التصميم الرقمي المستدام لفضاءات الأبنية الداخلية

(Sustainable Digital Design For Interior building spaces)

م. م. رفيف جواد علي

Assistant Lecturer. Rafeef Jawad Ali

جامعة البيان

Al-Bayan University

دكتور وسام حسن هاشم

Dr. Wessam Hassan Hashem

كلية الفنون الجميلة

College of Fine Arts

07728167872

rafeef.j@ahbayan.edu.iq

rafeef.ali2204p@cofarts.uobaghdad.edu.iq

الكلمات المفتاحية: التصاميم الرقمي، الاستدامة.

- الملخص:

برزت التصاميم المستدامة الذكية كإحدى الاتجاهات المؤثرة في الممارسة التصميمية العالمية الجديدة، لما تحمله من فكر يهتم بالعلاقة الكفوءة بين المنظومات

البنائية الوظيفية ومحيطها الحيوي من خلال تفاعل التقنيات الرقمية وخصائصها مع التصميم المستدام، لتحقيق التأثيرات التفاعلية في التصميم وتحقيق البيئة الملائمة لصحة شاغليها، إذ تعد عملية البحث عن التقنيات الرقمية للتصميم التي تحقق أداءً كفؤاً وفقاً لمفاهيم البيئة المحيطة، كونها أحد أهم الإجراءات التصميمية المستقبلية، وعلى ذلك تحددت المشكلة البحثية لدينا **هل وظفت التصاميم الرقمية بأسلوب واضحة ومحددة لإثراء الستراتيجية التصميم المستدامة والآلية الفعالة في قواعدها وخصائصها وتأثيرهُ على الشكل التصميمي المتفاعل مع البيئة المحيطة؟**

وان الفصل الثاني:تمحور في مبحثين كالآتي المبحث الأول التصميم الرقمي المستدام و مناهج التصميم الرقمي المستدام ذو التوجه الأدائي أما الفصل الثالث فكان التحليل وفق المنهج الوصفي التحليلي.

والفصل الرابع توصل إلى أهم النتائج منها:

- وساهمت دراسة الحالة من خلال خواص التصميم البارامترية المتبع في تصميم المبنى برزت القابلية على التصميم وانتاج أشكال تتصف بدرجة عالية من الديناميكية والتعقيد الهندسي والمرونة والانسيابية والسيولة.
- يتيح التصميم في الحالة المنتخبة إلى التلاحم من تطوير لسيرورة التصميم ونتاجها الشكلي، وتحقيق التكامل بين التصميم والانتاج.

واهم الاستنتاجات:

- إن اتجاه التصاميم الرقمية نحو تضمين مفهوم الأدائية لتكون مقوماً موجهاً لعمليات التصميم والإنتاج الرقمي مما يجعل أهم مقومات تحقيق التصميم الرقمي تتحدد في تحقيق الأداء الكفوء بمستوياته الفاعلية الأدائية والبيئية والإنشائية والمادية.
- إن العمارة الرقمية تتمحور حول ثنائية (الشكل- الأداء) حيث تخضع خلالها عملية التصميم الرقمي لتأثير قوتين رقميتين هما النمذجة والمحاكاة، والتي تجعل هذه الثنائية من الخصائص المهمة للتصاميم الرقمية إذ تجمع بين عملية

توليد الشكل الرقمي وعملية تحسين أدائه، وتساهم في تحديد آليات تحقيق التصميم الرقمي.

Keywords: digital designs, sustainable.

Abstract: Smart sustainable designs have emerged as one of the influential trends in the new global design practice, because of their thought concerned with the efficient relationship between functional structural systems and their biosphere through the interaction of technologies Digital and its characteristics with sustainable design, to achieve interactive effects in design and achieve the appropriate environment for the health of its occupants, as the process of searching for digital design technologies that achieve efficient performance according to the concepts of the surrounding environment, Being one of the most important future design actions, and therefore our research problem was identified, **Have digital designs been employed in a clear and specific manner to enrich the sustainable design strategy and the effective mechanism in its rules and characteristics and its impact on the design form interacting with the surrounding environment**

The second chapter: focused on two sections as follows: the first section is sustainable digitaldesign and methods of sustainable digital design with a performance orientation,

while the third chapter was the analysis according to the descriptive analytical approach

The fourth chapter reached the most important results, including:

• The case study contributed through the characteristics of the parametric design followed in the design of the building to provide a capacity to design and produce forms characterized by a high degree of dynamism, engineering complexity, flexibility, fluidity and fluidity.

• Design in the elected case allows it to cohesion from the development of the design process and its formal output, and to achieve integration between design and production.

The most important conclusions:

•The trend of digital designs towards including the concept of performance to be a guiding component for digital design and production processes, which makes the most important elements of achieving digital design determined in achieving efficient performance at its levels of performance, environmental, structural and physical effectiveness.

Digital architecture revolves around the duality of (form - performance), during which the digital design process is subject to the influence of two digital forces, modeling and simulation, which makes this duality one of the important characteristics of digital designs, as it combines the process

of generating digital form and the process of improving its performance, and contributes to determining the mechanisms for achieving digital design.

الفصل الأول: الإطار المنهجي

- مشكلة البحث:

يمثل التطور المعرفي الذي سمة الوجود الإنساني وفلسفتهَ من أهم أدوات تشييّد البناء التطوري، فلا بد من أن تنتج هذه الفلسفة انعكاساً للفكر الإنساني، فضلاً عن توفير إمكانات جديدة للفكر الفلسفي تجعله قادراً على تخطي ما هو سائد، وتمثل التحولات الكبرى مراحل لارتقاء البشرية في المستوى الثقافي والاجتماعي، ظهور عوالم جديدة للتجربة الإنسانية ووضعاً جديداً للمعرفة والقيم، يجعل منها تحولاً عميقاً في بنية الحضارة ونظامها.

إذ أحدثته الثورة الرقمية الذكية من السمات المميزة لعملية التصميم للعصر الحالي، إذ يعد التغير نحو تبني الإنموذج الفكري الرقمي الممتزج بأسلوب مستدام وصديق للبيئة من أهم مراحل التقدم الثقافي والتقاني في تأريخ التصميم بما أتاحه من إعادة قراءة لمفاهيمها وتشكيل محدداتها لتلائم متطلبات العصر الجديد ومستجداته، ترتكز على التطور المعرفي والعلمي ومردوداته التقنية، إذ تمثل التصاميم الرقمية المستدامة حقلاً معرفياً ومفاهيمياً يمتاز بالحيوية والتجدد، تسهم التقانة الرقمية في بنائه وتطويره بمستجداتها من أبحاث وبرامجيات تعد الركائز المهمة للبناء الفكري التصميمي المستدام، وقد ساهمت التصاميم الرقمية في رفد مفهوم التصميمية بما تطرحه من مفاهيم فاعلة ومؤثرة في تناغمها مع البيئة المحيطة فضلاً عن ما تمتلكه الرقمنة وتتيحه من إمكانات وتحديات تقانيه جديدة ناتجة عن التصاعد المتسارع في تطور برامجيات التصميم الرقمي وما أفرزته من إمكانات في التصميم والبناء خلال العقود الثلاث الأخيرة من جهةٍ أخرى، وهو ما أسهم في إحداث تغييرات مهمة على

مستوى التوجه الفكري التصميمي التي تهدف إلى إعادة تشكيل كلاً من سيرورتي التصميم والإنتاج في التصاميم المستدام، ويتأزر مفهوم الاستدامة والصديق للبيئة في التصميم المعاصر مع تطور التصميم الذي صاحبهُ التطور وتوظيف التقنيات الذكية في النتاج التصميمي إذ عمل التفاعل بينهما حافزاً للمصممين نحو تقديم صيغة جديدة للتفاعل مع البيئة المحيطة وما تطرحهُ من تحديات في صياغة العملية التصميمية الذكية وهو ما عده المصمم توجهاً اختزالياً يدعم جوانب أخرى مهمة ومعقدة من التصاميم الرقمية وتصورها الشكلي، لتتم الدعوة إلى إشراك عوامل أخرى لها أهميتها ضمن تصور الشكل التصميمي وانتاجه، أهمها تلك المشتقة من الجوانب البيئية والاجتماعية والثقافية، ومما سبق تبلورت المشكلة البحثية فيمال يلي:**هل توظف التصاميم الرقمية الذكية بأسلوب واضح ومحدد لأثراء الستراتيجية التصميم المستدامة والآلية الفعالة في قواعدها وخصائصها وتأثيرهُ عل الشكل التصميمي المتفاعل مع البيئة المحيطة؟**

هدف البحث:

وعلى ضوء المشكلة البحثية، تحدد هدف البحث في الكشف عن مقومات تحقيق الاستدامة في النتاج التصميمي الرقمية الذكية للفضاءات الداخلية المعاصرة ودمجها التصميم مع البيئة المحيطة.

أهمية البحث:

تكمن أهمية البحث فيما يأتي:

- يغني البحث الدارسين في مجال التخصص والتخصصات المناظرة لها بمعلومات معرفية تُساهم في رفد الفكر التصميمي فيما يخص التقنيات التصميم الرقمي الذكية وتعزيز معطياته المستدامة.
- يسهم البحث برفد الشركات الهندسية الخاصة المعنية بالتصاميم الرقمية المستدامة بما يفيد في الخصائص التصميمية وقواعدها وتأثيرها على شكل التصميم.

- يرفد البحث بنتائج تفيد وزارة الإعمار والإسكان والمؤسسات الحكومية العاملة ضمنهما بما يتعلق بالرؤى الستراتيجية في البنى التصميمية المستقبلية للفضاءات الداخلية الرقمية التي تعزز الفكر التصميمي بما يخدم الجانب التصميمي للسنوات المقبلة.
- تزويد العاملين في المجال بالاستراتيجيات الأساسية التي تعتمد عليها التصاميم الرقمية في تحقيق لغة الاتصال للبيئية المصممة للفضاءات الداخلية.

حدود البحث:

1-حدود موضوعية: دور لغة التصميم الرقمية الذكية في استخدام خصائص التصاميم المستدامة في التصميم والفاعلية المؤثرة في قواعد شكل المبنى.

2-حدود زمانية: (2002) *[1].

