JAUES

Journal of Al Azhar University Engineering Sector

Vol. 13, No. 47, April 2018, 791- 812

دراسة تأثير العمارة البيورقمية على العملية التصميمية

[1]مصطفي عدلي بغدادي و[1]الجندي شاكر الجندي و [2]يمان كارم محمود

[1]كلية الهندسة، قسم العمارة، جامعة الأزهر، القاهرة، جمهورية مصر العربية

[2] مهندسة معمارية

ABSTRACT

Nature is a continuous source of architectural inspiration. It is important to use the advantage of the biological systems to solve many architectural problems. The research problem focused on the need for a clear methodology to apply the biological sciences in architecture. Biodigital architecture offers new strategies for both ontological and epistemological design process, which will increase the utilization of biological field in architecture. The aim of the present study is to reveal the effect of the biodigital architecture strategy on the design process by conducting a theoretical study of its biological and numerical aspects and adding new concepts and methodology to the design process. As the ontology integrates with epistemology in philosophy, the anthropological and epistemological aspects of the design process of the biodigital architecture and the monitoring of the biodigital architecture strategy in the design process; and with the selection of seven architectural projects that implemented the biodigital architecture strategy.

The seven case studies has diversified its architectural purposes from residential, medical, commercial and even multi-purpose buildings to monitor the diversity of purpose of the design process. The diversity of project sizes from pavilion, rooms, houses, communities, towers, The design process, in addition to taking into account the time period between these projects and their selection between 2007 and 2017, the period represented for the past 10 years, with a view to monitoring the technical development used in the design process; and then conducting an analytical study of the longer side And the epistemology of the design process of each of them according to the standard model resulting from the theoretical study.

The results of the study showed that the use of the biodigital architecture strategy, which bears in its natures the integration of the ontological side of biological architecture, the epistemological aspect of digital architecture and the addition of biodigital architecture to both design through nature in physical or digital form, For architectural reality leads to the benefit of the biological system in architectural applications and makes the design process extends from principles such as friendship with the environment and the simulation of nature to the construction through nature itself, Design extends from the simulation in the form of mass and architectural structure to the structural formation processes and biological stages of biological growth, as it extends from the simulated behavior on the level of material and functionality to the direct interaction with nature as part of it.

مستخلص البحث

لطالما كانت الطبيعة مصدراً للإلهام المعماري على مر التاريخ، وفي ضوء ضرورة الاستفادة مما تقدمه النظم البيولوجية من حلول للعديد من المشكلات المعمارية وضرورة وجود منهجية واضحة نستطيع من خلالها تطبيق الفرص والحلول التي تقدمها الطبيعة في التطبيقات المعمارية، تقدم العمارة البيورقمية Biodigital Architecture مفهوم وأدوات جديدة للعملية التصميمية.

تهدف الدراسة إلى الكشف عن تأثير استراتيجية العمارة البيورقمية على العملية التصميمية وذلك عن طريق إجراء دراسة نظرية لشقيها البيولوجي والرقمي وما تضيفه من مفاهيم وآليات جديدة للعملية التصميمية، فكما تتكامل الأنطولوجيا مع الأبستمولوجيا في الفلسفة يتكامل الشق البيولوجي والرقمي في العمارة البيورقمية ولذلك تم استخدام المنهج النظري لاستنباط الجوانب الأنطولوجية و الأبستمولوجية للعملية التصميمية الخاصة بالعمارة البيورقمية ورصد استراتيجية العمارة البيورقمية في العملية التصميمية؛ ثم اختيار سبع مشاريع معمارية قامت بتطبيق استراتيجية العمارة البيورقمية تنوعت في أغراضها المعمارية بين الغرض السكني والطبي والتجاري وحتى المباني متعددة الأغراض بهدف رصد إمكانية تنوع الأغراض الخاصة بالعملية التصميمية؛ كما تمت مراعاة تنوع أحجام المشاريع من وحدات العرض و الغرف و المنازل و التجمعات السكنية والأبراج وحتي ناطحات السحاب لضمان تنوع حجم تطبيق هذه الاستراتيجية في العملية التصميمية؛ بالإضافة إلى مراعاة الفترة الزمنية لهذه المشاريع وانتقائها في الفترة بين 2007 وحتي 2017 وهي الفترة الممثلة للعشر سنوات الأخيرة بهدف رصد التطور التقني المستخدم في العملية التصميمية؛ ثم إجراء دراسة تحليلية للجانب الأنطولوجي والأبستمولوجي للعملية التصميمية الخاصة بكلاً منها تبعا للنموذج القياسي الناتج من الدراسة النظرية.

وجاءت نتائج الدراسة بأن استخدام استراتيجية العمارة البيورقمية بما تحمل في شقيها من التكامل بين الجانب الأنطولوجي المتمثل في العمارة البيولوجية، والجانب الأبستمولوجي والمتمثل في العمارة الرقمية وما تضيفه العمارة البيورقمية لكليهما من التصميم من خلال الطبيعة بشكلها المادي أو الرقمي واعتبار الطبيعة على المستوى البيولوجي جزءاً لا يتجزأ عن الواقع المعماري يؤدي إلى الاستفادة من النظام البيولوجي في التطبيقات المعمارية ويجعل العملية التصميمية تمتد من مبادئ مثل الصداقة مع البيئة ومحاكاة الطبيعة إلى البناء من خلال الطبيعة ذاتها، كما تجعل العملية التصميمية تمتد من محاكاة الشكل في الكتلة المعمارية والهيكل الإنشائي إلى عمليات التشكل البيولوجية ومراحل النمو البيولوجي ،كما يجعلها تمتد من محاكاة السلوك على مستوى المواد والأداء الوظيفي إلى التفاعل المباشر مع الطبيعة باعتبارها جزءاً منها.

الكلمات المفتاحية

العمارة البيورقمية -العمارة البيولوجية -العمارة الرقمية -العملية التصميمية -التكنولوجيا الرقمية -التكنولوجيا البيولوجية- الأنطولوجيا-الأبستمولوجيا.

مقدمة

في العقد الماضي كان للمباني النصيب الأكبر في إحداث تأثير سلبي ومخيف على البيئة حتى أصبح خطر انعدام الاستدامة يهدد الكوكب بأكمله، وفي ضوء ضرورة إيجاد مستقبل أفضل للعمارة، ظهرت دعوات لضرورة الاستفادة من الحلول التي تقدمها الطبيعة، حيث جاءت هذه الدراسة البحثية لتسلط الضوء على تطوير العملية التصميمية حتي نتمكن من تطبيق المبادئ والحلول التي تقدمها الطبيعة للعمارة لنحصل على مباني إيكولوجية ومستدامة وصديقة للبيئة، حيث تم اختيار العمارة البيورقمية بشقيها البيولوجي والرقمي لمعرفة تأثير هذا الاتجاه المعماري على العملية التصميمية؛ وقد تم إجراء البحث على ثلاث مراحل كما يلي:

أولاً الدراسة النظرية: تم إجراء دراسة نظرية واسعة للأبحاث العلمية والكتب والرسائل العلمية في الفترة الزمنية ما بين 2007-2017 وذلك ضمن ثلاث بيئات مكونة لعناصر البحث ،حيث تم إجراء دراسة نظرية ل لعمارة البيولوجية كأحد جوانب الدراسات الأنطولوجية عن ماهية العمارة البيورقمية والمتمثلة في تحديد مستويات التعاون البيولوجي والهدف منها والمدخل إلى العملية التصميمية وكيفية تأثر مكونات المبنى بالمفهوم البيولوجي ؛ ثم إجراء دراسة نظرية للعمارة الرقمية كجزء من الدراسات الأبستمولوجية عن منهجية العمارة البيورقمية ومعرفة التقنيات الرقمية المستخدمة سواء كانت أدوات تصميم أو تصنيع أو أنظمة ذكاء اصطناعي، ونستكمل الدراسات السابقة بدراسة مفهوم العمارة البيورقمية ومعرفة الاستراتيجية الخاصة بها وكيفية توظيف الجانب الأبستمولوجي للعمارة الرقمية لتحقيق الجانب الأنطولوجي للعمارة البيولوجية لنصل في النهاية إلى مجموعة من الآليات والأدوات المستخدمة في العملية التصميمية، وإعداد نموذج قياسي للاستخدام في الدراسة التحليلية والمكونة من تحليل الدراسات الأنطولوجية والأبستمولوجية الخاصة بالعملية التصميمية للحالات الدراسية المختارة.

ثانياً الدراسة التحليلية: تم اختيار 7 حالات دراسية لمشاريع معمارية تطبق استراتيجية العمارة البيورقمية في الفترة ما بين 2007إلي 2017 وتمت مراعاة تنوع العينات من حيث تنوع أحجام المشاريع بين وحدات العرض والغرف والمنازل والتجمعات السكنية وحتى الأبراج وناطحات السحاب، كما تنوعت في أغراضها المعمارية بين الغرض السكني والطبي والتجاري وحتي المباني متعددة الأغراض، كما تنوعت فلسفة التصميم وآليات وأدوات العملية التصميمية ثم إجراء تحليل للدراسات الأنطولوجية والأبستمولوجية المتعلقة بالعملية التصميمية، وإجراء تحليل إحصائي لهذه الدراسات وإبرازها في رسم بياني ومنها نصل إلى النتائج.

ثالثاً النتائج: يعرض الباحث أهم النتائج المتعلقة بتأثير استخدام استراتيجية العمارة البيورقمية على العملية التصميمية بشقيها الفلسفي والمنهجي.

وقد انتهي البحث إلى أن استخدام استراتيجية العمارة البيورقمية بما تحمل في شقيها من التكامل بين الجانب الانطولوجي المتمثل في العمارة البيولوجية، والجانب الابستمولوجي والمتمثل في العمارة الرقمية يؤدي إلى الاستفادة من تطبيق الحلول والخصائص التي يقدمها النظام البيولوجي في التطبيقات المعمارية.

أولاً الدراسة النظرية

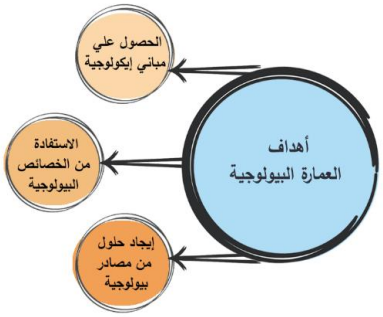
الدراسات الأنطولوجية وماهية العمارة البيولوجية

تعريف العمارة البيولوجية Biological Architecture

العمارة البيولوجية هي ((نهج متعدد النطاقات يشمل الحلول والفرص التي تقدمها الطبيعة لحل مشاكل الإنسان العالمية، وهو اتجاه يدعو إلى الاختيار الدقيق لمواد البناء، ومبادئ التكييف مع البيئة، وتكامل الجزء مع الكل)) (Bhushan, 2016) ، وهى العمارة التي تقوم بإدخال الحياة الحقيقة إلى الواقع (Alberto T.Estevez, 2015).

أهداف العمارة البيولوجية

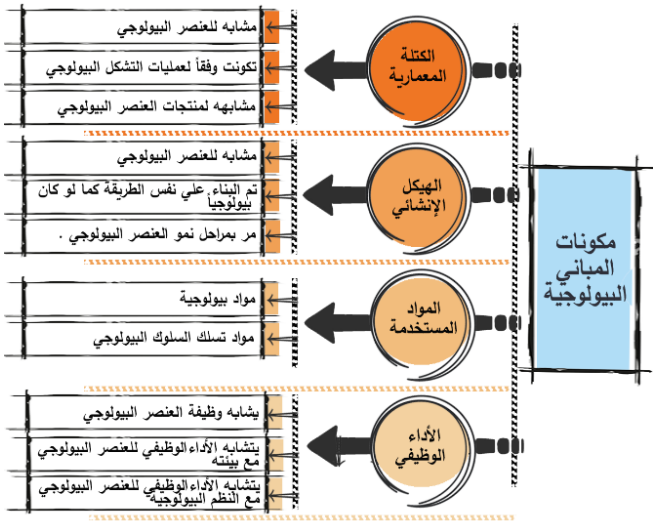
يمكن تصنيف أهداف العمارة البيولوجية إلى هدف عام وهو محاولة خلق عمارة إيكولوجية تحسن العلاقة بين البناء وبيئته وأهداف جزئية وتتمثل في محاولة إيجاد حل لمشكلة، أو محاولة الاستفادة من خاصية بيولوجية، وفي الشكل المقابل (شكل 1) عرض لأهم أهداف العمارة البيولوجية (Žerebáková, February 2007).



