University of Baghdad
College of Engineering
JOURNAL OF ENGINEERING

Journal of Engineering

journal homepage: www.joe.uobaghdad.edu.iq
Number 2 Volume 25 February 2019

Civil and Architectural Engineering

الهياكل البايولوجية في العمارة المعاصرة _اعمال المعمار كالاترافا انموذجاً

علي محسن الخفاجي
استاذ دكتور
قسم هندسة العمارة/ الجامعة التكنولوجية

تماره عادل محمود
باحثة
قسم هندسة العمارة/الجامعة التكنولوجية

الخلاصة

ظهرت بعض التوجهات النظرية التي طرحت الهياكل البايولوجية في العمارة كمفهوم معاصر، وانتشر من خلال تميز بعض النتاجات المعمارية التي تعكس وتشير الى طبيعة الهياكل الانشائية القائمة على افكار ومبادىء الهياكل البايولوجية في الطبيعة؛ ورغم ظهور عديد من الطروحات المعمارية التي حاولت توضيح المفهوم في حقل العمارة الا انها لم تتناوله بشكل عميق وتعطيه تعريفا شاملا؛ لذا برزت الحاجة للبحث عن المفهوم و بداياته في حقل البايولوجي كاطار عام وصولا الى كشف تميزه في حقل العمارة كاطار خاص، والذي قادنا الى تقصي مجموعة من الدراسات السابقة لاكتشاف الفجوة المعرفية فيها بحثا عن المشكلة البحثية التي نصت على **(وجود قصور معرفي يوضح طبيعة الهياكل البايولوجية في العمارة المعاصرة بصورة عامة وفي اعمال المعماركالاترافا بصورة خاصة)** وتم تحديد هدف البحث **(بناء اطار مفاهيمي يوضح طبيعة الهياكل البايولوجية في العمارة المعاصرة بصورة عامة وفي اعمال كالاترافا بصورة خاصة)** وتطلب ذلك اطار نظري تم استخلاصه من مجموعة من الدراسات المعمارية و بلورة مفردات رئيسية تمثلت بـ**(المحاكاة البايولوجية، خصائص الهياكل البايولوجية)** في العمارة المعاصرة وتطبيق هذه المفردات على ثلاثة مشاريع من اعمال المعمار Caltrava واخيرا تم طرح نتائج البحث والتوصل الى الاستنتاجات النهائية.

الكلمات المفتاحية: الهيكل،البايولوجي، العمارة.

Biological Structure in Contemporary Architecture Work of Architect Caltrava a Model

Dr. Ali Muhsen Jaafer Al-khafaji*
Professor
University of Technology
Architectural Engineering Department
E-mail: alimkhafaji@yahoo.com

Tamara Adel Mahmoud
Researcher
University of Technology
Architectural Engineering Department
E-mail:tamaraadel808@yahoo.com

ABSTRACT

Theoretical trends have appeared Which posed the concept of biological structures in contemporary architecture concept, Spread through the emergence of architectural production that reflect and indicate the nature of the construction structures based on the ideas and principles of biological structures in biological science: Despite the emergence of many architectural proposals that tried to explain the concept in the field of architecture, but it is not dealt with in depth and not given a comprehensive definition: So there was need to search for the concept and its beginning in the biological field as a general framework down to the field of architecture for the purpose of reducing the limits of their search framework Through cognitive survey for the appearance of

*Corresponding author
Peer review under the responsibility of University of Baghdad.
https://doi.org/10.31026/j.eng.2019.02.10
2520-3339 © 2018 University of Baghdad. Production and hosting by Journal of Engineering.
This is an open access article under the CC BY-NC license http://creativecommons.org/licenses/by-cc-nc/4.0/).
Article received: 28/5/2018
Article accepted: 13/1/2019

biological structures in production architectural that led to find previous studies to discover the knowledge gap and identify research problem which states(the presence of cognitive deficiencies demonstrates nature of the biological structures in contemporary architecture in general and in the work of architecture caltrava specially) and was determined a goal of research (Build a conceptual framework illustrates the nature of the biological structures in contemporary architecture in general and in the work of architecture caltrava specially) and this need requests it theoretical framework has been drawn from asset of architectural studies. Two main vocabulary (simulated biological, biological structures properties,) and application this vocabulary on three projects for Caltrava then subtract search results and to reach final conclusions and recommendations.

Key Words: Structure, Biology, Architecture.

1- المقدمة:

اشار الراي في الماضي الى عدم الاتصال مابين العمارة وعلم البايولوجي فسعت محاكاة الطبيعة الى بيان الدور الاساسي والرئيسي للطبيعة لدفع الفائدة الى عالم اليوم سعيا لحل المشكلة المرتبطة بالواقع المعاصر في انشاء عمارة متكاملة ومتوافقة مع المحيط، ان العلاقة مابين العمارة وعلم البايولوجي وبالاعتماد على التطورات التكنولوجية بدات تصل ذروتها لتعبر جزئيا عن اوجه القصور في العمارة وتؤامتها مع الطبيعة، فالثورة البايولوجية متسلحة بالتكنولوجيا وان توجه العصر نحو علم البايولوجي جعل من المعماريين استخدام العديد من افكار ومبادىء الهياكل البايولوجية كونها تقدم حلولا فريدة ومستجيبة للقضايا المعمارية والهيكلية والتي لها دور واضح في تحقيق هياكل كفوءة ومثالية ؛ فبرز مفهوم الهياكل البايولوجية في العمارة المعاصرة والذي يعمل على نسخ معالم الطبيعة وجماليات التصميم فيها بنظرة هيكلية وتنفيذها وتكون العمارة الناتجة اقرب الى الطبيعة وتمتلك خصائص الحياة الموجودة فيها.

تم تقسيم البحث الى اربعة محاور رئيسية ،اختص المحور الاول منها بطرح المعرفة النظرية للبحث من خلال تناول التعاريف اللغوية والاصطلاحية لمفهوم الهيكل في العمارة وعلم البايولوجي، اما المحور الثاني فقد تم فيه الكشف عن دور الهياكل البايولوجية في نتاجات التيارات المعاصرة وتحديد مسار توظيفها وتطبيقها لانشاء تصور نظري لتلك الهياكل في اما المحور الثالث تم استخلاص مفردات الاطار النظري، واخيرا تم في المحور الرابع التطبيق على العينات التطبيقية المنتخبة ليتم بعدها طرح النتائج والتوصل الى الاستنتاجات النهائية والتوصيات.

2- المحور الاول: مفهوم الهيكل في العمارة وعلم البايولوجي

2-1 تعاريف لغوية واصطلاحية:

تهدف هذه الفقرة الى بناء قاعدة معرفية حول مفهوم الهيكل في العمارة وعلم البايولوجي من خلال عرض اهم التعريفات التي وردت في المعاجم والادبيات السابقة وكما يلي:

2-1-1 المفهوم اللغوي للهيكل:

الهيكل في اللغة: اسم، وجمعه هياكل، هَيْكَلُ الشَّيْءِ : شَكْلُهُ ، صُورَتُهُ ، هَيْئَتُه

الهيكل:الضَّخْمُ من كل شيء [1]

2-1-2 المفهوم الاصطلاحي للهيكل:

وردت كلمة هيكل (structure) في كثير من المراجع لوصف جوانب معينة من نتاجات الفكر الانساني[2]

فجاءت كلمة هيكل بمعنى (البيت الكبير)[3] اوالبنية ،البناء الضخم [4]

2-1-3 مفهوم الهيكل في العمارة:

الهيكل بانه هو جزء من المبنى يقاوم الاحمال المسلطة عليه [5] ، هو العنصر الاقوى نفوذا من حيث الشكل فهو يضم سلسلة من القرارات التصميمية التي تحدد الشكل او تشوه او يعدل كل المقومات الاخرى للمبنى ويملىء جميع جوانب التصميم [6]