3-حدود مكانية: مدينة لندن (London City Hall Building)كونها من التصاميم الرقمية المستدامة

تحديد المصطلحات:

ورد مصطلح التصاميم الرقمية وتقصد منها الباحثة ما سوف يتم تعريفه إجرائياً وحيثما يرد في متن البحث الحالي وكما يأتي:

تعرف الرقمية (لغة): اسم مؤنَّث منسوب إلى رَقْم، واجهة رقميَّة: واجهة تسلسليَّة تسمح بوصل المركِّبات للحواسيب، لغة رقميَّة: لغة تُعدُّ خصِّيصًا طبقًا لقواعد معيَّنة لتستخدم في الحاسبات الإلكترونية كوسيلة للعمل بها.**(احمد مختار، 2008، ص130)**

وتعرف الرقمية (فلسفياً):هي عبارة عن التغيرات الثقافية التي ينتجها تقدم التكنولوجيا عن طريق شبكة الإنترنت، فهي آلية عمل تكنولوجيا المعلومات في تشكيل الطريقة التي يتفاعل فيها الأفراد، فيكتسب الفرد المعتقدات والمعارف من خلال التكنولوجيا، فهي التكنولوجيا المقنعة التي لا تنتهي، أي بمعنى آخر قدرة

[1]*تاريخ افتتاح المشروع **(مبنى بلدية لندن/** London City Hall)

الأشخاص على استخدام أجهزة الحاسوب والخدمات الإلكترونية وقدرة الأفراد على إنجاز أعمالهم الشخصية والوظيفية باستخدام تكنلوجيا المعلومات**(علي حسين علي وآخرون، 1999، ص410)**

وتعرف الرقمية (اصطلاحاً): هو إيجاد طريقة لنقل البيانات التي تسمح بإيجاد مستوى مميز من الأداء إلى (الكومبيوتر)، إذ تتحول فيها الرموز الرقمية (الثنائية) التي تمثل لغة (الكومبيوتر) (Binary Numbers) بوساطة محول رقمي يدعى (Digital Converter). [1]**(Johanna Drucker. P347)**

وفي تعريف آخر: هو مصطلح يتعلق بأي شيء مؤلف من نظام تشفيري بوحدات ثنائية، وعادة يشير إلى نظم الشفرة الثنائية الكامنة في (الكومبيوتر)، أو تمثيل قواعد البيانات في شفرات ثنائية. **(Gordan, Bob & Maggie. 2005. P215)**

وتستخلص الباحثة تعريفها (الإجرائي) للتصميم الرقمي: هي عملية تصميمية منظمة تتحول فيها الأفكار من عالمها الحسي إلى الوجود الفيزيقي، فيكون التصميم ضمن سلسة من المعالجات الرقمية المستندة إلى قاعدة للبيانات الموقع، بمساعدة برمجيات التصميم الرقمي، وصولاً للنتاج التصميمي الذي يحقق العملية التصميمية الرقمية المتفاعلة مع البيئة المحيطة بطريقة ذكية.

تعرف الاستدامة (لغة): "دام الشيء، دوماً ودواماً: ثبت واستمر، واستدام الشيء: دام، استدام الشيء: طلب دوامـه" **(نبيل عبد السلام هارون،1994. ص239)**، والشيء المستدام "أي العيش الرغيد، دوامهُ، استمراره، أي استمر وثبت ودام، مصدرها استدام"**(مروان العطية، 2012)**

وتعرف الاستدامة (اصطلاحاً): "مصطلح بيئي يصف كيفية بقاء النظم الحيوية متنوعة ومنتجة مع مرور الوقت، وتعد القدرة على حفظ نوعية الحياة التي نعيشها على المدى الطويل وهذا بدوره يعتمد على حفظ العالم الطبيعي والاستخدام المسؤول للموارد الطبيعية". **(ar.m.wikipedia.org/wiki)**

وتعرف أيضاً في ميثاق الأرض*[2]على انهُ: "احترام الطبيعة، والحقوق العالمية، والعدالة الاقتصادية، وثقافة السلام" **(The Earth Charter Initiative. 2009. P158)**

ويعرف التصميم المستدام (اصطلاحياً): (تبني عملية تصميم وتشكيل الفضاء بأسلوب متكامل مع البيئة المشيدة والبيئة الطبيعية بأهداف تصميمية تحاكي التكامل البيئي وتوازن بين مدخلات ومخرجات التصميم). **(ندى صبحي عبد المجيد. 2018. ص25)**

وتستخلص الباحثة تعريفها (الإجرائي): وهو التصميم الذي يشكل بيئة متجانسة مع الموقع ويتوافق مع تقييم جودة البيئة الداخلية والمعايير العالمية للاستدامة لتوفير بيئة صحية مناسبة تسهم بصورة مشتركة في تعزيز الطريقة التي تسمح للآخرين سد احتياجاتهم في الحاضر والمستقبل ويكون تصميم متجانساً مع المحيط.

الفصل الثاني

الإطار النظري

المبحث الأول: التصميم الرقمي المستدام:

2-1-1 مفهوم التصميم الرقمية:

أشارت الدراسات إلى تزايد أهمية التصميم الرقمي الذكية في تطور التصميم منذ عقد التسعينيات من القرن العشرين، فهو من أبرز القضايا المؤثرة ضمن الطروحات المعاصرة في النظرية والتصميم والعمارة إذ يسعى إلى أعادة النظر في أغلب الأنماط الفكرية الأساسية للتصاميم في ضوئها.

وإن النظر إلى التصميم بوصفه نتاجاً لعملية كشف (unveiling) أو أعادة اكتشاف (rediscovery)، ليتحدد مفهوم التصميم لديه في نوع من الرجوع إلى أشياء موجودة يتم رؤيتها من منظور مختلف، وقد أمكن التمييز بين موقفين تجاه دور الحاسوب في التصميم يستند الموقف الأكثر شيوعاً على اعتبار الحاسوب أداةً

*ميثاق الأرض: عقد هذا الميثاق للاستجابة الكافة والشاملة للدعوة إلى حل السبل الجذرية لانعدام الأمن والصراع العنيف في أفريقيا. وأمل إن يتم اعتماد الميثاق وتأييده على أوسع نطاق ممكن، بحيث يصبح مثل الإعلان العالمي لحقوق الإنسان، ميثاق الأرض الدولية. في 4 أكتوبر 2000

متطورة لتشغيل برامج تجعل بإمكان المصممين إنتاج أشكالٍ متطورة والتحكم جيداً بتصورها، وبرغم ما تحققه هذه الأداة من تحسين على طبيعة التصميم التي تنتجها، إلا انه لا يعد ضرورياً الدخول في تفاصيل عملياتها الداخلية، أما الموقف الآخر فيرى بعدم إمكان تجنب الدخول في عالم البرمجة إذا ما أُريد تحقيق استخدام مبدع فعلاً للحاسوب، فيدفع هذا التوجه نحو ضرورة استكشاف ما يمكن إدخاله من تقنيات البرمجة (scripting) ضمن التصميم، وبما يؤكد أهمية اعتبار الذكاء الرقمي ليس مجرد امتداد للعقل، بل شريك في عملية التصميم ذي أساليب وقدرات مختلفة للتفكير، فهو بمثابة "الآخر other" بالنسبة للعقل البشري وليس مرآة له، ويتفق الموقف الثاني مع حقيقة أن الحوسبة قد دخلت في عملية التصميم بشكل "حوار بين شريكَين"، إذ تتحقق "مساعدة الحاسوب" في التصميم من خلال تبني توجه يحوّل الحاسوب من "آلة مساعدة" إلى "بيئة ذكية" **(Menges, 2011,p: 78-85)(Tagliabue 2006, p.vii-viii,ix).**،

ويعمل نمط التصميم الرقمي على إيجاد نتاج جديد باستخدام نمذجة الحاسوب وعمليات البرمجة والمحاكاة والتخيّل في إبداع أشكالٍ افتراضية وإنشاءاتٍ مادية، في إشارةٍ إلى جوانب التصميم المتعلقة بـ (التقانات الرقمية، والغلاف الرقمي)، نتج عن ذلك انتشار واسع لنتاجاتٍ شكلية جديدة لما يوصف بـ "التصميم اللا قياسية" التي تهتم بـالخطوط المنحنية، والتعبيرية، وإبراز دور التقانة في المجتمع، ولا تتضمن هذه التصميم المبتكرة رقمياً استخدام مواد فعلية بل تعتمد على مجموعة من الأعداد المخزونة بصيغة (الكترومغناطيسية) تستخدم لابتكار التمثيلات والمحاكاة التي تطابق أدائية المواد والتخطيط في الأعمال المبنية. تتيح هذه التصميم القدرة لابتكار مدىً متنوع من الأشكال المعقدة وذلك باستخدام البرمجـة والخوارزميـات الحواسـيب **(Kolarevic 2003,p.3)**، وأن التصميم الرقمي هو التوجهات المختلفة للتصميم المعاصر التي تُستخدم ضمنها الوسائط الرقمية، ليس كأداة إظهار للتجسيد المادي فقط، بل كأداة توليدية لاشتقاق الشكل وتحولاته أيضاً، من خلال "عمليات مسندة حواسبياً". ويشير إلى أن التصميم تعيد قولبة ذاتها، ليغدو جانب منها تقصي تجريبي للهندسيات

الطوبولوجية، وجانب آخر هو تنسيق حوسبي للإنتاج الروبوتي للمواد، وآخر هو نحت حركي توليدي للفضاء **(Kolarevic 2000, p. 251)**.، وقد تبلورت بوصفها نمطاً جديداً من التصميم ينتج عبر الجمع بين المؤثرات التصميم الجديدة والتقانة الرقمية، مشيراً إلى كونها تشير إلى (أداة، أو نظرية، أو حقبة جديدة، أو ثورة)؛ فهي أداة تعكس تأثير التقانة الرقمية على الفكر التصميمي ومنهجيته وعلى النظرية الفضائية، وهي (نظرية) تساعد الفكر التصميمي في إعادة تعريف وهيكلة المفاهيم الفضائية ضمن العالم الفيزياوي، لتظهر "نظرية الرقمنة" التي تُدخلنا، بفعل تغييرها لمناهج التصميم ونظريات الفضاء، إلى (حقبة جديدة) لها تأثير كبيرٌ على التصميم وعلى منظومة القيم والجماليات الجديدة؛ وهو ما يجعل منها (ثورة) تغير تأريخ الإنسانية ونمط الحياة **(Liu 2006, p.2)**.