شكل 1:أهداف العمارة البيولوجية المصدر: (Žerebáková, February 2007). بتصرف من الباحث

مكونات المباني البيولوجية ومدي تأثرها بالمفهوم البيولوجي

تتضمن عناصر تصميم المباني البيولوجية أربعة أركان وذلك وفقاً للكاتب المعماري لورينا جيزموندي بيت Lorena Gismondi Pett حيث تحدث عن مكونات المباني البيولوجية والتي تتضمن الكتلة المعمارية، والهيكل الإنشائي، والأداء الوظيفي، والمواد المستخدمة وفي الشكل المقابل (شكل 2) عرض تفصيلي لهذه المكونات وكيفية تأثرها بالمفهوم البيولوجي (Lorena, 2016).



شكل 2:رسم توضيحي لمكونات المباني البيولوجية وكيفية تأثرها بالمفهوم البيولوجي.المصدر: (Lorena, 2016). بتصرف من الباحث.

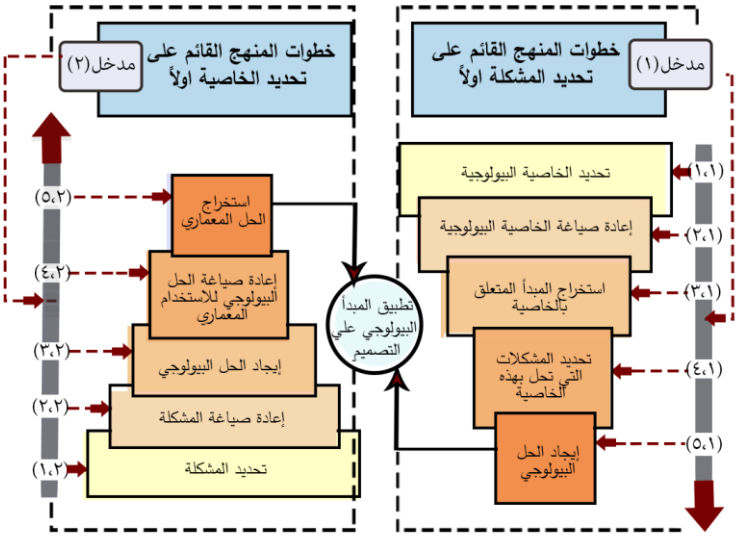
المدخل التصميمي للعمارة البيولوجية

يوجد مدخلين تصميمين للعمارة البيولوجية:

المدخل الأول: هو منهج تحديد المشكلة أولاً ويعبر عنه بمصطلح (من التصميم إلى البيولوجيا) كما يعرف أيضاً بإيجاد الحلول من أسفل إلى أعلى والتي تتمثل في تحديد حاجة الإنسان أو تحديد المشكلة التصميمية أولاً ثم النظر إلى طرق الكائنات الحية أو غيرها من النظم الإيكولوجية في حل هذا الإشكال وسد هذا الاحتياج.

المدخل الثاني: هو منهج تحديد الخاصية أولاً، ويعبر عنه بمصطلح (من البيولوجيا إلى التصميم) كما يعبر عنه بمصطلح (إيجاد الحلول من أعلى إلى أسفل) حيث يتم فيه تحديد خاصية ما أو سلوك معين أو وظيفة معينة في الكائن البيولوجي أو

في النظام الإيكولوجي وترجمة ذلك في التصاميم المعمارية التي تلبي حاجات الإنسان (Pedersen Zari, M. & Storey, J. B. , 2007). وخطوات كلاً منهما موضحة في (شكل 3).

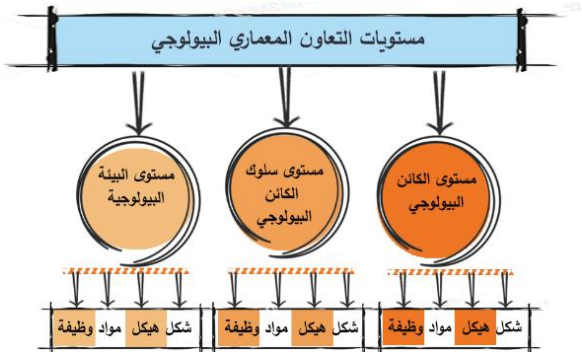


شكل 3:رسم توضيحي للمدخل التصميمي للعمارة البيولوجية ، المصدر: (Pedersen Zari, M. & Storey, J. B. , 2007) بتصرف من الباحث.

مستويات العملية التصميمية في العمارة البيولوجية

مستويات العملية التصميمية للعمارة البيولوجية تم تحديدها وفقاً لمستويات التعاون المعماري البيولوجي والمتمثلة في ثلاثة مستويات والموضحة في (شكل 4)، وهم مستوى الكائن الحي، ومستوى السلوك البيولوجي، ومستوى محاكاة البيئة البيولوجية.

فمثلاً مستوى محاكاة الكائن البيولوجي مثل أن يكون هذا الكائن نبات أو حيوان كما أن المحاكاة تكون في جزء من الكائن أو الكائن بأكمله حسب ما يقدمه لنا من حلول معمارية، المستوى الثاني للمحاكاة هو محاكاة السلوك البيولوجي وتشمل محاكاة كيفية تصرف الكائن الحي وتعامله مع البيئة المحيطة به أو مع غيره من الكائنات، أما المستوى الثالث هو محاكاة البيئة البيولوجية وكيفية عمل كلاً من مكونات النظام الإيكولوجي في تناغم ونجاح (Pedersen Zari, M. & Storey, J. B. , 2007).



شكل 4: رسم توضيحي لمستويات التعاون المعماري البيولوجي والتي ترتبط بها مستويات العملية التصميمية ،المصدر:(Pedersen Zari, M. & Storey, J. B. , 2007). بتصرف من الباحث

الدراسات الأبستمولوجية ومنهجية العمارة الرقمية

تعريف العمارة الرقمية

هي العمارة التي يتم فيها استخدام التقنيات الرقمية من برامج وأنظمة حاسوبية، كما تعرف على أنها الفن الرقمي والتصميم الرقمي (Alberto T.Estevez, 2015)، وسوف نقوم بدراساتها من خلال ثلاثة مجالات رئيسية وهم التصميم الرقمي والتصنيع الرقمي والذكاء الاصطناعي.

العمارة الرقمية والتصميم الرقمي

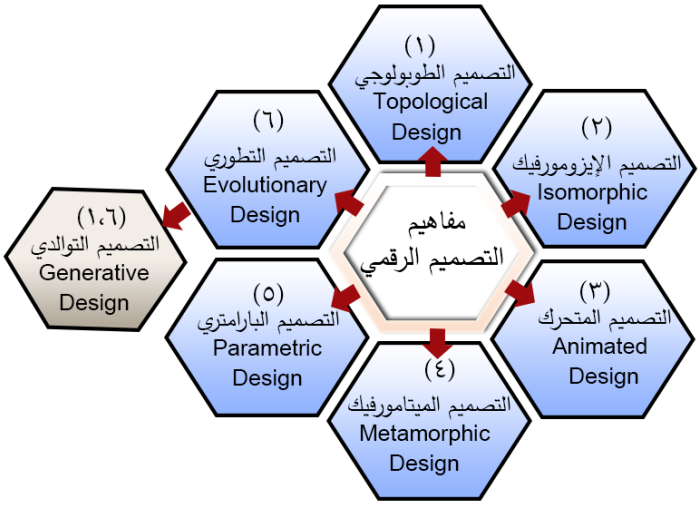
تعريف التصميم الرقمي (Digital design)

هو ظاهرة جديدة تقوم نظريتها الرئيسية على التصميم غير المعياري وغير القياسي وغير المكرر؛ وهي على النقيض من المعرفة المعيارية القائمة على النمطية ممثلة بذلك أهم سمة رئيسية من سمات التصميم الرقمي (Rivka, 2005).

مفاهيم التصميم الرقمي

أضاف التصميم الرقمي بواسطة الكمبيوتر مفاهيم جديدة للتصميم والتي صنفها برانكو كولارفيك Branko Kolarevic في خمسة أنواع من المفاهيم التصميمية الرقمية مثل التصميم الطوبولوجي (Topological Design) من أجل مباني طوبولوجية الشكل، والتصميم الأيزومورفيك (Isomorphic Design) من أجل مباني متجانسة، والتصميم المتحرك (Animated Design) من أجل أبنية بطابع ديناميكي، والتصميم الميتامورفيك (Metamorphic Design) لأبنية

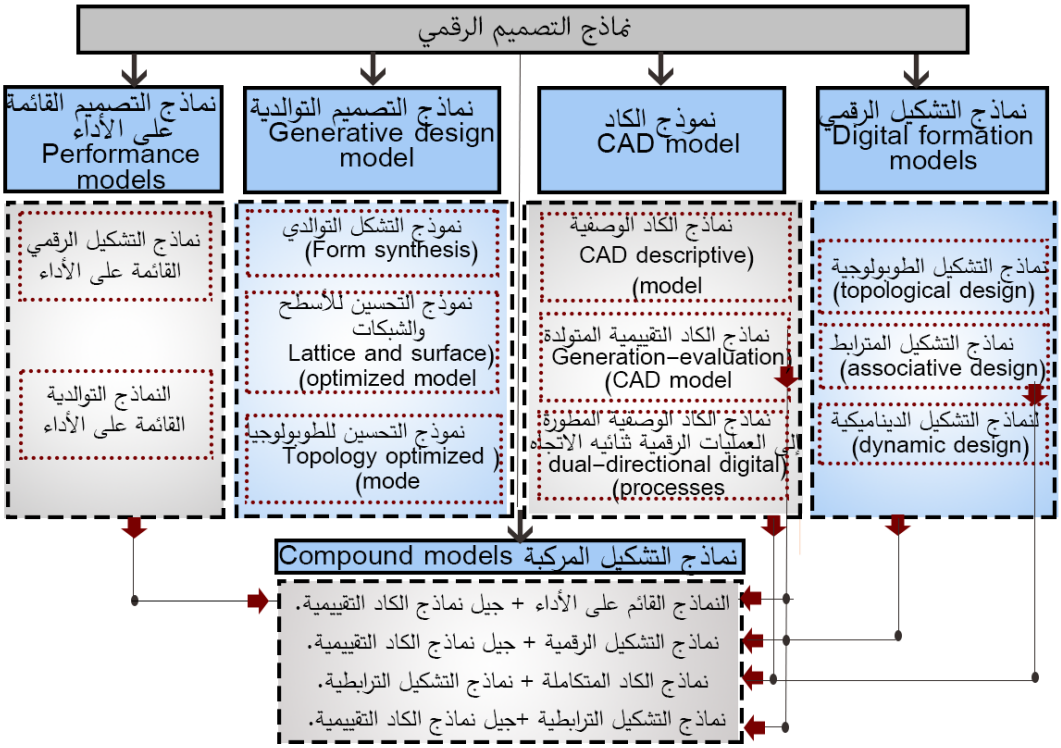
ذات كتل متحولة عن كتل بسيطة بدائية، والتصميم البارامتري (Parametric Design) لعمارة ناتجة عن حسابات بارامترية، والتصميم التوالدي (Generative Design) المعبر عن التصميم التطوري (Evolutionary Design) (Branko, 2003) والموضحة في(شكل 5).



