مجلـــة العلـــوم التربـــوية والدراســـات الإنســـانيـــة
Humanities and Educational Sciences Journal
ISSN: 2709-0302 (online)
ISSN: 2617-5908 (print)

تطوير تصميم وحدة إضاءة باستخدام مفهوم البيوميمكري بفنادق الوطن العربي: "المشكاة المضيئة"(*)

د/ خلود عثمان الجار الله
أستاذ مساعد تصميم المنتجات
جامعة الاميرة نوره بنت عبد الرحمن - السعودية
Kloaljarallah@pnu.edu.sa

*) تاريخ تسليم البحث 14/7/2025 تاريخ قبوله للنشر 23/9/2025
*) موقع المجلة: http://hesj.org/ojs/index.php/hesj/index

تطوير تصميم وحدة إضاءة باستخدام مفهوم البيوميمكري بفنادق الوطن العربي: "المشكاة المضيئة"

د/ خلود عثمان الجارالله
أستاذ مساعد تصميم المنتجات
جامعة الاميرة نوره بنت عبد الرحمن - السعودية

الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تطوير تصميم وحدات الإضاءة باستخدام مفهوم البيوميمكري في فنادق الوطن العربي نظرًا لأهمية الإضاءة وتأثيرها كعنصر حيوي في جودة البيئة المحيطة ومعدلات استهلاك الطاقة وتحسين تجربة النزلاء في ظل التحديات المناخية والبيئية المحيطة.

وتقدمت الدراسة استعراضًا لكيفية استلهام تصميم لوحدة إضاءة بيوميمكرية مستوحاة من تقنيات الطبيعية؛ وبيان أثر ذلك على تجربة النزلاء(الضيوف) من حيث القيم الجمالية، وكذلك الأثر الوظيفي للتصميم على المستثمرين (مقدمي الضيافة) من الناحية الاقتصادية من حيث (مستوى استهلاك الطاقة، التكلفة التصنيعية، والتكلفة التشغيلية)، وتقديم توصيات عملية للمصممين.

واستخدمت الدراسة منهج (المسحي الوصفي التحليلي) لتقييم أثر مدى تقبّل البيئات الفندقية كمستثمرين ونزلاء للتصميم المقترح من حيث (الجمالية، الكفاءة، الجدوى الاقتصادية)، وذلك من خلال استخدام (الاستبانة الإلكترونية) كأداة دراسة مسحية، من خلال استخدام (العينة القصدية) لعواصم مختارة، تمثلت في خمسة عواصم عربية: (الرياض، القاهرة، دبي، الدوحة، الرباط) بواقع خمسة فنادق لكل دولة، بواقع مشاركان من كل فندق (مقدم الضيافة/ نزيل الضيافة)، فكان حجم العينة النهائية هو(50) مشارك، وبتحليل البيانات الإحصائية، توصلت الدراسة لنتيجة رئيسية: إن التصميم المقترح لوحدة الإضاءة البيوميمكرية يعزز الاستدامة، ويساهم في خفض التكلفة التصنيعية والتشغيلية، وتحقق زيادة رضا النزلاء بما يدعم العملية التسويقية لقطاع الفنادق وبناء على ذلك أوصت الباحثة بأهمية ذلك النوع من التصميمات داخل الفنادق.

الكلمات المفتاحية: تصميم المنتجات، وحدات الإضاءة، البيوميمكري، الفنادق، الاستدامة.

Development of Lighting Unit Designs Using the Concept of Biomimicry in Hotels of the Arab World

Dr. Kholoud Othman Al-Jarallah
Assistant Professor product design
Princess Norah Bint Abdulrahman University, Saudi Arabia

Abstract

This study aims to develop lighting unit designs using the concept of biomimicry in hotels across the Arab world, given the importance of lighting and its impact as a vital element on the quality of the surrounding environment, energy consumption rates, and the enhancement of guest experiences amid existing climatic and environmental challenges.

The research presents an exploration of how to derive a biomimetic lighting unit inspired by natural systems, highlighting its effect on guest experience in terms of aesthetic values, as well as its functional impact on investors (hospitality providers) from an economic perspective, including energy consumption, manufacturing costs, and operational costs. Furthermore, it offers practical recommendations for designers.

The study employed the descriptive-analytical survey method to assess the extent to which hotel environments-both investors and guests—accept the proposed design in terms of aesthetics, efficiency, and economic feasibility. Data were collected through an online questionnaire, applied to a purposive sample across five selected Arab capitals: Riyadh, Cairo, Dubai, Doha, and Rabat. Five hotels were chosen from each city, with two participants per hotel (a hospitality provider and a guest), resulting in a final sample size of 50 participants.

Through statistical analysis, the study reached a main conclusion: the proposed biomimetic lighting design enhances sustainability, contributes to reducing both manufacturing and operational costs, and increases guest satisfaction-thereby supporting the marketing process of the hotel sector. Based on these findings, the researcher recommends the integration of such designs within hotels.

Keywords: Product Design, Lighting Units, Biomimicry, Hotels, Sustainability.

مقدمة الدراسة:

يُعَدّ التصميم البيوميمكري من الاتجاهات الحديثة في مجال الإبداع والابتكار، حيث يستلهم حلول من الطبيعة ويحوّلها إلى تطبيقات عملية تخدم الإنسان والبيئة معًا، فالطبيعة، عبر ملايين السنين من التطور، قدّمت نماذج مثالية في الكفاءة، والاستدامة، والانسجام مع المحيط، ومن خلال محاكاة هذه النظم الطبيعية يمكن ابتكار تصاميم تحقق التوازن بين الجمال والوظيفة، وبين الراحة وكفاءة استهلاك الموارد، وقد أثبت هذا النهج قدرته على تقديم حلول متنوعة في مجالات شتى، الأمر الذي يجعله أساسًا واعدًا لتطوير منتجات وتصاميم تلبي احتياجات المجتمعات المعاصرة وتنسجم مع متطلبات التنمية المستدامة.

ويمكن توظيف مفهوم البيوميمكري في تطوير تصميم أنظمة الإضاءة التقليدية من خلال استلهام آليات توزيع الضوء وكفاءة استهلاكه، مثل طريقة انكسار الضوء في القواقع أو تدرجه "المشكاة المضيئة"، هذا النهج يتيح إنتاج وحدات إضاءة أكثر كفاءة، تُحقق وفرًا في استهلاك الطاقة وتُعزز الراحة البصرية، وعند إسقاط ذلك على قطاع الفنادق، يمكن تطوير تصميم وحدات إضاءة مبتكرة لا تُضيء المكان فحسب، بل تُسهم في خلق تجربة ضيافة مميزة تتناغم مع الطابع الثقافي والجمالي للمكان، وبذلك تُصبح الإضاءة عنصرًا وظيفيًا وجماليًا يعزز استدامة الفندق ويرفع من جاذبيته للزوار، حيث أن التصميم الداخلي للفنادق هو أحد العوامل الحاسمة في تشكيل تجربة النزيل وبناء الانطباع الأول الذي قد يدوم طويلًا بعد مغادرة الفندق، فالفنادق لم تعد مجرد مكان إقامة مؤقتة للمضطرين، بل أصبحت قطاعًا متعدد الوظائف والأدوار، حتى باتت الفنادق علامات تجارية، تهدف إلى تُجسد الهوية البصرية والعاطفية للعلامة، وتعكس مستوى الراحة والفخامة والخدمات المقدمة.

ومن خلال المزج الذكي بين الجماليات، والوظائف العملية، والعناصر الثقافية، تسهم التصميمات الداخلية للفنادق في تحويل الفندق إلى وجهة بحد ذاته، وتترك أثرًا بصريًا وعاطفيًا وتجربة متكاملة، فلم تعد الفخامة تقتصر على المواد الثمينة أو التقنيات المتقدمة، بل أصبحت تشمل قدرة الفندق على إحياء العمق الثقافي (غازي عرفة،2016، ص17).

وجاء البيوميمكرى كفرع من فروع المعرفة يسعى لتحقيق الاستدامة، ورفع كفاءة المنتجات، وتقليل الخامات، والتكاليف، وتقديم حلول تصميمية مبتكرة تجعلها تحتفظ بكيانها في الأسواق محليًا وعالميًا، لذا فالمصممون دائمًا ما يبحثون عن الإلهام، لمواجهة التحديات وحل المشكلات، ولما كانت الطبيعة مصدر استلهام، ونبع لا ينضب من الأفكار التي يمكن أن يستلهم منها المصمم الصناعي، ويبتكر ما هو جديد، بما يحقق رفاهية البشرية وسد احتياجاتها من المنتجات من خلال استنباط ديناميكيات عمل الأشكال الحيوية وتقليدها، والهدف في النهاية هو انتاج منتجات يمكنها التكيف والبقاء على الارض؛ لذا تتمثل أهمية استخدام البيوميمكري في التصميم في عدة جوانب، **أبرزها:**

- **تحسين الكفاءة:** يمكن تحسين كفاءة المنتجات بشكل كبير من خلال استلهام الحلول الطبيعية، على سبيل المثال تم تطوير مواد جديدة مستوحاة من جلد سمكة القرش، مما أدى إلى تقليل مقاومة الماء وزيادة السرعة في التطبيقات البحرية (Miller, J. & Smith, R., 2022).

- **تقليل الأثر البيئي**: يساعد استخدام المواد والتقنيات المستوحاة من الطبيعة على تقليل النفايات واستخدام الموارد بشكل أكثر فعالية، فمثلًا يمكن تصميم وحدات الإضاءة باستخدام مواد قابلة للتحلل أو إعادة التدوير أو تحسين الإضاءة أو تقليل الطاقة المستهلكة (Hawken, 1999).
- **تعزيز الابتكار**: يوفر البيوميمكري مصدرًا غنيًا لإلهام المصممين والمهندسين، مما يعزز الابتكار ويؤدي إلى حلول جديدة وغير تقليدية للتحديات المعاصرة (غازي عرفة، 2016، ص32).

وتطبيقًا لما سبق في الإضاءة الداخلية للفنادق حيث أنها من أهم المكونات الجوهرية في تصميم الفنادق، إذ لا تقتصر وظيفتها على توفير الإضاءة الكافية فحسب، بل تمتد لتؤثر بعمق في عدة أبعاد متكاملة، فمن الناحية الوظيفية، تُسهم الإضاءة في ضمان راحة النزلاء أثناء استخدام المرافق المختلفة، وتسهيل حركة العاملين، وتحقيق مستويات مناسبة من الأمان والسلامة داخل أروقة الفندق، أما من الناحية الجمالية والنفسية، فإنها تلعب دورًا بارزًا في صياغة الانطباع الأول لدى الزائر، وفي خلق أجواء مميزة ترتبط بالراحة والهدوء أو بالفخامة والرفاهية، وفقًا لطبيعة التصميم والإخراج البصري، وبالتالي، فإن الإضاءة لا تُعَد مجرد عنصر تقني، بل هي وسيلة استراتيجية لإثراء تجربة النزلاء وتعزيز تنافسية الفندق في سوق الضيافة.

وقد تم تطبيق مبادئ البيوميمكري بطرق مختلفة في مجال الفنادق؛ على سبيل المثال، استخدمت بعض الفنادق تصميمات مستوحاة من الطبيعة لتحسين كفاءة الطاقة وتقليل الأثر البيئي، ووفقًا لدراسة أجرتها "Green Hotelier"، فإن (45%) من الفنادق التي اعتمدت تقنيات بيوميمكرية شهدت انخفاضًا بنسبة (25%) في استهلاك الطاقة (Green Hotelier, 2023)، وهنا يبرز منهج البيوميميكري كأحد التوجهات الحديثة التي لاقت اهتمامًا واسعًا في مجالات التصميم والهندسة المعمارية.

وفي هذا السياق، تبرز فكرة "المشكاة المضيئة" كرمز معماري وروحي يُعيد الاتصال بجذور التصميم التراثي الإسلامي، ويمنح الفراغات المعمارية لمسة من الجمال الساكن والرمزية العميقة، حيث أنه من خلال التوازن في التصميم بين الوظيفة والجمال؛ كعنصر تراثي يضفي بُعدًا وجدانيًا وعمقًا بصريًا فريدًا، فإن توظيف المشكاة– بما تحمله من رمزية دينية وثقافية—— وما تعنيه من إضاءة بيوميمكرية حقيقية، لا يمكن اعتباره مجرد تفصيل زخرفي، بل هو تحوُّل فني يمزج بين كفاءة الوظيفة الضوئية والدفء البصري، والإشراقة الروحية، ليخلق أجواءً مفعمة بالسكينة والرقي والخيال.

مشكلة وتساؤلات الدراسة:

على الرغم من التطورات الكبيرة لمجال التصميم في شتى المجالات، الا إن اغلب هذه التصاميم تتسم بطابع عالمي موحد يفتقر إلى التميز الثقافي والهوية المحلية، وفي خضم السعي نحو استخدام الإضاءة الصناعية المتقدمة لتوفير الراحة البصرية، يتم تجاهل حلول الإضاءة الطبيعية والموروثات المعمارية التي أثبتت فعاليتها لقرون، وهو ما يعبر عن ضعف الارتباط بالطبيعة والهوية الثقافية، فضلًا عن الاعتماد المفرط على الأنظمة الصناعية للإضاءة دون الاستفادة من الحلول الطبيعية والمستدامة، ومن هنا تنبع الحاجة إلى تطوير حلول تصميمية مستوحاة من الطبيعة والتراث المحلي (عبد الرحمن، دعاء محمد، وآخرون، 2019، ص187).

ومع التحديات المتزايدة التي يشهدها القطاع الفندقي في ظل التحولات الاقتصادية والبيئية، برزت الحاجة إلى اعتماد مناهج تصميمية مبتكرة تضمن التوفيق بين الكفاءة الوظيفية من جهة، والاستدامة والجاذبية الجمالية من جهة أخرى حيث التطور السريع في الاقتصاد، وعالم المنتجات، وكذلك الضغوط البيئية؛ من حيث التنافسية، ومستوى جودة الخدمة، وتكاليف الخدمات، لا سيما أسعار الطاقة وحجم استهلاكها، والتكاليف الإنشائية والتصنيعية والتشغيلية للمنتجات والخدمات وإن كانت هي بمعادلة شديدة التعقيد مما فُرض على الفنادق أن تعيد حساباتها وتعيد ترتب أوضاعها، حتى تتماشى مع هذا التطور ومع تلك الضغوط التنافسية؛ لذا كان لابد من البحث عن وسيلة للتصدي لكل هذه المشكلات، لتحقيق التنافسية والاستدامة.

ومن جهة أخرى، فإن الاعتماد المفرط على الإضاءة الكهربائية في الفنادق يؤدي إلى زيادة استهلاك الطاقة، وارتفاع التكاليف التشغيلية، إلى جانب الآثار البيئية السلبية، كما أن كثيرًا من التصاميم الحديثة لا تضع في اعتبارها الأبعاد الصحية أو النفسية والروحية للإضاءة والتي تلعب دورًا هامًا في تحسين تجربة المستخدم.

و في هذا السياق، تبرز الحاجة إلى تطوير حلول تصميمية مستدامة للإضاءة الداخلية مرتبطة بالطبيعة في قطاع الفنادق، وهو ما يوفره مفهوم البيوميمكري، الذي يعتمد على محاكاة الطبيعة في إيجاد حلول مستدامة وفعالة، وظيفيًا، وجماليًا، **ومن هنا، تنبع المشكلة البحثية في التساؤل الرئيسي:**

- كيف يمكن توظيف مفهوم البيوميمكري في تطوير تصميم وحدة إضاءة داخلية في قطاع الفنادق؟

وتتفرع عنه الأسئلة الفرعية التالية:

1- ما مدى تقبّل تصميم المشكاة المضيئة بشكل عام لدى الزائرين والعاملين بالفنادق؟

2- هل توجد فروق دالة إحصائيًا بين آراء الزائرين وآراء العاملين حول تصميم المشكاة المضيئة؟

3- هل تختلف درجة تقبّل التصميم باختلاف الدولة؟

4- ما العوامل (الجماليات، الهوية الثقافية، السلامة، التكلفة) الأكثر تأثيرًا في رضا النزلاء عن التصميم؟

5- هل يؤثر رضا النزلاء عن التصميم في رغبتهم في استخدامه داخل الفنادق؟

6- ما طبيعة العلاقة بين المحاور المختلفة (الجماليات، الهوية، السلامة، التكلفة، الرضا، الرغبة في الاستخدام)؟

أهداف الدراسة:

تهدف الدراسة إلى لفت أنظار المصممين الصناعيين والقائمين على البحوث والتطوير في الشركات إلى أهمية تطبيق التصميم البيوميمكرى كوسيلة لتحقيق التنافسية، والاستدامة، والابتكارية للمنتجات بشكل عام وفي قطاع الفنادق بشكل خاص، **وذلك من خلال:**

1- توضيح كيفية الاستفادة من مفهوم البيوميمكري في تطوير تصميم وحدة اضاءة داخلية "المشكاة المضيئة" بفنادق الوطن العربي.

2- الكشف عن التأثير الجمالي للتصميم المقترح (المشكاة المضيئة) على تجربة النزلاء في الفنادق.

3- توضيح أثر توظيف "المشكاة المضيئة" بطريقة معاصرة لتحقق البعدين الوظيفي والجمالي والبيئي من خلال الإضاءة في الفنادق.

4- توضيح طبيعة العلاقة بين المحاور المختلفة (الجماليات، الهوية، السلامة، التكلفة، الرضا، الرغبة في الاستخدام).

أهمية الدراسة:

تتبلور أهمية هذه الدراسة في النقاط الآتية:

1- العمل على تطوير تصميم وحدة إضاءة بيوميمكرية "المشكاة المضيئة"، تحقق البعدين؛ (الوظيفي) من خلال تقليل استهلاك الطاقة أو مضاعفة الإضاءة أو تحقيق رضاء المستفيدين مما يعود على الإيرادات، وتعزيز الفعالية البيئية والجمالية في فنادق الوطن العربي.