ترتبط التصميم المعاصرة مع التقانات الرقمية الجديدة، إذ الدخول التصاميم الذكية ضمن عملية التصميم ما يمكن عده أحد أبرز التطورات المهمة في التصميم منذ حركة الحداثة، وعلى التصميم أن تستكشف التقانة الرقمية بوصفها المكون الأساس التصاميم المعاصرة، وكيفية تأثيرها في مفهوم التصميم المعاصر وفي عملية البناء، من اجل تطوير عمارة تعكس وتستجيب إلى مفاهيم المجتمع الرقمي **(Glynn 2005,p.14)**.

يتضمنه من إمكانيات يطرحها التصاميم الرقمية الذكية فيما يتعلق بتصور وتجسيم وتنظيم الهندسيات المعقدة الاستثنائية التي يصعب تخيلها وحلها بدونه، ويمثل مفهوم التعقيد جوهر الثقافة الرقمية، والسمة المميزة لتطور التصميم الرقمي، إذ يتعلق بمحتوى التصميم (القرارات التصميمية) والإنشاء (مدخلات عملية التصنيع)، وقد تم تعزيز دوره في التصميم وتحسينه بشكل كبير عبر إدخال الفضاء الافتراضي والنمذجة ثلاثية الأبعاد، فضلاً عن توظيف برامجيات الحاسوب نحو توليد وتنظيم السطوح المعقدة، وهو ما مهد لظهور مفهوم الشكل الحر، إلى جانب ذلك، تولّد سيولة الحركة في عالم المعلومات انطباعاً بالاستواء المضاد للعمق التاريخي، ونموذجاً

لإغفال الذاكرة والتأريخ، فالمشهد التقاني الجديد غير مبالٍ بسيل الزمن والتغيرات التاريخية التي يجلبها معه، كما لو انه مشهد يعوم في حاضرٍ وأن هدف أي وسط أو تقانة هو ما يتحقق من تغير في المقياس والسرعة والنسق داخل الحياة الإنسانية.

2-1-2 التصاميم الذكية:

تعد أحد أبرز مظاهر الألفية الجديدة ونسمع عن دراسات لتطوير هذه النوعية من التصاميم التي تعتمد على فكرة استخدام الأساليب والتكنولوجيا الحديثة في تطوير تقنيات التصميمية ووظيفتها بطريقة تلائم العصر لخدمة المستخدم وعملت على رفع كفاءة وظيفة التصميمية في العديد من المجالات منها (التدفئة ،الأمن، الإضاءة، المحافظة على البيئة)، وتعدد أنظمة إدارتها وتشغيلها بهدف الاقتصاد في الطاقة المستعملة وفي تشغيلها، بحيث تتفاعل الآليات والتقنيات مع المستخدمين، وتمثل علاقة الإنسان بالكون أحد الرواسم الأساسية، ربما أهمها، التي تصيغ الحياة والحضارة على وجه الأرض خلال العقود الثلاثة الأخيرة، كان للتقدم التقني الحاصل آثاره الانقلابية على حياتنا المعاصرة، بدءاً من إرساء نظام بالغ التعقيد لشبكات المعلومات الكونية، وانتهاء بالنظريات العلمية التي تفسر وترى الكون من منظور هو بالتأكيد مخالف ومتطور للتصورات السابقة(العمارة الذكية , 2004)، دخول التكنولوجيا في التفاصيل البسيطة غطى كافة جوانب الحياة فكان له أكبر الأثر على ضرورة توافق التصميم مع السباق التكنولوجي وأدى ذلك إلى تقديم حلول غير تقليدية اعتمدت على قدرات المصمم الإبداعية وقدرته على تطويع استخدامات التكنولوجيا بدءاً من مرحلة عملية إنتاج التصميم حتى المنتج النهائي وكذلك المرحة التشغيلية للتصميم وتتمثل أحد الإسهامات الأساسية للتكنولوجيا استخدام الكمبيوتر خلال مراحل التصميم والإخراج من خلال الواقع الافتراضي(Virtual Reality)، حيث صار الآن بالإمكان تمثيل بناء كامل، وخلق جو محاك لكافة الظروف والاحتمالات الممكنة، مما يحقق معايشة كاملة لتجربة حسية لا ينقصها سوى أن تكون حقيقية، وأن جميع ما سبق هو مجرد مظاهر لطريقة مختلفة في التفكير التصميمي كان من ورائه النضج

والتطور لمستخدم المنتج التصميمي نفسه، وكنتيجة لاستحداث سمة جديدة مميزة لطبيعة الحياة الآن . وكان ذلك من ضمن عوامل ظهور ما يسمى بالعمارة الذكية وقد ظهر الاهتمام بهذا المجال في بداية الثمانينات من القرن العشرين عندما ظهرت العديد من الأبحاث حول نظم إدارة الأبحاث بالطرق الميكانيكية، فان المباني الذكية في ابتكاراتها التكنلوجيا مع إدارة ماهرة أيضا، وهي المباني التي تدار جميع خدماتها بالأنظمة الرقمية**(الطحان , لورانس .د.ت . ص14)**

وتهدف إلى التحكم الالكتروني بالممتلكات بما يدعم الاستجابة الذاتية للمتغيرات البيئية وتلبية رغبات المستخدمين دون الحاجة إلى التدخل الإنساني المباشر، أدى انجراف العالم أعقاب الثورة الصناعية في القرن الماضي وما تبعها من تطور الآلة إلى الاعتماد الكلي على الصناعة في مجال علوم ومواد البناء ,وهذا بدوره أدى إلى الاعتماد على النفط كمصدر للطاقة مما جعل البشر تستنزف هذا المصدر بشكل كبير وتعتمد عليه بشكل رئيسي في تسيير الأمور الحياتية، مما أدى إلى نشوء أزمة في الطاقة في عام 1973م.من القرن الماضي وكانت نقطة تحول في عملية البناء والتصميم حيث بدأت تظهر اتجاهات تهتم بمجال الطاقة وبمجال البيئة ومكافحة التلوث، لذا كان البحث في كيفية توفير الطاقة هو من المواضيع المهمة في عصرنا الحديث ,حيث ان مصادر الطاقة التقليدية باتت تشكل خطرا شديدا على البشرية ,هذا بالإضافة إلى ان هذه المصادر محدودة وفي طريقها إلى الزوال , ان المفهوم البيئي للتصميم يسعى إلى المساهمة في الجهد الإقليمي والدولي للحد من التأثيرات السلبية الناتجة عن استخدام موارد لطاقة التقليدية مثل ارتفاع معدلات انبعاث غاز ثاني أوكسيد الكاربون والتي تؤدي إلى تدفئة سطح الأرض ,هذا بالإضافة إلى التغيرات المناخية والتقلبات الجوية السلبية والخروقات في طبقة الاوزون التي يعاني منها كوكب الأرض **(سيمون دربسين، 2019.ص411)**

لم تعد هذه القضايا مشكلة محلية أم إقليمية ,بل أصبحت شانا عالميا ,يحتاج إلى تضافر الجهود لمواجهة الأخطار التي قد يحملها المستقبل، ونتيجة لتلك الأزمات نتج

عنها عدة توجهات فكرية منها ما يسمى باتجاه الحداثة .كما ظهرت اتجاهات ترفض الصناعة وتنادي بالعودة إلى الطبيعة العمارة المستدامة ,واتجاهات تدعم التقنيات الحديثة في العمارة المتأخرة والعمارة وأصبحت تشكل مدارس فكرية تخرج رواد في تلك المجالات.

3-1-2 أهمية التصميم الذكي

تتلخص أهمية العمارة الذكية فيما يلي :

1- تعزز الاستخدام وتزيد من كفاءة استخدام المنظومة التصميمية .

2- تقليل الضغط على موارد الطاقة الطبيعية غير المتجددة

وان الظروف التي أدت إلى قيام التصميم الذكي تتلخص فيما يلي:

1- خفض الانتاج .

2- ترسيخ أنظمة الأمن والسلامة .

3- أنظمة الاتصال بين الإنسان والمنزل (المكان) الذي يستخدمه. **(مجموعة كتاب، 2017.ص201)**

وان مراحل التي مرت بها التصميم الذكي والتي كانت بعدة أجيال ونبينها فيما يلي:

1- التصاميم المؤتمتة

2- التصاميم المستجيبة .

3- التصاميم الفعالة .

تعني التصاميم المؤتمتة هو التحكم في عناصر التصميمية وكان هذا الجيل من عام 1981 لغاية 1985 وهو الجيل الأول , ظهرت أولى الأنظمة المؤتمتة في ستينيات القرن الماضي وكانت عبارة عن لوحات مفاتيح مبرمجة ويتم التحكم فيها من على بعد وهي مجهزة بشاشة لكل جهاز للتحكم في بعض تجهيزات التصميم، وفي السبعينيات بدأت هذه الأجهزة في الاتصال مع بعضها تدريجيا في شبكات لتكوين أنظمة مؤتمتة ثم شهدت بداية الثمانينيات ظهور مصطلح التصاميم الذكية

ليصف التصاميم التي استطاعت توظيف تكنلوجيا المعلومات وتمكين المستخدم من التحكم في البيئة الداخلية للمبنى ودعم متطلبات الأمن وقد تطورت أنظمة وتقنيات التنفيذ تطوراً كبيراً بعد استخدام مواد التنفيذ الحديثة كالأسمنت والألمنيوم والبلاستيك وغيرها وأصبحت المدن مزدحمة بالتصاميم المختلفة الوظائف والهيئات والارتفاعات كما ساهم تطور الأنظمة الهندسية والخدمات مثل أنظمة الكهرباء والهاتف وشبكات المياه في تغير الشكل التصميمي والمعماري على حدٍ سواء، وشهدت الحقبة الأخيرة من القرن العشرين ثورة في تقنيات الحاسوب وأنظمة المعلومات والاتصالات أثرت في الأنشطة الحياتية للإنسان وارتبط العديد من نشاط الإنسان اليومي بهذه التقنيات الإلكترونية بصورة أو بأخرى ظهرت تأثيرها على تصميم المسكن وظهر جيل من المساكن يستخدم هذه التقنيات لتنظيم العلاقة بين الأنظمة المختلفة المستخدمة في المسكن يتحكم فيها عقل مركزي (جهاز الحاسوب).العقيل. **(عبد الله محمد،2005.ص115)**

2-1-2 التصميم الرقمي الذكية المستدام [3](SDD):

تمتلك القضايا البيئية على الدوام تأثيراً ملحوظاً على المباني بمختلف المستويات، فقد أصبح مصطلح الاستدامة مفردة شائعة ومهمة خلال العقدين الأخيرين، إذ تؤشر تغيراً في التوجهات العامة نحو البيئية واستهلاك الطاقة، تضمنت التأكيد على مصادر الطاقة المتجددة وتحديد استهلاك المصادر الطبيعية، والذي يدفع باتجاه استكشاف تقانات جديدة لإيجاد الحلول الملائمة، فضلاً عن بلورة مفهوم تصميمي جديد هو "التصميم المستدام".