شكل 5:اسكتش يوضح المفاهيم التصميمية الناشئة بفضل التصميم الرقمي
المصدر: Branko Kolarevic بتصرف من الباحث

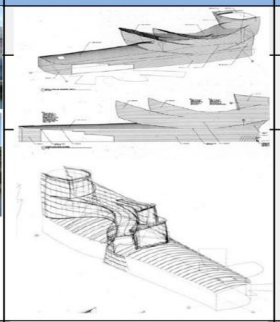
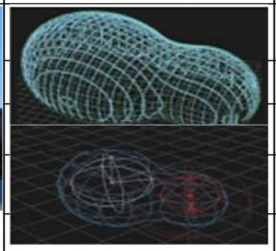
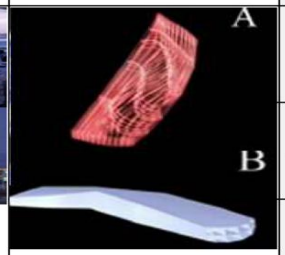
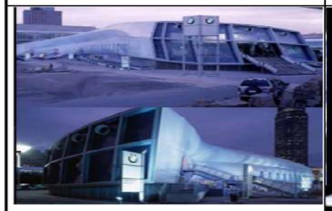
نماذج التصميم الرقمي

تختلف نماذج التصميم الرقمي لتغطي المفاهيم التصميمية الجديدة والناتجة عن استخدام برمجيات الحاسوب كأداة للتصميم لتشمل أربع نماذج تصميمية رئيسية وتداخل فيما بينها لتعطي نموذج خامس من النماذج المركبة، بينما يندرج تحت كل نموذج تصميمي رئيسي نماذج فرعية أخري (Rivka, 2005) والموضحة في الشكل التالي (شكل 6).



شكل 6: نماذج التصميم الرقمي المصدر : (Rivka, 2005) بتصرف من الباحث

جدول 1: العلاقة بين المفهوم التصميمي والنموذج التصميمي والبرنامج المستخدم لسهولة تتبع التصميم الرقمي الخاص بالحالات الدراسية .المصدر (Noha, 2011) بتصرف من الباحث.

العمارة الرقمية والتصميم الرقمي					
المفهوم التصميمي	المستوي التصميمي	النموذج التصميمي	البرنامج الحاسوبي	النموذج الرقمي	التطبيق المعماري
التصميم الطوبولوجي (topological design) هو الفكر التصميمي الناتج عن الهندسة اللاكمية والتي تهتم بدراسة الأشياء بناء علي العلاقات المتبادلة فيما بينها بغض النظر عن البعد الهندسي في هذه العلاقة، مثل علاقة التقارب والتباعد وعلاقة الأعلى بالأسفل من خلال تكوينات غير مرتبطة بخصائص معينة وهي في النهاية تشابه التكوينات الحرة في الطبيعة مثل الجبال والسحب والكثبان الرملية (خليل، ٢٠١١).	المستوي التمثيلي Representation model	نماذج التشكيل الطوبولوجية الرقمية Digital formation model	Autodesk 3D Max Autodesk Revit Autodesk Maya		 متحف Guggenheim لفرانك جيري
التصميم الإيزومورفيك Isomorphic Design يعتمد على تصميم أشكال وتكوينات مختلفة في النسب إلا أنها تبدو في النهاية بنفس الشكل والمظهر تماما كما في النظم الإيكولوجية في الطبيعة. حيث أن الفكرة العامة هي الوصول إلى منتجات تصميمية نتجت عن تقنيات ونظم مختلفة ولكنها تبدو في نهاية الأمر تبدو متسقة وموحدة.	المستوي التمثيلي Representation model	نماذج التشكيل الرقمي القائمة على الأداء Performance based formation models	Autodesk Ecotect Analysis 3ds Max Autodesk Revit Autodesk Navisworks Bentley Tas Simulator V8i		 الفقاعة، معرض لشركة BMW
التصميم الحركي Animated Design هو التصميم الذي يتم فيه تطوير الأشكال وتنمو وتتفاعل بشكل يشترك فيه القوة والحيوية والواقعية. ويتم استخدامه بشكل كبير في تصميم الطائرات وتصميم السيارات والسفن والغواصات.	المستوي التمثيلي Representation model	- نماذج التشكيل الرقمي القائمة على الحركة Motion- based formation models -نماذج التشكل القائمة على الأداء Performance- based formation models -النماذج المتولدة القائمة على الأداء Performance- based generation models	Autodesk Alias Autodesk 3D Max Autodesk Maya Autodesk Ecotect Analysis		 معرض دينافورم جناح لشركة BMW

تابع جدول 1: العلاقة بين المفهوم التصميمي والنموذج التصميمي والبرنامج المستخدم لسهولة تتبع التصميم الرقمي الخاص بالحالات الدراسية .المصدر (Noha, 2011) بتصرف من الباحث.

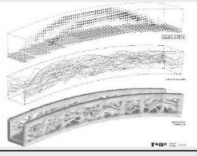
المفهوم التصميمي	المستوي التصميمي	النموذج التصميمي	البرنامج الحاسوبي	النموذج الرقمي	التطبيق المعماري
التصميم الميتامورفيك Metamorphic Design مفهوم تصميمي يعتمد تطوير شكل بسيط في البداية مثل مستطيل أو مثلث ثم تحويله إلي شكل آخر تماما عن طريق إضافة تعديل عليه وفقاً للفكرة التصميمية المطلوبة مثل إضافة تأثير الانحناء أو الالتواء أو تحريك أجزاء منه دون الأخرى وكثيراً ما يتم استخدام برامج الرسوم المتحركة من أجل الحصول علي أفضل وضع للمنتج التصميمي بعد إضافة التعديل عليه عن طريق تثبيت النقطة المناسبة.	المستوي التمثيلي Representation model	نماذج التشكيل الرقمي القائمة على الحركة –Motion based formation models	Autodesk Alias Autodesk 3D Max Autodesk Maya		مشروع مركز التصميم والفنون للمعماري
التصميم البارامتري Parametric Design مفهوم تصميمي يعتمد علي الهندسة الارتباطية القائمة علي وجود علاقات تبادلية بين كافة عناصر التصميم، وبهذه الطريقة يمكن تأسيس علاقات ترابطية بين الأشياء والسلوك المتغير للعناصر المختلفة، وبمجرد تغيير قيمة أي من المحددات يتبعه تغير في الشكل والتكوين (Mark Burry, 1999).	المستوي البارامتري parametric level	نماذج التشكيل الترابطية Associative design formation models	CATIA Bentley .Rhinoceros Grasshopper SolidWorks		برج سويس ري لنورمن فوستر
التصميم التطوري Evolutionary Design التصميم المتولد Generative Design مفهوم تصميمي يعتمد علي استخدام خوارزميات الجينية والتي تقوم بتوليد النماذج التصميمية بعد مرورها بالعديد من الأطوار التصميمية لينتج في النهاية أقرب البدائل التصميمية مع ترجيح البديل المناسب وفقاً للبيانات الخاصة بكل بديل .	المستوي الخوارزمي – Algorithmic level	نماذج التصميم التوليدية Generative design model	Solid Thinking		البرج الهوائي Antenna Tower
			Dynamo – Fusion Inventor– ٣٦٠ –Project Fractal– Autodesk Nastran–Within –Medical–Netfabb Project Dreamcatcher		

العمارة الرقمية والتصنيع الرقمي

تكنولوجيا التصنيع الرقمي تعني التصنيع بمساعدة الكمبيوتر ((CAM –Computer Aid Manufacturing والتي نتج عنها مفاهيم جديدة لتصنيع المنتجات مثل مفهوم النشوء Emergenceوالتشكل Morphogeneticوالتشكل الإيكولوجي Morpho-Ecologies، وهذه المفاهيم قدمها للعمارة مؤسسو هذا الاتجاه الجديد في التصنيع مثل ميخائيل هنسل، أشيم

مناجيس وميخائيل ينستوك، حيث قدموا تصور جديد ومختلف عن التصميم وإنتاج العمارة التقليدين؛ فهو مفهوم يقدم مستوى عالي من التكامل والدمج بين التصميم المعماري والبناء والتصنيع باستخدام البرامج الحاسوبية فمثلا مفهوم النشوء في التصميم عرفوا على أنه العملية التي يظهر فيها الهياكل الإنشائية والأنماط التصميمية من خلال الأنظمة المركبة؛ فهم ينظرون إلى الهيكل المعماري على أنه مجموعة من النظم المركبة من الطاقة والمواد (Michael, H.& Achim, M.& Michael, W., 2010) وفيما يلي عرض لطرق التصنيع المختلفة التي تدعم التصميم الرقمي والموضحة في الجدول التالي.

جدول 1: طرق التصنيع الرقمي .المصدر: (Branko, 2003) بتصرف من الباحث.

طريقة التصنيع	فكرة العمل	الماكينات المستخدمة	النموذج الرقمي	التطبيق المعماري
التصنيع بالطرح Subtractive Fabrication	تعتمد علي طرح وإزالة جزء معين من المادة الصلبة المراد تشكيلها،و تتم بطريقة الاختزال الكهربي أو الكيميائي أو الميكانيكي في عمليات تصنيع متعددة المحاور.(Hazem Afify and Zeinab Abd el ghaffar, 2007)..	استخدام ماكينات ال CNC والتي تتضمن تقنيات التقطيع المختلفة مثل تقنية ال Plasma arc، والتقطيع بالليزر، وتقنية التقطيع بقوة المياه water jet		الكرسي البيورقمي لألبرتو استيفاز
التصنيع بالإضافة Additive Fabrication	تعتمد على تبسيط وتجزئة الأشكال المعقدة وتقسيمها إلى طبقات متعددة والتي يشكل تجميعها وتراكمها الكتلة المراد تصنيعها وتتميز بإمكانية التصنيع بمواد مختلفة ذات خصائص مختلفة ومما يوفرإهدار المواد الأولية بنسبة تصل إلى ٩٠%.	استخدام ماكينة الطباعة ثلاثية الابعاد ،والطباعة رباعية الأبعاد		جسر مشاه لمعهد الهندسة المعمارية المتقدمة
التصنيع بالتكوين Formative Fabrication	تعتمد على استخدام القوي الحرارية في تشكيل المواد، عن طريق استخدام طاقة حرارية عالية سواء كانت نار أو بخار حتى تصل إلى مرحلة المرنة أو الايلستيكية ليسهل تشكيلها وفقاً للإعدادات الحاسوبية المسبقة(Hazem Afify and Zeinab Abd el ghaffar, 2007.	ماكينة، Architekten		جناح بي ام دبليو لبرنارد فرانكن

العمارة الرقمية والذكاء الاصطناعي

ركزت الدراسة على استخدام المواد الذكية والتي تعطي ردود أفعال تحاكي ردود أفعال النظم البيولوجية للتغيرات البيئية، هذه المواد قسمت في ثلاثة مستويات كما يلي (Axel, 2006):

المستوى الأول هو مواد ينتج رد فعلها عن طريق التغير المباشر في خصائصها فيتم تغيير لونها أو مستوى إضاءتها بحسب نوعها سواء كانت مواد (حرارية، أو مضيئة، أو مواد تتغير خواصها الكيميائية أو الكهربية).

المستوى الثاني للمواد الذكية هو مواد يكون رد فعلها للمؤثر الخارجي يكون بالتغير في الطاقة وبالتالي يمكن أن تعطي ردود أفعال يمكن حسابها والتحكم بها.

المستوى الثالث للمواد الذكية هو مستوى الأجهزة والأنظمة حيث يتم دمج هذه المواد الذكية في الأجهزة والأنظمة التي تقوم برصد وتتبع التغيرات في البيئة الداخلية والخارجية وتحديد رد الفعل المناسب لها.