2- الجمع بين الأصالة والمعاصرة، من خلال دمج عناصر طبيعية ضمن مفاهيم تصميمية حديثة تهدف إلى تحقيق الكفاءة البيئية والجمالية وتعزيز الهوية الثقافية للفنادق، وتحسين تجربة المستخدم.

3- تسليط الضوء على أهمية دمج العناصر الطبيعية في التصميمات الداخلية للفنادق، خاصة في ظل التوجه المتزايد نحو التصميمات التي تحمل طابعًا فريدًا وهوية ثقافية محلية.

4- توجيه المصممين وتعزيز فكرة التصميم لديهم من خلال نتائج الدراسة ومعرفة أثر التجربة على النزلاء او العاملين بالفنادق على مستوى دول عربية مختلفة.

5- توضيح العلاقة بين البيوميمكرى، والابتكار، والاستدامة، وهل ينعكس ذلك بالفعل على تحقيق ميزات تنافسية تطبيقًا على قطاع الفنادق.

6- دعم فكرة التعاون بين التخصصات، لا سيما بين المصممين التطبيقيين والمهندسين، من خلال النجاح في تصميم وحدة إضاءة داخلية، تعزز التكامل بين الجوانب الفنية والهندسية في المشاريع الفندقية.

مفاهيم الدراسة:

مفهوم الابتكار:

تتعدد تعريفات الابتكار وفقًا للمدارس الفكريّة، ووجهات نظر الباحثين، واتجاهاتهم، حيث تم تعريف الابتكار وفقًا لاعتبارات عدة، ومن هذه التعريفات؛ ما جاء به "سيمبسون"، حيث عرّف الابتكار بأنّه: ما يبديه المرء من قدراتٍ للتخلص من نمط التفكير العادي، واتّباع نهجٍ جديد في التفكير"، وقد ورد عن "جيلفورد" أنّ الابتكار يشتمل على مجموعة من السمات العقلية "كالمرونة، والطلاقة" (الدريني، حسين عبد العزيز، د. ت، ص162-163).

ومن تعريفات الابتكار أيضًا أنه: نشاط خاص غير مسبوق يقوم على التأمل، بهدف تحويل المفاهيم إلى حقائق، يقوم به الإنسان تحت وطأة الحاجة والدافعية نحو التطوير والتغيير، مما يحقق ميزة تنافسية ويشكل ضمانة نحو البقاء والنمو (مشرف، دعاء كمال، 2019، ص145).

التعريف الإجرائي للباحث: الابتكار هو عملية خلق أفكار جديدة أو تحسين الأفكار الحالية بطريقة تحقق قيمة مضافة، سواء كان ذلك في المنتجات، الخدمات، أو العمليات، فالابتكار يُعتبر القوة الدافعة وراء التطور والتقدم في مختلف المجالات.

مفهوم البيوميمكري:

مصطلح البيوميمكري من bios بمعنى الحياة وmimesis بمعنى التقليد، وهو إحدى استراتيجيات التصميم المستدام للمنتجات والخدمات؛ والبيوميمكري هو عمل محاكاة واعية للطبيعة، فالأنواع الإحيائية رغم تمايز البيئات

إلا إنها مزودة بمواهب التكيف التي أجبرتها على ايجاد حلول للظروف المتغيرة (مشرف، دعاء كمال، 2019، ص138)، ويعرف أيضًا أنه فرع جديد من المعرفة يدرس أفضل أفكار الطبيعة وقوانينها، ومن ثم محاكاة تلك التصميمات والعمليات لحل المشكلات الإنسانية (عبد المجيد، أسماء محمد نبوي، 2021، ص96).

مفهوم الاستدامة:

الاستدامة هي طريقة تحقيق النمو الذي يراعى الجانب الإنساني بكل أبعاده، إضافة إلى الجوانب الاقتصادية والاجتماعية والأخلاقية، وهذا لن يكون إلا إذا تم القضاء على كل الاختلافات والفوارق، سواء كانت داخل نفس المجتمع أو بين مجتمعات أو أجيال مختلفة، وتُعرّف أيضًا الاستدامة أنها كيفية التصرف في الموارد الطبيعية من أجل تلبية الإحتياجات دون الإضرار بإرث الأجيال القادمة (مشرف، دعاء كمال، 2019، ص140) (عبدالمجيد، أسماء بدوي، 2021، ص96).

الدراسات السابقة:

أولًا: دراسات مرتبطة بمفاهيم الطاقة والإضاءة

1-دراسة يابين تشين، وآخرون (2024) بعنوان: "التأثير البيوميكانيكي لتوزيع الإضاءة على الراحة البصرية والجسدية في التصميم الداخلي لغرفة المعيشة"، هدفت الدراسة إلى دراسة تأثير الموضع المحدد للإضاءة – مصابيح علوية، ومصابيح جدارية، مصابيح أرضية/ طاولة – عبر درجات حرارة وألوان دافئة (2700) كلفن، ومحايدة (4000) كلفن، وباردة (6500) كلفن، لتحقيق الراحة البصرية والجسدية في بيئة محاكاة لغرفة معيشة سكنية، حيث تتراوح الأنشطة في غرف المعيشة، بين التواصل الاجتماعي والاسترخاء والقراءة ومشاهدة التلفزيون، لذا يجب أن يتوازن تصميم الإضاءة بين الوضوح البصري والدفء البصري، والقدرة على التكيف لتلبية الاحتياجات المتنوعة، وباستخدام مناهج متعددة؛ جُمعت مقاييس كمية، مثل اتساق السطوع وتباين الإضاءة، مع تقييمات نوعية للراحة المدركة وملاءمة النشاط، وتوصلت الدراسة إلى النتائج الآتية: المصابيح الأرضية ومصابيح الطاولة ذات الألوان الدافئة (2700) كلفن توفر أعلى مستويات الدفء البصري والاسترخاء، بمتوسط درجات حرارة (4.9) و(4.8)، مما يجعلها مناسبة بشكل خاص للأنشطة الاجتماعية والترفيهية، – عززت الإضاءة العلوية ذات الألوان الباردة (6500) كلفن وضوح الرؤية، محققةً متوسط درجة وضوح (4.5)، مما يجعلها أكثر ملاءمة للمهام التي تتطلب تركيزًا، مثل القراءة، قدمت الإضاءة المثبتة على الحائط بألوان محايدة (4000) كلفن حلًا متوازنًا، بتقييمات راحة وملاءمة للأنشطة بلغت (4.5)، مما يدعم مجموعة من الأنشطة دون المساس بالأجواء أو الوضوح.

2-دراسة مرعي (2020) بعنوان: المدارس الفنية المرتبطة بتصميم وحدات الإضاءة الداخلية الحديثة، يمكن تعريف وحدات الإضاءة من الناحية الفنية على أنها منحوتات داخلية تضيف قيمة جمالية إلى المساحات ومن هذا التعريف يتضح الدور الكبير الذي يقدمه النحت في مجالات الإنتاج الصناعي وتطوير المنتجات وبالتحديد عند تصميم وحدات الإضاءة الداخلية لما يضيفه من قيم جمالية وتعبيرية على المنتجات حيث يوفر للمنتج القيمة الجمالية والوظيفية معًا لتحقيق معادلة نجاح الهيئة مع الوظيفة، فعند تشغيل الإضاءة تكون

وحدة الإضاءة مزخرفة مع تأثير الإضاءة وعند إيقاف التشغيل تعمل وحدة الإضاءة كقطعة فنية في المكان، يمثل التصميم مجموعة من العمليات الفكرية والتقنية، حيث يبدأ بفكرة ثم انتقاء العناصر الملاءمة لتنفيذ الفكرة وتنسيقها في صياغات مترابطة تناسب الذوق العام لذلك يواجه المصمم النحات تحديات كبيرة لإيجاد لغة تصميمة جديدة تواكب التطور المتزايد في التقنيات الحديثة لذا عليه تطوير ذاته وتوسيع مداركه ودائرة ثقافته الفنية من خلال الاطلاع على المدارس الفنية ومعرفة أسلوب كل مدرسة والفرق بينهم شكلًا ومضمونا والتأني في النظر إلى الأعمال الفنية في كل مدرسة، كما يمكن الأخذ في الاعتبار عند التفكير في التصميم أن تطبق مبدأ الانتقائية في الفن وهذا المصطلح يعنى التطلع إلى مدارس التصميم السابقة وأعمالها الفنية سواء كانت وحدات إضاءة أو قطع نحتية تصلح لأن تكون وحدات إضاءة واستلهام بعض مبادئها ثم التطوير والابتكار بحيث يظهر المصمم طابعه الخاص في تصميم جديد دون اقتباس، وتعد هذه من أهم الأمور التي يجب على المصمم بصفة عامة ومصمم وحدات الإضاءة بصفة خاصة معرفتها خلال عمله حيث أن اطلاعه عليها يسهم في تكوين بناءه الفني ودعم الناحية التطبيقية لديه مما يجعله أكثر إبداعًا وتميزًا في مجاله بينما جهله بها يجعله يصادف الكثير من المشاكل اثناء بناء الجانب الفني للتصميم.

3- دراسة إيمان وجدي (2003) بعنوان: "توظيف الجلود الطبيعية النصف شفافة في مجال الأشغال الفنية كوحدات اضاءة مبتكرة"، هدفت هذه الدراسة إلى الكشف عن الامكانيات الفنية والتقنية لخامة الجلود الطبيعية نصف الشفافة للاستفادة منها في مادة الأشغال الفنية، وتوظيف الجلود الطبيعية نصف الشفافة في ابتكار وحدات اضاءة مختلفة الوظائف، والتوسع في استخدام انواع مختلفة من الجلود (الحصان – الحمار – الجمل – الماعز – بعض جلود الأسماك – مثانة الحيوان)، مما يثري مجال الأشغال الفنية، وتناولت خصائص الجلود الطبيعية النصف شفافة واستخداماتها عبر العصور، وكان من أهم نتائج الدراسة: أنه يمكن توظيف جلود الطبيعية النصف شفافة كعنصر بيئي حيوي مستدام في مجال الأشغال الفنية، وعلى رأسها وحدات الإضاءة.

وعليه، فقد استفادت الباحثة في تدعيم الجوانب النظرية والتطبيقية، خاصة فيما يتصل بالضوء من الناحية الفنية والوظيفية، وكذا العلاقة بين الشكل والوظيفة، واختلفت بعض هذه الدراسات عن الدراسة الحالية من حيث الأهداف، ولكنه من الممكن أن نستفيد منها في بلورة الفكرة العامة لموضوع الدراسة.

ثانيًا: دراسات مرتبطة بمفهوم البيوميمكري

1-هبه عبد الفتاح (2023) الاستفادة من مبادئ علم البيوميمكري في تصميم الواجهات المعدنية الديناميكية، إن الاتجاه الأمثل نحو تطوير النظم وتحسين وظائفها دائمًا يأتي من خلال الاستعانة بالطبيعة باعتباره الاتجاه الأمثل كمصدر رئيسي للإلهام للوصول إلى حلول جذرية لكثير من المشكلات التي تواجه الإنسان وكمبدأ أساسي من مبادئ التصميم، وبالتالي يقدم الفكر الإبداعي لعلم البيوميميكرى مضاهاة الطبيعة بصورة واعية من أجل تلبية احتياجات الإنسان وفقًا للمبادئ الطبيعية للحياة، ولذلك تعتبر الطبيعة بمثابة النموذج، والمقياس، والموجه للابتكارات التي تخدم احتياجاتنا البشرية، فهي نموذج لخلق الأشكال والعمليات والنظم والاستراتيجيات، وقد شجع فكر البيوميمكرى في تصميم المنشأت المعدنية ومنها تصميم

الواجهات المعدنية على التحرر من قيود الأشكال التقليدية والخروج لمجال الاستعارة الموضوعية والشكلية لمفردات البيئة الطبيعية، ليتم التناسق بين المنشأ ومحيطه الطبيعي مع التجديد في الشكل وتحقيق وظائف مستلهمة من سلوك ووظائف الأنظمة الطبيعية ويهدف هذا البحث إلى استكشاف الدور الإبداعي البيوميمكرى في تصميم الواجهات المعدنية الديناميكية التي تستجيب للمؤثرات البيئية، وكذلك التعرف على وسائل وإجراءات الاستلهام الطبيعي وفق البوميمكرى وأسس التوظيف التصميمي له، وايضًا تحديد آليات وإجراءات تقييم الأفكار التصميمية المستنتجة بالفكر الإبداعي للبيوميمكرى وأسس التوظيف ووسائل قياس مدى توافقها البيئي، وعلى ذلك تهتم هذه الدراسة بالاستفادة بخصائص الفكر الإبداعي للبيوميمكرى عبر استلهام الوظائف والسلوك المرتبط بالتشكيلات البنيوية الطبيعية وتوظيفها في تصميم واجهات معدنية ديناميكية تستجيب بفاعلية للخصائص والمؤثرات البيئية، وتوصل البحث إلى إن البيوميميكرى بمثابة منهج للتصميم الفعال للطاقة في الواجهات المعدنية يمكن من خلال توظيفه الحد من استهلاك الطاقة باستخدام النماذج الطبيعية التي تقوم بهذا الأداء بكفاءة عالية، ويتم ذلك من خلال تطبيق نهج المحاكة الحيوية البيوميمكرى على تصميم الواجهات المعدنية بتطبيق عناصر المحاكاة البيوميمكرية ورصد تأثيرها على تقليل استهلاك الطاقة في المباني والتفاعل مع المؤثرات البيئية بسلوك ديناميكي مع تقديم إرشادات لبناء واجهات معدنية تعمل على زيادة كفاءة استهلاك الطاقة في المباني.

2-دراسة أسماء (2021) بعنوان: "الاستفادة من الاتجاه البيوميمكري كمدخل إبداعي لتصميم طباعة المنسوجات ثلاثية الأبعاد"، هدف الدراسة إلى استعراض أحد الاتجاهات الحديثة للتصميم وربطها بمجال طباعة المنسوجات، واستخلاص مفاهيم علم البيوميمكري للاستفادة منها وربطها بمجال تصميم طباعة المنسوجات ثلاثي الأبعاد، واتبعت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، وتوصلت نتائج البحث إلى: أن تطبيق الاتجاه البيوميمكري كأيدولوجية ومنهجية تصميمية لطباعة المنسوجات يحقق التنافسية والاستدامة في هذا المجال، التوصيات: توجيه مصممي طباعة المنسوجات إلى أهمية دراسة وتطبيق معايير وأسس الاتجاه البيوميمكري كمنهج للإبداع والابتكار في التصميم، ضرورة دراسة تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد بمجال تصميم طباعة المنسوجات كمنهج علمي، وأن الطباعة ثلاثية الأبعاد تقنية سريعة التطور يجب علي مصمم طباعة المنسوجات دراستها لابتكار تصميم يصلح للتنفيذ بتلك التقنية.

3-دراسة دعاء كمال (2019) بعنوان: "البيوميمكري كوسيلة للابتكار وتحقيق الاستدامة في مجال تصميم المنتجات"، هدفت الدراسة إلى توجيه المصممين الصناعيين والقائمين على البحوث والتطوير بالشركات إلى أهمية تطبيق البيوميمكرى كأداة للابتكار في مجال تصميم المنتجات، ولقد انتهج البحث المنهج الوصفي التحليلي، وتوصلت الدراسة إلى: أن تطبيق البيوميمكرى كايدولوجية ومنهجية في التصميم يحقق التنافسية التي تسعى إليها جمع المؤسسات محليًا وعالميًا حيث الجودة والكفاءة وتحقيق الجمال والوظيفة في المنتج الصناعي.

4-دراسة علا هاشم (2017) بعنوان: "دراسة تحليلية لبعض الاعتبارات التصميمية في الحيزات الداخلية ذات الطابع: نموذج قرية بأريز للمعماري حسن فتحي"، هدفت إلى الكشف عن عمق العلاقة بين البيئة

والطابع العمراني، وتأثير الموقع والمناخ والثقافة الدينية والاجتماعية على الطابع العمراني في تصميمات الحيزات الداخلية، تطبيقًا على نموذج قرية بأريز للمعماري حسن فتحي، واستخدمت المنهج التحليلي التاريخي، وتوصلت لمجموعة من النتائج أهمها: أن العمارة هي الصورة الصادقة والتعبير الدقيق لحضارة الإنسان على مر العصور، فالعمارة والعمران هما مرآة صادقة للثقافة المحلية بأبعادها المادية والمعنوية، وهو الأمر الذي يبرز ويؤكد أهمية الطابع المعماري والعمراني لنتاج المعماريين والعمرانيين، والطابع الذي يعكس ملامح الجماعة والمكان ويضم في داخله التجربة التاريخية وأصولها ذات القيمة، إذا ما تم ذلك كانت النتيجة عمارة وعمرانًا يلهم المجتمع ويدعم شخصيته وخصوصيته وتفرده ويمتد في نفس الوقت ليلبي احتياجاته المادية والإنسانية في إطار استغلال أمثل للموارد المتاحة.

5- دراسة نرمين (2017) بعنوان: "المصمم الصناعي والأستلهام من الطبيعة في ضوء علم الإيثولوجي"، هدفت إلى دراسة العلاقة بين المصمم الصناعي والاستلهام من الطبيعة في ضوء علم الإيثولوجي، واستخدم البحث المنهج الاستنباطي: وقد توصل إلى عدة نتائج تحقق من خلالها الهدف وهو ربط التصميم الصناعي بعلم الإيثولوجي Ethology وكانت من أهمها: أقتراح صياغة مصطلح جديد يعبر عن الإستلهام من علم الإيثولوجي في التصميم قد يكون – Etho mimicry أو Etho-inspiration كما توصل البحث إلى استراتيجية لربط علم الإيثولوجي بالتصميم كنوع من أنواع الاستلهام من الطبيعة Nature Inspiration.

واستفادت الباحثة من الدراسات السابقة في تدعيم الجوانب النظرية والتطبيقية، خاصة فيما يتعلق بتوظيف البيئة، وعلاقة البيئة بالضوء من الناحية الفنية والوظيفية، واستخدام المواد والخامات البيئية المتاحة، وكذا العلاقة بين الشكل والوظيفة.

