازي Metaphoric:

ويقوم على تجريد الطبيعة بهدف الحصول على قيم الموازنة والاستدامة بدل من فرض السيطرة على الموجودات. ويطلق عليه كذلك تسمية المماثلة غير الحرفية Non-Literal ويعتمد على التعلم من القيم والوظائف التي توفرها الشجرة، مثل التركيب الضوئي التظليل وطرق تنظيم هيكلها وباقي الوظائف. Antoniades, 1990, p.104.

٣- النمط المعتمد على قوانين الطبيعة Nature Rules:

ويكون من خلال تطبيق القوانين والانظمة الطبيعية، والتي تعتمد على النظم ال (لا خطية) في الطبيعة، وهي نظم متفاعلة بمستويات مختلفة. ويمكن ان تستخدم من خلال اتباع النماذج الطبيعية، واستجابتها للمحيط، وتجريد هذه النماذج لاتباع ديناميكية التغير في الهيكل الطبيعي، والمماثلة البيولوجية في تصميم الهياكل القشرية او الفضائية المرنة. ويطلق عليه تسمية نمط مختلط يجمع بين محاكاة كل من الشكل والوظيفة. Antoniades, 1990, p.104.

دور الانماط الطبيعية في العمارة المعاصرة:

اثر ادخال الحاسوب في استخدام الانماط وتوظيفها كجزء مهم من تشكيل الحدود المفصلية بين الكتل وتحميلها معاني ووظائف جديدة واصبح لها ثلاث مستويات:

١- المستوى الجمالي: ان يكون النمط الطبيعي مجرد زخرفة جمالية وإخفاء العناصر غير المرغوب فيها.
٢- المستوى التكاملي: ان يكون النمط الطبيعي جزء متكامل من التصميم وتؤكد وتشدد على ملامح مختلفة وافكار معينة.

٣- المستوى الجوهري: ان يكون النمط الطبيعي جوهري في حل المشكلة التصميمية نفسها.

الدراسة العملية:

تركز الدراسة العملية على تحديد العينة البحثية واسلوب القياس وطريقته.

استخلاص مفردات الاطار النظري

تم استخلاص مجموعة من المفردات الرئيسية والثانوية نتيجة للطروحات المذكورة في المتن وتبويبها وفق الاتي:
اولا- مستوى المماثلة البصرية:

ويضم مفردات مماثلة سطحية للصور الاحيائية ومماثلة التنظيم الهندسي الكسري والديناميكية والمرونة والمحورية والقيمة النوعية للأجزاء والتعقيد والتنوع والتدرج والتمفصل والوحدة.

ثانيا- مستوى المماثلة الوظيفية:

ويضم مفردات الحركة والتكيف والتطور والوظائف المتعددة وتعددية الطبقات واعادة التدوير.

ثالثا- مستوى المماثلة الهيكلية:

ويضم مفردات سلوك الهيكل تجاه القوى المؤثرة والانتقال الحر للانتقال واختيار المواد والتحويل الكمي.

رابعاً- مستوى انماط المماثلة الاحيائية: ويضم: ١- تصنيف الانماط الطبيعية: ويضم مفردات النمط الشكلي والنمط المجازي والنمط المعتمد على قوانين الطبيعة. ٢- دور الانماط الطبيعية: ويضم مفردات المستوى الجمالي والتكاملي والجوهري.
معايير الانتخاب

سيتم وصف عينات الدراسة العملية، كما يوضحها الجدول رقم (١)، لغرض اجراء التطبيق على المفردات المستخلصة من الاطار النظري. وقد تم انتخاب الحالات الدراسية استنادا الى: ١- ظهور المماثلات الاحيائية في تصميمها، ٢- لكونها مصممة في مدن عربية ذات مناخ حار
جدول رقم (١) يوضح وصف وصورة المشروع للحالات الدراسية المختارة

