Journal of Technology Research (JTR)
Volume 3, Special Issue, (2025), pp 463-480 ISSN 3005-639X
The 7th Conference of Engineering Sciences and Technology (CEST-2025)

Digital Architecture and Generative Artificial Intelligence: Toward a Tri-Variable Theoretical Framework for Evaluating Visual Outputs in Architecture

Samar A. Zaptia[1]*, Mohamed S. Elforgani[1]

[1]Department of Architecture, Faculty of Civil Engineering and Architecture, Libyan Academy for Postgraduate Studies. Janzur, Libya.

*Corresponding author email: samzaptia@hotmail.com

Received: 13-10-2025 | Accepted: 29-11-2025 | Available online: 25-12-2025 | DOI:10.26629/jtr.2025.44

ABSTRACT

The field of architecture has undergone a significant transformation with the advent of generative AI tools like Midjourney and Stable Diffusion which enable the rapid production of high-resolution architectural images. While this technological leap opened new horizons, it also raised a fundamental question: how can these visual outputs be elevated to ensure their quality and support for the creative process? Previous literature addressed these aspects separately, technical studies mainly focused on efficiency and aesthetics while others explored simulation and performance. Some writings emphasized cultural identity or the architect's role in its creativity, this divergence created a knowledge gap and the absence of an integrated framework that unites all of these coherent aspects into one optimal product. This paper aims to bridge this gap by proposing a conceptual framework linking three main variables: -The technical dimension -The cultural dimensions -The creative dimension. The methodology relies on a review following the historical progression from Computer-Aided Design (CAD) to generative AI, categorizing studies based on their focus. From this analysis the three variables were identified and their relationship formulated as an interconnected system where each aspect complements the others and addresses their biases. The paper concludes that its scientific contribution lies in framing the relationship between these variables so that visual evaluation in generative architecture becomes a system reflecting quality, identity and creativity. This framework also paves the way for future applied studies to test these indicators practically and develop them as reliable evaluation tools.

Keywords: Generative Artificial Intelligence, Digital Architecture, Visual Output Evaluation, Quantitative Quality Metrics (NIMA -CLIP-T), Cultural Identity and Context.

العمارة الرقمية والذكاء الاصطناعي التوليدي:

نحو تأطير نظري ثلاثي المتغيرات لتقييم المخرجات البصرية في العمارة

سمر عمار زابطية[1]، محمد الصغير الفرجاني[1]

[1]شعبة المعمارية، قسم الهندسة المدنية والمعمارية، الأكاديمية الليبية للدراسات العليا جنزور، ليبيا.

ملخـــــص البحـــــث

يشـــهد مجال العمارة تحولا نوعيا مع دخول أدوات الذكاء الاصـــطناعي التوليدي (**Generative–Artificial Intelligence**) مثل **Midjourney** و **Stable Diffusion** التي تتيح توليد صـور معمارية عالية الدقة بسـرعة غير مسـبوقة. رغم أن هذا التطور التقني فتح آفاقا جديدة لكنه طرح أيضا إشكالية أساسية كيف يمكن تقييم هذه المخرجات البصرية بما يضمن جودتها وارتباطها بالسياق ودعمها للعملية الإبداعية؟ الأدبيات السـابقة والتي واكبت مراحل تقنية سـابقة في العمارة تناولت هذه الجوانب بشـكل منفصـل فالدراسـات التقنية ركزت على الكفاءة بينما انشـغلت أبحاث أخرى بالمحاكاة والأداء في حين سـلطت بعض الكتابات الضـوء على الهوية الثقافية أو دور المعماري في العملية الإبداعية هذا التباين أوجد فراغا معرفيا يتمثل في غياب إطار متكامل يجمع بين هذه الأبعاد في منظومة واحدة. تهدف هذه الورقة إلى سد هذه الفجوة خلال اقتراح إطار مفاهيمي يربط بين ثلاث متغيرات رئيسية: البعد التقني والمتمثل في مؤشرات كمية مثل (**Neural Image Assessment) NIMA** لقياس الجودة و **CLIP–T (Text – Image Consistency**) الاتساق النصـي – البصـري. البعد الثقافي عبر مؤشـــر **ML–Fit** لقياس مدى انتماء المخرجات للهوية المحلية والبعد الإبداعي الذي يبرز دور المعماري وعملية الإبداع المشـترك (**Human–in– the–loop**).اعتمدت الدراسـة منهجية على مراجعة الأدبيات وفق تسـلسـل تاريخي من التصـميم بمسـاعدة الحاسـوب (**Computer–Aided Design–CAD**) إلى الذكاء الاصـطناعي التوليدي(**Generative Artificial Intelligence**) مع تصـنيف الدراسات حسب تركيزها المعرفي ومن خلال هذا التحليل جرى استخلاص المتغيرات الثلاث و صـياغة العلاقة التكاملية بينها باعتبارها شبكة مترابطة يكمل كل بعد فيها الآخر ويعالج انحيازا ته. خلصـت الورقة إلى أن المسـاهمة العلمية تكمن في تأطير العلاقة بين هذه المتغيرات بحيث يصـــبح التقييم البصـــري في العمارة التوليدية نظاما متعدد الأبعاد يعكس الجودة والهوية والإبداع في آن واحد ويمهد الطريق لدراسات تطبيقية مستقبلية تختبر هذه المؤشرات عمليا وتطورها كأدوات تقييم معتمدة.

الكلمات المفتاحية: الذكاء الاصطناعي التوليدي، العمارة الرقمية، تقييم المخرجات البصرية، المؤشرات الكمية للجودة الهوية والسياق الثقافي في العمارة، ملائمة السياق المحلي، الإبداع المشترك (الإنسان–الآلة).

المقدمة:

شـهد العقدين الأخيرين تحولا جذريا في الممارسـة المعمارية بدأ من أنظمة التصميم بمساعدة الحاسوب (Computer-Aided Design-CAD) فـــي إلـــى أدوات الـــذكـــاء الاصـــــطنـــاعي التوليـــدي Generative Artificial Intelligence مـــثـــل Midjourney و Stable Diffusion التي تتيح إنتاج تصـــورات معمارية بصـــرية عـاليـة الـدقـة في ثوان ومع أن هذه الأدوات فتحت آفـاقـا جديدة للإبداع البصـــري فإنها في المقابل أثارت تســـاؤلات جوهريـة حول جودة هـذه المخرجـات وملاءمتهـا كنتيجـة معمارية حقيقية لا صور فنية فقط.

في مرحلة التصميم المعماري بمساعدة الحاسوب (CAD) انصـــب الاهتمام على الكفاءة والدقة والإنتاجية فيما ظلت المخرجات البصـرية ثانوية لا ينظر إليها إلا كتوثيق للرسم [1]،[2] ثم انتقل الخطاب في مرحلة التصـميم البارا متري إلى الانبهار بالشـــكل الخوارزمي حيث ســـوى بين الإبداع (Creativity) والجدة الشـــكلية (Novelty) ما أدى إلى إغفال الأبعـاد الثقـافيـة والجمـاليـة الأعمق[3]،[4] . و في عقدي الألفيـة الجـديـدة جـاءت مرحلـة المحـاكـاة والأداء لتصـنع نزعة كمية فاختزلت العمارة إلى مؤشرات أداء بيئي واجتمـاعي وتراجعت الصـــورة البصـــريـة خلف الأرقـام والتقارير[6] ,[5] واخيرا في عصـــر الذكاء الاصـــطناعي

التوليدي عادت الصورة إلى الواجهة بقوة لكن بشكل استعراضي يفتقر إلى أدوات منهجية للتقييم و يعاني من تحيزات ثقافية كامنة في بيانات التدريب التي تسيطر عليها الجماليات الغربية .[7] ,[5]

ومن خلال هذا المسار التاريخي يمكننا تبين أن المخرجات البصرية المعمارية ظلت إما مهملة أو مفرطة في التقدير, دون أن تعامل كمجال معرفي قابل للقياس والتحليل فقد كشفت الأدبيات – عند تصنيفها إلى أربعة تيارات –عن انقسام معرفي عميق, فتيار الكفاءة التي حصر التقنية في الوظيفة [2], وتيار الشكل التي ساوى بين الإبداع(Creativity) و الجدة (Novelty) السطحية [4] وتيار الأداء التي حول العمارة إلى علم أرقام [5], في حين أن تيار الإبداع المشترك التي أعاد الاعتبار للتفاعل بين الإنسان و الآلة لكنه بقى في طوره الفلسفي الأولى دون أدوات قياس كمية أو حساسية ثقافية كافية [9] ,[8]. ورغم أن المقارنات مع مجالات إبداعية أخرى– كالفنون التشكيلية والموسيقى والأدب والتصميم الصناعي تظهر أن الذكاء الاصطناعي قد غير تعريف الإبداع من "منتج نهائي" إلى "عملية تفاعلية" [10] فإن العمارة تختلف عن هذه المجالات إذ إن مخرجاتها البصرية ليست مجرد غايات جمالية فحسب بل جزء من قرارات تصميمية تؤثر مباشرة على البيئة المبنية والمجتمع. ومن هنا تنبع الحاجة إلى إطار نظري خاص بالعمارة يدمج أبعادها المتعددة: التقنية والثقافية والإبداعية.