يمثل التصميم المستدام فلسفة لتصميم البيئة المبنية والخدمات عبر التكامل مع مبادئ الاستدامة البيئية والاقتصادية والاجتماعية. فقد ظهر بوصفه رد فعل تجاه الأزمات البيئية العالمية وتلف المنظومات البيئية وفقدان التنوع البيولوجي ونضوب الموارد الطبيعية، فضلاً عن النمو المتسارع للأنشطة الاقتصادية والكثافات السكانية، فضلاً عن كونه يعمل على تطوير تقانات جديدة بهدف تصحيح التوازن بين البيئة

[3]. التصميم الرقمي المستدام Sustainable-Digital Design .

والمستخدمين، وفي مجال التصميم، يتضمن مفهوم الاستدامة الإشارة إلى معنى الإحياء والبقاء و" فعل الكثير بأقل الوسائل"، وان التصميم المستدام يتصف بتصاميم وأبنية خلاقة تكون لها طاقة فعالة، وبيئة صحية ومريحة، ومرونة في الاستخدام، ومصممة لمدى زمني طويل، مشيراً إلى أهمية مفاهيم "التكيّف والطاقة الكامنة" ضمن اعتبارات تصميم العمارة المستدامة وتأثيرها على استراتيجيات توليد الهيئة والشكل**(www.fosterandpartners.com)**

تضمن تحقيق التصميم المستدام خلال العقدين الأخيرين توظيفاً لإمكانات التصميم الرقمي والتقانة الرقمية في تحقيق تصاميم أكثر تكاملاً مع البيئة البيئية المحيطة، وإلى جانب الاستخدام الكفوء للموارد، يتطلب التصميم المستدام التحسين المستمر لكفاءة عمليتي التصميم والإنشاء، ليتحدد توظيف الفكر البيئي في التصميم المعاصرة ضمن موقفين يشير الأول إلى تحقيق الأستدامة البيئية بوصفها المحرك الذي يقود الممارسة التصميمية وتؤكد أهمية أخذ التأثير البيئي التصميم بالاعتبار، حيث تهتم بتحقيق التوازن وتكامل مكونات النظم والعمليات الطبيعية من أجل تقليل التأثير السلبي على البيئة المحيطة. ويشير الموقف الثاني إلى تحقيق الاستدامة التقانية من خلال استخدام الابتكارات والنظم الهندسية الذكية **(Mohamed 2012 , p.241-242)**

وفي ضوء ذلك يتبنى البحث موقفاً يجمع بين إتجاهي الإستدامة (البيئية والتقانية) إذ يؤكد أهمية دور التطور والتقدم التقاني الرقمي في تغيير العلاقة بين التقانة والمطالب البيئية، فضلاً عن تحقيق الاستدامة من خلال الجمع بين الابتكار التقاني الرقمي والتصاميم الذكية والجوانب البيئية المتناغمة مع البيئة من خلال توظيف التصميم الرقمي الذكية في تطوير عملية التصميم المستدام.

المبحث الثاني: مناهج التصميم الرقمي المستدام ذو التوجه الادائي:

1-2-2 خصائص عملية التصميم الرقمي المستدام:

غيرت التقانة الرقمية من كيفية تصور وتصميم وانتاج الأبنية، إذ يفتح الإمكان التوليدي والإبداعي للوسائط الرقمية أبعاداً جديدة في التصميم المستدام، وبعد أن كانت مفاهيم القياسي والمعياري جزءاً من منطق ثقافي متأصل يكمن وراء الفكر والإجراءات الأساسية لفكرنا التصميمي ومناهجنا التصميمية، وسواء في شكل التعبير العددي أو في تجسيد المنظومة الانتاجية، فان هذه المفاهيم الراسخة تنشر ما يمكن تسميته بمنطق التكرار (logic of repetition)، الذي يتضمن تركيبة منطقية هي الوحدة القياسية (الموديول module) وهي وحدة شكلية تتولد عبر إعادة الانتاج والتكرار وضمن النظام المعياري الذي يعد أمرا أساسيا في عصر التصنيع الممكن **(Oxman,2006,p:232)**، ويعد التصميم الرقمي مفهوماً ثورياً بفضل قدرته على تقديم بدائل ذات معنى ضمن منطق التكرار ، وأن انتاج الأبنية التي كانت تستند إلى تجسيد الرسوم الورقية أصبحت الآن تنجز من خلال المعلومات الرقمية، ضمن مفهوم التصميم ذو الوسائط الرقمية (digitally mediated design) الذي تتسم فيه التصميم بمستويات عالية من التعقيد، وتكون ذات استجابة أكثر مرونة وحساسية نحو المتطلبات السياقية والتعبيرية، فضلاً عن قدرة النماذج الرقمية على الربط بين التصميم والتجسيد المادي حتى في مراحل التصميم الفكري **(Menges, 2008, p.2)**.، وأشارت الدراسات إلى خضوع الخصائص الشكلية الجديدة الناتجة عن التصميم الرقمي لتأثير الوسائل الحوسبية للبرامجيات الحالية التي تدعم أنماطا متقدمة من توليد الشكل تتفاوت من حيث الهندسيات المعقدة والطوبولوجية، والذي يمكنه التحفيز نحو التنوع والاختلاف الشكلي، بديلاً لستراتيجيات تصميم التهجين والتجميع والتحويل، إذ يؤكد التصميم في عقد التسعينيات على الجوانب الأدائية والمادية وعلى إنتاج هندسيات معقدة طوبولوجيا، وبذلك بدأ الشكل التطوري يحل بديلاً للتعقيد

والتناقض، حيث يعكس الاهتمام المعاصر بالتصميم الأدائي وفن البناء والهندسة الطوبولوجية والتعبير المادي والتأثير البيئي، إذ شهدت النظرية ومناهج التصميم الرقمي خلال هذه الفترة حالة من التطور المتسارع، وأوضحت الدراسات إلى ضرورة تمييز الاختلاف بين مفهومي الحوسبة (computation) والحاسوبية (computerization) اللذان يعدان من أهم مرجعيات تحديد خصائص عملية التصميم، فبينما يشير الأول إلى إجراء حسابي لتحديد شيء ما بواسطة مناهج رياضية أو منطقية، فأن الثاني يدل على فعل إدخال ومعالجة وخزن المعلومات في الحاسوب أو منظومة الحاسوب، ويتعلق بالأتمتة والمكننة والرقمية لكينونات أو عمليات سبق إدراكها وتحديدها وتعريفها جيداً، وفي التصميم فأن هنالك كينونات أو عمليات يتم تصورها في ذهن المصمم ثم إدخالها ومعالجتها وخزنها على نظام الحاسوب، وبعكسه فأن الحوسبة تدور حول تقصّي العمليات غير المحددة وغير الواضحة والتي لم تعرّف جيداً، وبسبب طبيعتها الاستكشافية تهدف الحوسبة إلى محاكاة أو توسيع الذكاء الإنساني (human intellect) ويتضمن التصميم الحوسبي (Computational Design) فرصة هائلة وتحديا ملفتا للنظر بالنسبة إلى التصميم والمجالات التصميمية المتعلقة بالتصاميم المتناغمة كلاً مع بيئتها، وغالبا ما يفهم هذا التحدي على انه مجرد طبيعة تقنية تجعل التصميم الحاسوبي يتطلب مهارات البرمجة والتي لا تسهم في صياغة أي جزء من تعليم هذا المجال ومن ذخيرته، ولكن التحدي الحقيقي ليس في البراعة والتمكن من تقنيات التصميم الحوسبي، وإنما في مثاقفة acculturatingحالة من الفكر التصميمي الحوسبي التي تعمل على التأزر مع المنظومة الطبيعية، وان الحالة السائدة اليوم لاستعمال الحاسوب في التصميم هي الحاسوبية computerization ضمن كينونات أو معالجات مسبقة التصور في ذهن المصمم، يتم إدخالها ومعالجتها وخزنها على نظام الحاسوب**(Menges,2011,p:8)(Tagliabue,2006, p:xi)**.

2-2-2 التصميم الرقمي المستدام ذو التوجه الأدائي [4](PSDD):

وان التصاميم المستدامة ذات التوجه الأدائية بوصفها أحدى التوجهات الرئيسية للعمارة الرقمية المعاصرة التي تجعل من أداء المبنى مبدأ تصميمياً موجهاً، تتحدد على أساسه مجموعة من الأولويات التي يتمحور حولها التصميم العماري ويوظف التقانات الرقمية للمحاكاة الكمية والنوعية ذات التوجه الأدائي في بلورة توجه شمولي جديد لتصميم البيئة المبنية، وبذلك فهو يؤكد على أن العمارة الرقمية ذات التوجه الأدائي هي استجابة لظهور قضية الاستدامة متزامنةً مع التقانة الرقمية، وفي سياق التصميم على أساس المحاكاة وعلى أساس المعلومات، فأن ظهور أنموذج التصميم ذو التوجه الأدائي يتسع ليشمل مجالاتٍ بيئية واقتصادية واجتماعية وثقافية وتقنية، تشكل بدورها قوى تقود العمليات الديناميكية غير المرئية والتي يتم صياغتها شكلياً لتؤلف السياق الفيزياوي للتصميم، كون التصاميم اليوم تمتلك الوسائل لإظهار وتصيير القوى الديناميكية المؤثرة على الفضاء وإدخال البعد الزمني في سيرورات الصياغة المفاهيمية للشكل التصميمي**(Kolarevic 2003a, p.24) (Kolarevic 2005, p.195)**.