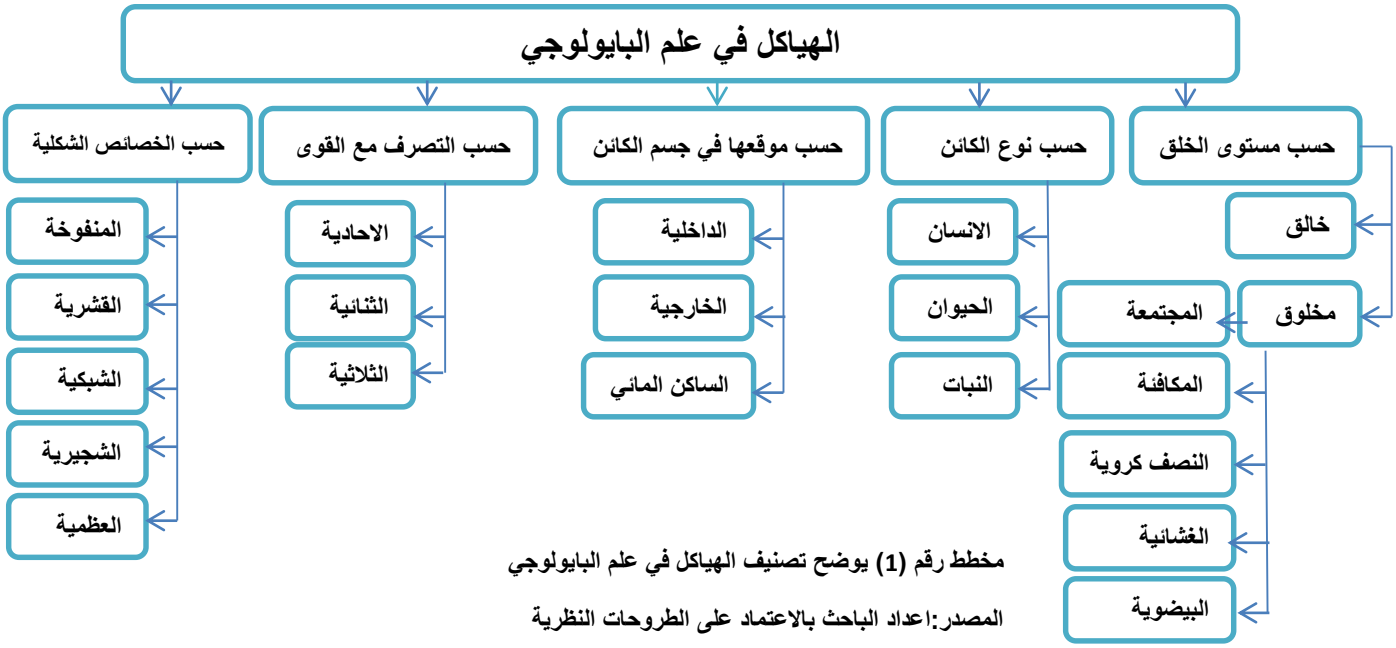
2-2 مفهوم الهيكل في علم البايولوجي:

2-2-1 علم البايولوجي:

تعني كلمة بايو (bio) الحياة [7] وهو مصطلح يشتق من اليونانية (bios وتعني حياة و logia وتعني علم او دراسة)، هو علم الطبيعة الذي يعنى بدراسة كافة اشكال الحياة والكائنات الحية بمافي ذلك هياكلها ووظائفها ونموها وتطورها وتوزيعها وتصنيفها ويشمل علم الحيوان والنبات وجميع فروعهما[8] او العلم الذي يهتم بالدراسة العلمية للحياة [9]

2-2-2 الهيكل في علم البايولوجي:

توجد في الطبيعة انواع مختلفة من الهياكل التي تمتلك خصائص فيزيائية وكيميائية ومن هذه الخصائص القوة والمرونة والمتانه على حد سواء والتي تتفاعل بشكل مختلف مع المؤثرات الخارجية فالهيكل في الكائن الحي هو الذي يقوم بتدعيم الجسم واسناده ويمنحه الشكل والصلابة ويمثل مرتكزا للعضلات لتقوم بوظائفها على اكمل وجه او هو ترتيب او تشكيل الانسجة والاعضاء والاجزاء الاخرى من الكائن الحي ،فهنالك العديد من الهياكل في علم البايولوجي التي مصدرها الطبيعة ،وتم تصنيفها وفقا (لمستوى الخلق ، حسب نوع الكائن، حسب موقعها في جسم الكائن الحي ،حسب التصرف مع القوى، حسب الخصائص الشكلية) وكما يوضحا المخطط الاتي:



مخطط رقم (1) يوضح تصنيف الهياكل في علم البايولوجي

المصدر:اعداد الباحث بالاعتماد على الطروحات النظرية

3- المحور الثاني: الهياكل البايولوجية في نتاجات التيارات المعاصرة

يهدف هذا المحور الى الكشف وابراز بالوصف والتحليل ظهور الهياكل البايولوجية في نتاجات التيارات المعاصرة ويستعرضها كالاتي:

3-1 العمارة الايكولوجية: Ecological Architecture

تخلل الفكر البيئي الانشطة البشرية واصبح مصطلح (Ecologie) واحدا من العلوم البايولوجية الاساسية [10]، وقد تم استخدامه في الخطاب المعماري من خلال مشاركة العمارة مع البيئة، فطروحات (هيغل) شكلت اسسا لتطور علاقة العمارة بالبيئة

[11]، ظهور مصطلح (Ecological Architecture) عبر عن اعلى مستويات التكامل بين العمارة والطبيعة ، فهي العمارة الاقل ضررا على البيئة [12] ومن اهم التوجهات الايكولوجية هي العمارة الخضراء والعمارة المستدامة ، فقد ظهرت ممارسات تصميمية للهياكل البايولوجية ضمن توجهات العمارة الخضراء تمثلت في مشروع (Reef_Matrix for the construction of 1000 passive house) حيث تمت المحاكاة والالهام من الهيكل البايولوجي الموجودة في الطبيعة والتي وجدت في (الشعاب المرجانية) ذات الاشكال السائلة والعضوية، كما في الأشكال (1)، (2)

شكل رقم (1) يوضح هيكل الشعاب المرجانية في اعماق البحر والتي تم محاكاتها
المصدر:http:vincent.callebaut.org

شكل رقم (2) يوضح مشروع Coral Reef_Matrix for the construction of 1000 passive house
المصدر:http:vincent.callebaut.org

ظهر وجود هياكل بايولوجية ضمن الممارسات التصميمية لاستراتيجيات الاستدامة والتصميم المستدام في اعمال المعماري (Eugne Tsui) في مشروع (The Tsui House) حيث اتبع المصمم المبادىء الهيكلية لاكثر الكائنات الحية انتشارا في الطبيعية وهي العنكبوتيات المائية ذات المخطط البيضوي وشكل السطح العلوي ذو القطع الناقص ، فالهيكل العلوي هو سلسلة من الاقواس على شكل قطع مكافىء مرتبطة مع بعضها البعض.[13] كما في الاشكال (3)،(4)،(5).

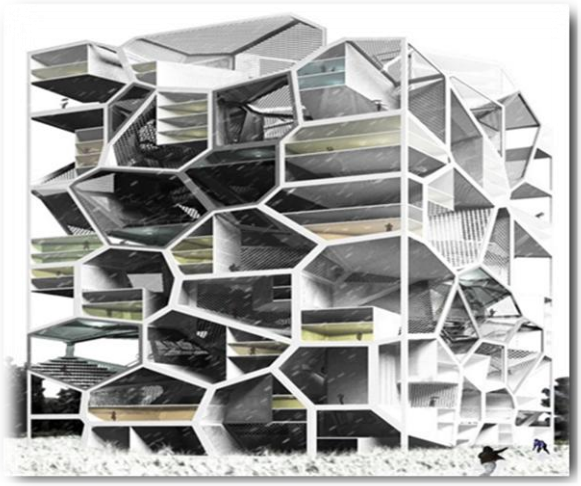
شكل رقم (3) يوضح مشروع The Tsui House
المصدر:
https://www.flickr.com

شكل (4) يوضح هيكل سقف The Tsui House
المصدر:
https://www.flickr.com

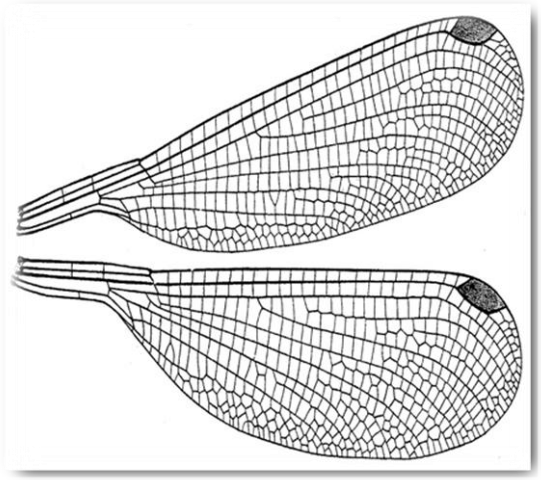
شكل (5) يوضح العنكبوت المائي الذي تم محاكاته
المصدر:
https://www.123rf.com

