



دور النظم البيونية في تعزيز أنسنة الفراغات لتطوير المفهوم (الكونسبت) لدى طلبة التصميم الداخلي بجامعة طرابلس هيفاء مختار خفافة

قسم الفنون – كلية الآداب – جامعة الزاوية

Email: h.khafafah@zu.edu.ly

*The Role of Bionic Systems in Enhancing the Humanization of Spaces to Develop the
Design Concept Among Interior Design Students at the University of Tripoli*
Haifa Mukhtar Khafafa

Department of Arts – Faculty of Arts – University of Zawia

<https://orcid.org/0009-0002-6561-7020>

تاريخ الاستلام: 2026/09/01 - تاريخ المراجعة: 2026/09/02 - تاريخ القبول: 2026/09/30 - تاريخ النشر: 2026/10/05

الملخص:

يتناول هذا البحث دور النظم البيونية (Bionic Systems) في تعزيز أنسنة الفراغات الداخلية، بوصفها مدخلًا لتطوير المفهوم التصميمي (Concept) لدى طلبة التصميم الداخلي بجامعة طرابلس، وتتطرق مشكلة البحث من أن تعليم التصميم الداخلي في السياق الأكاديمي الليبي ما زال يعوزه التوظيف المنهجي المنظم لهذه النظم، في ظل غلبة نهج تقليدي يركز على الجوانب الشكلية والتقنية الأساسية، فيهدف البحث إلى الكشف عن أثر توظيف نظم المحاكاة الحيوية في تطوير المفهوم التصميمي وتحقيق معايير أنسنة الفراغ، وإلى تحديد أبرز مؤشرات الفكر التصميمي التي يمكن تمييزها من خلالها.

اعتمد البحث المنهج المختلط الذي يجمع بين المنهج الوصفي التحليلي والمنهج شبه التجريبي والمنهج الإحصائي، وطُبقت التجربة على عشرين طالبًا من طلبة الفصل الثامن في مقرر «التصميم الداخلي 5»، ضمن مشروع تصميم استوديو إداغي، وقُسموا إلى مجموعتين:

- مجموعة تجريبية (10 طلبة) تلقت محاضرة علمية متخصصة في النظم البيونية ومستوياتها (الكائن، السلوك، النظام البيئي).

- مجموعة ضابطة (10 طلبة) عملت وفق الأساليب المعتادة.

وُقِّمت المشاريع النهائية باستمارة تقييم كمية ونوعية خضعت لتحكيم ثلاثة من المحكمين المختصين، ولإستمارة تقييم انتاج طلابي من قبل أعضاء هيئة التدريس بالقسم، وتضمنت أربعة محاور: تطور المفهوم التصميمي، وأنسنة الفراغ، والكفاءة التقنية والوظيفية، والابتكار، وجاءت النتائج على النحو الآتي:

النتائج الكمية: تفوقت المجموعة التجريبية في جميع المحاور، إذ تراوحت نسبة تقديري (ممتاز وجيد جدًا) لديها بين 80% و 100%، وبلغ متوسط تقديراتها بين (4.30 و 4.50 من 5) أما تقديرات المجموعة الضابطة فتمركزت في مستويي (متوسط وضعيف)، وتراوح متوسطها بين (1.14 و 2.00) وأظهر اختبار مان-ويتني (Mann-Whitney U) أن الفروق دالة إحصائيًا عند مستوى (0.001) لصالح المجموعة التجريبية في جميع المؤشرات. **التحليل النوعي لملاحظات المحكمين:** جاء متسقًا مع النتائج الكمية، فقد رصد لدى المجموعة التجريبية تطورًا ملموسًا في صياغة المفهوم التصميمي، وتوظيفًا لمفردات الطراز المحلي الليبي ضمن المنطق البيونيكي، ومرونة فراغية واستجابة للاحتياجات النفسية والجسدية للمستخدم، مع قصور في تنظيم حركة الجمهور. أما مشاريع المجموعة الضابطة فوصفت بالتمطية وغياب الابتكار.

وخلص البحث إلى أن توظيف النظم البيونية يُسهم إسهامًا فاعلاً في تطوير المفهوم التصميمي وتعزيز أنسنة الفراغات لدى الطلبة، وأوصى بإدماج هذه النظم منهجيًا في مقررات الاستوديو، مع ربطها بالمتطلبات الوظيفية والتشغيلية للفراغ، وبتدريب أعضاء هيئة التدريس على تطبيقها.

الكلمات المفتاحية: النظم البيونية، المحاكاة الحيوية، أنسنة الفراغ، المفهوم التصميمي (الكونسبت)، الفكر التصميمي، تعليم التصميم الداخلي.

Abstract:

This study examines the role of bionic systems in enhancing the humanization of interior spaces as a pathway to developing the design concept among interior design students at the University of Tripoli, Libya. The research problem is that interior design education in the Libyan academic context still lacks a systematic, structured application of these systems and remains dominated by a conventional approach focused on formal and basic technical aspects. The study aims to identify the effect of employing

biomimetic systems on design concept development and the humanization of space, and to determine the key design-thinking indicators these systems can foster.

A mixed-methods design was adopted, combining descriptive-analytical, quasi-experimental, and statistical methods. The experiment involved twenty eighth-semester students enrolled in *Interior Design 5*, working on a radio studio design project. They were divided into two groups:

- **An experimental group** (n = 10), which attended a specialized lecture on bionic systems and their levels (organism, behavior, and ecosystem).

- **A control group** (n = 10), which followed conventional methods.

Final projects were assessed using a quantitative and qualitative evaluation form validated by three faculty members. The form covered four axes: design concept development, humanization of space, technical and functional efficiency, and innovation.

The results were as follows:

Quantitative results: The experimental group outperformed the control group on all axes. Its "excellent" and "very good" ratings ranged from 80% to 100%, with mean scores between 4.30 and 4.50 out of 5. The control group's ratings were concentrated at the "average" and "weak" levels, with means between 1.14 and 2.00. The Mann-Whitney U test showed statistically significant differences ($p < .001$) favoring the experimental group on all indicators.

Qualitative analysis: The evaluators' comments were consistent with the quantitative results. In the experimental group, they noted clear development in concept formulation, integration of Libyan vernacular elements within a bionic logic, spatial flexibility, and responsiveness to users' psychological and physical needs, with a shortcoming in organizing visitor circulation. They described the control group's projects as stereotypical and lacking innovation.

The study concludes that employing bionic systems contributes effectively to developing the design concept and enhancing spatial humanization. It recommends integrating these systems systematically into studio courses, linking them to the functional and operational requirements of space, and training faculty members to apply them.

Keywords: Bionic Systems; Biomimicry; Humanization of Space; Design Concept; Design Thinking; Interior Design Education.

المقدمة :

يُعد تعليم التصميم الداخلي المعاصر حقلاً ديناميكياً يتقاطع فيه الإبداع الفني مع الدقة العلمية، حيث لم يعد يكتفي بتجميل الفراغات بل يسعى لخلق بيئات مستدامة، وظيفية، وإنسانية تلبي الاحتياجات النفسية والجسدية للمستخدم وفي هذا السياق، تبرز النظم البيونيكية (Bionic Systems) كمنهجية تصميم متطورة تستلهم حلولها من كفاءة الطبيعة وتكيف الكائنات الحية مع بيئاتها، مما يوفر أدوات تحليلية وإبداعية قادرة على سد الفجوة بين الشكل والأداء، وتعزيز القدرة على استنباط مفاهيم تصميمية (Concepts) عميقة وجذرية.

وتأسيساً على النظرية التأسيسية للمحاكاة الحيوية التي قدمتها بينوس (Benyus, 1997)، والتي تؤكد أن الطبيعة تمثل "مختبراً للبحث والتطوير" استمر 3.8 مليار سنة، فإن تبني منهجية الاستلهام البيونيك في التعليم التصميمي لا يقتصر على النقل الشكلي، بل يتعداه إلى محاكاة المبادئ الوظيفية والسلوكية والنظمية التي تحكم الكائنات الحية، وهو ما يتوافق مع منظور باكر ويوسف وآخرون (2024). الذين يطرحون المحاكاة الحيوية كـ "أيديولوجية تفكير تناظري" تربط بين النظم الطبيعية والتصميم المعماري والداخلي، حيث ينتقل المصمم من مرحلة "نقل الشكل" إلى مرحلة "محاكاة المبدأ"، مستنبطاً القوانين التي تحكم الكائن الحي (ككفاءة الطاقة، أو المتانة الإنشائية) وتطبيقها في الفراغات المعمارية لتحقيق استدامة بيئية وأداء وظيفي متقدم.

وعلى المستوى التربوي، تدعم نظرية التعلم البنائي (Piaget, 1970; Constructivist Learning Theory) ونظرية التعلم التجريبي (Vygotsky, 1978). فكرة دمج النظم البيونيكية في مناهج التصميم، حيث يتعلم الطالب من خلال التفاعل النشط مع المشكلات التصميمية، وبناء المعرفة عبر ربط المفاهيم البيولوجية بالتطبيقات التقنية، وفي هذا الإطار، قدمت عامر (2019) في دراستها "النهج المحاكى للطبيعة في التعليم

المعماري" إطارًا تعليميًا لدمج المحاكاة الحيوية في المناهج الأكاديمية بجامعة عين شمس، يركز على تدريب الطلاب على استخلاص المبادئ البيولوجية عبر ثلاثة مستويات (الكائن، السلوك، والنظام البيئي) لترجمتها إلى استراتيجيات تقنية تعالج مشاكل التصميم المعاصر، وتخلص الدراسة إلى أن اعتماد هذا النهج يساهم في إعداد جيل من المصممين قادر على إنتاج عمارة متوافقة بيئيًا، وتحل إشكاليات التصميم المعزول وتدعم الاستدامة الشاملة. كما تؤكد دراسة شهدة (2019). بعنوان "المحاكاة الحيوية كأداة لتعزيز مهارات طلاب الهندسة المعمارية" أن المحاكاة الحيوية أداة فعالة لتبسيط الأنظمة الإنشائية المعقدة وتطوير المهارات التحليلية للطلاب، من خلال ربط التصميم بالحلول الطبيعية، وقد أظهرت نتائج تجربتها العملية طفرة في جودة مخرجات الطلاب وقدرتهم على ابتكار هياكل إنشائية متطورة تنسم بالكفاءة الميكانيكية وتوازن الأحمال، مما يؤكد جدوى هذا النهج في تحسين التفكير المنطقي والتقني، وتشير أكجاوفا (2023). في دراستها حول "دور المحاكاة الحيوية في تعليم التصميم الداخلي والأشكال الهيكلية" إلى أن تطبيق هذه المنهجية في مقررات "المعرفة الهيكلية" بجامعة سلجوق التركية مكن طلاب التصميم الداخلي من تحليل الخصائص الهيكلية للكائنات الحية، وتطوير مشاريع تحمل الأحمال مستوحاة من الطبيعة، مع تسجيل آراء إيجابية حول أثر ذلك على تعزيز التفكير الإبداعي لديهم. وتجدر الإشارة إلى أن عملية "أنسنة الفراغات" وهي الهدف المركزي لهذا البحث - تستند نظريًا إلى مقولة باكمينستر فولر (Fuller, 1969) الشهيرة عندما *أحاول التقاط أي شيء بمفرده، أجد أنه مرتبط بكل شيء آخر في الكون*، مما يؤكد أن التصميم الإنشائي الفعال لا يمكن أن يتحقق إلا من خلال فهم الترابطات النظامية بين الإنسان وبيئته، كما يدعم كريستوفر ألكسندر (Alexander, 1977) في نظريته "لغة الأنماط" فكرة أن الفراغات الناجحة هي تلك التي تستجيب للأنماط السلوكية والنفسية للمستخدمين، وهو ما يمكن تعزيزه عبر النظم البيونيكية التي تحاكي كفاءة التكيف في الأنظمة الحيوية.

وعلى الرغم من هذا الزخم النظري والتطبيقي العالمي، لا يزال السياق الأكاديمي الليبي يواجه تحديات منهجية وعملية في تبني النظم البيونيكية بشكل منظم في تعليم التصميم الداخلي حيث يغلب على برامج التصميم الداخلي في الجامعات الليبية، ومنها جامعة طرابلس، نهج تعليمي تقليدي يركز غالبًا على الجوانب الشكلية والتقنية الأساسية، مع محدودية في تطبيق أدوات التفكير النظامي والاستلهام البيونيكية كمنهجية لتطوير الكفايات الإبداعية والتحليلية لدى الطلبة (عامر، 2019؛ شهدة، 2019). وهذا النقص المعرفي والتطبيقي يؤثر على قدرة الخريجين على ابتكار مفاهيم تصميمية (Concepts) متطورة، وتقلل من فعالية مشاريعهم في تحقيق معايير الأنسنة والاستدامة التي يتطلبها سوق العمل المعاصر.

