مجلة أنساق للفنون والآداب والعلوم
الإنسانية
الإصدار السادس عشر
المجلد (٥) العدد (٣)
٢٠٢٤ (١-٣١)

الاستراتيجيات التصميمية المستندة على نمذجة معلومات البناء في تقليل أثر البصمة البيئية للفضاءات الداخلية

أ . م . د. حارث اسعد عبد الرزاق
أستاذ مساعد، كلية الفنون الجميلة، قسم التصميم، جامعة بغداد

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

نشر إلكترونياً بتاريخ: ١٦ سبتمبر ٢٠٢٤م

الملخص

دفعت التغيرات الدراماتيكية للمناخ في العالم إلى تبني العديد من الاستراتيجيات المبتكرة في كافة الميادين المهنية، بما في ذلك التصميم الداخلي. بذا استدعت الحاجة الى تبني نمذجة معلومات البناء كأداة محورية في الحد من البصمة البيئية للفضاءات الداخلية. لذا فإننا سنتناول استراتيجيات الإستدامة القائمة على نمذجة معلومات البناء المعززة من دور المصمم الداخلي كعامل حاسم يعمل على تحسين استخدام الموارد، والطاقة، وتعزيز النهج التصميمي المستدام.

وقد استفتحت دراستنا الحالية بعدة تساؤلات تناولت العمليات التصميمية وما تضمنتها من تحديات يواجهها المصممون في تحقيق الاستدامة كان ابرزها، ما هي الأدلة الموجودة لإثبات أن مشاريع التصميم الداخلي التي تستخدم استراتيجيات تعتمد على نمذجة معلومات البناء لها بصمة بيئية أقل بكثير مقارنة بتلك التي تستخدم أساليب التصميم التقليدية؟

وللحصول على اجابة وافية لتساؤلات البحث، اعتُمِدَ المنهج الوصفي للوصول الى تحقيق أهدافه، وجرى استخدام عدة أدوات بحثية، منها ما اعتُمِدَ في جمع المعلومات عن النماذج من الآدبيات الالكترونية المتاحة وتطبيق استمارة الملاحظة عليها، بجانب تطبيق استمارة محاور التحليل للمحتوى على المعلومات المتوافرة لنماذج العينة.

وقد تكشف لنا بعد اجراء التحليل على المشاريع المنتخبة، بأن تطبيق نمذجة معلومات البناء في كامل عينة البحث ساعدت المصمم الداخلي من اختيار المواد المستدامة وتحديد كميتها، وتقليل النفايات فضلاً الى تقدير المواد وإدارتها بشكل دقيق

ضمن المشاريع الداخلية المنتخبة، وإنشاء فضاءات داخلية أكثر صحة وراحة تلتزم بالمعايير المستدامة الفعالة في تقليل البصمة البيئية في الطبيعة.

ختاماً يخلص البحث إلى جملة من الاستنتاجات تؤكد على الدور المحوري الذي تؤديه الاستراتيجيات القائمة على نمذجة معلومات البناء الفعالة في تحقيق حلول تصميم مسؤولة بيئياً تقلل من أثار البصمة البيئية وبالتوازي تركز على المستخدم من تعزيز كفاءة جودة الحياة في الفضاءات الداخلية.

الكلمات المفتاحية: نمذجة معلومات البناء، البصمة البيئية، الإستدامة، الفضاءات الداخلية.

Abstract

The dramatic changes in the world's climate have prompted the adoption of many innovative strategies in all professional fields, including interior design. This has necessitated the adoption of Building Information Modeling as a pivotal tool in reducing the environmental footprint of interior spaces. Therefore, we will discuss sustainability strategies based on Building Information Modeling that enhance the role of the interior designer as a decisive factor that improves the use of resources and energy, and enhances the sustainable design approach.

Our current study began with several questions that addressed the design processes and the challenges that designers face in achieving sustainability, the most prominent of which was, what are the current practices and challenges that affect the integration of Building Information Modeling into the design process in order to reduce the environmental footprint of interior spaces?

To obtain a comprehensive answer to the research questions, the descriptive approach was adopted to achieve its objectives, and several research tools were used, including what was adopted in collecting information about the models from the available electronic literature and applying the observation form to it, in addition to applying the content analysis axes form to the information available for the sample models.

Upon analyzing the selected projects, we discovered that implementing Building Information Modeling (BIM) in the research sample enabled the interior designer to select sustainable materials, accurately determine their quantity, minimize waste, and effectively estimate and manage materials within the chosen interior projects. This approach also facilitated the creation of healthier and more comfortable interior spaces that adhere to sustainable standards, thereby reducing the environmental impact on nature. Ultimately, the research

findings highlight the crucial importance of employing effective Building Information Modeling strategies to achieve environmentally responsible design solutions. These solutions aim to minimize the negative impact on the environment while also prioritizing user satisfaction and improving overall efficiency.

Keywords: building information modeling, environmental footprint, sustainability, interior spaces

*** المقدمة**

أن الوعي المتزايد بالقضايا البيئية والحاجة الملحة لمعالجة التغير المناخي تتطلب ممارسات أكثر استدامة في مجال التصميم الداخلي. فقد أدت الممارسات السابقة في التصميم الداخلي الى أضرار بيئية كبيرة بسبب التسخير المفرط للموارد، والاستهلاك الزائد للطاقة، وتراكم النفايات بصورة كبيرة. على هذا النحو، برزت لنا نمذجة معلومات البناء، كتكنولوجيا تحويلية تقدم حلولاً عملية لتقليل البصمة البيئية للفضاءات الداخلية.

وتُعد نمذجة معلومات البناء تمثيل رقمي للخصائص المادية والوظيفية للمبنى، مما يوفر مورداً معرفياً شاملاً لكافة المعلومات حول المشروع الداخلي، وبالتالي يُعد أساساً موثوقاً به لإتخاذ الإجراءات الناجعة أثناء دورة حياة المبنى، من التصميم الأولي إلى الإزالة. إن قدرة وبالتالي تتمتع نمذجة معلومات البناء بالقدرة على تضمين جوانب متباينة من تصميم المباني والبناء والإدارة في عملية متماسكة تجعلها أداة قوية معززة للإستدامة في التصميم الداخلي.

ومن أبرز ما تتسم به نمذجة معلومات البناء مقدرتها على استثمار الموارد المتاحة بأكمل وجه. فالدقة المحكمة للنمذجة الرقمية تمكن المصممين من اختيار المواد بجدارة بالغة، مما يقلل من النفايات ويدعم من استثمار المواد المستدامة. كما، تيسر نمذجة معلومات البناء من الانتفاع الفعّال للفضاءات، بما يضمن من تلبية المتطلبات الوظيفية بدون مبالغة في الفضاءات الداخلية، وبالتالي استدامة الموارد. علاوة على ما سبق فإن نمذجة معلومات البناء لها أثر مبهر في الرفع من كفاءة الطاقة ضمن التصميم الداخلي، من امتلاكها المقدرة على تكاملية أدوات النمذجة والمحاكاة للطاقة بما تجيز للمصممين من تقييم وتحسين أداء الإضاءة وتكييف الهواء والأنظمة الأخرى. وبالتالي التقليل من استهلاك الطاقة وانخفاض انبعاثات الغازات المسببة للاحتباس الحراري العالمي، داعمة بذلك الاستدامة الشاملة للمبنى.

أضف الى ذلك، فإن نمذجة معلومات البناء تدعم من تقييم دورة الحياة للمنتج (LCA)، وذلك لرصدها التأثيرات البيئية المرتبطة بجميع مراحل حياة المنتج. بناءً على ذلك فإن تضمين الـ (LCA) في متغيرات العملية التصميمية، حينئذ تُمكّن نمذجة معلومات البناء المصممين من اتخاذ قرارات مدروسة بشأن المواد والمنتجات، مع مراعاة بصمتها البيئية من الإنتاج إلى الإزالة. بالإضافة الى توفيرها لمنصة تعاونية مشتركة بين العديد من التخصصات العاملة في مجال البناء، مما يشكل شبكة عمل منسقة تعزز من التواصلية بين كافة العاملين في المشروع مؤدياً بالتالي الى التوصل الى حلول أكثر شمولية واستدامة تعزز من الأداء البيئي للفضاءات الداخلية.

وعلى الرغم من هذه الفوائد الجمة، يواجه تبني نمذجة معلومات البناء في ممارسات التصميم الداخلي تحديات. فالحواجز التقنية، مثل الحاجة إلى التدريب والبرمجيات المتخصصة، والعقبات التنظيمية، مثل مقاومة التغيير، يمكن أن تعيق التنفيذ على نطاق واسع. كذلك، يمكن أن تكون التكلفة الأولية لبرامج نمذجة معلومات البناء والتدريب عليها رادعاً كبيراً لدى بعض الشركات. وبالتالي يروم بحثنا الحالي إلى التحقيق في الممارسات السابقة وتوثيق الاستراتيجيات القائمة على نمذجة معلومات البناء والتي تحد من البصمة البيئية للفضاءات الداخلية، وتوفير الأدلة التطبيقية والرؤى العملية لتشجيع وتطوير الابتكارية لدى المصمم الداخلي.

*** مشكلة البحث**

في السنوات الأخيرة، أصبحت مبادئ التصميم المستدام جزءاً لا يتجزأ من ممارسات التصميم الداخلي بشكل متزايد، مدفوعة بالمخاوف البيئية والمتطلبات التنظيمية وتفضيلات المستهلك المتطورة. في الوقت نفسه، اكتسبت نمذجة معلومات البناء قوة جذب باعتبارها تقنية تحويلية في الهندسة المعمارية والبناء، وتبسيط سير عمل المشروع، وتعزيز التعاون، وتحسين نتائج المشروع. ومع ذلك، نجد أننا في حين انتشار اعتماد نمذجة معلومات البناء على نطاق واسع في مراحل التصميم المعماري والإنشائي، فإن استخدامه في التصميم الداخلي، وخاصة فيما يتعلق بأهداف الاستدامة، لا يزال محدوداً نسبياً. يسعى هذا البحث إلى استكشاف أوجه التآزر المحتملة بين نمذجة معلومات البناء والتصميم الداخلي المستدام، بهدف توضيح كيفية الاستفادة من نمذجة معلومات البناء لتعزيز جودة واستدامة الفضاءات الداخلية بما يقلل من البصمة البيئية على الطبيعة، وقد خرج البحث بعدة تساؤلات بحثية كقاعد للباحثين في تناول إطار شمولي حول موضوعة البحث للوصول الى النتائج المتوخاة منه، وهي:-

١- ما هي الأدلة الموجودة لإثبات أن مشاريع التصميم الداخلي التي تستخدم استراتيجيات تعتمد على نمذجة معلومات البناء لها بصمة بيئية أقل بكثير مقارنة بتلك التي تستخدم أساليب التصميم التقليدية؟

٢- بأي الطرق تسهم نمذجة معلومات البناء في تحسين الجودة الشاملة ودقة مشاريع التصميم الداخلي، وكيف يؤثر ذلك على استدامة ووظيفة التصميم النهائي؟

*** فرضيات البحث**

يدور البحث حول دمج نمذجة معلومات البناء في التصميم الداخلي، وخاصة التركيز على تحسين الفضاءات الداخلية المستدامة التي تعمل على التقليل من البصمة البيئية على الطبيعة، حول العديد من الأسئلة الحاسمة. فأسألتنا تهدف إلى تشريح العلاقات المتعددة الأوجه بين نمذجة معلومات البناء والتصميم الداخلي المستدام، ودراسة الفوائد والتحديات ومنهجيات التنفيذ الفعال. لذا ندرج لديكم فيما يلي الأسئلة البحثية الرئيسة التي يمكن أن توجه هذه الدراسة الى طريق تحقيق الغرض منها:-

الفرضية الأولى: تبرهن المشاريع الداخلية التي تستخدم الاستراتيجيات التصميمية المستندة على نمذجة معلومات البناء انخفاضاً أكبر في أثر بصمتها البيئية الشاملة مقارنة بتلك التي تستخدم أساليب التصميم التقليدية.

الفرضية الثانية: تسعى استراتيجيات نمذجة معلومات البناء الى تشجيع الابتكار في التصميم الداخلي من توطيد اجراءات

التطوير والدمج لممارسات التصميم والمواد والتقنيات المستدامة الجديدة.

*** أهداف البحث**

لتحقيق الهدف الشامل المتمثل في دراسة الاستراتيجيات التصميمية لنمذجة معلومات البناء الداعمة لجودة الفضاءات الداخلية المستدامة للحد من البصمة البيئية، يمكن تحديد الأهداف البحثية المحددة التالية:-

١- تبيان الاستراتيجيات المعتمدة على نمذجة معلومات البناء للحد من البصمة البيئية للفضاءات الداخلية.

٢- توصيف فعالية الاستراتيجيات التصميمية المطورة لجودة الفضاءات الداخلية من البيانات النوعية لدراسات الحالة.

*** أهمية البحث**

إن البحث حول الاستراتيجيات التصميمية المستندة على نمذجة معلومات البناء في تقليل البصمة البيئية للفضاءات الداخلية له أهمية كبيرة لعدة أسباب:-

١- التعزيز من ممارسات التصميم الداخلي المستدام، وذلك من تسليط الدراسة الضوء على إمكانات دمج التقنيات المبتكرة لنمذجة معلومات البناء كأداة تحويلية في التصميم الداخلي، إذ أنها تقدم لنا الأدوات والمنهجيات التي تعمل على تبسيط عمليات التصميم، وتحسين التعاون بين أصحاب المصلحة، مما يفضي إلى سير عمل أكثر كفاءة، وقرارات تصميم أكثر شمولية، والتشجيع على تبني التقنيات المتطورة التي يمكن أن تطور من جودة التصميم بما يعزز الاستدامة البيئية والكفاءة الوظيفية للفضاءات الداخلية.