3-2 العمارة الجينية: Genetic architecture

تم اشتقاق مصطلح الجين من علم البايولوجي وانتقل الى العمارة لتظهر (العمارة الجينية) كامتداد وتحول للافكار الخيالية بخلق عوالم جديدة بالاعتماد على العلوم الحديثة ، فهي ليست تمثيل بايولوجي فحسب بل تشير الى انظمة التكرار الذاتي[14] حيث وجد ان هنالك نوع من المماثلة بين عمليات الخلق المعماري والتغييرات والعمليات الحية الجينية في علم البايولوجي [15] ففي العصر الحديث تم استخدام الخوارزميات الجينية في العمارة المعاصرة، حيث اشارت الدراسات الى برامج النمذجة الالكترونية القائمة على الخوارزميات الجينية والتي ساهمت في توليد هياكل الكترونية تكتونية، فقد تم الالهام من الهياكل البايولوجية في الطبيعة عن طريق محاكاة هيكل خلايا (Voronoi)[1] الموجودة في اجنحة حشرة اليعسوب ودرع السلحفاة وخلايا النحل [16] تم تطبيق ذلك في مشروع (Vertical Village) الذي قامت فكرته على مفهوم تحسين كفاءة المبنى باستخدام معادلات حسابية للعناصر كما في شكل مخطط (Voronoi) حيث يمتلك الهيكل خصائص بايولوجية مثل التنوع والتباين والتسلسل الهرمي واعتماده للحصول على تصميم امثل في انشاء الوحدات السكنية وفقا للخوارزمية الجينية.[17] كما في الاشكال (6)،(7)



شكل (6) يوضح هيكل مشروع Vertical Village
المصدر:http://www.odonatacentral.org



شكل (7) يوضح هيكل جناح الحشرات ومخطط خلاياه
المصدر:-http://www.tuvie.com/vertical village

3-3 العمارة الديناميكية: Dynamic architecture

تختلف العمارة عن العالم الحي بكونها كيان مادي جامد ولغرض اكتساب العمارة صفة الحياة يتم تضمين الحركة فيها من خلال التوجه نحو الاشكال والهياكل الديناميكية المرنه التي تعطي صورة مختلفة عن صورة الابنية التقليدية [18]، اي انتاج هياكل حيوية تتحدى الممارسة التقليدية في العمارة من خلال محاكاة حركة الهياكل البايولوجية[19] فقد تم محاكاة حركة الخياشم في هيكل الاسماك وتوظيفها في مبنى (Thematic Pavilion at Expo-Korea) فكان هيكل المشروع مؤثر يثير تجارب حسية رائعة من خلال الواجهة الحركية للمبنى[20] كما في الاشكال (8)،(9)

[1] Voronoi مخطط من مجموعة نقاط وهو مزدوج التثليث مقسم على اساس المسافة الى نقاط في مجموعة معينة.

شكل (8) يوضح الواجهة الحركية للمشروع

شكل (9) الواجهة الحركية وحركة الصفائح بحركة موجية

المصدر:http:/www.archdaily.com

3-4 الدراسات السابقة: تبحث هذه الفقرة في تحديد المشكلة البحثية من خلال طرح وتحليل مجموعة من الدراسات السابقه التي سيتم تناولها كالاتي:

3-4-1 دراسة (Arslan and Sorguc, 2004) [21]

Similarities between structures in nature and man_mad structure biomomesis in Architecture

تناولت الدراسة الهياكل البايولوجية في الطبيعة والهياكل التي من صنع الانسان والمستندة على الالهام والمحاكاة للهياكل البايولوجية في الطبيعة فقد كان هدف الدراسة الكشف عن اوجه التشابه بين تلك الهياكل وقد اشارت الى الخصائص والمميزات التي تمتلكها والتي تجعل منها مصدرا للالهام والمحاكاة وتحقيق الوحدة والمماثلة لجعل العمارة المعاصرة جزءا لايتجزا من الطبيعة.

3-4-2 دراسة (Montazer and Shahbazi،2011) [22]

Recognition Nature Related concepts in Bionic Architecture and their effects on Contemporary Architecture

بينت الدراسة ان الطبيعة والكائنات الحية تعد العامل الاكثر تاثيرا على نتاجات العمارة المعاصرة حيث ان محاكاة الهياكل البايولوجية الموجودة في الطبيعة في العمارة لاجل خلق هياكل الكترونية ذات خصائص فريدة من نوعها من جميع التفاصيل تسمى (الهياكل الحيوية او الهياكل الحية) التي تعتبر افضل من الهياكل التي تستلهم من الحقول المعرفية الاخرى، وتوصلت الدراسة الى ان الهياكل المستلهمة من الطبيعة تساعد في خلق هياكل مثيرة وفريدة على مستوى الكفاءة والجمال فضلا عن الصلابة ومرونة الحركة لذلك تبدو حية ونشيطة وصديقة للبيئة وتؤدي وظائفها بصورة كاملة .

3-4-3 دراسة (Feizabadi el al, 2012) [23]

Properties of natural organisms and its use in technological architecture

وضحت الدراسة خصائص الهياكل البايولوجية للكائن الحي بهدف التعرف عليها واستخدامها في العمارة بمساعدة التكنولوجيا، حيث قامت بتحديد تلك الخصائص والمفاهيم المرتبطه بالكائن الحي والمطبقة في المشاريع المعمارية العالمية والتي تم انشاؤها بمساعدة التكنولوجيا والالهام من الهياكل البايولوجية للكائنات الحية، وفق نسب احصائية قامت باستنتاجها والتي تساهم في جعل المبنى ككائن حي وتحقيق استدامة الحياة في الطبيعة وتحديد الخصائص الاقل استخداما مع التطلع الى امكانية استخدامها في المستقبل.

4-4-3 دراسة (Hanafi and Naguib،2013)[24]

Exploring the Application of Bio_Eco Architecture for sustainable Design and Construction process

ركزت الدراسة على العمارة المستوحاة من علم البايولوجي والتي تحتضن الممارسات الصديقة للبيئة والانشاء المستدام عن طريق محاكاة الحياة الموجودة في الطبيعة،و بناء الهياكل والمساهمة في ايجاد حلول معمارية بيئية وطبيعية من خلال تحليل شامل لدور علم البايولوجي في تطوير مفاهيم التصميم ومقومات الانشاء في العمارة المعاصرة، حيث ان محاكاة الاشكال والهياكل البايولوجية في الطبيعية بمساعدة التقنيات الرقمية التي قدمت فرصا مثيرة لتمثيل تلك الهياكل والتي كان لها تاثيرا كبيرا على العمارة من خلال ايجاد قدرات جديدة نتيجة لدمج الاعتبارات الهيكلية (الهيكل، المواد، الجمالية).

5-4-3 مناقشة الدراسات السابقة واستخلاص المشكلة البحثية:

بعد ان تم طرح ومناقشة اهم ماجاءت به الدراسات السابقة يمكن استخلاص الفجوات المعرفية لاجل تحديد المشكلة البحثية

- تطرقت الدراسات السابقة الى مفهوم الهياكل البايولوجية والجوانب المرتبطة بصورة ضمنية وغير مباشرة لذلك تحتاج الى تفصيل وتبويب.
- تناولت الدراسة السابقه من خلال الاشارة الى خصائص الهياكل البايولوجية في النتاجات المعاصرة ولكنها لم تبين تاثيرها على النتاج المعاصرة بصورة واضحة.

ومن كشف الفجوات السابقة يمكن تحديد المشكلة البحثية التي تنص على (وجود قصور معرفي يوضح طبيعة الهياكل البايولوجية في العمارة المعاصرة بصورة عامة واعمال المعماركالاترافا بصورة خاصة) وعليه تم تحديد هدف البحث (بناء اطار مفاهيمي يوضح طبيعة الهياكل البايولوجية في العمارة المعاصرة بصورة عامة وفي اعمال المعمار كالاترافا بصورة خاصة)، وتمثلت منهجية البحث بناء اطار نظري لمفهوم الهياكل البايولوجية ،اختيار مجموعة من المشاريع المعمارية العالمية للمعمار Caltrava تميزت بتبنيها افكار ومبادىء الهياكل البايولوجية وتطبيق مفردات الاطار النظري عليها لغرض التوصل الى النتائج والاستنتاجات النهائية والتوصيات الخاصة بالبحث.