حدود الدراسة:

الحدود الموضوعية: تطوير تصميم وحدة إضاءة باستخدام مفهوم البيوميمكري بفنادق الوطن العربي" المشكاة المضيئة".

الحدود المكانية: فنادق عواصم بعض دول الوطن العربي (الرياض، والقاهرة، ودبي، والدوحة، والرباط).

الحدود الزمانية: أجريت هذه الدراسة في عام (2025م).

الإطار النظري للدراسة:

يُعَدّ تطوير تصميم وحدة إضاءة داخلية في قطاع الفنادق باستخدام مفهوم البيوميمكري "المشكاة المضيئة" هي محاولة لربط التراث القديم والابتكار الحديث، وهو ما يتطلب توضيح للفكرة من خلال استعراض أنواع الابتكار المختلفة ودورها في دعم الإبداع التصميمي، مع التركيز على مبادئ البيوميمكري التي تستلهم حلولها من النظم الطبيعية، كما أن التطرق إلى مناهج البيوميمكري يساعد على رسم خارطة فكرية واضحة لتطبيق هذا النهج في المجال المعماري والداخلي، ومن جانب آخر، يبرز التكامل بين البيوميمكري والتصميم المستدام بوصفه أداة لتحقيق كفاءة الطاقة وتقليل الأثر البيئي، ولا يمكن إغفال شروط التصميم في النهج البيوميمكري التي تضمن فعالية التطبيق العملي وجودة النتائج، وأخيرًا، فإن الاستفادة من نماذج تطبيقية لتصميمات بيوميمكرية سابقة يعزز إمكانية صياغة "المشكاة المضيئة" كحل إبداعي يجمع بين الأصالة العربية ومتطلبات الاستدامة العالمية، **وهو ما نتناوله تفصيلًا من خلال التالي:**

الابتكار:

الابتكار في التصميم يمثل جوهر الإبداع والقدرة على تقديم حلول جديدة تتجاوز حدود التقليدي، فهو يساهم في رفع كفاءة المنتجات والخدمات، ويعزز من قيمتها الوظيفية والجمالية في آن واحد، وتكمن أهميته في دفع عجلة التنمية، وتلبية احتياجات المجتمع بطرق مبتكرة ومستدام وينقسم الابتكار حسب طبيعته إلى: (مشرف، دعاء كمال،2019، ص145).

- **ابتكار منتج:** ينتج عن تفاعل مجموعة من العوامل المختلفة للحصول على منتج جديد.
- **ابتكار عملية:** يركز هذا النوع على استحداث عمليات انتاج جديدة، بطريقة تؤثر في كمية الانتاج، وجودته، أو تحسين للعملية الانتاجية القائمة، وهو تفاعل الأفراد مع الاشياء بوسيلة أكثر تطورًا.
- **ابتكار إجراء:** هو علاقة الافراد فيما بينهم أثناء تنفيذ العمليات ضمن مجموعة من الإجراءات المتسلسلة، من أجل تسهيل إنتاج المنتج، وهناك ثلاثة مستويات للابتكار: (بوبعة عبد الوهاب،2012، ص37-38).

1-الابتكار التدريجي: هو إبتكار يحافظ على المنتج القائم، مع تطويره أو تحسينه، بإضافة: مكونات محسنة جديدة، ملحقات جديدة للمنتج، تغليف جديد، خط انتاج جديد

2-ابتكار الاختراق: هو ابتكار منتج جديد متميز يختلف بشكل ملحوظ عن خطوط الانتاج الحالية في السوق، مما يخلق أسواق جديدة، وفرص تجارية لم تكن موجودة، ومن أقوى الأمثلة على ابتكار الاختراق؛ (Sony play station)، حيث عرضته شركة سوني في وقت لم يكن موجودًا في سوق الالعاب الاليكترونية، وفي خلال اربعة سنوات حققت الشركة (40%) من الأرباح التشغيلية للمؤسسة.

3-**ابتكار التحويل:** التغير التحويلي هو الاكثر صعوبة، فالابتكار التحويلي قد يغير نمط معيشة الأفراد في المجتمعات، أو الصناعات الكاملة القديمة، وأقوى مثال على ذلك هو استبدال مسجلات الكاسيت بالاسطوانات المدمجة، ثم استبدال الاسطوانات المدمجة بـ(Mp3)، وهذا بدوره يؤدي إلى استبدال أجهزة التشغيل وقد يؤدى إلى إغلاق مصانع، وكذلك يؤدى إلى استبدال أماكن الحمل والاستعمال، مما يغير نمط الحياة (عبد المجيد، أسماء بدوي،2021، ص96).

مبادئ البيوميمكرى:

تقوم مبادئ البيوميمكري على استلهام الحلول من الطبيعة باعتبارها نظامًا متكاملًا نجح في التطور لملايين السنين، فهي تدعو إلى التصميم الذي يحاكي الكفاءة والابتكار في الكائنات الحية، ويرتكز على مبادئ مثل: التكيف، الاستدامة، التنوع، وإعادة التدوير وتعتبر القوانين التسعة للطبيعة والمحاكاة؛ هي نفسها مبادئ البيوميمكري (Hawkes, D.2018):

- الطبيعة بنك التنوع.
- الطبيعة توائم الشكل مع الوظيفة.
- الطبيعة تعاونية.
- الطبيعة تعتمد على ضوء الشمس.
- الطبيعة تستخدم فقط ما تحتاجه من الطاقة.

- الطبيعة تستفيد من قيودها.
- الطبيعة تعمل بخبراتها المحلية.
- الطبيعة تعيد تدوير كل شيء (لا) نفايات لديها.
- الطبيعة تقيد التجاوزات من الداخل وتقضي عليه.

مناهج البيوميمكرى

فضلًا عن الاختلافات في تعريف البيوميمكرى؛ هناك أيضًا اختلافات في الآراء حول كيفية تطبيق البيوميمكرى، وتتبلور هذه الاختلافات في رؤيتين (مشرف، دعاء كمال،2019، ص142):

- **منهج الرؤية الكلية/ البيوميمكرى المتعمق**؛ وهو يهدف إلى المحاكاة الكاملة للطبيعة، واتكار منتجات مستدامة وصديقة للبيئة بالكامل، وهو يعمل على ابتكار منتجات لن تؤذى البيئة في إنتاجها، أو استخدامها، أو نافياتها.
- **منهج الرؤية الاختزالية/ البيوميمكري السطحي**؛ يركز هذا المنهج على محاكاة بعض المميزات، أو الوظائف للكائنات الحية، أو عمليات بيولوجية محددة، وهذا هو النوع التقليدي.

البيوميمكرى والتصميم المستدام:

يعتبر البيوميمكرى من استراتيجيات التصميم المستدام من خلال تقليد أنماط واستراتيجيات الطبيعية، والهدف هو إنتاج منتجات يمكنها التكيف على الأرض على مر الزمان، حيث أن البيوميمكري يجعل المنتجات تتسم بالاستدامة، والاداء الكفء، وتوفير الطاقة، وتقليل تكلفة الخامات، والقضاء على النفايات، وتحقيق بعدًا طبيعيًا جماليًا، ويختلف التصميم البيوميمكري عن التصميم التقليدي في كون المنتجات البيوميمكرية؛ هي منتجات يراعى فيها أبعاد الإستدامة الثلاثة (Miller, J., & Smith, R. 2022):

- **البعد الاقتصادي**: (سعر تكلفة المنتج، النفقة التشغيلية للمنتج، رضا العملاء عن المنتج وخبرتهم الثقافية حوله) لأن ذلك يعود على الإيرادات.
- **البعد البيئي**: (استهلاك الموارد، استهلاك الطاقة، الإنبعاثات والنفايات).
- **البعد الاجتماعي**: (ظروف العمل، الأثار المترتبة على استخدام المنتج).

ويمكن اعتبارها أيضًا؛ أنها المنتجات التي تقدم فوائد بيئية واجتماعية واقتصادية وتحمي الصحة العامة والبيئة في كامل دورة حياتها، بداية من استخراج المواد الخام، حتى التخلص النهائي من النفايات.

شروط التصميم في النهج البيوميمكري:

هناك شروط للتصميم في النهج البيوميمكري تهدف إلى تحقيق التوازن بين الجماليات والوظائف، مما يؤدي إلى تصميمات أكثر استدامة وفعالية؛ **من خلال:**

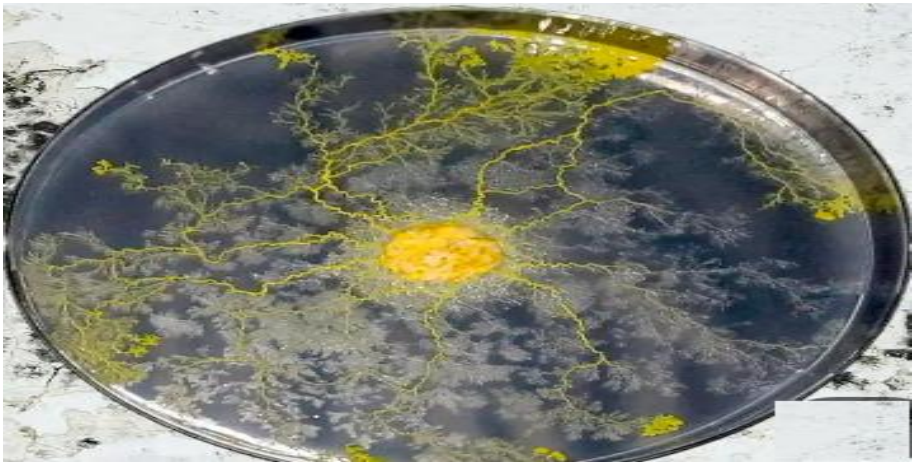
- استخدام عناصر بيئية طبيعية في التصميم (Hawkes,2018).
- الحفاظ على القيم الجمالية في التصميم الصناعي البيوميمكري (Katz,2020).
- تحقيق بعدي الوظيفة والكفاءة (Benyus, 2016).
- التكامل بين الجمالي والوظيفي.

نماذج تطبيقية لتصميمات بيوميمكرية:

سنعرض في هذا الجزء؛ مجموعة من الابتكارات البيوميمكرية المستوحاة من الطبيعة، والتي مثلت حلًا للكثير من مشاكل الإنسان الحياتية، وهي ابتكارات تم تنفيذها بالفعل كمشاريع تجارية أو اختراعات في مجال المحاكاة الحيوية، وكانت مثالًا دقيقًا للمحاكاة الحيوية والتطبيقات البيوميمكرية، مشمولًا بتقديم تحليل مختصر لكل مثال، ومدى توافقه مع مبادئ المحاكاة الحيوية، وإمكانية وسهولة تطبيقه وتوزيعه عالميًا.

- **استلهام فكرة تخطيط المدن المكتظة بالسكان من خرائط غذاء (عفن الوحل)**: "الميكسومايسيت"، المعروف باسم"العفن اللزج"؛ هو كائن حي وحيد الخلية قادر على رسم خرائط طرق معقدة للغاية للعثور على غذائه، وذلك دون أن يكن لديه دماغ أو جهاز عصبي، أو أي من الأعضاء الحيوية التي يحتاج إليها الإنسان عند التفكير والتخطيط لتنفيذ مثل هذه المهام المعقدة، يقدر علماء الأحياء عمر وُجود "العفن اللزج" على سطح الأرض بأحقاب بعيدة جدًا، وأنه تطور وتكيف على مر الزمن ليصبح فعالًا وقادرًا للغاية لتحقيق هدفه الوحيد في الحياة وهو الغذاء واستمرار البقاء، لذلك، عندما وضع له فريق العلماء (أتسوشي تيرو – جامعة هوكايدو – طوكيو – اليابان) طعامه المفضل، وهي رقائق الشوفان، في مواقع مختلفة ومتباعده ومعقدة تتوافق مع خرائط المدن الكبيرة المكتظة بالسكان في اليابان.

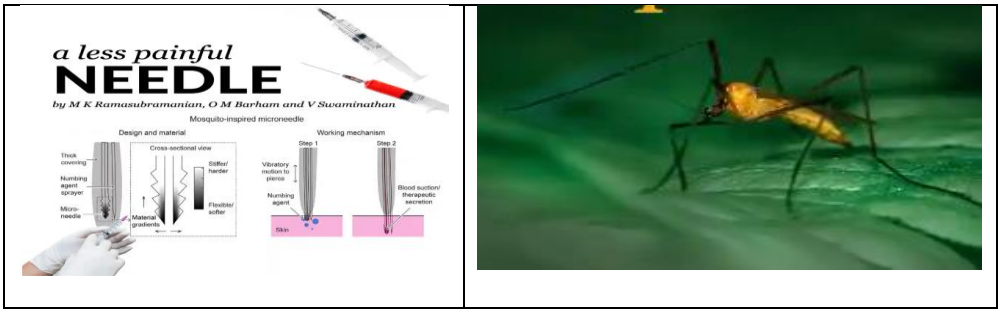
الاستلهام من الطبيعة جاء في أن هذا الكائن الصغير تمكن من رسم خريطة ذكية جدًا تختصر المسافات والوقت للوصول إلى غذائه في غضون (5–6) أيام، تشبه تمامًا شبكة السكك الحديدية المعقدة التي استغرق المهندسون اليابانيون سنوات لتخطيطها ورسم خرائطها، لذا وجد العلماء أن هذه الآلية المتقنة التي يستخدمها عفن الوحل في الطبيعة، يمكن أن تُسهم بشكل كبير في رسم خرائط حركة المرور وشبكات الصرف وغيرها في تخطيط المدن الكبرى وحل مشاكل الإكتظاظ السكاني (Nakagaki, T.,Yamada, H.,& Tóth, Á (2000)



- **استلهام فكرة حصاد المياه من الهواء من آلية (خنافس ستينوكارا)**: فكر العلماء طويلًا في كيف تعيش (خنافس ستينوكارا) في صحراء ناميبا ذات المناخ القاسي والتي تخلو تمامًا من المياه، وكيف نجت هذا الخنفساء الصغيرة من الإنقراض، لكنهم بعد دراسات مستفيضة وجدوا أن هذه الخنفساء نجحت في التكيف من خلال

تطويرها لآلية مثيرةً للاهتمام تساعدها على جمع الماء من الهواء الرقيق وتكثيف بخاره ثم توجيهه إلى فمها، باستخدام (نتوءات والخطوط) موجودة على جسمها، وباستلهام هذه الآلية طوّرت (شركة إنفينيت كولينج الأمريكية) نظامًا لالتقاط الضباب عن طريق التقاط الماء المتبخر من أعمدة أبراج التبريد وتكثيفه وتحويله إلى ماء، تُعدّ هذه الآلية حيويًة جدًا للقطاع الصناعي، الذي يُعدّ من أكثر القطاعات استهلاكًا للمياه التجارية. لذا فقد مثّلت هذه الخنفساء الصغيرة في قلب الصحراء خطوةً كبيرةً نحو مكافحة أزمة المناخ (Lei, J., & Guo, Z. (2020)

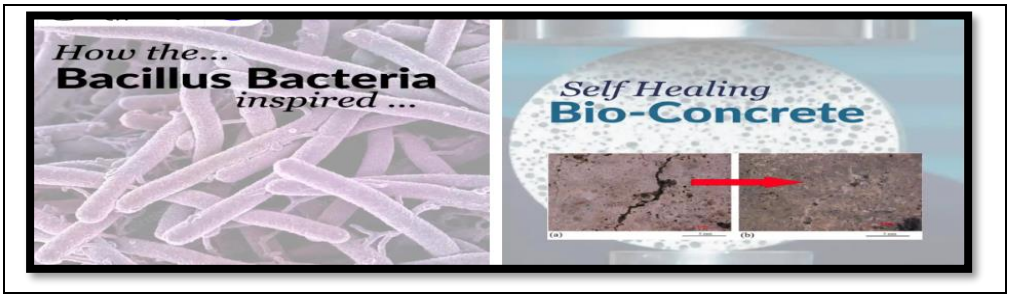
- **استلهام فكرة الإبرة الأقل إيلامًا من خرطوم البعوضة:** تطورت البعوضة عبر تاريخها البيولوجي الطويل لتصبح شديدة الكفاءة والمكر في امتصاص الدماء، واعتمدت لذلك مجموعة متنوعة من الأدوات، الفيزيائية والكيميائية، تُستخدمها لإضعاف الحواس وتخديرها، حيث يتكون خرطوم البعوضة من عدة إبر مختلفة الاستخدام، لكل، مما يجعل الثقب غير محسوس أو ملحوظ، ففي عام (2008)، قام باحثون من اليابان والهند (إم كيه راماسوبرامانيان، أو إم بارهام، وفي سواميناثان)، بمحاكاة إبر البعوضة، وطوروا إبرة ثلاثية الرؤوس، قللت بشكل كبير من الألم الناتج عن إدخال الإبرة للجسم Li, A. D. R., et al (2020).