٢- تقليل البصمة البيئية، تبرز لنا طبيعة الهدف الأساس للتصميم الداخلي المستدام من سعيه إلى تقليل استهلاك الموارد، وتقليل توليد النفايات، وتحسين كفاءة الطاقة طوال دورة حياة المبنى. ومن الاستفادة من تقنية نمذجة معلومات البناء، بما يمكن المصممين من إجراء عمليات محاكاة افتراضية، وتحليل التأثيرات البيئية، واتخاذ قرارات تعتمد على البيانات لإنشاء فضاءات داخلية ذات آثار أقل من ناحية البصمة البيئية على الطبيعة.

٣- التخفيف من آثار تغير المناخ العالمي، إذ يسهم بحثنا قيد الدراسة في الجهود العالمية لمكافحة تغير المناخ من تحديد استراتيجيات فعالة للحد من البصمة البيئية للفضاءات الداخلية، وخاصة من ناحية استهلاك الطاقة وانبعاثات الغازات المسببة للاحتباس الحراري العالمي. علاوة على تعزيز كفاءة الموارد المتاحة، من تطوير استخدام المواد وتقليل النفايات، مؤدياً الى تنمية إدارة الموارد بشكل أكثر استدامة، وهو أمر بالغ الأهمية للحفاظ على الموارد الطبيعية والحد من التدهور البيئي.

*** حدود البحث**

من الضروري بيان الحدود والمحددات في بحثنا الحالي، لأنها تساعد في تحديد نطاق الدراسة مع تسليط الضوء أيضاً على المحددات أو التحديات المحتملة التي قد تؤثر على نتائج البحث. فيما يلي بعض الحدود والمحددات التي قد تنطبق على البحث المقترح حول دمج نمذجة معلومات البناء في عمليات التصميم الداخلي المستدام:-

*** الحد الموضوعي**

تمحور نمذجة معلومات البناء حول الاستراتيجيات التصميمية للمشاريع الداخلية: تتمحور حدود بحثنا بشكل خاص على الاستراتيجيات التصميمية المستندة على نمذجة معلومات البناء في تقليل البصمة البيئية للفضاءات الداخلية. وهو لا يشمل جوانب أوسع من التصميم المعماري أو إدارة البناء، على الرغم من أنه قد يكون هناك تداخلات في مجالات معينة.

معايير الاستدامة: في حين أن الاستدامة هي محور التركيز الرئيس للبحث، إلا أنها قد تقتصر على معايير استدامة محددة مثل كفاءة الطاقة، واختيار المواد، وجودة البيئة الداخلية، المعتمدة في تقليل البصمة البيئية على الطبيعة.

*** الحد المكاني**

تم انتخاب مشاريع التصميم الداخلي المُقامة في الولايات المتحدة وقد اقتصر السياق الجغرافي للبحث على مناطق أو سياقات جغرافية محددة حيث يسود اعتماد نمذجة معلومات البناء في رفع كفاءة الاستراتيجيات التصميمية العاملة على تقليل أثر البصمة البيئية في الطبيعة.

*** الحد الزماني:-**

تم تحديد الدراسة بإطار زمني محدد ضمن المدة 2009 – 2013م، مع التركيز على الممارسات والتقنيات المعاصرة المتعلقة بنمذجة معلومات البناء لتلك المدة تزامناً مع بدايات تطبيقه في العمارة والتصميم الداخلي المستدام.

*** الاطار النظري**

*** نمذجة معلومات البناء (Building Information Modelling)**

هو تكنولوجيا أو تقنية تعتمد في أساسها على دمج عملية التوصيف والنمذجة مع هيئة شكل المبنى، وهو اختصار لنمذجة معلومات البناء (Building Information Modelling)، والتي تعني تصميم نموذج للمبنى شامل جميع المعلومات والبيانات الخاصة به، وبالتالي فهو يشمل بناؤه كشكل ثلاثي الأبعاد (3D) له خصائصه التي يمكننا إدخالها، ويشمل أيضاً إدراكه بعامل الوقت أو الزمن (4D)، وكذلك إدخال عامل التكلفة (5D) وغيرها من العوامل التي تتعدى كونه مجرد شكل ثلاثي الأبعاد[1]. بذا نجد بأن نمذجة معلومات البناء هي نموذج شامل جميع معلومات وبيانات البناء او المشروع أي ان هذا الأنموذج لا يقتصر على شكل ثلاثي الأبعاد بالعكس هو تقنية أو نظام محاكاة يشمل وصف دقيق لجميع العمليات التي سيمر بها المشروع.

*** دور نموذج الـ (BIM) في البعد الإنتاجي للعملية التصميمية[2]**

يجب الإشارة إلى أن تطبيقات الـ (CAD) بجميع مميزاتها وإمكانياتها هي مجرد أداة للرسم، لا يمكنها

[1] Howell, Ian and Bob Batcheler. *Building Information Modeling Two Years Later – Huge Potential , Some Success and Several Limitations.*

[2] Turan, Ahmed. *The Use of BIM for Sustainable Design and Easy Analysis Methods*. National ITU Faculty of Architecture, 2014.

القيام بنشاط اكبر من الرسم، فلا يمكنها العمل من قواعد البيانات التي تتمكن من حساب التكاليف وإدارة مراحل التنفيذ، كما لا تقدم أنظمة الـــ (CAD) حلولاً عملية لتطبيق نظم المحاكاة للأداء في التصميمات، مثل محاكاة الأداء الحراري والصوتي و توزيع الأثقال الإنشائية، بل لكل تلك الأنشطة برمجيات أخرى تطبقها، كما أن أنظمة الـــ (CAD) ذاتها لا تتعامل مع الرسومات من منظور معماري، بل أن أنظمة الـــ (CAD) هي أداة للرسم في جميع التخصصات الهندسية، فالخطوط والنقاط والمنحنيات بالنسبة لأنظمة الـــ (CAD) هي عناصر هندسية وليست عناصر معمارية. أما النموذج المتحقق بفعل نمذجة معلومات البناء فيعبر عن الوصف الرقمي للمبنى الحقيقي، بما يحتويه هذا المبنى من فضاءات و وظائف ومواصفات لمواد التشطيب المستخدمة وأنظمة ميكانيكية، وكذلك طريقة توريد تلك المواد والأنظمة ومراحل الإنشاء المختلفة، ومتابعة التكلفـــة والزمن اللازم لتنفيذ المشروع، ولهذا الأنموذج الرقمي مجموعة من الخصائص.

المرحلة الأولى : التصميم الأولي (Primary Design)

تمثل مرحلة التصميم الأولى أول مراحل البعد الإنتاجي للعملية التصميمية، والتي يتم بها صياغة مجموعة من البدائل التصميمية التي تهدف إلى حل المشكلة، وتطبيقات نمذجة معلومات البناء هي بالأساس تطبيقات للنمذجة ثلاثية الأبعاد (3D Modelling)، فيمكن منها عمل مجموعة من البدائل في صورة ثلاثية الأبعاد، وبالإضافة إلى هذا يمكن لتلك التطبيقات استخراج مجموعة من المعلومات الخاصة بكل نموذج، سواء الفضاءات أو الأحجام أو النسب البنائية أو البرنامج الوظيفي المتحقق في كل أنموذج، والتي تساعد في عملية تقييم تلك البدائل واختيار الأنسب بينها .ولم تتوقف إمكانيات النمذجة ثلاثية الأبعاد لتطبيق نمذجة معلومات البناء عند التشكيلات التقليدية و المألوفة، بل قام مطوروا تلك التطبيقات بدمج مجموعة من الأدوات و الوسائل التي تُسهِم في عملية التفكير الرقمي غير التقليدي بإستخدام المعادلات الرياضية والنمذجة بالمتغيرات الحسابية (Parametric Design)، ويتم هذا عن طريق محرك المتغيرات الرياضية (Parametric Engine) ،والذي دعمت به شركة (Autodesk) احدث إصداراتها من برنامج الـــ (Revit)، ويعتمد هذا المحرك على الخوارزميات للمتغيرات الرياضية (Parametric Algorithms) التي تكتب بواسطة لغات البرمجة (Scripting Language) وقد استخدمت تلك الطريقة في صياغة التشكيل المعماري لأبراج مرتفعات المحيط (Ocean Heights) في الامارات العربية المتحدة.[1]

[1] Ahmed, Ahmed Hanfy Mahmoud. *Building Information Modeling (BIM) and Its Role in Developing the Architectural Design and Construction Process.* Journal of Al-Azhar University Engineering Sector 13, no. 49 (2018): 1573-1592. https://doi.org/10.21608/auej.2018.18901.

المرحلة الثانية: التخطيط الابتدائي للتصميم (Sketch Design)

في هذه المرحلة التي يتم فيها الاستقرار على الحل المقترح، والذي تم نمذجته بشكل ثلاثي الأبعاد، يلعب الأنموذج المصمم بتطبيقات نمذجة معلومات البناء دوراً هاماً في إجراء عملية المحاكاة للعوامل المؤثرة على التصميم بهدف اختباره وتطويره وتحسين ملائمته للظروف والعوامل البيئية والمناخية، وذلك من مجموعة تطبيقات تستخدم عمل التحليلات اللازمة لقياس كفاءة أداء الأنظمة داخل المبنى، وهذا عن طريق دمج المعلومات والبيانات اللازمة للتحليل من نمذجة معلومات البناء، وهناك العديد من تطبيقات التحليل التي تعمل بطريقة المحاكاة، والتي تعمل على تحليل متغيرات مختلفة سواء صوتية أو ضوئية أو حرارية أو غيرها ومن أهمها واشهرها في عملية المحاكاة :[1]

١- برنامج الـ (Daysim): يقوم هذا البرنامج بحساب وتحليل كمية الإضاءة الطبيعية الواصلة للمبنى على مدار العام، كما يقوم بحساب كمية الإضاءة الاصطناعية المطلوبة لكل نشاط في المبنى، وكيفية التحكم فيها.

٢- برنامج الـ (Plus Energy): أنتجت شركة (DOE) هذا التطبيق في عام ١٩٩٦م، وقد أصبح الآن التطبيق الأول في العالم المستخدم لتحليل الطاقة المستهلكة في عدة أنماط من المباني، سواء الإدارية أوالتجارية أو السكنية و غيرها.

٣- برنامج الـ (Apachesim): يقوم هذا التطبيق بتحليل الأداء الحراري للمبنى، وذلك من قياس درجات الحرارة للأسطح الخارجية للمبنى على مدار العام .

المرحلة الثالثة: التصميم التفصيلي (Detail Design)

تُعتبر هذه المرحلة هي المرحلة الأهم والأخيرة في البعد الإنتاجي من العملية التصميمية، إذ أن تلك المرحلة تعتبر بمثابة المرحلة التحضيرية لعملية التنفيذ، ويتم بها إعداد الرسومات التنفيذية والتفصيلية الكاملة للتصميم، ويظهر الدور الأكبر والأهم لنمذجة معلومات البناء في هذه المرحلة، نظراً لكثرة الأنشطة بها، واتساع فريق العمل الهندسي من مختلف التخصصات، ويقدم النموذج المنتج بفعل تطبيقات نمذجة معلومات البناء تلك المُميزات إلى العملية التصميمية. (دمج البرمجيات الخاصة، إصدار التقارير، نماذج البعد الرابع (4D) والبعد الخامس (5D)، الكشف عن التداخل بين الأنظمة،تصنيع العناصر اللازمة للإنشاء).

*** الفضاءات الداخلية المُستدامة**

تعد الاستدامة كعلم ومفهوم من المفاهيم التي عرفت في العالم الحديث وانتشرت كامتداد لما سبق من بعض المفاهيم كالتصميم الأخضر، والتصميم البيئي، والتصميم الآيكولوجي، وتعني الاستدامة، تكامل الأنظمة الطبيعية مع الأنماط الإنسانية لإعطاء الاستمرارية لصنع المكان، كما تعني استغلال الموارد الطبيعية المتعددة بطريقة لا تقلل منها ولا من

[1] Ibid

فائدتها المتجددة للأجيال القادمة [1]، وتشير الاستدامة إلى استمرارية التفاعل بين المجتمع والنظام البيئي، وهو مفهوم ينطلق من نظرة إنسانية تدعو إلى الاهتمام بالإنسان والحفاظ على البيئة التي تعطي الاستمرارية للإنسانية[2]. وقد ظهرت الاستدامة كمفهوم ينطوي على العديد من المعاني الثقافية والاجتماعية والسياسية والاقتصادية أو ما يُعرف عموماً في أوروبا وأستراليا باسم "E.S. D"، وترمز هذه الأحرف إلى عدة كلمات فالحرف (E) يرمز الى الآيكولوجيا والاقتصاد، والحرف (S) للتعبير عن الجوانب الاجتماعية والثقافية والحرف (D) للتنمية والتصميم.

*** جودة البيئة الداخلية**

نظرة عامة يمثل مصطلح "جودة البيئة الداخلية" (IEQ) مجالاً يشمل مجالات فرعية متنوعة تؤثر على حياة الإنسان داخل المبنى. وتشمل هذه جودة الهواء الداخلي (IAQ)، والإضاءة، والراحة الحرارية، والصوتيات، ومياه الشرب، وبيئة العمل، والإشعاع الكهرومغناطيسي، والعديد من العوامل ذات الصلة. إذ يمكن أن تؤدي الجودة البيئية المحسنة إلى تحسين نوعية حياة شاغليها، وزيادة قيمة إعادة بيع المبنى، وتقليل العقوبات المفروضة على مالكي المباني. كذلك تلعب ال (IEQ) في المكاتب وأماكن العمل الأخرى دوراً حاسماً في عائد استثمار الشركات. ومن الواضح أن مكان العمل الذي يحتوي على نسبة عالية من الكفاءة العالية يحسن صحة العمال ومزاجهم، وبالتالي يزيد من إنتاجيتهم. لذلك، سيتم سداد التكلفة الإضافية للحفاظ على مستويات عالية من الـــ (IEQ) في أماكن العمل في مدة معقولة وتولد عوائد نقدية إضافية بعد ذلك. تجدر الإشارة إلى أن المباني التي يتم تصنيفها على أنها "مستدامة وخضراء" لا تضمن حقاً امتثالها لمستوى الـــ (IEQ) [3]، يجب إعطاء الـــ (IEQ) تركيزاً محدداً أثناء تصميم المباني الجديدة وكذلك في خطط تحديث المباني.