4- المحور الثالث: استخلاص مفردات الاطار النظري

سيتم في هذا المحور تناول مجموعة من الدراسات المعمارية التي ترتبط بموضوع البحث الحالي بهدف الوصول الى استخلاص عدد من المفردات الرئيسة والثانوية التي عمدت الدراسات الى تحليلها وتقييمها، ومن ثم اعادة صياغتها لتشكل ارضية لبلورة وبناء الاطار النظري الذي يعتبر اول مراحل حل المشكلة البحثية، والدراسات هي:

1-4 دراسة (Vahdei,2009) [25]

Nature as a Source of Inspiration of Architectural Conceptual Design

اشارت الدراسة الى التصاميم الهيكلية في العمارة التي استلهمت افكارها من الهياكل البايولوجية في الطبيعة والتي وفرت حلولا جديدة لمشاكل التصميم باعتمادها مستويات متنوعة للمحاكاة ،حيث طرحت الدراسة مفردتين رئيسيتين الاولى هي المحاكاة البايلوجية للهيكل (على مستوى الكل والتي تمثلت بالمحاكاة البصرية، على مستوى الجزء والتي تمثلت بالمحاكاة المفاهيمية، الحاسوبية)

2-4 دراسة (Bemanian,2012) [26]

Architecture as an Organism

بينت الدراسة بعض المبادىء والقواعد والتنظيمات التي لها صلة بطبيعة الهيكل البايولوجي للكائنات الحية الموجودة في الطبيعة ومن ثم كيفية تطبيقها في العمارة لتكون نتاجاتها متناغمة مع الطبيعة من خلال المحاكاة والاستعارة من الهيكل البايولوجي، فطرحت مفردة رئيسة واحدة وهي المحاكاة البايولوجية التي تضمنت مجموعة من المفردات الثانوية (المظهر الخارجي للهيكل، خصائص الهيكل، استراتيجيات التصرف ضد القوى، استعارة نمط القواعد التي تحكم الهيكل).

3-4 دراسة (Bastanfard,Taghizaden,2012) [27]

The Anatomy of Human Body, A model to Design Smart High Building

عرضت الدراسة انموذجا لاهم الهياكل البايولوجية في الطبيعة وهو هيكل جسم الانسان باعتباره هيكلا حيا ديناميكيا مستجيبا لكافة المؤثرات الداخلية والخارجية، فطرحت الدراسة مفردة رئيسة هي خصائص الهياكل البايولوجية والتي تضمنت مجموعة من المفردات الثانوية (حية،ديناميكية، متناظرة، متوازنة، مرنة،مستقلة، خفيفة الوزن، مستجيبة للمؤثرات الداخلية والخارجية، مستقرة،متكيفة مع البيئة) .

4-4 دراسة (Saber and Daryayaal,2013) [28]

Architectural Construction Inspired by Nature

ذكرت الدراسة ان المعماريين والانشائيين الذين استعاروا من اساليب وافكار الهياكل البايولوجية في الطبيعة في محاولة لدمج الاعتبارات المعمارية مع الاعتبارات الهيكلية باعتبار الهياكل البايولوجية مصدرا مهم للافكار الفعالة والحلول الفريدة المستجيبة للقضايا المعمارية والهيكلية، حيث كان الهدف من الدراسة شرح شامل لمنهج الاعتبارات الخاصة بالشكل والوظيفة والهيكل في عملية التصميم من اجل خلق الانسجام بين مكونات العمارة عن طريق تطبيق الدروس المستخلصة من الهياكل البايولوجية وخصائصها في العمارة المعاصرة، حيث تم استخلاص مفردة رئيسية واحدة من هذه الدراسة وهي خصائص الهياكل البايولوجية والتي تضمنت ثلاثة مفردات ثانوية هي (وفقا لاعتبارات جمالية، وفقا لاعتبارات وظيفية، وفقا لاعتبارات هيكلية).

5-4 دراسة (Yeler,2015) [29]

Influenuces of the living world on Architecture Structures: analytical insight

اوضحت الدراسة اهمية الهياكل البايولوجية في تحفيز الابداع لدى المعماريين لما تمتلكه من مميزات جمالية ووظيفية وهيكلية لكونها هياكل خفيفة الوزن وباقل مواد وطاقة ،اذ ان الاستراتيجيات والحلول فيه تعتبر مصدر غني يمكن تطبيقه في العمارة من خلال محاكاته، ويكمن هدف الدراسة البحث في الهياكل البايولوجية لخلق لغة معمارية جديدة ومختلفة ورفع مستوى الاداء الهيكلي من خلال التوصل الى حلول وافكار نابعة من الهيكل البايولوجي وتطبيقها في العمارة المعاصرة، وتم استخلاص ثلاث مفردات رئيسة الاولى منها هي المحاكاة البايولوجية ومفرداتها الثانوية (محاكاة مباشرة، غير مباشرة والتي تتضمن محاكاة القواعد الاساسية للهيكل، محاكاة على مستوى الكل، محاكاة العمليات الحية في الهيكل)، والمفردة الثانية هي خصائص الهياكل البايولوجية التي تضمنت (خفيفة الوزن،متعددة الوظائف، اقتصادية، كفوءة، اداء عالي، الحد الادنى من الطاقة، علاقة معقدة بين القوى والشكل والمواد)

6-4 المفردات الاساسية للاطار النظري:

تنوعت هذه المفردات الى مفردتين هما (المحاكاة البايولوجية والثانية خصائص الهياكل البايولوجية،) في العمارة المعاصرة وبشكل عام مفردات الاطار النظري كانت عامة لكل النماذج المعمارية القائمة على الهياكل البايولوجية وليست بحدود المشاريع المنتخبة للدراسة العملية.

5- المحور الرابع: الدراسة العملية :

1-5 صياغة الفرضيات:

الهياكل البايولوجية تحقق كفاءة واداء عالي من خلال تكامل الخصائص بين الهيكل والوظيفة التي تقوم بها.

5-2 المستلزمات الاساسية للتطبيق:

5-2-1 اسلوب القياس المستخدم:

اعتمد البحث على المنهج الوصفي والدراسة التحليلية لاختيار العينات المنتخبة للدراسة العملية من خلال استمارات القياس وهي استمارة تدقيق (Check List) تم ملؤها من قبل الباحث لاختبارمدى تحقق القيم الممكنة لكل مفردة من مفردات الاطار النظري بالاستنادالى المعلومات المستخلصة من استمارة المعلومات الخاصة بكل مشروع.كما في جدول (1_2)

5_2_2 طريقة جمع المعلومات :

اعتمد البحث في عملية جمع المعلومات واستخلاص معلومات المشاريع المنتخبة بجمع فقرات النص الواصف والتي تساعد على قياس المتغيرات بشكل مباشر وقد نظمت المعلومات وفق استمارة معلومات .كما في جدول (1_1)

5-2-3 مبررات اختيار العينة:

تم انتخاب ثلاثة مشاريع معمارية عالمية للدراسة العملية وفقا للمبررات التالية:

1. الفترة الزمنية (المحددة بفترة العمارة المعاصرة وسيتم اعتماد الفترة من (2000) فما فوق اساسا للمعاصرة)[2].
2. العينات المنتخبة اعتمدت هياكلها على الافكار المستنبطة من الهياكل البايولوجية.
3. وفرة الطروحات الواصفة التي تطرقت الى العينات واستثمار المعماري (Santiago Caltrava) للهياكل البايولوجية ومبادئها في نتاجاته.

