Contents available at Iraqi Academic Scientific Journals

Iraqi Journal of Architecture and Planning

المجلة العراقية لهندسة العمارة والتخطيط

Journal homepage: https://iqjap.uotechnology.edu.iq

The Role of Technology in The Environmental and Formal Response to Architecture

دور التكنولوجيا في الاستجابة البيئية الشكلية للعمارة

Fatimah Jumaah Idan [a] *, Ibrahim Jawad Kadhim AL-Yousif [a], Saad Fawzi AL-Nuaimi [b]

[a] Department of Architectural Engineering, University of Technology- Iraq, Baghdad, Iraq.

[b] Department of Architecture, University of Baghdad, Baghdad – Iraq.

Submitted: 11/11/2023 Accepted: 29/03/2024 Published: 05/07/2024

K E Y W O R D S

Architecture, Environment, Technology, Response, Technology Environment, Environmental Response, Response Technology.

A B S T R A C T

As a result of what the world witnessed in the emergence of technological developments and their irrational use and the resulting environmental crises that affected life, architects must propose architecture capable of responding to environmental influences in local architecture. Thus, the research goal is to identify the multiple levels of environmental response to architecture based on the correlation with changes in concepts, materials used, and apparent forms. There is a gap in knowledge regarding the correlation with changes in concepts, materials used, and apparent forms in achieving multiple levels of environmental response. A comprehensive theoretical framework was built to achieve the research goal, and the comparative and deductive approach was adopted. Then, the theoretical framework was transferred to three samples selected for the research design to present the final results and the most important conclusion: the relationship between societal changes. It achieves acceptable forms in the external reality and multiple levels of the environmental response of the architectural product.

الكلمات المفتاحية

العمارة، البيئة، التكنولوجيا، الاستجابة، بيئة التكنولوجيا، الاستجابة البيئية، تكنولوجيا الاستجابة.

الملخص

نتيجة لما شهده العالم من ظهور التطورات التكنولوجية واستخدامها غير العقلاني، وما نتج عنه من نشوء ازمات بيئية اثرت على الحياة. لذا، تحتم طرح عمارة محلية قادرة على الاستجابة للمؤثرات البيئية، بذلك برزت المفردات: البيئة، والتكنولوجيا، والاستجابة، واهمية اكتشاف طبيعة العلاقة ما بين المفاهيم البيئية والمادة التكنولوجية باتجاه الاشكال والاستجابات البيئية للعمارة للتعرف على المستويات المتعددة لاستجابة العمارة بيئياً في زمان ومكان معينين. وبذلك يتحدد هدف البحث: في التعرف على المستويات المتعددة للاستجابة البيئية للنتاج المعماري من التلازم بالتبدلات في المفاهيم والمواد المستخدمة والاشكال الظاهرة وتأثير البعد الزماني والمكاني عليه. ومشكلة البحث: القصور المعرفي في قراءة التلازم بالتبدلات في المفاهيم والمواد المستخدمة والاشكال الظاهرة في تحقيق المستويات المتعددة للاستجابة البيئية بتأثير البعد الزماني والمكاني عليه. ولتحقيق الهدف تم اعتماد المنهج الاستدلالي، وبناء اطار نظري وتطبيقه على ثلاث عينات منتخبة للدراسة العملية: مشروع عربي، ومشروعين محلية وصولا لعرض النتائج النهائية واهم الاستنتاجات المتمثلة بـ: علاقة التبدلات تحقق الوصول الى الاشكال المقبولة في الواقع الخارجي والمستويات المتعددة للاستجابة البيئية للنتاج المعماري.

* Correspondent Author contact: ae.19.28@grad.uotechnology.edu.iq
DOI: https://doi.org/10.36041/iqjap.2024.144588.1091
Publishing rights belongs to University of Technology's Press, Baghdad, Iraq.
Licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License

1. المقدمة

تتحمل العمارة بسبب تأثيراتها المباشرة وغير المباشرة على البيئة والموارد الطبيعية عبئاً كبيراً في تحديد ملامح الحياة على كوكب الأرض. في عصر يشهد تحولات مناخية غير مسبوقة، أصبح من الضروري التفكير في مباني مستدامة ومتكيفة مع الظروف المناخية المتغيرة، حيث أصبحت العمارة المستدامة جزءاً من منظومة الاستدامة العالمية. يجب أن تكون العمارة جزءاً من البيئة الطبيعية قدر الإمكان مع تقليل ضررها على البيئة من خلال كونها ذات استهلاك منخفض للطاقة وقادرة على الاستجابة للظروف البيئية. بالإضافة إلى ذلك، يجب أن تكون العمارة خاضعة للتطوير ومواكبة للتقدم العلمي والتكنولوجي، حيث يمكن للتكنولوجيا تقديم حلول ناجحة للمشاكل البيئية بدلاً من التسبب فيها. يتطلب ذلك فهماً للعلاقة بين المفاهيم البيئية والتقنيات والمواد التكنولوجية في العمارة وكيفية تأثيرها على الاستجابة البيئية الشكلية للمباني.

يتناول الإطار المعرفي للبحث مفاهيم التكنولوجيا، البيئة والاستجابة. وصف Baalbaki التكنولوجيا بأنها عملية تطويع الطبيعة من قبل الإنسان لتلبية حاجاته، في حين عرفها Al-Muzaffar بأنها مجموعة متنوعة من المعارف والوسائل التي يستخدمها الإنسان لمواجهة بيئته الطبيعية والسيطرة عليها (Al-Muzaffar, 2005, p. 11). من جانبه أشار AL-Chadirji إلى أن التكنولوجيا تشمل محددات فيزيائية وإنسانية تتداخل لتكوين سلوك شامل يهدف إلى تمكين الإنسان من تحقيق التوافق مع البيئة وضمان استمراريته (AL-Chadirji, 1991).

أما بالنسبة للبيئة، فتُعرف في اللغة العربية بأنها تعود إلى (بوأ) والفعل (باء) وتبوء أي نزل وأقام، والبيئة والمباءة بمعنى المنزل والمقام. في اللغة الإنجليزية تعني البيئة مجموعة الظروف والمؤثرات الخارجية التي تؤثر في حياة الإنسان والكائنات (Hammad, 2010, p. 824). يعتبر مصطلح البيئة واسعاً ويشمل كل شيء يحيط بالإنسان ويؤثر فيه ويتأثر به، بما في ذلك النظام الطبيعي والنظام الاجتماعي والنظام المصنوع (Oqba, 2006, p. 201).

وفيما يخص الاستجابة، عرف Lalande المصطلح في موسوعته على أنه فعل كائن مستثار بفعل يعانيه، مشيراً إلى أن الاستجابة هي ردة فعل ناتجة عن إثارة معينة، سواء كانت فيزيولوجية أو نفسية (Lalande, 2001, p. 1174). دراسة الاستجابة تساعد في تحديد النمط العام للسلوكيات والآثار المترتبة عليها، حيث صنف Rahuma وSamra الاستجابات إلى نوعين: استجابة فاشلة تؤدي إلى التخلف، واستجابة ناجحة تمكن من الانتقال من حالة الركود إلى حالة الحركة الإيجابية الفاعلة (Rahuma and Samra, 2015, p. 35; Taha et al, p. 45).

أما العمارة المستجيبة للاستجابة البيئية، فقد عرَّفها Meagher بأنها نوع من العمارة التي لديها القدرة على تغيير شكلها استجابة للظروف المتغيرة، حيث تتفاعل هذه العمارة مع البيانات والمعلومات التي تجمعها أنواع مختلفة من أجهزة الاستشعار (Meagher, 2015, p. 161). أكد الباحثان Pasold وFoged على أن العمارة المستجيبة تتمثل في كون الأنظمة المعمارية جزءاً لا يتجزأ من البيئة المحيطة بها، حيث تدعم التبادل المستمر معها بدلاً من أن تكون نظامًا مغلقًا يحاول فصل نفسه عنها، مما أدى إلى ظهور فكرة العمارة كجسم مستجيب يتفاعل مع عوامل بيئية محددة (Pasold and Foged, 2010).

2. الدراسات والطروحات السابقة

تهدف الفقرة الى:

- استخلاص المشكلة البحثية من خلال تحليل مجموعة الدراسات والتي اخذت بنظر الاعتبار العلاقة بين التكنولوجيا والاستجابة البيئية للعمارة لكشف الفجوة المعرفية.
- استخلاص المفردات الرئيسة والمؤشرات الثانوية وبناء اطار نظري شامل من خلاصة هذه الدراسات.

ركز الباحثان Pasold and Foged على الفهم الأساسي لأداء المواد باعتبارها كيان فيزيائي، والتي تتأقلم و تتوافق مع بيئتها وتعرض تغييرًا أدائيًا مباشرًا للتصميم المعماري وفقًا لما يحيط بها مما ينشأ تكيفًا محليًا. وأكدا على فهم العمارة من خلال العناصر الديناميكية الموجودة في الطبيعة والتي تتكيف مع البيئة التي تم إنشاء هذه العناصر داخلها ، بدلاً من اعتبار المباني كأجسام ثابتة بعيدة عن الظروف المناخية الخاصة بالموقع. ومقاربة العمارة كعنصر متغير مع الزمن الناتج عن التغيرات البيئية، وتنفتح على الأنظمة

المستجيبة وردود الفعل الديناميكية التي يمكن أن تستند إلى التدفق المتكامل من المعلومات في شكل بيانات مترجمة (Pasold and Foged, 2010).