---

[1] Konbr, Usama Abd-Elnabi. *Sustainability of the Residential Zones in the New Urban Communities in Greater Cairo Region—An Approach for Sustainability Aspects Assessment*. PhD diss., Al-Azhar University, Faculty of Engineering, Department of Architecture, 2005. https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2190.1202.

[2] Loftness, V. "Sustainable Built Environments: Introduction." In *Sustainable Built Environments*, edited by V. Loftness. *Encyclopedia of Sustainability Science and Technology Series*. New York: Springer, 2020. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-0684-1_925.

[3] Lu, Man, Guifang Fu, Nisreen Beshir Osman, and Usama Konbr. "Green Energy Harvesting Strategies on Edge-Based Urban Computing in Sustainable Internet of Things." *Sustainable Cities and Society* 75 (2021): 103349. https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103349.

*** جودة الإضاءة**

وهو المصطلح المستخدم للتعبير عن بعض العوامل المتعلقة بمدى وضوح الضوء المنبعث، والذي يؤثر بالتبعية على وضوح الرؤية للموجودات في المنزل مثل، إيحاء درجة الحرارة المنبعثة من مصدر الضوء، فقد يكون مائلاً إلى اللون الأحمر والأصفر والبرتقالي فيعطون الإحساس العام بالدفيء والحرارة، أو أن يكون مائلاً لدرجات اللون الأزرق والنيلي الذي يعكسون لنا إحساس البرودة. وينقلنا ذلك إلى العامل الأكثر أهمية وهو ما يُعرف بمصير لون الضوء المنعكس، والذي يعني مدى قدرة الضوء المنبعث من مصدره على عكس طبيعة ألوان حقيقية للموجودات المختلفة المحيطة به، ويمكن تعيينه على مقياس مئوي معتمد تدريجه 1:100 المعروف بالـ (CRI) كما يعد وهج مصدر الضوء عاملاً رئيساً آخر من عوامل جودة الإضاءة وتحديد أنواع الإضاءة في المنزل، والذي يُعبر عن السطوع الزائد الغير مرغوب فيه في بعض أنواع الإضاءات، لإنه قد يؤثر سلباً على وضوح اللون المنبعث مع زيادة تأثير انعكاس الألوان بما قد يعطي تأثيراً غير مريح للعين من الموجودات بالمنزل [1].

*** أنظمة الإضاءة**

تُمثِل أنظمة ضوء النهار إحدى أهم الأنظمة والتقنيات الذكية السالبة التي تعتمد على التصميم المعماري الجيد والتقنيات المتاحة فضلاً عن الاعتبارات المتعلقة بتوفير الراحة البصرية والحرارية كونها تُراعي أنظمة ضوء النهار الذكي كلٍ من، الكسب والفقدان في الحرارة، الوهج، الراحة البصرية، التوفير في الطاقة. وذلك من تجميع الضوء وتعزيزه باستخدام العواكس ونقله إلى الفضاءات الداخلية والبينية للمبنى، أو من إعادة توجيه وتوزيع ضوء النهار إلى الفضاءات التي تحتاج إلى الضوء وتحسين التوحيد في مستويات الإضاءة على السطوح الداخلية والخارجية، مثل تقليل المستويات الزائدة بالقرب من النافذة، وإعادة توزيع الضوء على الجزء الخلفي من المساحة، أو كليهما. بالإضافة إلى امكانية التحكم في أشعة الشمس المباشرة لتحقيق الراحة البصرية[2].

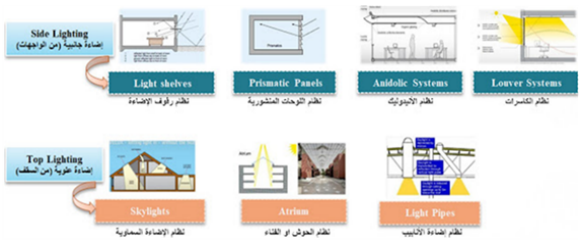
وقد تم تصنيف أنظمة الإضاءة النهارية إلى نوعين أساسيين، كما يوضح الشكل (1):-

١- أنظمة جانبية: يقصد بها أنظمة الإضاءة في واجهات المبنى.

٢- أنظمة علوية: يقصد بها أنظمة الإضاءة في أسقف المباني.

[1] Knaack, Ulrich, Tillmann Klein, Marcel Bilow, and Thomas Auer. *Façades: Principles of Construction*. Basel: Birkhäuser Verlag AG, 2007. Part of Springer Science+Business Media. ISBN 978-3-7643-7962-9. Printed in Germany.

[2] Crisinel, M., M. Eekhout, M. Haldimann, and R. Visser, eds. *Glass & Interactive Building Envelopes*. Vol. 1 of *Research in Architectural Engineering Series*. Delft: Delft University Press, 2007. ISBN 978-1-58603-709-3 (print), 978-1-60750-223-4 (online).



الشكل (1) تصنيف أنظمة الإضاءة النهارية

١ – جودة الهواء: مؤشر نوعية الهواء هو مقياس للحالة الجوية بالنسبة لمتطلبات نوع واحد أو أكثر من الكائنات الحيوية أو إلى حاجة أي إنسان أو غرض ما. مؤشرات نوعية الهواء أو الـ (AQI) هي أرقام يتم استعمالها من قبل الوكالات الحكومية لتوصيف نوعية الهواء في مكان معين. كلما ارتفعت قيمة هذه المؤشرات، تناسبت على نحو متزايد من السكان ومن المرجح أن تشهد آثاراً صحية ضارة. يتطلب وجود تركيز ملوثات في الهواء لاستعمال هذه المؤشرات في الحسابات الالكترونية من شاشة أو نموذج. الدالة التي تستخدم لتحويل تركيز الملوثات في الهواء تتغير بتغير الملوث، وهي مختلفة من بلد لآخر. وتقسم قيم مؤشر جودة الهواء في نطاقات، ويتم تعيين كل مجموعة بوصف ولون يرمز لها[1] تستخدم المؤسسات الحكومية مؤشر نوعية الهواء الـ (AQI) للتواصل مع العامة حول مقدار تلوث الهواء الحاصل في الوقت الحالي أو للتنبؤ بهذا المقدار. وتزداد مخاطر الصحة العامة مع ارتفاع قيمة مؤشر نوعية الهواء، إذ يمتلك كل بلد مؤشرات جودة هواء خاصة به تتوافق مع مُختلف المعايير الوطنية لنوعية الهواء. بما في ذلك، مؤشر الصحة ونوعية الهواء (كندا)، ومؤشر تلوث الهواء (ماليزيا)، ومؤشر معايير التلوث (سنغافورة). وقد صُنفت **معالجات جودة الهواء في الفضاءات الداخلية للمباني الى نوعين، هما:–**[2]

أولاً: أنواع أنظمة التهوية الطبيعية (الواجهات المزدوجة)

١ – الواجهات الصندوقية (Box Facade)

٢ – واجهة الهياكل الصندوقية (Facade Shaft Box)

٣ – واجهة ممر الهواء (Corridor Facade)

٤ – الواجهة متعددة الطوابق (Multi Story Facade)

٥ – الواجهة ذات شرائح التهوية (Louvers Facade)

ثانياً: أنواع الواجهات المزدوجة تبعاً لحركة الهواء

١ – نظام التجويف العازل (Buffer System)

٢ – نظام استخراج الهواء (Extract-Air System)

٣ – نظام الوجه المزدوج (Twin-Face System)

*** مؤشرات الإطار النظري**

١ – تُقاس مدى فعالية نمذجة معلومات البناء في تقليل هدر المواد من اعداد الحسابات الدقيقة والتوظيف الفعّال للمواد،

[1] Anderson, Collin. *Esplanade - Theaters on the Bay*. In *The Master Architect Series: DP Architects*, 36-42. Australia: The Images Publishing Group Pty Ltd, 2012.

[2] El-Adwy, Muna Saeed Mahmoud Mohamed. *The Role of Technology in the Application of Green Architecture Principles*. Master's thesis, Faculty of Engineering at Shoubra, Benha University, 2019. Cairo, Arab Republic of Egypt.

علاوة على، قيامها بتتبع نسبة المواد الصديقة للبيئة والقابلة لإعادة التدوير المدمجة في مشاريع التصميم الداخلي.

٢- تدعم نمذجة معلومات البناء تقييم التخفيض في استهلاك الطاقة في الفضاءات الداخلية والتحسين الاستراتيجيات المحافظة للطاقة. وبالتالي تساعد استراتيجيات التصميم القائمة على نمذجة معلومات البناء وتدابير كفاءة الطاقة في التقليل من انبعاث الغازات المسببة للاحتباس الحراري في العالم.

٣- تيسر نمذجة معلومات البناء للمصممين اختيار المواد منخفضة الانبعاثات وأنظمة التهوية المحسّنة في الفضاءات بما يدعم التحسينات في جودة الهواء الداخلي.

٤- تتيح تكاملية بيانات تقييم دورة الحياة في عمليات التصميم مع نمذجة معلومات البناء من قياس التأثيرات البيئية الإجمالية للمواد المستخدمة، من الإنتاج إلى الإزالة.

٥- معلومات البناء هي نموذج شامل جميع معلومات وبيانات البناء أو المشروع أي أن هذا الأنموذج لا يقتصر على شكل ثلاثي الأبعاد فحسب بل بالعكس هو تقنية أو نظام مُحاكاة يشمل وصف دقيق لجميع العمليات التي سيمر بها المشروع الداخلي.

٦- ترتكز الاستدامة على ثلاث ركائز أو أبعاد رئيسة وهي (البعد البيني والذي يمنع الاستغلال الجائر للموارد الطبيعية ويحافظ على البيئة، والبعد الاجتماعي الذي يلبي احتياجات الإنسان ويحترم حقوقه وثقافته، والبعد الاقتصادي ويتمثل في الإدارة المثلى للموارد الطبيعية وحساب التكاليف).

٧- تستهدف الاستدامة حدوث تكامل بين كل من البيئة والاجتماع والاقتصاد، وذلك لتوفير الاحتياج الحالي والمستقبلي للمجتمعات بما يُحافظ على البيئة والموارد الطبيعية وذلك من مجموعة أهداف تحقق مستويات الاستدامة الثلاثة.

٨- تم صياغة مجموعة من القواعد المعرفية للتصميم المستدام، وهي: وجوب تكامل التصميم، وعظم أثر القرارات التصميمية المبكرة، والبعد عن التعقيد واعتماد البساطة،

٩- يعتبر كل جزء من أجزاء التصميم الداخلي المتكامل المستدام جزءاً حيوياً للكل، والاعتماد على المصادر الطبيعية وتهيئة الجو المناسب للمستخدم واقتصادية التشغيل، والاهتمام بمفاهيم الصحة البشرية، وغير ذلك.

١٠- يوجد مجموعة من المبادئ التي يختص بها التصميم المستدام وهي، (فهم المكان، والارتباط بالطبيعة، وفهم العمليات الطبيعية، وفهم التأثيرات البيئية، واعتناق فكرة عمليات التصميم الإبداعي المشترك، وفهم الناس).

١١- تأتي أهداف التصميم الداخلي المستدام كانعكاس لأهداف الاستدامة نفسها، وتتمثل بـــ:-

أ- الأهداف البيئية المستدامة في تقليل التأثيرات السلبية على البيئة المحيطة والمبنية،

ب- الأهداف الاجتماعية المُستدامة في تحسين نوعية الحياة وتلبية الاحتياجات وتحقيق الرخاء للمستخدمين،

ج- الأهداف الاقتصادية المستدامة في الإدارة المثلى للموارد ودراسة التكاليف.

١٢- يخضع التصميم الداخلي لعدة مؤثرات، وهي مؤثرات البيئة الطبيعية الخارجية، ومؤثرات البيئة البينية أو الترابطية، والمؤثرات الداخلية، والمؤثرات الفكرية.

١٣- تكمن أهمية التصميم الداخلي المستدام في الأثر الإيجابي على الإنسان والفضاء والبيئة، ومن ذلك تحسين الإطار الحياتي

وتطوير التصميم، وتأسيس نموذج لبيئة داخلية تلبي متطلبات الراحة المختلفة للإنسان داخل الفضاء الذي يشغله.

*** منهجية البحث**

اعتمد البحث على المنهج الوصفي في تحليل عينة البحث لتحقيق أهدافه، وقد تم اختيار هذا المنهج لقدرته على توفير فهم مفصل وشامل للموضوع، وتم استخدام أدوات المنهج الوصفي، وتحديداً أداة استمارة التحليل، لإجراء الدراسة، وقد اعتبر هذا المنهج مناسباً لأنه يتطلب معرفة وافية ودراية بكل تفاصيل الدراسة لضمان تحقيق أهدافها. بالإضافة إلى ذلك، أدرجت الدراسة متغير تقليل البصمة الداخلية لتعزيز شمولية التحليل. إذ يعد تقليل البصمة للفضاءات الداخلية متغيراً حاسماً يقيس فعالية استخدام الفضاء وتقليل التأثير البيئي داخل الفضاءات الداخلية. وعليه تم تصميم أداة استمارة التحليل لجمع وتقييم البيانات حول جوانب مختلفة من عينة البحث، بما في ذلك التخطيط الفضائي، واستخدام المواد، وكفاءة الطاقة، وتقليل البصمة البيئية الداخلية. مكنت هذه الأداة الباحثين من تقييم مدى مساهمة ممارسات التصميم الداخلي في التنمية المستدامة وكفاءة الموارد بشكل منهجي.