العمارة البيورقمية

تعريف العمارة البيورقمية Biodigital Architecture

العمارة البيورقمية Biodigital Architecture هي اتجاه عالمي يطلق على العمارة التي تنشأ بفضل التقدم في التكنولوجيا الرقمية والتكنولوجيا البيولوجية على حدٍ سواء، فالعمارة البيورقمية كما عرفها ألبرتو استيفاز ((هي التفاعل المباشر مع الطبيعة ومن خلالها، من أجل تحقيق المتانة))، وعرفت أيضاً بأنها ضمان الكلاسيكية مع الاستجابة لمتطلبات العصر ((It is a guarantee of "classicism", and adapts to the times…)) (Alberto, 2014).

فضمان الكلاسيكية يعتمد على الجانب البيولوجي في العمارة البيورقمية والذي يتضمن مبادئ الحفاظ على البيئة واستخدامها مصدراً للإلهام المعماري وغيره من المفاهيم الكلاسيكية ذات الطابع المحافظ ولكن بثوب الاستجابة لمتطلبات العصر والمتمثلة في استخدام التقنيات الرقمية والتقنيات البيولوجية على حدٍ سواء.

مفهوم التصميم السيبيري الإيكولوجي

مفهوم جديد تقدمه العمارة البيورقمية ويعني التصميم والإنتاج المعماري الذي ينتج عن استخدام أدوات التصميم الرقمية والاليكترونية بعد دمجها بأحدث مفاهيم التصميم البيئي، حيث أن مفهوم التصميم السيبيري الإيكولوجي هو اندماج الأدوات السيبرانية الرقمية مع علم الوراثة ابتداءً من دمجها في البرمجة الحاسوبية على مستوى لغة الصفر والواحد بشكل رقمي والمستخدمة في الرسم المعماري مروراً إلى استخدامها في التلاعب في الحمض النووي من أجل تنظيم المعلومات الوراثية الازمة للتحكم في الكائن الحي حتى يصبح مكان صالح للسكن وفقاً للبيانات التي تم إعدادها مسبقاً من قبل الحاسب الآلي (Alberto, 2005).

استراتيجيات استخدام التكنولوجيا البيورقمية في العمارة

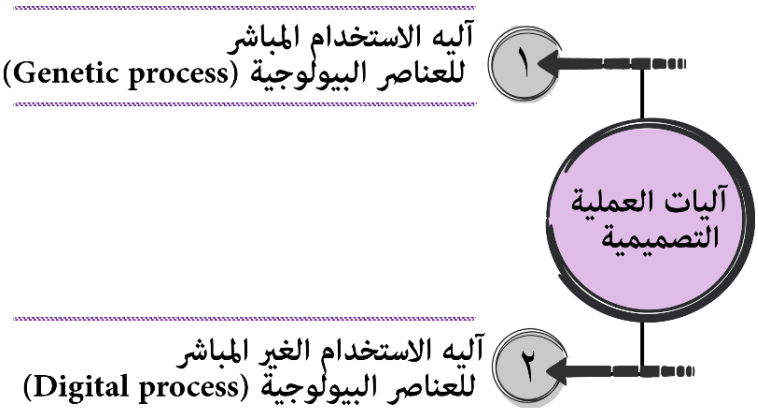
تتضمن استراتيجية العمارة البيورقمية كما ذكر البروفيسور ألبرتو استيفاز مجموعة من الآليات والأدوات المستخدمة في العملية التصميمية والتي من شأنها تحقيق الرؤى والأهداف الخاصة بالعمارة البيورقمية حيث تتكون آليات العملية التصميمية من آلية الاستخدام المباشر للعناصر البيولوجية التي تعرف باسم العملية الجينية، وآلية الاستخدام الغير مباشر للعناصر البيولوجية التي تعرف باسم العملية الرقمية؛ كما تتضمن أدوات العملية التصميمية استخدام التكنولوجيا البيولوجية بأنواعها واستخدام التكنولوجيا الرقمية بأنواعها؛ وفيما يلي سنقوم بدراسة كلاً منها بشكل تفصيلي:

آليات العملية التصميمية للعمارة البيورقمية

صنف ألبرتو استيفاز الآليات المستخدمة في العملية التصميمية إلى آليتين رئيستين والموضحة في (شكل **7**):

الآلية الأولى هي آلية الاستخدام المباشر للعناصر البيولوجية والتي تعرف باسم العملية الجينية (Genetic process)، حيث تعتمد هذه الآلية بشكل أساسي على استخدام العناصر البيولوجية في الطبيعة كأساس لتطوير المنتج المعماري والحصول على عمارة 100% إيكولوجية ومستدامة وقابلة لإعادة الإنتاج والتطوير، وذلك باستخدامها كفراغات سكنية إيكولوجية واستخدامها كمواد للبناء. ويتم ذلك عن طريق إجراء تعديلات (معملية أو رقمية) لأساس تلك العناصر البيولوجية (Alberto T.Estevez, 2015)

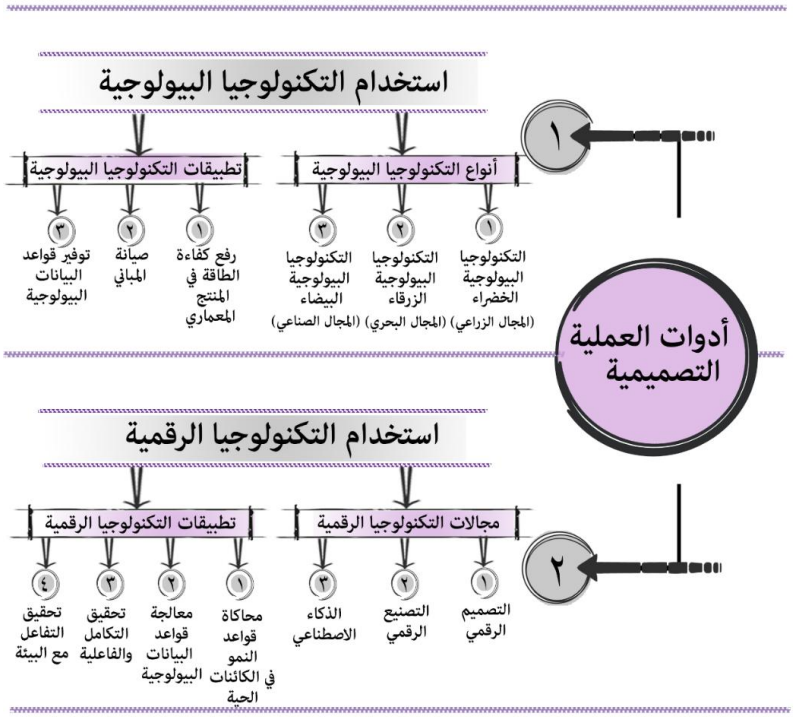
الآلية الثانية هي آلية الاستخدام الغير مباشر للعناصر البيولوجية والتي تعرف باسم العملية الرقمية (Digital process)، حيث تقوم باستخدام العناصر البيولوجية ولكن بشكل غير مباشر إما بشكل معملي مادي أو بشكل رقمي والتي تعتمد على استخدام التكنولوجيا الرقمية والبيولوجية على حد سواء، كما تعتمد على استخدام تقنية التصميم والتصنيع بواسطة الحاسب الآلي (Alberto T.Estevez, 2015).



شكل 7:آليات العملية التصميمية: (T.Estevez., 2005) بتصرف من الباحث

أدوات العملية التصميمية للعمارة البيورقمية

تمثلت أدوات العملية التصميمية في العمارة البيورقمية في أداتين رئيسين وهم استخدام التكنولوجيا البيولوجية (Biotechnology) في الشكل المعماري واستخدام التكنولوجيا الرقمية (Digital technology)، (Alberto T.Estevez, 2015) في التصميم المعماري (شكل 8).

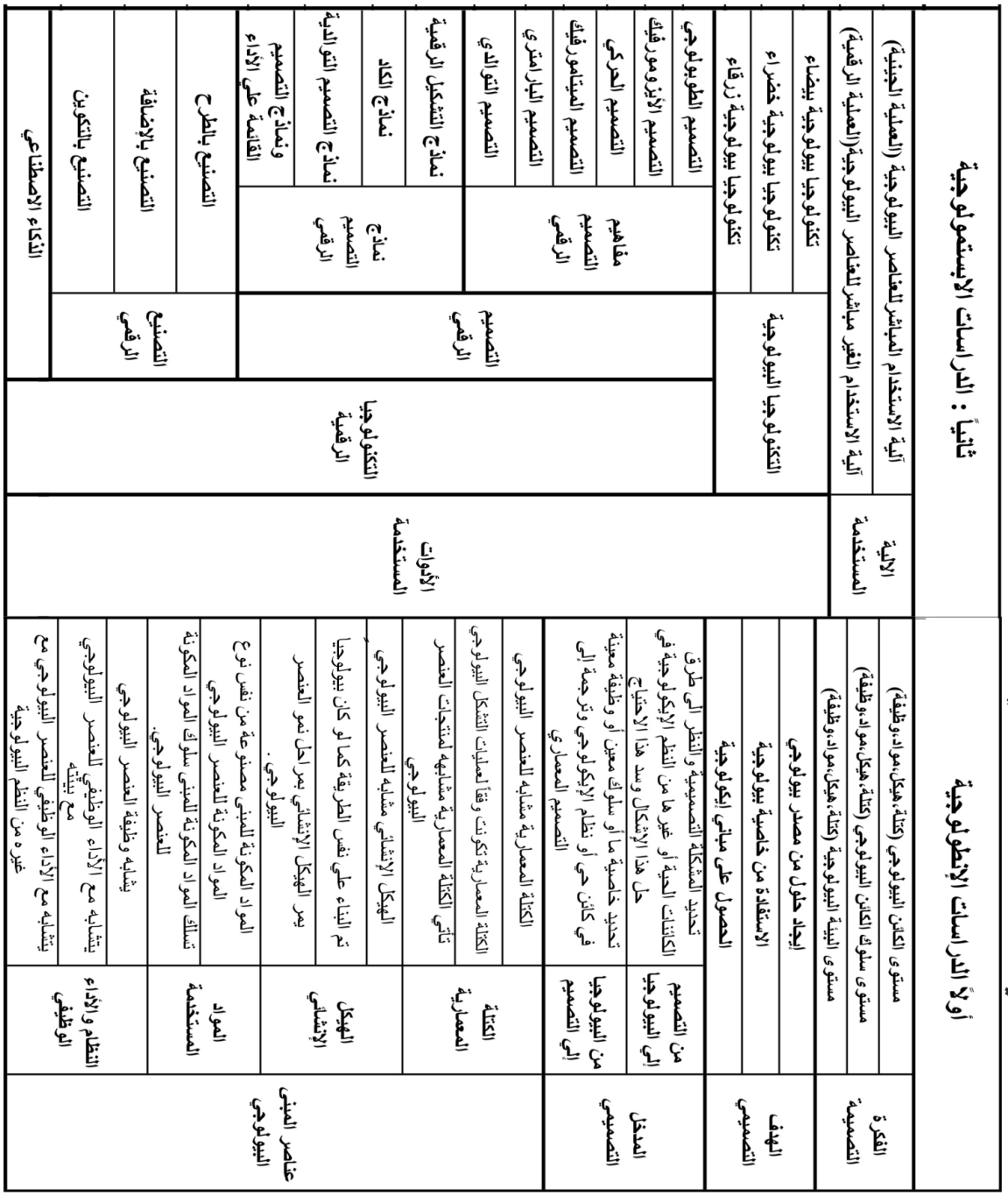


شكل 8:رسم توضيحي لأدوات العملية التصميمية في العمارة البيورقمية. المصدر: (Alberto T.Estevez, 2015) بتصرف من الباحث

خلاصة الدراسة النظرية لآراء المنظرين

بعد ما تم إجراء الدراسة النظرية للعمارة البيولوجية كجزءً من الدراسات الانطولوجية عن ماهية العمارة البيورقمية، ودراسة العمارة الرقمية كجانب من الدراسات الأبستمولوجية عن منهجية العمارة البيورقمية، ثم دراسة العمارة البيورقمية لمعرفة الاستراتيجية التي يتم من خلالها توظيف الجانب الأنطولوجي والأبستمولوجي وما تضيفه العمارة البيورقمية إلى العملية التصميمية، نقوم بعرض النموذج القياسي الذي سنقوم بالاستعانة به في إجراء دراسة تحليلية لمجموعة من المشاريع المعمارية والمتمثل في الجدول التالي:

جدول 2: نموذج قياسي من خلاصة الدراسة النظرية؛ المصدر: الباحث



ثانياً الدراسة التحليلية

بعد الانتهاء من الدارسة النظرية نقوم بتحليل بعض النقاط الخاصة بمشاريع الحالات الدراسية والمبنية على الدراسات النظرية السابقة والمتمثلة في الدراسات الأنطولوجية للعمارة البيورقمية والعمارة البيولوجية كمصدر لتحديد الجانب المعرفي للعملية التصميمية الخاصة بالمشروع والدراسات الأبستمولوجية للعمارة الرقمية والعمارة البيورقمية، وقد تم تحديد 7 مشاريع مختلفة و التي قام أصحابها بتبني مفهوم العمارة البيورقمية واستخدامها كأداة للعملية التصميمية، هذا التبني تمثل في العمل ضمن هيئات بحثية مثل اتجاه العمارة الجينية Genetic Architecture وعمارة النباتات الرقمية Digital Botanic Architecture في جامعة كاتالونيا بإسبانيا، أو منظمات معمارية غير ربحية مثل منظمة تيرفورم وان عن عمارة التصميم البيولوجي Bio-Design Architecture.