فيما أشار الباحثان Oungrinis and Liapi الى القدرات التي توفرها العمارة القابلة للتحول وخصائص غلاف المبنى التي يجب أن يتمتع بها من أجل الأداء الفعال، في اتجاه تصميم مستجيب للمناخ. واستكشاف إمكانات العمارة القابلة للتحول، فيما يتعلق بكل من التصميم والقضايا التكنولوجية، لإدارة التأثيرات البيئية المتنوعة على المباني بنجاح. وتوصلا الى أن تماسك غلاف المبنى أمر حاسم لسلوكه، فإن هندسته عامل مهم، حيث تغيير الشكل يتطلب قابلية تحول فعلية. تتطلب التحولات الفعلية للعناصر المعمارية لغلاف المبنى، تقنيات ميكانيكية معينة وتنفيذ أنظمة حركية يمكن تصنيفها الى: جميع أنواع الطي، وجميع الأنواع المنزلقة، والأنواع الهوائية. المثال الأكثر شيوعًا هو أنظمة التظليل الأوتوماتيكية التي تغير مستواها تبعا لموقع الشمس، ووفقًا لاستجابتها المبرمجة (Oungrinis and Liapi, 2010).

كما اهتم الباحثان Aggour and Soliman بالمباني ذات الدرجات المختلفة من التكنولوجيا العالية، والتي تعتبر بيئية في سلوكها من خلال الاستخدام الذكي للمواد المتكيفة وظيفيًا والنتاجات والهياكل القادرة على الاستجابة للتغيرات في محيطها بصورة مباشرة أو غير مباشرة. كذلك حددت المواد الذكية والتقنيات الذكية في العمارة، وتطرقت الى شرح فعالية استخدامها لتصبح عاملاً "نحو بنية معمارية جديدة". كما بينت الى انه هناك تحدي آخر هو ترك فكرة "الأنظمة الثابتة"، وتطوير الأنظمة التي تمتلك خصائص ديناميكية للتفاعل مع التغيرات الخارجية للبيئة الطبيعية. وتوصلت الدراسة من البيانات التي جمعتها فيما يتعلق بوظيفة/ نظام المواد الى: المواد والأنظمة الذكية قادرة على الإحساس بالبيئة المحيطة بها والاستجابة لها، ولديها القدرة على تحسين التكنولوجيا الحالية وإضافة وظائف جديدة للنتاجات. اذ تعتبر طريقة جديدة لجلب الطبيعة إلى العمارة (Aggour and Soliman, 2010).

بينما تناول Maragkoudaki تعاون العمارة المستجيبة والتصميم الحاسوبي وعلم المواد لتشكيل استراتيجية تصميم جديدة.متمثلة باستراتيجية العمارة الحركية من خلال تكنولوجيا المواد التي تهدف إلى تصميمات تحقق إنخفاض في استهلاك الطاقة بشكل أكثر فاعلية. تستخدم هذه التقنية مجموعة من المواد الذكية التي تقدم خصائص حركية بواسطة محفزات خارجية. تختلف هذه المواد عن غيرها بسبب قدرتها على الحركة بدون محركات أو أجزاء ميكانيكية. ففي إستراتيجية منخفضة التقنية (إستراتيجية Low-tech)، تتكون المكونات الضرورية من المواد الذكية (التي تمتلك جميع الخصائص الأساسية لأداء الحركة، ولا تتضمن أي أجزاء ميكانيكية لتسهيل الحركة)، والدوائر الالكترونية، واجهزة الاستشعار. بينما تصف استراتيجية اللاتقنية الهياكل التي تعمل خالية من اجهزة الاستشعار والانظمة الالكترونية وتكون مستقلة عن الطاقة او عديمة الطاقة. حيث الهيكل الداخلي للمادة، هو جهاز استشعار ومنظم ومشغل في نفس الوقت (Maragkoudaki, 2013).

كذلك تناول Meagher قدرة المبنى على الاستجابة ديناميكيا للمحفزات المتغيرة. وتحديد استراتيجيات تصميم المكونات المستجيبة باعتبارها عناصر معمارية معبرة شعريًا. وإلقاء نظرة على أحد الأمثلة، مثل معهد العالم العربي في باريس الذي يحكي قصة المساهمة المعمارية لمكونات البناء سريعة الاستجابة، ويقترح غرضًا شعريًا للمكونات سريعة الاستجابة في الهندسة المعمارية، وتصميم واجهة المبنى بفكرة المشربية التي تراعي امكانية تصغير وتكبير فتحاتها بحيث تسمح بدخول الضوء بطريقة تحكم ميكانيكية. والحفاظ على ظروف البيئة الداخلية مستقرة – وتحقيق التوازن باستخدام السلوكيات التي تنطوي على تعديل متكرر من أجل استيعاب الحالات الطارئة التي تميز الحياة اليومية دراسة (Meagher, 2015).

فيما بَين Al-Saffar اهم الجوانب التي تخص التشكيل الخارجي، وهو الجانب الشكلي – بتصنيفاته المتنوعة – المتأثر بالتقنيات الذكية للمباني المستدامة الواقعة ضمن المناطق الصحراوية الحارة. كونه الاكثر تعبيرا عن دور التكنولوجيا الذكية على الجانب الشكلي للعمارة. وأكدت انه يجب ان يقدم المبنى الذكي مثالية في توفير بنية تحتية دينامية واستجابة تكنولوجية، وتحسين العمليات، والراحة، والمرونة، والفعالية في استخدام الطاقة فضلا عن الفوائد البيئية. وان اهم ما يميز المباني الذكية قدرتها على الاستجابة للظروف الخارجية، حيث يمثل غلاف المبنى الخارجي الاداة الفاعلة لهذا الدور، فهو الذي يفصل بين الفراغ الخارجي والداخلي وبالتالي يمكنها أن تعمل كمتحكم في رد فعل المبنى الديناميكي، وكمنظم فعال للعلاقة بين الخارج والداخل (Al-Saffar, 2019).

بينما يرى Hosseinia et al ان الجمع بين المحاكاة الحيوية والتكنولوجيا والعمارة يعمل على تطوير مفهوم الحركة (kinetic concept) حيث يتناول مفهوم التصـــميم المعماري، النهج المورفولوجي، بينما تشـــير الآلية إلى التكنولوجيا والحركة. إذ يؤدي دمج الآلية ومفهوم التصـميم المعماري عن طريق النهج المورفولوجي إلى التحقق واستكشـاف سياسـة التحكم. والأشـكال، التي تؤثر بشـكل كبير على أداء الواجهة الحركية. وتوصلت الى: (Hosseinia et al, 2019)

- يعد استكشاف النماذج البارامترية والتوليدية فرصة للعثور على عوامل مهمة تؤثر على الواجهة الحركية فيما يتعلق بالسيناريو متعدد الوظائف.
- تصميم العناصر المعمارية، مثل جهاز التظليل المتحرك أو الواجهة الحركية (الشاشات الذكية) ، يؤدي إلى تحسين راحة المستخدم وفعالية الطاقة في المبنى وكذلك تقليل كمية انبعاث الغازات الدفيئة.

تناول الباحثون Fouad et al تكيف البنية المستجيبة مع البيئة المحيطة من خلال حدوث تغيير في تكوين الغلاف، لتحقيق أداء لا يعتمد فقط على التكيف، ولكن رد فعل لظروف خارجية معينة بطريقة أكثر فعالية. لغرض الحماية من البيئة الخارجية المحيطة وتحقيق بيئة داخلية مريحة. ووضـــحت ان تصـــميم غلاف المبنى يجب ان يكون بمثابة إمكانات كبيرة لتوفير الطاقة والتفاعل مع هذه التغيرات من خلال العناصـــر المتحركة، حيث أدى التطور في مجال الروبوتات والإلكترونيات إلى تمكين العناصـــر المعمارية من التحرك والاســـتجابة. فضـلاً عن إمكانيات المواد سريعة الاستجابة وأغلفة المباني المستجيبة التي يمكن أن تلعب دورًا كبيرًا في تقليل استهلاك الطاقة. كماعرَّفت العمارة المســـتجيبة بأنها "فئة من العمارة أو البناء القادرة على إعادة التشـــكيل المادي ذاتياً لتلبية الاحتياجات المتغيرة مع تغير الموقع .Fouad et al, 2019

من ناحية آخري اهتم الباحثين Soudian and Berardi بدراســـة جودة البيئة الداخلية (IEQ - Indoor Environmental Quality)، وتحقيق التوازن بين الحفاظ على الطاقة وتوفير (IEQ) المطلوبة، من خلال الواجهات الديناميكية والمســـتجيبة للمناخ (CRFs - Climate-Responsive Facades)، حيث يمكن لـــ (CRFs) الديناميكية تغيير وظائفها وتغيير أو تعديل سلوكها بشكل عكســي اســتجابة لتغير الظروف الخارجية والأحمال البيئية المتغيرة لتلبية هدف أداء محدد مثل تقليل اســتخدام الطاقة. فقد قاما بتصــميم واجهة مبنى متعددة الوظائف ومتكاملة ومســـتجيبة للمناخ ومعتمة وجيدة التهوية لتنظيم تدفق الحرارة والهواء والرطوبة إلى المبنى، حيث تتميز الواجهة بتصميم جديد لتكييف الهواء النقي مسبقًا وتنظيم الأحمال الحرارية في المباني على أساس يومي وموسمي وتشتمل الواجهة على المكونات المتعددة المتمثلة بـ: مواد تغيير الطور(PCMs - Phase Change Materials) ووحدة تهوية ثنائية الاتجاه ونظام عزل قابل للتعديل (أنظمة العزل الديناميكي)، وأنظمة التظليل الديناميكي، والزجاج الذكي (Soudian and Berardi , 2022).