*** مجتمع البحث**

تألف مجتمع البحث من مشاريع داخلية دولية تم إنشاؤها باستخدام نظام نمذجة معلومات البناء (BIM) في الولايات المتحدة الأمريكية. وقد تم اختيار المشاريع التي تم إنشاؤها باستخدام تقنيات BIM والخاضعة لمعايير الاستدامة لضمان مستوى عالٍ من الأداء البيئي وجودة التصميم. كما تم اختيار نماذج البحث من شبكة المعلومات الدولية وهي مسجلة بين المشاريع العالمية، مما يضمن عينة متنوعة وتمثيلية.

ولإجراء الدراسة بشكل فعال، تم تصميم أداة البحث للتركيز على عدد محدود من المشاريع لعدة أسباب رئيسة:-

١- وفرة المشاريع المستندة على نمذجة معلومات البناء ذات معايير الاستدامة: توجد مشاريع عديدة تم إنشاؤها باستخدام BIM وتطبق معايير الاستدامة. لتضييق مجتمع البحث، تم تضمين المشاريع المشتركة المسجلة في الولايات المتحدة فقط. ضمن هذا النهج مجموعة بيانات قابلة للإدارة ومُركزة مع الحفاظ على الصلة بأهداف الدراسة.

٢- موثوقية مصادر نموذج البحث: مصدر نماذج البحث موثوق به قانونياً ورسمياً، ويوفر بيانات سليمة علميًا وعمليًا. هذه الموثوقية ضرورية للحصول على رؤى صالحة وقابلة للتنفيذ من الدراسة.

٣- استبعاد المشاريع المستندة على نمذجة معلومات البناء غير المستدامة: تم استبعاد المشاريع التي استخدمت تكنولوجيا نمذجة معلومات البناء فقط دون الالتزام بمعايير الاستدامة، مثل LEED. وقد ضمن هذا الاستبعاد أن العينة تضمنت فقط المشاريع التي التزمت بالاستدامة.

٤- التركيز على شهادة LEED الفضية والاستدامة في تصميم مشاريع الرعاية الصحية: تهدف المشاريع المختارة إلى تحقيق متطلبات شهادة LEED الفضية ومعايير الاستدامة الخاصة بالرعاية الصحية على مستوى التصميم البيئي. والتي استخدمت هذه المشاريع تطبيقات نمذجة معلومات البناء لتحسين جودة الفضاءات الداخلية، مع التركيز بشكل خاص على تحسين البيئة الداخلية.

علاوة الى كل ما تقدم، تم دمج متغير تقليل البصمة الداخلية في معايير اختيار عينة البحث. إذ يقيس هذا المتغير

كفاءة استخدام المشروع والحد من التأثير البيئي للفضاءات الداخلية. لذا تم اختيار المشاريع المدرجة في مجتمع البحث على وجه التحديد لجهودها لتحقيق تخفيضات كبيرة في البصمة البيئية للفضاءات الداخلية. وقد شمل ذلك استراتيجيات مثل التخطيط الفضائي الفعّال، واستخدام المواد المستدامة، ودمج التقنيات المتقدمة للحد من استهلاك الطاقة وتحسين جودة الهواء الداخلي.

*** عينة البحث**

تألفت عينة البحث من مشاريع التصميم الداخلي التي تم اختيارها بناءً على استخدامها لنظام نمذجة معلومات البناء، مع التركيز بشكل خاص على تحقيق جودة هواء وإضاءة كفؤة ضمن نطاق الحد من البصمة البيئية في التصميم الداخلي. وقد ضمن هذا المعيار أن المشاريع المختارة لم تكن متقدمة من الناحية التكنولوجية فحسب، بل ملتزمة أيضاً بتعزيز الظروف البيئية الداخلية بما يتماشى مع الممارسات المستدامة. ولتحديد المشاريع الأكثر ملاءمة، تم إجراء تحقيق ومسح مكثف للنماذج المتاحة في شبكة المعلومات الدولية. ولقد تضمنت هذه العملية مراجعة دقيقة لمصادر مختلفة، بما في ذلك قواعد بيانات المشاريع وتقارير الاستدامة والمنشورات الرسمية للشركات المشاركة في هذه المشاريع. وكان الهدف هو العثور على المشاريع التي حصلت على شهادة النجمة الفضية وفقاً لمعايير الريادة في الطاقة والتصميم البيئي (LEED)، مما يدل على التزام قوي بالاستدامة. وبعد تحقيق شامل للمجتمع البحثي، تم اختيار ثلاث مشاريع، تقع جميعها حصرياً في الولايات المتحدة الأمريكية المدرجة في الجدول (2). والتي تم اختيارها لتنوع نهجها للاستدامة وتوزيعها الجغرافي، مما يوفر منظوراً واسعاً حول كيفية تنفيذ المناطق المختلفة لممارسات التصميم الداخلي المستدام. وقد حقق كل مشروع شهادة LEED الفضية، مما يضمن تلبية المعايير العالية للأداء البيئي.

الجدول (1) العينة المنتخبة للبحث

ت	اسم المشروع	اسم الشركة	موقع المشروع – الدولة	سنة التنفيذ
1	مركز سوتر الطبي/ Sutter Medical Center	Devenney Group	ولاية كاليفورنيا – أمريكا.	2013
2	مستشفى ميريلاند العام / Maryland General Hospital	Clark Banks Group	بالتيمور – ولاية ميريلاند – أمريكا.	2010
3	فندق ماريوت/ Courtyard by Marriott	SERA Architects	ولاية بورتلاند – أمريكا.	2009

*** أدوات البحث**

الأدوات المستخدمة في جمع المعلومات/ اعتمد البحث على عدة طرق لجمع المعلومات. في المقام الأول، استخدمنا الأدبيات الإلكترونية المتاحة على شبكة المعلومات الدولية فيما يتعلق بنماذج العينة. وشمل ذلك مراجعة شاملة للدراسات السابقة المتعلقة بنماذج البحث المختارة والمعلومات المنشورة عن هذه المشاريع من قبل الشركات التي أسهمت في إنشائها على مواقعها الرسمية. بالإضافة إلى ذلك، تم تطبيق استمارة ملاحظة لتجميع وتقييم جميع البيانات التي تم جمعها من هذه المصادر. وقد ركزت الدراسة على متغير تقليل البصمة البيئية للفضاءات الداخلية في عملية جمع البيانات. لذا شملت المصادر تقارير المشاريع وتقييمات الاستدامة ودراسات الحالة التي وثقت تدابير مثل كفاءة استخدام المشروع واختيار المواد وجهود الحفاظ على الطاقة. بما ييسر الدراسة إلى توفير فهم أكثر دقة لممارسات الاستدامة في التصميم الداخلي.

*** الأدوات المستخدمة في التحليل**

استخدمت مرحلة التحليل استمارة محاور تحليل المحتوى[1] لتقييم المعلومات المكتوبة المتاحة حول النماذج بشكل منهجي. وقد تم اختيار هذه الأداة بسبب ملاءمتها لفحص الإجراءات المتبعة في عملية التصميم ومتغيرات الاستدامة المتعلقة بالفضاءات الداخلية، والتي هي مفاهيمية إلى حد كبير ولا تعالج بشكل مباشر الجوانب البصرية للمشاريع الداخلية. ولضمان صحة أداة تحليل المحتوى، تم تقديمها إلى مجموعة من الخبراء[2] في هذا المجال لمراجعتها وإبداء ملاحظاتهم. كما قام الباحث بالتحقق من معامل ثبات أداة البحث من خلال الاعتماد على الاتساق بين المحللين الخارجيين[3]. ضمنت عملية التحقق الصارمة هذه أن أداة التحليل كانت موثوقة ودقيقة في التقاط العناصر الأساس للاستدامة وعمليات التصميم في المشاريع المختارة.

*** (الأنموذج الأول – مركز سوتر الطب/ Sutter Medical Centre)[4]**

*** وصف المشروع**

يتضمن المشروع إنشاء مرفق رعاية صحية داخل حرم جامعة إيدن، ويتكون المستشفى من سبع طوابق بسعة 130 سريراً. وتم تنفيذ البناء من قبل (OSHPED) (مكتب التخطيط والتنمية الصحية على مستوى الولاية)، والمعروف بخبرته في مرافق الرعاية الصحية. التزم المكتب بشكل صارم بتفويض المشروع منخفض التكلفة مع ضمان معايير عالية للجودة للاستدامة البيئية والامتثال للوائح الرعاية الصحية. تضمن نهجهم تقنيات البناء المتقدمة وإدارة الموارد الفعّالة، بدعم إضافي من قبل نمذجة معلومات البناء، الذي مكنت أدواته من استثمار المشروع بدقة، مما يضمن استخدام كل متر مربع بشكل فعال. مما قلل هذا من تكاليف البناء، فضلاً عن تعزيزه لاستدامة المبنى من تقليل استخدام المواد واستهلاك الطاقة بهدف التقليل من أثار البصمة البيئية الناجمة عنه.

*** استخدام تطبيقات نمذجة معلومات البناء**

فيما يتعلق بنمذجة معلومات البناء، طُلب من كل عضو في فريق الهندسة تقديم تصميمه في شكل ثلاثي الأبعاد للحصول على قائمة شاملة بالأنظمة المستخدمة في عملية النمذجة. وقد سهّل هذا النهج تحقيق الأهداف الرئيسة المتمثلة، بحساب التكلفة المبكرة وتعديل التصميم، من إشراك المقاولين في وقت مبكر لحساب وتحديد تكاليف التنفيذ،

---

[1] الملحق (1)

[2] الخبراء:-

أ. م. د. حسنين صباح داود/ تصميم داخلي/ كلية الفنون الجميلة - جامعة بغداد.

أ. م. د. صفا محمود ناجي/ تصميم داخلي/ كلية الفنون الجميلة - جامعة بغداد.

م. د. آراء عبدالكريم حسين/ تصميم داخلي/ كلية الفنون الجميلة - جامعة بغداد.

[3] المحللين الخارجيين:-

م. م. ايناس كاظم هواش/ تصميم داخلي/ جامعة بغداد.

م. م. زهراء حازم محمد/ تصميم داخلي/ جامعة الأمين الأهلية.

[4] https://devenneygroup.com/

استخدام تطبيقات نمذجة معلومات البناء في جميع مراحل التصميم والتفاصيل والتصنيع الرئيسة، تحسين الاتصال والتعاون إذ تم تسهيل التعاون باستخدام نموذج ثلاثي الأبعاد، مما ضمن الدقة والتكامل عبر النماذج المختلفة التي يستخدمها أعضاء الفريق، إدارة الجدول الزمني ومراجعة المهام، إذ تمت مراجعة جدول مهام التصميم باستمرار لضمان تقديم المتطلبات في الوقت المناسب، علاوة على ما ورد ذكره تم دمج متغير تقليل البصمة البيئية في عمليات نمذجة معلومات البناء، مما اتاح للفريق من تحسين الكفاءة الفضائية للتصميم. وشمل ذلك تقليل المساحة المادية للمبنى دون المساس بالوظائف، وبالتالي المساهمة في مشروع أكثر استدامة وفعالية ناحية التكلفة.

*** أنظمة نمذجة معلومات البناء ومراحل استخدامها في المبنى**

تم استخدام برنامج ريفيت في تخصصات العمارة والبناء، بينما تم استخدام أوتوكاد (ثنائي الأبعاد وثلاثي الأبعاد) للأعمال الميكانيكية والكهربائية والصحية والحماية من الحرائق وغيرها من التخصصات، مع إمكانية التبادل السلس بينها. أدى هذا التوافق إلى العديد من الحلول والبدائل المتعلقة بأعمال التصميم والبناء وإدارة المشاريع ومراحلها. كما تم تطبيق المحاكاة ببرنامج ريفيت على النمذجة الداخلية والخارجية للمبنى وعلى مستوى التصميم التفصيلي. وعن طريق دمج متغير تقليل البصمة البيئية في عمليات نمذجة معلومات البناء، مما مكن المصممين من التخطيط الدقيق والاستفادة من المساحة، مما يضمن تصميم الفضاءات الداخلية لتحقيق أقصى قدر من قابلية الاستخدام مع تقليل المساحة المربعة غير الضرورية. وقد ضمن هذا التكامل تقليل الحيز الداخلي للمبنى إلى أدنى حد، مؤدياً إلى تعزيز الكفاءة والاستدامة الشاملة للمشروع.

التحليل: محور التحليل الأول

*** معلومات المشروع**

تم تنفيذ هذا المشروع لتلبية احتياجات الصحة العامة، وهو غير ربحي وقد لعب استخدام تقنيات نمذجة معلومات البناء دوراً حاسماً في تحقيق أهداف المشروع من كونه يؤكد على الكفاءة والاستدامة. ونظراً لجدول التسليم السريع والميزانية المحدودة، فقد لعبت نمذجة معلومات البناء دوراً فعالاً في ضمان تنفيذ جميع مراحل التصميم والتخطيط والبناء بكفاءة وفعالية. كما سهّل تطبيق نمذجة معلومات البناء التخطيط التفصيلي والتنسيق والمحاكاة، والتي كانت حيوية للحفاظ على الجدول الزمني للمشروع والقيود المفروضة على التكلفة. وقد كان أحد أهداف الاستدامة الرئيسة للمشروع هو الحد من البصمة البيئية. بذا انصب التركيز على تحسين الكفاءة الفضائية، وعليه قلل فريق التصميم من البصمة المادية للمبنى دون المساس بوظائفه. وشمل لتحقيق هذا النهج، التخطيط الاستراتيجي للفضاءات والمناطق متعددة الوظائف واستخدام عناصر التصميم المعيارية، ورفع كفاءة وتدابير إعادة تدوير المياه في التصميم لتقليل استهلاك المياه، فضلاً الى التتبع الدقيق وإدارة هذه المواد طوال عملية البناء من اعطاء الأولوية لخيارات إعادة التدوير وانخفاض الانبعاثات لهذه المواد، كذلك تحسين أداء الطاقة في المبنى من تقليل استهلاك الطاقة في المبنى بشكل كبير، وبالتالي ضمنت أنظمة التهوية المتقدمة واختيار المواد منخفضة الانبعاثات جودة عالية للهواء الداخلي، كذلك عززت نمذجة معلومات البناء النهج التعاوني

من الحصول على التحديثات في الوقت الفعلي واكتشاف التعارضات والتكامل السلس لعناصر التصميم الداخلي والبناء المختلفة.