الرقم	الحالة الدراسية	صورة المشروع
١	البرج الاخضر O-14 Office Tower في دبي، من تصميم Architecture ٢٠١٠ "منفذ"، وهو برج مكون من ٢٢ طابق، وتتألف واجهته من قشرة كونكريتية محتوية على ١٠٠٠ فتحة دائرية تم الاستعانة بالبرامج الرقمية في تصميمها، وتنفيذ القوالب الخاصة بها. ويوجد فراغ يبعد متر واحد يفصل القشرة عن المبنى، التي تعمل كستار حاجز من الاشعة الشمسية وتسمح بمرور الهواء وضوء الشمس، وتعمل كمدخنة لإخراج الهواء الحار الى الأعلى، موفرة نظام تبريد ذاتي. كما تعمل هذه القشرة على دعم المبنى انشائيا ومقاومة قوى الجاذبية وتحرير المخططات من الاعمدة الداخلية. وتقوم الفكرة على محاكاة الطبيعة في وجود غلاف حامي يخفي ما خلفه، ويوفر الحماية البيئية كما يمنح المبنى مظهر مختلف عن المباني الادارية ذات الواجهات الزجاجية، وقلل ٣٠% من استهلاك الطاقة في المبنى. Al-Kodmany, 2015, P.352	
٢	المبنى الاداري Cactus في قطر من تصميم Aesthetics Architects "مقترح تصميمي". يشبه المبنى نبتة الصبار في مظهره الخارجي، كما ويحاكي طريقة فتح وغلق الثقوب السطحية فيها، باستعمال مانعات الشمس القابلة للفتح والغلق اوتوماتيكيا، للتحكم في اشعاع الشمس وحركة الهواء الداخلة الى المبنى. ويتضمن التصميم قبة نباتية مجاورة للبرج، والتي تعتمد في ارواء النباتات على استخدام تكنولوجيا اعادة تدوير الماء. AI-Kodmany, 2015, P.344	
٣	المبنى الحي Living Building في دبي للمصمم Faulders Studio from Berkeley في دبي "مقترح تصميمي"، وهو تصميم افتراضي لنظام واجهة برج في دبي، والذي يتمكن من بناء نفسه من خلال تراكم أملاح ماء البحر، بشكل مشابه بعض العضويات التي تعيش في المياه المالحة، حيث يتم تهيئة شبكة مكونة للهيكل الاساسي للواجهة، ليتم رشها بالماء من الخليج العربي. يترسب الملح عليها بعد جفافها، وبمرور الوقت فان الملح سيقوم بتشكيل الواجهة الى سطح غير شفاف. ويمثل تعبير حي تعبيرا مجازيا لأن المبنى لا يمتلك سوى صفة ترسب مكونات واجهته بمرور الزمن. / http://www.fastcompany.com	
٤	البرج الدوار في دبي من تصميم David Fisher "مقترح تصميمي"، وهو ناطحة سحاب متحركة بارتفاع ٨٠ طابق. صممت ليدير كل طابق بشكل مستقل ٣٦٠ درجة افقيا. وتقوم الفكرة على ان كل طابق يتحرك ليتبع حركة الشمس بصورة مماثلة للنبات. مما يسبب تغير شكل المبنى بشكل مستمر. وبعد اول ناطحة سحاب مسبقة الصنع بنسبة ٩٠%. وتعتمد على الطاقة النظيفة المولدة من حركة الرياح والاشعاع الشمسي. وسيولد البرج طاقة اكثر مما يستهلكها. http://inhabitat.com	

٣-٧- تطبيق الحالات الدراسية في استمارة القياس: ويوضحها الجدول رقم (٢)
جدول رقم (٢) يوضح تطبيق مسطرة القياس على الحالات الدراسية المختارة

النسبة المئوية	رقم الحالات الدراسية				القيم الممكنة			المفردات الثانوية	المفردة الرئيسية
	٤	٣	٢	١					
					على مستوى الكل	مماثلة سطحية للصور الأحيائية	مماثلة الشكل	المماثلة البصرية	مستويات المماثلة الأحيائية
					على مستوى الجزء	مماثلة التنظيم الهندسي الكسري			
١٠٠%	*	*	*	*	على مستوى الكل				
					على مستوى الجزء				
	*	*	*	*		الديناميكية			
٢٥%	*					المرونة			
١٠٠%	*	*	*	*	عمودية	المحورية			
					أفقية				
٢٥%	*					القيمة النوعية للأجزاء			
١٠٠%	*	*	*	*		التعقيد			
١٠٠%	*	*	*	*		التنوع			
						التدرج			
٢٥%	*					التمفصل			
	*	*	*	*		الوحدة			
	٨٠%	٦٠%	٦٠%	٦٠%		النسبة المئوية لتحقيق المماثلة البصرية في الحالات الدراسية			
٢٥%	*					الحركة	المماثلة الوظيفية		
٢٥%	*					التكيف			
						التطور			
١٠٠%	*	*	*	*		الوظائف المتعددة			
١٠٠%	*	*	*	*		تعددية الطبقات			
					استحصال الماء	استحصال الموارد من الطبيعة			
٥٠%	*		*		استحصال الطاقة النظيفة				
						إعادة التدوير			
	٦٢%	٢٥%	٣٧%	٢٥%		النسبة المئوية لتحقيق المماثلة الوظيفية في الحالات الدراسية			
	*					الانتقال الحر للأتقال	المماثلة الهيكلية		
٢٥%		*				اختيار المواد			
١٠٠%	*	*	*	*		التحوير الكمي			
	٦٦%	٦٦%	٣٠%	٣٠%		النسبة المئوية لتحقيق المماثلة الهيكلية في الحالات الدراسية			
٢٥%				*		النمط الشكلي	تصنيف الأنماط الطبيعية	توظيف الأنماط الطبيعية	
٧٥%	*	*	*			النمط المجازي			
						النمط المعتمد على قوانين الطبيعة			