ومن هنا، تبرز مشكلة البحث في ضرورة التحقق من فاعلية توظيف النظم البيونيكية كألية تعليمية واستراتيجية تصميمية قادرة على تعزيز أنسنة الفراغات، وتنمية الفكر التصميمي النقدي والإبداعي لدى طلبة التصميم الداخلي بجامعة طرابلس، حيث يطرح البحث التساؤل الرئيسي :

ما دور النظم البيونيكية في تعزيز أنسنة الفراغات لتطوير المفهوم (الكونسبت) لدى طلبة التصميم الداخلي بجامعة طرابلس؟

ويستند البحث إلى فرضية رئيسية مفادها أن: دمج النظم البيونيكية في المناهج الدراسية والعمليات التصميمية يلعب دوراً جوهرياً وإيجابياً في تطوير الفكر التصميمي، وتعزيز قدرة الطلبة على صياغة مفاهيم تصميمية إنشائية مستدامة، وتطوير مؤشرات إبداعية ووظيفية قابلة للقياس في مخرجاتهم التعليمية، وتنبثق أهمية هذه الدراسة من مساهمتها في بناء إطار مرجعي محلي يُعنى بتوظيف النظم البيونيكية كأداة تعليمية واستراتيجية تصميمية، مما يُثري الحوار الأكاديمي حول سبل تطوير مناهج التصميم الداخلي بجامعة طرابلس، ويوفر للباحثين والممارسين نموذجاً تحليلياً يدمج بين الاستلهام من الطبيعة والاحتياجات الإنسانية للفراغ، ويهدف البحث إلى تقديم أدوات تقييم ومؤشرات أداء يمكن اعتمادها لقياس نمو الفكر التصميمي، وإثراء الممارسة التعليمية بأساليب مستمدة من الطبيعة والذكاء الاصطناعي والنظم الحيوية.

ومن أجل التحقق من فرضية البحث والإجابة على تساؤلاته، ستتبع الباحثة منهجاً وصفيًا تحليليًا تجريبيًا، يجمع بين التحليل النظري للمفاهيم البيونيكية ومؤشرات أنسنة الفراغات، والتطبيق العملي عبر تجربة علمية (محاضرة) مع استخدام أدوات جمع البيانات المناسبة (كاستمارة تقييم، وتحليل مخرجات تصميمية)، ويُتوقع أن تسفر النتائج عن نموذج تعليمي- تصميمي متكامل، وتوصيات عملية لإدماج النظم البيونيكية في المناهج الأكاديمية بفعالية.

مشكلة البحث:

يتجه تعليم التصميم الداخلي المعاصر نحو توظيف النظم البيونيكية كمنهجية لتطوير الكفايات الإبداعية والوظيفية وفي السياق الأكاديمي الليبي، ولا يزال تدريس التصميم يعوزه تطبيق هذه النظم بشكل منهجي ومنظم، مما يُبرز الحاجة إلى دراسة فاعلية توظيفها لتنمية الفكر التصميمي لدى طلبة جامعة طرابلس ومن هنا جاء التساؤل الرئيس للبحث:

ما دور النظم البيونيكية في تعزيز أنسنة الفراغات لتطوير المفهوم (الكونسبت) لدى طلبة التصميم الداخلي بجامعة طرابلس؛ ونتج عنه التساؤل الفرعيين كالاتي:

1. إلى أي مدى يؤثر استخدام النظم البيونيكية في تطوير المفاهيم التصميمية لدى طلبة التصميم الداخلي؟

دور النظم البيونيكية في تعزيز أنسنة الفراغات لتطوير المفهوم (الكونسبت) لدى طلبة التصميم الداخلي بجامعة طرابلس

2. ما أبرز مؤشرات الفكر التصميمي التي يمكن تنميتها لدى طلبة التصميم بجامعة طرابلس عبر توظيف النظم البيونيكية؟

فرضيات البحث:

1. يفترض البحث أن دمج النظم البيونيكية في المناهج الدراسية يلعب دوراً جوهرياً في تطوير الفكر التصميمي لدى طلبة التصميم بجامعة طرابلس.
2. يتبنى البحث فرضية مفادها أن الاعتماد على النظم البيونيكية كمنهجية تفكير يزيد من كفاءة وفاعلية المخرج التصميمي لدى الطلاب مقارنة بالأساليب التعليمية المعتادة.
3. يقوم البحث على افتراض أن المحاكاة الحيوية تساهم بشكل مباشر في تعزيز قدرات الإبداع (كالطلاقة في توليد الأفكار، والأصالة، والقدرة على التحليل) لدى طلبة التصميم الداخلي بجامعة طرابلس.
4. يفترض البحث وجود علاقة ذات دلالة إحصائية بين استخدام الطلبة لآليات المحاكاة الحيوية (النظم البيونيكية) وبين ارتفاع جودة الحلول التصميمية التي يقدمونها.

أهداف البحث:

انطلاقاً من مشكلة البحث وتساؤلاته وفرضياته، يسعى البحث إلى تحقيق الأهداف الآتية:

1. الكشف عن أثر توظيف النظم البيونيكية في تطوير المفهوم التصميمي (Concept) لدى طلبة التصميم الداخلي بجامعة طرابلس.
2. التعرف على دور النظم البيونيكية في تحقيق معايير أنسنة الفراغ وكفاءة المعالجات التقنية والوظيفية في مشاريع الطلبة.
3. تحديد أبرز مؤشرات الفكر التصميمي والقدرات الإبداعية التي يمكن تنميتها عبر توظيف النظم البيونيكية، والتحقق من دلالة الفروق بين المجموعتين التجريبية والضابطة.
4. تقديم توصيات لإدماج النظم البيونيكية في مناهج التصميم الداخلي، بما يوازن بين الابتكار التصميمي والمتطلبات الوظيفية للفراغ.

أهمية البحث:

- تتجلى أهمية هذا البحث في تناوله موضوعاً يجمع بين علوم الطبيعة والفكر التصميمي والبعد الإنساني للفراغ في السياق الأكاديمي الليبي، وتتمثل في النقاط الآتية:
1. إثراء الحقل المعرفي للتصميم الداخلي بدراسة تجريبية تربط بين النظم البيونيكية وأنسنة الفراغ في السياق الليبي، بما يدعم المكتبة الأكاديمية المحلية.
 2. تقديم أساس تجريبي يدعم إدماج النظم البيونيكية في مقررات الاستوديو بأقسام التصميم الداخلي في الجامعات الليبية.
 3. توفير أداة تقييم كمية ونوعية محكمة يمكن لأعضاء هيئة التدريس اعتمادها في قياس تطور المفهوم التصميمي وأنسنة الفراغ.
 4. الإسهام في إعداد مصممين قادرين على إنتاج فراغات داخلية أكثر ارتباطاً بالإنسان وظيفياً ونفسياً، تلبي متطلبات سوق العمل المعاصر.

منهج البحث:

يعتمد البحث على المنهج المختلط الذي يجمع بين الأدوات النوعية والكمية وفق المسارات التالية:

1. توظيف المنهج الوصفي: يقوم بمعالجة موضوع الدراسة، ويُعنى الجانب الوصفي بعرض القواعد والنظم المستمدة من الطبيعة في إطار البيونيك بوصفها أساساً نظرياً للفكر التصميمي، مع التطرق إلى مفهوم أنسنة الفراغ باعتباره مدخلاً حديثاً يهدف إلى تعزيز البعد الإنساني في التصميم الداخلي من خلال تحقيق التوازن بين الوظيفة والإحساس والراحة النفسية.
2. المنهج التحليلي: ويتمثل في تحليل كيفية تحويل هذه القواعد إلى أفكار تصميمية، ورصد واقع الفكر التصميمي لدى طلبة التصميم الداخلي بجامعة طرابلس، مع دعم الإطار النظري بالبيانات التحليلية المستخلصة من الدراسة الميدانية، بما يتيح ربط المفاهيم النظرية بالتطبيق الفعلي وتفسير مدى توظيفها في المخرجات التصميمية للطلبة.
2. المنهج الشبه التجريبي: من خلال تنفيذ مجموعتين ضابطة وتجريبية لقياس مدى نجاح توظيف هذه النظم في الارتقاء بمستوى مشاريع الطلبة.
3. المنهج الإحصائي: لتحليل البيانات الناتجة عن تقييم المحكمين، وذلك باستخدام الإحصاء الوصفي (التكرارات، والنسب المئوية، والمتوسطات)، واختبار مان-ويتني (Mann-Whitney U) اللامعلمي للكشف عن دلالة الفروق بين المجموعتين التجريبية والضابطة، لملاءمته للعينات المستقلة صغيرة الحجم والبيانات الرتبوية (Mann & Whitney, 1947).

أدوات البحث:

اعتمد البحث في جمع بياناته وتحليلها على الأدوات الآتية:

1. **الملاحظة الميدانية (أداة نوعية):** لرصد بيئة التعلم في مراسم قسم التصميم الداخلي بجامعة طرابلس، والأساليب المتبعة حالياً في بناء المفهوم التصميمي لدى الطلبة.
2. **التجربة العلمية (المحاضرة):** وهي المعالجة التجريبية التي قُدمت للمجموعة التجريبية، وتضمنت محتوى علمياً حول النظم البيونيكية ومستوياتها (الكائن، السلوك، النظام البيئي) وآليات توظيفها في أنسنة الفراغ وبناء المفهوم التصميمي (الملحق رقم 1).
3. **استمارة تحكيم أداة البحث (أداة بيانية):** عُرضت فيها استمارة تقييم الإنتاج الطلابي على مجموعة من المحكمين المختصين، للتحقق من صدقها الظاهري، ومدى وضوح بنودها وملاءمتها لأهداف البحث، ثم عُذلت في ضوء ملاحظاتهم (الملحق رقم 2).
4. **استمارة تقييم الإنتاج الطلابي (أداة كمية ونوعية):** وهي الأداة الرئيسة للبحث، واستخدمها أعضاء هيئة التدريس بقسم الفنون في جامعة طرابلس لتقييم المشاريع النهائية لطلبة المجموعتين بعد التجربة. وتتكون من:
شق كمي: ستة بنود موزعة على أربعة محاور، هي تطور المفهوم التصميمي، وأنسنة الفراغ، والكفاءة التقنية والوظيفية، والابتكار. ويُقدّر كل بند على مقياس خماسي (1 ضعيف – 5 ممتاز)، فتكون الدرجة الكلية من (30).
شق نوعي: أربعة أسئلة مفتوحة لملاحظات المحكمين حول مظاهر تطور المفهوم وأنسنة الفراغ والمعالجات التقنية والسمات الابتكارية (الملحق رقم 3).

حدود البحث:

- **الحدود الموضوعية:** تقتصر الدراسة على بحث العلاقة بين النظم البيونيكية (المحاكاة الحيوية) وتنمية الفكر التصميمي لدى طلبة التصميم الداخلي بجامعة طرابلس.
 - **الحدود البشرية:** تُطبق الدراسة على عينة مختارة من طلبة قسم التصميم (الفصل الثامن) (العينة المسجلين في الفصل الدراسي الحالي).
 - **الحدود المكانية:** جامعة طرابلس - كلية الفنون والإعلام - قسم التصميم الداخلي.
 - **الحدود الزمنية:** يتم تنفيذ الجانب التطبيقي (التجربة والتقييم) خلال الفصل الدراسي (ربيع 2026م)
- #### مصطلحات البحث :