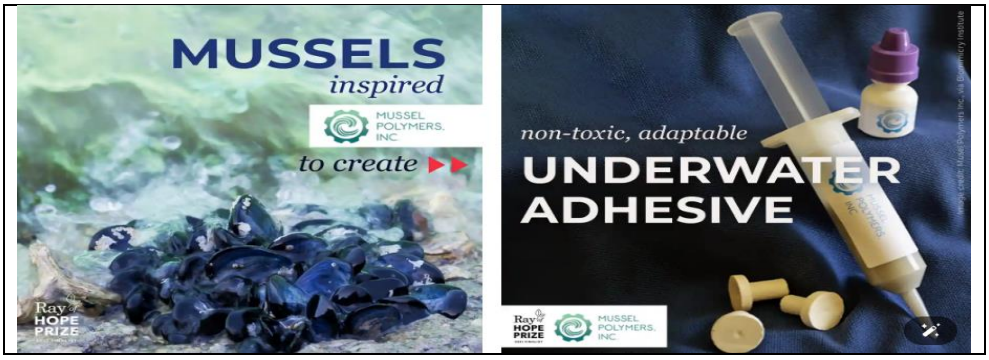
- **استلهام فكرة بدلة السباحة مانعة الدومات من (جلد سمك القرش):** ما زال العلماء يكتشفون في سمك القرش خواصًا نادرة؛ فهي تمتلك كنزًا تطوريًا كبيرًا، فجلد سمك القرش مغطى بأنواع من القشور تُسمى (الأسنان الجلدية)، تُعطل هذه الأسنان تكوين الدوامات وتُنشئ منطقة ضغط منخفض تدفع القرش للأمام وتُقلل من مقاومة الماء بشكل كبير، فاستلهمت شركتي (سبيدو وناسا) الفكرة ونجحتا في تصميم بدلة سباحة بها نفس الخواص لفريق السباحة الأمريكي في أولمبياد (2008)، وفازت بـ(98%) من جميع الميداليات الذهبية الأولمبية،

بالإضافة إلى ذلك، تُغطى هذه الأسنان أيضًا بخطوط مجهرية تُصعّب على البكتيريا والجراثيم الالتصاق بها، مما يجعلها مرشحًا مثاليًا أيضًا لمواد التنظيف الذاتية المستخدمة في المستشفيات ومدارس الأطفال (Foster, C., (de Koning, J., Hettinga, M (2012)

- **استلهام فكرة الخرسانة الحيوية ذاتية الشفاء من (البكتريا العضوية)**: الخرسانة من المكونات الأساسية للحياة المعاصرة، ولكنها، كأي شيء آخر في هذا العالم، تتحلل بمرور الوقت، ومع كثرة المواد المستخدمة لعلاج هذا التحلل، وارتفاع تكلفة إصلاح الخرسانة التالفة والتي تصل إلى عشرات المليارات من الدولارات حول العالم سنويًا! ولكن ماذا لو كانت لدينا خرسانة تُصلح نفسها بنفسها تمامًا كما يعمل جسم الإنسان في التئام جروحه؟ ...هذا بالضبط هو الحل الذي توصل إليه العالم (هندريك ماريوس يونكرز – هولندا) عندما اكتشف البكتيريا العضوية التي تعيش في الصخور وتُنتج الحجر الجيري، حيث تكون هذه البكتيريا خاملة داخل الخرسانة، لكن متى ما تعرضت الخرسانة للرطوبة والهواء، تنشط هذه البكتريا وتُنتج الحجر الجيري الذي يملئ الفراغات ويسد التشققات داخل الخرسانية! يبلغ عمر هذه البكتيريا (200) عام، ويمكنها أن توفر للعالم مليارات الدولارات (Jonkers, H. M (2011).



- **استلهام فكرة اللاصق المائي من (بلح البحر)**: في إحدى رحلات الغوص، اكتشف الباحثين بشركة (بنسلفانيا، الولايات المتحدة الأمريكية – Mussel Polymers) قدرة بلح البحر المذهلة على الالتصاق بالأسطح رغم شدة التيارات المائية، ونجح في استخلاص هذه المادة اللاصقة التي يستخدمها بلح البحر، وبالتعاون مع باحثين من جامعات أخرى، توصل إلى حل يحاكي هذا المركب الاستثنائي، فاستلهم فكرة لاصق مائي يعمل بقوة أكبر ثلاث مرات من اللواصق التقليدية تحت الماء، كما أنه من تركيبات طبيعية غير سامة للبيئة (Wilker, Jonathan J., et al.2011).



- **استلهام فكرة الأحذية ذات الاحتكاك الكفء من (شكل جلد الثعبان):** دائمًا هناك مخاوف صحية لدى كبار السن من عملية السقوط على الأرض؛ حيث عُد السقوك أحد الأسباب الرئيسية لكسور العظام لدى كبار السن، والوفاة أحيانًا، وثاني أسباب الوفيات المرتبطة بإصابات العمل – لذا استنتج المتخصصون – أنه إذا تمكنا من زيادة الاحتكاك بين القدم والأرض زاد الثبات والتشبث، وبذلك ننقذ أرواحًا ونُنقذ مليارات الدولارات من فواتير الرعاية الطبية، واستجابةً لذلك، طوّر الباحثون في (SEAS) ومعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا (MIT) تصميم قبضة حذاء (نعال) تكيفية، وفقًا (لتقنية كيريغامي اليابانية)، التي تُحاكي قشور جلد الثعبان، وهي مصممة بطريقة بحيث عندما تتمدد المادة النعلية بسبب قوة ضغط القدم، تبرز من تحت المادة النعلية أشواك تزيد من الالتصاق والتشبث بالأرض، وعندما يخف ضغط القدم تنطوي الأشواك للخلف وتتسطح، وهو ما يُتيح للأحذية أن تكون أكثر ثباتًا وخفةً، ويسمح لمرتديها باجتياز الأسطح ببراعة الثعبان .Babaee, S., Pajović, S., Rafsanjani, (2020)

البراهين التاريخية والفيزيائية أن (الإضاءة المشكائية) إضائة بيوميمكرية:

إنّ فكرة المصباح في مشكاة؛ فكرة قديمة تضرب بجذورها في بدايات الحضارة الإنسانية، فقد استعان الإنسان في عصوره الأولى بفكرة المشكاة للتغلب على الظلام في ظل ضعف الوسائل والإمكانات ورغبته في تسليط الضوء وتوزيعه في الحيز الذي يريده، وتلك الفكرة قد استلهمها الإنسان البدائي من الطبيعة ذاتها؛ فقد ظن أن كل ظلام في خلفية مصدر الضوء ما هو إلا جدار أو حاجز يحجز الشعاع ليمنع انتشاره وتشتته في الجهات الأخرى، ظن أن السماء المظلمة خلف القمر جدار يعكس الشعاع تجاه الأرض، وبصرف النظر عن مدى صحة أو دقة تفسير الإنسان البدائي لظاهرة انعكاس ضوء القمر من منظور علم البصريات الحديث؛ إلا أن الفكرة أتت ثمارها،

وحققت جدواها، بعدما اتجه إلى إحاطة مصدر ضوئه (المشعل) بحواجز من الجهات الخمس، تاركًا جهة واحدة مفتوحة لتصدير الضوء، هي الجهة التي يريد تسليط الضوء عليها، ولأن الحاجة إلى الضوء دائمًا ما تكون في الليل، والليل فترة سكون ومكث في البيت أو الكهف؛ لجاء إلى تصميم الكوة في جدار البيت ليضع بها مصباحه أو شعلته (ديلون، مورين، 2002).

وتعتبر فكرة "المصباح في مشكاة"، هي الفكرة الوحيدة من بين كل قوانين الفيزياء البصرية التي اختارها الله سبحانه وتعالى ليعبر بها عن طريقة بث نوره في الكون، فلا ريب أنها الطريقة المثلى لبث الضوء، وذلك في قوله تعالى: ﴿ٱللَّهُ نُورُ ٱلسَّمَٰوَٰتِ وَٱلۡأَرۡضِۚ مَثَلُ نُورِهِۦ كَمِشۡكَوٰةٖ فِيهَا مِصۡبَاحٌۖ ٱلۡمِصۡبَاحُ فِي زُجَاجَةٍۖ ٱلزُّجَاجَةُ كَأَنَّهَا كَوۡكَبٞ دُرِّيّٞ يُوقَدُ مِن شَجَرَةٖ مُّبَٰرَكَةٖ زَيۡتُونَةٖ لَّا شَرۡقِيَّةٖ وَلَا غَرۡبِيَّةٖ يَكَادُ زَيۡتُهَا يُضِيٓءُ وَلَوۡ لَمۡ تَمۡسَسۡهُ نَارٞۚ نُّورٌ عَلَىٰ نُورٖۚ يَهۡدِي ٱللَّهُ لِنُورِهِۦ مَن يَشَآءُۚ وَيَضۡرِبُ ٱللَّهُ ٱلۡأَمۡثَٰلَ لِلنَّاسِۗ وَٱللَّهُ بِكُلِّ شَيۡءٍ عَلِيمٞ﴾ [سورة النور: 35].

والمشكاة القرآنية:

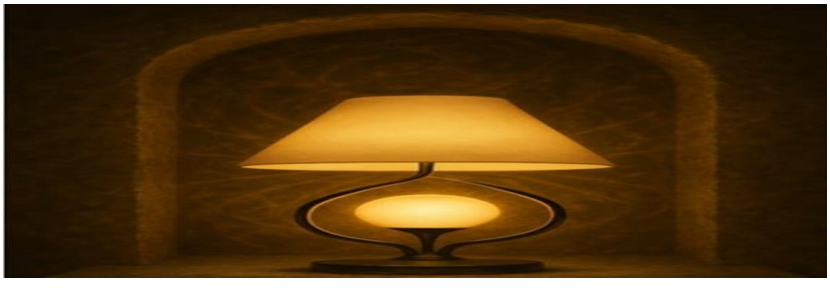
هي جزء من تشبيه بلاغي يضرب الله فيه مثلًا لنوره وطريقة بثه في الملكوت؛ والمشكاة في معاجم اللغة هي: (فتحة أو تجويف في الجدار، غير نافذة) ومِشْكَاةُ البَيْتِ (تجويف أو كُوّة في الحائط غير نافذة، يُوضع عليها مصباح)، ومِشْكَاةُ المِصْبَاحِ: هي (مَا يُحْمَلُ عَلَيْهِ أَوْ يُوضَعُ فِيهِ المِصْبَاحُ أَوِ القِنْدِيلُ)، ومِشكاة:(اسم)، والجمع: مِشْكَاوَاتٌ، مَشَاكٍ، مَشَاكِي (الجبالي، ابراهيم، 1990، ص10-19)، **ويتكون تصميم المشكاة القرآنية كآلية لبث الضوء؛ من أربعة عناصر:**

1- **مشكاة:** وهي كوّة في الجدار غير نافذة.

2- **مصباح:** اسم آلة جاء من الثّلاثيّ (صبح)، وهو اسم للإناء الذي يوقد فيه بالزيت للإنارة، وهو أداة الإشعال وبداية انبثاق الضوء.

3- **زجاجة:** اسم إناء يصنع من الزجاج تسرج به المصابيح، لأن الزجاج شفاف لا يحجب الضوء، قال الزمخشري في الكشاف: (في زجاجة) أراد قنديلًا من زجاج شامي أزهر، لذلك وصفه القرآن بـ(**الدرّيّ**): نسبة إلى حجر الدرّ، وهو جوهر معروف يستخدم في صناعة المجوهرات والحلي لقوة ضيائه ولمعانه، والدراري هي الكواكب الساطعة النور مثل الزهرة والمشتري منسوبة إلى الدر لصفاء لونها وبياضه، وقال الكسائي (**درّيّ**) من الدرء وهو الدفع، لأنه يدفع الظلام بضوئه، أو لأن شعاعه يدفع بعضه بعضا فيندفع الظلام، (التحرير والتنوير، د. ت، ص239).

4- **الزيت: اسم للسائل الّذي يوقد به، والإيقاد:** هو ما تزاد به النار ليبقى لهبها مشتعلًا، وأريد به هنا ما يمد به المصباح من الزيت.

صورة فتوغرافية للمصباح والمشكاة	
صورة لتوزيع الضوء في المشكاة	
صورة لمشكاة بمصباح عصري	

وقد أثبت علمي العمارة والبصريات أن فكرة "**المصباح داخل مشكاة**" تشير إلى تصميم معماري مبكر، يعزز الإضاءة بطريقة ذكية وفعالة، وتعد مثالًا مبكرًا على الاستخدام الذكي للفراغ المعماري في خدمة الضوء (يحيى الزيني، 2003، ص87)، وفسرها علماء البصريات والمعماريون بأن فكرة الجوف (المشكاة) تزيد من كفاءة الإضاءة.

لأن الجدران الداخلية لتجويف المشكاة خلف المصباح تعمل كـ أسطح عاكسة للضوء، تختلف درجة الانعكاس باختلاف درجة نعومة الأسطح الخارجية للجدران، مما يعمل على توجيه الضوء الصادر عن المصباح إلى الخارج بطريقة مركّزة، كما أن الأسطح الخارجية للمشكاة أو الكوة تعمل على توزيع الضوء في اتجاهات كلها أمامية، مما يزيد من انتشاره ومضاعفة سطوعه (ألكستيس – زوي سكارلاتو، ص119)؛ حيث أن معظم الفوتونات "جزيئات الضوء" تتجه نحو المجال المفيد للرؤية، كما أن الضوء المنبعث من المصباح ينعكس داخل المشكاة عدة مرات قبل أن يخرج منها، مما يوجّه الضوء نحو الخارج، ويزيد من كثافة الإضاءة الظاهرة، ويقلل من التشتت والتسرب للخلف أو الجوانب غير المرغوبة، كما أن هذا الشكل التصميمي للمشكاة (الكوة) يقي المصباح من تأثير الإنكسارات الخارجية نتيجة العوامل المحيطة بمصدر الضوء، وهذا كله يعزز كفاءة توزيع الضوء مقارنة بمصباح مكشوف في فضاء مفتوح (هـ. لويد، 1841م، ص26)، إذًا فكرة المشكاة تتلخص في (الانعكاس، التركيز، التوزيع) الضوئي.

العلاقة بين فكرة المشكاة ومستوى ونوع الإضاءة:

فكرة المشكاة (الكُوَّة غير النافذة)؛ تشير إلى تصميم معماري ذكي يعزز الإضاءة بطريقة فعّالة، وقد فسرها علماء البصريات بعدة تفسيرات، **توضح كلا البعدين الوظيفي والجمالي**:

أ- **من الجانب الوظيفي**: فكرة المشكاة تزيد من كفاءة الإضاءة، وتُعد مثالًا مبكرًا على الاستخدام الذكي للفراغ المعماري في خدمة الضوء، فهي عبارة عن تجويف في الجدار، أشبه بالكُوَّة أو النيش، يوضع فيه المصباح، هذا التجويف يعكس الضوء الصادر من المصباح في اتجاهات متعددة كلها أمامية، مما يزيد من انتشاره ويضاعف من تركيزه، ويقي الحيز الضوئي من التأثيرات الخارجية المنعكسة: عاكس ضوئي (Reflector)، موجه ضوئي (Light Guide)، (على يوسف" 2017، ص27-35)

ومن منظور علم (البصريات الفيزيائية)؛ فإن فكرة المصباح في **مشكاة (الكُوّة)**؛ تساهم في **تعزيز الإضاءة، من خلال الآتي**:

1- تركيز الضوء عبر الانعكاس (Reflection Enhancement)

- الجدران الداخلية للمشكاة تعكس الضوء المنبعث من المصباح بنسب متفاوتة حسب درجة نعومة أو مادة طلاء الأسطح (Abdul Al-Azzawi.2019).
- يعزز شدة الإضاءة الظاهرة، مثل عمل العاكسات في المصابيح الحديثة.
- الضوء يرتد مرارًا داخل الكُوّة، مما يزيد من تركيزه في اتجاه الخارج.

2- توجيه الضوء: (Directional Lighting)

- الكُوّة تشبه "عدسة مجوفة" مما يوجّه الإضاءة بدلًا من تشتتها في كل الاتجاهات.
- يُصبح الضوء موجهًا للأمام، ما يزيد فعاليته في إنارة المكان المحدد.

- يوجّه الضوء نحو الخارج.
- يزيد من كثافة الإضاءة الظاهرة.

3- **الحماية من الفقد الضوئي: (Light Containment)**، (على يوسف، 2017، ص27-35)

- تصميم المشكاة يمنع تسرب الضوء إلى الخلف والسقف أو الجوانب غير المرغوبة.
- الكُوَّة تحمي المصباح من الرياح والضوضاء البصرية.
- يتحول معظم الضوء نحو الاستخدام الفعلي، مما يزيد كفاءته (تخصيص الضوء).
- معظم الفوتونات (جزيئات الضوء) تتجه نحو المجال المفيد للرؤية.
- يعزز كفاءة توزيع الضوء مقارنة بمصباح مكشوف في فضاء مفتوح.

4- تأثير الانكسار من خلال الزجاجة (Refractive Focusing)

- الزجاجة ليست مجرد وعاء، بل تعمل كعدسة أو مجسّم بصري.
- الزجاجة تعمل على تركيز الشعاع الضوئي (Michaels.Justin Peatross Ware.2025).
- انكسار الأشعة الصادرة يجعل المصباح يبدو أكثر وهجًا وتألقًا.
- الزجاجة تساعد على انتظام الضوء وجمال توزيعه بشكل ناعم ومتوازن.
- الزجاج المصقول أو المصنفر يعيد توزيع الضوء دون تقليل شدته كثيرًا.

5- مادة جدران المشكاة المحيطة بالمصباح: في علم البصريات تُستخدم الطلائات المضيئة أو المرايا المقعرة (Concave Mirrors) لتجميع وتركيز الضوء، فعندما يُوضع مصدر ضوء (مصباح) داخل مشكاة ذات سطح عاكس مقعر، تنعكس الأشعة الضوئية الصادرة من المصدر وتتركز في نقطة تُعرف بـ البؤرة (Focus)، هذا التركيز يؤدي إلى زيادة شدة الإضاءة في الاتجاه المرغوب (Michaels.Justin Peatross Ware.2025)؛ **ويكون مبدأ العمل، هو الآتي (يابين تشين، وآخرون، 2024):**

- **انعكاس الأشعة المتوازية:** الأشعة تسير موازية للمحور الرئيسي للمشكاة ثم تنعكس لتعود وتلتقي في البؤرة.
- **تجميع الضوء:** يقلل التجميع من تشتت الضوء ويزيد من شدته في نقطة محددة.
- **توجيه الضوء:** توجيه الإضاءة في نطقه محددة، يُحسن من كفائتها.