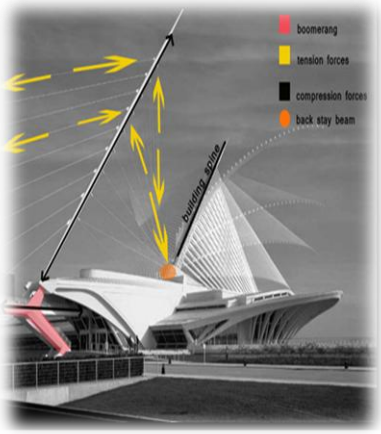
5-2-4 وصف المشاريع المنتخبة للتطبيق:

5-2-4-1 مشروع Milwaukee Art Museum, Santigo Caltrava (2001)

تم انشاءه في عام (2001) في الولايات المتحدة الامريكية على ساحل بحيرة ميشغان، فهو مستوحى من الحقائق والمبادىء الموجودة في الموقع وهي اجنحة طيور النورس المحلقة في البحيرة وهذا جعل هيكل المبنى في حال توافق وعلاقة مع الهياكل في الموقع فيبدو كانه طائر يحلق فوق البحيرة، هيكل المبنى ليس مجرد هيكل بل يعبر عن التغيير والحركة والحيوية وان المبنى على قيد الحياة، يتكون من الحديد الصلب الابيض والانظمة الهيكلية المربوطة بطريقة قوية جدا بالاضافة الى الكابلات الصلبة كعناصر توتر تستخدم قوى التوتر والاجهاد، ان تمثيل جسم الطائر كهيكل مبنى حيث العمود الفقري في الوسط والجناحين على الجوانب اعطى مرونة لهذه الاجنحة المستطيلة والمتفاوتة بالطول والعرض والتي ساهمت في التحكم في تاطير ضوء الشمس ليتغير مع تغيير زاوية الشمس باستخدام نظام هايدروليكي في المنتصف ليتحكم في هذه الاجنحة المتحركة وانها تتحرك وفق القوى والمؤثرات الخارجية وايضا تعمل على تقليل ظاهرة الاحتباس الحراري للواجهات الزجاجية واعطاء منظر بانورامي على البحيرة [30]، ان تشكيل الهيكل مشابها للهيكل العظمي لجسم الطائر ليكون هيكل حركي مع امكانية الفتح والغلق مثل جناحي الطائر سمح ذلك لامكانية التوسع للفضاءات الداخلية والتمتع باطلالة بانورامية على البحيرة فقد انتج Caltrava هيكل قوي ومعقد وانيق بالاعتماد على امكانات التصميم الديناميكي ومن خلال التعبير الهيكلي[31]] كما في الاشكال (10) ،(11) ،(12)

[2] المعاصرة:بين معجم الرائد ان المعاصرة (من عاصر معاصرة :عاش في عصره ولجاء اليه)اما قاموس اكسفورد اشار الى انها الحدوث في نفس الوقت ،وتعرف المعاصرة على انها مايمكن تطبيقه من تقنيات تكنولوجية وتمثل شواهد لوجود الانسان في عصره.

شكل رقم (10) هيكل المشروع كأنه طائر محلق في السماء



شكل (11) توزيع قوى الشد والتوتر في الهيكل

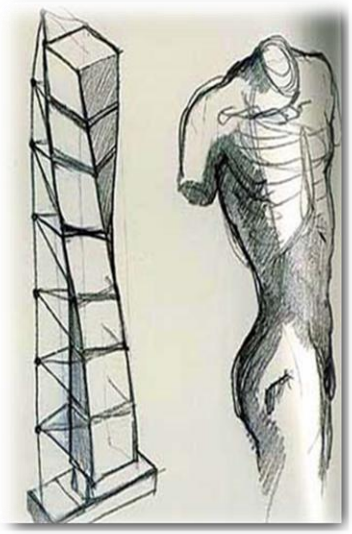
شكل (12) حركة هيكل الطائر الذي تم محاكاته في المشروع

المصدر : http:/www.arcspace.com

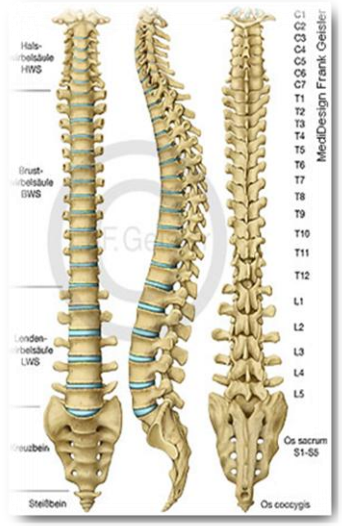
2_4_2_5 مشروع Turning Torso, Santiago Caltrava(2005)

تميز هذا المشروع الذي يقع في مدينة مالمو في السويد كونه ثاني اعلى ناطحة سحاب سكنية في العالم التي جعلته معلما مهما فهو يتالف من تسعة مكعبات (كل منها مؤلف من خمسة طوابق) بالاضافة الى الطوابق الوسطية فهو بارتفاع 190م [32]،هيكل المبنى قد تم انشاءه بالاعتماد على الهيكل البايولوجي لجسم الانسان، Caltrava يجد في الهياكل البايولوجية مصدر الهام لافكاره فقد اعتمدت فكرة المبنى على الحركة الالتوائية والدورانية لهيكل جسم الانسان فهو يمثل حركة دورانية وديناميكية جعلته مبنى مثير ومتجدد (ديناميكيا) باعتماد هيكل مكون من عدد من المكعبات الملتفه بعضها مع بعض ليكون احد الشواخص المبهرة ، فالهيكل يتالف من core يحوي وسائل الانتقال العمودي اما مكعبات الطوابق فقد التفت بزاوية تقريبا 1.6درجة لكل طابق لتحقيق خاصية الالتفاف للمبنى، ولغرض مسايرة ذلك الالتفاف تميل النوافذ تارة الى الداخل و اخرى الى الخارج حسب موقعها في المبنى.[33] كما في الاشكال (13)،(14)،(15)

شكل رقم (13) هيكل Turning Torso



شكل (14) الرسومات التخطيطية الأولية لكالترافا تبين فكرة المشروع



شكل (15) جزء من الهيكل العظمي الذي تم محاكاته في المشروع

المصدر : http:/www.arcspace.com

5_2_4_3مشروع Florida Polytechnic University, Santiago Caltrava (2014)

تم افتتاح المشروع عام (2014) في ولاية (فلوريدا) وعلى الطرف الشمالي من البحيرة المركزية التي توفر اطلالة بانورامية رائعة للمشروع [34]، ان تصور(Caltrava) في خلق هيكل قوي ومعقد ولكنه انيق من خلال استغلال امكانيات التصميم الديناميكي والتعبير الهيكلي له، هيمن على السطح الخارجي للمشروع اثنين من العناصر المثيرة وهما (العريشة) والسقف القابل للحركة المتمثل باجنحة الطائر فقد تم محاكاة اشجار البلوط التي تم تمثيلها بهيكل (العريشة) التي تحيط بالمبنى باكمله من الخارج وتتميز بهيكل حديدي خفيف الوزن ساعد على تكوين نظام ساتر حديدي من الارض الى السقف يوفر ممرا خارجيا يعمل على تخفيف عبء الشمس على المبنى بحوالي (30%) لقد خلقت العريشة المتحركة هوية للمبنى وبناء نظام حركي يعمل على اكتساب الحرارة الشمسية وتنظيم مستويات الاضاءة وتوليد الطاقة [35] ان التصميم الثلاثي الابعاد (3D) لنظام التظليل على سطح المبنى والمتمثل بالسقف الحديدي المتحرك وفقا لحركة مسار الشمس طوال اليوم والتي تم محاكاته من اجنحة الطيور في البحيرة واليات حركتها حيث يرفع تلقائيا بالاعتماد على نظام هيدروليكي فردي متناغم مع حركة الشمس وهو جزء لايتجزاء من التصميم الوظيفي والتكنولوجي والرمزي في المشروع والنظام الحركي الذي ينظم مستويات الاضاءة للفضاءات الداخلية للمشروع .[36] كما في الاشكال(16)،(17)،(18)

شكل رقم (16) هيكل المشروع من الخارج

شكل (17) العريشة التي تحيط بالممر الخارجي

شكل (18) حركة الجناح

المصدر : http:/www.architectmagaiz.com

3-5 التطبيق على المشاريع المنتخبة للدراسة العملية:

بعد عرض الوصف التفصيلي للمشاريع المنتخبة سوف يتم قياس المتغيرات لمفردات الاطار النظري على مشاريع الدراسة العملية باستخدام طريقة التحليل الوصفي المقارن بين المشاريع المنتخبة وبالاعتماد على استمارة المعلومات و استمارة القياس ، وقد تم قياس المتغيرات عن طريق تحديد قيم تتراوح بين (1–0)، حيث ان (0 = قيمة غير متحققة، 1 = قيمة متحققة) واعتماد التحليل والاحصاء لمفردات القياس كما في الجدول (1–2) ثم البدء بمناقشة النتائج .