- **البيونيكيا (Bionics):** هي العلم الذي يدرس النظم الحيوية وآليات عمل الكائنات الحية بهدف ابتكار نظم تقنية وهندسية تحاكي تلك الوظائف الطبيعية، ويعرفها البعض بأنها "التقليد الواعي لعبقريّة الحياة".
- **المحاكاة الحيوية (Biomimicry):** مصطلح اشتهر عن طريق "جانين بينيوس"، ويشير إلى العلم الذي يستلهم النماذج والعمليات الطبيعية لحل المشكلات البشرية بطريقة مستدامة، معتبراً الطبيعة "نموذجاً ومقياساً وموجهاً".
- **تعريف أنسنة الفراغ (Humanization of Space):** أنسنة الفراغ هي عملية تصميم وتشكيل البيئة المبنية بطريقة تستجيب لسلوك الإنسان وإدراكه الحسي واحتياجاته الاجتماعية، عبر تحقيق التوازن بين الوظيفة والجمال والراحة، بما يعزز جودة الحياة والتفاعل الإنساني داخل الفراغ (Jan Gehl، 2011، Life Between Buildings: Using Public Space).
- **المماثلة البيولوجية (Biomimetics):** هي منهجية علمية تهدف إلى تصميم وإنتاج مواد وأنظمة تعتمد على محاكاة الكائنات والعمليات البيولوجية لتحقيق أداء تقني متفوق.
- **الفكر التصميمي (Design Thinking):** هو إيدولوجية تفكير إبداعية مستدامة تهدف إلى إنتاج حلول تصميمية ملهمة ومبتكرة عبر دمج العلوم المختلفة.
- **النظام البيئي:** هو وحدة وظيفية متكاملة تضم الكائنات الحية بمختلف أنواعها والعوامل غير الحية المحيطة بها، والتي تتفاعل فيما بينها من خلال تبادل المادة والطاقة، بما يحقق حالة من التوازن والاستقرار داخل البيئة، ويشمل النظام البيئي العناصر الطبيعية مثل الهواء والماء والتربة والمناخ، إضافة إلى الكائنات الحية من نباتات وحيوانات وكائنات دقيقة، حيث تؤثر جميعها في بعضها البعض بصورة مستمرة. (عبد الفتاح، 2018، ص. 34).
- **حلزونة التصميم البيوني:** بأنها منهجية تصميمية دورية تحاكي العمليات التطورية في الطبيعة، تقوم على سلسلة من المراحل المتتابعة تبدأ بتحديد المشكلة التصميمية، ثم ترجمتها إلى وظائف بيولوجية، والبحث عن النماذج الطبيعية المناسبة، واستخلاص المبادئ الحيوية منها، ثم تطبيقها وتقييمها وإعادة تطويرها بصورة مستمرة حتى الوصول إلى حل تصميمي مستدام وفعال. (Biomimicry Institute, 2020). ويُعد هذا النموذج أداةً منهجية لربط علم الأحياء بالتصميم والهندسة، حيث يعتمد على التعلم من استراتيجيات الطبيعة بدلاً من مجرد تقليد أشكالها.
- **التفكير التناظري:** بأنه: عملية معرفية يتم من خلالها نقل المعرفة أو المبادئ أو العلاقات من موقف أو مجال مألوف (المصدر) إلى موقف أو مجال جديد (الهدف)، اعتماداً على أوجه التشابه في البنية أو الوظيفة بينهما، بهدف تفسير المشكلات أو توليد حلول جديدة أو دعم عملية الإبداع والابتكار. (Dedre Gentner، 1983).
- **يُعد التفكير التناظري من الأساليب الأساسية في التصميم البيوني، إذ يُستخدم لاستلهام المبادئ والآليات الموجودة في الطبيعة وتطبيقها في حل المشكلات التصميمية والهندسية.**

الدراسات السابقة:

الدراسة الأولى: دراسة "Biomimetic Approach in Architectural Education" (النهج المحاكي للطبيعة في التعليم المعماري) (نيال عامر، 2019):

الملخص:

ركزت على مقرر دراسي في جامعة عين شمس لدمج مفاهيم المحاكاة الحيوية في المناهج الأكاديمية، بهدف تعزيز قدرة الطلاب على إيجاد حلول معمارية مستدامة، فقدمت الدراسة إطاراً تعليمياً لدمج المحاكاة الحيوية في المناهج المعمارية كمنهجية تحليلية تتجاوز الاستلهام الشكلي نحو الحلول الوظيفية المستدامة، وركزت على تدريب الطلاب على استخلاص المبادئ البيولوجية عبر ثلاثة مستويات (الكائن، السلوك، والنظام البيئي) لترجمتها إلى استراتيجيات تقنية تعالج مشاكل التصميم المعاصر وتهدف هذه المقاربة إلى تعزيز الابتكار من خلال محاكاة كفاءة الطبيعة في إدارة الموارد، مما يساهم في تقليل الفجوة بين المبنى والبيئة المحيطة، كذلك تشدد الباحثة على ضرورة تطوير "استوديو التصميم" ليكون بيئة تفاعلية تربط العمارة بالعلوم الحيوية لضمان كفاءة الأداء الطاقوي والإنشائي. وتخلص الدراسة إلى أن اعتماد هذا النهج يساهم في إعداد جيل من المعماريين قادر على إنتاج عمارة متوافقة بيئياً، تحل إشكاليات التصميم المعزول وتدعم الاستدامة الشاملة.

الدراسة الثانية: دراسة "Biomimicry as a Tool to Enhance the Skills of Architecture Students" دراسة "المحاكاة الحيوية كأداة لتعزيز مهارات طلاب الهندسة المعمارية . ميرهان شهدة (2019).

الملخص:

تثبت الدراسة عبر تجربة عملية أن المحاكاة الحيوية أداة فعالة لتبسيط الأنظمة الإنشائية المعقدة وتطوير المهارات التحليلية لطلاب العمارة من خلال ربط التصميم بالحلول الطبيعية، وقد أظهرت النتائج طفرة في جودة مخرجات الطلاب وقدرتهم على ابتكار هياكل إنشائية متطورة تنسم بالكفاءة الميكانيكية وتوازن الأحمال، مما يؤكد جدوى هذا النهج في تحسين التفكير المنطقي والتقني، وتوصي الدراسة بدمج هذه الأدوات في المناهج لتمكين الطلاب من حل المشكلات التصميمية المعاصرة بأساليب غير تقليدية ومستدامة، كما تشير المخرجات الإيجابية للتجربة إلى أن فهم الآليات البيولوجية يقلل من الهدر في المواد ويزيد من متانة التصميمات المعمارية المقترحة، وتخلص الدراسة إلى أن المحاكاة الحيوية تمثل جسراً معرفياً ضرورياً لتعزيز الابتكار في استوديوهات التصميم المعماري ورفع الكفاءة المهنية للمعماريين المستقبليين.

الدراسة الثالثة: المحاكاة الحيوية كأيدولوجية تفكير تناظري في التصميم المعماري والداخلي أ.د/ عبد الرحمن محمد بكر، أ.د/ أحمد محمود يوسف وآخرون

الملخص :

تتناول هذه الورقة البحثية مفهوم المحاكاة الحيوية (Biomimicry) ليس فقط كأداة تقنية، بل كأيدولوجية تفكير تناظري تربط بين النظم الطبيعية والتصميم المعماري والداخلي، وفيما يلي ملخص لأبرز النقاط التي ركز عليها البحث وفقاً لبياناته:

- الفلسفة التصميمية: يطرح البحث فكرة أن الطبيعة ليست مجرد مصدر للشكل الجمالي، بل هي "مختبر" يمتلك حلولاً استراتيجية للمشكلات التصميمية المعقدة من خلال التناظر مع الكائنات الحية في وظائفها وسلوكها.
- التفكير التناظري: يركز البحث على كيفية انتقال المصمم من مرحلة "نقل الشكل" إلى مرحلة "محاكاة المبدأ"، حيث يتم استنباط القوانين التي تحكم الكائن الحي (مثل كفاءة الطاقة، أو المتانة الإنشائية) وتطبيقها في الفراغات المعمارية والداخلية.
- الاستدامة: يبرز البحث دور المحاكاة الحيوية في الوصول إلى عمارة مستدامة بيئياً، من خلال استعارة النظم الحيوية التي تتكيف مع المناخ وتستهلك موارد أقل.
- مستويات المحاكاة: يستعرض البحث مستويات المحاكاة الثلاثة (محاكاة الكائن، محاكاة السلوك، ومحاكاة النظام البيئي) وكيفية تفعيلها في العملية التصميمية لخلق بيئات مبنية أكثر ذكاءً وتفاعلية.

الدراسة الرابعة: The Role of Biomimicry in Interior Design Education and (Structural Forms Ali Akçaova) " دور المحاكاة الحيوية في تعليم التصميم الداخلي والأشكال الهيكلية (علي أكجاوفا)"

تستكشف هذه الدراسة تطبيق المحاكاة الحيوية في تعليم التصميم الداخلي، من خلال دمج مبادئ التصميم الطبيعي في مشاريع الهندسة المعمارية الداخلية، وتدرس أثرها على التفكير الإبداعي للطلاب وحلول التصميم المستدام في بيئة جامعية تركية.

الملخص: المحاكاة الحيوية هي منهج يهدف إلى تطوير أنظمة من صنع الإنسان عن طريق محاكاة مبادئ وعمليات التصميم في الطبيعة، في تعليم الهندسة المعمارية الداخلية، يُمكن تطبيق المحاكاة الحيوية الطلاب من تطوير مهاراتهم في التفكير الإبداعي وابتكار حلول تصميم مستدامة ويهدف هذا المنهج إلى دمج الخصائص الجمالية والوظيفية الملهمة للأنظمة الطبيعية في التصميم الداخلي وفي هذا السياق، تتناول هذه الدراسة محتوى مقرر "المعرفة الهيكلية"، وهو مقرر إلزامي في الفصل الدراسي الثالث بقسم الهندسة المعمارية الداخلية في كلية الهندسة

المعمارية والتصميم بجامعة سلجوق يهدف هذا المقرر إلى تمكين الطلاب من تحليل الخصائص الهيكلية للهياكل والكائنات الحية في الطبيعة باستخدام مبادئ المحاكاة الحيوية، ووضع الخطوط العريضة لعملية التصميم في مشاريعهم الخاصة، وشملت الدراسة طلاب السنة الثانية في قسم الهندسة المعمارية الداخلية، والذين طُلب منهم تصميم هياكل وأنظمة تحمل الأحمال لمشاريعهم في الاستوديو المخصص للمشاريع، وذلك ضمن مقرر المعرفة الإنسانية، وقد سلطت الدراسة الضوء على مختلف أشكال الهياكل التي ظهرت نتيجة لها، بالإضافة إلى تأثير الطبيعة على عملية التصميم، وبناءً على نتائج المقابلات شبه المنظمة، تبين وجود آراء إيجابية حول تأثير المحاكاة الحيوية على عملية التصميم.

نقاط التشابه بين الدراسة الحالية والدراسات السابقة:

تتمثل نقاط التشابه بين الدراسات السابقة والبحث الحالي في التركيز الجوهري على المحاكاة الحيوية أو النظم البيونيكية كمنهجية علمية حديثة في التعليم التصميمي، تهدف إلى تطوير مهارات الطلاب الإبداعية والتحليلية، وتتفق هذه الدراسات مع البحث الحالي في اتخاذ البيئة الأكاديمية والجامعية ميداناً للتطبيق، حيث سعت دراسات سابقة مثل دراسة "عامر" و"شهدة" و"أكجافا" إلى دمج مفاهيم الطبيعة في المناهج المعمارية والداخلية لرفع كفاءة الطلاب في إيجاد حلول تصميمية غير تقليدية، كما تشترك جميعها في الاعتماد على مستويات المحاكاة الثلاثة (الكائن، السلوك، والنظام البيئي) كإطار عمل لاستخلاص المبادئ البيولوجية وترجمتها إلى حلول وظيفية ومستدامة، مع استخدام المنهج الوصفي التحليلي وشبه التجريبي لتقييم النتائج.

نقاط الاختلاف بين الدراسة الحالية والدراسات السابقة:

نقاط الاختلاف يتميز البحث الحالي بتركيزه الصريح على "أنسنة الفراغات" كهدف مركزي، وربطها بالنظم البيونيكية لتطوير "الكونسبت" (المفهوم التصميمي) تحديداً لدى طلبة التصميم الداخلي، بينما ركزت دراسات أخرى على الأنظمة الإنسانية المعقدة والكفاءة الميكانيكية وتوازن الأحمال كما في دراسة "شهدة"، ومن الناحية الجغرافية والسياقية، ينفرد هذا البحث بمعالجة السياق الأكاديمي الليبي (جامعة طرابلس)، مسلطاً الضوء على التحديات المنهجية المحلية التي تواجه تعليم التصميم الداخلي في ليبيا، بخلاف الدراسات السابقة التي أجريت في بيئات مصرية أو تركية، كما يبرز الاختلاف في الأدوات التقنية المقترحة، حيث يشير البحث الحالي إلى استخدام نماذج الذكاء الاصطناعي (Notebook) كأداة هندسية لتطوير البيانات المستوحاة من الطبيعة.

المبحث الأول: المرجعية الفلسفية للنظم البيونيكية في التصميم

يمثل هذا المبحث الركيزة المعرفية التي ينطلق منها البحث لفك الارتباط التقليدي بين الطبيعة والتصميم، حيث تتجاوز النظم البيونيكية مفهوم «الاستلهام البصري» لتؤسس لمنهجية تصميمية تعتمد على «التناظر الوظيفي»، وتستند المرجعية الفلسفية هنا إلى رؤية بينيوس (Benyus, 1997)، التي تُعرّف الطبيعة بوصفها «مختبراً للبحث والتطوير» امتد عبر 3.8 مليار سنة من التطور، خضعت خلالها الكائنات الحية لعمليات «اختبار» مستمرة أدت إلى استخلاص حلول تصميمية فائقة الكفاءة، وهذا المنظور يُحوّل الطبيعة في نظر طالب التصميم من مجرد «مستودع للأشكال الجمالية» إلى «منظومة معقدة» تقدم استراتيجيات قابلة للقياس والتحويل النقني. وتتطور هذه الفلسفة عند ربطها بمفهوم «التفكير التناظري» الذي طرحه بكر وآخرون (Bakr et al., 2024)، حيث تبرز المحاكاة الحيوية أيديولوجية تربط بين النظم الحيوية والبيئة المبنية؛ فالانتقال في عملية التصميم لا يتوقف عند حدود «نقل الشكل» (Form-based)، بل يمتد ليشمل «محاكاة المبدأ» (Principle-based)، وهو ما يعني استنباط القوانين الحاكمة للكائن الحي، مثل كفاءة توزيع الأحمال، وتوازن الطاقة، والقدرة على التكيف مع المتغيرات البيئية، وإسقاطها على الفراغات الداخلية. وهذا التوجه يفرض على المصمم الداخلي تبني نظرة شمولية؛ فال فراغ الداخلي، وفق هذا المفهوم، لا يُعامل ككتلة صماء، بل ككيان حي يتفاعل مع مستخدميه، تماماً كما يتفاعل الكائن الحي مع نظامه البيئي.