1.2. خلاصة الدراسات السابقة

من نقد وتحليل الدراسات السابقة: اتضح اهتمام الدراسات بالأشكال الظاهرة المحققة للاستجابات البيئية من خلال توظيف المفاهيم البيئية والتقنيات والتكنولوجيا المتقدمة، دون الاهتمام بقراءة التلازم بالتبدلات في المفاهيم والمواد المســتخدمة والاشــكال الظاهرة في تحقيق المستويات المتعددة للاستجابة البيئية، انظر الجدول (1) وبذلك يتحدد:

- هدف البحث: في التعرف على المستويات المتعددة للاستجابة البيئية للنتاج المعماري من قراءة التلازم بالتبدلات في المفاهيم والمواد المستخدمة والاشكال الظاهرة وتاثير البعد الزماني والمكاني عليه.
- مشكلة البحث: القصور المعرفي في قراءة التلازم بالتبدلات في المفاهيم والمواد المستخدمة والاشكال الظاهرة في تحقيق المستويات المتعددة للاستجابة البيئية وبتأثير البعد الزماني والمكاني عليه.

الجدول (1): يوضح أهم النقاط والمحاور التي جاءت في الدراسات السابقة، (المصدر: الباحثين).

الدراسات	الجوانب التي ركزت عليها الدراسات
دراسة (Pasold, and others, 2010)	ركزت الدراسة على الخصائص الفيزيائية للمواد مع وظيفة التشغيل والاستشعار المضمنة، وعلى الاستجابات داخل المادة التي يتم تشكيلها وفقًا للمعلومات المُعالجة، لتتكيف مع الظروف البيئية المحيطة

دراسة (Oungrinis and Liapi, 2010)	ركزت الدراسة على الدمج والجمع بين الانظمة الميكانيكية والمواد الذكية لتغيير شكل المبنى والوصول الى قابلية التحول الفعلية في تحقيق الاستجابة للعوامل البيئية المتقلبة
دراسة (Aggour and Soliman, 2010)	تركيز الدراسة على المواد والانظمة الذكية وأداءها، ومجموعة التطبيقات للمواد الذكية التي تساعد في تحقيق الأهداف التكنولوجية والفرص التي توفرها لتحقيق نتاجات جديدة يمكن أن يكون لها دور مهم في استدامة العمارة
دراسة (Maragkoudaki, 2013)	ركزت الدراسة على أنظمة المواد الذكية ووظائفها والاستفادة من الميزات الديناميكية للمواد الذكية لإنشاء أسطح المباني ذاتية الحركة والاستجابة للمؤثرات البيئية الخارجية
دراسة (Meagher, 2015)	ركزت الدراسة على آلية التعديل الميكانيكي وقوة الحوسبة والتحكم الإلكتروني، والاستعارة للمفردات التقليدية مثل شكل المشربية كمبدأ لتحقيق الوظيفة البيئية الأساسية والاستجابة التعبيرية الجمالية
دراسة (Al-Saffar, 2019)	اهتمت الدراسة بتأثير التقنيات الذكية على الجانب الشكلي للغلاف الخارجي للمبنى، وبينت ان المباني الذكية هي مباني مستدامة مستجيبة للظروف البيئية الطبيعية القاسية وتحقيق الراحة الحرارية للشاغلين
دراسة(Hosseinia et al, 2019)	وبحثت في شكل المبنى ووظيفة الواجهة كمعدِّل لمناخ البيئة الداخلية والواجهة الحركية وإمكاناتها للاستجابة الديناميكية للتقلبات المناخية
دراسة (Fouad et al, 2019)	ركزت الدراسة على دور الأنظمة المستجيبة كوسيلة لحل مشكلة استهلاك الطاقة في المباني، والتي تعتمد في استجابتها على آلية العناصر الحركية (Kinetic movements) والسلوك الديناميكي، وقوة الحوسبة، والتقنيات المتجاوبة (أجهزة الاستشعار/ نظام التحكم / المشغلات)
دراسة (Soudian and Berardi , 2022)	اهتمت الدراسة بالواجهات الديناميكية متعددة الوظائف كواجهات عالية الاداء ومستجيبة للمناخ من خلال تغيير وتعديل سلوكها استجابة لتغير الظروف الخارجية المتغيرة

كما يتبين من نقد وتحليل الدراسات السابقة خلاصة العلاقة بين المفاهيم الثلاثة (البيئة–التكنولوجيا–الاستجابة)، وكما يلي، انظر الشكل(1) والجدول (2):

- **العلاقة بين البيئة والتكنولوجيا (البيئة التكنولوجية)**

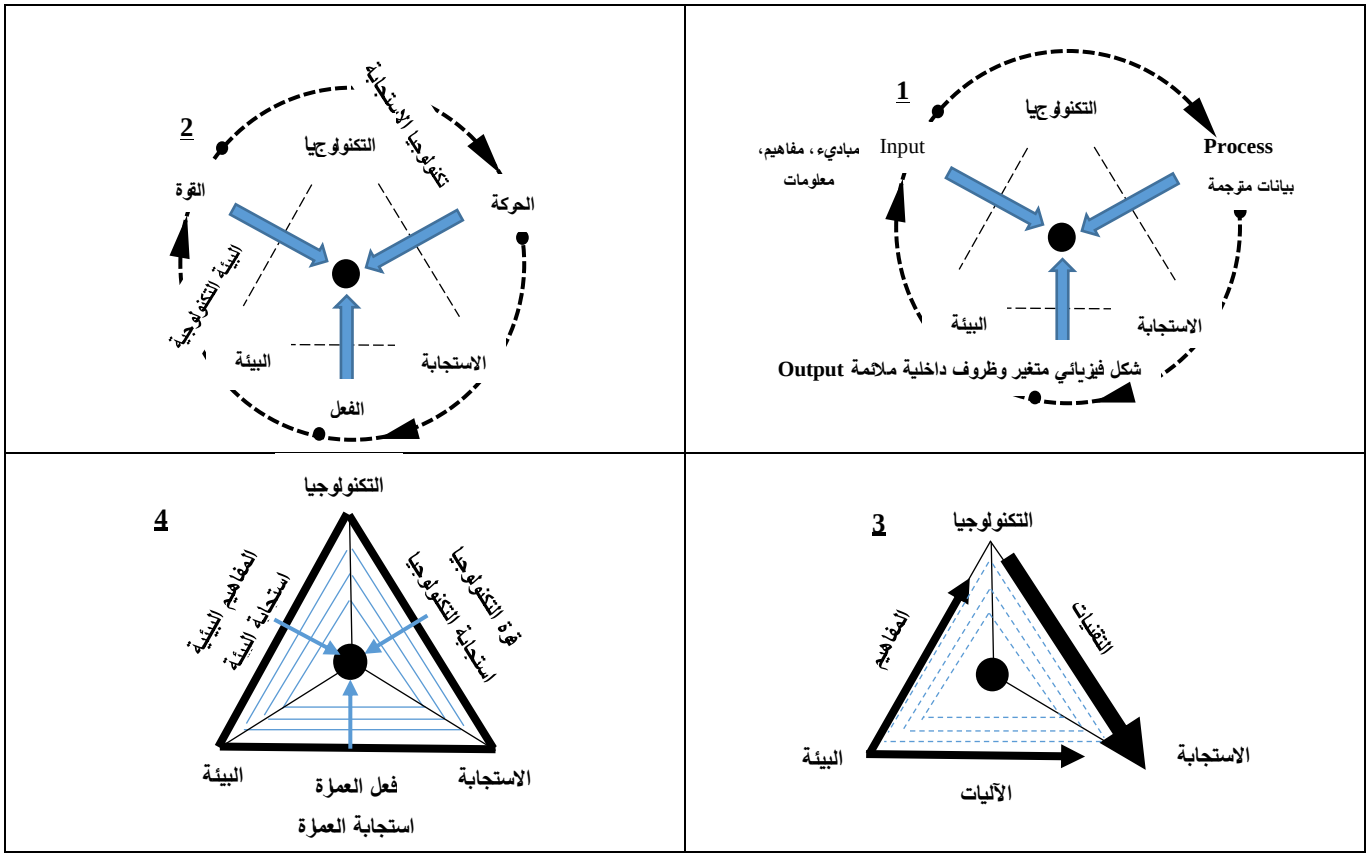
وذلك من خلال قوة التكنولوجيا وقدرتها في ترجمة المبادئ والمفاهيم والمعلومات المستمدة من النظام الايكولوجي للبيئة الطبيعية المستدامة ذاتياً الى أنظمة تقنية كمدخلات (Input) لأنشاء عمارة مستجيبة للتغيرات المناخية للبيئة الطبيعية كبيئة تكنولوجية ذات نظام ايكولوجي مستدام.

- **العلاقة بين البيئة والاستجابة (الاستجابة البيئية)**

تمثل النتاج النهائي الـ (Output) وهو الشكل الفيزيائي المتغير تبعا لتغير الظروف البيئية المحيطة (عمارة الوقت الفعلي) بهدف تحقيق ظروف داخلية ملائمة وباقل ما يمكن من الطاقة وتحسين الاداء من خلال ترجمة الحركة الى وظائف وميزات وسلوك لمكونات البناء.

- **العلاقة مابين التكنولوجيا والاستجابة (تكنولوجيا الاستجابة)**

تعكس التبدلات في المادة التكنولوجية والمتمثل بالأنظمة الديناميكية والتقنيات التمكينية والانظمة الذكية وأنظمة الحوسبة (والتي هي نتيجة العلاقة بين البيئة والتكنولوجيا/ البيئة التكنولوجية) حيث ينتج عن هذه التبدلات المستويات المتعددة من الاستجابة البيئية على مستوى الشكل.