لهذا تهدف هذه الورقة – كتمهيد نظري – إلى تقديم إطار مفاهيمي ثلاثي الأبعاد يعالج الفجوات المتراكمة في الأدبيات ويتكون هذا الإطار من البعد التقني, يعتمد على دمج مؤشراتNIMA [11] و CLIP-T لقياس جودة الصور و اتساقها مع الأوامر النصية والبعد الثقافي الذي يقدم مؤشر Modern-Local Fit لتقييم مدى انتماء المخرجات للسياق المحلي متجاوزا هيمنة البيانات الغربية والبعد الإبداعي–الإدراكي ويعتبر العملية التفاعلية بين الإنسان والآلة مجالا إبداعيا بحد ذاته قابلا للتحليل عبر سجلات التوليد و مؤشرات [8] Human-in-the-loop. وبهذا يضع الإطار المقترح المخرجات البصرية المعمارية في موقعها الصحيح لا كنتاج ثانوي للكفاءة أو الشكل أو الأداء ولا كوسيط استعراضي للذكاء الاصطناعي بل كعنصر مركزي في النقاش الأكاديمي والممارسة المعمارية وتكمن المساهمة الأصيلة لهذه الورقة في محاولة صياغة علاقة معرفية متوازنة قادرة على الجمع بين الدقة الكمية والحساسية الثقافية والثراء الإبداعي في منظومة متكاملة تمهد لنموذج تقييم متعدد الأبعاد يختبر تجريبا في أبحاث لاحقة.

2. إشكالية البحث:

أوضحت الأدبيات عبر مراحلها المتعاقبة (من CADإلى النمذجة الخوارزمية إلى الأداء ثم الذكاء الاصطناعي التوليدي) أن تقييم المخرجات البصرية ظل يتم دائما عبر بعد واحد في كل مرحلة. ومع دخول الذكاء الاصطناعي التوليدي بطبيعته التركيبية أصبحت المخرجات نفسها مركبة بينما ظل معيار الحكم عليها أحاديا. هنا تظهر الإشكالية العلمية لهذه الورقة: غياب معيار تقييم مركب يوازي تركيبة هذه المخرجات. من هنا يأتي الإطار الثلاثي المقترح (تقني –إبداعي – سياقي) كآلية معرفية أكثر مطابقة لطبيعة الصورة التوليدية في العمارة.

3. المنهجية:

تعتمد هذه الورقة منهجا تحليليا – مقارنا تتبع التسلسل التاريخي من الرسم بمساعدة الحاسوب (Computer-Aided Design-CAD) إلى الذكاء الاصطناعي التوليدي (Generative Artificial Intelligence) مع تصنيف الأدبيات وفق تركيزها المفاهيمي او نسبة الاقتباس بالنسبة للحديثة منها، وبناء إطار ثلاثي الأبعاد يربط البعد التقني والبعد الثقافي والبعد الإبداعي– الإدراكي. تترجم العلاقة بين الأبعاد إلى مصفوفة قياس توضح: 1– مؤشرات الكم والجودة التقنية NIMA لجاذبية الصورة

وCLIP-T لاتساق نص–صورة .2– مؤشر Modern-Local Fit لملاءمة الهوية والسياق. 3– قياسات الابداع الإدراكي عبر تحكيم خبراء ورصد مؤشرات العملية (عدد التكرارات، تنوع البدائل، الزمن المستغرق) هكذا لا تفصل الجودة عن السياق أو الابداع بل تقرأ كمنظومة مترابطة تقلل الانطباعية وتعزز قابلية التحقق والتكرار وتبقي" الإنسان في الحلقة "ممهدا بذلك لنموذج تقييم متعدد الأبعاد يختبر تجريبيا في أبحاث لاحقة.

جدول1. مصفوفة قياس المتغيرات.

المتغير	الأداة/المؤشر	ماذا يقيس؟	كيف يتحقق؟	القيمة المضافة للورقة
تقني	NIMA	جودة/جاذبية إدراكية للصورة	نموذج مدرب على تقييمات بشرية – نتيجة رقمية 0–10 تقريبا	يوفر قياسا كميا يقلل الانطباعية
تقني	CLIP-T	اتساق وصف نصي – مخرج بصري	تشابه النص والصورة(نقاط/احتمالات)	يتحقق من مطابقة المطلوب الوصفي
ثقافي – سياقي	Modern Local Fit	انتماء بصري للسياق المحلي	لجنة خبراء/كود مبسط مدرب على صور مرجعية محلية	يحمي من" الهيمنة الجمالية" ويعيد الاعتبار للهوية
إبداعي – إدراكي	تحكيم خبراء+ مؤشرات العملية	أصالة/ملائمة إدراكية+ (تكرارات، تنوع، زمن)	استبيانات خبراء + سجلات توليد/تكرار	يبقى الانسان في الحلقة ويظهر أثر التفاعل إنسان –آلة

(المصدر –إعداد الباحثة, 2025.)

4. الأدبيات السابقة:

4.1 المراحل التقنية حسب التسلسل التاريخي:

4.1.1 مرحلة CAD من اليدوي إلى الرقمي (1980s-1950s):

مع منتصف القرن العشرين ومع صعود الحوسبة في الولايات المتحدة الأمريكية و أوروبا بدأ يظهر لأول مرة مصطلح التصميم بمساعدة الحاسوب (**Computer-Aided Design-CAD**) ارتبطت هذه المرحلة بحركة أوسع من التحديث الصناعي والعسكري إذ طورت أولى برمجيات الرسم الحاسوبية في مختبرات الطيران والدفاع (مثل مشروع **sketchpad** في **MIT** عام 1963 على يد **Ivan Sutherland**) هذه الخلفية التاريخية مهمة لأنها تكشف أن العمارة لم تكن المستفيد الأول من **CAD** بل استعارته من مجالات أخرى حيث كان الهدف الأساسي من هذه التقنية هو زيادة الدقة و تقليل زمن الإنتاج.

إن الأدبيات الأولى[2] ,[1] تركز بطريقة تكاد تكون حصرية على الكفاءة و كيف تختصر هذه الأدوات وقت إنجاز الرسومات وتقلل من أخطاء التكرار و تسمح بإنشاء مكتبات عناصر يمكن إعادة تكرار استخدامها كان الخطاب تقنيا– وظيفيا قريبا من أدبيات الهندسة الصناعية أكثر من كونه أدبيات معمارية .التصميم هنا لم يفهم كبحث بصري أو إبداعي بل كعملية رسم يجب أن تنجز باسرع و ادق طريقة ممكنة.

مع ذلك كان لانتشار **CAD** أثر تحويلي عميق في الممارسة المعمارية حيث أن مكاتب كبرى مثل **(Skidmore)** و**(Owings & Merrill)** تبنت هذه الأدوات منذ السبعينيات لتسريع عمليات التصميم لمشاريع ضخمة تتطلب إنتاج آلاف المخططات كما بدأت الجامعات خصوصا في الولايات المتحدة بإدخال CAD في مناهجها التعليمية **(MIT, Carnegie Mellon University)** ما خلق فجوة معرفية بين الأجيال، المعماريين الذين تدربوا على الأدوات اليدوية واجهوا صعوبة في استيعاب البرمجيات بينما وجد الجيل الأصغر أن هذه الأدوات هي الوضع الطبيعي الجديد. يمكن القول إن مرحلة CAD حصرت دور التقنية إلى مجرد وظيفة. ورغم أن هذه الوظيفة أحدثت ثورة عملية فإنها زرعت في الوقت نفسه فجوة غياب التفكير في الأثر الإبداعي والبصري.