علاوة على ذلك، توفر النظم البيونيكية للمصمم أدوات تحليلية تمكّنه من تفكيك المشكلات التصميمية المعقدة عبر رصد الآليات التي تتبعها الطبيعة في حل مشكلات مشابهة؛ فعندما يستوعب الطالب أن الكائنات الحية قد طورت حلولاً تقنية لمشكلات مثل التهوية الطبيعية، وتوزيع الإضاءة، والتحكم الحراري، فإن ذلك يرفع من مستوى تفكيره التصميمي، ويجعله قادراً على صياغة مفاهيم (Concepts) تستند إلى منطق وظيفي متين (Pawlyn, 2016). وإن تبني هذه الفلسفة في السياق الأكاديمي بجامعة طرابلس يساهم في إيجاد حلول تصميمية تتسم بالاستدامة والذكاء التفاعلي، حيث تُوظف المبادئ الحيوية لتشكيل فراغات داخلية توفر أعلى درجات الراحة النفسية والوظيفية، مما يرسخ مفهوم «أنسنة الفراغ» نتيجة حتمية لدمج النظم الحيوية في الفكر التصميمي.

المبحث الثاني: تطوير المفهوم التصميمي (الكونسبت) ودوره في تعليم التصميم

يُعد المفهوم التصميمي (Design Concept) الفكرة المحورية التي تنظّم القرارات التصميمية وتمنحها وحدةً واتساقاً؛ فهو الفكرة الموجهة التي يُبنى عليها الحل التصميمي للفراغ الداخلي، وتتبع في تنظيم الفراغ واختيار الأشكال والمواد والألوان والإضاءة (Kilmer & Kilmer, 2014). ويؤكد لوسون (Lawson, 2006). أن المصممين كثيراً ما ينطلقون من «فكرة أولية مولدة» (Primary Generator) تمنحهم مدخلاً إلى المشكلة

التصميمية المعقدة، ثم تُختبر هذه الفكرة وتُطوّر عبر مراحل التصميم. وبذلك لا يمثل الكونسبت مجرد صورة ذهنية أو شكل جمالي، بل منطقاً تصميمياً يربط المشكلة بالحل ويبرر القرارات المتخذة.

ولا يولد المفهوم التصميمي مكتملاً، بل يتطور عبر عملية تفاعلية؛ إذ يرى دورست وكروس (Dorst & Cross, 2001) أن الإبداع التصميمي يتحقق حين تتطور صياغة المشكلة وصياغة الحل معاً في عملية «تطور مشترك»، ويصف شون (Schön, 1983, p.51). التصميم بأنه «محادثة تأملية مع الموقف»، يختبر فيها المصمم أفكاره ويعيد صياغتها في ضوء ما يكشفه الموقف، ويؤكد كروس (Cross, 2011) أن القدرة على توليد مفهوم قوي وتطويره من السمات الأساسية التي تميز التفكير التصميمي الخبير.

ويحتل تطوير الكونسبت موقعاً مركزياً في تعليم التصميم، لأنه المرحلة التي ينتقل فيها الطالب من جمع المعلومات وتحليل المتطلبات إلى إنتاج فكرة تصميمية أصيلة، وتشير أوكسمان (Oxman, 2004) إلى أن تعليم التفكير التصميمي يتطلب أدوات تساعد الطالب على بناء بني معرفية واضحة وإظهار الروابط بين المفاهيم، بدلاً من الاكتفاء بالمنتج النهائي، كما بين كاساكين وغولدمشيت (Casakin & Goldschmidt, 1999) أن استخدام التناظر البصري يحسّن أداء الطلبة المبتدئين في حل المشكلات التصميمية، وأنه مهارة يمكن تعليمها، وهو ما يفسر أهمية تزويد الطلبة بمصادر تناظرية منظمة، كالنظم البيونيكية، في مرحلة بناء الكونسبت، ويمكن الاستدلال على تطور الكونسبت لدى الطالب من خلال قدرته على صياغة فكرة مبررة علمياً ومنطقياً، وتوظيف التفكير التناظري، وتجاوز التقليد الشكلي إلى المحاكاة الوظيفية، وهي المؤشرات التي اعتمدها البحث الحالي في المحور الأول من استمارة التقييم.

المبحث الثالث: مصادر المفهوم التصميمي (الكونسبت)

تتعدد المصادر التي يستمد منها المصمم مفهومه التصميمي؛ وقد صنّف أنطونيادس (Antoniades, 1990) ما سمّاه «قنوات الإبداع» إلى قنوات غير ملموسة، منها الاستعارة، والتحول، والأدب، والثقافات الأخرى، وقنوات ملموسة، منها التاريخ ودراسة السوابق التصميمية، والهندسة، والمواد، والطبيعة، ومن أبرز هذه المصادر ذات الصلة بالتصميم الداخلي:

أولاً: الطبيعة: وهي من أقدم مصادر الإلهام في العمارة والفنون التطبيقية، وقد تتبّع ستيدمان (Steadman, 2008) تاريخ «التناظر البيولوجي» في الفكر التصميمي، ويتخذ الاستلهام من الطبيعة مستويين: مستوى شكلياً يكتفي بمحاكاة المظهر، ومستوى منهجياً يستنبط المبادئ والآليات، وهو ما تمثله النظم البيونيكية (Pawlyn, 2016). كما يرتبط حضور الطبيعة في الفراغ الداخلي بالبعد الإنساني، إذ يؤكد مدخل «التصميم البيوفيلي» أن الاتصال بالطبيعة في البيئة المبنية يدعم الراحة النفسية وصحة الإنسان (Kellert et al., 2008).

ثانياً: التراث والتاريخ: يمثل التراث المعماري والفني مستودعاً لحلول تراكت عبر الزمن استجابةً للمناخ والثقافة وأنماط الحياة، وقد أكد حسن فتحي (Fathy, 1973) قيمة مفردات العمارة التقليدية العربية، كالفناء والملف والمشرية، بوصفها حلولاً وظيفية ومناخية وإنسانية، ويرى أنطونيادس (Antoniades, 1990) أن التعامل مع التاريخ يتدرج من النقل الحرفي إلى التحويل والتفسير المعاصر.

ثالثاً: الثقافة والسياق الاجتماعي: يؤكد رابوبورت (Rapoport, 1969) أن شكل المسكن تحدده بالدرجة الأولى العوامل الاجتماعية والثقافية، لا العوامل المناخية والتقنية وحدها، ومن ثمّ يشكل السياق الثقافي للمستخدم مصدراً للمفهوم يضمن ملائمة الفراغ لهوية مستخدميه.

رابعاً: الوظيفة واحتياجات المستخدم: تشكل المتطلبات الوظيفية واحتياجات المستخدم مصدراً جوهرياً للمفهوم، إذ يبدأ المصمم الداخلي ببرمجة الفراغ وتحليل أنشطة مستخدميه قبل صياغة الفكرة (Kilmer & Kilmer, 2014).

خامساً: الاستعارة والهندسة والمادة: تمثل الاستعارة أداة لنقل المعنى من مجال إلى آخر، في حين توفر الهندسة والمادة مصدرين ملموسين لنظام التشكيل وخصائص السطوح (Antoniades, 1990). ولا تُطرح النظم البيونيكية في هذا البحث بديلاً عن هذه المصادر، بل مدخلاً منهجياً يتيح للطالب استلهام الطبيعة على مستوى المبدأ، ودمجها مع مصادر التراث والثقافة والوظيفة في مفهوم تصميمي متكامل يتمحور حول الإنسان.

المبحث الرابع: أنسنة الفراغ كغاية تصميمية وإنسانية

يتجاوز مفهوم «أنسنة الفراغ» في هذا البحث البعد التقليدي للتصميم الداخلي، ليتحول إلى استراتيجية جوهريّة تهدف إلى إعادة الاعتبار للإنسان كمحور أساسي في العملية التصميمية. ويستند هذا المبحث إلى الرؤية الشمولية التي طرحها فولر (Fuller, 1969)، حيث أكد تداخل الأنساق في الكون، معتبراً أن أي عنصر ليس كياناً منعزلاً، بل جزء من ترابط كلي ومعقد، وهذا المنظور يُلزم المصمم بضرورة فهم العلاقة الديناميكية بين الفراغ والمستخدم، حيث تصبح البيئة المبنية امتداداً للنظام الحيوي للإنسان.

ويشكل منهج كريستوفر ألكسندر، لا سيما في نظريته «لغة الأنماط» (Alexander et al., 1977)، حجر الزاوية في تفسير كيفية خلق فراغات تدعم الحياة؛ حيث يرى ألكسندر أن الفراغات الناجحة هي تلك التي تستجيب للأنماط السلوكية المتكررة والاحتياجات النفسية الجوهريّة للمستخدمين، فالأنسنة هنا تعني تحويل «الفراغ المادي» إلى

«مكان إنساني» عبر استقراء أنماط الحركة، والتفاعل الاجتماعي، والاستجابة الشعورية، وهو ما يتطلب من المصمم الانتقال من التصميم للمساحات إلى التصميم للتجارب الإنسانية. وفي هذا الإطار، يُعد طرح يان غيل (Gehl, 2011) في كتابه «الحياة بين المباني» مرجعاً محورياً لتعميق فهم أنسنة الفراغ، حيث يشدد على أن التصميم الناجح هو الذي يضع الأنشطة الإنسانية في مقدمة أولوياته، فأنسنة الفراغ عند غيل عملية تصميمية استجابية تضع الإدراك الحسي والاحتياجات الاجتماعية فوق الجمود الشكلي، مما يخلق توازناً دقيقاً بين المتطلبات الوظيفية والراحة النفسية للمستخدم. وعندما تُربط هذه المفاهيم بالنظم البيونيكية، يكتسب الفراغ قدرة على محاكاة المرونة والذكاء الموجودين في الطبيعة، مما يساهم في خلق بيئات داخلية لا تكتفي بكونها صالحة للاستخدام، بل تتحول إلى بيئات محفزة ومستدامة تدعم صحة الإنسان النفسية والجسدية والهدف من هذا المبحث هو التأكيد على أن المفهوم (الكونسبت) التصميمي الذي يعتمد على الأنسنة ينبغي أن يكون مستمداً من الفهم العميق للترابط بين البيولوجيا والسلوك الإنساني؛ فالفراغ الذي يُصمم بناءً على هذه الأنساق لا يحقق الكفاءة الوظيفية فحسب، بل يضمن تعزيز جودة الحياة، مما يجعل البيئة الداخلية أكثر انسجاماً مع الطبيعة البشرية ومحيطها الحيوي.

المبحث الخامس: دمج المحاكاة الحيوية في التعليم التصميمي (استراتيجيات وتطبيقات)

يمثل دمج المحاكاة الحيوية في مناهج التصميم الداخلي تحولاً جوهرياً في طبيعة «استوديو التصميم»، حيث يتحول من فضاء تقليدي للرسم إلى مختبر للابتكار المستدام، وفي هذا السياق تقدم دراسة عامر (2019) إطاراً تعليمياً متكاملًا يتجاوز حدود التلقي المعرفي، إذ تقترح هيكلة العملية التصميمية وفق ثلاثة مستويات تراتبية: (الكائن، والسلوك، والنظام البيئي)، وهي المستويات التي أصالتها بيدرسن زاري (Pedersen Zari, 2007). وتتيح هذه التراتبية للطلبة القدرة على تفكيك المشكلات التصميمية وتحويل المبادئ البيولوجية المجردة إلى استراتيجيات تقنية ملموسة؛ فعند دراسة «الكائن» يُركز الطالب على الخصائص المورفولوجية، وعند دراسة «السلوك» يُركز على آليات التكيف والاستجابة، وصولاً إلى مستوى «النظام البيئي» الذي يضع التصميم في سياق الاستدامة الشاملة، وهذا النهج يقلص الفجوة بين الفراغ المعماري وبيئته المحيطة، ويُعد الطالب لإنتاج عمارة داخلية تحاكي كفاءة الطبيعة في إدارة الموارد.

وتتعرّز هذه المنهجية بما أظهرته نتائج دراسة أكجاوفا (Akçaova, 2023) حول دمج المحاكاة الحيوية في مقررات «المعرفة الهيكلية»؛ إذ لم يعد فهم القواعد الإنشائية مقتصرًا على المعادلات الجامدة، بل أصبح مدعوماً بالتحليل العميق للهيكل الحيوية الموجودة في الطبيعة، وقد سجّلت الدراسة آراء إيجابية للطلبة حول أثر هذا التكامل في تحفيز تفكيرهم الإبداعي وتمكينهم من تصميم أشكال هيكلية مستوحاة من الطبيعة، وتوظيف هذا المنهج في استوديو التصميم يعيد تشكيل الطريقة التي يفكر بها الطالب تجاه «المادة» و«الإنشاء»، محولاً إياهما إلى عناصر تفاعلية ذكية.