4–5 النتائج الخاصة بالمشاريع المنتخبة للتطبيق:

1–4–5 النتائج المرتبطة بالمفردة الرئيسة الاولى (المحاكاة البايولوجية):

اظهرت نتائج التطبيق للمفردة الرئيسة الاولى على المشاريع المنتخبة للدراسة العملية عن وجود تباين في نسب مفرداتها الثانوية، فبالنسبة لمفردة **(محاكاة مباشرة)** فقد حققت (66%) اما مفردة **(محاكاة غير مباشرة)** حققت (50%) ومفردة **(محاكاة بصرية)** فقد حققت(66%)، ولقد حققت مفردة **(محاكاة مفاهيمية)** نسبة (64%) اما مفردة **(محاكاة حاسوبية)** فلقد حققت

(55%) وبخصوص مفردة (**استراتيجيات التصرف ضد القوى**) قد حققت(73%) اما مفردة (**نمط القواعد التي تحكم الهيكل**) فقد حققت اعلى نسبة بين المفردات الثانوية وبنسبة (83%). والجدول يوضح القيم التفصيلية.

5-4-2 النتائج المرتبطة بالمفردة الرئيسية الثانية (خصائص الهياكل البايولوجية):

بينت نتائج التطبيق للمفردة الرئيسة الثانية على مشاريع الدراسة العملية تفاوت وتنوع في نسب مفرداتها الثانوية ،اذ حققت مفردة (**خصائص الهياكل البايولوجية وفقا لاعتبارات جمالية**) اعلى نسبة (100%)، اما مفردة (**وفقا لاعتبارات وظيفية**) فقد حققت (83%)، وحققت مفردة (**وفقا لاعتبارات هيكلية**) نسبة (93%). والجدول يوضح نتائج القيم التفصيلية

نلاحظ صحة الفرضية التي تشير الى ان الهياكل البايولوجية تحقق كفاءة واداء عالي من خلال تكامل الخصائص بين الهيكل والوظيفة التي تقوم بها.

6 _الاستنتاجات النهائية:

6-1 الاستنتاجات المرتبطة بالاطار النظري:

1. توصل البحث من خلال تقصي الواقع المعرفي ان الهياكل البايولوجية في العمارة المعاصرة هي احد انواع الهياكل التي مصدرها الطبيعة، حيث ان امكانيات التعلم من الطبيعة لاحصر لها فهي تقدم ثروة معرفية متنوعة تساعد المصممين على ايجاد حلول معمارية تخص عمليات الانشاء و تصميم مباني تحاكي الحياة في الطبيعة.
2. توصل البحث الى التعريف الاجرائي لمفهوم الهياكل البايولوجية في العمارة المعاصرة الذي نص على (هي الهياكل الحيوية النابضة بمظاهر ومقومات الحياة بما تمتلكه تلك الهياكل من نظم وقوانين واليات تحكمها لتشكيل عمارة تمتلك خصائص الحياة).
3. فتحت العمارة المعاصرة افاقا واسعا للتعامل مع الهياكل البايولوجية في الوصول الى القيم المخفية فيه من خصائص والتي لم تكتشف بعد وخاصة في الهياكل ذات التعقيد الهيكلي وفهم وتحليل القواعد الحيوية واستخراج الوسائل والمبادىء مع امكانية تطبيقها لخلق هياكل متنوعة.
4. قدمت الهياكل البايولوجية حلولا فريدة مستجيبة للاعتبارات المعمارية والهيكلية من خلال خلق انسجام بين الشكل والهيكل على غرار التنسيق والتكامل في الهيكل البايولوجي وتطبيقه في العمارة المعاصرة.
5. ظهور نمط من المباني في العمارة المعاصرة تعتمد على الهياكل البايولوجية تمتلك خصائص الحياة فيبدو المبنى انه حيويا ديناميكا وليس كيان جامد ويتفاعل مع المحيط ويتاثربه فيكون جزءا حيويا من المنظومة الطبيعية التي تحيط به

6-2 الاستنتاجات المرتبطة بالدراسة العملية:

6-2-1 الاستنتاجات المرتبطة بالمفردة الرئيسية الاولى (المحاكاة البايولوجية):

ركزت اغلب المشاريع على المحاكاة (المباشرة ، المفاهيمية،استراتيجيات التصرف ضد القوى،نمط القواعد التي تحكم الهيكل) فهذه المفردات الثانوية حققت اعلى نسب مقارنتها بغيرها من المفردات وذلك لطبيعة العلاقة بين (الطبيعة–المصمم–المتلقي) بالاضافة الى التعمق في التعامل وتفسير خفايا الهيكل البايولوجي من قواعد واستراتيجيات لمحاكاة عبقرية الحياة فيه.

6-2-2 الاستنتاجات المرتبطة بالمفردة الرئيسية الثانية (خصائص الهياكل البايولوجية):

1. حققت خصائص الهياكل البايولوجية وفقا لاعتبارات جمالية اعلى نسبة لمايمتلكه الهيكل من خصائص جمالية تجعله متناغم مع المنظومة الطبيعية ومن ضمن الاسرة الطبيعية .

2. خصائص الهياكل البايولوجية وفقا لاعتبارات هيكلية ووظيفيةجاءت بالدرجة الثانية بعد الاعتبارات الجمالية لما يمتلكه من تكامل وظيفي وهيكلي و بالدرجة الاساس الاداء العالي والقيام بالوظائف والمهام المطلوبه منه بمستوى كفوء.

7- التوصيات:

- يوصي البحث باعتماد الهياكل البايولوجية في العمارة المعاصرة لكونها اكثر كفاءة وتساهم في انشاء عمارة مستجيبة بايولوجيا مع المحيط والمؤثرات الداخلية والخارجية.
- يوصي البحث باعتماد الهياكل البايولوجية للحصول على التناغم والتنسيق والتكامل وعدم الفصل بين الشكل والهيكل في العمارة .
- يوصي البحث باعتماد الدراسة الحالية على الصعيد التطبيقي بغية اغناء تجارب وخبرات العملية التصميمية وخاصة في عملية تصميم الهياكل للاشكال الحرة (Free Form).

جدول (1_1) استمارة جمع المعلومات للمشروع الاول من العينات المنتخبة للدراسة العملية

استمارة جمع المعلومات للمشروع الاول من العينات المنتخبة للدراسة العملية			
تعريف المشروع	اسم المشروع	Milwaukee Art Museum	الرمز
	الجهة المصممة	Santiago Caltrava	
تعريف حالة الوصف	تم انشاءه في عام (2001) في الولايات المتحدة الامريكية على ساحل بحيرة ميشغان، فهو مستوحى من الحقائق والمبادىء الموجودة في الموقع وهي اجنحة طيور النورس المحلقة في البحيرة وهذا جعل هيكل المبنى في حال توافق وعلاقة مع الهياكل في الموقع فيبدو كانه طائر يحلق فوق البحيرة، هيكل المبنى ليس مجرد هيكل بل يعبر عن التغيير والحركة والحيوية وان المبنى على قيد الحياة، يتكون من الحديد الصلب الابيض والانظمة الهيكلية المربوطة بطريقة قوية جدا بالاضافة الى الكابلات الصلبة كعناصر توتر تستخدم قوى التوتر والاجهاد، ان تمثيل جسم الطائر كهيكل مبنى حيث العمود الفقري في الوسط والجناحين على الجوانب اعطى مرونة لهذه الاجنحة المستطيلة والمتفاوتة بالطول والعرض والتي ساهمت في التحكم في تاطير ضوء الشمس ليتغير مع تغيير زاوية الشمس باستخدام نظام هايدروليكي في المنتصف ليتحكم في هذه الاجنحة المتحركة وانها تتحرك وفق القوى والمؤثرات الخارجية وايضا تعمل على تقليل ظاهرة الاحتباس الحراري للواجهات الزجاجية واعطاء منظر بانورامي على البحيرة ان تشكيل الهيكل مشابها للهيكل العظمي لجسم الطائر ليكون هيكل حركي مع امكانية الفتح والغلق مثل جناحي الطائر		

وسيتم اعتماد نفس الاستمارة لبقية المشاريع المنتخبة للدراسة العملية (المصدر:الباحثين)

جدول (1-2) يوضح تطبيق المفردات الرئيسية والثانوية للإطار النظري على المشاريع المنتخبة وتحليل , واحصاءالقيم الممكنة لمفردات القياس (المصدر:الباحثين)

