أثر علاقة الإدراك الإنساني مع الذكاء الصنعي في تحسين عملية التصميم المعماري

كلية الهندسة المعمارية _ جامعة حمص

إعداد: م. يوسف ابراهيم الخطيب إشراف: د. مؤنس الجرايحي

الملخص:

يعد الإدراك الإنساني الركيزة التراكمية الأهم التي حافظت على تطور المعارف والعلوم عبر التاريخ وخاصة في علوم الهندسة المعمارية والتصميم المعماري ومع ظهور التقنيات الجديدة البسيطة منها والثورية على حد سواء تظهر أهمية مراجعة وضبط تأثيرها على علم التصميم المعماري، الذكاء الصنعي بوصفه تقنية ثورية بدأت فعلا بتغيير ملامح الأعمال والعلوم المختلفة بنسب مختلفة وخاصة العلوم التي تبحث بالإدراك الإنساني.

يقدم البحث طرحا جديدا فيما يتعلق بنماذج الدمج بين الادراك الإنساني والذكاء الصنعي لخدمة العملية التصميمية اذ يؤسس لنموذجين بشكل واضح مع شرح منهجية بناء كل نموذج وطريقة عمله داخل العملية التصميمية مع تحديد دور كل من الانسان ومحرك الذكاء الصنعي المستخدم. النموذج الأول المبتكر في البحث (التبادلي PAIR MODEL) الذي يطوع العلاقة لخدمة العملية التصميمة وفق مبدأ التبادل الفعال بين المصمم والذكاء الصنعي والنمو المشترك. النموذج الثاني المبتكر في البحث (الاعتمادي HCAI–AD MODEL) الذي يطوع العلاقة لخدمة العملية التصميمة وفق مبدأ الاعتمادية الواعية على محركات الذكاء الصنعي بتعليم وتوجيه وضبط المصمم المعماري. كما وصل البحث الى محددات تقييمية تم من خلالها تحليل عدة امثلة والوصول الى نتائج دقيقة تتيح الاطلاع على مقدار الفجوة بين ما هو موجود فعلا وما هو ممكن.

الكلمات المفتاحية: ذكاء صنعي _ إدراك انساني _ تبادلية _ اعتمادية

The Impact of the relationship between human cognition and artificial intelligence on improving the architectural design process

Ar. Yousef Al-khteeb **Dr. Mounes Al-Jarayhi**

Abstract :

Human cognition constitutes the most significant cumulative foundation that has sustained the development of knowledge and the sciences throughout history, particularly within the architectural sciences and architectural design. With the emergence of new technologies—both incremental and revolutionary—the importance of reviewing and regulating their influence on the discipline of architectural design becomes evident. Artificial intelligence, as a revolutionary technology, has already begun to reshape the features of various fields of work and science to varying degrees, particularly those disciplines concerned with human cognition.This research proposes a novel framework concerning models of integration between human cognition and artificial intelligence in service of the design process, establishing two distinct models while explaining the methodology underlying the construction of each model, its mode of operation within the design process, and the respective roles of the human designer and the artificial intelligence engine employed.The first model introduced in this research the **(PAIR) model** harnesses this relationship in service of the design process according to the principle of effective reciprocity between the designer and artificial intelligence, and of mutual growth.The second model introduced in this research the **(HCAI-AD) model** harnesses this relationship in service of the design process according to the principle of conscious dependency on artificial intelligence engines, whereby the architectural designer is taught, guided, and regulated.

1- المقدمة:

تطور العلوم وطرق البحث العلمي في كل مجال من المجالات أفضـــى بطبيعة الحال لأن تؤثر على بعضها بعضاً وخاصة أن الهدف الأساسي لكافة العلوم هو تحقيق الراحة النسبية و الفهم المنطقي

صورة 1 انشاء صورة باستخدام الذكاء الصنعي التوليدي من اعداد الباحث
المصدر(https://www.midjourney.com/)

للإنسان سواء في الماديات أو المعنويات ، وعندما كان التصميم المعماري علماً يعتمد على تطور باقي العلوم الإنسانية والتكنولوجية ظهر علم الإدراك الإنساني وكيفية تفسيريه لمعنى الأشياء ، ليكون من أكثر المجالات تأثيراً عل التصاميم الإنسانية عامةً وعلى المعمارية خاصةً على مر السنين ، كما أن أحد أكثر المؤثرات على عملية التصميم هي الإمكانيات التقنية الخاصة بكل عصر او مرحلة زمنية ما وبذلك تشكل تكنولوجيا الذكاء الصنعي و تطبيقاتها عاملاً حاسماً في عملية التصميم المعماري في العصر الحالي ، ومن هنا يعنى هذا البحث بدراسة العلاقات التبادلية بين هذه المجالات حتى علاقة الإدراك الإنساني و الذكاء الصنعي التي تحدد بطبيعة الحال دور المصمم و كيفية الاستفادة من التقنيات المتاحة وتحديد دوره في المجالات الثلاثة على ضوء التغيرات الحاصلة في علم التصميم المعماري .



2- أهمية البحث:

البحث يقدم مدخل جديد لتطوير وتحسين عملية التصميم المعماري من خلال تطويع علاقة أحدث تقنيات الذكاء الصنعي و مجالات الادراك الإنساني للوصول الى نماذج مخصصة.

3- هدف البحث:

يهدف هذا البحث الى توظيف تقنيات الذكاء الصنعي وتقوية تفاعلها وتحديد دورها في مراحل الادراك الإنساني بشكل عام و المعماري بشكل خاص لتحسين عملية التصميم المعماري وبالتالي استنتاج نماذج دمج محددة المعالم.

4- علاقة الإدراك الإنساني والذكاء الصنعي في العملية التصميمية

يمكن النظر إلى **الذكاء الصنعي** بوصفه الحلقة الأحدث في سلسلة الأدوات التي ابتكرها الإنسان لمواجهة محدوديته. غير أن الذكاء الصنعي لا يُعد امتدادًا تقنيًا فحسب، بل تحولًا نوعيًا في العلاقة بين الإنسان وإدراكه لذاته. فعندما يصبح الإنسان قادرًا على تصميم منظومة تفكّر وتتعلم، فإنه يعيد تعريف مفهوم الإدراك نفسه من كونه تجربة ذاتية إلى كونه عملية قابلة للمحاكاة. ومن هنا تتشكل **علاقة الإدراك الإنساني بالذكاء الصنعي**، كحوار مستمر بين وعي الإنسان الطبيعي ورغبته في استنساخه وتوسيعه عبر الآلة.

تقوم هذه العلاقة على جدلية أساسية: كلما **ازداد وعي الإنسان بحدوده، ازداد سعيه لتجاوزها تقنيًا**. فالإنسان هو من يدرك أولًا، وهو من يسعى دومًا لتوسيع مجاله الإدراكي خارج حدوده الفيزيائية. وهكذا يصبح الذكاء الصنعي مرآة إدراكية جديدة، تعكس وعي الإنسان بمحدوديته، وتكشف في الوقت نفسه عن طموحه في تجاوزها، عبر أدوات تحاكي الفكر وتعيد إنتاجه، في محاولة لإعادة تعريف معنى الإدراك ذاته ضمن منظومة معرفية مشتركة بين الإنسان والآلة.