الشكل (1): مخططات توضح خلاصة العلاقة مابين المفاهيم الثلاثة (البيئة–التكنولوجيا–الاستجابة)، فالتكنولوجيا كمفصل مابين القوة والفعل تتمثل في عملية تحويل البعد التجريدي/ المفاهيم الى البعد المادي/ الاشكال (المفاهيم البيئية التي تتلبس بالمادة لتعطي الاشكال المستجيبة للبيئة والتي تعتمد درجة استجابتها على قوة المادة)، (المصدر: الباحثين).

الجدول (2): يوضح كيفية تناول الدراسات للمفاهيم الثلاثة وخلاصة العلاقة بينها، (المصدر: الباحثين).

الدراسات	خلاصة العلاقة بين المفاهيم الثلاثة (البيئة–التكنولوجيا–الاستجابة)	
دراسة (Pasold, and others, 2010)	ترجمة المعلومات البيئية (input) الى عناصر متحركة (output) من خلال خصائص المواد والتقنيات التكنولوجية/ قوة التكنولوجيا	وبذلك تبين الدراسة العلاقة بين البيئة والتكنولوجيا باتجاه الاستجابة/ الشكل الظاهر
دراسة (Oungrinis and Liapi, 2010)	قوة وقدرة التكنولوجيا (التقنيات الميكانيكية والانظمة الحركية) في انتاج عمارة قابلة للتحول	تبين الدراسة العلاقة بين التكنولوجيا والاستجابة
دراسة (Aggour and Soliman, 2010)	قوة وقدرة التكنولوجيا العالية (المواد والتقنيات الذكية) في ترجمة المفاهيم البيئية (الذكاء والحركة) الى وظائف وسلوك	توضح الدراسة العلاقة بين البيئة والتكنولوجيا
دراسة (Maragkoudaki, 2013)	من خلال تكنولوجيا المواد والمواد الذكية في تحويل المفاهيم البيئية كالحركة والتقليل من استهلاك الطاقة باتجاه عمارة مستجيبة	تُشير الدراسة إلى العلاقة بين البيئة والتكنولوجيا باتجاه تحقيق الشكل الظاهر
دراسة (Meagher, 2015)	توظيف المفاهيم البيئية كالتحكم والتعديل المتكرر والحفاظ واستيعاب الحالات الطارئة في تحقيق مكونات بناء سريعة الاستجابة	تبين الدراسة العلاقة بين البيئة والاستجابة
دراسة (Al-Saffar, 2019)	استثمار المفاهيم البيئية في تحقيق الجانب الشكلي للعمارة المستجيبة لظروف البيئية الخارجية من خلال اعتماد التقنيات والتكنولوجيا الذكية	تُظهر الدراسة العلاقة بين البيئة والاستجابة
دراسة (Hosseinia et al, 2019)	الاعتماد على المفاهيم البيئية(كالمحاكاة الحيوية والنهج المورفولوجي) في تحقيق واجهة حركية	توضح الدراسة العلاقة بين البيئة والاستجابة
دراسة (Fouad et al, 2019)	الاعتماد على المفاهيم البيئية في تحقيق البنية التكيفية والعناصر المتحركة	تبين الدراسة العلاقة بين البيئة والاستجابة
دراسة (Soudian and Berardi , 2022)	قوة وقدرة التكنولوجيا في ترجمة المفاهيم البيئية(كتغيير الوظائف، وتعديل السلوك، والتقليل من استهلاك الطاقة) الى واجهات ديناميكية مستجيبة للمناخ	تُشير الدراسة إلى العلاقة بين البيئة والتكنولوجيا

وبذلك يتضـــح اهتمام الطروحات للدراســـات الســـابقة بالمفردات: المفاهيم، والمادة، والشـــكل وكما مبين في الجدول(3)، والتي تم استثمارها في بناء الاطار النظري الشامل وتحقيق هدف البحث في الوصـول الى العمارة المستجيبة بيئياً على مستوى الشكل والمستويات المتعددة من الاستجابات التي تتحقق بالتلازم بالتبدلات بين المفاهيم البيئية والمادة التكنولوجية.

بذلك برز الاطار النظري الشامل بثلاث مفردات رئيسة: المفردة الرئيسة الاولى: تبدلات المفاهيم البيئية/ البيئة، والعلاقة بين البيئة والتكنولوجيا. والمفردة الرئيسة الثانية: تبدلات المادة المستخدمة/ تكنولوجيا الاستجابة، والعلاقة بين التكنولوجيا والاستجابة. والمفردة الرئيسة الثالثة: تبدلات الشكل الظاهر/ الاستجابة البيئية والعلاقة بين البيئة والاستجابة. وكما موضح في الجدول(4).

الجدول (3): يوضح أهم المفردات التي جاءت في الدراسات السابقة، (المصدر: الباحثين).

أهم المفردات / الدراسات	المفاهيم البيئية/ البيئة	المادة المستخدمة/ تكنولوجيا الاستجابة	الاستجابة البيئية/ الشكل الظاهر
دراسة (Pasold, and others, 2010)	التوافق مع البيئة، تغيير ادائي، التكيف، الديناميكية	الخصائص الفيزيائية للمواد، الانظمة المستجيبة	العنصر المتغير مع الزمن
دراسة (Oungrinis and Liapi, 2010)	تغيير الشكل، قابلية التحلل الفعلية	الانظمة الحركية (الطي، المنزلقة، الهوائية)، الاستجابة المبرمجة	العمارة القابلة للتحول، انظمة التظليل الاوتوماتيكية
دراسة (Aggour and Soliman, 2010)	الذكاء	التكنولوجيا العالية، المواد الذكية، التقنيات الذكية، المواد والانظمة الذكية	------
دراسة (Maragkoudaki, 2013)	انخفاض في استهلاك الطاقة، الحركة	التصميم الحاسوبي، المواد الذكية، الدوائر الالكترونية واجهزة الاستشعار	العمارة الحركية
دراسة (Meagher, 2015)	التحكم، التعديل، استيعاب الحالات الطارئة	-------	المفردات التقليدية (المشربية)
دراسة (Al-Saffar, 2019)	المرونة، التحكم، الفعالية في استخدام الطاقة، الديناميكية	التقنيات الذكية، التكنولوجيا الذكية	التشكيل الخارجي/ الجانب الشكلي، المباني المستدامة، المبنى الذكي
دراسة (Hosseinia et al, 2019)	الحركة، التحكم، التكيف، توفير الطاقة	النماذج البارامترية والتوليدية	الواجهة الحركية، جهاز التظليل المتحرك أو الواجهة الحركية (الشاشات الذكية)
دراسة (Fouad et al, 2019)	التكيف، التغيير، تقليل استهلاك الطاقة	------	البنية التكيفية، العناصر المتحركة
دراسة (Soudian and Berardi , 2022)	الحفاظ على الطاقة، تغيير الوظائف، تغيير او تعديل السلوك	مواد تغيير الطور، انظمة التظليل الديناميكي	الواجهات الديناميكية، واجهة متعددة الوظائف

الجدول (4) يوضح مفردات الاطار النظري المستخلص للاستجابة البيئية الشكلية، وترميز المؤشرات للمفردات الرئيسة وقيمها الممكنة، (المصدر: الباحثين).

المفردة الرئيسة	المفردات الثانوية	القيم الممكنة	الرموز
تبدلات المفاهيم البيئية/ البيئة (A)	التكيف (A1)	التغيير و التعديل: تغيير الشكل/ تغيير السلوك/ تغيير الوظيفة	A1-1
		تعديل الظروف المناخية	A1-2
		الحركة (الديناميكية)/ قابلية التحول الفعلية	A1-3
		التحكم الذاتي	A1-4
		التاقلم مع البيئة	A1-5
		التوافق مع البيئة	A1-6
		مواجهة التغير المناخي واستيعاب الحالات الطارئة	A1-7
	الذكاء (A2)	القوة والمرونة	A2-1
	فعالية استخدام الطاقة (A3)	التخفيف من الضرر	A3-1
		الطاقة المتجددة والحفاظ على الموارد الطبيعية	A3-2
		تغيير خصائصها الفيزيائية (اللون، الطور، الشكل)	B1-1

المفردة الرئيسة	المفردات الثانوية	القيم الممكنة		الرموز
تبدلات المادة المستخدمة/ تكنولوجيا الاستجابة	المواد الذكية	مواد ذات تأثير ضئيل على البيئة		B1-2
		المواد المبرمجة مسبقا		B1-3
	التقنيات الذكية	أنظمة عالية التقنية: تستخدم شبكات الاستشعار – ومشغلات– وأتمتة التحكم لعناصر البناء القابلة للتشغيل		B2-1
	الانظمة الذكية	النماذج البارامترية والخوارزمية		B3-1
		برمجة الكومبيوتر		B3-2
		نظام ادارة المباني		B3-3
		أنظمة حركية ذكية	الطي	B3-4
			الانزلاق	B3-5
			الأنواع الهوائية	B3-6
تبدلات الشكل الظاهر/ الاستجابة البيئية	مستويات الاستجابة البيئية/ الاشكال الظاهرة	العمارة التكُّيفية	اغلفة المبنى/ الواجهة التكيفية	C1-1
		العمارة التفاعلية (الاسطح التفاعلية)		C1-2
		العمارة القابلة للتعديل		C1-3
		العمارة القابلة للتغيير		C1-4
		العمارة الديناميكية (القابلة للتحول الفعلي)	عناصر الواجهة القابلة للتشغيل والبرمجة (مانعات الشمس، نظام التظليل الديناميكي)	C1-5
		العمارة الذكية	الشاشات الذكية	C1-6
		المفردات التقليدية	المشربية	C1-7
			البادكير	C1-8
			الفناء الوسطي	C1-9
		العمارة المستدامة		C1-10

وبذلك يمكن تعريف العمارة المســـتجيبة: على انها بيئة تكنولوجية ذكية، تعمد الى دمج تكنولوجيا الاســـتجابة والمفاهيم البيئية في شـــكل ووظائف العمارة، وهي عمارة ديناميكية–ميكانيكية آلية يتم التحكم بها ميكانيكيا والكترونيا مكونة من مجموعة من الانظمة المتكاملة والذكية المســتجيبة والانظمة التفاعلية القابلة للتكيف، وهي تُمثل كجســم مســتجيب متغير مع الزمن يتواصــل ويتكيف ويتفاعل مع المحيط الخارجي المحلي للقيام بوظيفة الاســـتجابات القصـــيرة المدى للتغيرات المناخية الفعلية او المتوقعة، وتحقيق حلول مســـتدامة في مواجهة الظروف المناخية المتغيرة.