					جمالي	دور
%٧٥	*	*	*		تكاملي	الانماط
%٢٥	*				جوهرى	الطبيعية

تحليل البيانات

أظهر تطبيق مسطرة القياس على الحالات الدراسية باتباع أسلوب التحليل الاحصائي النسبي النتائج التالية:

اولا- مستوى المماثلة البصرية: حققت النتائج النسبة الأعلى ١٠٠% في مفردة مماثلة التنظيم الهندسي الكسري ومفردات الديناميكية والمرونة والتعقيد والتنوع ، لأنها من الصفات الأساسية التي يتميز بها الكائن الحي، والتي مثل اتباعها اغناء ابداعي للشكل في الحالات المختارة. وكذلك حققت النتائج النسبة الأعلى ١٠٠% في مفردة المحورية العمودية، نظرا لان المشاريع المختارة اقتصر على الابراج العمودية.

ثانيا- مستوى المماثلة الوظيفية: حققت النتائج النسبة الأعلى ١٠٠% في مفردة مماثلة الوظائف المتعددة وتعدد الطبقات، حيث مثلت المعالجة الخارجية للشكل منافع وظيفية أو بيئية أو انشائية، مضافة على الحالة الجمالية في جميع الحالات المنتخبة.

ثالثا- مستوى المماثلة الهيكلية: حققت النتائج النسبة الأعلى ١٠٠% في مفردة التحوير الكمي، لأنه الوسيلة المناسبة التي تمكن من انتاج المكونات المتنوعة في الشكل والحجم للمشاريع المنتخبة.

رابعا- مستوى انماط المماثلة الاحيائية: حققت النتائج النسبة الأعلى ٧٥% في مفردة النمط المجازي بسبب اعتماد التصميم على تجريد الطبيعة بهدف تحقيق قيم الموازنة والاستدامة. كما حققت النسبة الاعلى ٧٥% في مفردة النمط التكاملي، بسبب كون الأجزاء تكون نمطا متكاملًا مع التصميم، ومؤكدة على الفكرة الأساسية للمشروع.

خامسا: مستويات المماثلة الاحيائية في الحالات الدراسية: يبين الجدول رقم (٣) أفضلية الحالة الدراسية رقم (٤) في تحقيق مجمل المماثلة الاحيائية للمستويات الثلاث.

جدول رقم (٣) يوضح مقارنة في الحالات الدراسية في مستويات المماثلة الاحيائية

مقارنة المشاريع	رقم الحالات الدراسية				النسبة المئوية لتحقيق المماثلة
	٤	٣	٢	١	
أفضلية المشروع رقم ٤ لتفرده بتحقيق مفردات المرونة والتمفصل.	%٨٠	%٦٠	%٦٠	%٦٠	النسبة المئوية لتحقيق المماثلة البصرية
أفضلية المشروع رقم ٤ لتفرده بتحقيق مفردات الحركة والتكيف.	%٦٢	%٢٥	%٣٧	%٢٥	النسبة المئوية لتحقيق المماثلة الوظيفية
تساوي الأفضلية للمشروع رقم ٤ لتفرده بتحقيق مفردة المواد، والمشروع رقم ٥ لتفرده بتحقيق مفردة الانتقال الحر للقوى.	%٦٦	%٦٦	%٣٠	%٣٠	النسبة المئوية لتحقيق المماثلة الهيكلية
أفضلية المشروع رقم ٤ لتحقيقه المعدل الاعلى في النسب	%٧٠	%٥٠	%٤٢	%٣٨	معدل النسب المئوية