4-1 الأسس المعرفية للعلاقة بين الإدراك الإنساني والذكاء الصنعي

تمثّل العلاقة بين الإدراك الإنساني والذكاء الصنعي أحد أكثر الموضوعات تعقيدًا في الفكر العلمي المعاصر، لأنها تربط بين مجالين متباعدين في الأصل ومتقاربين في الجوهر :**الوعي الإنساني بوصفه ظاهرة بيولوجية–معرفية، والذكاء الصنعي بوصفه بنية رقمية – خوارزمية** تسعى لمحاكاة ذلك الوعي. تقوم الأسس المعرفية لهذه العلاقة على فكرة مركزية هي أن كليهما الإنسان والآلة يتعاملان مع **المعلومة كمدخلٍ للإدراك**، لكن بأساليب معالجة مختلفة في البنية والغاية. [35]

4–1–1 الأساس الأول: الإدراك الإنساني كأساس لبناء منظومة الذكاء الصنعي

بدأت فكرة الذكاء الصنعي من **حاجة إنسانية خالصة**، و ليس من نزعة تقنية محضة؛ حاجةٍ لفهم العقل ذاته، ولتجاوز حدود الإدراك الطبيعي نحو مستوى أوسع من التحليل والفهم والمعالجة. فالإنسان منذ بدايات تطوره الحضاري أدرك أن قدرته على التفكير والاستنتاج محدودة بحدود الذاكرة والانتباه والزمن، وأنه عاجز عن الإحاطة الشاملة بالمعلومات المتراكمة حوله. هذه المحدودية في قدرات الإدراك هي التي دفعته للبحث عن **وسيط ذكيّ مكمّل**، قادر على تقليد آليات تفكيره وتنظيمها بل وتطويرها. إنّ

الذكاء الصنعي لم يكن اختراعًا وليد الصدفة، بل هو استجابة عميقة لأزمة الإنسان الوجودية مع المعرفة؛ إذ سعى من خلاله إلى أن يفهم كيف يفكر، لا أن يخلق فقط من يفكر مكانه. [24]

لقد استُعير من الإدراك الإنساني عدد من المبادئ التي شكّلت العمود الفقري للذكاء الصنعي:

- **التعلّم من الخبرة** :حيث يُغذّى النظام بالبيانات كما تُغذّى الذاكرة الإنسانية بالتجارب.
- **التحليل السياقي** :إذ لا تُقرأ المعلومة في فراغ، بل ضمن شبكة علاقات تشبه السياقات الإدراكية للوعي البشري.
- **اتخاذ القرار التكيّفي** :أي تطوير القدرة على تعديل السلوك بناءً على النتائج السابقة، كما يفعل العقل عند التعلّم. [22]

بناءً عليه، يمكن القول إنّ **الإدراك الإنساني هو الجذر الذي أنبت الذكاء الصنعي**، وإنّ الأخير أصبح بمثابة "المرآة" التي تعكس كيف يفكر الإنسان، ولكن أيضًا "النافذة" التي تُريه كيف يمكن التفكير بطريقة مختلفة. فكلّما ازداد استقلال الذكاء الصنعي، ازدادت الحاجة إلى وعيٍ إنسانيّ أعمق **لضبط معناه وحدوده،** لأنّ ما بدأ كمحاكاة للإدراك قد يتحوّل — إن تُرك دون توجيه — إلى إدراكٍ آخر لا يشبه الإنسان، بل يتجاوزه. [22]

4-1-2 الأساس الثاني: مقارنة بين الإدراك البيولوجي والإدراك الصنعي

يُعدّ الإدراك البيولوجي والإدراك الصنعي مجالين متقاربين في المظهر، متباينين في الجوهر؛ فكلاهما يتعامل مع المعلومات ويُنتج قرارات ومعاني، غير أن **جوهر التكوين والدافع والغاية** يفرّق بينهما بصورة لا يمكن تجاوزها. فالإدراك البيولوجي هو نتاج منظومة عصبية حية، تتفاعل فيها الخلايا العصبية مع الحواس والمشاعر والتجارب الشخصية لتكوّن الوعي والمعنى، بينما الإدراك الصنعي هو منظومة رياضية رقمية تعتمد على البيانات والخوارزميات لتوليد استجابات منطقية محسوبة. وعلى الرغم من أن الذكاء الصنعي استُلهم من الدماغ الإنساني، إلا أن **المحاكاة لا تعني التطابق،** فالعقل البشري لا يُختزل في معادلات، كما أن الخوارزمية لا تختبر الوجود كما يختبره الإنسان. [22]

تكمن **الاختلافات الجوهرية بين الإدراكين** في ثلاثة مستويات رئيسية:

- **الدوافع** :الإدراك البيولوجي تحكمه دوافع ذاتية مرتبطة بالبقاء، الإحساس، الحاجة، والانفعال؛ في حين أن الإدراك الصنعي يخلو من الدوافع الطبيعية ويعمل ضمن أهداف محددة مسبقًا وضعها الإنسان. فالعقل البشري يسعى إلى الفهم لأنه يعي ذاته، بينما النظام الصنعي يسعى إلى الحل لأنه مبرمج على تحقيق نتيجة.
- **المستقبلات** :يعتمد الإدراك البيولوجي على شبكة من الحواس المترابطة (البصر، السمع، اللمس، الشم، الذوق) التي تنقل الواقع في صورته المتغيرة والعاطفية، بينما الإدراك الصنعي يعتمد على أجهزة استشعار أو قواعد بيانات جامدة لا تعي التجربة، بل ترصدها كقيم رقمية أو صور ثابتة. لذلك، لا يعيش النظام الصنعي التجربة، بل **يقيسها فقط**. [31]
- **الغاية** :الإدراك الإنساني يُنتج المعنى، أما الإدراك الصنعي فيُنتج التمثيل. [24]

وبناءً على ذلك، لا يمكن الحديث عن تماهٍ بين الإدراكين، بل عن علاقة **أصل وفرع** :فالإدراك الصنعي وُلد من رحم الإدراك الإنساني، لكنه نما في بيئة مختلفة، وتغذّى بآليات مغايرة، حتى أصبح كيانًا معرفيًا مستقلًا في بنيته، تابعًا في معناه. وهكذا تتجسد العلاقة في معادلة دقيقة :كلّ **إدراك صنعي هو إنسانيّ في الأصل، لكنه غير إنساني في الطبيعة.** [22]