4.1.2 مرحلة النمذجة البارا مترية والخوارزميات (1990s-2000s):

مع مطلع التسعينيات بدأ التحول التقني الثاني الكبير في علاقة العمارة بالحوسبة وهو التحول من الرسم الرقمي إلى النمذجة الخوارزمية ففي حين قدمت مرحلة التصميم بمساعدة الحاسوب CAD الحاسوب كأداة لإعادة إنتاج ما اعتاده المعماري يدويا [1]،[2] جاءت النمذجة البارا مترية (Parametric Design) لتقدم الحاسوب كوسيط يولد أشكالا جديدة قادر على إنتاج تكوينات جديدة لا يمكن إنشاؤها بالطرق التقليدية. ارتبط هذا التحول بانتقال برمجيات متقدمة من مجالات أخرى إلى العمارة فبرنامج CATIAمثلا الذي طورته شركة Dassault Systems لقطاع الطيران استخدم أول مرة في المجال المعماري من قبل مكتب Frank Gehry في مشروع متحف Guggenheim Museum Bilbao−1997 وهو ما مثل لحظة مفصلية تحول فيها الحاسوب من " لوحة رسم رقمية" إلى آلة توليد للأشكال المركبة والمعقدة [12]،[13]

غير أن هذه الطفرة التقنية حملت معها تحيزا جديدا, تمثل في الانبهار بالشكل على حساب المعنى و السياق فقد ارتبطت معظم المشاريع البارا مترية في بداية الألفية – مثل أعمال Zaha Hadid Architects أو أبراج UNstudio – شكلية تسعى إلى إبراز المنحنيات و التعقيد الهندسي كرمز للقوة الابداعية للخوارزميات وكما وصفها [3] فقد تحولت الخوارزمية ذاتها إلى قوة إبداعية مستقلة مما جعل النقاش الأكاديمي يتعامل مع الحداثة الشكلية بوصفها المعيار الأساسي للإبداع أي كأن التقييم الجمالي للمبنى يمكن أن يقاس بتعقيد الشكل وحده مما أدى إلى تهميش السياق الثقافي و الوظيفي إلى بروز فجوة معرفية بين الخطاب البصري و الخطاب الاجتماعي في العمارة الرقمية[6] ,[5] وبذلك مثلت النمذجة البارا مترية رغم انجازها التاريخي في توسيع الخيال التصميمي عملية انتقال من التقنية كوسيلة تنفيذ إلى الخوارزمية كفاعل إبداعي وهي عملية فتحت الطريق لمرحلة أكثر وعيا للعلاقة بين التقنية و الإبداع و السياق.

4.1.3 مرحلة المحاكاة والبيانات الضخمة (s2010):

مع دخول العقد الثاني من الألفية انتقل الخطاب الرقمي في العمارة من هاجس الشكل إلى هاجس الأداء وهو تحول عميق يعكس التحولات العالمية مثل أزمة المناخ وتصاعد النقاش حول الاستدامة والضغوط التشريعية المتزايدة لتقليل البصمة الكربونية للمباني [5]، [6] في هذا السياق اكتسبت أدوات المحاكاة وتحليل البيانات الضخمة حضورا محوريا إذ استخدمت لاختبار فعالية التصميم قبل تنفيذه ولفتح المجال أمام قرارات تستند إلى الأدلة العلمية لا الأذواق الفردية.

شـــهدت هذه المرحلة تطورا ملحوظا في برمجيات التحليل البيئي المتخصـــصـــة مثل Radiance و - Ecotect EnergyPlus التي مكنت المعماريين من تحليل استهلاك الطاقة وتوزيع الضوء الطبيعي والتهوية الحرارية كما ساهم انتشـــار نظم المعلومات الجغرافية GIS وأدوات تحليل البيانات الحضـــرية في إدخال العمارة إلى عالم " المدن الذكية" حيث أصبح التصميم قادرا على التفاعل مع أنماط حركة المرور وكثافة الســكان واســتهلاك الموارد [14]، [15]. لم يكن هذا تقنيا فقط بل ثقافيا ومؤسسيا أيضا إذ أنشـــأت المكاتب العالمية الكبرى مثل Foster + Partners و Arup أقساما متخصصة في الأداء البيئي وأصـــبحت شـــهادات مثل LEED و BREEAM معايير نجاح تســـويقية لنجاح المشـــاريع [16]. ومن الجانب الإيجابي حققت هذه المرحلة نقلة نوعية في "مصـــداقية العمارة الرقمية" إذ لم تعد مجرد تجارب شكلية بل أصبحت وسـيلة لتبرير القرار التصـميمي بأدلة كمية سـاهمت في تقليص الفجوة بين البحث الأكاديمي والممارسة المهنية.

إلا أن هذا التقدم حمل معه تحيزا جديدا تمثل فيما وصف [5] ب "العلمية الزائفة "(Architectural Scientism) حيث تم تقديس الجانب الكمي على حســـاب الأبعاد الانسانية والجمالية فأصبح النجاح يقاس بالأرقام، كم كيلو وات\ســـاعة نوفر؟ كم درجة مئوية نحقق في الراحة الحرارية؟ كم طنا من الكربون نقلل؟ بينما جرى تهميش البعد الجمالي والبصري وكأن الصورة المعمارية مجرد ناتج ثانوي غير مهم. وقد نلمس هذا الأثر في مشـــاريع مثل أبراج The Edge في أمستردام 2014 الذي تم تسويقه على أنه "أكثر المباني اســـتدامة في العالم" بينما ارتكز الخطاب بالكامل على كفاءة الطاقة دون نقاش معمق حول لغته البصـــرية أو رمزيته الثقافية أو علاقته بالســـياق الحصري المحلي.

وبهذا كانت مرحلة المحاكاة و البيانات الضـــخمة كانت لحظة انتقالية مهمة فقد رفعت من قيمة العمارة الرقمية باعتبارها علما قابلا للقياس وربطت الخطاب المعماري بالاستدامة و البيانات لكنها كرست في الوقت نفسه فجوة مهمة: تهميش المخرجات البصـرية لصـالح الأداء الكمي وهذه الفجوة هي التي مهدت الطريق للمرحلة اللاحقة مع ظهور الذكاء الاصطناعي التوليدي الذي سيعيد الصورة إلى مركز النقاش لكن في سياق أكثر تعقيدا حيث لم تعد الجودة تقاس بالأداء وحده ولا بالشـــكل وحده بل بتفاعل ديناميكي بين التقنية و الثقافة و الإبداع .[18] ,[17]

مرحلة الذكاء الاصطناعي التوليدي (2020s- الآن):

مع بداية العقد الثالث من القرن الحادي والعشـــرين دخلت العمارة طورا ســريع وغير مســبوق: الذكاء الاصــطناعي التوليدي (Generative Artificial Intelligence) ففي غضـــون أشـــهر ظهرت أدوات مثل (DALL-E,2021) و(Stable Diffusion,2022) و(Midjourney,2022) التي لم تكن مجرد تحديث تقني على خط البرمجيات بل شكلت انفصـالا معرفيا أعاد رسم الحدود بين التصـــميم والإبداع والتقنية. إذا أصـــبح من الممكن للمرة الأولى تحويل نص بسـيط أو رسـم أولى إلى صـــور معمارية عالية الجودة خلال ثوان وهو ما كان يتطلب ســـاعات أو أيام باســـتخدام برمجيات التصـــميم التقليدية (CAD,BIM, Rhino) [17] وغيرها) وقد وصـــف باحثون معاصـــرون[19] هذا التحول ب" الزلزال المعرفي" لأنه غير تعريف الإبداع نفســـه حيث لم يعد الإبداع حكرا على اليد أو العقل البشـــري بل صـــار نتاج تفاعل ديناميكي بين الإنسان والآلة.[18]

هذا التحول لم يكن تقنيا فقط بل ثقافيا أيضـــا فقد انتقلت هذه الأدوات بســـرعة من معامل الشـــركات العملاقة والمختبرات البحثية إلى الاســـتخدام الفردي والمكاتب الصـغيرة. الأمر الذي فتح الباب أما "ديمقراطية الإبداع" لم يعد امتلاك برمجيات متقدمة أو أجهزة عالية الكلفة شـرطا لدخول عالم التصميم البصري المعماري بل صار الطالب

أو المعماري المستقل قادرا على انتاج مخرجات بصرية منافسة باستخدام جهازه المحمول فقط!! [20] لكن هذه الديمقراطية حملت معها أسئلة فلسفية عميقة: من يملك الإبداع؟ هل هو الإنسان أم الخوارزمية؟ وماهو دور المعماري إذا صارت الآلة قادرة على توليد الشكل والصورة؟ وفقا ل (Boden) فإن الإبداع الحقيقي لا يكمن في "الجدة (Novelty)" وحدها بل في القيمة المفاهيمية التي تربط الشكل بالسياق – وهو بالضبط ما تفتقر إليه معظم مخرجات الذكاء الاصطناعي التوليدي اليوم.

وقد كان لدخول هذه الأدوات إلى التعليم المعماري أثر مباشر على رفع كفاءة التفكير التصميمي وتنظيم المراحل المفاهيمية [21]. خلال ورش التصميم أو المسابقات الطلابية صار الاعتماد على أدوات الذكاء الاصطناعي التوليدي مثل Midjourney أو DALL-E جزء من سياق التفكير سواء لتوليد أفكار أولية (Conceptual Design) أو لاستكشاف احتمالات بصرية غير متوقعة وبهذا انتقلت العلاقة بين الطالب والأداة من مستوى التنفيذ إلى مستوى الحوار الإبداعي حيث تغدو الخوارزمية شريكا في التوليد وليس مجرد وسيلة عرض.