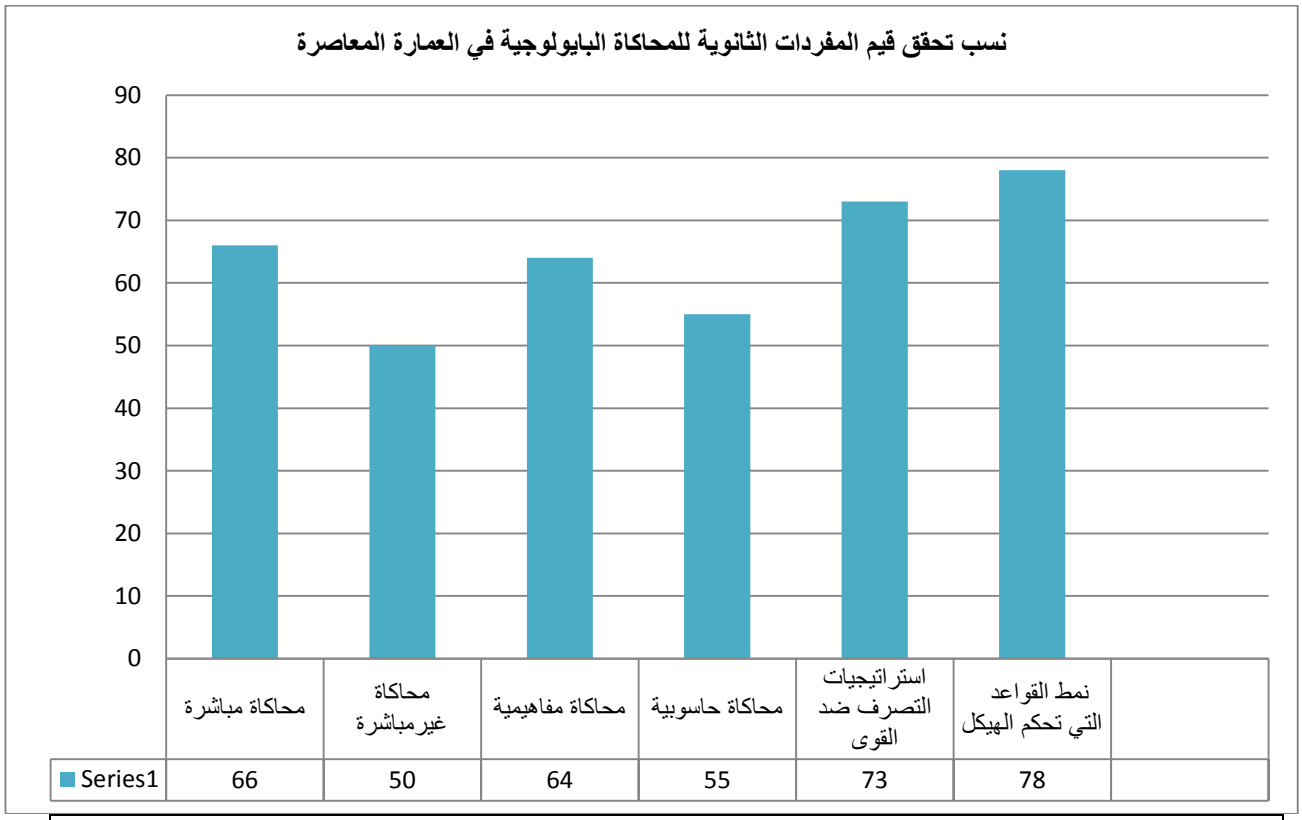
ت	المفردة الرئيسة	المفردة الثانوية	القيم الممكنة		المشاريع المنتخبة			مج قيم	النسبة المئوية الكلية
					1	2	3		
1	المحاكاة البايولوجية	محاكاة مباشرة			1	0	1	2	
		مجموع القيم الممكنة لكل مشروع		1	1	0	1	2	
		النسبة المئوية التي حققها كل مشروع			%100	0	%100		%66
			القواعد الاساسية للهيكل	التطابق الهيكلي	1	1	1	3	

		محاكاة غير مباشرة			التشابة الوظيفي	0	0	0	0	
		مجموع القيم الممكنة لكل مشروع	2			1	1	1		
		النسبة المئوية التي حققها كل مشروع				%50	%50	%50		%50
		محاكاة بصرية	المظهر الخارجي للهيكل			1	0	1	2	
		مجموع القيم الممكنة لكل مشروع	1			1	0	1		
		النسبة المئوية التي حققها كل مشروع				%100	0	%100		%66
			مبدا موجود في الهيكل		التوازن	1	0	0	1	
				على مستوى الكل	الوحدانية والمادية	1	0	1	2	
					التكامل بين الهيكل والمواد	1	1	1	3	
					الاداء والمطابقة مع القوى	1	1	1	3	
					الانسجام بين الشكل والمادة	1	0	1	2	
					التشابه الذاتي بالشكل	1	1	1	3	
					التشابه الذاتي بالنسب	1	1	1	3	
					التسلسل الهرمي بالشكل	0	0	0	0	
					التسلسل الهرمي بالنسب	0	0	0	0	
					الاقتصاد بالمواد	0	0	1	1	
					الاقتصاد بالطاقة	1	0	1	2	
					المرونة	1	0	1	2	
					تباين المقاييس	0	0	1	1	
				على مستوى الجزء	هندسة العلاقة بين الاجزاء	1	0	1	2	
					التناغم بين الاجزاء	1	1	1	3	
					اختيار نوعية الاجزاء	1	0	1	2	
					الاداء الوظيفي للاجزاء	1	1	1	3	
					المرونة في الاجزاء	1	0	1	2	
		مجموع القيم الممكنة لكل مشروع	18			14	6	15		
		النسبة المئوية التي حققتها القيم الممكنة لكل مشروع				%77	%33	%83		%64
		محاكاة حاسوبية	العمليات الحية في الهيكل		النمو	0	0	0	0	
					التغير	1	1	1	3	
					التكييف	1	0	1	2	