جدول 1 يوضّح نقاط الاختلاف والالتقاء بين الإدراك البيولوجي الإنساني والإدراك الصنعي الخوارزمي. الجدول مصاغ بمنهج تحليلي مقارن يعكس البنية الفكرية العميقة لكل منظومة المصدر [24] [27] [22] (اعداد الباحث)

المحور المقارن	الإدراك البيولوجي (الإنساني)	الإدراك الصنعي (الخوارزمي)	نوع العلاقة (اختلاف / التقاء)
الدافع	تحركه دوافع فطرية مرتبطة بالبقاء، والرغبة في الفهم، والتفاعل الوجداني مع البيئة. ينشأ من الوعي الذاتي والإحساس بالحاجة.	محكوم بأهداف مبرمجة مسبقًا من الإنسان، بلا رغبة أو قصد ذاتي. يعمل لتحقيق مهام محددة رياضيًا.	**اختلاف جوهري** في المنطلق والدافع؛ الأول ذاتي والثاني موجه خارجيًا.
المستقبلات	الحواس الخمس وأنظمتها العصبية، تنقل العالم عبر الخبرة	مستشعرات رقمية أو قواعد بيانات ثابتة تستقبل معلومات	**اختلاف هيكلي** في طبيعة الاستقبال ونوع المعلومة.

	الشعورية والزمنية. ترتبط بالذاكرة والانفعال والمعنى.	كمية فقط، بلا بعد شعوري أو سياقي ذاتي.	
الغاية	بناء المعنى وفهم الذات والعالم بهدف التكيّف والنمو والتجربة.	تحقيق الأداء الأمثل والنتائج الدقيقة من خلال الكفاءة الحسابية.	**اختلاف في الغاية**: الإنسان يبحث عن الفهم، والآلة تبحث عن الحل.
منظومة العمل الداخلية	شبكة عصبية حية ترتكز على الناقلات العصبية والتفاعل الكهرو–كيميائي ضمن الدماغ، تمتاز بالمرونة والقدرة على التكيف.	شبكة عصبية صنعية تعتمد على الوصلات الرياضية والتعلّم المتدرّج من البيانات عبر أوزان رقمية قابلة للتعديل.	**التقاء هيكلي في المبدأ** (شبكات مترابطة)، مع **اختلاف في الطبيعة** (عضوية مقابل رقمية).
التعلّم من الخبرة	يحدث عبر تراكم التجارب الحسية والمعرفية والتأملية، ويتأثر بالانفعال والذاكرة طويلة الأمد.	يتم عبر تحليل البيانات المتكررة وإعادة ضبط الأوزان الحسابية استنادًا إلى التغذية الراجعة.	**التقاء وظيفي** في آلية "التعلّم بالتجربة"، واختلاف في ماهية التجربة ذاتها.
التحليل السياقي	يقرأ المعلومة ضمن سياق ثقافي وزمني وعاطفي، ويعيد تفسيرها استنادًا للخبرة والمعنى.	يفسّر المعلومة ضمن نموذج احتمالي يعتمد على العلاقات الإحصائية بين البيانات.	**التقاء شكلي** في ربط المعلومة بسياق، مع **اختلاف معرفي** في طبيعة ذلك السياق.
اتخاذ القرار التكيفي	ناتج عن عملية وعي إدراكي متكاملة تشمل التفكير النقدي، الحدس، والتقييم الأخلاقي.	يعتمد على الخوارزميات والمنطق الاحتمالي لتحقيق أفضل نتيجة وفق معايير محددة مسبقًا.	**التقاء سلوكي** في "الاستجابة"، مع **اختلاف جوهري** في مصدر الحكم والقيمة.
الزمن الإدراكي	متغيّر ومرتبط بالخبرة الذاتية والإحساس بالمدة والانتظار والذاكرة الشعورية.	ثابت وخالٍ من التجربة الزمنية؛ الزمن يُقاس بوحدات المعالجة لا بالإحساس.	**اختلاف مفاهيمي** في إدراك الزمن بين الشعور به ومعالجته.
الإبداع والتخيّل	يولد من تفاعل الوعي واللاوعي، والقدرة على توليد صور ذهنية غير مسبوقة.	محصور ضمن حدود البيانات السابقة؛ التوليد الإبداعي قائم على إعادة تركيب الأنماط لا على الوعي بالمعنى.	**اختلاف جذري** في مصدر الإبداع وطبيعته.
المرجعية الأخلاقية	تنبع من القيم والضمير الجمعي والوعي بالمسؤولية.	لا يمتلك ضميرًا أو حسًّا أخلاقيًا، بل يعتمد على القواعد التي يبرمجها الإنسان.	**اختلاف مبدئي** في المرجعية والسلوك الأخلاقي.
الوعي بالذات	الإنسان يدرك أنه يدرك؛ أي يمتلك وعيًا ميتا–إدراكيًا يسمح له بالتفكير في تفكيره.	النظام الصنعي لا يمتلك وعيًا ذاتيًا؛ يدرك المعلومة دون أن يعي إدراكه لها.	**اختلاف جوهري** بين الوعي بالذات وغيابه.
العلاقة مع العالم الخارجي	تفاعلية، انفعالية، وجدانية، تُبنى على المعايشة والتجربة الحسية المباشرة.	تحليلية، حسابية، غير شعورية، تُبنى على المعالجة الرمزية للمعلومات.	**اختلاف في طبيعة التجربة والمعنى** رغم وجود تشابه في آليات التحليل.
المحدودية والاتساع	محدود بالقدرة البيولوجية، لكنه غير محدود بالإبداع والمعنى.	غير محدود حسابيًا، لكنه محدود بالمعنى والوعي.	**توازن عكسي** بين قدرة المعالجة والقدرة على الفهم.

يتّضح من المقارنة أن الإدراكين يشتركان في البنية المنطقية العامة لمعالجة المعلومات — الاستقبال، التحليل، التعلّم، واتخاذ القرار — غير أن **الاختلاف الفلسفي الجوهري** يكمن في **"المعنى"**. فالإدراك الإنساني يتكوّن من الوعي والشعور بالذات، بينما الإدراك الصنعي يفتقد لتلك الطبقة المعرفية العليا التي تمنح الفعل قيمة وغاية. وبالتالي، يمكن القول إن الإدراك الصنعي هو **ظلّ رقميّ للإدراك الإنساني**؛ يشبهه في المظهر البنيوي، ويختلف عنه في الجوهر الوجودي.