أما على صعيد الممارسة المهنية، شهدت مكاتب معمارية عالمية مثل Zaha Hadid Architects أو BIG اهتماما مبكرا بهذه الأدوات لتسريع مرحلة العصف الذهني (Brainstorming) أو لاستكشاف مفاهيم جديدة في مراحل مبكرة من التصميم [22] ومع ذلك ظهر خطاب نقدي يحذر من فقدان العمق المفاهيمي أمام جاذبية الصورة السريعة ومن خطر استبدال التفكير التحليلي بتصميمات "مبهرة" لكنها فارغة مفاهيميا. وتكمن المفارقة هنا في أن الذكاء الاصطناعي التوليدي رغم قدرته على إنتاج صور جميلة فهو يعاني من تحيز ثقافي عميق إذ أن بياناته التدريبية مستمدة في معظمها من مصادر غربية ما يؤدي إلى إعادة إنتاج هيمنة جمالية واحدة على حساب التنوع الثقافي والهويات المحلية [7]

وبهذا تكون مرحلة الذكاء الاصطناعي التوليدي قد أعادت الصورة البصرية إلى مركز النقاش المعماري لكنها فعلت ذلك في سياق أكثر تعقيدا الجماليات لم تعد تقاس بجماليتها وحدها بل بقدرتها على التفاعل مع القصد التصميمي والسياق الثقافي والعملية الإبداعية المشتركة.

4.2 المراحل التقنية حسب التصنيفات الأدبية:

4.2.1 التصنيف الأول: أدبيات الكفاءة (Efficiency Literature)

ارتبطت أدبيات الكفاءة مباشرة بمرحلة التصميم بمساعدة الحاسوب (**Computer-Aided Design -CAD**) التي امتدت من خمسينيات إلى ثمانينات القرن العشرين لكن تأثيرها امتد إلى ما بعد ذلك إذ أسست طريقة تفكير إنتاجية ظلت حاضرة في الخطاب المعماري

انطلقا هذه الأدبيات من افتراض أساسي مفاده أن العمارة عملية انتاجية يمكن تحسينها عبر أتمتة المهام اليدوية وتقليل الأخطاء وتسريع عملية التوثيق ما جعل التقنية تفهم بوصفها "مساعدا تنظيميا" أكثر منها" شريكا إبداعيا"[1]،.[2]

ركزت الدراسات الأولى في هذا التيار أعمال **Charles M Eastman** في منتصف السبعينيات التي ناقشت إمكانيات استخدام الحاسوب في توليد المخططات وتنظيم البيانات دون الخوض في القيمة المفهومية [2] وأضاف **Yohuda Kalay** 1986 تحليلات موسعة حول دمج الحاسوب في المكاتب المعمارية لرفع الكفاءة وتقليل الأخطاء مشيرا الى أن النجاح يقاس بمدى انجاز المهام ضمن زمن أقل وبدقة أعلى. وانعكست هذه المقاربة مباشرة في الممارسة المهنية إذا سارعت المكاتب الكبرى إلى

تبني أنظمة CAD لدوافع اقتصادية مرتبطة بزيادة الإنتاج وتقليل التكلفة وحتى التعليم الأكاديمي تبني المنظور نفسه فدرس هذه البرامج ضمن مقررات "الرسم الرقمي" كبدائل للرسم اليدوي دون التطرق إلى أبعادها الإبداعية أو المفاهيمية .[23].

وفق هذا التصنيف دخلت العمارة من باب الانتاجية لا الإبداع مما أسس لفكرة مفادها أن الإبداع يحدث في عقل المعماري أما الحاسوب فمجرد أداة تنفيذية وأنه "يهدد البعد الشخصي للرسم" [2]،[23] ويحول العملية التصميمية إلى سلسلة أوامر تقنية ما يؤدي إلى فقدان الغنى البصري والتأملي في العمل المعماري .[5].

التصنيف الثاني: أدبيات الشكل (Form Literature)

بينما تعاملت أدبيات الكفاءة قد تعاملت مع التقنية كأداة للإنتاج والتنظيم فإن أدبيات الشكل التي برزت في التسعينيات وبداية الألفية نقلت النقاش إلى بعد جديد، أصبح فيه الحاسوب مولد للأشكال لا مجرد وسيلة لتمثيلها فقد أتاح ظهور النمذجة الخوارزمية إمكانية صياغة معادلات وقواعد تنتج منها أشكال غير تقليدية لتتحول العمارة إلى حقل تجريبي تحكمه الخوارزميات.

شكلت أعمال **Greg Lynn** في كتابه **Animate Form** لحظة فارقة في هذا التحول إذ قدم فكرة أن العمارة يمكن أن تكون "ديناميكية وحركية" مستوحاة من عمليات فيزيائية أو بيولوجية بدلا من الأشكال الثابتة[13], في المقابل جاء **(Kolarevic)** ليعطي إطارا تصنيفا واضحا للتصميم الرقمي من التصميم التوليدي إلى التصميم المعتمد على الأداء هذا الخطاب عزز رؤية أن الشكل لم يعد ناتجا عن خط اليد بل عن منطق الخوارزميات.[12]

أما[3] فقد قرأ التحول من منظور "فلسفي- تاريخي" معتبرا أن الرقمية أنهت ثنائية "الأصل والنسخة" لم يعد هناك "نموذج أول" ننسخ عنه الأعمال بل تدفقات لانهائية من النسخ الرقمية المتغيرة حيث أن هذا الطرح أسس لشرعية فكرية لما اعتبر لاحقا " ثورة شكلية" في العمارة الرقمية.

تجسد هذا التحول عمليا في مشاريع رمزية مثل متحف غوغنهايم بالباو **(Guggenheim Museum,1997)(Gehry)** أو أعمال زها حديد **(Zaha Hadid)** في أوائل الألفية (**Phaeno Science Center**,2005) فقد جسدت قدرة النمذجة الخوارزمية على إنتاج أشكال منحنية و معقدة لم تكن ممكنة بالوسائل التقليدية و أصبحت الانحناءات المائعة لغة تصميمية و قدم **(UNStudio)** أيضا نماذج بارا مترية مثل مشروع (2006,Mercedes-Benz Museum) حيث الشكل المعقد كان محور التصميم والخطاب التسويقي .[5].

ويمكن تقسيم الأدبيات إلى مستويين:

1- أدبيات تقنية: ركزت على كيفية استخدام الأدوات (CATIA, Grasshopper) وتوثيق قدرتها على إنتاج هندسيات جديدة .[12].

2-أدبيات فلسفية: تناولت الشكل الرقمي كتحول في الخطاب المعماري ذاته حيث صار المنطق الخوارزمي بديلا عن الارادة الفردية للمصمم [6]، [19].

في الحالتين كان "الشكل" هو مركز الاهتمام، كيف نولد أشكالا جديدة؟ وكيف نبررها نظريا؟ غير أن هذا التمركز حول الشكل واجه انتقادات واسعة أبرزها الانحياز إلى الجدة الشكلية على حساب المعنى

والسياق وقد حاول Patrik Schumacher 2009 في The Parametricism Manifesto أن يمنح لهذا الاتجاه أساسا نظريا بوصفه " أسلوبا معماريا جديد" لكنه قوبل بجدل حاد بسبب أن هذا التوجه هو توجه نخبوي ومنفصل على الخصوصيات الثقافية والاجتماعية.[5]

يمكن القول إن أدبيات الشكل قدمت الحاسوب كمولد أشكال وانتجت خطاب فلسفي حول الخوارزميات لكنها كونت انحياز جديد وهو مساواة "الإبداع" مع "الجدة الشكلية"(Novelty) هذا الانحياز جعل التجربة البصرية تختزل في الشكل. إن هذه المرحلة تظهر بوضوح أن التركيز على بعد واحد لا يكفي لفهم العمارة ككل بل يقود إلى فجوة معرفية، كيف نقيس قيمة المخرجات البصرية بعيدا عن الانبهار الشكلي وحده؟

4.2.2 التصنيف الثالث: أدبيات الأداء (Performance Literature)

مع مطلع العقد الثاني من الألفية تغير المشهد العالمي جذريا بسبب أزمة المناخ وارتفاع أسعار الطاقة والوعي البيئي مما دفع العمارة لإعادة التفكير في أولوياتها من الشكل إلى الجدوى البيئية والوظيفية مع التركيز على استهلاك الطاقة، التفاعل مع المناخ والمساهمة في الاستدامة الحصرية. وتقسم أدبيات الأداء إلى ثلاث فئات:

1. الأدبيات البيئية: التي اعتمدت على أدوات المحاكاة الحرارية والضوئية مثل **Ecotect, Energy Plus** و Radiance حيث بينت كيف تؤثر المحاكاة على قرارات التصميم البيئية [6]،[24]
2. الأدبيات الاجتماعية والسلوكية: التي استخدمت نماذج رقمية لمحاكاة حركة الناس في الفضاءات العامة وتحليل تدفق المرور والمشاة. مستخدمة تقنيات النمذجة المعتمدة على الوكلاء (Agent-based Modelling) لتوقع كيفية تفاعل المستخدمين مع الفراغات.[14]
3. أدبيات البيانات الضخمة والتخطيط: ركزت على نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وتطبيقات البيانات الضخمة ((Big Data في رسم خرائط حضرية والتنبؤ باحتياجات السكان ودعم قرارات التخطيط الذكي.