وتكون طريقة عمل الأشعة الضوئية كالآتي:

- المصباح هو مصدر الضوء (Light Source) داخل المشكاة.
- السطح الداخلي للمشكاة هو العاكس للضوء (Concave Reflective Surface).
- الأشعة المنعكسة (Reflected Light Rays) تتجمع حيث النقطة البؤرية (FocalPoint).
- النقطة البؤرية (Focal Point) توجّه الضوء للخارج بعد إنعكاسه.

وفي العمارة الإسلامية كان يستخدم طلاء باللون الكهرماني الأخضر أو الأصفر، وهو ما يعمل على إمتصاص الوهج، واعطاء شعور بالدفء والسكينة والهدوء البصري (يحى وزيري، الجزء الثالث من الموسوعة، ص117).

وتستخدم العديد من التطبيقات الضوئية الحديثة نفس فكرة المشكاة مع إضافة بعض التعديلات حسب مستوى الاحتياج لقوة الضوء؛ مثل استخدام الطلاء المضيء أو المرايا المقعرة، بسبب قدرتها على تركيز الضوء،

مثل: المصابيح الأمامية للسيارات، حيث يُوضع المصباح في بؤرة المرآة المقعرة لتوجيه الضوء في شعاع قوي ومركز، **ومن هذه التطبيقات: (Abdul-Al-Azzawi.2019)**

- **المصابيح اليدوية (الكشافات) (Flashlights)**: لتجميع الضوء وتوجيهه في شعاع ضيق.
- **المصابيح الأمامية للسيارات:** وهي نفس فكرة المشكاة مع إضافة عواكس جدارية محيطة..
- **أفران الطاقة الشمسية:** والتي تعمل على تركيز أشعة الشمس في نقطة واحدة لتوليد حرارة عالية.

ورغم أن هناك تشابه في المبادئ بين طريقة الأداء في المشكاة البيوميمكرية، وبعض الأنواع من وحدات الإضاءة العصرية، إلا إن المشكاة البيوميمكرية تمتاز بتلقائية الأداء دون تدخلات صناعية كثيرة كوحدات الإضاءة العصرية، **ويمكن إجراء مقارنة مبسطة حول ذلك:**

(مصابيح LED)	المشكاة البيوميمكرية
عواكس خلفية (Reflectors).	الانعكاس المنتظم.
حواجز توجيهية للضوء (Light Guides).	تركيز الضوء داخل حيز موجّه.
عدسات Fresnel أوconvex لتكثيف الضوء.	تقييد الفقد الضوئي.
اضاءة عادية.	تعزيز الشعور البصري بالضوء.

الخلاصة العلمية: فكرة المشكاة لا تزيد "الكمية الفيزيائية للضوء"، لكنها:

- تزيد من "فعالية" استخدام الضوء.
- تركزه وتمنع تشتته.
- تجعله أجمل وأكثر راحة للعين.

ب– من الجانب الجمالي: فضلًا عن البعد الوظيفي لفكرة المصباح داخل المشكاة وتأثيرها على مستوى ونوع الإضاءة؛ فإن هناك أيضًا بعدًا جماليًا تراثيًا للمشكاة؛ فهي ترتبط بالتراث الإنساني منذ بداية الحضارات، فقد كانت المشكاة منبع الإضاءة في العمارة الإسلامية (يحيى وزيري، الجزء الثالث: ص95)، كما إنها تحمل أيضًا بعدًا اسطوريًا يرتبط بالإرث الفلكلوري لشعوب كثيرة، ولا سيما شعوب الشرق والمنطقة العربية.

وفكرة المشكاة؛ فضلًا عن أنها تحمل بُعدًا رمزيًا دينيًا بعدما استخدمها الله تعالى في تصوير كيفية بث نوره، فهي أيضًا تحمل بعدًا بيئيًا وتراثيًا تاريخيًا، مرتبط بالثقافة البيئية والتراثية للشرق والمنطقة العربية على وجه الخصوص، كما أنها تحمل بعدًا ثقافيًا اسطوريًا يرتبط بالإرث الفلكلوري العربي في مؤلفات ألف ليلة وليلة، وكليلة ودمنة.

ويتمثل التأثير النفسي والبصري للمشكاة في:

- شكل الكُوَّة يعطي إحساسًا بعمق في الحائط، مع بقعة ضوء مركّزة.
- شكل الكُوَّة يعمل على توازن الظل والضوء، مما يجعل المشهد أكثر راحة للعين.
- شكل الكُوَّة يحقق بعد خيالي في الإضاءة.

تطوير الشكل الجمالي لتصميم وحدة الإضاءة (المشكاة المضيئة):

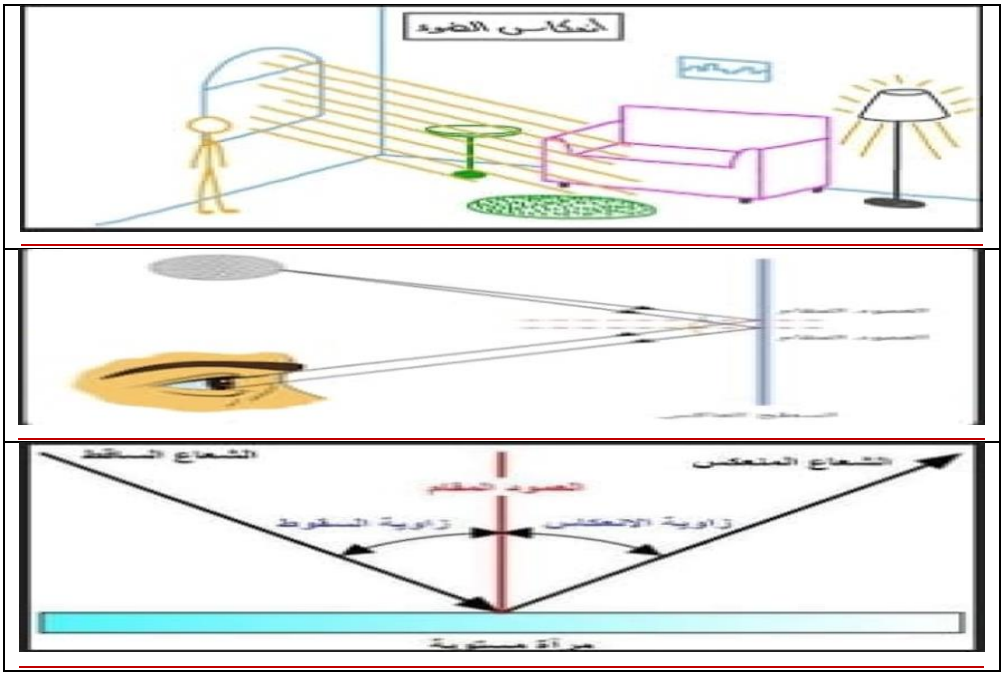
لأن هدف البحث هو تطوير تصميم وحدات إضاءة بيوميمكرية، بديلة لوحدات الإضاءة التقليدية للفنادق القائمة بالفعل داخل منطقة الوطن العربي، وليس للفنادق التي ما زالت في مرحلة الإنشاء، وبالتالي لا يتوفر لنا

إمكانية التدخل المعماري في تصميم الفراغات الداخلية للفنادق أو إمكانية تنفيذ (الكوات) في الجدران؛ فقد عمدنا إلى تصميم (مشاكي) بديلة من الخشب الديكوري لتراعى الجوانب الجمالية يمكن تثبيتها ببراغي على الجدران في الغرف والممرات.

ويمكن تصميم مشكاة (كوة) حال انتهاء التصميمات الإنشائية والبناء قائم، دون حاجة للحفر في الحوائط، وذلك من خلال الجمع بين التصميم الداخلي الذكي والابتكار الفني والجمالي.

تصميم وحدة خشبية ديكورية بارزة تشبه المشكاة تراعي البعد الجمالى Niche Frame Box:

- تصميم وحدة خشبية (صندوق) على شكل نصف قوس أو مستطيل بارز، يغلف بمواد تشبه الجدار (خشب، جي آر سي)، يكون خفيف الوزن بعمق بسيط، يُلصق على الجدار، وهو ما يعطي إيحاءًا بصريًا قويًا بوجود كُوَّة دون الحاجة للحفر بالجدار.
- يتم تغليف الأسطح الخارجية لجدران المشكاة (الكوة) بسطح عاكس مقعر (ConcaveReflective Surface)، أو طلائه بمادة دهان مطفي بلون كهرماني لامتصاص الوهج الضوئي من المصباح، أو طلاء بتأثير نحاسي قديم، أو استخدام الدهانات المضيئة أو الأصباغ الفسفورية.
- يفضل أن تكون الأسطح في خلفية الكوة بدهان مضيئ باللون الكهرماني الأخضر أو الأصفر الذهبي أو العاجي/ البيج، لامتصاص الوهج الضوئي، وإعطاء راحة بصرية.
- يثبت المصباح وسط المشكاة، ليبدو كمشهد طبيعي، ويفضل مصباح ذات شكل تراثي أو فلكلوري.
- يكون المصباح من نوعية (LED) لتوفير الطاقة، ويكون كبير الحجم، وذات إضاءة قوية بمعدل (1000-1200) لومن، أو أكثر، حسب مساحة المكان ونوع الاستخدام.



(صورة بيانية توضح شكل المشكاة والإضاءة داخل غرفة تقليدية أو عصرية)

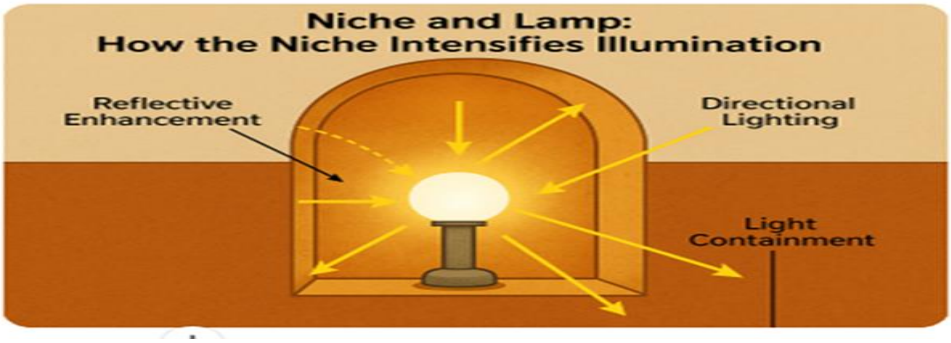
تصور تفصيلي لمشهد تنفيذ التصميم؛ يدويًا أو عبر مصمم داخلي:

1- **الموقع على الجدار:**

- يتم اختيار جدارًا مركزيًا أو بارزًا في الغرفة لتثبيت المشكاة بمادة لاصقة أو براغي تثبيت.
- يجب أن ترتفع الكُوّة عن الأرض: حوالي (120) سم، (150) سم، لتكون في مستوى النظر تقريبًا.

2- **الهيكل الخارجي للمشكاة (شكل الكُوّة):**

- **الخامة المستخدمة:** استخدام هيكلًا خشبيًا خفيفًا أو على شكل (نصف قوس أو مستطيل بارز مقوّس من الأعلى)، يكون خفيف الوزن وبعمق بسيط.
- **طلاء الهيكل:** يكون طلاء الهيكل (الصندوق) بلون يشبه لون الجدار، أو يغلف بمواد تشبه اللون الأساسي للجدار (خشب، جي آر سي).
- **العرض:** (60) سم، والطول (80) سم.
- **العمق:** (25) سم، (35) سم (لإعطاء وهم العمق).
- **مادة الطلاء:** يُلصق الهيكل الخشبي على الحائط مباشرة باستخدام مادة لاصقة قوية أو براغي تثبيت خفيفة.



صورة بيانية لآلية الإضاءة في التصميم

صور فتوغرافية للمنظر بعد تنفيذ التصميم

3- الخلفية العاكسة داخل المشكاة:

- يتم طلاء الأسطح الخارجية لجدران المشكاة(الكوة) بمادة دهان مطفي بلون كهرماني لامتصاص الوهج الضوئي من المصباح، أو استخدام الدهانات المضيئة، أو الأصباغ الفسفورية.
- يفضل أن تكون الأسطح في خلفية الكوة بدهان مضيئ، باللون الكهرماني الأخضر أو الأصفر الذهبي أو العاجي/البيج، لامتصاص الوهج الضوئي، وإعطاء راحة بصرية.

4- المصباح الفني داخل المشكاة:

- تثبت قاعدة المصباح في نقطة الوسط من قاعدة المشكاة ببراغي تثبيت، يفضل مصباحًا أنيقًا بأسلوب عصري أو تراثي.
- زجاج مصنفر أو شفاف.
- قاعدة من النحاس أو البرونز.
- مصباح يعمل بالكهرباء (وليس زيتًا) لكن بتصميم قديم (تراثي أو فلكلوري).

صور عصرية ذات شكل جمالي لشكل المشكاة المضيئة

5- **الإضاءة الخفية:**

- يمكن إضافة شريط إضاءة LED خلفي في أعلى المشكاة أو حول حوافها الداخلية.
- يمكن تركيب spotlight صغير من السقف موجه نحو الكُوّة لتعزيز التركيز عليها.

6- **لإطار والزخرفة:**

- يمكن استخدم إطارًا من الخشب أو النيكل بزخرفة إسلامية ناعمة.
- لون الإطار يكون: أبيض، عاجي، أو نحاسي خفيف.
- يمكن إضافة زخرفة خشبية أو زجاجية (نقوش نباتية إسلامية أو هندسية دقيقة) تعزز الجمالية على الإطار الخارجي.

7- **المواصفات الفنية للمشكاة:**

		كتالوج المواصفات الفنية للتصميم
1	الهيكل المعماري	– الشكل: كُوّة نصف دائرية (قوسية من الأعلى، قائمة من الجوانب). – الأبعاد الموصى بها: العرض (60–80) سم، الارتفاع (100–120) سم، العمق: لا يقل عن (25–35) سم، لإبراز الشعور بالغور.
2	الخامة	– خشب طبيعي (خشب الساج، الجوز، أو الماهوجني).
3	التشطيب الخارجي	– ملمس طبيعي مطفي أو ملمع خفيف، مع زخرفة محفورة ناعمة حول الحواف (نمط إسلامي أو نباتي).
4	الأسطح الداخلية	– اللون: كهرماني أخضر (Amber-Green)
5	نوع الطلاء	– لامع أو شبه لامع مع معامل انعكاس متوسط. – خيار بديل: ورنيش زجاجي ملوَّن إذا أُريد تأثير مضيء ومشرق.
6	الإضاءة	– نوع المصباح: LED، قوي الإضاءة أكثر من (650) كلفن، دافئ (1000–1200) لومن.
7	شكل المصباح	– كروي أو أسطواني زجاجي مع قاعدة نحاسية أو برونزية.
8	نقطة تثبيت المصباح	– في قاع الكوة، موجه لأعلى وللأمام. – إضاءة إضافية (اختياري): شريطLED حول القوس الداخلي لتعزيز التوهج الداخلي
9	الموقع	– يُفضّل وضع المشكاة على جدار مركزي، مقابل مدخل المجلس أو الصالة.
10	عناصر زخرفية	– زخارف خفيفة أو مشربيات صغيرة مفرغة على أطراف الكوة.
11	التكوين البصري	– النقطة المركزية = المصباح (مصدر النور). – الانعكاسات الناعمة على الجدران الداخلية تظهر توهجًا روحانيًا.
12	الألوان الأساسية	– الأخضر الكهرماني، البني الداكن، الذهبي النحاسي، الأبيض الدافئ.

المنهجية المستخدمة في الدراسة:

المنهج **البيوميمكري (Biomimicry)**: هو نهج علمي وتصميمي يستلهم الطبيعة وأنظمتها وآلياتها وأشكالها بهدف الاستفادة من قوانينها وتطبيقها في حل مشكلات الحياة البشرية، ويتمثل جوهر هذا المنهج في التعلم من الطبيعة، وتوظيف مبادئها في ابتكارات تصميمية من خلال المنهج الاستنباطي، ما يتيح الوصول إلى حلول

تصميمية مستدامة وفعالة (عبد المجيد، أسماء بدوي، 2021، ص96)، ويستخدم في هذه الدراسة بوصفه إطارًا بحثيًا وتصميميًا لدراسة إمكانية تطوير تصميم وحدات إضاءة بيوميمكرية للإستخدام في فنادق الوطن العربي، والنموذج المقترح هنا هو فكرة "المشكاة المضيئة" **وتتمثل خطوات تطبيق المنهج البيوميمكري في الآتي:**

- **التحليل البيولوجي:** دراسة الظواهر الطبيعية التي تنظم الضوء.
- **الاستلهام من الطبيعة:** تحليل المشكاة كنموذج معماري يحاكي توزيع الضوء الطبيعي.
- **الترجمة التصميمية:** تحويل المبادئ المستخلصة إلى وحدات إضاءة عملية قابلة للتطبيق داخل فضاءات الفنادق.
- **التقييم والمقارنة:** تقييم النماذج التصميمية الجديدة من حيث الكفاءة الوظيفية والجمالية.

وفضلًا عن الاختلاف في تعريف البيوميمكرى، هناك اختلافات في الآراء تتمثل في كيفية تطبيق البيوميمكرى، **تتركز في مدرستين:**

- **منهج الرؤية الكلية** (Holistic view) **أو البيوميمكرى العميق** (Deep Biomimicry): ويركز هذا المنهج على الاستدامة التامة، وهو ما يعني ضرورة أن تكون المنتجات بيئية تامة في تكوينها واستدامتها.
- **منهج الرؤية الاختزالية** (reductive view) **أو البيوميمكرى السطحى** (shallowBiomimicry): ويركز هذا المنهج على وظيفة محددة في بيئية جزئية، أو في عملية تجارية محددة، وهذا هو المنهج الذي سنعتمده في دراستنا.

وذلك لأننا نقصد بدراستنا فنادق قائمة بالفعل، فلا يمكن أن نحقق الاستدامة التامة، لأن تحقيق الاستدامة التامة في عملية الإضاءة يحتاج إلى التدخل في التصميمات الإنشائية والمعمارية للفندق قبل الإنشاء.