*** المقترحات التصميمية باستخدام نمذجة معلومات البناء**

إذ تم تقديم مقترحات في عمليات التصميم لهذا المشروع باستخدام نمذجة معلومات البناء لتوفير الوقت من تطبيق تقنياتها. كما تم استخدام المحاكاة مع برنامج (Revit) للنمذجة الداخلية والخارجية للمبنى وعلى مستوى التصميم التفصيلي. كما تم توظيف (Strucsoft metal) لإنشاء وتصميم قوائم المعادن وتتبع هذه التصاميم في (Revit)، بالإضافة إلى نقل البيانات بين (Revit وETABS) لتحليل التصميم. مما سمح من تقليل الأخطاء وتكرار التصميم وذلك بدمج جميع البيانات والمعلومات في برنامج (Revit) بالتنسيق بين النماذج المختلفة، مما قلل من التناقضات ومكّن من تعديل التصميم حسب الحاجة، كذلك تميز المشروع بتحقيق تعاون فعال بين مصممي الفضاءات الداخلية والمهندسين المعماريين والحرفيين والمقاولين. وقد استند هذا التعاون إلى بيانات المشروع المنشورة وأُجري شخصياً وافتراضياً، وهذا ما أسهم من توصيل الفكرة بشكل فعال إلى المالك بوساطة المخططات والنماذج ثلاثية الأبعاد، مما يسمح بتصور واضح للمشروع وتمكين اتخاذ قرارات مدروسة. وقد أفضى تركيز فريق المكتب على الحد من البصمة البيئية من تحسين الكفاءة الفضائية للمبنى، وذلك عن طريق تقليل المساحة المادية دون المساس بالوظائف مما يضمن تصميم الفضاءات الداخلية لتحقيق أقصى قدر من قابلية الاستخدام مع تقليل المساحة المربعة غير الضرورية.

*** محور التحليل الثاني**

*** تكاملية عمل نمذجة معلومات البناء في التصميم الداخلي**

تم استخدام برنامج (Revit) في مجال العمارة والبناء، وتم استخدام برامج (AutoCAD) ثنائية الأبعاد وثلاثية الأبعاد في مجالات الأعمال الميكانيكية والكهربائية والصحية والحماية من الحرائق وغيرها، مع إمكانية تبادل البيانات بينها. وقد أدى هذا التوافق إلى العديد من الحلول والبدائل المتعلقة بالتصميم والبناء وإدارة المشاريع ومراحلها. كما تم استخدام المحاكاة مع برنامج (Revit) لكل من النمذجة الداخلية والخارجية للمبنى على مستوى التصميم التفصيلي. وتم استخدام (Strucsoft metal) لإنشاء وتصميم قوائم المعادن، وتتبع هذه التصاميم في (Revit)، ونقل البيانات بين (Revit وETABS) لتحليل التصميم. لم يتم استخدام النمذجة للتصميم فحسب، بل وأيضاً للتحليل والتقييم من دمج جميع البيانات والمعلومات في (Revit). سمح هذا بتنسيق النماذج المختلفة لاكتشاف التعارضات وتعديل التصاميم واكتشاف التداخلات بين التخصصات، وبالتالي تقليل التكاليف ووقت التنفيذ. كما ركز فريق التصميم على تحسين الكفاءة الفضائية طوال المشروع. وشمل ذلك تقليل البصمة المادية للمبنى دون المساس بالوظائف، مما يسهم في مشروع أكثر استدامة وفعالية من ناحية التكلفة. كما مكنت أدوات نمذجة معلومات البناء من التخطيط الدقيق والاستفادة من المشروع، مما ضمن تصميم الفضاءات الداخلية للمشروع من تحقيق أقصى قدر من قابلية الاستخدام مع تقليل المساحة المربعة غير الضرورية. كما سهّلت نمذجة معلومات البناء من تطوير بدائل حل مختلفة لتلبية التصميم المستهدف،

مما أدى إلى انخفاض كبير في التكلفة المقدرة وتقليل النفقات الطارئة طوال مراحل المشروع، وقد أدى هذا الانخفاض في النفقات الطارئة إلى تقليل التأخير والتكاليف الإضافية، وعززت أيضاً من توظيف التجميعات الجاهزة خارج الموقع، من التصنيع المسبق إلى التثبيت في الموقع، كبديل للعمالة والمواد في الموقع وبالتالي تسريع عملية البناء وتصميم الفضاءات الداخلية.

*** محور التحليل الثالث**

*** معايير الاستدامة لتقليل البصمة البيئية في التصميمي الداخلي**

تم تحقيق متطلبات الشهادة الفضية (LEED Silver) ومعايير اعتمادها للرعاية الصحية على مستوى التصميم البيئي عن طريق استخدام تطبيقات نمذجة معلومات البناء وخاصة فيما يتعلق بنمذجة الطاقة. إذ اتسمت سياسة العمل في هذا المشروع من تحقيقه لأهداف الاستدامة والوصول الى الحصول على هذه الشهادة بوساطة عملية التصميم والبناء ومراعاة تصميم وبناء مرافق الرعاية الصحية المعقدة، والتعاون الأفضل لتحسين جودة الفضاءات من تحقيق معايير الاستدامة، بالإضافة الى كفاءة المياه والطاقة وتدوير المواد.

*** مخرجات الاستدامة لتقليل البصمة البيئية في التصميمي الداخلي**

اعتمد النموذج على مقاييس كمية لأداء الاستدامة، وهي الراحة الحرارية، واستهلاك المياه، وجودة الإضاءة، واستخدام المواد، وجودة الهواء، والحد من البصمة البيئية. وتضمن مخرجات الاستدامة هذه نهجاً شاملاً للحد من البصمة البيئية في التصميم الداخلي. وذلك من خلال تحسين الراحة الحرارية، يضمن التصميم الحفاظ على البيئات الداخلية في درجات حرارة مريحة على مدار العام، كما اشتمل التصميم على تركيبات تدفق منخفضة وأنظمة تزويد فعالة وطرق إعادة تدوير المياه لتقليل استخدام المياه في المشروع، وقد ساعدت أدوات نمذجة معلومات البناء في محاكاة توزيع الضوء الطبيعي، مما يسمح بالوضع الأمثل للنوافذ وتركيبات الإضاءة، مما ضمن للمشروع من الحصول على إضاءة عالية الجودة مع تقليل استهلاك الطاقة محوراً رئيساً في استدامة المشروع، فضلاً الى اعطاء التصميم الأولوية للمواد المعاد تدويرها أو المتجددة أو التي لها تأثير بيئي منخفض، كما اشتمل التصميم على أنظمة تهوية متقدمة ومواد منخفضة الانبعاثات ونباتات داخلية لتحسين جودة الهواء، اضف الى ذلك تضمن التخطيط الاستراتيجي للفضاء الداخلي والأثاث متعدد الوظائف وتصميمات تخطيط فعالة، مما يضمن استخدام كل متر مربع بشكل فعال، ومن دمج كل هذه التدابير ضمن معلمات التحليل التفصيلي والمحاكاة باستخدام نمذجة معلومات البناء، أدى هذا للمصممين من اتباع نهج تصميمي شامل إلى تقليل كبير في البصمة البيئية، وبما يعزز للمؤسسة الراعية بيئة مبنية أكثر صحة واستدامة للمستخدمين.

*** (الأنموذج الثاني – مستشفى ميريلاند العام/ MGH)**
Maryland General Hospital[1]

*** وصف المشروع**

*** هدف المشروع**

يهدف المشروع إلى إضافة حوالي 9600 متر مربع من المساحة إلى مستشفى ماريلاند العام (MGH) وربطه بالمبنى القديم. يشمل هذا التوسع ثمانية أجنحة تشغيلية جديدة وعيادات متخصصة ووحدات عناية مركزة ومختبرات وصيدليات. بالإضافة إلى ذلك، يهدف المشروع إلى تحقيق تقليل البصمة البيئية من تحسين استخدام الفضاء الداخلي للمنشآت الجديدة والقائمة.

استخدام تطبيقات نمذجة معلومات البناء/

استخدمت تطبيقات نمذجة معلومات البناء بشكل أساس في إدارة عمليات التصميم والبناء. ومع ذلك، في هذا المشروع، تم استخدام نمذجة معلومات البناء طوال دورة حياة المبنى بالكامل. كانت الأهداف الرئيسة هي البناء والتنفيذ والصيانة وإنشاء قاعدة بيانات مركزية مرتبطة بنموذج ثلاثي الأبعاد (3D). ولقد تم استخدام نمذجة معلومات البناء لإعداد عملية الإدارة والبناء، على الرغم من أنه لم يتم استخدامها أثناء مرحلة التصميم الأولية. تم إنشاء نموذج أثناء مرحلة التنفيذ لتحديد وحل الاختلافات والتناقضات بين جميع عناصر المشروع. وقد مكّنت نمذجة معلومات البناء من تسجيل وتوفير معلومات دقيقة حول البيئة المبنية، مما يسهّل الإدارة والتنفيذ الفعّال للمبنى، وإنشاء قاعدة بيانات مركزية يمكن الوصول إليها من قبل جميع العاملين في المشروع. مسهماً بذلك في تثبيت جميع الأنظمة الهندسية بشكل صحيح، بما في ذلك الأعمال الكهربائية والميكانيكية، والذي كان مطلوباً على مستوى عالٍ من التنسيق. كما زاد النموذج المُنشأ من نمذجة معلومات البناء من هذا التنسيق، معززاً بذلك من كفاءة دمج الأنظمة الكهربائية والميكانيكية مع البنية التحتية الحالية. أضف الى ذلك جمعت التطبيقات المعلومات وأعادت تنظيمها الناتجة أثناء البناء، ودمجتها مع برامج إدارة المباني. كما تم جمع البيانات الميدانية عن طريق المسح، ومع تقدم المشروع، تراكمت البيانات. ومما يجدر الاشارة اليه بأنه قد تم تجميع نموذج المبنى للأنظمة الكهربائية والميكانيكية باستخدام برامج (Cad MAP & Cad Electrical). علاوة الى انه تم استخدام (Tekla Structure) كمنصة لنمذجة معلومات البناء متخصصة لإدارة بناء وصيانة المبنى. وقد تعاملت مع معلومات المشروع داخل قاعدة البيانات، بما في ذلك الأنظمة الهيكلية والمعمارية والتهوية والكهربائية والميكانيكية. وعليه فإن (Tekla Structure) سهل من تحقيق التكامل النموذجي، وتنسيق النموذج مع جميع العناصر والفضاءات الداخلية في المبنى، وحل التعارضات بين الوظائف المختلفة. كذلك استخدم تطبيق(Tiscor CMMS) لإدارة عمليات الصيانة وجداولها. بالإضافة الى قيام برنامج (CMMS) بتنظيم أوامر العمل للمشروع بين المصممين، وتحسين وقت التشغيل، وإنتاج تقارير مختلفة، ومراقبة الأداء. وقد أسهم هذا التكامل بين تطبيقات نمذجة معلومات البناء بشكل كبير في الحد من البصمة البيئية للفضاءات الداخلية من تحسين استخدام الفضاء وتعزيز كفاءة عمليات المبنى.

[1] https://www.clarkebanks.com/

التحليل: محور التحليل الأول

*** معلومات المشروع**

يعتبر مستشفى ماريلاند في ماريلاند مشروعاً تجارياً يهدف إلى توسيع وتعزيز مرافق المستشفى. يركز المحور الأول للمشروع على المفهوم وتحقيق أهداف المشروع وتقديم مقترحات مناسبة للتطوير. المشروع في مرحلة التشغيل حالياً، بعد تلبية جميع المتطلبات اللازمة للتنفيذ. الهدف الرئيس طوال هذه العملية هو تقليل البصمة البيئية لكافة مرفقات المشروع، وتحسين استخدام الفضاءات الداخلية لتعزيز الكفاءة والاستدامة.

*** مقترحات العمليات التصميمية باستخدام نمذجة معلومات البناء**

تُستخدم تطبيقات نمذجة معلومات البناء في المقام الأول لإدارة عمليات التصميم والبناء. ومع ذلك، في هذا المشروع، تم استخدام نمذجة معلومات البناء طوال دورة حياة المشروع الداخلي. فقد تواصل مصممو الفضاءات الداخلية بشكل فعال مع جميع أعضاء الفريق، وتمكن من الوصول إلى معلومات شاملة من ربط المعدات والإعدادات المادية بالتمثيل الافتراضي في النموذج ثلاثي الأبعاد المُعد بوساطة نمذجة معلومات البناء وقاعدة البيانات المركزية. دعّم لنا هذا التكامل جميع أنظمة الفضاء الداخلي، مما يعزز جودة الحياة داخل المستشفى. كما جعل نظام نمذجة معلومات البناء البيانات متاحة بسهولة، مما يساعد في القضاء على النفايات وتحسين دورة حياة المبنى وزيادة كفاءة الصيانة وتوفير وثائق إلكترونية دقيقة. وقد سمح هذا التسهيل للمصمم الداخلي بالالتزام بسهولة بمعايير البناء التي وضعها مجلس البلدية في الولاية التي تقع فيها المستشفى. وقد أظهر المشروع جدوى استخدام تقنيات نمذجة معلومات البناء في أي مرحلة، بما في ذلك بعد مرحلة تنفيذ التصميم، من التأكيد على الاستخدام المستمر وصيانة دورة حياة الفضاءات الداخلية. وعلى الرغم من هذه المزايا، لم يتم تطبيق نمذجة معلومات البناء بكامل إمكاناتها في هذا المشروع، مما حد من مدى فوائده. ومع ذلك، أسهم تطبيق نمذجة معلومات البناء بشكل كبير في تحقيق تقليل البصمة البيئية، وتحسين استخدام الفضاء، وضمان الإدارة والتشغيل الفعال للفضاءات الداخلية للمستشفى.