جدول 2 أوجه التبادل المعرفي بين الإدراك الإنساني والإدراك الصنعي، من حيث ما يمنحه كلٌّ منهما للآخر في إطار التكامل نحو إدراك مطلق يجمع الحس الإنساني بالدقة الخوارزمية المصدر [31]-[35]-[28]-[22] (تنظيم الباحث)

جهة التبادل	ما يمنحه الإدراك الإنساني للذكاء الصنعي	ما يمنحه الإدراك الصنعي للإدراك الإنساني	غاية التكامل (الإدراك المطلق)
المعنى والنية	يزوّده بقدرة على فهم الهدف والمعنى من وراء البيانات، إذ يُدخل البعد الإنساني في برمجة القيم والغرض.	يعيد صياغة المعنى في صورة قابلة للقياس والتحليل، فيحوّل القيم المجردة إلى معطيات عملية.	**بناء إدراك مزدوج يوازن بين "نية الفعل" و"فعالية التنفيذ."**
الحدس والخيال	يمنح الذكاء الصنعي الحسّ بالاحتمال، والقدرة على توليد فرضيات غير محددة سلفًا.	يحفّز الإدراك الإنساني على تجاوز حدوده التقليدية من خلال استكشاف حلول لم يكن ليتصورها منفردًا.	**تشكيل منظومة تفكير إبداعي تتبادل بين اللاوعي البشري والمنطق الخوارزمي.**
الخبرة والسياق	يزوّد الآلة بالمعرفة التجريبية والمرجعية الثقافية التي تفتقدها البيانات المجردة.	يمنح الإنسان أدوات لتحليل الخبرة بسرعة هائلة وكشف الأنماط غير المرئية.	**الوصول إلى فهم معمّق يجمع بين "التجربة" و"التحليل."**
الأخلاق والمسؤولية	يغرس في النظم الذكية قيم الإنصاف والإنسانية لتوجيه قراراتها.	يكشف للإنسان حدود قدرته الأخلاقية في مواجهة القرارات الآلية ويذكّره بمسؤوليته عنها.	**خلق وعي أخلاقي مشترك يضبط التقدّم التقني بالقيمة الإنسانية.**
المرونة والتأقلم	يقدّم نموذجًا إدراكيًا متكيّفًا مع التغير، قادرًا على إعادة التعلم في سياقات جديدة.	يزوّد الإنسان بقدرة على محاكاة سيناريوهات معقدة وفهم احتمالات المستقبل.	**تحقيق قدرة إدراكية متكاملة للتكيّف والتوقّع.**
الوعي الذاتي	ينقل للآلة مفهوم الانعكاس المعرفي	يدفع الإنسان إلى تأمل ذاته من منظور رقمي وتحليل	**بناء "وعي ميتا–إدراكي" يجمع بين**

	(التفكير في التفكير) كأساس للتطوير الذاتي.	وعيه كظاهرة قابلة للفهم العلمي.	**التأمل البشري والانعكاس الحسابي.**
اللغة والتعبير	يزوّد النظم الذكية بأدوات لفهم اللغة الطبيعية بما تحمله من رموز وثقافة.	يمنح الإنسان مرآة جديدة لترجمة أفكاره إلى رموز رقمية دقيقة.	**تحقيق تواصل لغوي–إدراكي بين الإنسان والآلة.**
الإبداع التحويلي	يُلهِم الآلة بطرق التفكير غير الخطية والاستدلال بالرموز والمعاني.	يعلّم الإنسان كيف يستفيد من المنهج الخوارزمي لتطوير أدواته الإبداعية.	**توليد إبداع معماري ومعرفي يجمع بين الحس والاحتمال.**

إذاً يتبادل الإدراك الإنساني والإدراك الصنعي عناصر النقص والكمال؛ فيمنح الإنسان الآلة **المعنى، القيم، والسياق**، بينما تمنح الآلة الإنسان **الدقة، السرعة، والاتساع المعرفي** .وعندما يُوحَّد هذان البعدان في منظومة واحدة، ينشأ ما يمكن تسميته بـ **الإدراك الموحد** إدراك يمتلك الحسّ الإنساني في جوهره، والدقة الصنعية في أدائه، فيقترب بذلك الوعي من صورته الكاملة :**وعيٌ يفهم، ويحلّل، ويشعر، ويصنع.**

4-1-3 الأساس الثالث: دور علم الأعصاب الإدراكي في تطوير الذكاء الصنعي

يشكّل **علم الأعصاب الإدراكي** الجسر المعرفي الأكثر عمقًا بين الإدراك الإنساني والذكاء الصنعي، إذ يوفّر الإطار العلمي الذي مكّن الباحثين من **فهم البنية الذهنية للإنسان وتحويلها إلى نموذج قابل للبرمجة** .يقوم هذا العلم على دراسة العلاقة بين العمليات العقلية – كالإدراك، والانتباه، والذاكرة، واتخاذ القرار – وبين البنية العصبية الفيزيولوجية للدماغ، وهو ما جعل منه المرجعية الأولى لتطوير الخوارزميات الذكية والشبكات العصبية الاصطناعية. فالذكاء الصنعي في جوهره ليس إلا محاولة لإعادة بناء وظائف الدماغ ضمن بيئة رقمية تحاكي بنيته وآلياته. [33]

جدول 3 يُظهر المقابلات بين مفاهيم علم الأعصاب الإدراكي في الدماغ البشري ونظيراتها في الذكاء الصنعي المصدر (اعداد الباحث)

المفهوم العصبي في الدماغ البشري	النظير في الذكاء الصنعي	آلية العمل المقابلة	الأثر على تطوير الذكاء الصنعي
البنية العصبية (Neural Structure)	الشبكات العصبية الصنعية (Artificial Neural Networks)	ترابط الخلايا العصبية في الدماغ يقابله ترابط العقد في النموذج الرقمي، حيث تنقل كل "وصلة" معلوماتٍ محسوبة تماثل الإشارة العصبية.	إرساء البنية الأساسية للذكاء الصنعي القادر على التعلّم المتدرّج والتعميم عبر مستويات من المعالجة.