وفي السياق ذاته، تؤكد شهادة (2019) أن المحاكاة الحيوية تعمل كأداة فعالة لتبسيط الأنظمة الإنشائية المعقدة، مما يرفع من مستوى المهارات التحليلية والمنطقية لدى الدارسين، فممارسة «الاستلهام المنهجي» بدلاً من «النقل الشكلي» تمنح الطالب ثقة أكبر في طرح حلول تصميمية هذه الأدوات في المناهج يكتسب طلاب التصميم الداخلي قدرة على حل المشكلات التصميمية بأساليب حل المشكلات التصميمية بأساليب مبتكرة ومستدامة، وهو ما يرفع من كفاءتهم المهنية ويعددهم لمواكبة التحديات المعاصرة في سوق العمل، وهذا التكامل التعليمي لا يكتفي بتطوير الجانب التقني، بل يبني «شخصية تصميمية» نقدية قادرة على ابتكار مفاهيم (Concepts) تنبع من فهم عميق لقوانين الطبيعة، وهو ما يسعى البحث الحالي لتطبيقه استراتيجياً لتطوير الفكر التصميمي لدى طلبة جامعة طرابلس.

المبحث السادس: الأسس التربوية والنفسية لتنمية الفكر التصميمي

يُشكل هذا المبحث القاعدة المعرفية التي تُفسر «كيفية بناء المعرفة التصميمية» وتطور القدرات الذهنية لدى الطالب، فعملية تعليم التصميم الداخلي لا تقتصر على نقل المعلومات التقنية، بل هي سيرورة بنائية تعتمد على نشاط المتعلم وتفاعله مع الفراغ والمشكلات المحيطة، وفي هذا السياق توفر النظرية البنائية (Constructivist Theory)، وفقاً لبياجيه (Piaget, 1970) وفيغوتسكي (Vygotsky, 1978)، تفسيراً عميقاً لكيفية تشكيل الطالب لمفاهيمه التصميمية؛ حيث يتعلم الطالب عبر «البناء النشط» للمعرفة من خلال التجربة والممارسة، وليس عبر التلقي السلبي. وإدماج النظم البيونيكية في المنهج يوفر للطلاب «مشكلات تصميمية واقعية» تتطلب منه بناء روابط عقلية بين البنية الحيوية والحل التقني، مما يعمق من فهمه البنوي والوظيفي.

وعلاوة على ذلك، تعزز «نظرية التعلم التجريبي» (Experiential Learning) لكولب (Kolb, 1984) هذا التوجه، حيث يتم التعلم عبر دورة مستمرة تبدأ بالتجربة الملموسة، تليها الملاحظة التأملية، ثم التجريد المفاهيمي، وصولاً إلى التجريب النشط، فعندما يطبق الطالب النظم البيونيكية فإنه يمر بهذه الدورة: يبدأ بملاحظة الطبيعة (التجربة)، ثم يحلل مبادئها (التأمل)، ويستخلص القوانين الهندسية (التجريد)، وأخيراً يوظفها في تصميم فراغ داخلي (التجريب). وهذا المسار التربوي هو المحرك الأساسي لتنمية «الفكر التصميمي» (Design Thinking)،

الذي يصفه براون (Brown, 2008) بأنه منهج إبداعي يدمج بين الاحتياجات الإنسانية والإمكانات التكنولوجية ومتطلبات الجدوى، مما يرفع من جودة الحلول التصميمية ويجعلها أكثر استجابة للمتطلبات الإنسانية والبيئية. ومن منظور نفسي، يهدف هذا المبحث إلى تأصيل قياس أثر هذه المنهجية في القدرات الذهنية العليا لدى الطلبة، التي حددها جيلفورد (Guilford, 1950) ضمن مكونات التفكير الإبداعي، مثل «الأصالة» (Originality) في طرح مفاهيم تصميمية غير مسبقة، و«الطلاقة» (Fluency) في توليد أفكار متنوعة، و«المرونة» (Flexibility) في التحول بين الأنماط الفكرية المختلفة، والربط بين النظم الحيوية والحلول التصميمية ينمي لدى الطالب مهارات التفكير التناظري والتحليلي، مما يحوله من مصمم يتبع قوالب جاهزة إلى باحث ومفكر تصميمي قادر على ابتكار مفاهيم (Concepts) جذرية ومستدامة، وفي النهاية لا يسعى هذا البحث إلى تعليم الطلبة «كيفية التصميم» فقط، بل إلى غرس «منهجية تفكير» تمكنهم من استقراء حلول الطبيعة بذكاء، وبناء فراغات داخلية تحترم البعد الإنساني، وتواكب التطورات المعرفية في تخصص التصميم الداخلي.

الإطار الإجرائي:

يسعى هذا الإطار إلى الكشف عن المنهجية التطبيقية المتبعة في تنفيذ تجربة البحث، حيث يوضح الإجراءات المنظمة التي تم اتخاذها لاستكشاف أثر توظيف النظم البيونيكية في تنمية الفكر التصميمي (Concept) لدى طلبة الفصل الثامن بقسم التصميم الداخلي بجامعة طرابلس، يركز هذا الفصل على المسار الإجرائي الذي يربط بين المحتوى العلمي (المحاضرة التوجيهية)، والأدوات البحثية (استمارة التقييم)، والعملية التعليمية التشاركية، وذلك للتحقق من الفرضيات القائلة بوجود علاقة إيجابية بين دمج النظم الحيوية والارتقاء بجودة المخرجات التصميمية وأنسنة الفراغات.

الأدوات الإجرائية أولاً: مجتمع البحث

يتمثل مجتمع البحث في طلبة الفصل الثامن بقسم التصميم الداخلي بجامعة طرابلس.

ثانياً: عينة البحث

تم اختيار العينة من مشاريع طلبة مقرر «التصميم الداخلي 5» التي تخضع للتجربة التعليمية التطبيقية، وتم تحديد عدد الطلبة المشاركين في التجربة العلمية من طلبة الفصل الثامن في مقرر التصميم الداخلي 5 وعددهم (20) طالباً، لتكوين مجموعتين: المجموعة الضابطة وعددها (10) طلبة، والمجموعة التجريبية وعددها (10) طلبة.

ثالثاً: مبررات اختيار العينة

1. وصول طلبة الفصل الثامن إلى مرحلة متقدمة من التكوين الأكاديمي، بما يجعلهم قادرين على استيعاب النظم البيونيكية وتوظيفها في بناء المفهوم التصميمي.
2. تضمن مقرر «التصميم الداخلي 5» مشروعاً تصميمياً متكاملاً (تصميم استوديو إذاعي) تتنوع فيه متطلبات التهوية والإضاءة والصوت، بما يتيح قياس أثر النظم البيونيكية في أنسنة الفراغ والكفاءة الوظيفية.
3. تجانس أفراد العينة من حيث المستوى الدراسي والمقرر والمشروع، بما يعزز صدق المقارنة بين المجموعتين.

رابعاً: أدوات البحث

1. **الملاحظة الميدانية:** لرصد بيئة التعلم والأساليب المتبعة حالياً في التفكير التصميمي بجامعة طرابلس.
2. **التجربة العلمية (المحاضرة):** وهي المعالجة التجريبية المقدمة للمجموعة التجريبية حول دور النظم البيونيكية في أنسنة الفراغات (الشكل رقم 2، 3).
3. **استمارة طلب تحكيم أداة البحث:** لتحكيم استمارة تقييم الإنتاج الطلابي من قبل المحكمين المختصين (الشكل رقم 4).

4. **استمارة تقييم الإنتاج الطلابي:** الأداة الرئيسية لقياس تطور «الكونسبت» لدى الطلبة، ويستخدمها أعضاء هيئة التدريس بقسم الفنون - جامعة طرابلس لتقييم مشاريع الطلبة بعد التجربة (الشكل رقم 5).

خامساً: إجراءات البحث الخطوة الأولى: الملاحظة الميدانية

رصد وتحليل بيئة التعلم والأساليب المتبعة حالياً في التفكير التصميمي لدى طلبة الفصل الثامن بقسم التصميم الداخلي بجامعة طرابلس.

الخطوة الثانية: تحليل النظم الطبيعية (Bionic Analysis)

اختيار مجموعة من الأنظمة الحيوية في الطبيعة وتحويلها إلى بيانات هندسية وتصميمية قابلة للتطبيق، باستخدام برامج هندسية في تطوير البيانات (نموذج الذكاء الاصطناعي Notebook).



شكل رقم (1) تحليل النظم البيئية

الخطوة الثالثة: تصميم وتطوير المحتوى العلمي (المحاضرة العلمية)

إعداد المحاضرة العلمية المتخصصة للمجموعة التجريبية عن «دور النظم البيونية في أنسنة الفراغات»، والتي تضمنت:

- تعريف النظم البيونية ومستوياتها (الكائن، السلوك، النظام البيئي).
- تقديم مقارنات إستمولوجية (الحل التقليدي مقابل الحل البيوني المبتكر).
- تزويد الطلبة بالأدوات التحليلية لاستلهام المبادئ الحيوية (مثل خفة الوزن، والبنية الترتيبية، والإضاءة الحيوية).

دور النظم البيونية في أنسنة الفراغات الداخلية لتطوير المفهوم التصميمي (Concept)

من إعداد: آ. هيفاء مختار خفافة

ماهية النظم البيونية وفلسفة الأنسنة

تعد النظم البيونية (Bionics) العلم الذي يجمع بين الأحياء والتكنولوجيا، حيث يتم تطبيق الآليات والأنظمة الحيوية الموجودة في الطبيعة لتصميم أنظمة هندسية وتكنولوجية متطورة. تكمن أهمية هذا العلم في كونه إستراتيجية تفكير معرفي تنقل عقلية الطالب من "التشكيل العشوائي" إلى "التصميم المبرمج علمياً"، حيث يكتشف أن كل منحنى في الطبيعة له وظيفة محددة، والهدف الأسمى هو "أنسنة الفراغ" أي جعل الفراغ الداخلي يلبي الاحتياجات النفسية والجسدية والاجتماعية للمستخدم.

أولاً: تعريف النظم البيونية (Bionic Systems)

النظم البيونية هي نهج تصميمي يستلهم مبادئ الأنظمة البيولوجية والكائنات الحية في الطبيعة لتطبيقها في التصميم المعماري والداخلي، بهدف تحقيق كفاءة وظيفية وجمالية مستدامة.

محاكاة الطبيعة (Biomimicry): التصميم → المشكلة في الفراغ → الحل في الطبيعة → التطبيق في التصميم

المحور الأول: مستويات المحاكاة البيونية في التصميم

تعتمد البيونيكس على محاكاة الطبيعة ويتم تصنيف المحاكاة بناءً على عمق الاستلهام إلى ثلاثة مستويات:

1. المستوى الشكلي (Morphological): محاكاة الأشكال العضوية (كالقواقع وأوراق الشجر) لتحقيق قيم جمالية وكفاءة إنشائية.
2. المستوى الوظيفي/السلوكي (Functional): محاكاة "كيف يعمل" الكائن أو يستجيب لبيئته (كفتح المسام للتنريد).
3. مستوى النظام البيئي (Ecosystem): محاكاة دورة حياة كاملة خالية من المخلوقات لتحقيق لتحقيق أعلى معايير الاستدامة.

ثانياً: وظائف النظم البيونية في التصميم الداخلي

الوصف	الوظيفة
تقليل استهلاك الطاقة عبر محاكاة أنظمة التهوية الطبيعية في الكائنات الحية.	الاستدامة البيئية
تحسين توزيع الإضاءة والتهوية باستخدام أشكال مستوحاة من الطبيعة (مثل خلايا النحل).	الكفاءة الوظيفية
تعزيز الترابط بين الإنسان والطبيعة عبر دمج عناصر طبيعية مباشرة وغير مباشرة.	الراحة النفسية
تصميم مساحات قادرة على التكيف مع المتغيرات البيئية كالكتات الحية.	المرونة والتكيف
تقديم أشكال فريدة تجمع بين التكنولوجيا والجمال الطبيعي.	الابتكار الجمالي

ثالثاً: دور النظم البيونية في التصميم الداخلي

1. تحسين جودة البيئة الداخلية: استخدام أنظمة إضاءة طبيعية مستوحاة من انتشار الضوء في الغابات.
2. تعزيز الصحة والرفاهية: تقليل التوتر والقلق عبر محاكاة المشاهد الطبيعية، وتحسين جودة الهواء.