المنهج المسحي:

أ- **نوع المنهج المسحي المستخدم:** استخدم المنهج (المسحي الوصفي التحليلي)، فهو الأنسب **للأسباب الاتية:**

- وصف واقع استخدام عناصر التصميم الداخلي في بعض فنادق الدول العربية.
- فهم واقع التصميم المبتكر (نوعه، تطبيقاته، مدى انتشاره).
- تقييم الأثر ومدى تقبّل المجتمع أو البيئات الفندقية الاستثمارية للتصميم المبتكر "المشكاة المضيئة".
- استقصاء آراء ذوي العلاقة (مديرو الفنادق، مهندسو الديكور، المصممون الداخليون، النزلاء) تجاه التصميم المتكر "المشكاة المضيئة".
- الكشف عن مدى تقبّل الفنادق لهذا التصميم (من حيث الجمالية، الكفاءة، الجدوى الاقتصادية، إلخ).

ب- أدوات جمع البيانات:

- استخدام بعض النماذج التصميمية المستلهمة من الطبيعة.
- المحاكاة الرقمية لتوزيع الإضاءة طبقًا للمقاييس المعيارية.
- مقابلات مع خبراء في التصميمات.
- استبيانات لـ (النزلاء، ومسؤولي فنادق بعض الدول العربية).

أداة الدراسة المناسبة:

(استبانة إلكترونية) موجهة إلى: (مدير الفندق، مدير الصيانة أو مدير العمليات، المصمم الداخلي المعتمد (إن وُجد)، وذلك لقياس مدى تقبل استخدام "المشكاة المزودة بمصباح داخلي" في التصميمات الداخلية للفندق، من حيث: (القيمة الجمالية، القيمة الوظيفية والاقتصادية، التأثير على تجربة النزلاء، سهولة التركيب والصيانة، التوافق مع البيئة والهوية الثقافية والمعمارية).

ج- مجتمع الدراسة وحجم العينة المقترح: تكوّن مجتمع الدراسة من جميع الزائرين والعاملين في الفنادق العربية الذين يمكن أن يتأثروا بتطبيق تصميم المشكاة المضيئة داخل بيئة الفنادق، إذ يشمل هذا المجتمع من ناحية أولى الزائرين الذين يعكسون مستوى رضا النزلاء واتجاهاتهم نحو التصميم المقترح، ومن ناحية ثانية العاملين بمختلف مستوياتهم الإدارية والفنية والخدمية ممن يمتلكون القدرة على تقييم ملاءمة التصميم من الجوانب الجمالية والوظيفية والاقتصادية، وقد تمثّل مجتمع الدراسة في عدة دول عربية متنوعة هي: المملكة العربية السعودية، وجمهورية مصر العربية، ودولة الإمارات العربية المتحدة، ودولة قطر، والمملكة المغربية، بما يضمن وجود بعد جغرافي وثقافي متنوع يعكس تباين البيئات الفندقية في المنطقة العربية.

أما عينة الدراسة فقد تم اختيارها بطريقة قصدية ملائمة، حيث بلغ حجمها (218) مفردة، توزعت بين الزائرين والعاملين بما يتيح إمكانية المقارنة بين آرائهم، وقد شملت العينة وفق التوزيع الجغرافي (40) مفردة من السعودية، و(36) من مصر، و(40) من الإمارات، و(40) من قطر، و(32) من المغرب، كما تنوعت العينة وفق نوع الفندق، حيث تضمنّت فنادق خمس نجوم (7)، وأربع نجوم (4)، وثلاث نجوم (1)، بما يتيح قياس تقبّل التصميم عبر مستويات مختلفة من الخدمة الفندقية.

الجانب التطبيقي للدراسة:

تم تحليل البيانات باستخدام نوعين من الأساليب الإحصائية:

أولًا: التحليل الكمي

جدول (1)

ربط الأسئلة بالمحاور

السؤال	نص السؤال	المحور (البُعد)
Q1	تصميم المشكاة المضيئة يضيف لمسة جمالية فريدة تناسب هوية الفنادق العربية	الجماليات + الهوية
Q2	وجود مصدر إضاءة قوي داخل المشكاة المضيئة مفيد لتوزيع الضوء بشكل فني	الوظيفية/ الجودة الفنية
Q3	التصميم المقترح يتماشى مع الطراز العربي الإسلامي في الفنادق	الهوية الثقافية والتراث
Q4	المشكاة الخشبية لا تتعارض مع متطلبات السلامة والكهرباء	السلامة والمعايير
Q5	تركيب المشكاة المضيئة لا يسبب تكاليف مفرطة مقارنة بالعناصر الديكورية الأخرى	التكلفة/ الجدوى الاقتصادية
Q6	التصميم يمكن أن يحسن من رضا النزلاء وراحتهم النفسية	رضا النزلاء
Q7	أرغب في استخدام هذا التصميم ضمن غرف أو ممرات الفندق	الرغبة في الاستخدام/ التبنّي

للإجابة على التساؤل الأول: ما مدى تقبّل تصميم المشكاة المضيئة بشكل عام لدى الزائرين والعاملين بالفنادق؟

جدول (2)

استجابة المبحوثين في عينة الدراسة على سؤال تصميم المشكاة المضيئة يضيف لمسة جمالية فريدة تناسب هوية الفنادق العربية

الاستجابة	التكرار	النسبة المئوية
أرفض بشدة	17	7.8%
أرفض	12	5.5%
محايد	12	5.5%
موافق	85	39.0%
موافق بشدة	92	42.2%
الإجمالي	218	100.0%

يبين الجدول أن اتجاهات أفراد العينة نحو تصميم المشكاة المضيئة جاءت في معظمها إيجابية، حيث بلغت نسبة الموافقين (39.0%)، بينما بلغت نسبة من أبدوا موافقة شديدة (42.2%)، أي أن ما مجموعه (81.2%) من العينة لديهم اتجاه إيجابي نحو التصميم، في المقابل، بلغت نسبة الرافضين بشدة (8.7%)، والرافضين (5.5%)، أي ما مجموعه (3.13%) فقط، في حين اتخذت نسبة صغيرة (5.5%) موقفًا حياديًا دون انحياز للقبول أو الرفض، وتشير هذه النتائج إلى أن الغالبية العظمى من العينة تنظر إلى المشكاة المضيئة نظرة إيجابية، مما يعكس مستوى عالٍ من القبول المبدئي للتصميم سواء من جانب العاملين أو الزائرين، كما أن انخفاض نسبة الرفض مقارنة بنسبة القبول يبرز قوة التأييد للتصميم، وهو ما يدعم إمكانية تبنّيه في البيئات الفندقية.

وهذا التوزيع يؤكد أن هناك توجهًا عامًا إيجابيًا نحو التصميم المقترح، وأن الغالبية العظمى من العينة ترى في المشكاة المضيئة إضافة ذات قيمة جمالية ووظيفية للبيئة الفندقية، كما أن انخفاض نسب الرفض مقارنة بالقبول يشير إلى قوة التقبل المبدئي للفكرة، مما يفتح المجال لدراسات أكثر عمقًا حول محددات هذا القبول وعوامله المؤثرة.

للإجابة على للتساؤل الثاني: هل توجد فروق دالة إحصائيًا بين آراء الزائرين وآراء العاملين حول تصميم المشكاة المضيئة؟

جدول (3)

اختبار T لعينتين مستقلتين

تسبب تواجد بالفندق		العدد	المتوسط	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري	الدلالة
تصميم (المشكاة المضيئة) يضيف لمسة جمالية فريدة تناسب هوية الفنادق العربية.	زائر	116	3.9828	1.13431	.10532	0.349
	عامل	102	4.1176	.96774	.09582	

تشير نتائج اختبار ت العينتين المستقلتين إلى أنه لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسطات آراء الزائرين والعاملين بشأن أن تصميم *المشكاة المضيئة* يضيف لمسة جمالية فريدة تناسب هوية الفنادق العربية، حيث بلغت قيمة مستوى الدلالة (Sig. = 0.349) وهي أكبر من (0.05)، مما يعني قبول الفرضية الصفرية (H0)القائلة بعدم وجود فروق بين المجموعتين، وبناءً على ذلك يمكن القول إن كلًّا من الزائرين والعاملين اتفقوا بدرجة متقاربة في تقييم الجانب الجمالي للتصميم، وهو ما يعكس إجماعًا عامًا على القيمة الجمالية للتصميم بغض النظر عن اختلاف الفئة المستجيبة.

للإجابة على التساؤل الثالث: هل تختلف درجة تقبّل التصميم باختلاف الدولة؟

جدول (4)

اختبار ANOVA

المصدر	مجموع المربعات	درجات الحرية(df)	متوسط المربعات	قيمة F	مستوى الدلالة(Sig.)
بين المجموعات	13.219	5	2.644	2.433	0.036
داخل المجموعات	230.322	212	1.086	—	—
الكل	243.541	217	—	—	—

تشير نتائج تحليل التباين الأحادي (One-Way ANOVA) إلى وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين المجموعات المختلفة في تقييمهم للعبارة المتعلقة بالقيمة الجمالية لتصميم *المشكاة المضيئة*، حيث بلغت قيمة (F = 2.433) عند مستوى دلالة (Sig. = 0.036) وهو أقل من (0.05)، مما يعني رفض الفرضية الصفرية (H0) والقول بوجود اختلافات معنوية بين المجموعات، وهذا يدل على أن تقييم الجانب الجمالي للتصميم يختلف باختلاف المتغيرات الديموغرافية (مثل الدولة) التي تم اعتمادها في التحليل.

للإجابة على التساؤل الرابع (عاملات نموذج الانحدار) ما العوامل (الجماليات، الهوية الثقافية، السلامة، التكلفة) الأكثر تأثيرًا في رضا النزلاء عن التصميم؟

النموذج		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	الدلالة
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3.943	.570		6.912	.000
	التصميم المقترح يتماشى مع الطراز العربي الإسلامي في الفنادق.	-.040	.076	-.036	-.524	.600
	تصميم (المشكاة المضيئة) يضيف لمسة جمالية فريدة تناسب هوية الفنادق العربية.	.209	.079	.191	2.638	.009
	المشكاة الخشبية لا تتعارض مع متطلبات السلامة والكهرباء.	-.076	.084	-.065	-.912	.363
	تركيب (المشكاة المضيئة) لا يُسبب تكاليف مفرطة مقارنة بالعناصر الديكورية الأخرى.	-.077	.062	-.083	-1.243	.215

a. Dependent Variable التصميم يمكن أن يحسن من رضا النزلاء وراحتهم النفسية

وأظهرت نتائج تحليل الانحدار المتعدد الخاص بالتساؤل الرابع: "ما العوامل (الجماليات، الهوية الثقافية، السلامة، التكلفة) الأكثر تأثيرًا في رضا النزلاء عن التصميم؟" أن المتغير الأكثر تأثيرًا في رضا النزلاء هو البُعد المتعلق بالجماليات، والمتمثل في العبارة: "تصميم المشكاة المضيئة يضيف لمسة جمالية فريدة تناسب هوية الفنادق العربية"، حيث كان معامل الانحدار المعياري (Beta = 0.191) ذا دلالة إحصائية عند مستوى (Sig. = 0.009) وهذا يشير إلى أن إدراك النزلاء للقيمة الجمالية للتصميم يسهم بشكل جوهري في رفع مستوى رضاهم.

أما بقية المتغيرات المستقلة وهي: التصميم المقترح يتماشى مع الطراز العربي الإسلامي في الفنادق"، و"المشكاة الخشبية لا تتعارض مع متطلبات السلامة والكهرباء"، و"تركيب المشكاة المضيئة لا يسبب تكاليف مفرطة مقارنة بالعناصر الديكورية الأخرى"، فلم تظهر أي منها تأثيرًا دالًا إحصائيًا على رضا النزلاء (Sig. >0.05)، وهو ما يعني أن هذه الأبعاد – على الرغم من أهميتها النظرية – لم تكن حاسمة في تفسير الفروق في مستويات رضا النزلاء في العينة محل الدراسة.

وبذلك يمكن القول إن الجاذبية الجمالية للتصميم هي العامل الحاسم والأكثر تأثيرًا في تشكيل رضا النزلاء، مما يؤكد على أن الاعتبارات البصرية والديكورية تتصدر أولويات الزائرين في بيئة الفنادق عند تقييمهم للتصميمات الداخلية، في حين أن عناصر الهوية الثقافية والسلامة والتكلفة قد يُنظر إليها كعوامل مساندة لا تصل إلى مستوى التأثير المباشر على الرضا الكلي.

للإجابة على التساؤل الخامس: هل يؤثر رضا النزلاء عن التصميم في رغبتهم في استخدامه داخل الفنادق؟

جدول (5)

نموذج الانحدار البسيط

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.014	.062		.228	.820
	التصميم يمكن أن يحسن من رضا النزلاء وراحتهم النفسية.	.990	.015	.977	66.778	.000

a. Dependent Variable: أرغب في استخدام هذا التصميم ضمن غرف أو ممرات الفندق

تشير النتائج إلى أن رضا النزلاء عن التصميم يُعد متغيرًا مؤثرًا وبدرجة عالية جدًا في رغبتهم في استخدامه داخل الفنادق، حيث بلغت قيمة المعامل المعياري (Beta = 0.977) وهي قيمة مرتفعة للغاية، مما يدل على قوة التأثير، كما أن قيمة الدلالة الإحصائية (Sig. = 0.000) أقل بكثير من مستوى 0.05، ما يؤكد أن هذا التأثير ذو دلالة إحصائية قوية، أما الثابت (Constant = 0.014) فلم يكن ذا دلالة (Sig. = 0.820)، مما يعني أن الرغبة في الاستخدام لا تظهر إلا بوجود عامل رضا النزلاء نفسه.

للإجابة على التساؤل السادس ما طبيعة العلاقة بين المحاور المختلفة (الجماليات، الهوية، السلامة، التكلفة، الرضا، الرغبة في الاستخدام)؟

جدول (6)

معاملات الارتباط بين المحاور المختلفة

العلاقة	معامل الارتباط (Pearson)	الدلالة (Sig.)	التفسير
الجماليات ↔ الهوية	−0.136*	0.045	ارتباط ضعيف وسالب (عكسي) ودال عند 0.05
الجماليات ↔ السلامة	0.351**	0.000	ارتباط موجب متوسط القوة ودال عند 0.01
الجماليات ↔ التكلفة	−0.002	0.982	لا توجد علاقة دالة
الجماليات ↔ الرضا	0.173*	0.011	ارتباط موجب ضعيف ودال عند 0.05
الجماليات ↔ الرغبة	0.179**	0.008	ارتباط موجب ضعيف ودال عند 0.01
الهوية ↔ السلامة	0.002	0.973	لا توجد علاقة
الهوية ↔ التكلفة	0.038	0.581	لا توجد علاقة
الهوية ↔ الرضا	−0.065	0.341	لا توجد علاقة
الهوية ↔ الرغبة	−0.067	0.328	لا توجد علاقة
السلامة ↔ التكلفة	0.009	0.895	لا توجد علاقة
السلامة ↔ الرضا	0.001	0.991	لا توجد علاقة
السلامة ↔ الرغبة	0.033	0.624	لا توجد علاقة
التكلفة ↔ الرضا	−0.086	0.208	لا توجد علاقة
التكلفة ↔ الرغبة	−0.079	0.244	لا توجد علاقة
الرضا ↔ الرغبة	0.977**	0.000	ارتباط موجب قوي جدًا ودال عند 0.01

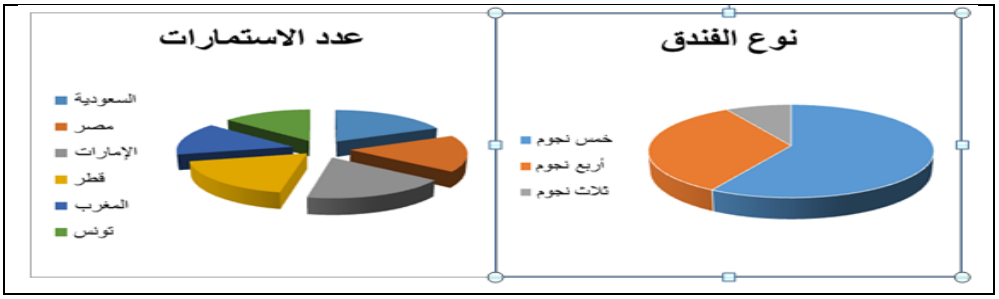
وأظهرت نتائج تحليل معاملات الارتباط بين المحاور المختلفة أن العلاقة الأقوى كانت بين رضا النزلاء عن التصميم ورغبتهم في استخدامه داخل الفنادق، حيث بلغ معامل الارتباط ($r = 0.977$, $Sig. = 0.000$)، وهو ارتباط موجب قوي جدًا ودال إحصائيًا عند مستوى (0.01)، مما يشير بوضوح إلى أن رضا النزلاء يُعد المحدد الرئيسي للرغبة في تبني التصميم، كما تبين وجود علاقة موجبة متوسطة بين البعد الجمالي والسلامة ($r = 0.351$, $Sig. = 0.000$)، الأمر الذي يعكس إدراكًا من المستجيبين بأن القيمة الجمالية للتصميم لا تنفصل عن توافقه مع معايير الأمان، كذلك أظهرت النتائج وجود علاقات موجبة ضعيفة لكنها دالة إحصائيًا بين الجماليات وكل من رضا النزلاء ($r = 0.173$) والرغبة في الاستخدام ($r = 0.179$)، مما يؤكد أن للجماليات

دورًا تكميليًا في تعزيز رضا النزلاء ودفعهم نحو التبني، وفي المقابل، كشفت النتائج عن علاقة سالبة ضعيفة بين الجماليات والهوية الثقافية($r = -0.136, Sig. = 0.045$) ، وهو ما قد يعكس اختلافًا في إدراك بعض الأفراد لقيمة الجماليات باعتبارها منفصلة عن الهوية التراثية، أما بقية العلاقات بين الهوية، والتكلفة، والسلامة مع الرضا والرغبة فلم تظهر أي دلالة إحصائية، مما يعني أن هذه الأبعاد لم يكن لها وزن مؤثر في هذا النموذج، وبناءً على ذلك يمكن القول إن الرضا يشكل المحرك الأساس للرغبة في الاستخدام، فيما تظل الجماليات عاملًا داعمًا يرتبط بالسلامة ويؤثر بشكل غير مباشر على الرضا والتبني، في حين تتراجع أهمية الهوية والتكلفة في هذا السياق.