اللدونة العصبية (Neuroplasticity)	التعلّم العميق القابل للتحديث (Adaptive Deep Learning)	الدماغ يعيد تشكيل وصلاته تبعًا للتجربة؛ والنظام الصنعي يحدّث أوزانه الحسابية عبر التغذية الراجعة.	تمكين الآلة من التعلّم المستمر وتحسين أدائها ذاتيًا دون إعادة برمجة كاملة.
الانتباه الانتقائي (Selective Attention)	آليات الانتباه في الشبكات (Attention Mechanisms)	الدماغ يركّز على المعلومة الأهم ويتجاهل البقية؛ والنموذج الصنعي يوزّع "الأوزان" حسب أهمية المدخلات.	تحسين دقة الفهم السياقي للنصوص والصور، وتطوير نماذج اللغة والرؤية الذكية.
الذاكرة قصيرة وطويلة الأمد	الذاكرة الاصطناعية (Short & Long-Term Memory Models)	الدماغ يخزّن المعلومات مرحليًا وفق الأهمية؛ والنظام الصنعي يعتمد على طبقات ذاكرة لتتبّع السياق والتاريخ.	تعزيز قدرات النماذج في الفهم المتسلسل واتخاذ القرار عبر تراكم المعرفة.
اتخاذ القرار (Decision-Making)	خوارزميات الاختيار والتحسين (Optimization Algorithms)	الدماغ يستخدم مزيجًا من التحليل والعاطفة والخبرة؛ والنظام الصنعي يعتمد على تقييم احتمالات متعدّدة واختيار الأنسب.	تطوير أنظمة ذكاء قادرة على المحاكاة المنطقية واتخاذ قرارات دقيقة في بيئات معقّدة.
المعالجة الموزّعة (Distributed Processing)	المعالجة الموازية (Parallel Processing)	الدماغ يشغّل شبكات متعددة تعمل بالتوازي؛ والنظام الصنعي يوزّع المهام بين وحدات المعالجة أو الأنوية.	رفع كفاءة الأداء وتقليل زمن المعالجة في التطبيقات الكبيرة والمعقّدة.
الانفعال والاستجابة العاطفية (Emotional Response)	الذكاء العاطفي الاصطناعي (Affective AI)	الدماغ يدمج الشعور في التفسير والسلوك؛ والنظام الصنعي يحاكي الاستجابة الوجدانية عبر تحليل نبرة الصوت أو الوجه.	تحسين التفاعل الإنساني–الآلي وجعل الأنظمة أكثر إنسانية في التواصل.
كفاءة الطاقة الحيوية	الحوسبة العصبية الحيوية (Neuromorphic Computing)	الدماغ يستهلك طاقة منخفضة مقارنة بحجمه وقدرته الحسابية؛ والذكاء الصنعي يسعى لمحاكاة هذا الاقتصاد في الطاقة عبر رقاقات تحاكي الدماغ.	إنشاء أنظمة ذكاء صنعي فعالة طاقيًا، قادرة على العمل في الزمن الحقيقي بقدرات معالجة عالية.
الوعي الذاتي (Self-Awareness)	الانعكاس الإدراكي الاصطناعي (Meta-Learning / Self-Monitoring)	الدماغ يراجع ذاته باستمرار عبر التفكير الميتا–إدراكي؛ والنظام الصنعي يطبّق آليات تقييم ذاتي لأدائه وتصحيح سلوكه.	تمهيد الطريق نحو نماذج قادرة على تحسين ذاتها دون إشراف مباشر، وزيادة وعيها السياقي بمهامها.

جدول 4 جدول تركيبي موحد يلخص أثر كل من الأسس المعرفية الثلاثة على العملية التصميمية المعمارية المصدر(اعداد الباحث)

العنوان الفرعي	المحور الإدراكي المركزي	آلية التكامل المعرفي بين الإدراك الإنساني والذكاء الصنعي	الأثر المباشر على العملية التصميمية	انعكاسه في المراحل التصميمية (تحليل – توليد – تقييم)	القيمة المضافة في الوعي التصميمي
الأساس الأول **الإدراك الإنساني كأساس لبناء منظومة الذكاء الصنعي**	تحويل مبادئ الإدراك البشري إلى بنى خوارزمية تمكّن الذكاء الصنعي من تحليل المعطيات كما يفعل الإنسان.	الذكاء الصنعي يتبنى آلية "الاستقبال – المعالجة – الاستجابة" على غرار الدماغ البشري، مما يتيح له تمثيل المعرفة التصميمية بطريقة مشابهة للإدراك.	تطوير القدرة على تحليل المشكلات التصميمية المعقدة بناءً على البيانات والسياقات بدلاً من الحدس وحده.	**التحليل :**تنظيم البيانات المعمارية في شبكات معرفية. **التوليد :**إنتاج بدائل تصميمية منطقية قائمة على الأنماط المستخلصة **التقييم :**مطابقة الحلول لمتطلبات المستخدم الإدراكية.	رفع مستوى **الوعي التحليلي** للمصمم وتوسيع قدرته على الربط بين المعطيات الوظيفية والمعرفية.
الأساس الثاني **مقارنة بين الإدراك البيولوجي والإدراك الصنعي**	التمييز بين الدوافع والمعالجات في كل من الإدراكين مع البحث عن نقاط الالتقاء لإنتاج تصميم متوازن بين الحس الإنساني والمنطق الآلي.	إدخال البعد الثقافي والوجداني في الأنظمة الذكية وتحويل التحليل الرقمي إلى فهم رمزي للبيئة والمعنى.	توليد تصاميم تحافظ على هوية المستخدم الثقافية وتستجيب للمفاهيم الإنسانية دون فقدان الكفاءة التقنية.	**التحليل :**إدماج البيانات الاجتماعية والثقافية **التوليد :**ابتكار حلول تحقق التكامل بين الشكل والرمز **التقييم :**قياس التجربة الشعورية للمستخدم لا الأداء فقط.	خلق **توازن معرفي** بين الحس الإنساني والتحليل الآلي، وتعزيز مفهوم العمارة كوسيط إدراكي مشترك.
الأساس الثالث **دور علم الأعصاب الإدراكي في تطوير الذكاء الصنعي**	محاكاة البنية العصبية للدماغ من خلال الشبكات العميقة وآليات الانتباه، وربطها بآليات التعلم المعماري.	بناء أنظمة تصميمية قادرة على التعلّم من التفاعل مع المستخدم وتكييف الفراغ وفق المعطيات الإدراكية.	إنشاء بيئات تصميمية ذكية ذات وعي تشغيلي يمكنها فهم تغيرات المستخدم والبيئة بشكل مستمر.	**التحليل :**تحديد النقاط الإدراكية الحرجة (الرؤية، الحركة، الصوت). **التوليد :**تصميم حلول تستجيب للأنماط السلوكية المتكررة. **التقييم :**مقارنة أنماط الانتباه .	تمكين **العمارة التفاعلية** التي تتطور بناءً على التعلم من التجربة، وتعيد تعريف العلاقة بين المستخدم والفراغ.

يُظهر هذا الجدول أن الأسس المعرفية الثلاثة تتكامل في تشكيل إطار إدراكي موحّد داخل العملية التصميمية المعمارية، حيث يُسهم الإدراك الإنساني في منح الذكاء الصنعي **المعنى والغاية**، بينما يمنح الذكاء الصنعي الإدراك الإنساني **القدرة على التحليل الواسع والدقة الحسابية**. ومن خلال هذا التبادل تنشأ **منظومة تصميمية إدراكية** توحّد التجربة الإنسانية بالقدرة التحليلية للآلة، فتتحقق عمارة واعية قادرة على التطور ذاتيًا ضمن نطاق الإدراك المشترك بين الإنسان والنظام الصنعي.