3. الدراسة العملية

بعد اســتخلاص مفردات الإطار النظري الشــامل وبناء المؤشــرات الثانوية وتحديد منظومة القيم الممكنة، ســيتم في هذا القســم بناء فرضــية البحث الأساســية، اختيار العينة، وتحديد طريقة القياس بما يتلاءم وهدف البحث. يتضــمن هذا الانتقال إلى تطبيق الإطار النظري على مجموعة من المشـــاريع المنتخبة والتحقق من الفرضـــية من خلال الواقع العملي. تتمحور فرضـــية البحث حول التلازم بين تبدلات المفاهيم وتبدلات المادة، مما يؤدي إلى أشكال معمارية متعددة تحقق استجابات بيئية متنوعة، متأثرة بالأبعاد الزمنية والمكانية. تهدف هذه الفرضــية إلى قراءة طبيعة العلاقات بين التبدلات والأشــكال الناتجة عنها في الواقع الفعلي، حيث تُحكم هذه العلاقة بالمكان وتســاعد في الوصول إلى الأشكال المقبولة عملياً.

يعتمد أسلوب القياس على مقياس وصفي تحليلي يتم من خلاله التأشير المباشر على المفردات المتحققة وغير المتحققة، باستخدام مجموعة من الأبنية القائمة في الواقع الحالي. في إطار تحديد عينة الدراسة التطبيقية، يعتمد اختيار العينات على المعايير التالية:

- العينات المحددة بفترة العمارة المعاصرة، وسيتم اعتماد الفترة من 2000 صعودا، كأساس للمعاصرة.
- التقارب في فترة التصميم والانشاء لجميع العينات، لتعكس فكر وتكنولوجيا المرحلة.
- إعادة إحياء الأهداف المحلية والتاريخية والتراثية المهمة والتي تمثل ثقافة المجتمع.
- مشاريع منفذة على ارض الواقع و ضمن بيئة وظروف مناخية واحدة.

- للعينات للتجارب العربية تم الاخذ بنظر الاعتبار وقوعها في بيئة مناخية مقاربة لبيئة العراق لضمان الحصول على نتائج اقرب الى الواقع مع مراعاة المعايير التي تم ذكرها آنفا.

4. العينات المنتخبة

في ضوء المعايير السابقة حددت ثلاثة مشاريع ضمن بيئة مناخية متماثلة لغرض الدراسة والقياس وهي:

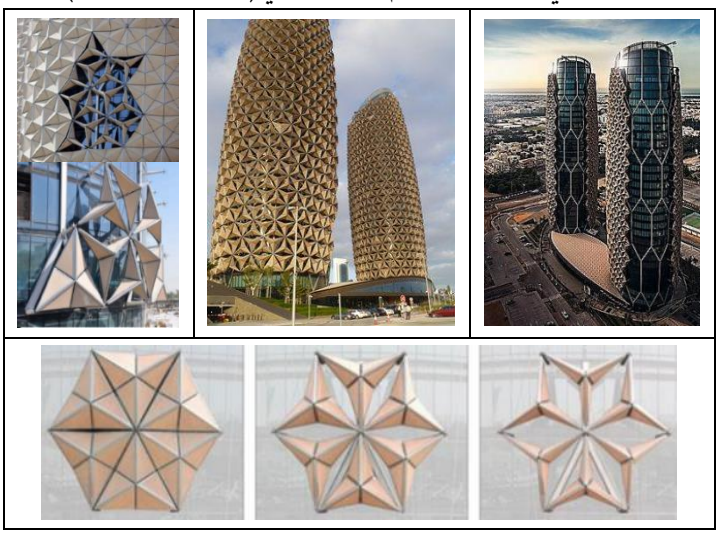
1.4. التجربة العربية (المشروع الاول): مشروع مبنى ابراج البحر– مبنى مجلس ابو ظبي للاستثمار،2012. انظر الجدول (5).

الجدول (5): يوضح معلومات المشروع الاول، (المصدر: الباحثين).

اسم المشروع:	**مشروع مبنى ابراج البحر–مبنى مجلس ابو ظبي للاستثمار – Abu Dhabi Investment Council (ADIC)**	**الرمز:**	**S1**
اسم المصمم:	شركة: Global Architecture firm Aedas للمعماري: Peter Chipchase of Arup and Peter Oborn of Aedas		
الموقع:	الامارات العربية المتحدة / ابو ظبي/ شارع الشيخ زايد بن سلطان		
المساحة:	256000 م^2	الوظيفة	اداري
السنة:	تاريخ الافتتاح/ 2012		

تعتبر أبراج البحر أبراجاً صديقة للبيئة ومن أوائل المباني في منطقة الخليج العربي التي حصلت على التصنيف الفضي للريادة في مجال الطاقة والتصميم البيئي (LEED). وهو احد الابراج التي تتميز بتصميمها المتناغم مع المناخ الحار وارتفاع درجات الحرارة وكمية الاشعاع الشمسي (Al-Rubaie, 2022, p. 182). يتألف المشروع من برجين زجاجيين بارتفاع (29) طابقاً و(145) متراً، على قاعدة مشتركة. تدمج الابراج الأنظمة الحركية مع مفهوم واجهة الأوريغامي مع الشاشة الذكية التي يتحكم فيها المستشعر وتستجيب ديناميكيًا للشمس، ويمكن طيها لتظليل المبنى أو جعلها مكشوفة وكما موضح في الشكل (2)، إذ سمح استخدام التقنيات الحديثة المتقدمة من خلال استخدام النماذج البارامترية والخوارزمية على تحسين مفهوم التصميم باستخدام برمجه الكمبيوتر (ElGhazi and Mahmoud, 2016). فأنها تتضمن على وسط سريع الاستجابة وقابل للبرمجة، وقابلة للتشغيل للتحكم في ضوء النهار.

السمة المميزة للأبراج هي جدار واقي مكون من (2000) عنصر يشبه المظلة تفتح وتغلق تلقائياً اعتماداً على موقع وشدة ضوء الشمس، وهو تصميم مستوحى من(المشربية). وتغطى مثلثات كل منها بألياف زجاجية مثقبة دقيقة ومبرمجة للاستجابة لحركة الشمس، ويتم التحكم في واجهة أبراج البحر بشكل ديناميكي من خلال نظام إدارة المباني(Cilento, 2012). وكما موضح في الشكل (2).



الشكل (2): يوضح ابراج البحر في ابو ظبي، غلق جميع الشاشات وطيها لتظليل المبنى أو جعلها مكشوفة استجابة للتعرض لاشعة الشمس وتغيير زوايا حدوثها خلال الايام المختلفة من السنة، المصدر:(Al-Khafaji, 2021, p. 152).

تؤدي الخصائص الديناميكية للمشربيات الى انخفاض اكتساب الطاقة الشمسية بأكثر من (50%)، فضلا عن منظومة التظليل المستوحاة من الاستراتيجيات التقليدية التي ادت الى خفض بنسبة 35% من اعمال التبريد السنوية وانخفاض اجمالي بنسبة (15%) من

الطلب السنوي على الطاقة مقارنة بالمباني التقليدية، كما تشتمل الأسطح المواجهة للجنوب في كل برج على خلايا ضوئية تولد ما يقرب من (5%) من إجمالي الطاقة المطلوبة من مصادر الطاقة المتجددة والتي تُستخدم لتسخين المياه (Shukr, 2021).

2.4. التجربة المحلية (المشروع الثاني): مشروع مبنى البنك المركزي العراقي، 2012. انظر الجدول (6).

الجدول (6): يوضح معلومات المشروع الثاني، (المصدر: الباحثين).