التحليل الوصفي:

مثل: (النسب المئوية، التكرارات، والانحراف المعياري)، وتُستخدم أدوات تحليل نوعي لفهم الانطباعات المفتوحة والنقاط النوعية المتعلقة بتقييم الأداء الوظيفي من حيث توزيع الإضاءة، تقليل الوهج، كفاءة استهلاك الطاقة، الراحة البصرية، الراحة النفسية.

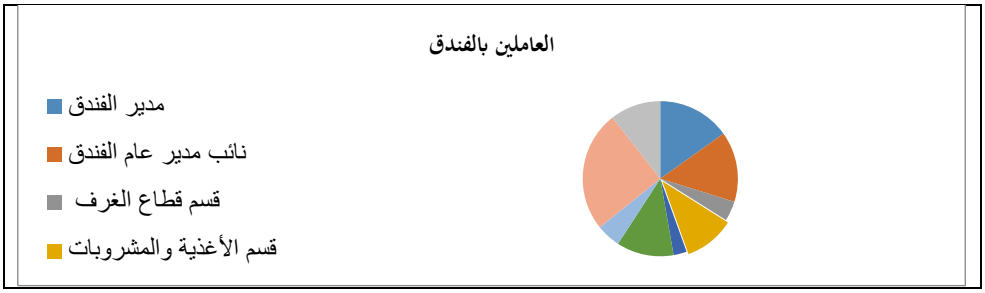
التحليل الإحصائي لنتائج الاستبيان حول تطوير تصميم وحدة إضاءة بيوميمكرية "المشكاة المضيئة": تمثل الجانب التطبيقي للدراسة في تصميم استمارة استبيان الكترونية [1] وطرحها على مجموعة من فنادق الوطن العربي في ستة دول (المملكة العربية السعودية – مصر – الامارات – قطر – المغرب – تونس) من خلال صياغة أسئلة محددة للتحقق من تساؤلات الدراسة وفرضيتها التي مفادها؛ أنه من خلال تطبيق مفهوم البيوميمكرى يمكن التوصل إلى تصميم مبتكر لوحدات اضاءة بيوميمكرية تحقق البعدين (الجمالي والوظيفي) داخل فنادق منطقة الوطن العربي، على حد سواء في كل المستويات الفتدقية (ثلاث نجوم – أربع نجوم – خمس نجوم)، وقد تم التعبير عن الفكرة بتصميم مشكاة مضيئة تحقق فكرة موضوع الدراسة بشقيها الوظيفي، وهو تحقيق أعلى مستوى إضاءة بأقل تكلفة، وشقها الجمالي؛ وهو أن تكون مريحة للعين وذات مظهر جمالي مستوحي من الطبيعة.



ومن ثم تم تجميع إجابات الاستمارة من خلال عينة مكونة من الزائرين والعاملين بالفنادق: (مدير الفندق – ونائب المدير – وقسم قطاع الغرف – وقسم الأغذية والمشروبات – والأمن – والحسابات – وقسم المبيعات والتسويق – وقسم الهندسة والديكور والصيانة – وقسم الموارد البشرية)، وقد جاءت أكثر التفاعلات من العاملين بالفنادق من قسم الهندسة والصيانة والديكور، وأقلها نسبة من العاملين في مجال الأمن.

(1) رابط الاستمارة التي تم طرحها للعاملين والزائرين بفنادق الوطن العربي طبقا لمجتمع البحث.

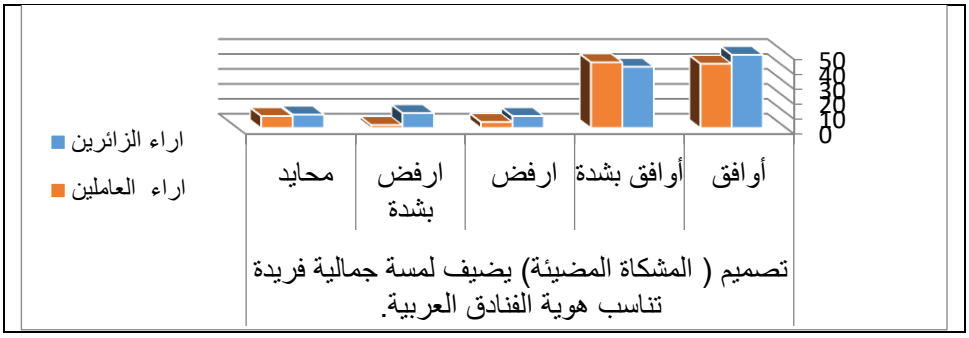
https://forms.gle/ncp5YGLKJZ8KgiBh7



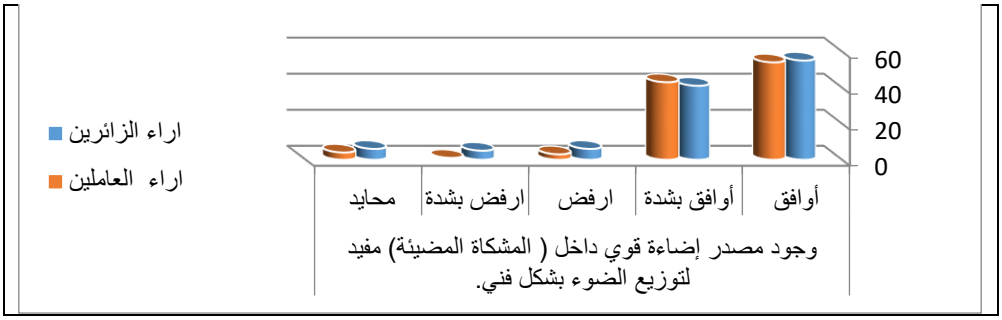
وفيما يخص تحليل الإجابات بواسطة (مقياس ليكرت الخماسي) على العبارات التي تم تصميمها لتفسر تساؤلات الدراسة عن مدى اقتناع العاملين بالفنادق والزائرين بفكرة "المشكاة المضيئة" من الناحية الوظيفية والجمالية داخل غرف وممرات الفندق؛ **وكانت الإجابات حول كل عبارة كالآتي:**

– العبارة الأولى: تصميم (المشكاة المضيئة) يضيف لمسة فنية وجمالية فريدة تناسب هوية الفنادق العربية:

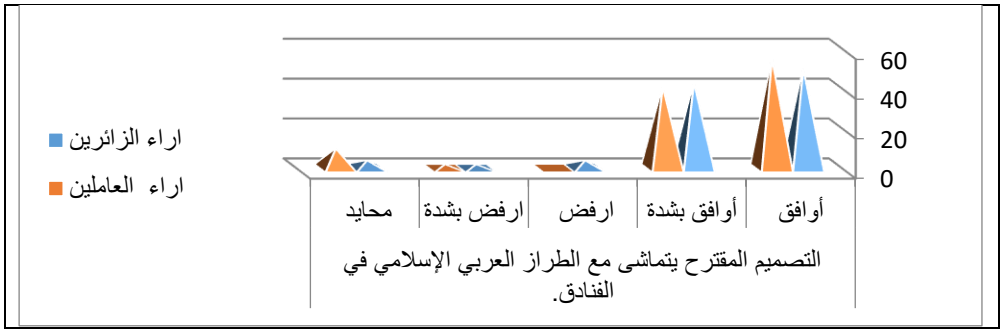
تمثل العبارة الأولى بوضوح عن مدى قبول العاملين والزائرين لفكرة التصميم (**المشكاة المضيئة**)، وجاءت الإجابات بنسب مختلفة، وإن كانت الأغلبية تتفق مع الفكرة معتبرين أن فكرة تصميم المشكاة المضيئة تحاكي روح جمالية قديمة وطراز إضاءة حديث، وأنها تضيف لمسة جمالية فريدة تناسب هوية الفنادق العربية، إلا أن نسبة قبول فكرة التصميم كانت أعلى عند الزائرين منها عند العاملين، **كما في الرسم البياني الآتي:**



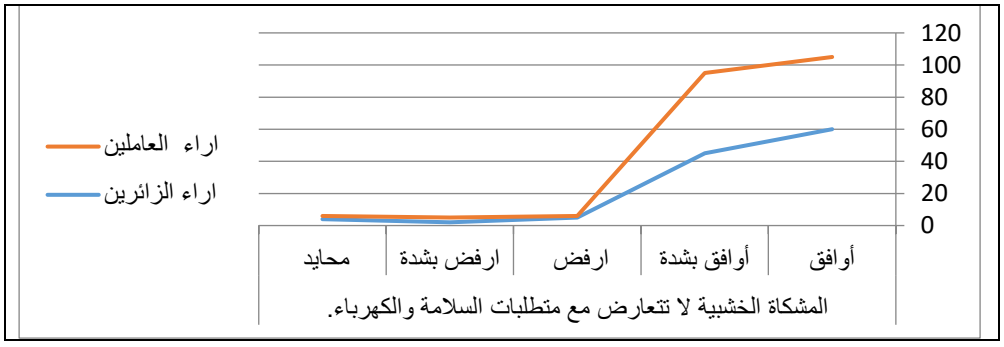
– العبارة الثانية: تحقق فكرة تصميم (المشكاة المضيئة) مستوى إضاءة قوي وموزع بشكل فني: تمثل العبارة الثانية الجانب الوظيفي لفكرة التصميم وجدواه الوظيفية والعملية؛ بمعنى أن فكرة المشكاة تزيد من تركيز الاضاءة وتعد مصدر إضاءة قوي، يوفر إضاءة كافية لمساحة أكبر، وتوزيع أكثر فعالية، مما يساعد على إبراز العناصر المراد إضاءتها بشكل أفضل، وقد جاءت الاجابة على تلك العبارة سواء من الزائرين أو العاملين، **كما في الجدول الآتي:**



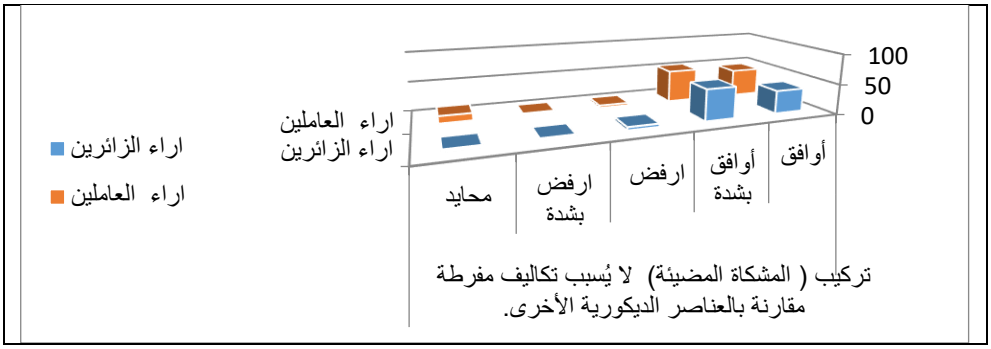
– العبارة الثالثة: التصميم المقترح يعبر عن البيئة العربية والتراث العربي والإسلامي في فنادق المنطقة: تمثل العبارة الثالثة مدى قبول العاملين والزائرين لفكرة أن التصميم المقترح **"المشكاة المضيئة"**، يعبر عن البيئة العربية والتراث العربي والإسلامي للمنطقة، حيث أنها فكرة تراثية قديمة كانت تستخدم في العصور القديمة قبل اكتشاف الكهرباء كفكرة إضاءة مستوحاة من الطبيعة، وجاءت الإجابات بنسبة تتقارب ين الزائرين والعاملين. معتبرين أن فكرة تصميم المشكاة المضيئة تحاكي هوية تاريخية وثقافية للمنطقة العربية، **كما في الجدول الآتي:**



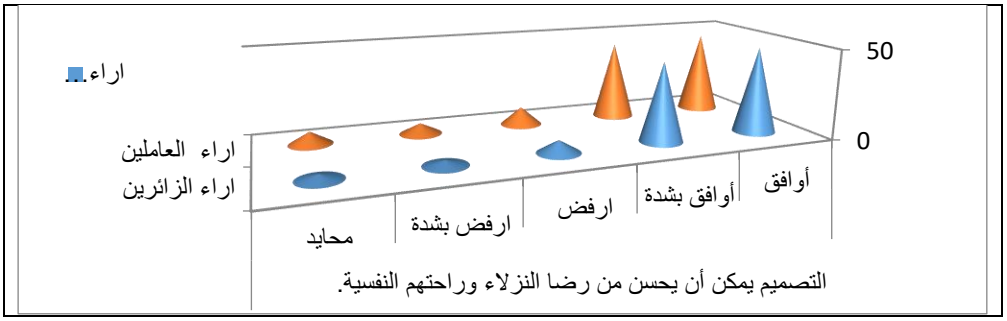
–العبارة الرابعة: المواد المستخدمة في تصميم (المشكاة المضيئة) مستدامة ولا تتعارض مع متطلبات السلامة والأمان: تمثل العبارة الرابعة رأي العاملين بالفنادق، وعلى وجه الخصوص الفنيين والمتخصصين وأقسام الديكور والكهرباء حول المواد المستخدمة في تصميم "المشكاة المضيئة"، كمواد مستدامة ومدى توافقها أو تعارضها مع متطلبات السلامة والأمان، وكذلك رأي بعض الزائرين بعد اطلاعهم على كتالوج التصميم، جاءت الإجابات بنسبة كبيرة من العاملين، **كما في الجدول الآتي:**



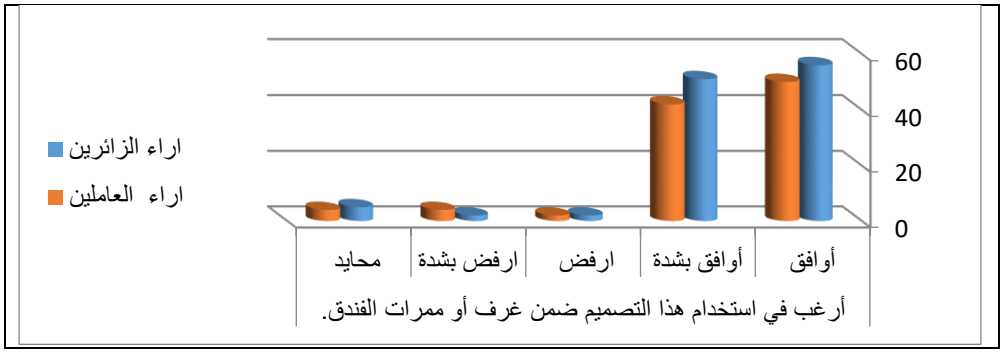
– العبارة الخامسة: التكلفة المبدئية لفكرة تصميم (المشكاة المضيئة) بعد التعرف على مكوناتها؛ متناسبة مع عناصر الإضاءة الديكورية الأخرى: تمثل العبارة الخامسة تساؤلًا حول فكرة التصميم من حيث التكلفة بعد التعرف على مكوناتها مقارنة بعتاصر الإضاءة الديكورية الأخرى، وهو تساؤل يتعلق بالمتخصصين من العاماين بالفنادق في مختلف الأقسام أكثر مما يتعلق بالزائرين، وجاءت الإجابات من العاملين بنسبة كبيرة أن (المشكاة المضيئة) لا تسبب تكاليف مفرطة مقارنة بالعناصر الديكورية الأخرى، وكانوا أكثر تأييدًا لفكرة أنها مفيدة من الناحيتين الاقتصادية والجمالية، **كما في الجدول الآتي:**



-العبارة السادسة: التصميم يمكن أن يحسن من رضا النزلاء وراحتهم النفسية: تمثلت العبارة السادسة في التساؤل حول العائد غير المباشر لاستخدام فكرة التصميم متمثلًا في مدى رضا النزلاء المتحقق من استخدام "المشكاة المضيئة" والذي ينعكس بالتالي على مستوى الخدمة المقدمة بالفندق والذي ينعكس بدوره على مستوى الإيرادات، وجاءت الإجابات حول عبارة أن التصميم يمكن أن يحسن من رضا النزلاء وراحتهم النفسية بشكل إيجابي سواء من العاملين باعتبار معرفتهم بالذوق العام للزائرين أو الزائرين أنفسهم بمجرد تخيلهم للفكرة، **كما في الجدول الآتي:**



- العبارة السابعة: أرغب في استخدام هذا التصميم ضمن غرف أو ممرات الفندق: تمثل العبارة السابعة الرأي النهائي المتبلور حول مدى قبول أو رغبة العاملين بالفندق أو الزائرين لفكرة "المشكاة المضيئة"، وجاءت الإجابات بنسبة قبول عالية من الزائرين معتبرين أنها ستحقق راحة بصرية ونفسية داخل الفندق، **كما في الجدول الآتي:**



واستخلاصًا مما سبق، يتضح أن؛ هناك قبول عام لفكرة تطوير تصميم أنظمة الإضاءة بالفنادق، والاستفادة من التصميمات الطبيعية البيوميمكرية المستوحاة من الطبيعة، لما تحققه من استدامة، وما تضيفه من بعد جمالي، وأن استخدام "المشكاة المضيئة" كنموذج تصميم إضاءة داخل بفنادق الوطن العربي، سواء من العاملين او الزائرين باختلاف الدول مجتمع الدراسة، وأن هناك قبول للفكرة، معتبرين أن التصميم الداخلي للفنادق هو أحد العوامل الحاسمة في تشكيل تجربة النزيل وبناء الانطباع الأول لديهم الذي قد يدوم طويلًا بعد مغادرتهم، فالفندق بالنسبة لهم لم يعد مجرد مكان للإقامة، بل أصبح مساحة متعددة الوظائف تُجسد الهوية البصرية والعاطفية، وانعكاسًا لمستوى الفخامة والراحة والخدمة.