شكراً لحسن استماعكم

المحور الثاني: المنهجية الخماسية لتطوير 'الكونسبت' لدى الطالب
لتوجيه فكر الطالب نحو 'المحاكاة الوظيفية' بعيداً عن النسخ الشكلي السطحي، يجب اتباع الطالب خمس مراحل:

المرحلة 1: تحديد الاحتياج الإنساني: تحليل مشاكل المستخدم (توتر، ضجيج، ضيق).
المرحلة 2: الرصد البيونكي: البحث في "المختبر الطبيعي" عن كائن يحل مشكلة مشابهة.
المرحلة 3: التجريد المعرفي: تحويل الآلية الحيوية إلى مخططات ورموز هندسية (هنا يتشكل الكونسبت).
المرحلة 4: الصياغة الفراغية: ترجمة المخططات لعناصر ملموسة (قواطع، قواطع، إضاءة، أثاث).
المرحلة 5: التقييم والتحقق: قياس مدى نجاح التصميم في حل مشكلة المستخدم وأنسنة الفراغ.

المحور الرابع: الفراغات الانتقالية (أنسنة الحركة)
تُعامل الممرات كـ "مناطق تكيف فسيولوجي"؛ حيث يتم استهلاك "تدرج الكهوف" و"الغابات" لتهيئة حواس المستخدم (العين والجلد) تدريجياً عند الانتقال من البيئة الخارجية الصاخبة إلى البيئة الداخلية الهادئة، مما يمنع الصدمة البصرية والحرارية.

وأخيراً:
✓ الكفاءة الوظيفية المستمدة من حكمة الطبيعة.
✓ الجماليات العضوية التي تعزز الراحة النفسية.
✓ الاستدامة البيئية عبر تقليل الهدر واستغلال الموارد بذكاء.

شكراً لحسن استماعكم

شكل رقم (2)، (3) المحاضرة العلمية

الخطوة الرابعة: بناء وتطوير أداة البحث (استمارة التقييم)

- صياغة استمارة تقييم مشاريع الطلبة بناءً على أهداف البحث ومشكلته، لتشمل محورين:
1. **التقييم الكمي:** قياس مؤشرات تطور المفهوم التصميمي (التفكير التناظري، والتبرير العلمي للمفاهيم)، ومعايير أنسنة الفراغ، والكفاءة التقنية والوظيفية، والابتكار، على مقياس خماسي.
 2. **التقييم النوعي:** أسئلة مفتوحة لملاحظات المقيمين حول أنسنة الفراغ، والابتكار في المعالجات التقنية، والاستجابة للاحتياجات النفسية والجسدية للمستخدم (الشكل رقم 4).

استمارة التقييم والتحكيم

استمارة تقييم مشاريع طلبة الفصل الثامن

(من خلال أنسنة الفراغات وفق النظم البيونيكية)

عزيزي المحكم، يرجى وضع علامة (✓) في الخانة المناسبة:

مؤشرات التقييم (مستمدة من المشكلة والأهداف)

أولاً: التقييم الكمي

المحور الأول:

تطور المفهوم التصميمي (Concept)

1. مدى قدرة الطالب على صياغة فكرة تصميمية مبررة علمياً ومنطقياً باستخدام التفكير التناظري، من خلال استخلاص المنطق الوظيفي من النظام الطبيعي (النظم البيونيكية) ونقله كحل تصميمي لمعالجة المشكلة التصميمية، متجاوزاً التقليد أو المحاكاة الشكلية.
- ضعيف متوسط جيد جيد جداً ممتاز
- 5 □ 4 □ 3 □ 2 □ 1 □

المحور الثاني:

تحقيق معايير أنسنة الفراغ

1. مدى نجاح التصميم في الاستجابة للاحتياجات النفسية والجسدية للمستخدم من خلال دمج العناصر الحسية والطبيعية (النظم البيونيكية) بما يعزز الراحة والرفاهية ويحول الفراغ إلى تجربة إنسانية داعمة.

ضعيف متوسط جيد جيد جداً ممتاز

5 □ 4 □ 3 □ 2 □ 1 □

2. مدى انعكاس المعالجات التصميمية على تعزيز التفاعل الإنساني والانتماء للفراغ وتحسين جودة التجربة المكانية للمستخدم.

ضعيف متوسط جيد جيد جداً ممتاز

5 □ 4 □ 3 □ 2 □ 1 □

المحور الثالث:

كفاءة المعالجة التقنية والوظيفية

1. مدى قدرة الحلول التصميمية المقترحة على معالجة متطلبات التهوية والإضاءة والصوت بكفاءة وظيفية من خلال توظيف النظم البيونيكية في التصاميم.

ضعيف متوسط جيد جيد جداً ممتاز

5 □ 4 □ 3 □ 2 □ 1 □

دور النظم البيونيكية في تعزيز أنسنة الفراغات لتطوير المفهوم (الكونسبت) لدى طلبة التصميم الداخلي بجامعة طرابلس

2. مدى تكامل الحلول التقنية المقترحة مع الأداء الوظيفي للفراغ وقدرتها على تحقيق الاستدامة والكفاءة التشغيلية داخل التصميم.

ضعيف متوسط جيد جيد جداً ممتاز
1 □ 2 □ 3 □ 4 □ 5 □

المحور الرابع:

الابتكار في كسر الجمود الفراغي

1. مدى نجاح التصميم في إنتاج فراغات مرنة ومتفاعلة تحقق تدفقاً بصرياً ووظيفياً من خلال توظيف النظم الطبيعية كمصدر للابتكار.

ضعيف متوسط جيد جيد جداً ممتاز
1 □ 2 □ 3 □ 4 □ 5 □

الدرجة الكلية

30 /

ثانياً: التقييم النوعي

1. ما أبرز المظاهر التي تعكس تطور المفهوم التصميمي (Concept) في المشاريع المعروضة من خلال توظيف النظم البيونيكية؟ وما الجوانب التي تحتاج إلى تعزيز؟

2. ما المؤشرات التي ظهرت في المشاريع وأسهمت في تحقيق أنسنة الفراغ والاستجابة للأبعاد الإنسانية والنفسية والوظيفية للمستخدم؟

3. ما مدى انسجام المعالجات التقنية والوظيفية المقترحة مع متطلبات الأداء داخل الفراغ؟ وما أوجه القوة أو القصور الملحوظة في توظيف النظم البيونيكية؟

4. ما السمات الابتكارية التي برزت في المشاريع وأسهمت في تجاوز المعالجات التقليدية وإنتاج حلول فراغية أكثر مرونة وتفاعلية؟

شكل رقم (4) استمارة تقييم إنتاج طلابي

الخطوة الخامسة: تحكيم الأداة

عرض استمارة التقييم، مرفقة باستمارة طلب التحكيم، على المحكمين المختصين لضمان دقة المعايير وسلامة الأداة قبل البدء بعملية التقييم النهائي لمشاريع الطلبة.

طلب تحكيم

السادة أعضاء هيئة التدريس والمحكمون الأفاضل:

الأستاذ/ة:

نرجو من سيادتكم التكرم بمراجعة الاستمارة وتقييم بنودها وإبداء آرائكم العلمية وفق المعايير المحددة، بما يسهم في تعزيز جودة الأداة ودقة نتائج الدراسة البحثية الموسومة بـ:

«دور النظم البيونيكية في تعزيز أنسنة الفراغات لتطوير المفهوم التصميمي (Concept) لدى طلبة التصميم الداخلي بجامعة طرابلس»
لمشاريع طلبة الفصل الثامن بقسم التصميم الداخلي- جامعة طرابلس
إعداد الباحثة: أ. هيفاء مختار خفافة

تهدف هذه الدراسة إلى استكشاف أثر توظيف النظم البيونيكية بوصفها مدخلاً تصميمياً مستلهماً من الأنظمة الطبيعية في تطوير المفهوم التصميمي لدى طلبة التصميم الداخلي، وتعزيز قدرتهم على إنتاج حلول تصميمية أكثر ارتباطاً بالإنسان وأكثر استجابة للأبعاد الوظيفية والحسية داخل الفراغ.

وتستند الدراسة في إطارها المعرفي إلى النظم البيونيكية باعتبارها منهجاً تكاملياً يربط بين الطبيعة والتكنولوجيا، ويوظف المبادئ الحيوية في بناء تصورات تصميمية مبتكرة تسهم في تعزيز أنسنة الفراغات والارتقاء بجودة التجربة المكانية.

وقد تضمنت الدراسة تنفيذ تجربة تعليمية تطبيقية على (مشاريع طلبة مقرر التصميم الداخلي 5) الفصل الثامن بقسم التصميم الداخلي، واعتمدت على تقديم محتوى علمي وتطبيقي يوضح آليات استلهام النظم الطبيعية وتوظيفها في بناء المفهوم التصميمي (Concept)، بما يدعم التفكير التحليلي والابتكار في المعالجات التصميمية.

وقد صُممت الاستمارة المرفقة لتقييم المشاريع التصميمية للطلبة وفق مجموعة من المحاور الرئيسة التي تقيس: (تطور المفهوم التصميمي (Concept)، (مدى تحقيق معايير أنسنة الفراغ)، (كفاءة المعالجة التقنية والوظيفية)، (مستوى الابتكار في المعالجات الفراغية).

كما تتضمن الاستمارة قسمًا نوعيًا يتيح للمقيم تقديم ملاحظاته العلمية وتوصياته بشأن التجربة ومخرجاتها. وعليه، نتقدم إليكم بخالص الشكر والتقدير على تفضلكم بقبول تحكيم أداة البحث المتمثلة في استمارة تقييم هذه..

ملاحظة عامة للمحكمين : مفتاح التقييم - 1= ضعيف / 2= متوسط / 3. جيد / 4. جيد جداً / 5. ممتاز .

تقبلوا فائق الاحترام والتقدير

(الشكل رقم 5) طلب التحكيم

الخطوة السادسة: تنفيذ التجربة التعليمية في «تصميم استوديو إذاعي»

إلقاء المحاضرة العلمية على المجموعة التجريبية، وتطبيق المنهجية التفاعلية مع الطلبة لتحويل الاستوديو الإذاعي من فضاء تقليدي إلى مختبر للابتكار المستدام، في حين نفذت المجموعة الضابطة المشروع ذاته بالأساليب المعتادة.

الخطوة السابعة: متابعة صياغة المفهوم التصميمي

متابعة الطلبة أثناء صياغة المفهوم التصميمي (Concept) بناءً على المدخلات البيونية، مع التركيز على الانتقال من «المحاكاة الشكلية السطحية» إلى «المحاكاة الوظيفية الهيكلية».

الخطوة الثامنة: تقييم المشاريع النهائية

إجراء عملية التقييم للمشاريع النهائية لطلبة المجموعتين من قبل أعضاء هيئة التدريس بقسم الفنون - جامعة طرابلس، وفق المحاور المحددة في الاستمارة.

الخطوة التاسعة: جمع البيانات وتحليل النتائج

تفريغ البيانات المستخلصة من التقييم الكمي والنوعي، وحساب النسب المئوية والمتوسطات، واستخدام اختبار مان-ويتني (Mann-Whitney U) للكشف عن دلالة الفروق بين المجموعتين (Mann & Whitney, 1947)، لتحليل أثر التجربة في تنمية الفكر التصميمي، وتحديد الفوارق بين أداء المجموعة التجريبية والمجموعة الضابطة.

سادساً: عينة أعمال الطلبة

تم إجراء التجربة على مجموعتين (تجريبية وضابطة)، ولغرض التحليل المقارن والتوثيق المنهجي، تم اختيار نماذج من أعمال (مشاريع) كل مجموعة كمؤشر نوعي يعكس الفوارق في الأداء التصميمي، حيث تم توثيق هذه النماذج في الملاحق لتوضيح التباين بين:

1. أعمال المجموعة التجريبية: المشاريع التي طبقت المنهجية البيونية الواردة في المحاضرة، والتي أظهرت استجابة للمتغيرات البيونية (الشكل رقم 6، 7، 8).



دور النظم البيونية في تعزيز أنسنة الفراغات لتطوير المفهوم (الكونسبت) لدى طلبة التصميم الداخلي بجامعة طرابلس





شكل رقم (6,7,8) اعمال المجموعة التجريبية
2. أعمال المجموعة الضابطة: المشاريع التي أنجزت بالأساليب التقليدية، والتي استُخدمت كمرجع للمقارنة لتقييم أثر التدخل التعليمي (الشكل رقم 9,10,11,12).



دور النظم البيونيكية في تعزيز أنسنة الفراغات لتطوير المفهوم (الكونسبت) لدى طلبة التصميم الداخلي بجامعة طرابلس



شكل رقم (رقم 9، 10، 11، 12) اعمال المجموعة الضابطة

البيانات الإحصائية والنتائج

سيتم عرض وتحليل ومناقشة النتائج الكمية والنوعية المستخلصة من استمارات تقييم مشاريع طلبة الفصل الثامن، والتي ركزت على قياس أثر دمج «النظم البيونيكية» في تحقيق معايير أنسنة الفراغات الداخلية والكفاءة التقنية والابتكار، ومن أجل تحقيق قراءة علمية دقيقة ومقارنة، قُسمت عينة الدراسة إلى مجموعتين منفصلتين (بواقع 10 استمارات لكل مجموعة):

1. **المجموعة الأولى (التجريبية):** وتضم المشاريع التي خاض فيها الطلبة تجربة دمج النظم البيونيكية وتطبيقها، ومحاولة تطويعها مع الطراز المحلي داخل الاستوديوهات الإذاعية.