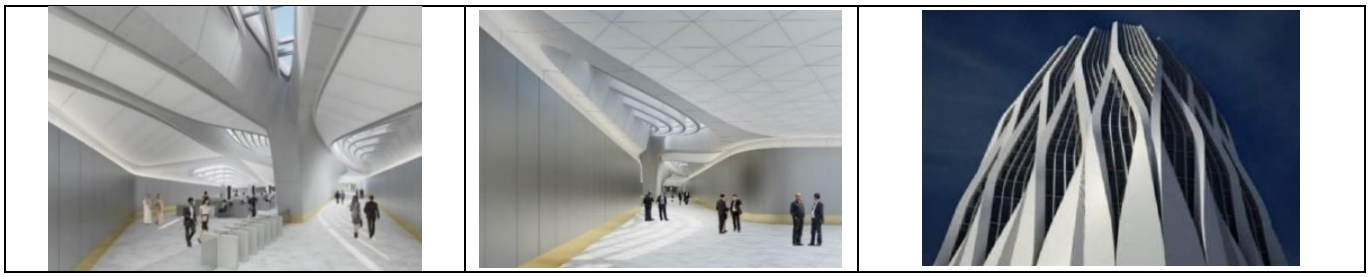
اسم المشروع	مشروع مبنى البنك المركزي العراقي		الرمز	S2
اسم المصمم	المعمارية زهاء حديد			
الموقع	بغداد/ منطقة الجادرية – على ضفة نهر دجلة			
المساحة	19000 م^2	الوظيفة	اداري	
السنة	2012			

يتكون مشروع مبنى البنك المركزي العراقي من قاعدة بمساحة 90000 متر مربع وبرج بارتفاع 170 متراً، مكوناً من 38 طابقاً، منها ثلاثة طوابق تحت مستوى الأرض و35 طابقاً فوقها. يتميز المبنى بتصميمه الفريد الذي يعتمد على شكل الشفرات لتحقيق الاستدامة من خلال توفير التهوية الطبيعية والعزل الصوتي. هذه الشفرات تحاكي الضوء المنعكس من أمواج نهر دجلة، مما يعزز ديناميكية التصميم. يعكس المبنى انسجاماً بين الكتل المصمتة والمفتوحة بتنسيق بارامتري، ملائمةً مع البيئة مثل الرياح والنشاط الزلزالي باستخدام أسلوب متطور لتطوير الهيكل والقشرة.

تتضمن واجهات المبنى تقنية الواجهة المزدوجة والزجاج المزدوج لعزل الظروف الخارجية، بالإضافة إلى استخدام مواد ذكية مثل الزجاج الذكي والأسمنت المقاوم للتلوث لتقليل التأثير البيئي. تم استخدام ألواح الخرسانة المسلحة بالألياف الزجاجية في البرج والخرسانة فائقة الأداء في هيكل المبنى بالكامل لدعم الدفاعات الأمنية والمتانة العالية (Ayead and Al-Tameemi, 2021, p. 8). كما تم توظيف الأنظمة الذكية في إدارة المبنى والطاقة، بما في ذلك أنظمة الكشف عن الحرائق، الحماية الأمنية، الصيانة والتنظيف الذاتي، وأنظمة تنظيف الواجهات.

اعتمدت عملية التصميم على الأنظمة الذكية وتقنية التصميم البارامتري (BIM)، مما أتاح مرونة في تصميم الشكل وتحقيق إطلالات مميزة على نهر دجلة باستخدام برامج (Revit) و(Rhino) للنمذجة ثلاثية الأبعاد (Ayead and Al-Tameemi, 2021, p. 9). يعتبر المبنى نموذجاً للعمارة المستدامة (Al-Khafaji, 2021, p. 152). وكما موضح في الشكل (3) و(4).

الشكل (3): يبين الميزات المستدامة لمبنى البنك المركزي العراقي، المصدر: (Aatty and Al Slik, 2019, p. 5).



الشكل (4): يوضح استخدام المواد والتقنيات المستدامة وطريقة التعامل مع الاضاءة الطبيعية، المصدر: (Aatty and Al Slik, 2019, p. 5).

3.4. التجربة المحلية (المشروع الثالث): مشروع مبنى رئاسة ديوان الوقف السني، 2014. انظر الجدول (7).

الجدول (7): يوضح معلومات المشروع الثالث، (المصدر: الباحثين).

اسم المشروع	مشروع مبنى رئاسة ديوان الوقف السني	الرمز	S3
اسم المصمم	مكتب الاستشارات العلمية والهندسية في الجامعة التكنولوجية المهندس المعماري أ.د. مقداد حيدر الجوادي، المهندس المعماري د. أحمد لؤي البجاري		
الموقع	بغداد/ في موقع جامع أم القرى في الغزالية		
المساحة	مساحة الموقع: 22500 م^2، المساحة البنائية: 6000 م^2	الوظيفة	اداري
السنة	الفوز بالمسابقة المعلنة لوضع تصاميم لمبنى رئاسة ديوان الوقف السني في عام 2008، تمت المباشرة باولى مراحل التنفيذ في عام 2009 وتم اكتمال المبنى في أواخر عام 2014		

مبنى اداري حكومي متكون من اربعة طوابق وسرداب تم تصميم المبنى بكتلة مستطيلة ضلعها الطويل يقابل الجنوب الشرقي والشمال الغربي للتقليل جهد الامكان من الاشعاع الشمسي الصيفي والاستفادة الكبيرة من الشمس الشتائية وقد غلف المبنى على مسافة (70 سم) من جدران الغرف بجدار زجاجي من الزجاج العاكس المزدوج (Double Facade System) ليقوم بعكس الاشعة الشمسية الساقطة على المبنى صيفا وتصريف الطاقة المتسربة من الزجاج الى الهواء داخل الفراغ عن طريق مداخن شمسية وملاقف في سطح المبنى لسحب الهواء الحار وتبديله بهواء اقل حرارة علما بان الغلاف الزجاجي مثبت على ممرات كونكريتية حول المبنى ترتبط بجسور بالطوابق لكنها مفصولة على المبنى بفجوات (Thermal Bridges) مقدارها(5 سم) لمنع التوصيل الحراري والسماح للهواء الحار بالمرور من خلاله الى المداخن والملاقف في سطح المبنى اما في الفترة الشتائية فانه يقفل المداخن الشمسية والملاقف الهوائية فان الجدار الزجاجي سيخزن الاشعاع الشمسي الداخل وسيقوم بحماية المبنى من التبريد الشتوي الليلي الذي يصل الى (14) ساعة.

وجود الفناء الوسطي بمساحة (1000 م^2) وبأبعاد (20م* 50 م) لتوفير الانارة والتهوية الطبيعية للفضاءات المطلة عليه ويحتوي الفناء على مساحات خضراء ومسطحان مائيان تتوسط كله منهما نافورة وهذه المعالجات تعمل على تلطيف مناخ الفناء وتوفير اطلالة للفضاءات المطلة عليه، فضلاً عن الجانب الجمالي، وكما موضح في الشكل (5) والشكل (6). تمييز المبنى بالمزج بين التراث والمعاصرة وبتوظيف التقنيات والمواد الحديثة والعازلة لخدمة الجوانب المناخية والتقليل من الصرف على الطاقة وجعل المبنى صورة من صور المباني المستجيبة للمناخ (Al-Qara Ghouli, 2011, p. 11).

الشكل (5): يوضح المخطط الافقي للطابق الارضي والطابق المتكرر لمبنى رئاسة ديوان الوقف السني، وصورة توضح الفناء الوسطي لتوفير الانارة والتهوية الطبيعية للفضاءات المطلة عليه والمساحات الخضراء والمسطحات المائية ضمن الفناء الوسطي التي تعمل على تلطيف مناخ الفناء وتوفير اطلالة للفضاءات المطلة عليه، فضلا عن الجانب الجمالي، المصدر: (Jawad, 2020, pp. 113, 115).

الشكل (6): صور توضح المعالجات البيئية المناخية للواجهة الامامية والواجهة الجانبية، المصدر: (Jawad, 2020, p. 117).

5. النتائج المرتبطة بالتطبيق

من تطبيق جدول الاطار النظري المستخلص على المشاريع الثلاث يتضح: كل مفردة من المفردات الرئيسة الثلاث للاطار النظري المستخلص تتضمن (10) متغيرات اي مايعادل نسبة (33.3%) حيث بمجموعها تحقق النسبة(100%)، وبذلك تكون القيم متساوية للمفردات الثلاث ضمن جدول الاطار النظري المستخلص، وكما موضح في الجدول (8) والشكل (7). تم حساب النسبة المئوية المتحققة لكل مفردة من المفردات الثلاث في كل مشروع من المشاريع الثلاثة، بالاعتماد على المعادلة التالية:

$$X100\boldsymbol{M} = \frac{\sum \boldsymbol{Xi}}{\sum \boldsymbol{X}}$$

M: تمثل النسبة المئوية المتحققة لكل مفردة.

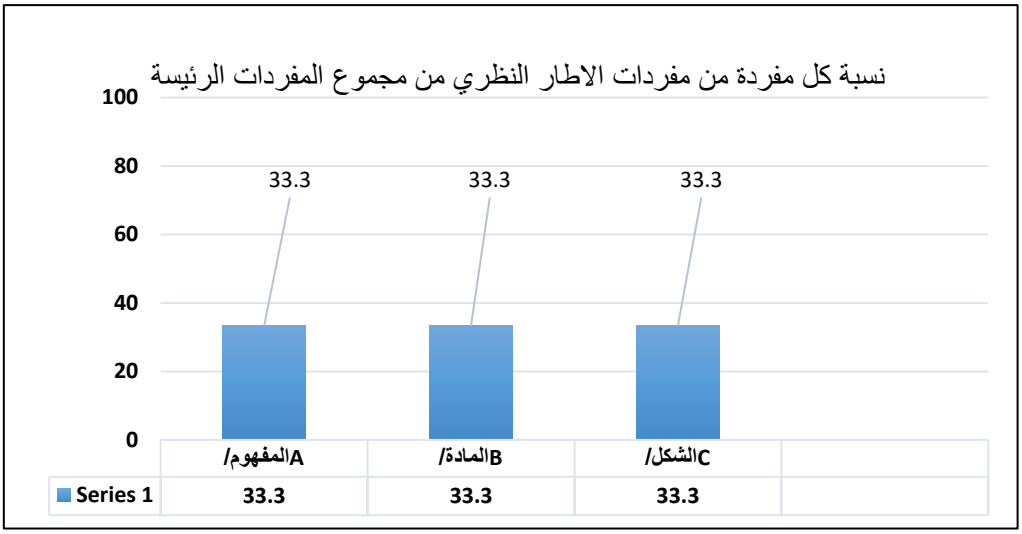
$\sum \boldsymbol{Xi}$: تمثل المجموع الكلي للمؤشرات التفصيلية المتحققة للمفردة الواحدة.