وهو ما يثبت أن فكرة تصميم "المشكاة المضيئة"، وآلية المزج بين وحدات الإضاءة والمشكاة أو الكوة الصناعية (الديكورية)، لا تعزز الإضاءة وتعيد توزيعها فحسب، ولا تحقق الراحة البصرية والنفسية فحسب، بل تُعيد إحياء مفردات معمارية بيئية وتراثية أصيلة في قوالب (تصميمات) عصرية، تناسب فخامة الفنادق وخصوصيتها بمنطقة الوطن العربي، وبهذا، تصبح فكرة المشكاة المضاءة رمزًا للحوار بين الماضي والحاضر، والتقليد والحداثة، في مشهد تصميمي بيوميمكري مستدام، يأسر الأنظار ويترك أثرًا في الذاكرة.

وبصورة عامة، يمكن القول إن اعتماد الحلول التصميمية البيوميميكريّة – مثل استلهام فكرة "المشكاة المضيئة" – يتجاوز كونه مجرد لمسة جمالية، ليصبح خيارًا استراتيجيًا يحقق التوازن بين البعد النفسي للنزلاء والبعد الوظيفي للمكان، ويمنح الفندق ميزة تنافسية قابلة للاستمرار على المدى الطويل.

نتائج الدراسة:

توصلت الدراسة لمجموعة من النتائج تمثلت في:

1- التصميمات البيوميمكرية المستوحاة من الطبيعة غالبًا ما تحقق الاستدامة.

2- يمكن الاستفادة من مفهوم البيوميمكري في التصميمات من خلال التوليف بين الفكرة الطبيعية وبعض التقنيات الصناعية العصرية.

3- عنصر الاستدامة من حيث التكلفة يمكن أن يتحقق من وجوه مختلفة، فليس بالضرورة أن ينحصر في خفض استهلاك الطاقة، أو وفرة المواد المستخدمة في التصنيع، فقد يتحقق من تحسين الإضاءة، أو التأثيرات الصحية الإيجابية، أو تحقق الرضى النفسي للمستخدم.

4- تبين من نتائج الدراسة أن تصميم المشكاة المضيئة يحقق البعد الوظيفي للتصميم البيوميمكري.

5- تبين من نتائج الدراسة أن تصميم المشكاة المضيئة يحقق البعد الجمالي للتصميم البيوميمكري

6- تبين من نتائج الدراسة أن المشكاة المضيئة تصميم مستدام يحقق شروط الإستدامة البيئية.

7- الاضاءة لبيوميميكريّة أثبتت فاعلية واضحة من الناحية الجمالية والوظيفية.

8- العاملون والزائرون قيّموا البيوميميكري بشكل متقارب، مما يعكس قبولًا مشتركًا له.

9- الوظيفة كان لها تأثير أقوى من الجماليات في رفع نية التبنّي، إلا أن الجماليات لعبت دورًا مكملًا لا يقل أهمية.

10- قارنت الدراسة النتائج بين الإضاءة الصناعية والبيوميميكري وأظهرت تفوق الأخيرة بصريًا ونفسيًا.

توصيات الدراسة:

بناءًا على ما سبق؛ توصي الدراسة بالآتي:

1- **تعميم استخدام التصميمات البيوميمكرية في الفنادق العربية:** توصي الدراسة بضرورة تبني وحدات الإضاءة المستوحاة من الطبيعة، مثل "المشكاة المضيئة"، نظرًا لما حققته من استدامة وظيفية وجمالية وبيئية، مما يجعلها بديلًا عمليًا للإضاءة التقليدية.

2- **التكامل بين الإلهام الطبيعي والتكنولوجيا الحديثة:** ينبغي على المصممين الجمع بين مبادئ البيوميمكري والتقنيات الصناعية المعاصرة، بما يعزز من كفاءة التصميم ويوائم بين الهوية الثقافية المحلية ومتطلبات العصر.

3- **إعادة تعريف مفهوم الاستدامة في التصميم:** تنبه الدراسة إلى ضرورة توسيع نطاق الاستدامة في الإضاءة، بحيث لا يقتصر على خفض استهلاك الطاقة أو وفرة المواد، بل يشمل تحسين جودة الإضاءة، والتأثيرات الصحية الإيجابية، والرضى النفسي للمستخدمين.

4- **إجراء تطبيقات ميدانية للمشكاة المضيئة في الفنادق:** يُوصى بتنفيذ نماذج تجريبية للوحدة في بيئات فندقية حقيقية، بهدف قياس أثرها على رضا النزلاء والعاملين، وتعزيز جودة تجربة الضيافة المستدامة.

5- **الموازنة بين الوظيفة والجماليات:** على المصممين مراعاة أن الوظيفة تمثل العامل الأكثر تأثيرًا في نية التبني، في حين تشكل الجماليات عنصرًا داعمًا لا يقل أهمية في رفع القيمة التصميمية وتعزيز القبول العام.

6- **تطوير سياسات تصميمية داعمة:** توصي الدراسة باستخدام نتائج المقارنة بين الإضاءة الصناعية والبيوميمكرية كمرجعية في وضع معايير تصميم جديدة تشجع الفنادق على اعتماد الإضاءة البيوميمكرية كخيار استراتيجي.

7- **نقل التجربة إلى مجالات أخرى:** يُستحسن توسيع نطاق تطبيق مفهوم البيوميمكري في الإضاءة ليشمل مباني أخرى مثل المؤسسات التعليمية والمكاتب، مما يسهم في ترسيخ الاستدامة في بيئات عمل ودراسة متنوعة.

8- **تشجيع البحوث التطبيقية المستقبلية:** تدعو الدراسة الحالية إلى إجراء مزيد من الأبحاث التطبيقية التي تستكشف إمكانات البيوميمكري في التصميم الداخلي والإنارة، بما يثري الفكر التصميمي ويعزز الابتكار في مجالات العمارة والضيافة المستدامة.

المصادر والمراجع

ابن عاشور، محمد الطاهر بن عاشور. *"التحرير والتنوير"*. الدار التونسية للنشر: (د. ت).

أبو موسى، محمد محمد. (1989). أمثال سورة النور. *مجلة الوعي الإسلامي*، وزارة الأوقاف والشئون الإسلامية، الكويت، 26(305).

أسامة عبد الرحمن عبد العليم. (2005). *وحدات الاضاءة الحديدية في المنازل كمنطلق لتحقيق العلاقة بين الجوانب التشكيلية والوظيفية في المشغولة المعدنية المجسمة*. [رسالة ماجستير غير منشورة]، كلية التربية الفنية، جامعة حلوان.

إيمان محمد وجدي. (2003). *توظيف الجلود الطبيعية النصف شفافة في مجال الأشغال الفنية كوحدات اضاءة مبتكرة*. رسالة ماجستير، كلية التربية الفنية، جامعة حلوان.

الجبالي، ابراهيم. (1990). *تفسير سورة النور*. هدي الإسلام: الأردن، 34(10).

الجداوي، نرمين كامل محمد. (2017). "المصمم الصناعي والأستلهام من الطبيعة في ضوء علم الإيثولوجي". *مجلة الفنون والعلوم التطبيقية*، جامعة دمياط، كلية الفنون التطبيقية، العدد(4)، (2017).

أسماء محمد نبوي عبد المجيد. (2021). "الاستفادة من الاتجاه البيوميمكري كمدخل إبداعي لتصميم طباعة المنسوجات ثلاثية الأبعاد". *مجلة التصميم الدولية، الجمعية العلمية للمصممين*، 11(5)، (2021).

أونونو تشيسوم. (2020). "*الضيافة المستدامة في تصميم الفنادق: عملية مثالية للحد من استخدام الطاقة في مرافق الفنادق*". بحث منشور، قسم الهندسة المعمارية، جامعة ولاية ريفرز، نيجيريا، (2020).

ألكستيس، زوي سكارلاتو. *تأثيرات الضوء في عملية التصميم: دراسة نظرية لتصورات المصممين لتأثيرات الضوء، ودراسة تجريبية لكيفية استخدامها في تصميم الإضاءة المعمارية*. أطروحة مقدمة إلى كلية بارتليت للبيئة المبنية، بكلية لندن الجامعية، كمرشح لنيل درجة الدكتوراه في الفلسفة، قسم الهندسة المعمارية. لندن، يوليو (2010).

بوبعة عبد الوهاب. دور الابتكار في دعم الميزة التنافسية للمؤسسة الاقتصادية. *مجلة البشائر الاقتصادية*، 4(3)، (2018)، الجزائر.

جيميس ستيل. "*عمارة من أجل الناس: الأعمال الكاملة لحسن فتحي*". ترجمة عمرو عبدالرءوف، المجلس الأعلى للثقافة: (2003).

حسن الباشا. موسوعة العمارة والآثار والفنون الإسلامية: ط١، ج(2)، بيروت، (1999).

حسن فتحي. "*العمارة والبيئة*". دار المعارف: (1977م).

حسن فتحي. "*عمارة الفقراء*". ترجمة: مصطفى ابراهيم فهمي، "القرنة: قصة قريتين"، كتب بالإنجليزية ونشرته وزارة الثقافة: القاهرة عام (1969) مترجم الي اللغة العربية باسم عمارة الفقراء.

حسن فتحي. "*الطاقات الطبيعية والعمارة التقليدية*". ترجمة عام (1988)، دار المعارف.

حسنية مأمون سيد أحمد. "*التصميم الداخلي للمسكن المصري المعاصر في العمارة البيئية لحسن فتحي*". رسالة ماجستير، قسم التصميم الداخلي والأثاث، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان، (1999).

حسين عبد العزيز الدريني. الابتكار تعريفه وتنميته، جامعة قطر. جامعة قطر، كلية التربية، س1، 1(1982م).

خليفة، محمد الأباصيري. (1977). تفسير سورة النور. *مجلة الوعي الإسلامي، وزارة الأوقاف والشئون الإسلامية*، الكويت، 13(156).

ديلون، مورين. *أشعة الشمس الاصطناعية: التاريخ الاجتماعي للإضاءة المنزلية*. ناشيونال تراست: لندن، (2002).

رجب عبد الرحمن عميش. (1983): "*المتطلبات الوظيفية وعلاقتها بالشكل الجمالي لوحدات اضاءة صالات الطعام بالفنادق المصرية*". [رسالة ماجستير غير منشورة]، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان.

ريهام محمد عبد السالم عبد الحميد. منهج تصميمي ألقمشة السيدات المطبوعة بالاستفادة من البناء الجمالي لعلم البيوميمكري. *مجلة التراث والتصميم*، 3(18)، ديسمبر (2023).

علا على هاشم؛ آخرون. (2017). "دراسة تحليلية لبعض الاعتبارات التصميمية في الحيزات الداخلية ذات الطابع: نموذج قرية باريز للمعمارى حسن فتحي". *مجلة العمارة والفنون*، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان، العدد(5)، (2017).

غازي عرفة. *مبادئ التصميم الداخلي لغرف الفنادق*. دار نينوي للدراسات والنشر والتوزيع: دمشق، ط1، (2016).

عبد المجيد، أسماء بدوي. الاستفادة من الاتجاه البيوميمكري كمدخل ابداعي لتصميم طباعة المنسوجات ثلاثية الأبعاد، الجمعية العلمية للمصممين. *مجلة التصميم الدولية*، 11(5)، (2021).

عبد الرحمن، دعاء محمد، وعلي صالح النجادي، وإنعام عبد الغني عبد الكريم (2019). "مفهوم التصميم المستدام وأثره على جودة البيئة الداخلية للتصميم الداخلي." مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية، ع15، الجمعية العربية للحضارة والفنون الإسلامية، القاهرة.

عبد العزاوى، "الضوء والبصريات: المبادئ والممارسات". رابط الكتاب:
https://www.amazon.com/Light-Optics-Principles-Abdul-Al-Azzawi/dp/0367389568

علي يوسف. "*فلسفة الضوء*". أطروحة ابن الهيثم حول الضوء. تحقيق علي يوسف، مؤسسة هنداوي لنشر المعرفة والثقافة: (2017).

الكندي، أبو يوسف يعقوب بن إسحق. *علم المناظر وعلم انعكاس الضوء*. مركز دراسات الوحدة العربية السلسلة، تاريخ العلوم عند العرب: (2003).

مايكلز جاستن بيتروس ويرر. "فيزياء الضوء والبصريات". جامعة بريغهام يونغ: رابط للكتاب:
https://optics.byu.edu/docs/opticsbook.pdf

مشرف، دعاء كامل. "البيوميميكري كوسيلة للابتكار وتحقيق الاستدامة في مجال تصميم المنتجات". *مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية*، العدد(18)، الجمعية العربية للحضارة والفنون الإسلامية، (2019).

موسى ابن إبراهيم. *دراسة نقدية لبعض المناهج الوصفية وموضوعاتها في البحوث الاجتماعية والتربوية والنفسية*.

هـ، لويد. محاضرات حول نظرية الموجة للضوء. دبلن: مليكين، (1841)، الجزء2، المحاضرة الثالثة، لندن، لونجمانز، جرين، وشركاه، (1873).

وسام فايز مصطفى محمود كشك. دراسة تحليلية لبعض الاعتبارات التصميمية في الحيزات الداخلية ذات الطابع: نموذج قرية باريز للمعماري. حسن فتحى، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان، *مجلة العمارة والفنون*، العدد(5)، (2017م).

يابين تشين؛ آخرون. (2024)، "*دراسة التأثير البيوميكانيكي لتوزيع الإضاءة على الراحة البصرية والجسدية في التصميم الداخلي لغرفة المعيشة*". بحث منشور: جامعة مدينة ووهان، الصين.

مرعي رجب عبد الرحمن. (2020). المدارس الفنية المرتبطة بتصميم وحدات الإضاءة الداخلية الحديثة. *مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية*، العدد(32)، الجمعية العربية للحضارة والفنون الإسلامية، كلية الفنون والتطبيقية، جامعة حلوان، مصر.

هبه عبد الفتاح الشحات، محمد زكريا. (2023). الاستفادة من مبادئ علم البيوميمكري في تصميم الواجهات المعدنية الديناميكية. *مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية*، 8(41)، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان.

يحيى الزينى. "*من فكر شيخ المعماريين حسن فتحى*". المجلس الأعلى للثقافة: (2003).

يحيى وزيري. "موسوعة عناصر العمارة الإسلامية". الجزء الثالث: (الأرضيات، الأسقف، الأثاث الداخلي، وحدات الإضاءة، النوافير).

https://mwsoat_anaser_al-imara/mwsoat_anaser_al-imara_03.pdf

Abdul Al-Azzawi-(2019) "Light and Optics Principles and Practices".

Benyus, J. (1997). Biomimicry: Innovation inspired by nature. Harper Collins.

Benyus, J. M. (2016). Biomimicry: Innovation inspired by nature. Harper Perennial.

Biomimicry World's Guide: 2025 Biomimicry (Product Design Projects). https://www.learnbiomimicry.com/biomimicry-practitioner-projects

Green, T. (2023). Sustainability and biomimicry in the hospitality industry. Environmental Science and Policy Review

Hawken, P. (1999). The ecology of commerce: A declaration of sustainability. HarperBusiness.

Hawkes, D. (2018). Designing with nature: The ecological approach to design. Routledge.

Hawkes, D. (2018). Designing with nature: The ecological approach to design. Routledge: https://www.amazon.com/Light-Optics-Principles-Abdul-Al-Azzawi/dp/0367389568

Katz, A. (2020). The art of industrial design: A comprehensive guide. HarperCollins.

Michaels Justin Peatross Ware "Physics of Light and Optics". Brigham Young University: https://optics.byu.edu/docs/opticsbook.pdf

Miller, J., & Smith, R. (2022). Energy efficiency in biomimicry: A study of hotel design. Journal of Sustainable Architecture.

Miller, J., & Smith, R. (2022). Energy efficiency in biomimicry: A study of hotel design. Journal of Sustainable Architecture.

1. Lei, J., & Guo, Z. (2020). A fog-collecting surface mimicking the Namib beetle: Its water collection efficiency and influencing factors. Nanoscale, 12(13), 6921-6936. https://doi.org/10.1039/C9NR10808D

Li, A. D. R., et al. (2020). Mosquito proboscis-inspired needle insertion to reduce tissue deformation and organ displacement. Scientific Reports. DOI:10.1038/s41598-020-68596-w.

Wong, T.-S., Kang, S. H., Tang, S. K. Y., Smythe, E. J., Hatton, B. D., Grinthal, A., & Aizenberg, J. (2011). Bioinspired self-repairing slippery surfaces with pressure-stable omniphobicity. Nature, 477, 443-447. https://doi.org/10.1038/nature10447.

Foster, C., de Koning, J., Hettinga, F., Lampen, J., Dodge, T., & Bobbert, M. (2012). High-speed swimsuits and their historical development in competitive swimming. Sport Medicine.

Jonkers, H. M. (2011). Bacteria-based self-healing concrete. Heron, 56(1/2), 1-12.

Wilker, Jonathan J., et al. "Mussel-inspired adhesive proteins: development, chemistry, and applications."Development of Bioadhesives from Marine Mussels, Current Opinion in Biotechnology, Volume 22, Issue 4, August 2011, 519-526.

Babaee, S., Pajović, S., Rafsanjani, A., Shi, Y., Bertoldi, K., & Traverso, G. (2020). Bioinspired kirigami metasurfaces as assistive shoe grips. Nature Biomedical Engineering, 4(8), 806-817. DOI: 10.1038/s41551-020-0564-3

Nakagaki, T., Yamada, H., & Tóth, Á. (2000). Maze-solving by an amoeboid organism. Nature, 407(6803), 470. https://doi.org/10.1038/35035159

Tero, A., Takagi, S., Saigusa, T., Ito, K., Bebber, D. P., Fricker, M. D., & Nakagaki, T. (2010). Rules for biologically inspired adaptive network design. Science, 327(5964), 439-442.
https://doi.org/10.1126/science.1177894