كيفية تحليل البيانات

تم تحليل البيانات وفقاً لنتائج الدراسة النظرية والتي تمثلت في مجموعة من الدراسات الأنطولوجية ومجموعة من الدراسات الأبستمولوجية والمتمثلة في جدول خلاصة الدراسة النظرية.

طريقة اختيار العينات

الأسس التي تم اختيار الحالات الدراسية على أساسها تمثلت في تنوع أغراض مشاريع الحالات الدراسية بين الأغراض السكنية مثل مشروع منزل (Fab Tree Hab) و مشروع منازل الكثبان الرملية (Sand Dunes) و مشروع البيت اللحمي (Meat House Lab)، والأغراض الطبية مثل مشروع غرف العيادات الطبية ببرشلونة (Consultant rooms) والمباني متعددة الأغراض مثل مشروع البرج البيولوجي (Bio Tower) و ناطحة السحاب البيورقمية (Biodigital skyscraper)، وانتهاءً بأغراض العرض الخفيفة مثل مشروع وحدة عرض الحرير (Silk Pavilion) بهدف رصد إمكانية تنوع الأغراض الخاصة بالعملية التصميمية؛ كما تمت مراعاة تنوع أحجام المشاريع من وحدات العرض و الغرف و المنازل و التجمعات السكنية والأبراج وحتي ناطحات السحاب لضمان تنوع حجم تطبيق العمارة البيورقمية في العملية التصميمية ؛ بالإضافة إلي مراعاة الفترة الزمنية لهذه المشاريع وانتقائها في الفترة بين 2007 وحتي 2017 وهي الفترة الممثلة للعشر سنوات الأخيرة بهدف رصد التطور التقني المستخدم في العملية التصميمية.

طريقة تعبئة استمارة الاستبيان

اعتمدت الدراسة البحثية على التتبع والقراءات والملاحظة والاستنباط لكتابات أصحاب أعمال العينات المختارة والواردة في منشوراتهم وكتبهم العلمية والمؤتمرات ومواقعهم الإلكترونية الخاصة بهم واستخدام البيانات الناتجة في ملئ وتعبئة استمارة الاستبيان الخاصة بالدراسة التحليلية، كما تم اتباع أسلوب الأوزان النسبية لتقييم درجة تحقق العنصر في كلاً من البيانات الأنطولوجية والأبستمولوجية بعد فرض تساوي أهمية تواجدها في الحالات الدراسية.
وحتى تتساوي القيم المكونة للجدول تم فرض قيمة 100للعنصر الواحد ككل، وعلى افتراض أن عدد الحالات الدراسية 7 فإن قيمة الوحدة داخل الجدول تمثل 14,2%.

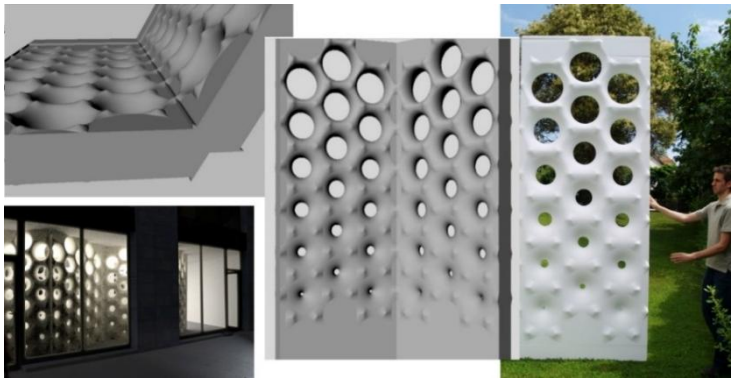
الحالات الدراسية المختارة

فيما يلي جدول4 يوضح الحالات الدراسية المختارة والترقيم الخاص بكلاً منها للاستخدام في التحليل الإحصائي.

جدول 3:ترقيم الحالات الدراسية. المصدر: الباحث

رقم العينة	عينة 1	عينة 2	عينة 3	عينة 4	عينة 5	عينة 6	عينة 7
اسم العينة	مشروع غرف العيادات الطبية ببرشلونة Consultant) (Room	مشروع منزل فاب تري هاب (Fab Tree Hab)	مشروع وحدة عرض الحرير Silk) (Pavilion	مشروع منازل الكثبان الرملية Sand) (Dunes	مشروع البرج البيولوجي Bio (Tower)	مشروع البيت اللحمي (Meat House Lab،	ناطحة سحاب البيورقمية Biodigital (skyscraper)

عينة(1): مشروع غرف العيادات الطبية ببرشلونة



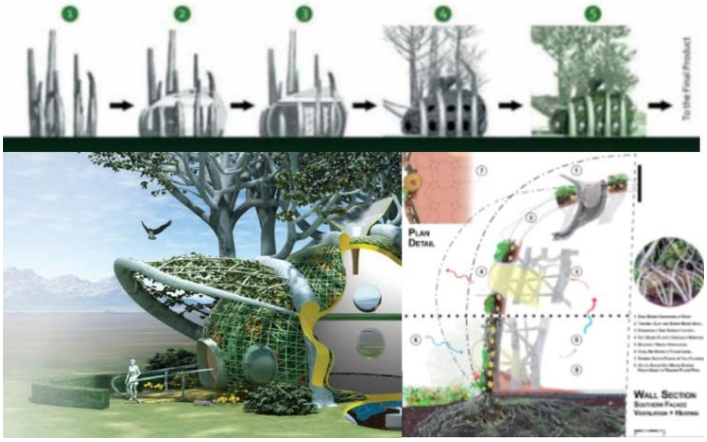
شكل 9: صورة لمشروع غرف استشارات العيادات الطبية Consulting rooms ببرشلونة، المصدر: (Alberto T. E., 2010).

البطاقة التعريفية: مشروع غرف استشارات العيادات الطبية Consulting rooms ببرشلونة عام 2008-2009لمكتب العمارة الجينية ببرشلونة للمعماري البروفيسور ألبرتو استيفاز (Alberto T. E.., 2010).
الفكرة التصميمية جاءت على مستوى الكائن البيولوجي وهو التركيب الدقيق لهيكل حبوب اللقاح (pollen details).
الهدف التصميمي هو الاستفادة من خاصية التماسك الذاتي لهيكل حبوب اللقاح والانتقال من هذا المقياس الدقيق إلى مقياس البناء الإنساني في ألواح ديكوريه وحوائط داخلية تقوم بتقسيم الفراغات الداخلية.
والمدخل التصميمي كان من البيولوجيا إلى التصميم، وجاءت الكتلة والهيكل لغرف العيادات الطبية مشابهه لكتلة وهيكل حبوب اللقاح (Alberto T. E., 2010).

الآلية التصميمية هي آليه الاستخدام الغير مباشر للعناصر البيولوجيةDigital process ، والأدوات التصميمية تمثلت في إجراء التكنولوجيا البيولوجية الخضراء- والمتعلقة بالمجال الزراعي- باستخدام تقنية الماسح الضوئي الإلكتروني الميكروسكوبي (SCT-UB)للحصول على التركيب الدقيق لهيكل حبوب اللقاح بعد تكبيرها من 6000-20000 مرة، بالإضافة إلى وجود مواد مضيئة ذاتياً في الألواح الخاصة بالأسقف وذلك بفضل استخدام التكنولوجيا البيولوجية الزرقاء والتي تتعامل على مستوى عالم البحار في الحصول علي البروتين المضيء لقناديل البحر وزراعته بواسطة التكنولوجيا البيولوجية الخضراء باستخدام الأشجار وتطويرها إلى مواد مضيئة بدون كهرباء؛ كما تم استخدام نماذج الكاد الوصفية ثنائية الاتجاه ونماذج التشكيل الرقمي المترابطة ومفهوم التصميم البارامتري والتوالدي، كما تم استخدام التصنيع بالطرح بواسطة ماكينة CNC (Alberto T. E., 2010).

وبذلك يكون مشروع غرف العيادات الطبية مثال على إمكانية تطبيق آلية الاستخدام الغير مباشر للعناصر البيولوجية والمتمثلة في هياكل حبوب اللقاح والحصول علي غرف طبية بواسطة استخدام أداة التكنولوجيا البيولوجية والتكنولوجية الرقمية والحصول علي هيكل يتمتع بالتماسك الذاتي مثل هيكل حبوب اللقاح.

عينة (2): مشروع منزل فاب تري هاب Fab Tree Hab



شكل 10: صورة توضيحية لمشروع منزل فاب تري هاب Fab Tree Hab، المصدر: (Mitchell, 2008)

البطاقة التعريفية: مشروع منزل فاب تري هاب للمعماري ميتشل جواكيم Mitchell Joachim عام 2008 م.

الفكرة التصميمية كانت في مستوى الكائن البيولوجي وهو الأشجار؛ حيث أن الهدف التصميمي هو الحصول على مباني إيكولوجية بنسبة 100% عن طريق الاعتماد على النمو الطبيعي للنباتات في تكوين منزل قابل للعيش فيه؛ تم العمل بآليه الاستخدام المباشر للعناصر البيولوجية -Genetic process-واستخدام فن التشذيب (Pleaching)في دمج الأغصان بعد إضافة نوعاً من الذكاء الاصطناعي واستخدام التصميم الرقمي والمفهوم البارامتري والطوبولوجي في وضع المخططات التصميمية، ونماذج التشكيل الرقمي المترابط ؛ كما تم استخدام التصنيع الرقمي بواسطة الكمبيوتر لصنع السقالات التي تنمو عليها النباتات بصورة طبيعية ولكن ضمن نسق هندسي محدد مسبقاً (Mitchell, 2008).

وبذلك يكون مشروع منزل فاب تري هاب مثال على تطبيق آلية الاستخدام المباشر للعناصر البيولوجية والمتمثلة في الأشجار والحصول على مبني سكني يتشابه في الأداء الوظيفي للعنصر البيولوجي مع بيئته وغيره من النظم الإيكولوجية عن طريق استخدام أدوات التصميم الرقمي والتصنيع الرقمي وعلم البستنة.

عينة (3): مشروع وحدة عرض الحرير Silk Pavilion

شكل 11: صورة مشروع وحدة عرض الحرير بواسطة ديدان القز، المصدر: (Neri, 2013).

البطاقة التعريفية: مشروع وحدة عرض الحرير Silk Pavilion مقدم من لوبي ميديا لاب، 2013 للمعمارية نيري أوكسيمان (Neri, 2013).