*** محور التحليل الثاني**

*** تكاملية عمل نمذجة معلومات البناء في التصميم الداخلي**

كان قوام استخدام تطبيقات نمذجة معلومات البناء هو دعم عمليات البناء والتنفيذ والصيانة من إنشاء قاعدة بيانات مركزية مرتبطة بنموذج ثلاثي الأبعاد. وقد وفر هذا للمصمم الداخلي تصوراً شاملاً للبنية التحتية للمشروع، مما مكن من تطوير تصميم داخلي يتماشى مع هذه البيانات المهمة. كان هذا التكامل حيوياً لإدارة المشروع وإنشائه بطريقة تلبي جميع متطلبات التصميم الداخلي، مع التركيز بشكل كبير على تقليل البصمة البيئية للفضاءات الداخلية. وعلى الرغم من عدم استخدام تطبيقات نمذجة المعلومات أثناء مرحلة التصميم الأولية، فقد تم استخدامها أثناء مرحلة التنفيذ لإنشاء نموذج يحدد ويحل التناقضات والتضاربات بين جميع عناصر المشروع. سهلت هذه العملية تسجيل وتوفير معلومات دقيقة حول البيئة الداخلية، مما عزز الإدارة الفعالة وتنفيذ التصميم على أكمل وجه. كما قدم دعم إنشاء قاعدة بيانات مركزية للأنظمة التشغيلية استدامة كفوءة لجودة الهواء

والضوء داخل الفضاءات الداخلية، مما أدى الى تقليل البصمة البيئية لهذه الفضاءات. وتبعاً للتثبيت الصحيح لجميع الأنظمة الهندسية، بما في ذلك الأعمال الكهربائية والميكانيكية، وضمان مستوى عالٍ من التنسيق، ساعدت تطبيقات نمذجة معلومات البناء في تعيين موقع هذه الأنظمة بدقة ودمجها مع أنظمة التشغيل الحالية في المستشفى. وقد زاد النموذج المعد بتطبيقات نمذجة معلومات البناء من هذا التنسيق، مما جعله أكثر كفاءة من دمج قاعدة البيانات المركزية للفضاءات الداخلية مع برامج إدارة المباني الأخرى. تكفل هذا النهج الشامل للعاملين في المشروع من تحسين التصميم الداخلي لاستغلال المشروع والاستدامة، بما يتماشى مع هدف تقليل البصمة البيئية على الطبيعة.

*** محور التحليل الثالث**

*** معايير الاستدامة لتقليل البصمة البيئية في التصميمي الداخلي**

تم تعزيز قدرة الأنظمة التشغيلية للمستشفى وتلبية متطلبات الأداء الصارمة للهيأة المشتركة الخاصة باعتماد معايير منظمات الرعاية الصحية في الولايات المتحدة (JCAHO) فكان لابد على المصمم الداخلي مع كافة العاملين المشتركين في المشروع من أخذها في الاعتبار بالتوافق مع معايير الاستدامة المعمول بها ضمن الولايات المتحدة بما يدعم جودة الحياة في الفضاءات الداخلية للمستشفى، إذ أن ليست القيمة لنمذجة معلومات البناء أثناء العملية التصميمية والإنشائية فقط بل ضمن فترة عمل الفضاء الداخلي أيضاً. وقد أظهرت التقنيات المستخدمة بإنشاء المستشفى عموماً من مزامنة الأنموذج مع الأنظمة الأخرى مثل (CMMS) التي عملت على تكامل الأدوات والأنظمة في مجال التصميم الداخلي، ومع زيادة التركيز على أداء المبنى من منظور الاستدامة وخاصة مع التأكيد على سياسة (LEED) بجودة الهواء الداخلي الخالي من الكاربون فقد ساعدت هذه الأنظمة من تحسين أنظمة إدارة المبنى للمستشفى، وقد ساعد تطبيق نمذجة معلومات البناء من تقليل النفايات الناتجة من النشاطات الوظيفية التي يتم ممارستها ضمن الفضاءات الداخلية والتخلص منها بما مكن الإدارة بصورة شمولية لمبنى المستشفى بطريقة فعالة ومرنة.

*** مخرجات الاستدامة لتقليل البصمة البيئية في التصميمي الداخلي**

لقد استخدم مصممو الفضاءات الداخلية للمستشفى مقاييس كمية متقدمة لأداء الاستدامة من نمذجة معلومات البناء. وكان هذا النهج الشامل محورياً في تحقيق انخفاض كبير في البصمة البيئية وتعزيز الاستدامة البيئية الشاملة للمشروع. وكان من محاور المخرجات التنفيذية للمشروع هو توظيف نمذجة معلومات البناء في تحقيق الراحة الحرارية وكفاءة الطاقة، إذ تمكن فريق التصميم من تحليل وتحسين الراحة الحرارية داخل البيئة الداخلية بدقة. وذلك من تيسير النظام بإجراء محاكاة وتعديلات دقيقة، مما يضمن تشغيل أنظمة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء (HVAC) في المستشفى بأقصى قدر من الكفاءة. وكذلك من دمج البيانات في الوقت الفعلي والنمذجة التنبؤية، مكن للفريق توقع المشكلات المحتملة والتخفيف منها، مما يؤدي إلى جودة هواء داخلي مستقرة ومريحة ملبية لمعايير الاستدامة الصارمة. كما ركز المشروع أيضاً بشكل كبير على الحفاظ على المياه. عن طريق تشغيل

نمذجة المعلومات لمراقبة وتحليل أنماط استخدام المياه، مما أتاح للمصممين من تنفيذ أنظمة إعادة تدوير المياه عالية الكفاءة. وقد نجحت هذه الأنظمة في الحد من استهلاك المياه بشكل فعّال من تجميع المياه وإعادة استخدامها داخل المستشفى، مؤدياً إلى خفض البصمة البيئية الإجمالية بشكل كبير. واستندت هذه المبادرة إلى مخرجات تفصيلية من تقارير الاستدامة الخاصة بالمستشفى، والتي قدمت بيانات بالغة الأهمية لتحسين استخدام المياه. وقد كان لجودة الإضاءة مجالاً آخر من مجالات التركيز الرئيسة في المشروع. إذ تم الانتفاع من نظام نمذجة معلومات البناء لإجراء عمليات محاكاة شاملة للإضاءة الطبيعية والاصطناعية في جميع مرافق المستشفى. وقد كفلت هذه المحاكاة بأن تكون الإضاءة موفرة للطاقة ومواتية لرفاهية المرضى والموظفين. وعن طريق دمج تقنيات الإضاءة المتقدمة وتحسين وضع الإضاءة، حقق المشروع توازناً بين استخدام الطاقة وجودة الإضاءة، علاوة على ذلك، سهل نظام نمذجة معلومات البناء من إنشاء قاعدة بيانات مركزية تدمج جميع جوانب التصميم الداخلي للمستشفى وأنظمة التشغيل. موفرة للمصممين رؤية شاملة لأداء المستشفى، مما يتيح المراقبة والتعديلات في الوقت الفعلي. إذ بذلك حرصت على أن جميع الأنظمة، بما في ذلك الكهربائية والميكانيكية والسباكة، منسقة بشكل مثالي، مما يعزز الكفاءة الشاملة والاستدامة للمستشفى، ومما يجدر الوقوف عنده هو أن تطبيق نمذجة معلومات البناء لم يلبي بوساطته المستشفى لمعايير الاستدامة المختلفة فحسب، بل تجاوزها. وبالتالي سمح هذا النهج المتكامل للتصميم والتنفيذ والصيانة بتخفيضات كبيرة في النفايات واستخدام الموارد. كل ذلك الجهد أسهم في حصول المستشفى على تصنيف LEEDالنجمة الفضية، وهو شهادة على تصميمه وتشغيله المستدامين.

*** الأنموذج الثالث (فندق إيه سي بورتلاند وسط المدينة – AC Hotel Portland Downtown)[1]**

*** وصف المشروع**

تجديد مبنى فندق (AC Hotel Portland Downtown) نظرة عامة على المشروع، يضم فندق، الذي تم بناؤه في الأصل عام 1982م، 256 غرفة. وظل المبنى غير مستخدم حتى عام 2009م، عندما خضع للتحول إلى فندق حديث. ونظراً لسوء جودة بنائه الأولي، لم يحصل المبنى على شهادة إشغال، مما أدى إلى تعطله لمدة عقدين من الزمن. وتضمنت عملية التجديد مسحاً شاملاً بالليزر لهيكل المبنى بالكامل لتسهيل دمج التصميم الجديد مع البيئة الداخلية الحالية، مما يتيح انعكاساً دقيقاً للحالة الحالية للمبنى. وقد كان الحد من البصمة البيئية أحد الجوانب الأساس للتجديد، والذي تضمن تحسين استخدام الفضاءات الداخلية لتعزيز الوظائف والاستدامة. وقد تم تحقيق ذلك من، إعادة استخدام المناطق غير المستخدمة وغير المستغلة لدعم وسائل الراحة والخدمات الإضافية دون توسيع أثر البصمة البيئة للمبنى، كما تم اختيار مواد مستدامة للتجديد بهدف التقليل من النفايات وخفض البصمة الكربونية للمبنى. وشمل ذلك استخدام مواد معاد تدويرها ومن مصادر محلية، مما جعل عملية التجديد تكون

[1] https://www.seradesign.com/projects/ac-hotel-portland-downtown

أكثر استدامة وكفاءة. كذلك أدى دمج أنظمة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء المتقدمة وإضاءة LED، ضمن منظومة نمذجة معلومات البناء إلى تقليل استهلاك المبنى للطاقة بشكل كبير. إذ لم يقلل هذا من التكاليف التشغيلية فحسب، بل ساعد في تحقيق أهداف الاستدامة الشاملة للمشروع.

*** استخدام تطبيقات نمذجة معلومات البناء**

استفاد مشروع تجديد الفندق من نمذجة معلومات البناء لمحاكاة عملية البناء، ميسراً للمصممين فهماً شاملاً للتعقيدات المتضمنة في اجراءات التجديد المتشابكة. كما مكّن هذا النهج من التنبؤ بشكل أفضل للعقبات المحتملة وإدارة الصعوبات المعرقلة لتنفيذ المشروع، وبالتالي تقليل التأخيرات. كان لنمذجة معلومات البناء دور فعال في تأهيل المشروع للحصول على شهادة النجمة الفضية بموجب معايير الاستدامة LEED، وقد تألفت عملية نمذجة معلومات البناء من مرحلتين أساسيتين، الأولى هي، المسح ثلاثي الأبعاد والتقييم الهيكلي للمنشأ، إذ تم إجراء مسح ثلاثي الأبعاد لكامل البنية التحتية الأصلية للمبنى لتوفير وصف هندسي دقيق ومفصل للفندق قبل التجديد. وقد تضمن هذا المسح تقييماً هيكلياً شاملاً، والتقاط بيانات مقطعية عالية الدقة (أقسام أفقية ورأسية) ضرورية لإعادة التصميم. أما الثانية، فتمثلت بعملية النمذجة التفاعلية، وذلك باستخدام المصممون البيانات المستمدة من المسح ثلاثي الأبعاد لإنشاء نماذج الأولية بمساعدة نمذجة معلومات البناء. مما سمح للمصممين بتحسين وتعديل خططهم بناءً على معلومات هيكلية للمنشأ بصورة دقيقة. واستخدمت لذلك أدوات تحليلية للتصميمات مثل (Leica Cloudworx) لتحديد الإسقاطات الأفقية وجمع البيانات المتعلقة بالفضاءات الداخلية. وبعد ذلك ادرجت هذه البيانات في برامج النمذجة، مما عزز فهم المكونات الهيكلية مثل الروافد والأعمدة والجدران. وعليه لعبت الرسومات ثنائية الأبعاد الناتجة والأوصاف عالية الدقة الناتجة عن بيانات المسح دوراً حاسماً في نجاح المشروع، مما ضمن التكامل السلس لعناصر التصميم الجديدة مع الهيكل الحالي. إن التركيز على تقليل البصمة البيئية، جنباً إلى جنب مع التطبيقات المتقدمة لنمذجة معلومات البناء، لم يحسن وظائف المبنى واستدامته فحسب، بل وضع أيضاً معياراً لمشاريع التجديد المستقبلية.