2-4 نموذج :PAIR الحلقة التبادلية بين الإدراك الإنساني والذكاء الصنعي (نموذج دمج مُنشأ خصيصا للبحث)

يُعدّ نموذج PAIR (Perception–AI Reciprocity) إطارًا معرفيًا جديدًا اقترحه هذا البحث بوصفه محاولة لتأسيس منهج علمي منظّم يفسّر **عملية التبادل المعرفي والإدراكي بين الإنسان والآلة داخل العملية التصميمية المعمارية** .نشأ هذا المصطلح من الحاجة إلى وجود صيغة أكاديمية واضحة توضّح آلية التفاعل المستمر بين الإدراك الإنساني بوصفه مصدرًا للمعنى، والإدراك الصنعي بوصفه أداة تحليلية واستقرائية قادرة على إعادة تفسير المعطيات التصميمية بمنطق خوارزمي. [32]

يرتكز **النموذج التبادلي (PAIR)** على فرضية أن العلاقة بين الإنسان والذكاء الصنعي في المجال المعماري لا يمكن أن تكون علاقة خطّية أو أحادية الاتجاه، بل يجب أن تكون **علاقة تبادلية** تتضمن تدفقًا ثنائيًا للمعرفة والإدراك. فالإنسان يزوّد النظام الذكي بالمدخلات القائمة على الخبرة الحسية والرمزية، بينما يقوم الذكاء الصنعي بتحليل تلك المدخلات واستنباط الأنماط الخفية منها، ثم يعيد صياغتها في مخرجات جديدة تُغني وعي المصمم وتوسّع أفق إدراكه للمكان والمعنى. هذه الدورة المتكررة تمثّل جوهر مفهوم "التبادل الحقيقي" الذي يسعى هذا النموذج لتأطيره علميًا. [30]

يهدف **النموذج التبادلي (PAIR)** إلى بناء **حلقة معرفية متكاملة** يُسهم فيها الطرفان على نحو متوازن. فالإدراك الإنساني يمنح المنظومة قيمها الثقافية والعاطفية، في حين يقدّم الإدراك الصنعي الدقة الحسابية والقدرة على معالجة الكمّ الكبير من البيانات التصميمية. ومن خلال هذا التفاعل تتشكل بيئة إدراكية مشتركة تمهّد لمرحلة جديدة من التفكير التصميمي القائم على الوعي المزدوج الإنساني–الخوارزمي. [30]

4-2-1 طبقات النموذج التبادلي (PAIR)

A. **طبقة الإدراك الإنساني:** تشكل الأساس البيولوجي–المعرفي للدورة؛ وفيها تعمل قنوات الحسّ مع الانتباه الانتقائي والذاكرة العاملة وطويلة الأمد على تشكيل تمثيلات ذات معنى، تتأثر بالانفعال والخبرة والسياق الثقافي. [30]

B. **طبقة التمثيل الدلالي المشترك:** التي تُحوِّل الخبرة البشرية إلى صيغ قابلة للحوسبة عبر خرائط دلالية ورسوم معرفة مكانية تربط "الإتاحة" الإدراكية بالأهداف والقيود. [28]

C. **طبقة التحليل والتوليد الخوارزمي:** تعمل على تعلّم السمات التمثيلية من البيانات الهيكلية والسلوكية، واستخراج الأنماط المكانية والزمنية، ثم توليد بدائل مقيدة بالقيود الدلالية. [23]

D. **طبقة المواءمة والتواصل الإدراكي:** تؤمن أرضية الفهم المشترك بين الإنسان والنظام، عبر إخراجات قابلة للتفسير (خرائط انتباه، تفسيرات محلية وعالمية) وقنوات حوارية تسمح بالمراجعة والتوجيه. [30]

E. **طبقة الارتجاع والتعلّم التكيفي:** تغلق الحلقة عبر قياسات بشرية وخوارزمية تُعاد حقنها في النموذج: تتبّع العين، زمن العثور على المقصد، أخطاء التوجيه، الرضا الشعوري، إلى جانب مقاييس الدقة والتعميم وقابلية التفسير وكلفة الاستدلال. [23]

4-2-2 التحولات الطارئة على العملية التصميمية باستخدام النموذج التبادلي PAIR

يشكّل إدخال النموذج التبادلي (**PAIR**) في العملية التصميمية تحوّلًا جوهريًا في فهم التصميم المعماري بوصفه فعلًا إدراكيًا ومعرفيًا لا مجرد ممارسة مادية. فحين تتداخل آليات الإدراك الإنساني مع الخوارزميات الصنعية في حلقة تبادلية واعية، تتحول العملية التصميمية من مسار خطي قائم على التسلسل (تحليل–توليد–تقييم) إلى **منظومة ديناميكية تكيفية** تعمل وفق مبدأ التفاعل المستمر بين الخبرة الإنسانية والمعالجة الخوارزمية. هذا التحول يفرض إعادة نظر في جميع مكونات العملية التصميمية، بدءًا من دور المصمم ووصولًا إلى طبيعة الفكرة ذاتها بوصفها كيانًا متطورًا لا نهائيًا في الزمان والمكان. [26]

جدول 5 جدول يُلخّص التحديات والفرص الناتجة عن إدخال نموذج (PAIR)في العملية التصميمية المصادر[23]-[24]-[30]-[35]-[36] (تنظيم الباحث)

المجال التحولي	التحديات الرئيسة	الفرص الممكنة
البنية المعرفية للتفكير التصميمي	تضارب آليات التفكير بين الحدس الإنساني والمنطق الخوارزمي.	تكوين عقل تصميمي مزدوج يجمع بين الإدراك الحسي والقدرة التحليلية.
الدور المهني للمصمم المعماري	احتمال تراجع سلطة القرار البشري أمام الأنظمة الذكية.	تعزيز دور المصمم كمشرف معرفي يوجّه النظام دون أن يخضع له.

منهجية العملية التصميمية	صعوبة الحفاظ على الاتساق داخل دورة تبادلية مستمرة من التحليل والتوليد والتقييم.	تحقيق تصميمات تكيفية متطورة قادرة على التطور عبر الزمن.
المعنى والرمزية المعمارية	خطر فقدان البعد الثقافي أمام الكمّ الهائل من البيانات الكمية.	تحويل الرموز والمعاني الإنسانية إلى معايير دلالية قابلة للقياس دون تشويه معناها.
الزمن التصميمي	تسارع العمليات إلى حد يهدد العمق التأملي في اتخاذ القرار.	اختصار دورة التطوير وتمكين المصمم من استكشاف احتمالات متعددة بزمن أقل.
البيئة التعليمية والمعرفية	ضعف المناهج الأكاديمية في دمج الإدراك العصبي مع الذكاء الصنعي في تعليم التصميم.	تأسيس جيل جديد من المصممين يمتلك الوعي التبادلي بين الإدراك والذكاء الصنعي.
المسؤولية الأخلاقية والتقييم الإنساني	احتمالية انحراف القرارات التصميمية عند غياب الإشراف القيمي البشري.	ترسيخ دور الإنسان كضابط أخلاقي في دورة اتخاذ القرار ضمن بيئة الذكاء الصنعي.
الإنتاج المعماري والتطبيق العملي	تحدي دمج الأنظمة الذكية في مراحل التنفيذ دون فقدان المرونة التصميمية.	تطوير أدوات ذكية تضمن جودة التنفيذ وتغذية النموذج بخبرة الاستخدام الواقعية.
التفاعل الإنساني–الآلة في بيئة العمل التصميمي	خطر الاعتماد المفرط على أدوات الذكاء الصنعي وانخفاض مهارات التفكير النقدي.	بناء بيئة عمل تشاركية قائمة على التكامل بين الذكاءين البشري والصنعي.
الاستدامة والوعي البيئي	احتمال توظيف النماذج الذكية لتحسين الأداء التقني فقط دون الوعي البيئي الكافي.	دمج التحليل الخوارزمي مع القيم البيئية لتوليد تصميمات أكثر توازناً واستدامة.