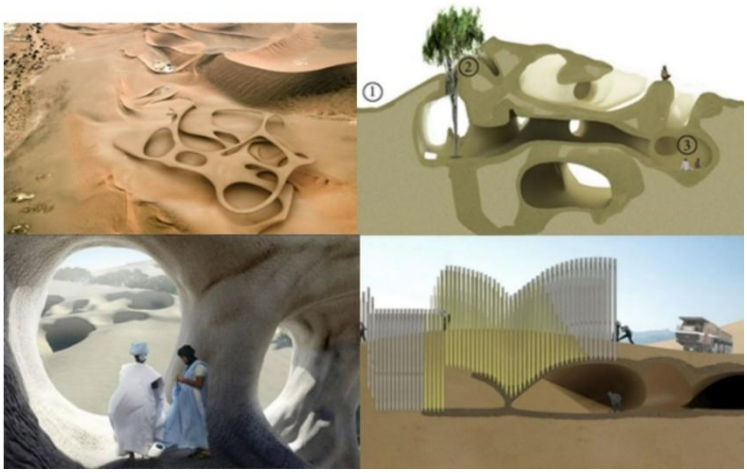
الفكرة التصميمية جاءت في مستوي سلوك دود القز وتمثل الهدف التصميمي في الاستفادة من سلوك دودة القز في عملية التصنيع، فالمدخل التصميمي كان من البيولوجيا إلى التصميم، والكتلة المعمارية لوحدة العرض جاءت مطابقة لمنتجات دود القز وهي خيوط الحرير والهيكل الإنشائي تم بناؤه بواسطة دود القز كما لو كان بيولوجياً، وبالتالي جاءت المواد المكونة لوحدة العرض مواد بيولوجية 100%.

الآلية التصميمية هي آلية الاستخدام المباشر للعناصر البيولوجية – Genetic process، والأدوات التصميمية هي استخدام التكنولوجيا البيولوجية البيضاء، واستخدام التكنولوجيا الرقمية المتمثلة في التصميم الرقمي باستخدام مفهوم

التصميم البارامتري ونماذج التشكيل الرقمية، واستخدام التصنيع الرقمي بالطرح بواسطة ماكينة CNC في صنع السقالات التي سيقوم دود القز بنسج خيوط وحدة العرض عليها(Neri, 2013).

وبذلك يكون مشروع وحدة عرض الحرير مثال على آلية الاستخدام المباشر للعناصر البيولوجية والمتمثل في دود القز والاستفادة من سلوك دود القز في نسج وحدة الحرير والحصول على وحدة تجارية للعرض عن طريق استخدام التكنولوجيا البيولوجية والتكنولوجيا الرقمية سواء كان تصميم رقمي أو تصنيع رقمي.

عينة(4): مشروع الكثبان الرملية Sand Dunes



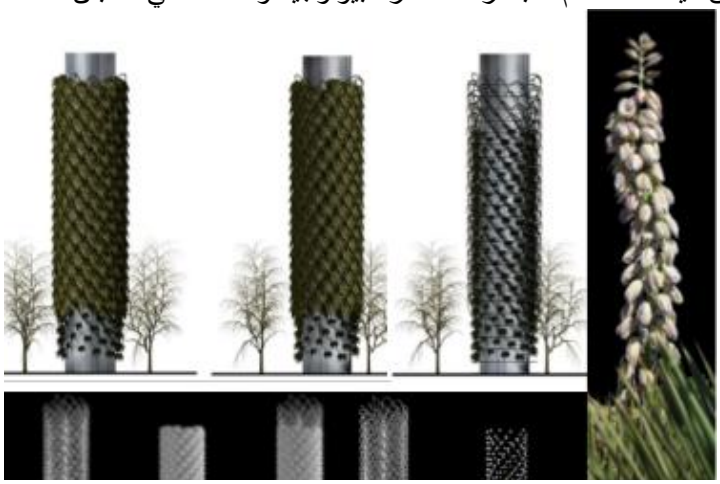
شكل12: صورة لمشروع الكثبان الرملية بواسطة البكتيريا العصوبة والتغلب علي مشكلة الهجرة بسبب التصحر، المصدر: (William, 2012).

البطاقة التعريفية: مشروع تحويل الكثبان الرملية إلى تجمع سكني للمعماري ماجنس لارسون Magnus Larsson في مختبر تفاعلات التربة، جامعة كاليفورنيا، عام2009م (William M. , 2012).

الفكرة التصميمية مركبة من سلوك بكتيريا البيستوري العصوية في تحجير الرمال، واستخدام البيئة الصحراوية في جعل التلال المتحركة أماكن يمكن العيش بها، فالهدف التصميمي هو حل مشكلة تهجير السكان بسبب ظاهرة التصحر، فجاءت الكتلة مشابهه لمنتجات العنصر البيولوجي، والهيكل الانشائي تم بناؤه بيولوجياً والمواد المكونة للمنازل هي مواد بيولوجية بنسبة 100%، لذا فالمنزل بهذه الطريقة يتفاعل مع بيئته وغيره من النظم البيولوجية بطريقة طبيعة 100% (William M. , 2012).

آلية العملية التصميمية هي آلية الاستخدام المباشر للعناصر البيولوجية، وأدوات العملية التصميمية تمثلت في استخدام التكنولوجيا البيولوجية البيضاء كأساس للفكرة التصميمية والمتمثلة في استخدام البكتيريا في تحويل هذه الكثبان إلى حجر صخري يمكن نحته بأي شكل لتكوين منازل قابلة للعيش فيها، واستخدام التكنولوجيا الرقمية المتمثلة في التصميم الرقمي بالمفهوم الطوبولوجي ونماذج التشكيل الرقمية ونماذج الكاد في الحصول على مخططات التصميم التي ستقوم البكتيريا بتنفيذها (William M. , 2012).

وبذلك يكون مشروع الكثبان الرملية مثال على تطبيق آلية الاستخدام المباشر للعناصر البيولوجية والمتمثلة في الكثبان الرملية والحصول على تجمع سكني بواسطة استخدام التكنولوجيا البيولوجية بواسطة البكتريا العصوية وحل مشكلة تهجير السكان بسبب التصحر.



شكل 13: صورة لمشروع البرج البيولوجي ، المصدر: (Dennis, 2010).

عينة(5): مشروع البرج البيولوجي لدينس دولنز

البطاقة التعريفية: مشروع البرج البيولوجي للمعماري دينس دولنز عام 2009 م (Dennis, 2010).

الفكرة التصميمية اعتمدت على مستوى الكائن البيولوجي وهو نبات اليوكا غلاوكا، حيث تمثل الهدف التصميمي في الاستفادة من الخواص البيولوجية لأزهار هذا النبات والمتمثلة في الحساسية الإدراكية للضوء والحرارة والحركة ومحاولة الاستفادة منها في الحصول على أنظمة تنقية للهواء، وتهوية المبني بشكل جيد، وتشتيت الضوضاء وأخيراً التحكم في الضوء والحرارة. المدخل التصميمي كان من البيولوجيا إلى التصميم ،والكتلة الخاصة بغلاف البرج تكونت وفقاً لعمليات التشكل البيولوجي

والهيكل الإنشائي مر رقمياً بمراحل نمو نبات اليوكا غلاوكا، ونظراً لاستخدام الذكاء الاصطناعي في المواد مع التصميم الخاص بهيكل البرج جعل المواد لها سلوك بيولوجي يشابه أداء النبات مع بيئته (Dennis, 2010)؛ أما الآلية التصميمية هي آلية الاستخدام الغير مباشر للعناصر البيولوجية Digital process، والأدوات التصميمية تمثلت في استخدام التكنولوجيا الرقمية في العملية التصميمية ومفهوم التصميم التوالدي اعتماداً على نظام L-system والذي يحاكي قواعد النمو في النباتات والتصميم البارامتري ونماذج التصميم التوالدية ونماذج الكاد ونماذج التشكيل الرقمية، واستخدام التصنيع بالطرح والذكاء الاصطناعي في تنفيذ النموذج (Dennis, 2010).
وبذلك يكون مشروع البرج البيولوجي مثال علي تطبيق آلية الاستخدام الغير مباشر للعناصر البيولوجية والمتمثلة في نبات اليوكا غلاوكا للحصول على مبنى متعدد الأغراض يتشابه مع أداء العنصر البيولوجي مع بيئته بواسطة استخدام الذكاء الاصطناعي والتكنولوجيا الرقمية والتصميم التوالدي لمحاكاة عملية التشكل البيولوجي لنبات اليوكا غلاوكا.

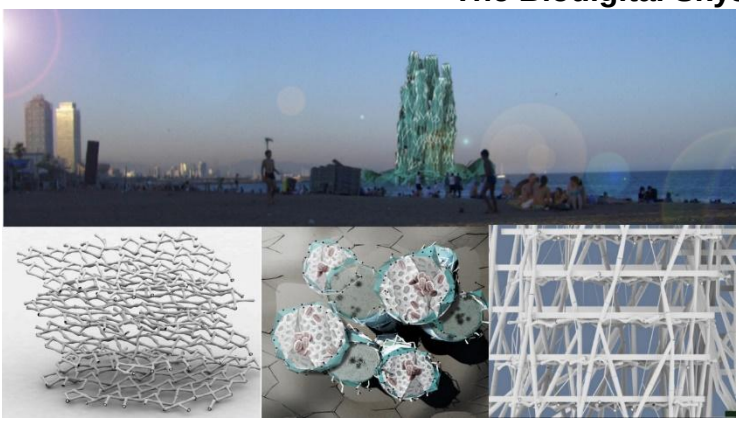
عينة(6) مشروع البيت اللحمي Meat House Lab

البطاقة التعريفية: مشروع (IN VITRO MEAT HABITAT) أو مشروع البيت اللحمي Meat House Lab لميتشل جواكيم Mitchell Joachim؛ حيث أن الفكرة التصميمية اعتمدت على مستوى الكائن البيولوجي المتمثل في أنسجة خلايا الخنزير، فالهدف التصميمي هو الحصول على مبنى إيكولوجي من الأنسجة الحية.
المدخل التصميم من البيولوجيا إلى التصميم، والكتلة المعمارية تكونت وفقاً لعمليات التشكل البيولوجي والهيكل الإنشائي تم بناؤه كما لو كان بيولوجياً، والمواد المكونة للمنزل مواد بيولوجية لذا فهي تتشابه مع الأداء الوظيفي للعنصر البيولوجي مع بيئته.

شكل 14:صورة لمشروع منزل اللحم ، اليمين صورة لقطاع في منزل اللحم، الوسط أعلي صورة للتصميم الرقمي للنموذج المعماري، الوسط أسفل صورة لماكيت البيت الذي تم إنتاجه بواسطة الطابعة ثلاثية الأبعاد،اليسار صور افتراضية لشكل المنزل وسط الطبيعة، المصدر: (Mitchell J. , 2010).

أما الآلية التصميمية فهي آلية الاستخدام الغير مباشر للعناصر البيولوجية، والأدوات التصميمية تمثلت في استخدام التكنولوجيا البيولوجية البيضاء-للخلايا بتطبيق أبحاث تتطبق في الطب وأبحاث على هندسة الانسجة لتنمية ومعالجة الخلايا، واستخدام التصميم الرقمي الطوبولوجي و البارامتري ونماذج التشكيل الرقمية ثم استخدام التصنيع الرقمي ونوعه التصنيع بالإضافة بواسطة الطابعة ثلاثية الأبعاد التي تمت معالجتها للحصول على مجسم غير قابل للتلف (Mitchell J. , 2010).
وبذلك يكون مشروع البيت اللحمي مثال على تطبيق آلية الاستخدام الغير مباشر للعناصر البيولوجية والمتمثلة في الأنسجة الحية لخلايا الخنزير والحصول على مبنى سكني بواسطة استخدام التكنولوجيا البيولوجية والتكنولوجيا الرقمية من تصميم رقمي وتصنيع رقمي والحصول على مبنى إيكولوجي يتشابه مع الأداء الوظيفي للكائن البيولوجي مع بيئته.