ويتضمنه مفهوم الأدائية (Performative) في التصميم الرقمي من الجمع بين توليد وتحويل الإنموذج الشكلي ودعمه التقييم التحليلي للأداء البيئي المستند على محاكاة الظروف الفيزياوية (البيئية منها والإنشائية)، وبذلك يجمع مفهوم "التصميم الأدائي" عمليات المحاكاة التقييمية مع النماذج الرقمية لتوليد الشكل وتعديله، التي تمحورت حول العمل على تطوير نظم مادية أدائية تقوم على العلاقة ما بين الخصائص المادية والسلوك، وسيرورات التنظيم الذاتي، ومحددات التصنيع ومنطقيات التجميع، فضلاً عن الإمكان الأدائي، وقد تبلور عن هذا العمل توجه تصميمي ذو منحى أدائي يستند إلى التفاعل ورد الفعل ما بين عناصر المنظومات المادية (وتمثلها البيئة المبنية) في تبادلها الطاقة والمادة والمعلومات مع البيئة المحيطة، لينتج الشكل عن سيرورات التنظيم الذاتي، كما ويتضمن هذا المنهج نشوء

[4]التصميم الرقمي المستدام بتوجه أدائي Performativ-Oriented Sustainable Digital Design.

التشكيلات المادية من الاسترجاع ما بين القدرات والمحددات الداخلية للمنظومة المادية وبيئتها المحيطة، لتتطور من خلالها مورفولوجيا الشكل **(Oxman 2008, p.3)**(Hensel&Menges 2009, p.90-91).

وان التصميم مع تقدم التقانات الرقمية وتطورها، يتضمن أداء الشكل جانبين: جانب يهتم بالتصور ذي الإسناد الصوري، وآخر يهتم بالجانب الوظيفي من الشكل التصميمي، ويرجع ذلك إلى امتلاك التصاميم الرقمية لوسائل أكثر تعقيداً للتعبير والانتاج، حفزت المصممين على الاهتمام بتجسيد إمكانات الحوسبة في التصميم والاهتمام بالخواص الشكلية والبصرية وتجريب أشكال جديدة وغريبة ومعقدة، وإسنادها إلى نتاج الإمكانات التقنية في تشكيل الخواص البصرية، مهملين الجوانب الأخرى من التصاميم، دفع ذلك بالعديد من النقاد إلى الإشارة بأن التجارب الجديدة للتصاميم الرقمية تعكس توجها اختزاليا يستثني جوانب معقدة من التصور الشكلي معتمدا على بارامترات محدودة، مؤكدين ضرورة توظيف عوامل أو متغييرات أخرى في بلورة تصور للشكل التصاميم الرقمي وصنعه، أهمها تلك المشتقة من الجوانب البيئية والبرامجية. نجد هذا التوجه الاختزالي متجسداً في الأعمال التي تطرح خلالها مستوى جديداً من الحرية الشكلية، ويعلن رفضه لتوجه عمارة الحداثة الذي يجعل الشكل نتاجاً للوظيفة إذ يصفه بأنه "منطق ميكانيكي اختزالي، يعتمد على الجوانب النفعية دون ان يحدد بالضرورة تعقيد الشكل بوصفه نتاجا ثقافياً واجتماعياً وسياسيا". وتستند على الإهتمام بالخصائص البصرية التي تنقسم التوجه الأدائي في الخطاب التصميمي المعاصر لمجموعتين تهتم الأولى بتفسير الأداء ضمن مصطلحات الكفاءة الطاقة والإنشاء، في حين تهتم الثانية بالبحث عن أسلوب تؤدي به المفاهيم الفلسفية للتصميم **(Grobman 2012, p5)(Picon 2012, p.16)**.

نخلص مما سبق إلى أن توجه "التصميم ذو التوجه الأدائي" لا يقتصر على التفسير التقني والوظيفي للأداء، إذ يتضمن الإشارة إلى الأداء بوصفه منهجاً لإبداع الشكل التصميمي يؤكد ترابط الجوانب التقنية والجمالية في بلورة منطق جديد لبناء

الشكل الرقمي المستدام من خلال تأكيد التكامل بين التوجهات الوظيفية والتشكيلية، وبما يجعل من الشكل نتاجاً للانتفاع التقني، ذا جوانب بيئية ورمزية وإدراكية وسلوكية تجعله أكثر دقةً ومرونةً وتحررا، مما أدى تحول الخطاب النظري والممارسة العملية من البحث في ماهية التصميم إلى البحث فيما يفعله، إلى تمحور التصاميم الرقمية المعاصرة حول مفهوم الأداء وظهور طرق جديدة لتصور التصاميم وإنتاجها، فان مفهوم التصميم ذو التوجه الأدائي بوصفه أحد أهم التوجهات المعاصرة في التصميم الرقمي نحو الإدراك الأدائي للشكل بما يتعدى الاهتمام بالابتكار الشكلي وتطور التقانات الرقمية وانتشارها، إلى تأكيد دور الأداء في عملية تصميم الشكل وتوليده ودعمه وظيفياً.

3-2-2 منهج محاكاة الطبيعة Bio-Tech Method:

وهو توجه تصميمي شامل ذي استرجاع متواصل بين عمليتي التصميم والانتاج كما ويمتاز بكونه متعدد المجالات وذي أساس شبكي، فهو تصميم تكاملي ذي عملية تشاركية لتحقيق أعلى مستوى أداء ممكن. وان أساس هذا التصميم هو "النمط الافتراضي virtual prototype" وهو وسائط تواصلية وتصميمية معاً، إذ يشير مصطلح (Biomimetic) إلى استكشاف الأشكال والهيئات والترابطات والخصائص البيولوجية في العالم الطبيعي، فيعد مصطلح تقني يستخدم ضمن السعي العلمي في مجالات علم الأحياء والكيمياء الإحيائية نحو تقصي خصائص الكائنات العضوية والمنظومات الطبيعية، بهدف إعادة ابتكارها في منتجات صناعية وطبية وبيولوجية، وفي العمارة فان المثال الاشهر هو القصر الكرستالي الذي أستلهم جوزيف باكستن لبنائه من زنبقة الماء تركيبها الإنشائي المميز، ان لمحاكاة الطبيعة عدة توجهات بصرية، إنشائية، ميكانيكية، كيميائية، وجزيئية، ولا يهتم المنهج بجعل لتصميم مشابها للطبيعة قدر اهتمامه بجعل الفريق التصميم شاملا لاختصاصات متعددة بغية تحقيق هدفه". ويمكن تحديد اتجاهين لمنهج محاكاة الطبيعة أثرا على النتاج التصميمي:

أولاً: التوجه على أساس المشكلة Design-Based Approach:

والتي توصف بـ "Design looking to Biology"، كما ويوصف بأنه اتجاه يتم خلاله تحديد المشكلة التصميمية وتحديد الأهداف والمؤشرات Parameters، ثم البحث عن الحلول والطرق التي تعالج بها الكائنات العضوية أو النظم البيئية مثل هذه المشكلة. يتضمن حل المشكلة المطابقة بين المماثلات البيولوجية والمشاكل التصميمية التي حددها المصمم. ومثال ذلك تصميم (السيارة الالكترونية Bionic Car) الذي تضمن تحسينات لرفع كفاءة استخدام الطاقة والمواد دون تغيير مفهوم السيارة ولا يحتاج ذلك أكثر من نقل المعرفة البيولوجية إلى إعدادات التصميم الإنساني، حيث يتم محاكاة الجوانب الشكلية والميكانيكية للكائن العضوي**(Zari 2007, p.2)**.

ثانياً: التوجه على أساس الحل Solution-Based Approach:

وفيه يتأثر فعل التصميم بعلم الأحياء (Biology influencing Design)، مما يؤكد على أهمية المعرفة التخصصية البيولوجية في تشخيص (خاصية أو سلوك أو وظيفة) معينة في الكائن العضوي أو المنظومة البيئية ثم نقله إلى عملية التصميم ومثاله هو التحليل الإنشائي لزهرة اللوتس وتحويله إلى ابتكارات تصميمية لتنفيذ مبان نظيفة ذاتياً، ويؤشر التوجهان إلى ثلاث مستويات للفعل التصميمي(المنظومة البيئية والعملية والشكل)، وتظهر ان "محاكاة الطبيعة" هي أداة لزيادة القدرة المتجددة للبيئة المبنية، بما يسمح بتوظيفها كمنهج لتحقيق الاستدامة **(Zari 2007, p.3)**، واظهر التطور في تقانة الحاسوب وبرامجياته الفرصة للكشف الكامل عن إمكانات ومنافع المبادئ البيئية الموجودة في الطبيعة، وتطبيقها في عملية التصميم العماري، في محاولة لإنتاج بيئة متجددة أكثر استدامة، وكان لظهور برامجيات واليات محاكاة الجوانب المختلفة لسلوك الأبنية دوراً بإدخال مناهج تطورية لتحقيق الامثلية في "الأداء" (optimizing performance)، ومن أهم الأنماط التي ساعدت في ذلك

هي "الخوارزميات الجينية Genetic Algorithms" التي ساعدت في محاكاة التطور الطبيعي وفي انتاج البرامجيات شبه المؤتمتة، فأن محاكاة الطبيعة ان للأخيرة ثلاثة أنماط **(Benyus 2002, p.1-2)**.

1. مناهج التصنيع الطبيعية.
2. الآليات والبنى (الهياكل) الموجودة في الطبيعة.
3. المبادئ التنظيمية في السلوك الاجتماعي للحيوانات.

وأن أهمية مزج التقانة مع الطبيعة من خلال تكامل البيئة المستدامة مع الابتكار التقني، والتوجهات الجديدة لعلم الجينات، والمواد الإحيائية Biomaterials. فقد ساعدت قوة تقانة الحوسبة على محاكاة انساق التجميعات ذاتية التنظيم للكائنات العضوية، مما يساعد في تحديد انموذج فكري جديد يتضمن الانتقال من محاكاة الماكنة إلى محاكاة الكائن العضوي.**(Ably,2001,p:65)**.