التحليل: محور التحليل الأول

*** معلومات المشروع**

تم تصميم فندق (AC Portland Downtown)، الواقع في بورتلاند بالولايات المتحدة الأمريكية، بواسطة مكتب (SERA Architects) لصالح شركة (Mortenson Construction & Development وMcQuinney). يضم الفندق 204 غرفة للنزلاء ويتميز بتصميم متطور يزيد من سعة فضاءاته الداخلية. تم الانتهاء من البناء في عام 2017م، وحصل المشروع على جائزة النجمة الفضية لنظام تصنيف LEED لتميزه في التصميم الداخلي والهندسة المعمارية في قطاع الضيافة، وقد كان عماد الفكر التصميمي منصب على تقليل البصمة البيئية للفضاءات الداخلية بما يدعم من كفاءة المشروع والاستدامة البيئية. وقد تم تحقيق بوساطة عدة استراتيجيات تمثلت، بالتخطيط المتقن للتصميم الداخلي لضمان أقصى استفادة من المساحة الداخلية المتاحة ضمن المبنى. ومن إعادة برمجة المناطق الداخلية التي كانت غير مستغلة

في السابق، تمكن فريق التصميم من إضافة المزيد من الفضاءات الوظيفية دون توسيع المساحة المادية للمبنى. كما اختار المصممون مواد مستدامة وفعالة في استخدام الفضاء لتقليل النفايات والتأثير البيئي الناجمة عنها. كما سمح استخدام الأثاث المعياري والعناصر متعددة الوظائف بمرونة أكبر في تصميم الغرف وزيادة فعالية استخدامها، وأيضاً دمج المصممون أنظمة إدارة الطاقة المتقدمة، مثل أنظمة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء عالية الكفاءة وإضاءة LED، لتقليل استهلاك الطاقة الإجمالي للمبنى. هذا النهج لم يدعم الاستدامة البيئية فحسب، بل شارك في التقليل من البصمة التشغيلية للفضاءات الداخلية.

*** مقترحات العمليات التصميمية باستخدام نمذجة معلومات البناء**

استفادت عملية التصميم الداخلي والبناء بشكل كبير من استخدام نمذجة معلومات البناء. التي تضمنت بدورها الجوانب الرئيسة لهذه العملية المتمثلة، من تسهيلها للمحاكاة والتصورات الدقيقة المساعدة في تحديد الأخطاء المحتملة وتصحيحها في وقت مبكر من مرحلة التصميم. وقد أدى هذا إلى تقليل احتمالية تكرار التصميم والأخطاء المكلفة أثناء التصميم والتنفيذ، كما عززت التعاون الفعال سواء أكان ذلك فعلياً أم افتراضياً بين مصممي الداخلي والمهندسين المعماريين والحرفيين والمقاولين. مشدداً على توافق جميع أصحاب المصلحة وقدرتهم على المساهمة بكفاءة. والتنسيق السلس بين فرق العمل المتعددة، والذي كان محورياً في تقديم مقترحات المشروع والتحديثات أثناء وبعد التصميم. كما اتاحت تطبيقات نمذجة معلومات البناء من إنشاء مخططات مفصلة ونماذج ثلاثية الأبعاد، والتي كانت مفيدة في نقل أفكار التصميم إلى مالك المشروع. موفرة للمصممين الأدوات المرئية الفعالة في الوصول الى فهم واضح وشامل للتصاميم المقترحة، ميسراً للعاملين في المشروع من اتخاذ القرارات المدروسة وموافقة العميل، من كل ما ورد يجسد مشروع فندق (AC Portland Downtown) التكامل الناجح لاستراتيجيات التصميم المبتكرة والأدوات التكنولوجية المتقدمة لتحقيق مستوى عالٍ من التصميم الداخلي، وكان إيلاء اهتمام المصممين على التقليل من أثر البصمة البيئية، إلى جانب الاستخدام الاستراتيجي لـــنمذجة معلومات البناء، الدور الأساس المعزز لوظائف المبنى واستدامته وبروز المشروع كريادة تصميمية للمشاريع الداخلية المستقبلية في قطاع الضيافة. لقد ضمن التعاون بين مختلف المهنيين والاستخدام الفعال لأدوات المحاكاة عملية بناء سلسة وفعالة، مما أدى في النهاية إلى الحصول على شهادة LEED Silver Star وإنجاز بارز في تصميم الفنادق المستدامة.

*** محور التحليل الثاني**

*** تكاملية عمل نمذجة معلومات البناء في التصميم الداخلي**

عمل مصممو المشروع على دمج نمذجة معلومات البناء في التصميم الداخلي بوساطة عملية شاملة ومتعددة المراحل تهدف إلى تعزيز الدقة والكفاءة والاستدامة. لم تعمل هذه العملية على تبسيط مراحل التصميم والبناء فحسب، بل انصب اهتمامها على تقليل البصمة البيئية لتحسين استخدام الفضاء الداخلي وكفاءة الموارد، والتي خرجت بمرحلتين، أولهما مرحلة المسح ثلاثي الأبعاد الكامل، الذي هدف الى تقديم وصف هندسي دقيق ومفصل للمبنى الحالي وإجراء تقييم

هيكلي شامل للمنشأ، وقد استخدم لذلك تقنيات المسح ثلاثي الأبعاد المتقدمة، مثل (Leica Cloudworx)، إذ تم مسح المبنى بالكامل لتوليد بيانات عالية الدقة. التقطت هذه البيانات كل جانب من جوانب المكونات الهيكلية للمبنى، بما في ذلك الروافد والأعمدة والجدران. أجازت هذه العملية للمصممين من إنشاء رسومات ثنائية الأبعاد دقيقة، وإسقاطات أفقية، ومقاطع عامودية، والتي كانت ضرورية لمراحل التصميم اللاحقة. أما المرحلة التالية فبرزت في العملية التفاعلية، التي كان الهدف منها تيسير عملية تصميم تفاعلية وتكرارية بإستخدام نماذج منشأة بفعل نمذجة معلومات البناء المستمدة من بيانات المسح الأولية، وقد تم بها دمج بيانات المسح عالية الدقة في برامج النمذجة المختلفة، مثل (Revit وCAD)، لتطوير نماذج مفصلة. والتي قدمت للمصممين فهماً شاملاً للمحددات المادية والخصائص الهيكلية للمبنى. ومن دمج بيانات المسح مع النماذج المعدة بتطبيقات نمذجة معلومات البناء، تمكن المصممون من تحسين تصميم الفضاءات الداخلية، مما يضمن أن تكون جميع التعديلات مبنية على معلومات دقيقة وصحيحة. ولأجل تحقيق أقل أثر للبصمة البيئية في الفضاءات الداخلية وذلك بالتوافق مع نمذجة معلومات البناء لأنموذج البحث قيد الدراسة، فقد تضمن التطوير من المعلمات الجوهرية في هذا المجال، بدءاً من تمكين نمذجة معلومات البناء في اعادة استخدام الفضاءات الحالية والتجديد بتشكيلاتها لتعظيم فائدتها من تحديد الحياوز غير المستغلة، مما مكن فريق المصممين من اعداد مخططات أكثر كفاءة وظيفياً من دون احداث توسيعات مضافة على مساحة المبنى المقام. كما لعب التوظيف الفعال للنماذج المعدة من برنامج (Revit) كعامل محوري في تقدير التكاليف وتحديد استهلاك الموارد والطاقة والمياه والالتزام به كنهج لتقليل النفايات وتحسين استخدام الموارد المشروع محققاً لأهداف الاستدامة. كما استخدم المصممون أدوات مثل (Trane TRACE) لإجراء نمذجة الطاقة، بالاعتماد على مدخلات نموذج CAD لتحليل وتحسين أداء الطاقة في المبنى. متيحاً بهذا تصميم أكثر كفاءة يعمل على خفض استهلاك الطاقة وتكاليف التشغيل. كل ذلك مكن المصممون من اتخاذ قرارات تصميم دقيقة ومدروسة بوعي ابتكاري. من تعظيم استخدام المشروع وتقليل استهلاك الموارد، ووضع المشروع كمعيار ريادي للتصميم الداخلي المستدام والفعال، مما برز من إمكانات نمذجة معلومات البناء في ارتقاء الممارسات التصميمية والبناء الى مستوى غير مسبوق ابتكاري بمنطقية معلماته العلمية الداعمة للفكر الفني الجمالي في التصميم الداخلي.

*** محور التحليل الثالث**

*** معايير الاستدامة لتقليل البصمة البيئية في التصميمي الداخلي**

جاء قرار الترميم والتجديد بدلاً من الهدم بعد مقارنة التكلفة بدافع التقليل إلى أدنى حد من الأثر البيئي و استهلاك الموارد مما أثار سلسلة من التحديات من إدماج النظم الجديدة على الهيكل القائم بالفعل جرى حصول المبنى على شهادة القيادة في مجال الطاقة والبيئة (LEED) الشهادة الذهبية من مجلس المباني الخضراء في الولايات المتحدة، من ناحية استهلاكه للطاقة والمياه و انبعاثات الكاربون وجودة البيئة الداخلية والأثر البيئي، ويُعتبر هذا المشروع مثالاً جيداً

على إعادة تشكيل المبنى واستخدام نمذجة معلومات البناء في المعالجات المختلفة وذلك كون الأنموذج يقع في قلب المنطقة التجارية في منطقة الأعمال في بورتلاند مما كان يتطلب تخفيض وقت البناء لعدم إعاقة الحركة المرورية، مع التقليل إلى أدنى حد من تعطل أو توقف أعمال البناء وعدم التأثير على عمل الشركات المجاورة، وكان الهدف تحسين كفاءة استخدام الموارد في المبنى وهذا ما أنعكس على عمل المصممين للفضاءات الداخلية من التأني في التنفيذ والتخطيط المتقن لمراحل العملية التصميمية في انجاز الفضاءات الداخلية. وقد جاء تصميم الواجهة بنسب منخفضة من النوافذ في الحوائط بالتوازن والتناسب مع حاجة الفضاء الفعلي إلى الإضاءة، كما تم تصميم النوافذ العلوية بالقرب من سقف الغرف (الجزء العلوي) مما يزيد من توغل ضوء النهار، بالإضافة إلى استخدام مادة الزجاج عالي الأداء مع عمل العزل الجيد على الأسطح المصمتة تم اختيار المواد مع التركيز على تحقيق جودة التهوية والإضاءة وتجنب الانبعاثات للمواد الملوثة وتحقيق التوازن بين أنظمة التكييف والتهوية، مع تعظيم استخدام الضوء الطبيعي للحد من استهلاك الطاقة ويتحقق ذلك من التنسيق الدقيق بين الفتحات في الواجهة ومتطلبات التصميم الداخلي. كذلك تم استخدام أنظمة التكييف (HVAC) ونظام تسخين المياه جنباً إلى جنب مع نظام إضافي لاسترداد أو تبادل الحرارة، بالتالي أدى الجمع بينهم إلى خفض استخدام الطاقة بنسبة كبيرة وصلت الى ٣٠% في الفضاءات الداخلية.

*** مخرجات الاستدامة لتقليل البصمة البيئية في التصميمي الداخلي**

أظهر المشروع عدة مقاييس كمية لأداء الاستدامة تألفت من الراحة الحرارية، وذلك بتوظيف مواد العزل عالية الأداء وأنظمة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء الفعّالة للحصول على درجات حرارة داخلية ثابتة ومريحة، مما قلل من الحاجة إلى التدفئة والتبريد المستهلكين للطاقة، أضف لذلك التوفير في استهلاك المياه من تأمين المعدات واطئة التدفق والمناظر الطبيعية الموفرة للمياه، وقد ساعد تنفيذ هذه التدابير في تقليص استهلاك المياه في كافة مرفقات المشروع، وأيضاً حرص التصميم على تعظيم الضوء الطبيعي من خلال النوافذ والفتحات الموضوعة بشكل استراتيجي، مما نقص من الاعتماد على الإضاءة الاصطناعية. كما تم تركيب أنظمة إضاءة عالية الجودة موفرة للطاقة لتعزيز جودة الإضاءة الداخلية مع الحفاظ على الطاقة، كما كان لاختيار المواد المستدامة دوراً في تقليل التأثير السلبي على البيئة وتحسين جودة الهواء الداخلي، أضف الى ذلك تنفيذ أنظمة تهوية متقدمة لضمان جودة الهواء الداخلي المثلى. محرزين بذلك امتلاك أنظمة توازن بين احتياجات تكييف الهواء والتهوية مع تقليل استخدام الطاقة، وبالتالي الحصول على بيئة داخلية أكثر صحة للمستخدمين. وعلى ما سبق نجد المشروع قد حرص على تحقيق التوازن بين معايير الاستهلاك العالية التقليدية للمباني الفندقية ومعايير LEED الصارمة وهو تحدي كبير بحد ذاته نظراً لظروف المشروع كفندق يتم اعادة احياء منشأه المتعطل لعقدين من الزمن بالاضافة الى وظيفته ذات الاستهلاكية العالية بطبيعتها، كون الفنادق تعمل على مدار الساعة طوال أيام الأسبوع

وتتطلب موارد مكثفة، وقد جاءت كافة هذه التدابير كمدخلات تطويرية ضمن معلمات نمذجة معلومات البناء لأجل رفع كفاءة الطاقة من توفيرها بصورة مقننة للحد من استهلاك الطاقة الإجمالي للمشروع، وزيادة كفاءة المياه، علاوة على تقليل انبعاثات الكاربون من أنظمة البناء الفعالة واختيارات المواد المستدامة، أضف الى ذلك كله ضمان بيئات داخلية عالية الجودة من استخدام مواد مستدامة وأنظمة تهوية فعالة وإضاءة طبيعية، موطدين بذلك الاستخدام الفعال للموارد الطبيعية المتاحة للفندق، وكانت المحصلة من كل ذلك بأن حاز المشروع على شهادة LEED النجمة الفضية مؤدياً الى تنصيبه كمعيار للتصميم الداخلي المستدام في قطاع الضيافة العالمية.

*** نتائج البحث ومناقشتها**

خرج البحث بمجموعة نتائج من شأنها أن توضح لنا التأثير الكبير الذي يمكن أن يحدثه تطبيق نمذجة معلومات البناء على تحسين جودة واستدامة مشاريع التصميم الداخلي، وهي:-

١- في عينة البحث بأكملها، مكّن تطبيق نمذجة معلومات البناء المصممين من تعزيز الدقة والتنسيق في عمليات التصميم الداخلي، مما أدى إلى تقليل الأخطاء والتناقضات في مشاريع التصميم الداخلي المستدامة. وقد أدى هذا إلى مشاريع داخلية أكثر دقة، ونتائج ذات جودة أعلى، وتخفيضات كبيرة في البصمة للفضاءات الداخلية.