عينة(7): ناطحة سحاب البيورقمية The Biodigital Skyscraper



شكل 15: صورة توضيحية ناطحة سحاب البيورقمية والمستخلص قواعدها الإنشائية من الاسفنج البحري المصدر (Alberto T.E., 2010).

البطاقة التعريفية: ناطحة السحاب البيورقمية للمعماري عارف مقصود- والبروفيسور ألبرتو استيفاز عام 2010 ببرشلونا (Alberto T. E. , 2011).
الفكرة التصميمية جاءت على مستوى الكائن البيولوجي والمتمثل في الإسفنج البحري. الهدف التصميمي هو الاستفادة من خاصية التماسك الذاتي لهيكل الاسفنج البحري.
المدخل التصميمي كان من البيولوجيا، والكتلة المعمارية والهيكل الإنشائي تكونت وفقاً لعمليات التشكل البيولوجي.
الآلية التصميمية تمثلت في آلية الاستخدام الغير مباشر للعناصر البيولوجية، وأدوات التصميم تمثلت في استخدام التكنولوجيا البيولوجية الزرقاء باستخدام تقنية الماسح الضوئي الإلكتروني الميكروسكوبي (SCT-UB) للحصول على التركيب الدقيق للهيكل ، واستخدام التكنولوجيا الرقمية المتمثلة في التصميم الرقمي والتصميم البارامتري والتصميم التوالدي للوصول إلي قواعد الهندسة الكسرية لهيكل الاسفنج ونماذج التشكيل الرقمية ونماذج الكاد ثنائية الاتجاه؛ وأخيراً استخدام التصنيع الرقمي بالإضافة بواسطة تكنولوجيا الكاد كام (Alberto T. E. , 2011).
وبذلك يكون مشروع ناطحة السحاب البيورقمية مثال على تطبيق آلية الاستخدام الغير مباشر للعناصر البيولوجية والمتمثلة في هيكل الإسفنج البحري للحصول على مبنى متعدد الأغراض بواسطة استخدام التكنولوجيا البيولوجية والتكنولوجيا الرقمية للحصول على مبنى يتمتع بخاصية التماسك الذاتي ويتشابه مع الكتلة والهيكل الإنشائي للإسفنج البحري.
وبعد الانتهاء من جمع البيانات عن الحالات الدراسية نقوم بعرض تحليل إحصائي للدراسات الأنطولوجية والمتمثلة في تحديد الفكرة التصميمية والهدف التصميمي والمدخل التصميمي وكيفية تأثر مكونات المبنى بالمفهوم البيولوجي، كما نقوم برصد العناصر الأبستمولوجية والمتمثلة في آليات العملية التصميمية وأدوات العملية التصميمية من استخدام التكنولوجيا البيولوجية والتكنولوجيا الرقمية من تصميم رقمي وتصنيع رقمي وذكاء اصطناعي، ثم نقوم بعرض النتائج في شكل بياني ومنها نصل إلى نتائج الدراسة.
وفيما يلي عرض تحليل إحصائي للحالات الدراسية في جدول للدراسات الأنطولوجية وجدول أخر للدراسات الأبستمولوجية كما يلي:

جدول 4: رصد إحصائي للدراسات الإنطولوجية في الحالات الدراسية المختارة.

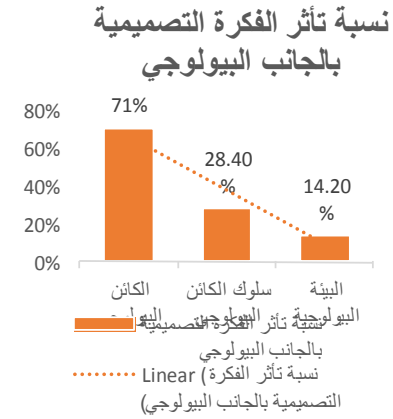
نسبة تواجد العنصر	%٧١,٠٠	%٢٨,٤٠	%١٤,٢٠	%٤٢,٦٠	%٤٢,٦٠	%١٤,٢٠	%١٤,٢٠	%٨٥,٢٠	%١٤,٢٠	%١٤,٢٠	%٥٦,٨٠	%٢٨,٤٠	%١٤,٢٠	%٥٦,٨٠	%٢٨,٤٠	%١٤,٢٠	%٥٦,٨٠	%١٤,٢٠	%٥٦,٨٠	%٢٨,٤٠
عينة(٧)	%١٤,٢٠				%١٤,٢٠			%١٤,٢٠			%١٤,٢٠				%١٤,٢٠					

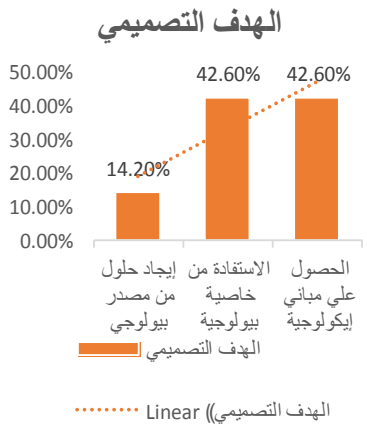
جدول 5: رصد إحصائي للدراسات الأبستمولوجية للحالات الدراسية المختارة

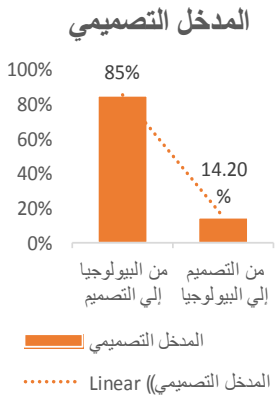
ثانياً تحليل الدراسات الابستمولوجية			عينة(١)	عينة(٢)	عينة(٣)	عينة(٤)	عينة(٥)	عينة(٦)	عينة(٧)	نسبة تواجد العنصر
الآلية المستخدمة	الأدوات المستخدمة	آلية الاستخدام المباشر للعناصر البيولوجية (العملية الجينية)				%١٤,٢٠				%٤٢,٦
		آلية الاستخدام الغير مباشر للعناصر البيولوجية(العملية الرقمية)	%١٤,٢٠		%١٤,٢٠		%١٤,٢٠	%١٤,٢٠	%١٤,٢٠	%٥٦,٨٠
	التكنولوجيا البيولوجية	تكنولوجيا بيولوجية بيضاء				%١٤,٢٠		%١٤,٢٠		%٤٢,٦٠
		تكنولوجيا بيولوجية خضراء	%١٤,٢٠							%١٤,٢٠
		تكنولوجيا بيولوجية زرقاء							%١٤,٢٠	%١٤,٢٠
	التكنولوجيا الرقمية	التصميم	مفاهيم التصميم الرقمي	التصميم الطوبولوجي	%١٤,٢٠			%١٤,٢٠		%٤٢,٦٠
				التصميم الأيزومورفيك						%٠,٠٠
				التصميم الحركي						%٠,٠٠
				التصميم الميتامورفيك	%١٤,٢٠		%١٤,٢٠		%١٤,٢٠	%٧١,٠٠
				التصميم البارامتري	%١٤,٢٠		%١٤,٢٠	%١٤,٢٠	%١٤,٢٠	%٤٢,٦٠
				التصميم التوالدي	%١٤,٢٠		%١٤,٢٠		%١٤,٢٠	%٤٢,٦٠
			نماذج التصميم الرقمي	نماذج التشكيل الرقمية	%١٤,٢٠	%١٤,٢٠	%١٤,٢٠	%١٤,٢٠	%١٤,٢٠	%٥٩,٤٠
				نماذج الكلاد	%١٤,٢٠	%١٤,٢٠	%١٤,٢٠		%١٤,٢٠	%٥٦,٨٠
				نماذج التصميم التوالدية	%١٤,٢٠		%١٤,٢٠		%١٤,٢٠	%٤٢,٦٠
				ونماذج التصميم القائمة على الأداء						%٠,٠٠
		التصنيع الرقمي	التصنيع بالطرح		%١٤,٢٠		%١٤,٢٠			%٥٦,٨٠
			التصنيع بالإضافة				%١٤,٢٠	%١٤,٢٠	%١٤,٢٠	%٤٢,٦٠
			التصنيع بالتكوين							%٠,٠٠
	الذكاء الاصطناعي			%١٤,٢٠			%١٤,٢٠			%٢٨,٤٠

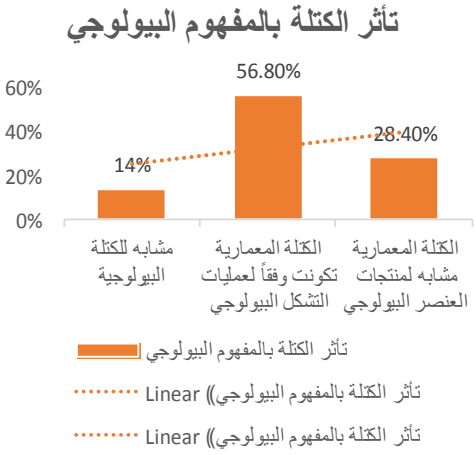
بعد إجراء الدراسة التحليلية للحالات الدراسية في الجدول السابق ورصد كلاً من الدراسات الأنطولوجية والمتمثلة في (الفكرة التصميمية، المدخل التصميمي، والهدف التصميمي، وتأثر مكونات المبنى بالمفهوم البيولوجي من هيكل إنشائي، وكتلة معمارية، ومواد مستخدمة، وأداء وظيفي)، ورصد وتحليل الدراسات الأبستمولوجية للحالات الدراسية والمتمثلة في آليات وأدوات العملية التصميمية للعمارة البيورقمية في العملية التصميمية نقوم بعرض النتائج في مجموعة من الرسوم البيانية التالية والتي تم تقسيمها إلى تحليل للعناصر الأنطولوجية وأخري للعناصر الأبستمولوجية كما يلي :

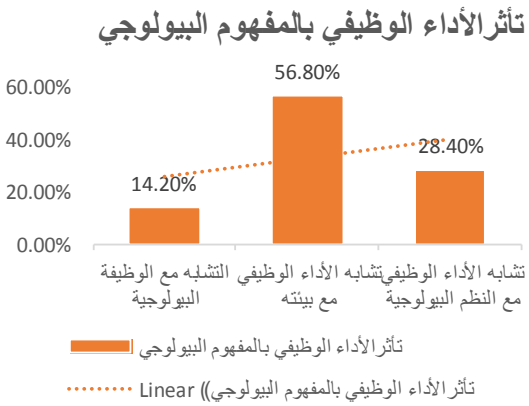
أولاً: تحليل النتائج المتعلقة بالدراسات الأنطولوجية للحالات الدراسية.