تساعد تقانة وبرامجيات التصميم الحوسبي ضمن هذه المنهج في تبني بعض المبادئ البيولوجية وإدخالها ضمن عملية التصميم. وتظهر هذه المبادئ بعضا من خصائص التصميم المورفو-ايكولوجي لتصبح بمثابة معايير تحليلية لتقصي آليات تحقيق الاستدامة في التصميم الحوسبي، واهم هذه المبادئ هي:

1. **التكيف Adaptation** : يمثل التكيف إحدى الوسائل التي تستجيب بها المنظومات البيولوجية نحو التغيرات البيئية من خلال تغيير السلوك أو الجينات. وتمتاز بالتعقيد واللاخطية، وتوصف بأنها "عملية عشوائية stochastic process" هي عكس الحتمية التي تكرر نفس الناتج كل مرة، وبذلك تصبح إحدى ستراتيجيات التطوير في الهندسة والعمارة والتصميم. ومن المهم ان يمتص التصميم التغيرات في البيئة والمتطلبات التصميمية وذلك عبر إعادة نمذجة هندسية تعديلية قادرة على إعادة تنظيم العلاقات الهندسية خلال التعديل. وتهدف الحوسبة الكشف عن سلوك المنظومة المادية وليس مجرد التركيز على هيئتها. فالمنظومة المادية هي :

التبادل المعقد بين المادية والشكل والإنشاء والفضاء، والعمليات المترابطة من الانتاج والتجميع، وتعددية التأثيرات الأدائية الناتجة من التفاعل مع المؤثرات والقوى البيئية.

2. **المواد كمنظومة material as system** : الاهتمام بتحسين المنظومة البيئية التي تستخدم الطاقة والمواد بأسلوب يحقق لها حالة أفضل من الامتثال للتناغم مع تغيرات البيئة.

3. **التطور Evolution** : تهدف العمارة التطورية إلى ان تتحقق ضمن البيئة المبنية خاصيتين من خواص البيئة الطبيعية: السلوك التكافلي، والتوازن. ويتضح مفهوم التطور في التصميم الحوسبي من خلال استخدام الخوارزميات التطورية (EA) وهي مجموعة القواعد المتضمنة في برنامج حاسوب يبدأ بحشد من الحلول الممكنة معطاة للمشكلة التصميمية، ثم تتوالد عن هذا الحشد أجيال أخرى من الحلول التي يتم إخضاعها لمعايير تقييم لقياس درجة ملاءمتها. وتظهر هذه المعايير وبشكل انتقائي بيئة من الحشود المتطورة.

4. **النشوء Emergence** : ظهر هذا المفهوم في عقد السبعينيات، لتقدم آلية دقيقة جديدة لدراسة التطور والتعقيد والجدة. تهتم الظاهرة بالتعامل مع الأجزاء ذات التنظيمات المعقدة، فأي تنظيم ظاهر يكشف عن سلوكيات أو خواص غير ممكنة التخمين، يمكن ان تتجاوز أجزائها نوعياً. وفي العمارة، فأن شبكة النشوء هي أكثر من مجرد تنظيم لخبرات أو مداخلة بين مجالات التأثير، تمتاز بأنها انتقائية، غير قابلة للانقسام، غير قادرة على الانعكاس.

5. **الشكل والسلوك Form and Behavior** : ينشأ الشكل البيولوجي وسلوكه من عملية المنظومات المعقدة، حيث تقوم الأخيرة بانتاج وتطوير وإدامة الشكل والمنشأ للكائن العضوي وذلك عبر سلسلة معقدة من التبادلات الديناميكية بين الكائن وبيئته، يتم خلالها إدامة تواصله وتكامله معها عبر تغيير جوانب من سلوكه. يؤكد ذلك ان السلوك غير خطي ومحدد سياقياً.

ارتبط التشكل الرقمي ضمن الدراسات الأخيرة مع عدد من المفاهيم المهمة : النشوء، والتنظيم الذاتي، وإيجاد الشكل. ويحقق التصميم الحوسبي متأسس على عمليات تشكل دوراً مؤثراً لتوجه محاكاة الطبيعة في تطوير مناهج التصميم وأدواته عبر تحقيقه للمستوى العالي من التكامل المادي والإنشائي والأدائي، على عكس الاستخدام التقليدي للأدوات الرقمية في ابتكار التصاميم وفق معايير لا تأخذ بالاعتبار القدرات البيئية والأدائية للمنظومات المادية، حيث تأتي أساليب التجسيد المادي والانتاج والإنشاء في مرحلة لاحقة لإبداع الشكل وتطويره وهو ما يؤدي إلى حلول مادية تصميمية ذات منطقيات ملائمة، وتوجه التصميم الرقمي نحو التصميم يكشف عن التعقيد البيئي والقدرة الأدائية من المقومات المادية دون تميز بين عمليات التشكيل والتجسيد المادي. يتطلب ذلك فهما للشكل والمادة والمنشأ، ليس عناصر منفردة، بل كعلاقات مترابطة ومعقدة، يتم تجسيدها واستكشافها عبر عمليات من التصميم الحوسبي التكاملي

- **<u>مؤشرات الإطار النظري:</u>**

استناداً إلى ما تقدم توصل البحث إلى مجموعة من المؤشرات والتي تتماشى مع هدف البحث وهي كالتالي:

1- التصميم الرقمي جزء من التطور الإنساني وفعاليات الإنسان الحياتية، وبالتالي يمتد مفهوم التصاميم الرقمي مرتبط بالتطور الفكري والتطبيقي للتصاميم على امتداد ألزماني والتنوع المكاني.
2- ترتبط أهمية التصاميم الذكية في كل من (تعزيز الاستخدام وتقليل الضغط)
3- التصاميم الرقمية المستدامة تعمل على (خفض الإنتاج، وتقليل الضغط على الموارد الطبيعية، وتعزيز اتصال التصميم بالبيئة والمستخدم)
4- التصميم الذكية يعتمد على خصائص ومفاهيم لتحقيق الربط مع النماذج الفكرية التي تشمل المراحل التي مرت بها وتتلخص في كل من المباني: (المؤتمتة، المستجيبة، الفعالة)

5- الشكل التصميمي الرقمي المستدام يربط بين التوجهات (الوظيفية والتشكيلية) في العملية التصميمية

6- يعمل منهج المحاكاة الطبيعية في النتاج التصميمي من خلال توجهين على أساس كل من (المشكلة، الحل)

7- مبادئ التصميم الرقمي المستدام يتفرع إلى: (التكيف، المواد كمنظومة، التطور، النشوء، الشكل والسلوك)

الفصل الثالث

1-3 منهجية البحث:

اعتمدت الباحثة المنهج الوصفي سبيلاً في تحليلي العينة*, والذي يعد من المناهج العلمية المهمة فهو يعمل على تشخيص ظاهرة البحث الحالي تشخيصاً دقيقاً لتحليل المعلومات بغية تحقيق هدف البحث وكونه الأنسب مع طبيعة توجيه البحث.

2-3 مجتمع البحث:

بسبب تباين الشروط المطلوبة في مجتمع البحث والمتمثلة في الخصائص الرقمية المستدامة حيث يوجد قسم من التصاميم التي تتوفر فيها خصائص التصميم الرقمي المستدام والقسم الآخر تتوفر فيها لكن تطبيق ام التصاميم الرقمية الذكية أو التصاميم المستدامة، لذلك سيشتمل دراسة الحالة البحثية (مبنى بلدية لندن/) London City Hall الذي يعد نموذجاً لتصميم الرقمية المستدامة في الدول الغربية حيث ترى الباحثة إن اختيارها لهذه العينة من مجتمع البحث هو السبيل لتلائمه مع التصاميم الرقمية الذكية المستدامة سيخرج بنتائج تشمل تصاميم دمجة الذكاء الرقمي مع التصميم المستدام.

3-3 عينة البحث:

تم اعتماد دراسة الحالة للعينية القصدية من مجتمع البحث لملائمتها للموضوع المثار، وقد جرى اختيار عينة تمثل النماذج للمتطلبات المعاصرة للمستخدمين وملائمة في استخدام التصميم الرقمي المستدام ويبرز أسباب اختيارهما أدناه:

1- تمثل لنا تصميم (مبنى بلدية لندن/ London City Hall) المنفذة المراعي للمتطلبات التصميم الذي يعتبر توجه جديد للتصاميم المستقبلية للتصاميم ذات الكفاءة الأدائية للتصاميم الذكية المستدامة.

2- تجسد نماذج العينة المختارة المواد والإنشائية والإكسائية التي بدأت تستخدم مواد تعاملت مع التقنية والذكاء الاصطناعي والرقمي مصنعة بتقنيات حديثة، التي تقترن بالمنظومة الرقمية للاستدامة.

3- اختيار (مبنى بلدية لندن/ London City Hall) كونها راعى البيئة المحيطة باستخدام التقنيات الرقمية الذكية في تحسين أداء التصميم.

4-3 أداة البحث:

لتحقيق هدف البحث فقد تم استخدام أداة البحث التالية:

إعداد استمارة محاور التحليل *[5]، مستندة إلى مؤشرات الإطار النظري حيث شملت محاور متعددة ذات تفاصيل دقيقة تفي بمتطلبات البحث وتسهم في تحقيق هدافهُ.

المنهج: دراسة حالة:

5-3 وصف الأنموذج:

إسم المبنى: مبنى بلدية لندن/ London City Hall	**تأريخ التنفيذ: 1998-2002**
ال المصمم المعماري: نورمان فوستر N. Foster . **المهندس الإنشائي: ARUP Associates .**	**الموقع: مدينة لندن**
يتكون المبنى من عشر طوابق بارتفاع 45 م	**يقع قرب نهر التايمز ومحطة مترو الأنفاق وكذلك سكة الحديد الوطنية**

*[5]استمارة محاور التحليل ينظر إلى الملحق رقم(1)

6-3 تحليل الأنموذج:

نجد في البحث عن المشروع أنموذجا يوضح اهتمامه بالرقمية في التصميم فعمل على مناهج التطور الفكري في تطبيق الرقمنة في توليد الشكل التصميمي وتحسينه على أساس المعيار الأدائي فقد تحددت أهم مبادئ التصميم لهذا المبنى في تحقيق مبنى أيقوني متفرد يستجيب نحو القضايا البيئية تحققه هذه الأداة من تحسين على طبيعة التصميم مع البيئة المحيطة والمحاكاة التي تطابق أدائية المواد والتخطيط في التصميم، وهو الأمر الذي انعكس في تحديد أهم الجوانب التي تركز الجهد التصميمي الرقمي على معالجتها وهي نمذجة الشكل المعقد، وتركيب الألواح (Panelization)، وكفاءة استهلاك الطاقة، والتي أدت مجتمعة إلى أن يمتلك المبنى خصائص شكلية مميزة تحقق الحد الأدنى من إكتساب أو فقدان الحرارة عبر القشرة الخارجية.