2. **المجموعة الثانية (الضابطة):** وتضم المشاريع المعالجة وفق الأدوات والمعايير التصميمية التقليدية المتعارف عليها، دون إدخال النظم البيونيكية.

أولاً: العرض الإحصائي للبيانات الكمية (التحليل المقارن)

جدول رقم (1): المقارنة الإحصائية للنسب المئوية بين المجموعة التجريبية والمجموعة الضابطة (ن = 30)
يوضح الجدول رقم (1) التوزيع الرقمي والنسب المئوية لتقديرات المحكمين عبر المحاور التصميمية الأربعة المعتمدة في أداة الدراسة، ويعقد مقارنة مباشرة بين المجموعتين، ويتبين منه ما يأتي:

المحور القياسي ومؤشر التقييم	خيارات القياس الرقمي	المجموعة الأولى (التجريبية)	المجموعة الثانية (الضابطة)
المحور الأول: تطور المفهوم التصميمي (Concept) – صياغة فكرة مبررة علمياً وتوظيف التفكير التناظري	ممتاز (5)	%60	%0
	جيد جداً (4)	%30	%0
	جيد (3)	%10	%0
	متوسط (2)	%0	%30
	ضعيف (1)	%0	%70
	ممتاز (5)	%60	%0
المحور الثاني: أنسنة الفراغ - المؤشر (1): الاستجابة للاحتياجات النفسية والجسدية للمستخدم عبر دمج العناصر الحسية	ممتاز (5)	%60	%0
	جيد جداً (4)	%30	%0
	جيد (3)	%0	%0
	متوسط (2)	%10	%80
	ضعيف (1)	%0	%20
	ممتاز (5)	%50	%0
المحور الثاني: أنسنة الفراغ - المؤشر (2): تعزيز التفاعل الإنساني والانتماء للفراغ وتحسين جودة التجربة المكانية	جيد جداً (4)	%40	%0
	جيد (3)	%0	%10
	متوسط (2)	%10	%30
	ضعيف (1)	%0	%60
	ممتاز (5)	%50	%0
	ممتاز (5)	%60	%0
المحور الثالث: الكفاءة التقنية والوظيفية – المؤشر (1): معالجة متطلبات التهوية والإضاءة والصوت بكفاءة وظيفية	جيد جداً (4)	%20	%0
	جيد (3)	%10	%30
	متوسط (2)	%10	%40
	ضعيف (1)	%0	%30
	ممتاز (5)	%60	%0

المحور الثالث: الكفاءة التقنية والوظيفية – المؤشر (2): تكامل الحلول التقنية مع الأداء الوظيفي للفراغ وتحقيق الاستدامة	ممتاز (5)	%60	%0
	جيد جداً (4)	%20	%0
	جيد (3)	%20	%0
	متوسط (2)	%0	%10
	ضعيف (1)	%0	%60
المحور الرابع: الابتكار وكسر الجمود الفراغي – إنتاج فراغات مرنة ومتفاعلة تحقق تدفقاً بصرياً ووظيفياً مستداماً	ممتاز (5)	%50	%0
	جيد جداً (4)	%50	%0
	جيد (3)	%0	%10
	متوسط (2)	%0	%40
	ضعيف (1)	%0	%50

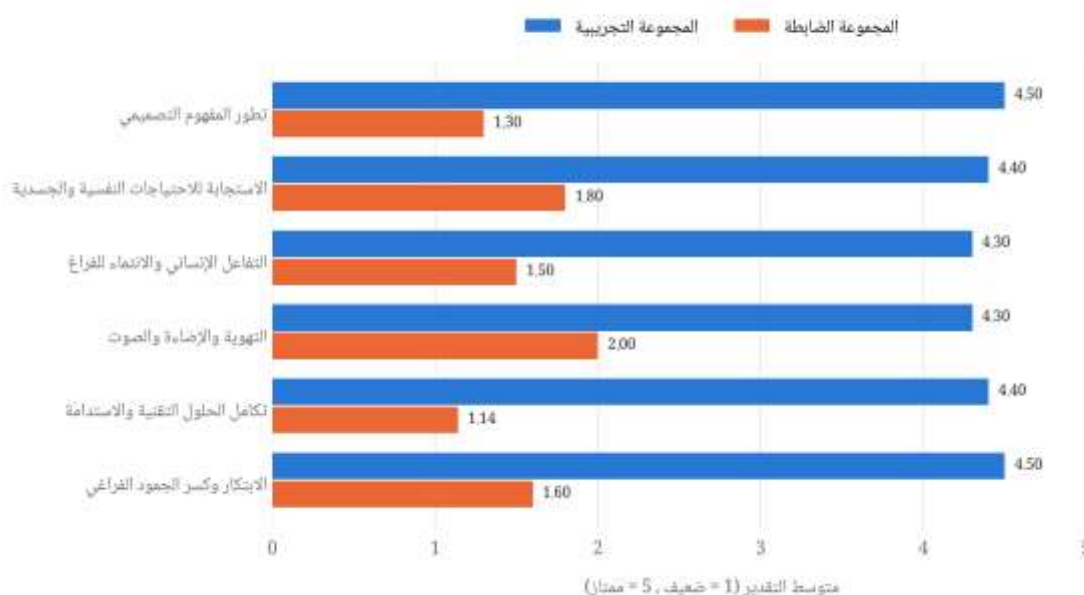
يوضح الجدول رقم (1) التوزيع الرقمي والنسب المئوية لتقديرات المقيمين عبر المحاور التصميمية الأربعة المعتمدة في أداة الدراسة، ويعقد مقارنة مباشرة بين المجموعتين، ويتبين منه ما يأتي:

دور النظم البيونيكية في تعزيز أنسنة الفراغات لتطوير المفهوم (الكونسبت) لدى طلبة التصميم الداخلي بجامعة طرابلس

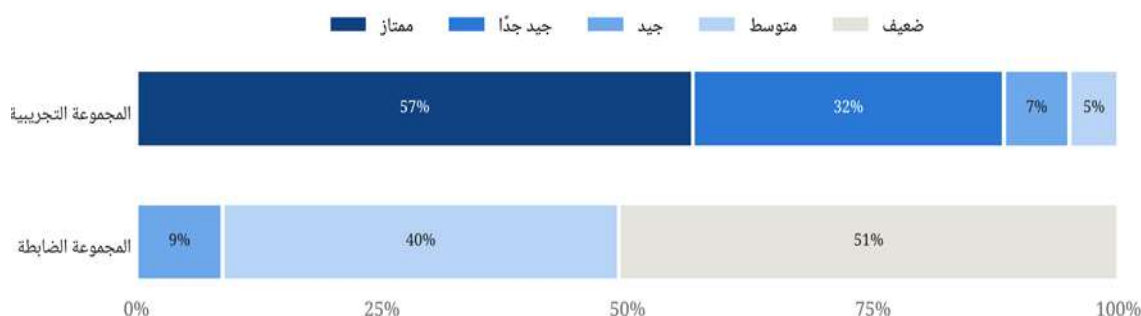
1. تطور المفهوم التصميمي: حصلت المجموعة التجريبية على تقديري (ممتاز وجيد جداً) بنسبة 90%، مقابل تمركز تقديرات المجموعة الضابطة في مستويي (ضعيف) بنسبة 70% و(متوسط) بنسبة 30%.
2. أنسنة الفراغ: بلغت نسبة تقديري (ممتاز وجيد جداً) لدى المجموعة التجريبية 90% في كلا المؤشرين، في حين جاءت تقديرات المجموعة الضابطة بين (متوسط) بنسبة 80% و(ضعيف) بنسبة 20% في مؤشر الاحتياجات النفسية والجسدية، وغلب عليها تقدير (ضعيف) بنسبة 60% في مؤشر التفاعل الإنساني والانتماء للفراغ.
3. الكفاءة التقنية والوظيفية: بلغت نسبة تقديري (ممتاز وجيد جداً) لدى المجموعة التجريبية 80% في كلا المؤشرين، مقابل تقديرات للمجموعة الضابطة تراوحت بين (جيد) و(ضعيف).
4. الابتكار وكسر الجمود الفراغي: حصلت جميع مشاريع المجموعة التجريبية (100%) على تقديري (ممتاز وجيد جداً)، مقابل (ضعيف 50%، متوسط 40%، جيد 10%) للمجموعة الضابطة. وبذلك تفوقت المجموعة التجريبية في جميع المحاور والمؤشرات، في حين لم تحصل المجموعة الضابطة على أي من تقديري (ممتاز وجيد جداً) في أي مؤشر.

ويوضح الشكلان (13) و(14) هذه الفروق بيانياً كما يلي:

شكل (1): متوسط تقديرات المحكمين لمؤشرات التقييم في المجموعتين



شكل (2): التوزيع الإجمالي لتقديرات المحكمين على مستويات التقييم في المجموعتين



وللتحقق من دلالة الفروق بين المجموعتين، استُخدم اختبار مان-ويتني (Mann-Whitney U) اللامعلمي، لملاءمته للعينات المستقلة صغيرة الحجم والبيانات الرتبية (Mann & Whitney, 1947)، وجاءت نتائجه كما في الجدول رقم (2):

المؤشر	متوسط التجريبية	متوسط الضابطة	قيمة U
تطور المفهوم التصميمي	4.50	1.30	100.0
الاستجابة للاحتياجات النفسية والجسدية	4.40	1.80	96.0
التفاعل الإنساني والانتماء للفراغ	4.30	1.50	97.5
معالجة التهوية والإضاءة والصوت	4.30	2.00	93.5
تكامل الحلول التقنية والاستدامة (ن الضابطة = 7)	4.40	1.14	70.0
الابتكار وكسر الجمود الفراغي	4.50	1.60	100.0

يتضح من الجدول رقم (2) أن الفروق بين المجموعتين دالة إحصائياً عند مستوى (0.001) لصالح المجموعة التجريبية في جميع المؤشرات، إذ تراوحت متوسطات المجموعة التجريبية بين (4.30) و(4.50) من (5)، مقابل (1.14) و(2.00) للمجموعة الضابطة.

تحليل البيانات النوعية الوصفية:

يتناول هذا القسم تصنيف وتحليل المحتوى النصي المفتوح والملاحظات المدونة بخط يد المحكمين في الاستمارات، لتفسير الاتجاهات خلف التقديرات الرقمية، وقد جاءت هذه الملاحظات متسقة مع النتائج الكمية ومؤكد لها.

1. تحليل اتجاهات المجموعة الأولى (التجريبية)

أظهرت الملاحظات الوصفية للمحكمين تقييماً إيجابياً لهذه المجموعة من حيث التوجه المعرفي والمخرج التصميمي، وتتلخص أبرز المؤشرات النوعية في الآتي:

1. تطور المفهوم والهوية: أجمع المقيمون على وجود تطور ملموس في صياغة الأفكار التصميمية، مشيدين بقدرة الطلبة على استخدام «الطراز المحلي الليبي» وتبسيط مفرداته التقليدية وتحويلها بنجاح إلى خطوط هندسية معاصرة تتداخل مع المنطق البيونيك، وهو ما يفسر ارتفاع تقديرهم في محور تطور المفهوم التصميمي.
2. الأنسنة والمرونة الفراغية: رصدت الاستثمارات كفاءة واضحة في تلبية الجوانب النفسية والجسدية للمستعملين، من حيث تخصيص أماكن مناسبة للعاملين وضيوف البرامج، وتوفير مرونة عالية تتيح إعادة توزيع الفراغات لأكثر من غرض بيئي ووظيفي، بما ينسجم مع تفوقهم في محوري أنسنة الفراغ والابتكار.
3. توزيع النظم الطبيعية وظيفياً: تُظهر نماذج الأعمال (الملحق رقم 4) توزيع مبادئ طبيعية لأغراض وظيفية محددة، كتوزيع سعف النخيل لكسر الموجات الصوتية وتحسين نقاء الصوت، واستتباب تموجات الجدار من الطبيعة الصخرية للجبال للمحافظة على التبريد، واستلهم ورقة نبات الخبيرة لتحسين الإضاءة والصوت، واستلهم أمواج البحر لتوزيع الإضاءة والطحالب البحرية لزيادة التبريد.
4. القصور المرصود: انحصر النقد النوعي الموجه لهذه المجموعة في جانب وظيفي تشغيلي محدد، هو «آلية تنظيم حركة الجمهور»، حيث أشار المحكمون إلى حاجة المشاريع إلى تعزيز حلول «الفترة والاستقبال» عند المداخل لمنع الازدحام.