4-2-3 البنية التشغيلية المقترحة للنموذج داخل بيئة التصميم المعماري (اقتراح الباحث بناء على ما سبق)

يمثل هذا العنوان الانتقال من الحيّز النظري إلى الحيّز التشغيلي في تطبيق النموذج التبادلي **(PAIR)** داخل بيئة التصميم المعماري، أي الانتقال من مفهوم الإدراك التبادلي بوصفه إطارًا فكريًا إلى كونه **نظامًا فعليًا يعمل ضمن مراحل العملية التصميمية.**

تُبنى البنية التشغيلية للنموذج على مبدأ التكامل بين المعرفة الإدراكية البشرية والخبرة التحليلية الخوارزمية، بحيث يصبح تشغيل النظام ليس مجرد استخدام أداة رقمية، بل **إدارة لتفاعل إدراكي–معرفي مستمر** يُترجم الخبرات الحسية والرمزية للمصمم إلى بيانات قابلة للمعالجة، ثم يُعيد تحويل النتائج التحليلية إلى مدخلات تصميمية ذات معنى.

جدول 6 خلاصة متطلبات تشغيل النموذج من جانب المصمم الإنساني ومن جانب محرك الذكاء الصنعي، في ضوء المعرفة الإدراكية والعلمية المكتسبة من الفصول السابقة المصدر (اعداد الباحث)

الجانب التشغيلي	المتطلبات الأساسية	الوظيفة المعرفية والإدراكية	نقاط التلاقي بين الإدراك الإنساني والإدراك الصنعي	أمثلة تطبيقية في بيئة التصميم المعماري
جانب المصمم الإنساني	**1.إدخال المعطيات الإدراكية والمعرفية**	ترجمة الانطباعات الحسية، المشاعر، والرموز الثقافية إلى معطيات أولية قابلة للفهم الخوارزمي.	يزوّد الإدراك الإنساني النظام بالمعنى، بينما يترجم الإدراك الصنعي هذا المعنى إلى بيانات كمية.	يرسم المصمم المساقط المبدئية لقاعة مطالعة أكاديمية تعبّر عن الانفتاح والهدوء باستخدام خطوط ناعمة ومسارات ضوء.
	2.الوعي بالنية التصميمية والغاية الإنسانية	توجيه العملية التصميمية بقيم أخلاقية وجمالية ترتبط بالاحتياجات المعرفية للإنسان.	يتحول الوعي الإنساني إلى مرجع قيمي تضبط به الخوارزميات اتجاه عملها.	يحدّد المصمم هدف التصميم بتحقيق راحة إدراكية تحفّز التركيز العلمي للباحثين.
	3.القدرة على قراءة المخرجات وتحليلها نقديًا	تقييم المقترحات التوليدية بوصفها احتمالات مفتوحة لا نتائج نهائية.	يستخدم الإنسان التحليل النقدي، بينما يقدّم الذكاء الصنعي البدائل الممكنة.	يختار المصمم بين ثلاثة حلول ضوئية تولّدها الخوارزمية بناء على توازن الإضاءة والظل.
	4.تنظيم الحوار التفاعلي مع النظام	إدارة التفاعل اللحظي مع الذكاء الصنعي لضمان وضوح التواصل وفهم المقاصد المتبادلة.	الإدراك الإنساني يصيغ اللغة، والإدراك الصنعي يفسرها ويعيد صياغتها بمعايير قابلة للقياس.	يصحّح المصمم فهم النظام لعبارة "إضاءة محايدة" لتشير إلى الضوء المنتشر لا الأبيض البارد.
	5.تغذية الذاكرة المشتركة بالتعديلات والتجارب	إدخال الخبرة المكتسبة بعد كل تجربة تصميمية لتطوير الأداء الإدراكي للنموذج.	المصمم يقدّم الخبرة، والنظام يوثقها كمعلومة للتعلّم التكيفي.	بعد تنفيذ القاعة، يُدخل المصمم ملاحظات المستخدمين حول الصوت والضوء ليطور النظام اقتراحاته اللاحقة.
	6.الالتزام بالتحكم القيمي والأخلاقي في القرار التصميمي	ضمان بقاء العملية منضبطة بالقيم الإنسانية، بعيدًا عن الانحياز الحسابي.	الإدراك الإنساني هنا هو المعيار الأعلى الذي يُعيد تقييم نواتج الذكاء الصنعي.	يرفض المصمم حلولًا مقترحة تقلل التفاعل الاجتماعي رغم فعاليتها الطاقية العالية.
جانب محرك	**1.تحليل البيانات الإدراكية والمعرفية المدخلة**	استقبال البيانات من المصمم (صور، رسومات، أوصاف لغوية) وتحليلها ضمن نموذج معرفي متعدد الطبقات.	يلتقي الإدراكان عند تحويل التجربة الإنسانية إلى بيانات قابلة للمعالجة.	يحلل النظام خطوط السكتش لتحديد اتجاهات النظر ومراكز الجذب البصري في الفراغ.
	2.بناء التمثيل الدلالي الموحد (Semantic Model)	إنشاء طبقة معرفية تربط المفاهيم الإنسانية (هدوء، تركيز، انفتاح)	الإدراك الصنعي يستعير الرمزية من الإدراك الإنساني	يترجم النظام مفهوم "الخصوصية" إلى مؤشرات عن الارتفاعات

الذكاء الصنعي		بمعايير كمية (إضاءة، ضوضاء، مساحة).	ويعيد تمثيلها خوارزميًا.	ونِسَب الانفصال البصري بين المقاعد.
	3.التوليد التصميمي الخوارزمي (Generative Design)	ابتكار حلول تصميمية متعددة عبر خوارزميات تعلم عميق تراعي القيود الإدراكية والقيم الجمالية.	الإنسان يقدّم الهدف الإدراكي، والذكاء الصنعي يولّد البدائل المحكومة بتلك القيم.	يولّد النظام عدة نماذج لتوزيع الضوء والمداخل ويقارنها بمعيار الراحة البصرية المحدد مسبقًا.
	4.التفسير البصري واللغوي للمخرجات	إنتاج مخرجات قابلة للفهم الإنساني من خلال الخرائط، الجداول، والنصوص التوضيحية.	الإدراك الصنعي يشرح، والإدراك الإنساني يتحقق من المعنى.	يعرض النظام خريطة حرارية توضّح تراكمات الضوء ومناطق الظلال داخل القاعة.
	5.التعلّم التكيفي المستمر من سلوك المصمم	تحديث أوزان النموذج استنادًا إلى قرارات المصمم وملاحظاته لتطوير مستوى التوافق الإدراكي.	يحدث تبادل مستمر للمعلومات: الإنسان يُعلّم والنظام يتطور.	يلاحظ النظام تكرار تفضيل المصمم للضوء الجانبي فيقترحه في المشاريع التالية تلقائيًا.
	6.حفظ المعرفة التبادلية وتوسيعها	تكوين ذاكرة معرفية تفاعلية تخزن الخبرات المشتركة لتُستخدم في مشروعات مستقبلية.	تتوحد الخبرة الإنسانية مع الخبرة الخوارزمية في قاعدة بيانات إدراكية واحدة.	يستخدم النظام بيانات مشاريع سابقة لتحديد أنماط الإضاءة المفضلة لدى الباحثين في القاعات المشابهة.