٢- أدى تطبيق نمذجة معلومات البناء على العينة المدروسة بالكامل إلى ضمان الامتثال للوائح ومعايير الاستدامة الفعالة، مثل شهادة LEED، في تقليل البصمة الداخلية. كما قدم توثيقاً دقيقاً والتحقق من ميزات التصميم الداخلي المستدام داخل النماذج المدروسة.

٣- في جملة عينة البحث، مكنت قدرة نمذجة معلومات البناء على تصور ومحاكاة سيناريوهات التصميم المختلفة، المصممين من تقييم التأثير البيئي لخيارات التصميم الداخلي المختلفة. أدت عملية اتخاذ القرار المدروسة هذه إلى اختيار حلول التصميم التي قللت من البصمة البيئية للفضاءات الداخلية مع الحفاظ على المتطلبات الجمالية والوظيفية.

٤- في سائر عينة البحث، أدت قدرات المحاكاة الخاصة بنمذجة معلومات البناء إلى تحسين كفاءة الطاقة إذ قام المصممون بتحليل وتحسين استهلاك الطاقة في الفضاءات الداخلية. مسهماً في خلق بيئات أكثر استدامة وكفاءة في استخدام الطاقة وقليلة الأثر للبصمة البيئية للفضاءات الداخلية.

٥- من استخدام نمذجة معلومات البناء لمحاكاة وتحليل جودة الهواء الداخلي والإضاءة والصوتيات، تمكن المصممون العاملون على كافة النماذج المدروسة من تحسين جودة البيئة الداخلية (IEQ). وقد أدى ذلك إلى خلق فضاءات داخلية أكثر صحة وراحة تلتزم بالمعايير المستدامة وتهدف إلى تقليل البصمة البيئية.

٦- ساعد تطبيق نمذجة معلومات البناء في جميع المشاريع المختارة للدراسة في إعادة تأهيل المباني القائمة وتكييفها بشكل مستدام. كونها قدمت معلومات مفصلة حول الوضع القائم، مما مكن من التخطيط الدقيق وتنفيذ التحسينات المستدامة، وبالتالي تقليل البصمة البيئية لكل الفضاءات الداخلية في الدراسة.

٧- سمح دمج نمذجة معلومات البناء في عينة البحث بأكملها للمصممين بتحسين استخدام المشروع، وضمان أن تكون التصميمات الداخلية فعالة ووظيفية. أدى هذا التطوير إلى اختزال الفضاءات الداخلية من تقليل استخدام الفضاءات غير الضرورية وتعزيز كفاءة البيئات الداخلية.

٨- سهّل استخدام نمذجة معلومات البناء في عموم عينة البحث تنفيذ استراتيجيات التصميم المنفعل السالب، مثل التهوية الطبيعية والضوء الطبيعي. لم تعمل هذه الاستراتيجيات على تحسين كفاءة الطاقة فحسب، بل قللت أيضاً من البصمة البيئية للفضاءات الداخلية من تقنين الاعتماد على الإضاءة الاصطناعية والأنظمة الميكانيكية.

٩- سمحت قدرات التوثيق والنمذجة الدقيقة لـــنمذجة معلومات البناء في عينة البحث تامة، بتتبع وإدارة أفضل لمعلمات البيئة الداخلية، مثل درجة الحرارة والرطوبة. أتاح هذا التحكم البيئي المعزز في تقليل البصمة البيئية للفضاءات الداخلية من الحفاظ على الظروف الداخلية المثلى مع الحد الأدنى من استخدام الطاقة.

١٠- في إجمالي عينة البحث، مكنت قدرة نمذجة معلومات البناء على محاكاة سلوك شاغلي المبنى وأنماط الاستخدام، المصممين من إنشاء فضاءات داخلية تتوافق مع احتياجات وأنشطة المستخدم الفعلية. أمد لنا هذا النهج الذي يركز على المستخدم في تقليل البصمة البيئية للفضاءات الداخلية من ضمان عدم الإفراط في استخدام الفضاءات أو عدم استخدامها بشكل كافٍ.

١١- سهّلت قدرات إدارة البيانات الشاملة لـــنمذجة معلومات البناء في مجموع عينة البحث تحليل دورة حياة المواد والمكونات الداخلية. نفع هذا التحليل في تحديد فرص إعادة التدوير وإعادة الاستخدام، والحد من النفايات وأثر البصمة البيئية للفضاءات الداخلية وبالتالي خفض من استهلاك الموارد الطبيعية وتعزيز الممارسات المستدامة في المشاريع الداخلية.

*** استنتاجات البحث**

استخلص بحثنا الحالي جملة من الاستنتاجات تؤكد على الدور المحوري الذي تؤديه نمذجة معلومات البناء في تطوير جودة واستدامة مشاريع التصميم الداخلي، وتسليط الضوء على فوائدها المتعددة الأوجه في تحقيق حلول تصميم مسؤولة بيئياً وتركز على المستخدم من ناحية رفع كفاءة جودة الحياة في الفضاءات الداخلية، وهي:-

١- تقتصر تطبيقات الـــ (CAD) التقليدية، السائدة في عمليات الرسم المعماري للفضاءات الداخلية، على العمل كأدوات رسم هندسي دون نهج متكامل لإدارة البعد الإنتاجي للتصميم، وعلى النقيض من ذلك، تقدم تطبيقات نمذجة معلومات البناء حلاً أكثر تقدماً من تقليل استهلاك الوقت بشكل كبير في مرحلة الإنتاج - بنحو 35٪ مقارنة بأساليب الـــ (CAD) التقليدية. يمتد هذا الكسب في الكفاءة إلى ما هو أبعد من توفير الوقت، مما يسهم في خفض أثر البصمة البيئية من تطوير استخدام المشروع الداخلي وتمكين استراتيجيات التصميم والتنفيذ الأكثر دقة وفعالية الداعمة للاستدامة.

٢- يكمن الاختلاف الأساس بين تطبيقات الـــ (CAD) ونمذجة معلومات البناء في نهجها في التعامل مع رسومات التصميم . في حين تركز تطبيقات الـــ (CAD) في المقام الأول على وجهات النظر الهندسية وتوفر معلومات سياقية

محدودة، بينما تتعامل نمذجة معلومات البناء مع الرسومات كعناصر منشأة متعددة الأبعاد تتمتع بمجموعة شاملة من الخصائص، بما في ذلك الأبعاد والمواد والتشطيبات والعزل الحراري والصوتي وغيرها من المعلمات التصميمية. هذا النهج الشامل لنمذجة معلومات البناء لا يعمل على تعزيز دقة وكفاءة التصميم الداخلي فحسب، بل يدعم أيضاً الاستراتيجيات الرامية إلى التقليل من أثر البصمة البيئية للفضاءات الداخلية بوساطة قرارات التصميم المدروسة والاختيار الصحيح للمواد.

٣- تعمل نمذجة معلومات البناء بشكل كبير على تطوير دقة التصميم وكفاءته من تحسين التواصل بين المصممين وفرق البناء وأصحاب المصلحة. والذي يؤدي بدوره إلى تعاون أفضل نحو تكاملية فعالة لمبادئ الاستدامة، التي تروم الى تحسين استخدام الفضاء الداخلي بما يقلل من أثر بصمته البيئية على الطبيعة.

٤- تُسهِم أدوات محاكاة نمذجة معلومات البناء بإتباع ضوابط بيئية مطورة في إنشاء فضاءات داخلية موفرة للطاقة، وبالتالي تدعم من أهداف الاستدامة الشاملة للبيئة. كونها تساعد في تحسين جودة الهواء الداخلي والإضاءة والصوتيات، بالإضافة الى، تعزيز صحة شاغلي المبنى ورفاهيتهم بالتوافق مع تقليل أثر البصمة البيئية للفضاءات الداخلية على الطبيعة.

٥- تعمل نمذجة معلومات البناء على تحسين تقدير المواد وإدارتها، والحد من النفايات وتعزيز استخدام المواد المستدامة. إذ يعمل نهج دورة الحياة هذا - من التصميم إلى الصيانة - على تعظيم الفوائد البيئية والاقتصادية، بما في ذلك تقليص أثر البصمة البيئية للفضاءات الداخلية من إدارة الموارد الفعّالة.

٦- تساعد نمذجة معلومات البناء في إعادة تأهيل وتحديد المباني من دمج ملاحظات وتفضيلات المستخدم. بما يضمن للمصممين المتبعين لهذا النهج من انجاز تحديثات لا تلبي معايير الاستدامة فحسب، بل تقلل أيضاً من أثر البصمة البيئية للفضاءات الداخلية، مما يعزز الأداء البيئي ورضا المستخدم.

٧- تضمن لنا نمذجة معلومات البناء الامتثال للوائح الاستدامة مثل LEED، والتي تعد ضرورية للحد من البصمة البيئية. وذلك من توفير الوثائق الدقيقة والحد من إعادة العمل، كما تدعم نمذجة معلومات البناء حلول التصميم الفعالة من ناحية التكلفة والتي تتوافق مع أهداف الاستدامة والاقتصاد، وخاصة معالجة تقليل أثر البصمة البيئية للفضاءات الداخلية.

*** توصيات البحث**

١- على المصممين والباحثين في مجال علوم البناء الأخذ بعين الاعتبار نوعية الفضاءات الداخلية بشكل خاص، بما يدعم توافق أعمال التصميم الداخلي مع أسلوب ومعايير الاستدامة الفعالة، بما في ذلك تقليل أثار البصمة البيئية، ضمن التنوع البيئي المحيط بالمشاريع الداخلية.

٢- ينبغي للمؤسسات التعليمية التي تقدم برامج الهندسة المعمارية والتصميم الداخلي أن تدمج وحدات دراسية حول الحد من البصمة البيئية في مناهجها الدراسية. وهذا من شأنه أن يزود المصممين المستقبليين بالمعرفة والمهارات اللازمة لإنشاء فضاءات داخلية مستدامة وفعالة.

٣- مع التوجه العالمي نحو المباني الخضراء أو المستدامة، تبرز الحاجة إلى تقنيات جديدة تمكن المصممين من تلبية معايير هذا التوجه، بما في ذلك تقليل أثر البصمة البيئية. لذلك ننصح بإكمال تصميم أنظمة الخدمة والتحكم البيئي في الفضاءات

الداخلية (الكهربائية) و(الإطفاء) للمشاريع الداخلية باستخدام برنامج (Revit MEP) كأداة نمذجة وتحليل معتمدة من قبل المصمم الداخلي، وإمكانية اعتماده من قبل معايير البناء للعراق والأقطار العربية كما تم اعتماده في العديد من الدول في العالم.

٤- على الجهات المعنية بقطاع البناء والتشييد في العراق إصدار ميثاق إلزامي لكافة الشركات المتقدمة لتنفيذ المشاريع الوطنية الكبرى وفق تقنية نمذجة معلومات البناء، بحيث يدعم هذا الميثاق الدولة في مواكبة هذا القطاع الحيوي والمهم للتنمية العالمية ويتضمن أحكاماً للحد من البصمة البيئية للفضاءات الداخلية.

*** المراجع**

Anderson, Collin. *The Master Architect Series : DP Architects*. The Images Publishing Group Pty Ltd, 2012.

Ahmed, Ahmed Hanfy Mahmoud. Building Information Modeling (BIM) and Its Role in Developing the Architectural Design and Construction Process. Journal of Al-Azhar University Engineering Sector 13, no. 49 (2018): 1573-1592. https://doi.org/10.21608/auej.2018.18901.

Anderson, Collin. Esplanade - Theaters on the Bay. In The Master Architect Series: DP Architects, 36-42. Australia: The Images Publishing Group Pty Ltd, 2012.

Crisinel, M., M. Eekhout, M. Haldimann, and R. Visser, eds. *Glass & Interactive Building Envelopes*. Vol. 1 of *Research in Architectural Engineering Series*. Delft: Delft University Press, 2007. ISBN 978-1-58603-709-3 (print), 978-1-60750-223-4 (online).

El-Adwy, Muna Saeed Mahmoud Mohamed. The Role of Technology in the Application of Green Architecture Principles. Master's thesis, Faculty of Engineering at Shoubra, Benha University, 2019. Cairo, Arab Republic of Egypt.

Howell, Ian and Bob Batcheler. "Building Information Modeling Two Years Later – Huge Potential, Some Success and Several Limitations.". https://laiserin.com/features/bim/newforma_bim.pdf [Accessed January 6, 2024].

Knaack, Ulrich, Tillmann Klein, Marcel Bilow, and Thomas Auer. Façades: Principles of Construction. Basel: Birkhäuser Verlag AG, 2007. Part of Springer Science+Business

Media. ISBN 978-3-7643-7962-9. Printed in Germany.

Konbr, Usama Abd-Elnabi. *Sustainability of the Residential Zones in the New Urban Communities in Greater Cairo Region—An Approach for Sustainability Aspects Assessment*. PhD diss., Al-Azhar University, Faculty of Engineering, Department of Architecture, 2005. https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2190.1202.

Loftness, V. "Sustainable Built Environments: Introduction." In *Sustainable Built Environments*, edited by V. Loftness. *Encyclopedia of Sustainability Science and Technology Series*. New York: Springer, 2020. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-0684-1_925.

Lu, Man, Guifang Fu, Nisreen Beshir Osman, and Usama Konbr. "Green Energy Harvesting Strategies on Edge-Based Urban Computing in Sustainable Internet of Things." *Sustainable Cities and Society* 75 (2021): 103349. https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103349.

Turan, Ahmed. The Use of BIM for Sustainable Design and Easy Analysis Methods. National ITU Faculty of Architecture, 2014.

https://devenneygroup.com/

https://www.clarkebanks.com/

https://www.seradesign.com