$\sum \boldsymbol{X}$: تمثل المجموع الكلي للمؤشرات التفصيلية المتحققة للمفردات الثلاث.

الجدول (8): يوضح مفردات الاطار النظري المستخلص للاستجابة البيئية الشكلية، (المصدر: الباحثين).

المفردة الرئيسة	المفردات الثانوية	القيم الممكنة		الرموز	S1	S2	S3
تبدلات المفاهيم البيئية/ البيئة (A)	التكيف (A1)	التغيير و التعديل	تغيير الشكل/ تغيير السلوك/ تغيير الوظيفة	A1-1	1	0	0
			تعديل الظروف المناخية	A1-2	1	1	1
		الحركة (الديناميكية)/ قابلية التحول الفعلية		A1-3	1	0	0
		التحكم الذاتي		A1-4	1	0	0
		التاقلم مع البيئة		A1-5	1	1	1
		التوافق مع البيئة		A1-6	1	1	1
		مواجهة التغير المناخي واستيعاب الحالات الطارئة		A1-7	1	0	0
	الذكاء (A2)	القوة والمرونة		A2-1	1	1	0
	فعالية استخدام الطاقة (A3)	التخفيف من الضرر		A3-1	1	1	1
		الطاقة المتجددة والحفاظ على الموارد الطبيعية		A3-2	1	1	0
المجموع الكلي للمؤشرات التفصيلية للمفردة الرئيسة (A) على مستوى كل مشروع				10	10	6	4
تبدلات المادة المستخدمة/ تكنولوجيا الاستجابة	المواد الذكية	تغيير خصائصها الفيزيائية(اللون، الطور، الشكل)		B1-1	0	0	0
		مواد ذات تأثير ضئيل على البيئة		B1-2	1	1	0
		المواد المبرمجة مسبقا		B1-3	1	0	0
	التقنيات الذكية	أنظمة عالية التقنية: تستخدم شبكات الاستشعار– ومشغلات– وأتمتة التحكم لعناصر البناء القابلة للتشغيل		B2-1	1	0	0
	الانظمة الذكية	النماذج البارامترية والخوارزمية		B3-1	1	1	0

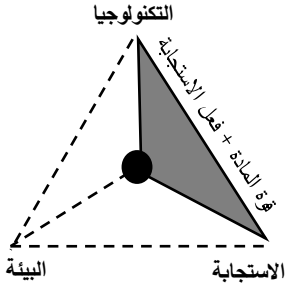
S3	S2	S1	الرموز	القيم الممكنة		المفردات الثانوية	المفردة الرئيسة
0	0	1	B3-2	برمجة الكومبيوتر			
0	1	1	B3-3	نظام ادارة المباني			
0	0	1	B3-4	الطي	أنظمة حركية ذكية		
0	0	0	B3-5	الانزلاق			
0	0	0	B3-6	الأنواع الهوائية			
0	3	7	10	**المجموع الكلي للمؤشرات التفصيلية للمفردة الرئيسة (B) على مستوى كل مشروع**			
0	0	0	C1-1	اغلفة المبنى/ الواجهة التكيفية	العمارة التكُيفية	مستويات الاستجابة البيئية/ الاشكال الظاهرة	**تبدلات الشكل الظاهر/ الاستجابة البيئية**
0	0	0	C1-2	العمارة التفاعلية (الاسطح التفاعلية)			
0	0	0	C1-3	العمارة القابلة للتعديل			
0	0	1	C1-4	العمارة القابلة للتغيير			
0	0	1	C1-5	عناصر الواجهة القابلة للتشغيل والبرمجة (مانعات الشمس، نظام التظليل الديناميكي)	العمارة الديناميكية (القابلة للتحول الفعلي)		
0	0	1	C1-6	الشاشات الذكية	العمارة الذكية		
0	0	1	C1-7	المشربية	المفردات التقليدية		
1	1	0	C1-8	البادكير			
1	0	0	C1-9	الفناء الوسطي			
1	1	1	C1-10	العمارة المستدامة			
3	2	5	10	**المجموع الكلي للمؤشرات التفصيلية للمفردة الرئيسة (C) على مستوى كل مشروع**			



الشكل (7): يبين النسبة المئوية لكل مفردة من مفردات الاطار النظري، بحيث مجموع النسب = 100%، (المصدر: الباحثين).

6. مناقشة نتائج التطبيق

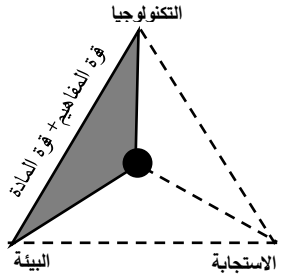
- المشاريع الثلاثة، جميعها حققت اعلى نسبة للمفردة الرئيسة الاولى (التبدلات في المفاهيم/ البيئة – A)، مقارنة بالمفردتين الثانية والثالثة (التبدلات في المادة/ تكنولوجيا الاستجابة – B)، و(التبدلات في الشكل/ الاستجابة البيئية – C). وبذلك يتضح الغلبة لمفردة التبدلات في المفاهيم/ البيئة (A) على المفردتين (التبدلات في المادة/ تكنولوجيا الاستجابة – B)، و(التبدلات في الشكل/ الاستجابة البيئية – C).
- حقق المشروع (S1) اقل نسبة لمفردة التبدلات في المفاهيم/ البيئة (A)، مقارنة بالمشروعين (S2) و (S3)، وكما موضح في الجدول (9) و وبذلك يتبين الصفة الغالبة لمشروع (S1) هي صفة المادة والشكل، مقارنة بالمشروعين الآخرين، انظر الشكل(8).



قوة المادة التكنولوجية + فعل الاستجابه البيئيه = استجابة شكلية

الشكل (8): يبين تحقق المفردتين (B) و(C) في المشروع (S1)، وتحقق الاشكال المستجيبة بيئياً من قوة المادة التكنولوجية وفعل الاستجابة، (المصدر: الباحثين).

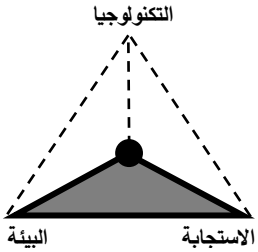
- حقق المشروع (S2) اقل نسبة لمفردة التبدلات في الشكل/ الاستجابة البيئية (C)، مقارنة بالمشروعين (S1) و(S3)، وكما موضح في الجدول(9) ، وبذلك يتبين الصفة الغالبة لمشروع (S2) هي صفة الفكر والمادة، مقارنة بالمشروعين الآخرين، انظر الشكل (9).



قوة المفاهيم البيئية + قوة المادة التكنولوجية = استجابة تكنولوجية

الشكل (9): يبين تحقق المفردتين(A) و(B) في المشروع (S2)، وتحقق الاستجابة التكنولوجية من قوة المادة التكنولوجية والمفاهيم البيئية، (المصدر: الباحثين).

- حقق المشروع (S3) اعلى نسبة لمفردة التبدلات في المفاهيم/ البيئة (A) واعلى نسبة لمفردة التبدلات في الشكل/ الاستجابة البيئية (C)، مقارنة بالمشروعين (S1) و (S2). وبذلك يتبين الصفة الغالبة لمشروع (S3) هي صفة المفاهيم، اي الشكل للمشروع نتاج مفردة التبدلات في المفاهيم/ البيئة (A)، ولم يكن لتكنولوجيا الاستجابة اي اثر في انتاج الشكل للمشروع، وكما مبين في الجدول (9)، وبذلك يكون النتاج حقق الاستجابة البيئية، انظر الشكل (10).