مشاريع مثل (The Edge) في أمستردام 2014 روج لها ك "أكثر المباني استدامة في العالم" حيث استند الخطاب بالكامل إلى مؤشرات الطاقة وكفاءة التشغيل. في سنغافورة استخدمت المحاكاة الرقمية في مشاريع التخطيط الحضري لرسم خرائط التهوية والحرارة لتقليل جزر الحرارية الحضرية. وفي المكاتب العالمية أصبحت فرق" الأداء الرقمي" جزءا أساسيا من عملية التصميم كما في (Arup) و(Foster-Partners) حيث تنتج هذه الفرق تقارير رقمية تحدد جودة الحلول قبل اتخاذ القرار.

إن ما ميز الأدبيات هو المعلومات الكمية، الأرقام والبيانات والجداول ولم يكن الهدف إنتاج صورة معمارية بل تقرير يثبت بالأدلة العلمية أن المبنى أفضل. لكن هذا التركيز أثار نقدا واسعا [5] حذر مما سماه العلموية المعمارية (Architectural Scientism) أي اختزال العمارة إلى علم أرقام. وإغفال بعدها الرمزي والبصري والقيم الجمالية أو التعبير الثقافي. كما أثيرت مسألة أن العمارة لا يمكن اختزالها إلى استدامة الطاقة وحدها. إن أدبيات الأداء مثلت نقطة مهمة من الشكل إلى الاستدامة ومن الخيال البصري إلى البرهان الكمي ولكنها

أنتجت انحيازا وهو التقليل من شأن الصورة المعمارية لصالح المؤشرات الرقمية.[18]

4.2.3 التصنيف الرابع: أدبيات الإبداع المشترك (Co-Creativity (Literature

مع دخول مرحلة الذكاء الاصطناعي التوليدي (Generative AI) تحول النقاش في العمارة الرقمية من الكفاءة الزمنية أو الجدة الشكلية إلى سؤال أعمق وهو كيف يعمل المعماري والآلة معا في إنتاج الإبداع؟ هنا لا تعود العمارة مجرد نتاج بصري بل عملية معرفية يتفاعل فيها الخيال البشري مع الخوارزميات لإنتاج مخرجات جديدة.

تمتد الجذور الفلسفية لهذا الطرح إلى أعمال Margaret Boden 2004 التي قدمت في كتابها The Creative Mind: Myths and Mechanisms مفهوم "الإبداع الممتد" (Extended Creativity) الذي يشمل:

1. الإبداع التوليفي (Combinational Creativity) الذي يجمع بين عناصر مألوفة بطريقة جديدة.
2. الإبداع الاستكشافي (Exploratory Creativity) الذي يوسع حدود الأنظمة القائمة.
3. الإبداع التحويلي (Transformational Creativity) الذي يبدل القواعد ذاتها لإنتاج فضاءات تفكير جديدة.

هذه المستويات الثلاث تترجم مباشرة إلى ما تصفه هذه الورقة بالمتغير "الإبداعي –الإدراكي" في هذه الورقة. إذ تسمح الأدوات التوليدية مثل Midjourney وStable Diffusion بكسر أنماط التفكير التقليدية وفتح مسارات غير متوقعة ما يعيد تعريف العملية الإبداعية نفسها بوصفها تبادلا إدراكيا بين الإنسان والآلة .[25].

بينما طور[26]وآخرون إطارا يربط القيمة الإبداعية بالعملية التفاعلية لا بالنتائج وحدها وهو ما يتقاطع مع متغير موافقة السياق حيث يقاس نجاح المخرجات بمدى ملاءمتها للسياق والبيئة المحلية عبر الحوار المستمر بين الإنسان والآلة.

أما الأدبيات المعاصرة في العمارة [8] فقد أبرزت أن استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي التوليدي مثل (Midjourney– stable Diffusion) مكن الطلاب من توليد بدائل متعددة بسرعة ما يفتح المجال أمام المتغير الكمي كعنصر أساسي: كثافة المخرجات تخلق فرصا أكبر للتقييم والاختيار لكنها تحمل أيضا خطر" الانبهار بالمخرجات الأولى إن غاب الإطار النقدي.

يمكن القول إن أدبيات الإبداع المشترك تمثل التحول الرابع في الخطاب المعماري الرقمي إذا تنقل الذكاء الاصطناعي من دور الأداة إلى دور الشريك المعرفي فالإبداع لم يعد يقاس بما تنتجه الآلة وحدها بل بمدى تفاعلية العملية وتوازنها بين الخيال الإنساني والمنطق الخوارزمي ومن هنا تتكامل الأبعاد الثلاث – الكمي والسياقي والإبداعي – الإدراكي – في إطار واحد يسعى إلى إعادة تعريف جودة المخرجات البصرية في زمن الذكاء الاصطناعي التوليدي.

جدول 2. نحو فهم أعمق للإبداع المشترك (إعداد الباحثة, 2025.)

المرحلة	الأدوات البارزة	المشاريع	تركيز الأدبيات	الفجوة الرئيسية
CAD	Sketchpad, AutoCAD	SOM, التعليم المبكر	الكفاءة والدقة	تهميش المخرجات البصرية
البارا مترية	CATIA, Grasshopper	Guggenheim Bilbao, Zaha Hadid	الشكل الخوارزمي	مساواة الشكل بالإبداع
المحاكاة	Ecotect, EnergyPlus	The Edge (Amsterdam)	الأداء البيئي	تغليب الأرقام على الصورة
التوليدي	Midjourney, Stable Diffusion	مسابقات Mars Architecture	الإبداع المشترك	غياب مؤشرات قياس وتحيز ثقافي

4.3 نحو فهم أعمق للإبداع المشترك

(Toward a Deeper Understanding of Co-Creativity):

4.3.1 في مجال العمارة:

- في السياق العربي والإقليمي ظهرت دراسات في الخليج العربي وتركيا اختبرت أدوات الذكاء الاصطناعي التوليدي مثل **Midjourney** و**DALL-E** لإعادة إنتاج العمارة التقليدية والزخارف المحلية. النتائج إمكانات إبداعية كبيرة لكنها كشفت أيضا عن انحيازيات خوار (**Biases**) وضعف في فهم الرموز الثقافية ما يؤدي في بعض الحالات إلى مخرجات بصرية لا تعكس جوهر التراث المحلي..[27]
- التعليم المعماري: أظهرت تجارب مثل دراسة **Enhancing the use of artificial intelligence in architectural education** (دراسة حالة في السعودية) أن الذكاء الاصطناعي يعزز مرحلة الأفكار المفاهيمية لدى الطلاب ويوسع بدائل التصميم لكنه يظهر مخاوف حول فقدان الأصالة والاعتماد الزائد على الآلة .[28]

4.3.2 في مجالات إبداعية أخرى:

أولا في مجال الفنون التشكيلية: دخلت الفنون الرقمية في إعادة إنتاج الجداريات والتراث عبر وسائل افتراضية لكن هذه المحاولات غالبا ما بقيت في نطاق المحاكاة دون ابتكار دلالي جديد مما يبرز التأثير القوي للبعد التقني – الثقافي مع ضعف البعد الإبداعي [29]

ثانيا في مجال الموسيقى: في الموسيقى التوليدية استخدمت الخوارزميات لإنتاج ألحان ذات تنوع تجريبي وهو مثال تقاطع الأبعاد التقنية والإبداعية لكنه كثيرا ما كان بدون هوية محلية واضحة بل كموسيقى عابرة للثقافات تفتقر إلى جذور دلالية ثقافية .[30]