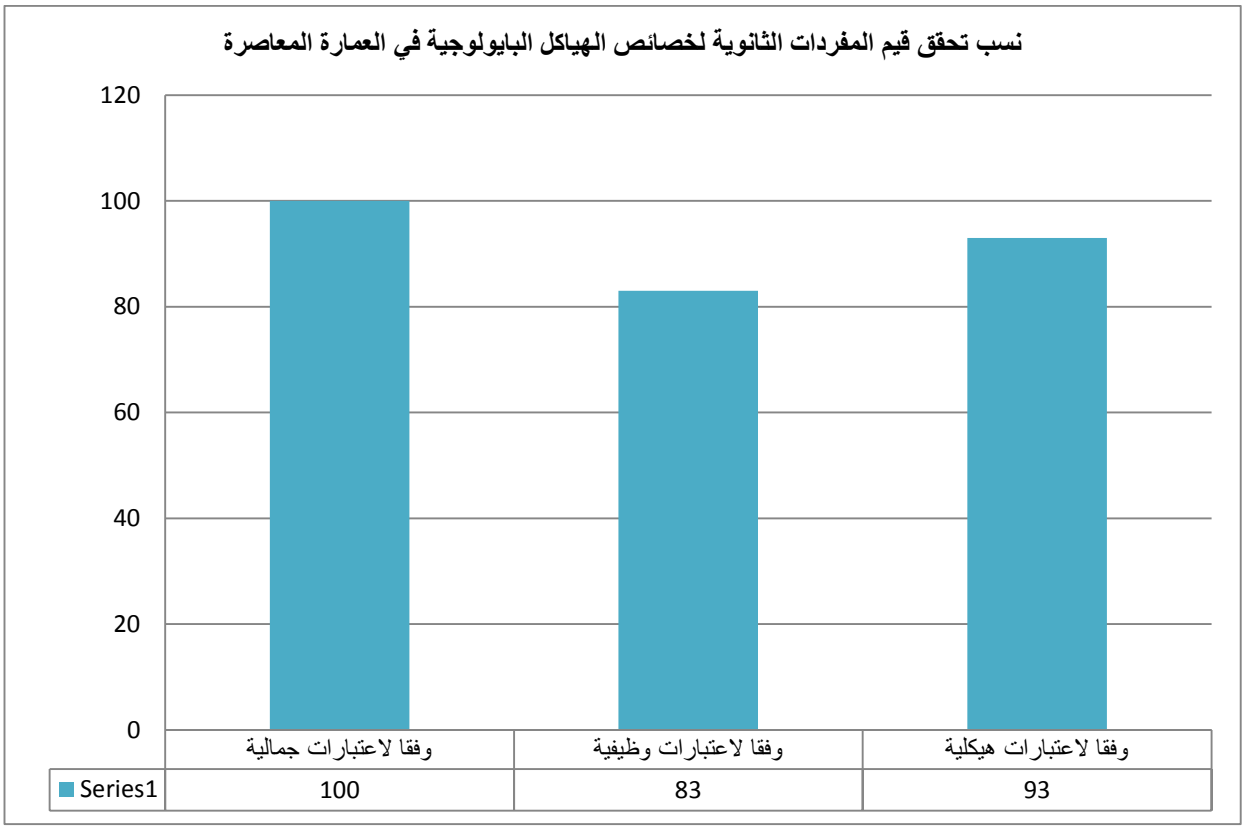
		مجموع القيم الممكنة لكل مشروع	3		2	1	2		
		النسبة المئوية التي حققتها القيم الممكنة لكل مشروع			%66	%33	%66		%55
		استراتيجيات التصرف ضد القوى	استراتيجيات ثابتة	مقاومة قوى ضغط التوتر،الانحناء	1	1	1	3	
				المرونة	1	1	1	3	
				التشويه	0	0	0	0	
				التنسيق بين الشكل والقوى	1	0	1	2	
			استراتيجيات ديناميكية	رد الفعل على التاثيرات البيئية	1	0	1	2	
		مجموع القيم الممكنة لكل مشروع	5		5	2	4		
		النسبة المئوية التي حققتها القيم الممكنة لكل مشروع			%100	%40	%80		%73
		نمط القواعد التي نمط القواعد التي تحكم الهيكل	تغيرات الحركة		1	1	1	3	
			قواعد المتانة		1	1	1	3	
			مقاومة القوى		1	0	1	2	
			التناظر		1	0	1	2	
		مجموع القيم الممكنة لكل مشروع	4		4	2	4		
		النسبة المئوية التي حققتها القيم الممكنة لكل مشروع			%100	%50	%100		%83
2	خصائص الهياكل البايولوجية	وفقا للاعتبارات الجمالية	التوازن		1	1	1	3	
			الايقاع		1	1	1	3	
			التكرار		1	1	1	3	
			التناغم		1	1	1	3	
		مجموع القيم الممكنة لكل مشروع	4		4	4	4		
		النسبة المئوية التي حققتها القيم الممكنة لكل مشروع			%100	%100	%100		%100
		وفقا للاعتبارات الوظيفية	التنسيق بين الشكل والقوى		1	0	1	2	
			كفاءة الاداء		1	1	1	3	
			المرونة		1	1	1	3	
			الاستدامة		1	0	1	2	
			التنسيق مع التغيرات	الداخلية	0	1	1	2	
				الخارجية	1	1	1	3	

		مجموع القيم الممكنة لكل مشروع	6		5	4	6	
		النسبة المئوية التي حققتها القيم الممكنة لكل مشروع			%83	%66	%100	%83
		وفقا للاعتبارات الهيكلية	ثابتة		1	1	1	3	
			مستقرة		1	1	1	3	
			فعالة		1	1	1	3	
			متانة هيكلية		1	1	1	3	
			خفيفة الوزن		1	0	1	2	
		مجموع القيم الممكنة لكل مشروع	5		5	4	5	
		النسبة المئوية التي حققتها القيم الممكنة لكل مشروع			%100	%80	%100	%93

النسبة المئوية الكلية للمفردات الثانوية وقيمها الممكنة =مجموع النسب المئوية للمشاريع المنتخبة÷عددالمشاريع المنتخبة



شكل (1_3) يوضح نسب متغيرات المفردة الرئيسة الاولى على المشاريع المنتخبة (اعداد الباحثين)



المصادر العربية والاجنبية:

1 معجم المعاني الجامع www.almaany.com

2 حسين علي،2011، (رمزية التكنولوجيا في العمارة)،اطروحة دكتوراه مقدمة الى قسم الهندسة المعمارية، جامعة السليمانية.

3 www.st.takla.0rg

4 البعلبكي،1999،(**المورد**)، دار العلم للملايين،الطبعة السابعة، بيروت، لبنان ، ص14

5 Macdonald, A.J., 2001. " **Structure and architecture**", second edition1

6 Carlson,w.Andrew,2005,oxford,Architecture press "**Structure as architure**"

7 Chojecka, N. K. 2013 "**Ecological thought in contemporary architecture: the impact of an ecological conception of nature**." PhD diss.

8 http//: www.bio.txstate.edu

9 حرفوش، 2013،(**دليل مقرر علم الحياة نظري**) كلية الطب البشري، جامعة الاندلس الخاصة بالعلوم الطبية، ص24.

10 ibid

11 ibid

12 Chojecka N.K., 2013. "Ecological **thought in contemporary architecture: the impact of an ecological conception**'' **of nature** (Doctoral dissertation).

13 سناء ساطع واخرون،2008،" **ستراتيجية محاكاة الطبيعة والشكل المعماري المستدام _دراسة تحليلية للاشكال العضوية من خلال اعمال المعماري**" بحث منشور في مجلة الجامعة التكنلوجية.

14 عدي عباس،2015،التكنولوجيا بعدا قيميا واثرها في العمارة المعاصرة، اطروحة دكتوراه مقدمة الى قسم الهندسة المعمارية،جامعة بغداد.

15 لهيب علي،2006،(**القفزة في العمارة**) رسالة ماجستير مقدمة الى قسم هندسة العمارة،الجامعة التكنلوجية.

16 Nowak and Ewelina, 2015, "**Voronoi tessellation in shaping the architure from form flat rod structure**", Department of structural design construction and technical infrastructure, Warsaw University of technology.

17 Nowak, A., 2015**.** "Application **of Voronoi diagrams in contemporary architecture and town**" **planning**. *Challenges of Modern Technology*, *6*(2), pp.30-34.

عدي عباس،2015،(**التكنلوجيا بعدا قيميا واثرها في العمارة المعاصرة**)،اطروحة دكتوراه مقدمة الى قسم هندسة العمارة 18،جامعة بغداد.
19 "**Design project Almillo Bridge by Santaigo Caltrava**"), factulty.legacy.arch.edu.
20 http//:www.e-architect.co.uk
21 Arslan, S. and Sorguc, A.G., 2004. "Similarities **between structures in nature and man-made structures: bio mimesis in architecture**. *Design and nature*, pp.45-54.
22Shahbazi Hedayat and Farnaz Montazer.2011 "**Recognition Nature Related Concepts in Bionic Architecture and Their Effects on Contemporary Architecture**."
23 Feizabadi, ET al.2011 "Properties **of natural organisms and its use in technological Architecture",** International Journal of Architectural Engineering & Urban Planning.
24 Hanafia and Naguib, 2013, "**Exploring the Applications of Bio-Eco Architecture for Sustainable Design and Construction process**", European Journal Sustainable Development.
25 Vahedi and Arash,2009 "**Nture as a sourse of Inspiration of Architural conceptual DESIGHN**", Thesis submitted to the Institute of Graduate Studies and Research in partial fulfillment of the requirements for the degree of master science in architure, Eastern M editerranean university.
26.Bemanian el al,2012, " **Architecture as an organism**", Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Istanbul
27 Taghizadeh K. and Bastanfard, M., 2012. "The **Anatomy of a Human Body, a Model to Design Smart High Building**". *Science and Technology*, *2*(1), pp.8-14
28 Saber, Daryayelaal, "**Architectural Constructions Inspired by Nature**", journal of basic and applied scientific research, 3(2)1037_1044, 2013.
29 Yeler, Minsolmaz, 2015"**Influence of the living world on Architural Structures: an analytical insight** ",uldag university, journal of the faculty of engineering ,Volume20,Number 1.
30Yildiz, Leyla, 2015, "**Amodren Dynamic Structure: Milwaukee Art Museum**", www.Leyla yalidiz. Word press.com.
31 http//:www.arcspace.com
32 http//:www.promecon.dk
33 http//:www.arcspace.com/architects/calatrava
34 http//:www.archdaily.com
35 http//:www.archdaily.com
36 http//: www.enr.com .