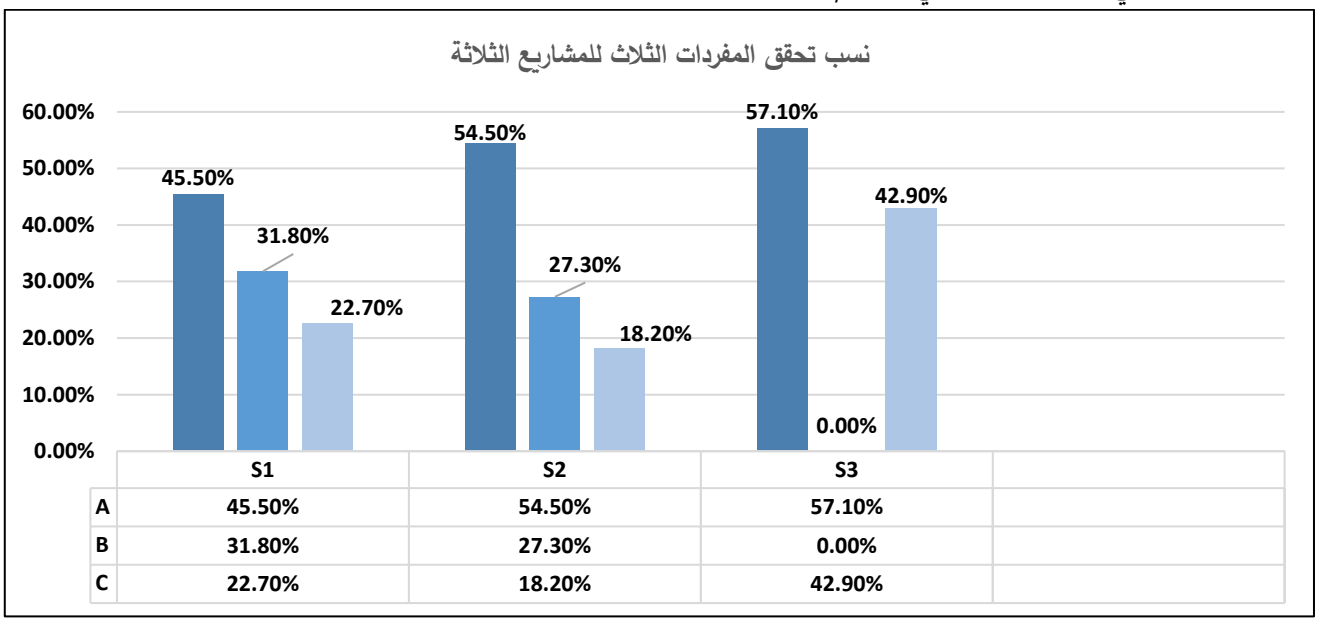
قوة المفاهيم البيئية + فعل الاستجابة البيئية = استجابة بيئية

الشكل (10): يبين تحقق المفردتين(A) و(C) في المشروع (S3)، وتحقق الاستجابة البيئية من قوة المفاهيم البيئية وفعل الاستجابة، (المصدر: الباحثين).

الجدول (9): يبين نسب تحقق المفردات الاطار النظري على عينات الدراسة العملية، (المصدر: الباحثين).

المفردات الرئيسة عينات الدراسة العملية	التبدلات في المفاهيم/ البيئة (A)	التبدلات في المادة/ تكنولوجياالاستجابة (B)	التبدلات في الشكل/ الاستجابة البيئية(C)
مشروع مبنى ابراج البحار S1	(42.4)	(30.3%)	(27.3%)
مشروع مبنى البنك المركزي S2	(56.3)	(25%)	(18.7%)
مشروع مبنى ديوان الوقف السني S3	(66.7%)	(0%)	(33.3%)

ووفق الجدول (6) يتضـح: ان المشـاريع الثلاثة هي مشـاريع مسـتدامة بيئياً، على الرغم من التباين في درجة الاعتماد على مفردة تكنولوجيا الاستجابة في تحقيق التبدلات في الشكل/ الاستجابة البيئية.



الشكل(11): يبين المقارنة بين نسب تحقق المفردات الثلاث الرئيسة (A وB وC) من جدول الاطار النظري المستخلص على مستوى المشاريع الثلاثة (S1 وS2 وS3)، وفق الجدول (4)، (المصدر: الباحثين).

7. الاستنتاجات

يتضح من مناقشة نتائج التطبيق: الاستجابات على مستوى الشكل الظاهر تتمثل بنظام التبدلات والتي تخص النتاج المعماري المسـتدام، والشـرط المادي للتشـكيل، والعلاقة الترابطية بين الفكر والمادة. حيث ارتبط هذا الجانب بتحقيق هدف البحث والذي تحقق بعد التعامل مع الحالات الدراسـية، في قراءة التبدلات وظهور المفاهيم والمادة التي يمكن بها تمثيل تلك المفاهيم والاشـكال الناتجة منه، إذ تتميز العمارة الاستجابية عن الأشكال الأخرى للتصميم من خلال دمج التقنيات الذكية والاستجابية، والخواص الحركية بعيداً وخارج تقاليد الشكل الثابت للعمارة. وبذلك فان الاستجابة تعتمد وبصورة رئيسة على مفهومي الذكاء والحركة.

وهناك التغير التكنولوجي الذي يحدث باتجاه ظهور تكنولوجيات جديدة تتبعها تبدلات في أنماط السلوكيات/ انواع الاستجابات، لذا فان التحدي الذي يُفرض في هذا الصـدد هو القدرة على مواكبة تلك التطورات في التكنولوجيات الجديدة، والتفكير في الطرق التي تُمكن من الاسـتفادة منها في انتاج أنماط من العمارة المسـتجيبة للبيئية الطبيعية. وتصـورات المعمار عن الدور التكنولوجي أنماط السـلوكات للعمارة والتي تمثل المظهر الدينامي لذلك الدور الذي يُشكل و يُنظم مجموعة السلوكيات للعمارة المستجيبة بيئياً.

References:

Aatty and Al Slik ،H. M. S. a. G. M. R.2019 ،. "Iconic architecture and sustainability as a tool to attract the global attention", 2nd International Conference on Sustainable Engineering Techniques (ICSET 2019), IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, doi: https://doi.org/10.1088/1757-899X/518/2/022076

Aggour and Soliman, ،M. M. H. O. A. E"2010 ،. Smart materials – toward a new architecture", the British University in Egypt, Paper's No. BUE-FISC – 13 ،pp. 1-13.

AL-Chadirji, R., " 1991 Al-Ukhaydir and the Crystal Palace - The emergence of the dialectical theory in architecture," London: Riad Al-Rayes Books and Publishing.

Al-Khafaji ،H. A. N., 2021," Permanence in architecture - synthesis in achieving the permanence of contemporary architectural production". Baghdad: Doctoral thesis, Department of Architecture, University of Technology.

Al-Muzaffar, R. M. M. R"2005 ،. Understanding the Arab-Islamic city as a system - in light of social, economic, and technological variables". Baghdad: master's thesis, Higher Institute of Urban and Regional Planning.

Al-Qara Ghouli, A. S. R ,2011," Concepts in architecture between theory and practice", Iraqi Journal of Architecture, 24-23-22.

Al-Rubaie ،Z. I. A. K ,2022, "Digital morphology in architecture", Baghdad: Doctoral thesis, Department of Architecture, University of Technology.

Al-Saffar, S. M. T ,2019, "Using smart technologies in sustainable buildings - The Exterior Of Buildings In the Arabian Gulf Region as A Case Study", Al-Rafidain Engineering Journal (AREJ), 24(2), pp. 39-55.

Ayead and Al-Tameemi, M. H. O, 2021, "Technologies of sustainability in large banks buildings" Published research in Reasearch Gate.

Baalbaki, R. M ,2009," The Modern Resource. A Modern English-Arabic Dictionary", Lebanon: House of the World for Millions.

Cilento, K., 2012, "Al Bahar towers responsive facade / aedas". https://www.archdaily.com/270592/al-bahar-towers-responsive-facade-aedas?ad_medium=bookmark-recommendation&ad_name=iframe-modal.

ElGhazi and Mahmoud, Y. S. A. H. A., 2016, "A Generative parametric technique for kinetic cellular façade to optimize daylight performance", Cairo, Egypt, s.n.

Fouad, Ibrahim, Radwan, M. M, V.A, A .H, 2019,"The Impact of responsive systems on energy consumption and thermal performance of buildings", Journal of Al Azhar University Engineering Sector,Vol. 14, No. 52, pp. 1037-1049.

Franck ،G, 2011, "Responsive architecture: a response from the future? "., Vienna university of technology.

Hammad, I. A. R., 2010. "Islamic design and environment in a changing world - a study of the experiences of the Arab Towns Organization and the Aga Khan Architecture", Journal of Engineering Sciences, Assiut University, 38(3), pp. 819-851.

Hosseinia, Mohammadi, Rosemann, S. M, M., A., 2019, "A morphological approach for kinetic façade design process to improve visual and thermal comfort: Review", Building and Environment 153, p. 186–204.

Jawad ،H. Q.2020 ،. Compatibility of constructed buildings with the Green Architecture Code in Iraq. Baghdad: Master Thesis, Department of Architecture, University of Technology.

Lalande, A. ,2001, "Lalande Philosophical Encyclopedia ", first edition, translated by: Khalil Ahmed Khalil, Beirut: Oweidat Publications.

Maragkoudaki, A., 2013, "No-Mech kinetic responsive architecture-kinetic responsive architecture with no mechanical parts", Athens, Greece, s.n.

Meagher, M. ,2015, "Designing for change: The poetic potential of responsive architecture" www.elsevier.com/locate/foar ،pp. 159-165.

Oqba, I. M, 2006," Environmental design approaches towards compatibility with changes in the natural environment" pp. 201 - 217.

Oungrinis and Liapi, K. M, 2010," Environmental responding architecture. methods for addressing the diverse environmental behavior in greece for energy efficient buildings"

Pasold and Foged, A. I. W., 2010. "Performative responsive architecture powered by climate" Denmark: AREA Applied Research in Environmental Architecture Department of Architecture, Design & Media Technology, Aalborg Universit.

Rahuma and Samra, K. A, 2015," Arlund Toynbee's challenge and response theory", s.l:Amemorandum submitted to complete the requirements for an academic master's degree, Department of Humanities, Faculty of Humanities and Social Sciences, University.

Shukr, E. H., 2021,"Building adaptation and environmental harmonization in contemporary architecture", Baghdad: Doctoral thesis, Department of Architecture, University of Baghdad.

Soudian and Berardi, S. U, 2022,"Experimental performance evaluation of a climate-responsive ventilated building façade", (Journal of building engineering ,61, https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.105233

Taha et al, F .A .Q ,"Dictionary of psychology and psychoanalysis ". Beirut: arab renaissance house for printing and publishing, first edition