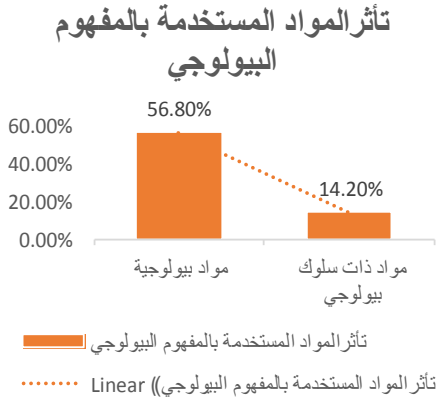


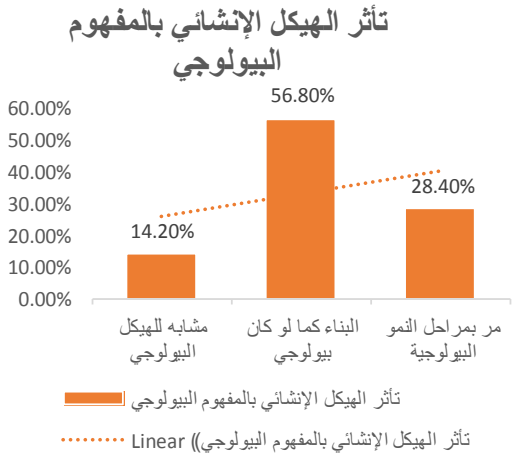




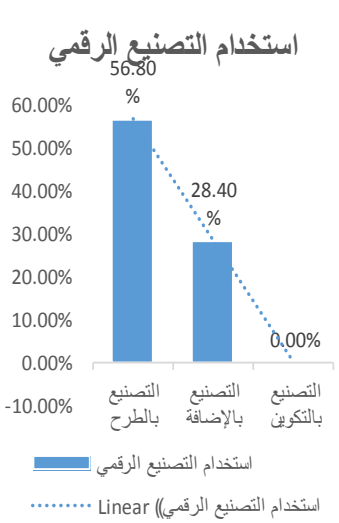


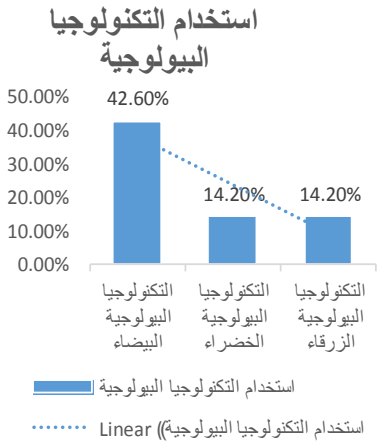


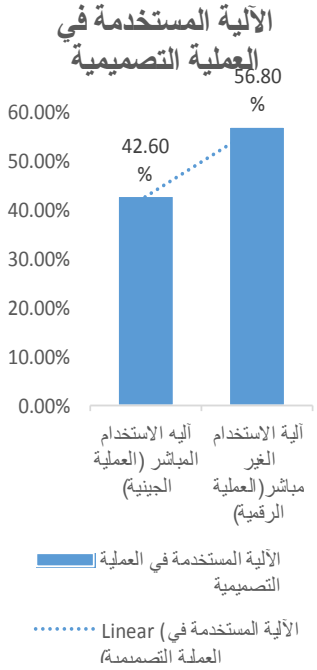


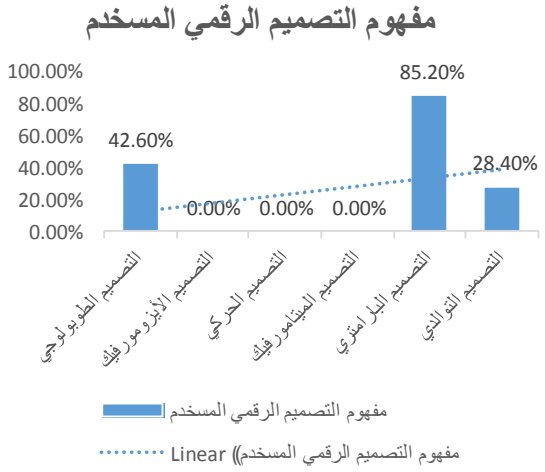


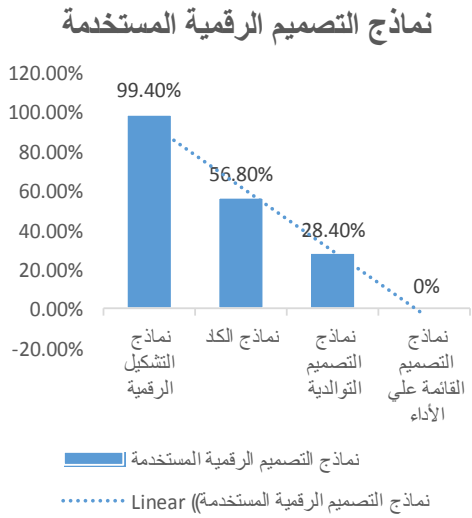
ثانيا تحليل النتائج المتعلقة بالدراسات الأبستمولوجية والمتمثلة في آليات العملية التصميمية وأدوات العملية التصميمية من استخدام التكنولوجيا البيولوجية والتكنولوجيا الرقمية وفيما يلي عرض بياني للنتائج:











ثالثاً النتائج

أولاً: نتائج تتعلق بماهية العملية التصميمية للعمارة البيورقمية والموضحة في النقاط التالية:

- إمكانية اعتماد الفكرة التصميمية في العمارة البيورقمية على مستويات مختلفة من النظم البيولوجية، بالإضافة إلى إمكانية تطبيق هذه الاستراتيجية في الأغراض المعمارية المختلفة مثل الأغراض السكنية والطبية والمباني متعددة الأغراض وحتى أغراض العرض التجارية.
- تلبية الاحتياجات التصميمية المختلفة عن طريق إمكانية تنوع الأهداف المختلفة بالعملية التصميمية سواء كان هدفاً جزئياً مثل حل مشكلة ما، أو الاستفادة من خاصية بيولوجية؛ أو هدف عام مثل تحقيق بناء إيكولوجي بنسبة 100%.

- تأثر تصميم العناصر المختلفة للمباني البيورقمية بالمفهوم البيولوجي، مثل تأثر الكتلة المعمارية سواء التشابه في الشكل أو التشابه في عمليات التشكل البيولوجي للعنصر أو التشابه في نواتج سلوك العناصر البيولوجية؛ وتأثر الهيكل الإنشائي بالمفهوم البيولوجي من حيث التشابه مع الهيكل الإنشائي للعنصر البيولوجي أو المرور بمراحل نمو الهيكل الإنشائي البيولوجي أو البناء بنفس الطريقة كما لو كان بيولوجياً؛ وتأثر المواد المستخدمة في المباني البيورقمية فهي إما أن تكون مادة بيولوجية بنسبة 100% أو مادة غير بيولوجية ولكنها تسلك السلوك البيولوجي؛ هذا فضلاً عن الأداء الوظيفي للمبنى فقد يتشابه مع وظيفة العنصر البيولوجي أو يتشابه مع أدائه الوظيفي مع بيئته أو غيره من النظم الإيكولوجية.
- إمكانية تطبيق هذه الاستراتيجية على أحجام مختلفة للمشاريع والتي تنعكس على إمكانية تطبيقها على المقاييس المختلفة للعملية التصميمية ونجاحها في الانتقال من مقياس الطبيعة إلى مقياس البناء.

ثانياً: نتائج تتعلق بمنهجية العملية التصميمية للعمارة البيورقمية حيث تعتمد العمارة البيورقمية على استخدام أدوات تصميمية حديثة من شأنها تحقيق الاستفادة من النظم البيولوجية في التطبيقات المعمارية محققة توازن بين التقدم التقني كأحد متطلبات العصر مع التوازن البيئي كضرورة ملحة لمعالجة الأزمة المناخية في العالم والموضحة في النقاط التالية:

- تنوع الآليات المستخدمة في العملية التصميمية للعمارة البيورقمية والتي تعتمد على العناصر البيولوجية سواء تم استخدام العناصر البيولوجية بشكل مباشر أو بشكل رقمي أو مادي غير مباشر.
- استخدام إجراءات لم نألفها في العملية التصميمية مثل استخدام التكنولوجيا البيولوجية، واعتبارها أداة رئيسية للعملية التصميمية تتبعها العديد من الإجراءات التكميلية مثل استخدام التصميم الرقمي.
- استخدام تكنولوجيا التصميم الرقمي بمفهوم يختلف عن الاستخدام التقليدي، حيث يكون التصميم الرقمي مشارك للمعماري في القرارات التصميمية ونتائج الأشكال الخاصة بالنماذج المعمارية.
- استخدام تكنولوجيا التصنيع الرقمي أضاف سهولة تطبيق النماذج الهندسية المعقدة والناتجة عن عملية التصميم الرقمي والتي كان يصعب الحصول عليها بطرق التصنيع التقليدية؛ بالإضافة إلى جعله خطوة في العملية التصميمية على المقياس المصغر للنماذج عن طريق مراجعة واكتشاف الأخطاء التصميمية في النماذج المعمارية قبل إرسالها إلى التنفيذ الرقمي بمقياس 1:1.
- استخدام الذكاء الاصطناعي في تحقيق مبدأ التفاعل مع البيئة وهو أحد مبادئ التصميم البيولوجي في الطبيعة.
- استخدام التكنولوجيا البيولوجية في رفع كفاءة الطاقة في المباني وتوفير قواعد البيانات البيولوجية للاستخدام في العملية التصميمية، واستخدام التكنولوجيا الرقمية في محاكاة قواعد النمو للكائنات الحية ومعالجة البيانات البيولوجية واستخدامها في العملية التصميمية.

الخلاصة

خلصت الدراسة بأن استخدام استراتيجية العمارة البيورقمية بما تحمل في شقيها من التكامل بين الجانب الانطولوجي المتمثل في العمارة البيولوجية، والجانب الابستمولوجي والمتمثل في العمارة الرقمية وما تضيفه العمارة البيورقمية لكليهما من التصميم من خلال الطبيعة بشكلها المادي أو الرقمي واعتبار الطبيعة علي المستوي البيولوجي جزءاً لا يتجزأ عن الواقع المعماري يؤدي إلي الاستفادة من الخصائص والحلول التي تقدمها الطبيعة على المستوى البيولوجي في التطبيقات المعمارية، ويجعل العملية التصميمية تمتد من مبادئ مثل الصداقة مع البيئة ومحاكاة الطبيعة إلى البناء من خلال الطبيعة ذاتها، كما تجعل العملية التصميمية تمتد من محاكاة الشكل في الكتلة المعمارية والهيكل الإنشائي إلى عمليات التشكل البيولوجية ومراحل النمو البيولوجي ،كما يجعلها تمتد من محاكاة السلوك علي مستوى المواد والأداء الوظيفي إلى التفاعل المباشر مع الطبيعة باعتبارها جزءاً منها.

المراجع

1) Alberto T., E. (2011). *Biological universe and digital metaverses*. Universos y metaversos: aplicaciónes artísticas de los nuevos medios /Universes and metaverses: Artistic applications of the new media. Universitat de Barcelona, Barcelona.

2) Alberto T.Estevez. (2015). *The Biodigital book.* Barcelona,: ESARQ, Barcelona, 2015.

3) Alberto T., E. (2005). *Genetic Barcelona Project*.

4) Alberto T., E.. (2010). *Application of Life Information in Architecture*. ACADIA, Spain, 2010.

5) Bhushan, B. (2016). Bioarchitecture: bioinspired art and architecture—a perspective. The Royal Society. Retrieved from http://rsta.royalsocietypublishing.org /

6) Dennis, Dollens.(2010). *Architecture, eTrees, & Nature* .Giugno, Barcelona, 2010

7) Mitchell, Joachim (2010). *don_t_build_your_home_grow_it*. Retrieved from TED: https://www.ted.com/talks/mitchell_joachim_don_t_build_your_home_grow_it/transcript

8) Mitchell, Joachim (2010). *Habitat in vitro meat*. Retrieved from archinode: http://www.archinode.com/arch.html
9) Mitchell, Joachim (2008). *fab-tree-hab*. Retrieved from archinode: http://www.archinode.com/fab-tree-hab.html
10) Branko, Kolarevic. (2003). *Architecture in the digital age*. New York: Spon press.
11) Michael Hensel,Achim Menges and Michael Weinstock. (2010). *Emergent Technologies and Design: Towards a Biological Paradigm or Architecture*. NewYork: Routledge.
12) Noha, M. S. (2011). Digital Architecture Theoretical Study of Digital Design Modelling. Alexandria University.
13) William, Myers. (2012). *BioDesign: Nature+ Science+ Creativity*. New York: New York: Museum of Modern Art.
14) Neri, Oxman. (2013). *Biological Computation for Digital Design and Fabrication.* USA : Mediated Matter.
15) Rivka, Oxman . (2005). *Theory and design in the first digital age.* Haifa , Israel: Elsevier Ltd.
16) Lorena, Gismondi, Pet. (2016). *The Bio Building- Bio inspired design* at Ålgårds Mill and Saw. sweden: Chalmers University of Technology.
17) Pedersen Zari, M. & Storey.((2007). Biomimetic approach to architecture design for increased sustainability. Wellington, New Zealand: School of Architecture, Victoria University.،
18) Žerebáková, Ing. Petra.(February 2007). Survey in the Field of Bio-Architecture. Karlovy Vary.