ثالثا في مجال الأدب: في الأدب التفاعلي طرحت نماذج تسمح للقارئ بالمشاركة في صياغة النص عبر مسارات متعددة مما جمع بين الثقافة والإبداع في آن واحد لكن معظم هذه التجارب تعتمد على التقييم النوعي أو استجابات القارئ دون أدوات تقنية دقيقة لقياس الجودة أو الأداء (مثال: دراسات تفاعلية في الأدب الرقمي) وهو ما يضعها في حدود الانطباعية هذا ما يطرحه فصل **digital Literacy for Interactive Literature** في كتاب **Digital Future** حيث يناقش أن التحدي الأكبر في هذا المجال هو غياب أدوات تقييم أداء موثوقة للنصوص

التفاعلية مما يجعل التقييم يعتمد غالبا على التفسير البشري و انطباعاته [31]

رابعا في مجال التصميم الصناعي: في مجال التصميم الصناعي استخدمت تقنيات التصنيع الرقمي والطباعة ثلاثية الأبعاد لابتكار منتجات تستلهم الهوية المحلية أو التراث البصري وهو ما يتجلى في أعمال [32] التي طورت منهجية "التصميم الموجه بالمادة" (**Material Driven Design**) لربط القيم الثقافية بالتجربة الحسية للمواد. هذا التوجه عزز حضور الهوية المادية في المنتج وجعل الثقافة جزءا من عملية التصميم ذاتها. لكنه من ناحية أخرى يبقى ضمن الأشكال التقليدية دون إبداع فعلي يوسع لغة التصميم أو يقترح حلول جديدة

4.3.3 النقد التحليلي الموحد:

على الرغم من التقدم الملحوظ في دراسة العمارة الرقمية لا يزال الفهم السائد مجزأ بين محاور منفصلة تتناول التقنية أو الشكل أو الأداء أو الإبداع كل على حدة. هذا التجزؤ كما تشير دراسات مبكرة [13] ,[2] ,[1] يكشف عن غياب إطار معرفي شامل قادر على استيعاب التداخل المعقد بين هذه الأبعاد.

من هنا تنبع أهمية التحليل النقدي الموحد الذي يسعى إلى تقديم إطار ثلاثي الأبعاد يجمع بين البعد التقني، والبعد الثقافي، والبعد الإبداعي الإدراكي ضمن منظومة واحدة متكاملة.

هذا الإطار لا يقتصر على دمج الأبعاد في بناء نظري بل يركز على ديناميكيات التفاعل بينها وكيف ينعكس هذا التفاعل على جودة المخرجات البصرية بحيث تعبر عن جاذبية شكلية عالية وهوية ثقافية واضحة وقيمة إبداعية ملموسة [5]،[6]) وبذلك يقدم رؤية جديدة لتقييم العمارة التوليدية لا تعتمد فقط على الشكل أو الداء بل تراعي التكامل بين هذه العناصر [9]،[26]

عمليا، يمهد هذا التحليل لتطوير ادوات تقييم كمية ونوعية قادرة على الجمع بين مؤشرات مثل: جودة الصورة (NIMA) واتساق النص (CLIP-T) والتقييم الثقافي عبر مدى الانتماء المحلي للسياق (Modern-Local Fit) إلى جانب تقييم الإبداع عبر التفاعل البشري – الآلي (Human–in–the–loop) [8]

بناء على ذلك لا يمثل التحليل النقدي الموحد مجرد أسلوب نظري في إعادة تصنيف الأدبيات بل خطوة استراتيجية نحو بناء رؤية متكاملة لفهم العمارة الرقمية في عصر الذكاء الاصطناعي التوليدي، رؤية تعيد التوازن بين الدقة التقنية والهوية الثقافية والخيال الإبداعي في إطار عملي قابل للقياس والتطبيق.

4.4 من الثنائيات إلى الإطار الثلاثي: نحو رؤية متكاملة لتقييم المخرجات البصرية في العمارة الرقمية:

الإطار المفاهيمي الثلاثي الأبعاد (The Tri-Dimensional Framework)

حيث أظهرت مراجعة الأدبيات أن محاولات تقييم المخرجات البصرية في العمارة الرقمية ظلت مجزأة و متفرقة بحيث ركز كل تيار على بعد واحد من أبعاد العملية التصميمية فهناك دراسات اعتمدت مؤشرات تقنية بحثة تقيس الجودة عبر معايير كمية دون النظر إلى السياق و أخرى ناقشت الهوية الثقافية في سياق نقدي وصفي دون تطوير أدوات قابلة للقياس حين ركزت فئة ثالثة على البعد الإبداعي الانساني ولكن ضمن مقاربات فلسفية غير تطبيقية هذا التشتت أظهر فجوة منهجية عميقة تتمثل في غياب إطار تكاملي يعيد تنظيم هذه الأبعاد داخل منظومة واحدة كتمثيلات معمارية ذات دلالة وظيفية و ثقافية وإبداعية في آن واحد.

جدول 3. التحول الزمني وتطور المتغيرات (إعداد الباحثة, 2025.)

المرحلة الزمنية	السياق المعماري/ التقني	المتغيرات الأساسية	المؤشرات السائدة
1990s - 1980s	برامج التصميم بمساعدة الحاسوب CAD و3D والمحاكاة البسيطة	زمن الانجاز، دقة التفاصيل	Rendering Time + Resolution
2010s -2000s	التصميم البارا متري والخوارزميات	كمية المخرجات، التنوع، القيمة الوظيفية	Quantity +Diversity + Function
2020s - الآن	الذكاء الاصطناعي التوليدي	الإبداعية الإدراكية، الملاءمة السياقية، التوافق المحلي، ثبات النتيجة، جود الصورة الآلية	Creativity + Contextual Fit + Visual Quality

من هذا التسلسل يتضح أن تقييم المخرجات الرقمية تطور من قياس الكفاءة إلى قياس المعنى أي من الزمن والدقة إلى الإبداع والسياق. بناء على ذلك تقترح هذه الورقة إطار ثلاثي الأبعاد يجمع بين الأبعاد الأكثر حضورا في الأدبيات الحديثة:

1. البعد التقني (Technical) – يوفر أدوات كمية لقياس الجودة.
2. البعد الثقافي (Cultural) – يعيد الاعتبار للهوية والسياق المحلي.
3. البعد الإبداعي – الإدراكي (Creative - Cognitive) – يحافظ على دور المعماري كفاعل أساسي في العملية.

4.4.1 البعد الأول: البعد التقني (Technical Dimension)

يمثل هذا البعد الركيزة العلمية الأساسية للإطار المقترح إذ يوفر مؤشرات كمية قابلة للتكرار تقلل من الطابع الانطباعي الذاتي في تقييم المخرجات. وقد ركزت الأبحاث الحديثة في الذكاء الاصطناعي المعماري على نموذجين رئيسيين:

NIMA -Neural Image Assessment نموذج يعتمد على شبكات عصبية مدربة على تقييمات بشرية ضخمة يقيس الجودة الإدراكية للصور بناء على تقييمات بشرية ضخمة ما يجعله قادرا على إعطاء تقدير رقمي للجاذبية البصرية.[11]

CLIP–T –Text –Image Consistency أداة تقيس الاتساق بين النص المدخل و الصورة الناتجة مما يتيح التحقق من مطابقة المخرجات للبعد الوصفي المطلوب .[33]

وللتوضيح موقع الأداتين ضمن منظومة أوسع من مقاييس الذكاء الاصطناعي البصري يعرض الجدول التالي الذي يقدم مقارنة موجزة بين أبرز الأدوات المستعملة في تقييم الصور المولدة.

جدول 4. مقارنة بين أبرز مقاييس تقييم المخرجات البصرية للذكاء الاصطناعي (إعداد الباحثة, 2025.)