2. تحليل اتجاهات المجموعة الثانية (الضابطة)

على العكس، اتسمت تعليقات المقيمين المكتوبة تجاه هذه المجموعة بطابع نقدي فيما يتعلق بالجانب المفاهيمي والتطويري، وتتلخص في الآتي:

1. غياب المفهوم المستحدث: أكد المقيمون صراحة أنه «لا يظهر أي مظهر يعكس تطور المفهوم التصميمي المعاصر باستخدام النظم البيونيكية»، وأن المؤشرات المطلوبة غير موجودة أو موجودة بشكل شكلي داخل المشاريع، وهو ما يتسق مع انخفاض تقديرهم في محور تطور المفهوم.

2. نمطية المعالجات: اتفقت الآراء النوعية على غياب السمات الابتكارية والتفاعلية، واعتماد المشاريع بشكل كلي على المعالجات التقليدية النمطية في التصميم الداخلي، دون تقديم حلول مرنة تكسر جمود الكتلة.

3. نقاط القوة الوصفية: انحصرت إشادة المقيمين بالمجموعة الضابطة في مظهر واحد، هو الالتزام بالمعايير الهندسية القياسية والقياسات الأنثروبومترية اللازمة لراحة المستعملين، والاعتماد على مفردات التصميم المحلي التقليدي دون مخاطرة.

مناقشة النتائج:

تكشف النتائج الكمية والنوعية، في اتساقها، عن تفوق واضح للمجموعة التجريبية على المجموعة الضابطة في جميع محاور التقييم، بفروق دالة إحصائية عند مستوى (0.001)، وتناقش فيما يأتي في ضوء الإطار النظري والدراسات السابقة.

1. تطور المفهوم التصميمي

يُعزى تفوق المجموعة التجريبية في هذا المحور (4.50 مقابل 1.30) إلى أن المحاضرة العلمية زوّدت الطلبة بآلية التفكير التناظري، التي تقوم على نقل المبادئ والعلاقات البنوية من مجال مصدر إلى مجال هدف (Gentner, 1983)، فانتقلوا من «نقل الشكل» إلى «محاكاة المبدأ» (Bakr et al., 2024). وتتفق هذه النتيجة مع ما توصلت إليه شهدة (2019) من أن المحاكاة الحيوية أحدثت طفرة في جودة مخرجات الطلاب وطوّرت مهاراتهم التحليلية، ومع ما بيّنه كاساكين وغولشميت (Casakin & Goldschmidt, 1999) من أن تزويد الطلبة بمصادر تناظرية يحسن أداءهم في حل المشكلات التصميمية.

2. أنسنة الفراغ

تتسم نتائج هذا المحور (4.40 و 4.30 مقابل 1.80 و 1.50) مع طرح ألكسندر (Alexander et al., 1977) بأن الفراغات الناجحة هي التي تستجيب للأنماط السلوكية والاحتياجات النفسية للمستخدمين، ومع رؤية غيل (Gehl, 2011) التي تضع الإدراك الحسي والاحتياجات الاجتماعية في مقدمة أولويات التصميم، ويمكن تفسير ذلك بأن النظم البيونيكية، بما تحمله من مبادئ التكيف والاستجابة، قدمت للطلاب نموذجاً لفراغ «حي» يتفاعل مع مستخدميه.

3. الكفاءة التقنية والوظيفية

تُظهر نماذج أعمال المجموعة التجريبية أن تفوقها في هذا المحور (4.30 و 4.40) جاء من توظيف مبادئ وظيفية مستمدة من الطبيعة لمعالجة الصوت والإضاءة والتبريد، لا من مجرد استعارة أشكالها، وهو تطبيق لمستويي «الكائن» و«السلوك» من مستويات المحاكاة (عامر، 2019؛ Pedersen Zari, 2007)، وتجسيد لرؤية بينيوس (Benyus, 1997) للطبيعة بوصفها «مختبراً للبحث والتطوير».

4. الابتكار وكسر الجمود الفراغي

تتفق نتيجة هذا المحور (4.50 مقابل 1.60) مع ما توصل إليه أكجاوفا (Akçaoğlu, 2023) من آراء إيجابية حول أثر المحاكاة الحيوية في التفكير الإبداعي لطلبة التصميم الداخلي. ويمكن تفسيرها تربوياً في ضوء دورة التعلم التجريبي لكولب (Kolb, 1984)، إذ مرّ طلبة المجموعة التجريبية بمراحل التجربة الملموسة (ملاحظة الطبيعة)، والملاحظة التأملية (تحليل مبادئها)، والتجريد المفاهيمي (استخلاص قوانينها)، والتجريب النشط (توظيفها في تصميم الاستوديو).

5. الهوية المحلية وجوانب القصور

من النتائج اللافتة قدرة طلبة المجموعة التجريبية على دمج مفردات الطراز المحلي الليبي مع المنطق البيونيك، بما يدل على إمكانية التكامل بين مصدري الطبيعة والتراث في مفهوم تصميمي واحد (Antoniades, 1990)، وهي إضافة يتميز بها البحث الحالي عن الدراسات السابقة التي أجريت في بيئات مصرية وتركية في المقابل، يشير القصور المرصود في تنظيم حركة الجمهور إلى أن تركيز الطلبة على تجريد المفاهيم البيونيكية قد يأتي أحياناً على حساب بعض الجوانب التشغيلية، مما يؤكد ضرورة ربط تدريس النظم البيونيكية بالمتطلبات الوظيفية للفراغ.

النتائج في ضوء فرضيات البحث

1. تحققت الفرضية الرئيسة والفرضية الفرعية الأولى، إذ أظهرت النتائج أن دمج النظم البيونيكية أسهم في تطوير الفكر التصميمي ورفع كفاءة المخرج التصميمي مقارنةً بالأساليب المعتادة.

2. تحققت الفرضية الفرعية الثانية جزئياً، في حدود ما قاسته الأداة من مؤشرات الابتكار وتطور المفهوم، إذ لم تتضمن الأداة قياساً مستقلاً لكل من الطلاقة والأصالة.

3. تحققت الفرضية الفرعية الثالثة، إذ جاءت الفروق في جودة الحلول التصميمية دالة إحصائياً لصالح المجموعة التي وظّفت آليات المحاكاة الحيوية.

التوصيات:

تثبت نتائج البحث أن توظيف النظم البيونيكية في تعليم التصميم الداخلي بجامعة طرابلس يسهم إسهاماً فاعلاً في تطوير المفهوم التصميمي، وتعزيز أنسنة الفراغ، ورفع كفاءة الحلول التقنية والوظيفية ومستوى الابتكار فيها، مع ضرورة ربط هذا التوجه بالمتطلبات الوظيفية والتشغيلية للفراغ، وفي ضوء ذلك يوصي البحث بما يأتي:

1. ضرورة دمج النظم البيونيكية بشكل منهجي ضمن مناهج التصميم الداخلي في الجامعات الليبية، وخاصة في مقررات الاستوديو، مع ربطها بالمتطلبات الوظيفية والتشغيلية للفراغ.
2. تزويد الطلبة بأدوات تقنية تسد الفجوة بين تجريد الفكرة البيونيكية ومتطلبات الأداء الوظيفي، كتتظيم الحركة وحلول الاستقبال.
3. تطوير استوديوهات التصميم لتكون بيئات تفاعلية تربط بين العلوم الحيوية والتصميم المعماري والداخلي.
4. تدريب أعضاء هيئة التدريس على تطبيق منهجيات المحاكاة الحيوية وتفعيلها في العملية التعليمية.
5. اعتماد أدوات تقييم تجمع بين القياس الكمي والنوعي لقياس تطور المفهوم التصميمي وأنسنة الفراغ.
6. تشجيع استخدام التقنيات الحديثة، مثل الذكاء الاصطناعي، لدعم استلهام الحلول من الطبيعة وتحليلها.
7. إجراء دراسات مستقبلية تعتمد القياس القبلي والبعدى وعينات أكبر، وتطبيق النظم البيونيكية على مجالات تصميمية أخرى، وتقيس أثرها في مؤشرات الإبداع كالطلاقة والأصالة بأدوات مستقلة

قائمة المراجع:

1. Benyus, J. M. (1997). *Biomimicry: Innovation inspired by nature*. William Morrow.
2. ورد، ي. ع. ع.، وحسين، ع.، ويوسف، أ. م.، وطنطاوي، ض.، وليبيب، أ. م. (2024). المحاكاة الحيوية كأيدولوجية تفكير تناظري في التصميم المعماري والداخلي. مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية، 9(43)، 64-98. https://mjaf.journals.ekb.eg/article_213149.html
3. Piaget, J. (1970). *Genetic epistemology*. Columbia University Press.
4. Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
5. Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice-Hall.
6. Amer, N. (2019). Biomimetic approach in architectural education: Case study of 'Biomimicry in Architecture' course. *Ain Shams Engineering Journal*, 10(3), 499–506. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2018.11.005>
7. Shahda, M. M. (2019). Biomimicry as a tool to enhance the skills of architecture students in understanding construction systems. *Architecture Research*, 9(5), 126–142. <https://doi.org/10.5923/j.arch.20190905.02>
8. Akçaova, A. (2025). The role of biomimicry in interior design education and structural forms. *The Journal of Social Science*, 9(18), 195–203. <https://doi.org/10.30520/tjsosci.1742023>
9. Fuller, R. B. (1969). *Operating manual for spaceship earth*. Southern Illinois University Press.
10. Alexander, C., Ishikawa, S., Silverstein, M., Jacobson, M., Fiksdahl-King, I., & Angel, S. (1977). *A pattern language: Towns, buildings, construction*. Oxford University Press.
11. Mann, H. B., & Whitney, D. R. (1947). On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *The Annals of Mathematical Statistics*, 18(1), 50–60. <https://doi.org/10.1214/aoms/1177730491>
12. أبو العال، أميرة سعودي محمد. (2017). المحاكاة البيولوجية وتطبيقاتها في الشكل المعماري والعمارة الداخلية. <https://doi.org/10.12816/0038024> مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية، 7(1)، 1-14.
13. Gehl, J. (2011). *Life between buildings: Using public space* (J. Koch, Trans.). Island Press.
14. عبد الفتاح، محمد أحمد. (2018). علم البيئة والأسس البيئية. دار الفكر العربي.
15. Biomimicry Institute. (n.d.). *The biomimicry process*. Biomimicry Toolbox. Retrieved October 6, 2026, from <https://toolbox.biomimicry.org/methods/process/>
16. Gentner, D. (1983). Structure-mapping: A theoretical framework for analogy. *Cognitive Science*, 7(2), 155–170. https://doi.org/10.1207/s15516709cog0702_3

- .17Pawlyn, M. (2016). *Biomimicry in architecture* (2nd ed.). RIBA Publishing.
- .18Kilmer, R., & Kilmer, W. O. (2014). *Designing interiors* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- .19Lawson, B. (2006). *How designers think: The design process demystified* (4th ed.). Architectural Press.
- .20Dorst, K., & Cross, N. (2001). Creativity in the design process: Co-evolution of problem–solution. *Design Studies*, 22(5), 425–437. [https://doi.org/10.1016/S0142-694X\(01\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S0142-694X(01)00009-6)
- .21Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. Basic Books.
- .22Cross, N. (2011). *Design thinking: Understanding how designers think and work*. Berg.
- .23Oxman, R. (2004). Think-maps: Teaching design thinking in design education. *Design Studies*, 25(1), 63–91. [https://doi.org/10.1016/S0142-694X\(03\)00033-4](https://doi.org/10.1016/S0142-694X(03)00033-4)
- .24Casakin, H., & Goldschmidt, G. (1999). Expertise and the use of visual analogy: Implications for design education. *Design Studies*, 20(2), 153–175. [https://doi.org/10.1016/S0142-694X\(98\)00032-5](https://doi.org/10.1016/S0142-694X(98)00032-5)
- .25Antoniades, A. C. (1990). *Poetics of architecture: Theory of design*. Van Nostrand Reinhold.
- .26Steadman, P. (2008). *The evolution of designs: Biological analogy in architecture and the applied arts* (Rev. ed.). Routledge.
- .27Kellert, S. R., Heerwagen, J. H., & Mador, M. L. (Eds.). (2008). *Biophilic design: The theory, science, and practice of bringing buildings to life*. John Wiley & Sons.
- .28Fathy, H. (1973). *Architecture for the poor: An experiment in rural Egypt*. University of Chicago Press.
- .29Rapoport, A. (1969). *House form and culture*. Prentice-Hall.
- .30Pedersen Zari, M. (2007). Biomimetic approaches to architectural design for increased sustainability. In *Proceedings of the SB07 New Zealand Sustainable Building Conference* (Paper No. 033). Auckland, New Zealand. https://www.academia.edu/81078522/Biomimetic_approaches_to_architectural_design_for_increased_sustainability
- .31Brown, T. (2008). Design thinking. *Harvard Business Review*, 86(6), 84–92. <https://hbr.org/2008/06/design-thinking>
- .32Guilford, J. P. (1950). Creativity. *American Psychologist*, 5(9), 444–454. <https://doi.org/10.1037/h0063487>