الاستنتاجات

١- ظهرت المماثلة الاحيائية متزامنة مع العمارة منذ نشوئها، برغم من انقطاعها في فترة العمارة الحديثة وتحولها نحو مماثلة الكائن باستثناء العضوية. ثم عادت للتأثير في العمارة المعاصرة بتزامن مع النظريات العلمية المعاصرة والتقدم التكنولوجي في علوم المواد والبرمجيات الحاسوبية، ودوره في توفير امكانيات محاكاة النمو بتوظيف اللوغاريتمات الحاسوبية، والتصميم البارامتري والتصنيع بمكائن CNC، والذي وفر للعمارة امكانيات جديدة في الجماليات والهياكل والوظائف والأنظمة المرتبطة بالعالم البيولوجي. وتزايد الوعي بأهمية الحفاظ على الموارد البيئية. وتسبب كل ذلك بالتوجه نحو العمارة التي تتبع مبادئ الطبيعة والأنظمة الحياتية والتكامل مع الشكل الطبيعي والاعتبارات الجمالية البيئية. وظهرت الحاجة الى كسب المعرفة الضرورية عن الانظمة الاحيائية والانسجام الطبيعي والعلاقات الهندسية الكسرية المعبرة عن الشكل والانماط والايقاع والتناسب في الطبيعة.

- ٢- تتبنى المماثلة الأحيائية في العمارة المعاصرة مستويات مقارنة الابنية بالكائنات الحية ويتضمن ذلك: ١- جمالية الكائن الحي. ٢- التناسق التام لأجهزته ومنظوماته. ٣- الترابطات الأساسية داخل الكائن الحي. ٤- ترابطات الكائن الحي بالبيئة.
- ٣- وفرت التكنولوجيا الحديثة امكانية توظيف المماثلة البيولوجية في العمارة المعاصرة من خلال: ١- محاكاة مناهج واساليب الإنتاج الطبيعي. ٢- محاكاة الآليات الموجودة في الطبيعة من خلال توفير التكامل بين الداخل والخارج والتنظيم الذاتي والانظمة التكيفية. ٣- دراسة مبادئ التنظيم القائمة على السلوك الاجتماعي والكائنات الحية. ٤- مثل استخدام الحاسوب دورا أساسيا في مماثلة العمارة المعاصرة للكائنات الحية من حيث تنظيمها الهيكلي، ومحاولة تتبع اساليبها المعيشية المثلى، ودراسة امكانيات توظيف التكنولوجيا الرقمية لإنتاج عمارة تستخدم نفس مبادئ الطبيعة وتقدم حولا مستلهمة منها، لتحقيق هدف الاستدامة.
- ٥- اظهرت نتائج التطبيق على الحالات الدراسية بان المماثلة البيولوجية قد اقتصرت على جوانب شكلية في الغالب مع بعض الجوانب الانشائية والوظيفية، بسبب الحاجة الى توفر مستوى عالي من التقدم في المواد واساليب الانشاء والانظمة وهو تقدم مستمر، مما يعد بمزيد من الانجازات في هذا الجانب مستقبلا.

المصادر:

١. طاهر، د. اسماء نيازي، بيمان فؤاد رحمن، "نظرية الفوضى وتوليد الشكل المعماري"، مجلة كلية الهندسة، العدد ١ مجلد ١٦ اذار ٢٠١٠
- [2].Al-Kodmany, K. , 2015, "Eco-Towers: Sustainable Cities in the Sky", WIT Press.
- [3].Altun, Didem Akyol & Orgulu, Bora, 2014, "Towards a Different Architecture in Cooperation with Nanotechnology and Genetic Science: New Approaches for the Present and the Future", Architecture Research 2014, 4(1B): 1-12
- [4].Antoniades, Anthony C., 1990, "Poetics of Architecture: Theory of Design", Van Nostrand Reinhold .
- [5].Atakara, Cemil, 2010, "Determining Factors of Complexity in Structures", PhD. Thesis, Eastern Mediterranean University.
- [6].Azizkhani, Mehdi, 2015, "Biomimicry Versus Machinery: The Notion of Functionality in Design", Conference of the Architectural Science Association 2015.
- [7].Benyus, Janine, 2002, "Biomimicry: Innovation Inspired by Nature, Morrow", harper perennial, New York.
- [8].Camazine, Scott, 2001, "Self-organization in Biological Systems", Princeton University Press .
- [9].Diaz, Rob Diaz, 2012, "Intelligent Façade Engineered through Morpho-Ecogenetic Aggregates", Ms. Thesis, Texas Tech University.
- [10].Frazer, J. , 1995, "An Evolutionary Architecture", Architectural Association Publications, Themes VII, Londra
- [11].Goel, Ashok K., 2015, "Biologically Inspired Design: A New Paradigm for AI Research on Computational Sustainability", Computational Sustainability: Papers from the 2015 AAAI Workshop.
- [12].Grandas, Moreno; Paola, Diana; Blessing, Lucienne & Yang, Maria, 2015, "The Potential of Design-by-Analogy Methods to Support Product, Service and Product Service Systems Idea Generation", International Conference on Engineering Design, ICED15, July, 2015, Politecnico di Milano, Italy.
- [13].Jencks, C. , 1997, "The Architecture of the Jumping Universe, A Polemic: How Complexity Science Is Changing Architecture and Culture". Academy Editions. London.
- [14].Jones, Louise, 2008, "Environmentally Responsible Design: Green and Sustainable Design ", John Wiley & Sons, New Jersey.
- [15].Lorez, wolfgang E., 2011, "Fractal Geometry of Architecture" in: Ille C. Gebeshuber (ed.), Biomimetics: Materials, Structures and Processes, Springer, U.S.A.

- [16].Menges, Achim ,2012, "Material Generation Materiality and Materialisation as Active Drivers in Design Computation", in: Voyatzaki, Maria & Spiridonidis, Constantin (ed.), "Seamless, Performing a less Fragmented Architectural Education and Practice" , European Association for Architectural Education, Münster School of Architecture, International Conference No. 59. P.40.
- [17].Mihaly, Rachel Vaccaro, 2014, "Ecological Architecture: A Dialectical Vision". Ms. Thesis, College Park, University of Maryland.
- [18].Pourjafar, Mohamad Reza; Mahmoudinejad, Hadi & Ahadian, Omid, 2011, " Design with Nature in Bio-Architecture Whith emphasis on the Hidden Rules of Natural Organism", International Journal of Applied Science and Technology Vol. 1 No.4; July 2011.
- [19].Rachmawati, Murni, 2011, "Redefinition Function in Architecture: Integration of Nature, Technology and Humanity", International Journal of Academic Research Vol 3. No. 2. March, 2011, Part II.
- [20].Rankouh, Azadeh Rabbani,2012, "Naturally Inspired Design Investigation Into The Application Of Biomimicry In Architectural Design", Ms. Thesis, The Pennsylvania State University.
- [21].Ribeiro ,Henrique Jales (ed.), 2014, "Systemic Approaches to Argument by Analogy", Argumentation Library Volume 25, Springer, Dordrecht.
- [22].Sabin, J. & Jones P., 2008, "Nonlinear Systems Biology and Design: Surface Design", Research Full Report AIA 2008 – 2009, Acadia 2008: Silicon + Skin, Biological Processes and Computation, Kudless, A. (ed.). Retrieved from <http://www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aiab080505.pdf>
- [23].Salingaros, Nikos A. , 2012 , "Fractal Art and Architecture, Reduce Physiological Stress", Journal of Bio urbanism , JBU II (2012) 2 · 11 . Retrieved from https://journalofbiourbanism.files.wordpress.com/2013/09/jbu-ii-2012-2_nikos-a-salingaros.pdf
- [24].Soderlund, Jana ,2015, "Biophilic Architecture: a Review of the Rationale and Outcomes", AIMS Environmental Science, 2(4): 950-969 Retrieved from <http://www.aimspress.com>
- [25].Stafford, B., 2001, "Visual Analogy: Consciousness as the Art of Connecting", MIT Press, USA
- [26].Steadman, P.,2008, "The Evolution of Designs Biological Analogy in Architecture and the Applied arts", Routledge Taylor and Francis Group.
- [27].Zari, M. P. (2007). Biomimetic Approaches to Architectural Design for Increased Sustainability. Auckland, Sustainable Building Conference.
- [28]. Zerebakova, Petra; Šindelář, Jiří; Kuchta, Ladislav & Repka, Matúš, 2007, " Survey in the Field of Bio-Architecture", EU Community Initiative INTERREG III B CADSES, Neighbourhood Program.
- [29].www.tdrinc.com
- [30].www.dictionary.com
- [31].<http://inhabitat.com>
- [32].<http://www.fastcompany.com/>