الأداة / النموذج	ما الذي نقيسه؟	نوع المؤشر	سبب الاستخدام في العمارة	البعد المرتبط بالإطار الثلاثي
NIMA -Neural Image Assessment	الجاذبية البصرية / الجودة الإدراكية للصور بناء على تقييمات بشرية ضخمة	كمي – إدراكي	يعطي درجة رقمية تعكس مدى جمال أو إقناع الصورة بصريا	البعد التقني
CLIP-T Contrastive Language Image Pretraining- Text Similarity	درجة الاتساق بين النص المدخل Prompt والصورة الناتجة	كمي – تقني	يتحقق من مطابقة المخرجات مع الوصف النصي مقابل الصورة	التقني – الإبداعي
FID - Fréchet Inception Distance	الفرق الاحصائي بين صور مولدة وصور حقيقية Realism	كمي – إحصائي	يستخدم لقياس "واقعية" الصور المنتجة مقارنة بقاعدة بيانات صور حقيقية	التقني
IS - Inception Score	تنوع الصور وجودتها في آن واحد	كمي – إحصائي	يقيم إذا كانت المخرجات متنوعة وغير مكررة وهو مهم في توليد بدائل تصميمية	التقني
PSNR = Peak Signal-to-Noise Ratio	جودة الصور عبر قياس الفرق بين الصورة المولدة والمرجعية	كمي – تقني	يستخدم حين نحتاج مقارنة مخرجات AI مع صورة أصلية/مرجعية	التقني
SSIM - Structural Similarity Index	درجة التشابه البنيوي بين صورتين	كمي – تقني	يفيد في قياس مدى حفاظ AI على العلاقات المكانية والهندسية في التصميم.	التقني
LPIPS - Learned Perceptual Image Patch Similarity	مدى إدراك التشابه بين صورتين بناء على نموذج مدرب على إدراكات بشرية	كمي – إدراكي	يقيس تشابه الصور كما يدركها الانسان لا فقط حسابيا	الإدراكي
Modern Local Fit مستحدث	مدى ملائمة الصورة مع الذوق المحلي أو الهوية الثقافية	كمي – ثقافي	مؤشر مستحدث لقياس المحلية وملائمة السياق	الثقافي

تم اختيار NIMA وT- CLIP لتمثيل البعد التقني في الإطار الثلاثي لسببين: الأول، لأنهما يجمعان بين الكمية والإدراك (Quantitative + Perceptual) أي يوفران قياسا عدديا يستند إلى تفضيلات بشرية حقيقية. والثاني لأن CLIP-T وحده يربط النص بالنتيجة مما يجعله اداة مناسبة لتحليل مخرجات الذكاء الاصطناعي التوليدي. أما

الأدوات الأخرى مثل FID وIS وLPIPS فتعتمد كمعايير مقارنة مساندة عند الحاجة لها لكنها لا تعبر بدقة عن الجودة الجمالية أو الملاءمة التصميمية المطلوبة في نطاق الورقة الحالية.

دمج هذه المؤشرات لا يعني أن التقييم أصبح آليا بالكامل بل ان الحكم البصري يجد أساسا علميا موضوعيا يدعمه ويبقى هذا البعد محدود إن لم يدمج بأبعاد اخرى.

4.4.2 البعد الثاني: البعد الثقافي (Cultural Dimension)

العمارة لا يمكن أن تقرأ بمعزل عن السياق والهوية والأدوات التقليدية غالبا ما تعيد إنتاج أنماط بصرية غريبة نتيجة الانحيازيات بيانات التدريب [34] لذا يبرز هذا البعد بوصفه أداة تصحيحية يمكن من خلالها تطوير مؤشر لقياس ملاءمة المخرجات للسياق المحلي – ما يمكن تسميته ب Modern-Local Fit.

هذا المؤشر يعكس قدرة الصورة على تمثيل العمارة الحديثة بمفردات محلية واقعية سواء عبر تقييم بشري من لجنة خبراء أو عبر كود برمجي مدرب على صور من السياق المحلي لاحتساب تشابه دلالي. وتشير الأدبيات التعليمية الحديثة إلى أن تجاهل هذا البعد يؤدي إلى انفصال المخرجات عن بيئتها الاجتماعية وتحول العمارة إلى منتج بصري عابر للثقافات [35] لذلك يعد دمج الثقافة شرطا جوهريا للملاءمة الاجتماعية وليس خيارا تجميليا.

4.4.3 البعد الثالث: الإبداعي – الإدراكي Creative - Cognitive) (Dimension

الإبداع في العمارة ليس محصورا في الصورة النهائية بل يتجلى في العملية التصميمية التفاعلية بين المصمم والأداة وتشير أبحاث Mixed-**Initiative Systems** إلى أن أفضل النتائج تتحقق عندما يتبادل الإنسان والآلة الأدوار في توليد وتقييم الأفكار[10]. ويمكن قياس هذا البعد على مستويين:

1- **الإبداع المدرك (Perceives Creativity)**: من خلال تقييم خبراء مدى الاصالة والابتكار في المخرجات. [36]

2- **الإبداع الإجرائي (Procedural Creativity)**: عبر رصد العملية نفسها (عدد التكرارات – الزمن المستغرق– تنوع البدائل)

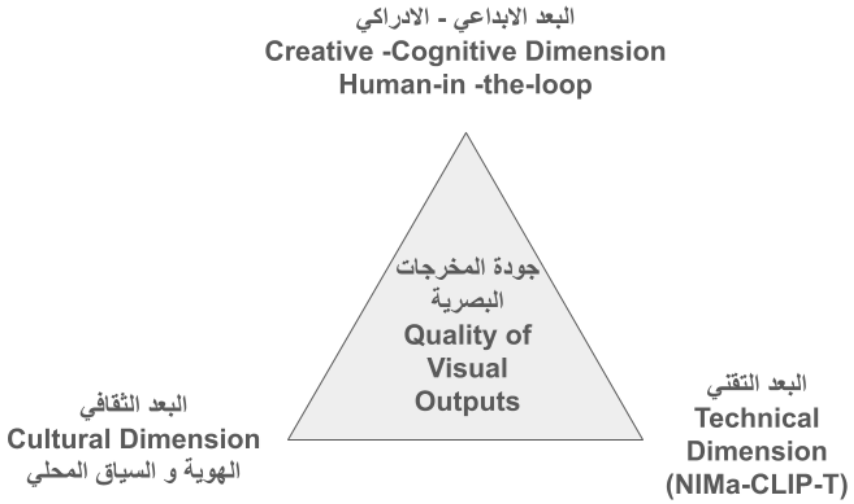
بهذا يضمن الإطار بقاء الإنسان في قلب الحلقة الإبداعية لا في هامشها إذ يؤكد شنايدرمان (Schneiderman) أن الرؤية المرتكزة على الإنسان تهدف إلى تعزيز القدرات البشرية لا استبدال الأشخاص ووضع البشر ليس فقط في الحلقة بل في موقع تحكم .[37]

لتحويل الإطار من طرح وصفي إلى برنامج قياس نعتمد المصفوفة التالية التي توائم بين مؤشرات الكم التقني، وملائمة السياق والابداع الإدراكي.

جدول 5. المصفوفة النهائية للأبعاد الثلاثة (إعداد الباحثة, 2025.)

البعد	أدوات القياس \ المؤشرات	القيمة المضافة	المخاطر عند غيابه
التقني (Technical)	NIMA (Neural Image-Assessment) CLIP-T (Text-Image-Consistency)	يوفر قوة كمية قابلة للتكرار ويضمن جودة الصورة واتساقها مع المدخل النصي	الاعتماد على الانطباعات الذاتية واحتمال انتاج صورة جميلة لكنها لا تعكس متطلبات التصميم
الثقافي (Cultural)	مؤشر (Modern-Local Fit) مقارنات مع أنماط محلية	يعيد الاعتبار للهوية المعمارية ويربط المخرجات بالسياق	إنتاج مخرجات –عالمية– منقطعة عن البيئة المحلية مما يفقدها

الإبداعي / الإدراكي (Creative -Cognitive)	تقييم الخبراء (Originality) رصد العملية (Appropriateness)	يحافظ على دور المعماري ويعكس العملية الابداعية التفاعلية (Human-in-the-loop)	فقدان الاصالة والاعتماد الزائد على الالة مع تقليص دور الانسان في التصميم



شكل 1. الإطار المفاهيمي الثلاثي لتقييم جودة المخرجات البصرية (إعداد الباحثة, 2025.)

النتائج:

يتبين من تحليل الأدبيات الذي تم إجراؤه في هذه الورقة أن تقييم المخرجات البصرية للذكاء الاصطناعي التوليدي لم يتأسس حتى الآن داخل إطار معرفي متكامل بل ظل موزعا بين قراءات تقنية منفصلة او مقاربات ثقافية نقدية أو أطروحات إبداعية فلسفية غير قابلة للقياس. وتظهر نتيجة هذه الورقة في أن الانتقال من هذه البنى الأحادية نحو معيار تقييم مركب لم يعد خيارا إضافيا بل أصبح ضرورة منهجية تفرضها الطبيعة التوليدية ذاتها والتي تنتج الصورة ككيان مركب لا كطبقة واحدة. ومن ثم تلخص الورقة إلى أن تأطير التقييم داخل بنية ثلاثية (تقنية – إبداعية– سياقية) يمثل إعادة ضبط معرفي لمفهوم "الجودة البصرية" في العمارة التوليدية ويشكل مسار أكثر تكاملا لتأسيس معايير تقييمية قابلة للتوسع والاختبار في الدراسات التطبيقية اللاحقة.