على صعيد مؤشرات الناحية الشكلية من عملية توليد الشكل التصميمي للمبنى، جاء نتيجة لتوليد الشكل وتحسينه من خلال الجمع بين الجوانب الشكلية والأداء الوظيفي، وهو ما تطلب تحديد متغيرات الحوسبة من خلال توظيف النمذجة البارامتريةفقد تمثلت الفكرة التصميمية للمشروع في إيجاد عدسة كبيرة بمواجهة النهر مع مجموعة من الطوابق تنتظم في الخلف بهيئة تشكيل جانبي مسنن، وهو ما جعل الشكل يتطلب حلولاً أساسية جديدة للسيطرة على التكوين الهندسي والتعبيرية العمارية للسطوح المنحنية.

وإعتمد تحديد نمط الإستجابة الشكلية على إدراك الشكل بيئياً من خلال توظيف نتائج عمل مجموعة النمذجة الشكلية ودعمه التقييم التحليلي للأداء البيئي المستند على محاكاة الظروف الفيزياوية (البيئية منها والإنشائية) للموقع، وبذلك يجمع التصميم بين الأدائية لعمليات المحاكاة مع النماذج الرقمية لتوليد الشكل وتعديله، التي تمحورت حول العمل على تطوير نظم مادية أدائية تقوم على العلاقة ما بين الخصائص المادية والسلوك، وسيرورات التنظيم الذاتي، وقد تبلور عن هذا العمل توجه تصميمي ذو

منحى أدائي يستند إلى التفاعل ورد الفعل ما بين عناصر المنظومات المادية (وتمثلها البيئة المبنية) في تبادلها الطاقة والمادة والمعلومات مع البيئة المحيطية (Smart Modeling Group SMG) وإعدادها للدراسات التحليلية للأداء الحراري والصوتي والإنشائي للمبنى، وتوظيف ما ينتج عنها في توليد وتعديل الصياغة الشكلية الكفوءة بيئياً ووظيفياً. يمثل التصميم باستخدام تقنيات النمذجة الحاسوبية المتقدمة إعادة نظرٍ جذرية حول مناهج إيجاد الشكل العماري، بما يحققه من الأداء الأمثل لاستهلاك الطاقة من خلال زيادة نسبة التضليل وتقليل مساحة السطوح المعرضة لأشعة الشمس المباشرة، فضلاً عن ستراتيجيات توفير التهوية الطبيعية واستخدام الخلايا الكهروضوئية لتحقيق استهلاك للطاقة يصل لقرابة 25% من استهلاك أي مبنى أنموذجي آخر في مدينة لندن ساهمت الدراسات التحليلية في تطوير التصميم من مرحلة الأفكار الأولية للمسابقة إلى ان يصبح شكلاً يملك حلاً متكاملاً لمسألة الطاقة وأساساً منطقياً يمكن من بنائه، أما بالنسبة للناحية الأدائية من عملية توليد الشكل، فقد تداخلت متغيرات الحوسبة مع متغيرات الإستدامة. يذكر (H. Whitehead) انه وبدلاً من اختيار برامجيات التحريك لتوليد الشكل، تم العمل على برنامج (Microstation) وهو أحد أنظمة CAD، لأجل بناء الشكل المقترح بارامترياً (Parametric pebble) والسعي للوصول إلى الصياغة الشكلية النهائية له. وأتاح هذا البرنامج إمكانية توفير آلية للسيطرة البارامترية (parametric propotional control) أتاحت إمكانية تعديل الشكل وتحسينه بسرعة وسهولة وصولاً إلى الشكل الملائم ليتم انتاج الأنموذج المجسم لمرحلة التطوير اللاحقة، والتي تضمنت حرف المحور العمودي للكتلة بأتجاه أشعة الشمس لمنتصف النهار لتقليل المساحة السطحية للكسب الشمسي. ونتيجة للشكل البيضوي فأن كل لوح من الألواح معينية الشكل المستخدمة لإكساء الواجهة الزجاجية له قياسات متفردة مع زاوية انحراف خاصة، وهو ما أتاحت تقنية النمذجة للتصاميم الرقمية الذكية من الناحية الأدائية المستدامة في إمكانية توليد كافة المعلومات

والقياسات لكل لوح منها عن طريق استخدام البارمترية (وهو ما يسهل بدوره الترابط بين بيئة التصميم CAD وماكنة (CNC) لتقطيع هذه الألواح)، وتم تطوير برنامج ماكرو Software Macro لتسجيل الأوامر وجدولة النتائج والذي يمكن من توليد مبرمج لتنظيم الألواح الزجاجية وجدولة مساحاتها وتسهيل عملية تصنيعها لاحقاً بما يتجاوز تعقيد الشكل، إلى جانب تطوير مناهج وبرمجيات خاصة بفريق العمل من اجل تسهيل فهم التفاصيل البنائية ضمن مرحلة التصنيع والتركيب، من جانب آخر، إعتمدت متغيرات الإستدامة على تقنيات التحليل الأدائي في إعداد دراسات إستهلاك الطاقة والتي كان لها الأثر الكبير في صياغة الشكل وتعديله ليتناسب مع نتائجها. فقد أنتجت الدراسات التحليلية صورة ذات تشفير لوني للسطح وفقاً لما يتلاقاه كل لوح إكساء من الطاقة الشمسية خلال السنة. وأظهرت النتائج توافق الواجهة الجنوبية مع الأداء المتوقع لها بفضل التظليل الذاتي، في حين أظهرت نتائج الواجهة الشمالية عدم كفاية المنطقة المحمية لوضع العدسة المقترحة ووجود بقعة ساخنة في القمة. استدعى ذلك تغيير نظام الألواح الزجاجية بما يتطابق مع النتائج، مع وضع ألواح الخلايا الشمسية في الأعلى

"الفصل الرابع"

النتائج والاستنتاجات والتوصيات والمقترحات

4-1 نتائج البحث ومناقشتها:

يعد تحليل عينة البحث والمتمثلة بدراسة الحالة واعتماداً على ما توصلت إليه الدراسة من مفردات ضمن الإطار النظري ومن خلال المقابلة والمنهجي (دراسة الحالة) في التحليل العينة توصلت الباحثة إلى النتائج الآتية:

- شخص تحليل دراسة العينة المنتخبة، ان تطبيق مبادئ التصميم الرقمي المستدام يتم من خلال الإدراك الأدائي لشكل التصميمي للفضاءات وكتلته وتفاصيل غلافه الخارجي، مما يؤكد أهمية الدراسات التحليلية لمحاكاة وتحليل

المستويات الأدائية البيئية والإنشائية للتصميم المقترح للوصول إلى شكل التصميم الرقمي

- وساهمت دراسة الحالة من خلال خواص التصميم البارامترية المتبع في تصميم المبنى برزت قابلية على التصميم وانتاج أشكال تتصف بدرجة عالية من الديناميكية والتعقيد الهندسي والمرونة والانسيابية والسيولة.
- أهمية توظيف الأدوات الرقمية ضمن عملية التصميم، فقد أظهر تحليل دراسية الحالة المنتخبة في ضوء مفردات المفاهيمي لتحقيق التصميم الرقمي المستدامة أهمية التداخل بين النواحي الشكلية والأدائية ضمن الاستراتيجيات التصميمية وتوظيف إمكانات تقنية رقمية في عملية توليد الشكل وتحسينه.
- من خلال دراسة الحالة برز استخدام برمجيات تجمع ما بين توظيف الرقمنة في التصميم المعاصر توظيف أدائي كمؤشرات تصميمية تعكس أهمية الوعي بضرورة التوافق تصميم مع البيئة ومراعاة تطبيق التصميم الرقمي.
- اظهر دراسة الحالة المنتخبة في ضوء تحقيق التصميم الرقمي الذي اتصاف اغلب فضاءاته بفاعلية توظيف نظم ووحدات بنائية يتم تصميمها ومعالجتها وتشكيلها وتعديلها رقمياً من خلال منهج النمذجة الفعالة.
- أوضح تحليل الحالات الدراسية المنتخبة، ان الجمع بين تقنيات التصميم الرقمي وطروحات الاستدامة في العمارة من شانه المضي بالنتاج العماري نحو مستوى إبداعي وأخلاقي عال بما يطرحه من قضايا ورؤى تصميمية جديدة
- يتجه التصميم في الحالة المنتخبة إلى التلاحم من تطوير لسيرورة التصميم ونتاجها الشكلي، وتحقيق التكامل بين التصميم والانتاج.

2-4 الاستنتاجات:

أسفرت نتائج البحث الحالي عن تحديد مجموعة من استنتاجات نهائية تتلخص وتبلور المعرفة النظرية المطروحة في الفصول السابقة كما تجيب عن التساؤلات للمشكلة البحثية بما يرتبط مع الهدف في وضع أساس معرفي يتمثل بالتصاميم الرقمي ودور في تصميم الفضاءات الداخلية المعاصر ويختم الفصل بالتوصيات والجهات المستفيدة، وكما يلي:

- إن للجمع بين الوعي بضرورة الرقمنة وتوظيفها ضمن سيرورة التصميم للفضاءات الداخلية، والوعي بأهمية مطلب العصر واتجاهات التصميم المتوافق مع البيئة، دوره المهم في رفع المستوى الفكري والإبداعي والأخلاقي للنتاج التصميم الرقمي المعاصر، من خلال طرحه لقضايا ورؤى تصميمية جديدة تعتمد توظيف الرقمنة ضمن المستوى التصاميم المستقبلية.
- إن تبني الرقمية كمنهج إذ اعتمد التصميم الرقمي ذو التوجه الأدائي للفضاء المصمم هو من أهم مقومات تحقيق التفاعل بين المستخدم والفضاء المصمم، من خلال الربط بين المعالجة الشكلية الرقمية ومتطلبات تحقيق وظيفة الفضاء، ويتضمن ذلك تأكيده على التداخل والتزامن بين توليد الشكل الرقمي وتحقيق كفاءة الأداء الوظيفي والبيئي والإنشائي، وتوظيفه لمتغيرات عملية الحوسبة (متمثلةً بآليتي توليد الشكل وتحسينه) في تحديد وصياغة نمط الاستجابة الشكلية نحو متغيرات الفضاءات الداخلية.
- إن أبرز وسائل تحقيق التفاعلية داخل الفضاء من خلال إتباع منهج التصميم الرقمي ذو التوجه الأدائي كما، إذ تتمثّل في توظيف الإمكانات التشكيلية التي تتيحها عمليات النمذجة البارامتري للتصميم والتركيب الرقمي إلى جانب استخدام المكونات التوليدية والتصنيع حسب الطلب.
- إن تركيز التصاميم الرقمية على فاعلية توظيف نظم ووحدات الفضاءات التي يتم تصميمها ومعالجتها وتشكيلها وتعديلها رقمياً من خلال منهج النمذجة

البارامترية، يتيح قابلية تصميم وانتاج لأشكال ذات مرونة عالية على مستوى التشكيل والتركيب وتتصف بدرجة عالية من الديناميكية والتعقيد الهندسي والمرونة والانسيابية والسيولة، فضلاً عن سهولة تحليلها باستخدام تقانات التحليل البيئي والأنشائي والوظيفي بهدف تعديل الشكل وتحسين خصائصه في ضوء هذه المتغيرات.