6. الخاتمة:

جاءت هذه الورقة استجابة للتحولات العميقة التي يشهدها الحقل المعماري مع دخول الذكاء الاصطناعي التوليدي كفاعل جديد في عملية الإبداع البصري وقد بينت هذه الدراسة أن التحدي لم يعد تقنيا بحتا بل معرفيا وثقافيا في جوهره إذا أصبح المعماري مدعو لإعادة تعريف دوره بوصفه منظما للتفاعل بين الخيال البشري والخوارزمية لا مجرد مستخدم لأداة انتاج.

أظهرت التحليلات أن جودة المخرجات البصرية لا تقاس بجمال الصورة وحده بل بقدرتها على تمثيل القصد التصميمي والانسجام مع السياق الثقافي والمعماري. إن

هذا التحول يؤكد أن الذكاء الاصـــطناعي لا يلغي البعد الانساني في التصميم بل يوسع مجاله من خلال خلق بيئة إبداعية تشـــاركية تتقاطع فيها القدرات البشـــرية مع التعلم الآلي في إنتاج حلولا أكثر تنوع.

تتمثل مســـاهمة هذه الورقة في اقتراح منظور تقييم جديد يدمج الأبعاد التقنية والادراكية والثقافية ضـــمن إطار واحد بما يتيح قراءة أكثر وضوح لمخرجات التصميم الناتجة عن الذكاء الاصطناعي التوليدي وتساهم في إثراء النقاش حول معايير الجودة والإبداع في العمارة الرقمية المعاصـــرة ويقدم أساسا يمكن الاستمرار منه لدراسات مستقبلية تستكشف العلاقة بين الذكاء الاصطناعي والهوية المعمارية المحلية. تطمح هذه الورقة أن تفتح آفاقا جديدة للتجريب والتعليم في العمارة عبر إجراء تجارب في استوديو التصميم او المكاتب المهنية لتطبيق هذا الإطار ودراسة مدى فاعليته.

6.1 التوصيات:

توصـــي هذه الورقة بالانتقال من اســـتخدام المؤشـــرات المنفصـــلة إلى بناء منظومات تقييم مركبة تفعل الأبعاد الثلاثة المقترحة بصـــورة متزامنة. بحيث تقرأ الجودة التقنية والقيمة الإبداعية والانتماء الســـياقي كوحدة واحدة. كما توصـــي بتطوير قواعد بيانات محلية لصـــور مرجعية من البيئات المحلية والعربية والمتوســـطية لدعم قياس مؤشـــر الملاءمة الســـياقية وتقليل أثر انحيازيات بيانات التدريب العالمية. وتدعو الورقة أخيرا على تحويل هذا الإطار النظري إلى مســـاحة اختبار تطبيقية في دراســـات لاحقة. لقياس قابلية تشغيل المؤشرات الثلاث على حالات تصميم فعلية وتقييم فعالية هذا الإطار كأساس أولى لتطوير أدوات تقييم معيارية قابلة للاستخدام في الممارسة المهنية.

المراجع:

[1] Kalay YE. Design alternatives generation in design studies. Design Studies. 1986;7(2):75-91.

[2] Eastman CM. The use of computers instead of drawings in building design. AIA J. 1975;63(3):46-50.

[3] Carpo M. The Alphabet and the Algorithm. Cambridge (MA): MIT Press; 2011.

[4] Schumacher P. Parametricism. Wiley Online Library. 2009. doi:10.1002/AD.912

[5] Picon A. Digital Culture in Architecture: An Introduction for the Design Professions. Basel: Birkhäuser; 2014.

[6] Oxman R. Thinking difference: Theories and models of parametric design thinking. Design Studies. 2016;52:4-39.

[7] ISRSAI. Technology and Innovation Report 2025: Inclusive Artificial Intelligence for Development. United Nations; 2025.

[8] Dortheimer J, Schubert G, Dalach A, Brenner LJ, Martelaro N. Think AI-side the Box! Exploring the usability of text-to-image generators for architecture students. In: eCAADe 2023: Digital Design Reconsidered; 2023. p. 567-576. doi:10.52842/conf.ecaade.2023.2.567

[9] Boden MA. The Creative Mind: Myths and Mechanisms. 2nd ed. London: Routledge; 2004.

[10] Liapis A. Exploring the Visual Styles of Arcade Game Assets. In: Johnson C, Ciesielski V, Correia J, Machado P, editors. Evolutionary and Biologically Inspired Music, Sound, Art and Design. Cham: Springer; 2016. p. 92-109. doi:10.1007/978-3-319-31008-4_7

[11] Talebi H, Milanfar P. NIMA: Neural Image Assessment. IEEE Trans Image Process. 2018;27. doi:10.1109/TIP.2018.2831899

[12] Kolarevic B. Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing. New York: Taylor & Francis; 2005.

[13] Lynn G. Animate Form. New York: Princeton Architectural Press; 1999.

[14] Batty M. Big data, smart cities and city planning. ResearchGate. doi:10.1177/2043820613513390

[15] Kitchin R. Big Data, New Epistemologies and Paradigm Shift. ResearchGate. 2014. doi:10.1177/2053951714528481

[16] Cole RJ. Regenerative design and development: current theory and practice. Building Research & Information. 2012. Available from: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09613218.2012.617516

[17] Furtado L. A Task-oriented Framework for Generative AI in Design. ResearchGate. Apr 2025. doi:10.1016/j.yjoc.2024.100086
[18] Leach N. Architecture in the Age of Artificial Intelligence. ResearchGate. May 2025. doi:10.36253/techne-14769
[19] Carpo M. Perspectives in computational design: A brief assessment of today's socio-technical context, promises, and challenges. Perspectives in Architectural and Urbanism. 2024;1(1):100001. doi:10.1016/j.pau.2024.100001
[20] Onatayo D, Onososen A, Oyediran AO, Oyediran H, Arowoiya V, Onatayo E. Generative AI applications in architecture, engineering and construction. Architecture. 2024;4(4):877-902. doi:10.3390/architecture4040046
[21] Li Y. A Review of Artificial Intelligence in Enhancing Architectural Design Efficiency. ResearchGate. Aug 2025. doi:10.3390/app15031476
[22] Zhang Z. Exploring the potential of artificial intelligence as a tool for architectural design: A perception study using Gaudí's works. ResearchGate. 2023. doi:10.3390/buildings13071863
[23] Evans R. Translations from Drawing to Building. 1997.
[24] Wang W, Zmeureanu R, Rivard H. Applying multi-objective genetic algorithms in green building design optimization. Building and Environment. 2005;40(11):1512-1525. doi:10.1016/j.buildenv.2004.11.017
[25] Jo H, Kim J, Lee S. Generative AI for facade design: Localized training for culturally adaptive outputs. Journal of Architectural Computing. 2024;32(1):55-74.
[26] Karana E, Barati B, Rognoli V, Zeeuw van der Laan A. Material Driven Design (MDD): A method to design for material experiences. Int J Design. 2020;14(2):37-54.
[27] Sukkar AW, Fareed M, Yahia M, Abdalla S, Ibrahim I. Analytical evaluation of Midjourney architectural virtual lab. 2025. Available from: https://www.mdpi.com/2075-5309/14/3/786
[28] Alshahrani A, Mostafa AM. Enhancing the use of artificial intelligence in architectural education: Case study Saudi Arabia. Front Built Environ. 2025;11. doi:10.3389/fbuil.2025.1610709
[29] Avlonitou C, Papadaki E. AI: An Active and Innovative Tool for Artistic Creation. 2025. Available from: https://www.mdpi.com/2076-0752/14/3/52
[30] Dadman S, Bremdal BA. Crafting creative melodies: A user-centric approach for symbolic music generation. Electronics. 2024;13(6):1116. doi:10.3390/electronics13061116
[31] Mills K, Unsworth L, Scholes L. Digital interactive literature. ResearchGate. 2022. doi:10.4324/9781003137368-13
[32] Karana E, Barati B. Living Artefacts: Conceptualizing Livingness as a Material Quality in Everyday Artefacts. 2020.
[33] Radford A, et al. Learning transferable visual models from natural language supervision. In: Proceedings of the 38th International Conference on Machine Learning. 2021. p. 8748-8763. Available from: https://proceedings.mlr.press/v139/radford21a.html
[34] Kwon C, Ahn Y. Critical views on AI in building design. Int J Sustain Build Technol Urban Dev. 2024;15(2):240-246. doi:10.22712/SUSB.20240017
[35] Shaker R, Sabry HE. Architectural Regionalism as a Way to Achieve the Contemporary Egyptian Identity. مجلـة الفنون والعلوم الانســـانيـة. 521-496:(14)7;2024. doi:10.21608/mjas.2024.336131.1284
[36] Amabile TM. Creativity in context. Boulder (CO): Westview Press; 1996.
[37] Shneiderman B. Human-Centered Artificial Intelligence: Reliable, Safe & Trustworthy. arXiv preprint. 2020. doi:10.48550/arXiv.2002.04087