- إن اتجاه التصاميم الرقمية نحو تضمين مفهوم الأدائية لتكون مقوماً موجهاً لعمليات التصميم والإنتاج الرقمي يجعل أهم مقومات تحقيق التصميم الرقمي تتحدد في تحقيق الأداء الكفوء بمستوياته الفاعلية الأدائية والبيئية والإنشائية والمادية.
- إن التصميم الرقمي يحفز الممارسة التصميمية نحو الاهتمام بالقضايا البيئية بمستوى أعلى من خلال المزج بين التقانات الجديدة والمفاهيم التقليدية لمتطلبات التصميم الوظيفية، وتحقيق التصميم للتكامل بين التقانة الرقمية ومفهوم الأداء، ممتزجاً مع الجوانب الوظيفية والجمالية، نحو تحقيق الاكتفاء الذاتي، من خلال التأكيد على تحقيق المبنى للاكتفاء الذاتي، والتنظيم الذاتي، وتوليد الطاقة المتجددة ذاتيا.
- إن التصاميم المعاصرة ومن خلال تبنيها لمفاهيم الرقمنة وتقاناتها التصميمية والإنتاجية، تتجه نحو توليد الشكل التصميمي من خلال اعتمادها لأنموذج فكري يبرز فيه المرتكز العلمي في تحديد أهم المرجعيات المفاهيمية للرقمنة، وتتبلور ضمنها مفاهيم وقيم المرتكزات الأخرى بما توفره التطورات العلمية المعاصرة من قاعدة معرفية ومفاهيمية وتقانية للرقمنة، فضلاً عما ينتجه ذلك من تجديد لإدراك الإنسان لمحيطه وتحرير قدراته الذهنية والمعرفية.
- إن التصاميم الرقمية تتمحور حول ثنائية (الشكل- الأداء) حيث تخضع خلالها عملية التصميم الرقمي لتأثير قوتين رقميتين هما النمذجة والمحاكاة، والتي تجعل هذه الثنائية من الخصائص المهمة للتصاميم الرقمية إذ تجمع بين عملية توليد

الشكل الرقمي وعملية تحسين أدائه، وتساهم في تحديد آليات تحقيق التصميم الرقمي.

3-4 التوصيات:

أسفرت نتائج واستنتاجات البحث يمكن إجمالها بما يأتي:

- ضرورة توفير مكتبة معلومات مخصصة للبحوث والتطبيقات في مجال التصميم الرقمي المستدام وإدارة الكلفة في التصميم.
- يتوجب على المصممين عدم إهمال المتطلبات التصميم الرقمي ذات الكفاءة الأدائية في التصميم المستدام عند التعامل مع تصاميم مستقبلي بكافة أشكالهِ وأحجامهِ ووظائفهِ وأخذها بنظر الاعتبار والتعامل معها جنبا إلى جنب مع المتطلبات الوظيفية والجمالية.
- إعداد مناهج دراسية للمراحل الأولية تعني بتدريس التصميم الرقمي المستدامة وطرق تنفيذها واليات تفعيله في التصميم لمواكبة التطورات السريعة في المستقبل والمحافظة على موارد البيئية.

4-4 المقترحات:

مهدت النظرية لدراسة الحالة والاستنتاجات والتوصيات التي شملت عليها البحث الحالي إلى مقترحات ودراسات مستقبلية يمكن لها أن ترفد المعرفة التخصصية بإضافة علمية تستكمل المعاني والمفاهيم التي حرصت الدراسة الحالية على تغطيتها وكما يأتي:

- القيام بدراسة مقارنة لتقييم مجموعة منتخبة من التصاميم الرقمية وما يوازيها من تصاميم رقمية مستدامة والخروج بنتائج نسبية حول جودة البيئة المصممة والاقتصاد في التصميم.

- إعداد دراسة تحليل برامجيات التصميم الرقمي المستدام، وتطبيق مقترح تصميمي على أمثلة منتخبة من التجربة المحلية المعاصرة وتوضيح دورها في ذلك التوظيف وعلى الصعيدين التصميمي والأدائي.

- **المصادر:**

1- احمد مختار عمر. معجم اللغة العربية المعاصر. المكتبة الشاملة. طبعة الأولى. 2008.

2- سيمون دربسين، مبادئ الأستدامة ، المركز القومي للترجمة،القاهرة، جمهورية مصر العربية، 2019.

3- الطحان , لورانس . تطبيق معايير العمارة الخضراء على الأبنية القائمة رسالة ماجستير . جامعة دمشق . كلية الهندسة المعمارية

4- العقيل.عبد الله محمد، نحو حلول إسكانية متكاملة ومستدامة، الرياض ، السعودية، ط1

5- علي حسين علي وآخرون، الإدارة الحديثة لمنظمات الأعمال، دار الحامد للنشر والتوزيع، عمان، 1999.

6- العمارة الذكية , مجلة البحوث الهندسية - كلية الهندسة بالمطرية - جامعة حلوان - المجلد 92 العدد ابريل 2004

7- مجموعة كتاب، الأستدامة سعادة وابتكار، قنديل للطباعة والنشر والتوزيع،دبي، الأمارات، 2017

8- مروان العطية. المعجم الجامع. مركز إيوان للنشر والتوزيع مع دار النوادر. مصر. 2012

9- نبيل عبد السلام هارون. المعجم الوجيز. نشر بوزارة التربية والتعليم (مصر). مصر. 1994.

10- ندى صبحي عبد المجيد. دور العمارة الخضراء في استنباط المعايير التصميمية للسكن المنفرد في بغداد. أطروحة دكتوراه مقدمة. جامعة التكنولوجية. كلية الهندسة المعماري. د.ن. 2018.

11-Abley & Heartfield (2001). Sustaining Architecture In the Anti- Machine Age..

12- Benyus, Janine M. , 2002. Biomimicry: Innovation Inspired by Nature. William Morrow.

13- Glynn, Ruairi; April 2005. Interactive Architecture: Building Spaces Between the Physical and Virtual.

14- Gordan, Bob & Maggie Gordan, The Complete Guide To(Digital Graphic Design), UK, Published by: Thames & Hudson, 2005.

15- Grobman & Neuman (2012). Performalism: Form & Performance in The digital Architecture.

16- Johanna Drucker& Emily Mc Varish, Ibid.

17- Kolarevic, Branko & Malkawi, Ali M. ; (ed.) (2005) . Performative Architecture: Beyond Instrumentality. Spon Press.

18- Kolarevic, branko (ed.) (2003) Architecture in the digital Age: Design and Manufacturing. Taylor & Francis Group, New York and London.

19- Kolarevic, Branko. (2000) Digital Morphogenesis and Computational Architectures.

20- Liu, Yu-Tung, 2006. FEIDAD digital architecture award.

21- Menges, A. & Hensel, M. (2008). Introduction, In: Architectural Design (Versatility and Vicissitude:An Introduction to Performance in Morpho-Ecological Design) Vol. 78/No. 2, p.p. 6-11, John Wiley & Sons.

22- Menges, A. & Hensel, M. (2009). Patterns in performance- oriented design: An Approach towards *Pattern*. Recognition,. Generation and. Instrumentalisation. In: Architectural Design (the patterns of architecture) Vol. 79/No. 6, p.p 89-93, John Wiley & Sons.

23- Menges, Achim & Ahlquist, Sean; ed. . 2011. Computational Design Thinking. A John Wiley and Sons Ltd.

24- Menges, Achim & Ahlquist, Sean; ed. . 2011. Computational Design Thinking. A John Wiley and Sons Ltd.

25- Mohamed, Abeer S. (2012), Sustainable Design And Construction. In: 6th ASCAAD Conference 2012 (CAAD INNOVATION PRACTICE).

26- Oxman, Rivka, . 2006. Theory and Design in the First Digital Age,In: Design Studies 27 (2006) 229-265, Great Britain.

27- Oxman, Rivka; 2008. Performance-Based Design: Current Practices and Research Issues. International Journal of Architectural Computing. Issue 01, Volume 06.

28- Picon, Antoine. Digital Culture in Architecture: An Introduction for the Design Professions. Birkhauser, Basel. 2012

29- Tagliabue, Jacopo; A New Kind of Philosophy: Manifesto for a Digital Ontology. Irreducibility and Computational Equivalence, H.Zenil (ed.), Springer Verlag. 2006

30- The Earth Charter Initiative. The Earth Charter. Retrieved on: 2009

31- Zari, M. Pedersen. (2007). Biomimetic Approaches To Architectural Design or Increased Sustainability. SB07 New Zealand, Paper number 033.

32- wikipedia.org/wiki

ملحق رقم (1)

المحور الرئيسي	المحور الثانوي	المحور الفرعي 1	المحور الفرعي 2	ممتاز	جيد جداً	جيد	متوسط	مقبول	غير مقبول
التصميم الرقمي	مفهوم	التطور الفكري	امتداد زماني						
			تنوع مكاني						
		تطبيق للتصميم	امتداد زماني						
			تنوع مكاني						
	المستدام	خفض النتاج							
		تقليل الضغط على الموارد الطبيعية							
		تعزيز اتصال التصميم بالبيئة							
	التصميم الذكي	المؤتمتة							
		المستجيبة							
		الفعالة							
	شكل التصميم الرقمي	الوظيفي							
		التشكيلي							