3-4 نموذج الذكاء الصنعي المتخصص بالإنسان للتصميم المعماري (نموذج دمج مُنشأ خصيصا للبحث)

(Human-Centered Artificial Intelligence for Architectural Design – HCAI-AD)

يشكّل الذكاء الصنعي المتخصص بالإنسان **(HCAI)** أحد أكثر الاتجاهات تطورًا في الفكر المعاصر للذكاء الصنعي، إذ يسعى إلى إعادة بناء العلاقة بين الإنسان والنظام التقني على أساس **التمكين الإدراكي والمعرفي**، لا على أساس الاستبدال أو الأتمتة الكاملة. جوهر هذا التوجه أن الذكاء الصنعي ليس غاية في ذاته، بل وسيلة لتوسيع قدرات الإنسان العقلية والحسية عبر نظام يعي القيم الإنسانية، ويفهم اللغة والسياق والثقافة، ويشارك في إنتاج المعرفة بدلاً من احتكارها.

يرتكز مفهوم **(HCAI)** (Human–Centered Artificial Intelligence) على أن الإدراك البشري هو المرجعية المركزية التي يجب أن يُبنى عليها كل نظام ذكي، فبدون إدراك الإنسان لا يمكن للذكاء الصنعي أن يمتلك معنى حقيقيًا أو غاية وظيفية. لذلك، يُصمم الذكاء الصنعي المتخصص بالإنسان

ليكون **تفاعليًا وتفسيريا**، بحيث يمكن للمستخدم أن يفهم منطق النظام ويفسر قراراته، ويشارك في صياغة المخرجات بدل أن يتلقاها سلبًا. هذا النوع من الذكاء يُدار عبر عمليات تعلم تكيفي تراعي حدود الإدراك الإنساني ومبادئه الأخلاقية والمعرفية، ما يجعله امتدادًا للعقل الإنساني لا نقيضًا له. [21]

يُعدّ هذا الاتجاه بمثابة **ثورة رقمية ثانية** في تصميم أنظمة الذكاء الصنعي، وفقًا لما أورده *Ben Shneiderman2020*، إذ ينقل مركز الثقل من الخوارزمية إلى الإنسان. يقدّم الباحث إطارًا ثلاثي المحاور لهذا التوجه:

- **إطار عمل ثنائي الأبعاد** يربط بين مستويات عالية من التحكم البشري ومستويات عالية من الأتمتة، ما يسمح للإنسان بالاحتفاظ بدور فاعل حتى في الأنظمة المعقدة.
- **تحول لغوي ومعرفي** في وصف الأنظمة، من اعتبارها كيانات ذكية مستقلة إلى أدوات قوية تعمل بخضوع لإرادة الإنسان وتحت توجيهه المعرفي.
- **هيكل حوكمة ثلاثي المستويات** يضمن موثوقية الأنظمة عبر مستويات التطوير البرمجي، والإدارة المؤسسية، والاعتماد المهني على مستوى الصناعة. [21]

من خلال هذا الإطار، يصبح الذكاء الصنعي المتخصص بالإنسان وسيلة لتحقيق **الكفاءة الذاتية البشرية والإبداع والمسؤولية الاجتماعية**، فهو لا يسعى فقط إلى تحسين الإنتاجية، بل إلى تعزيز القيم الإنسانية مثل العدالة، وحماية الخصوصية، والأمن الرقمي، والحفاظ على البيئة. إنه ذكاء يسعى لتكامل أخلاقي وتقني يضع الإنسان في مركز كل عملية حسابية، ويجعل التقنية أداة لإثراء التجربة البشرية لا لتقليصها. [21]

4-3-1 طبيعة المدخلات المغذّية لنماذج الذكاء الصنعي المتخصص بالإنسان الاعتمادية (HCAI)

إن الهدف من تغذية النماذج بهذه المواد هو **تعليم النظام كيفية التفكير بالمعنى** .فعندما يتعلم الذكاء الصنعي من الشعر أو الفلسفة، فهو لا يكتسب مهارة لغوية أو منطقية فقط، بل يدخل في عملية تعلم عميق تتعلّق بالترابط السياقي بين المفاهيم، والانزياح الدلالي، والمفارقة الرمزية، وهي آليات أساسية

لفهم السلوك الإنساني المعقد. بهذا، تتحول المدخلات الوجدانية إلى **مصفوفات معرفية** تُغذي المستويات العليا من التعلم العميق، فتُسهم في صياغة خوارزميات قادرة على التعامل مع الغموض والاحتمال كما يتعامل العقل البشري. [22]

جدول 7 يوضّح مقارنة دقيقة ومبسطة بين طبيعة المدخلات في الذكاء الصنعي التقليدي (الغير مختص) والذكاء الصنعي المتخصص بالإنسان المصدر (اعداد الباحث)

مجال المقارنة	الذكاء الصنعي غير المتخصص (Traditional AI)	الذكاء الصنعي المتخصص بالإنسان (Human-Centered AI - HCAI)
طبيعة البيانات	بيانات رقمية كمية (صور، أرقام، نصوص خام) تُعالج عبر خوارزميات إحصائية.	بيانات معرفية ووجدانية تمثل النتاج الفكري والثقافي والفني للإنسان.
مصدر المدخلات	مستودعات بيانات عامة، إنترنت، سجلات معاملات، أنظمة مراقبة.	مصادر مختارة بعناية: نصوص فلسفية، روايات، لوحات فنية، تصميمات معمارية رمزية.
الغرض من التغذية	تحسين الأداء الحسابي وزيادة دقة النماذج في المهام المحددة.	تعميق الفهم الإدراكي للسلوك الإنساني وبناء وعي اصطناعي يتفاعل مع القيم والمعاني.
طبيعة التعلم	تعلّم آلي إحصائي يعتمد على الأنماط الكمية والعلاقات الرياضية.	تعلّم معرفي عميق قائم على المعنى، والسياق، والرموز، والعلاقات الوجدانية.
التعامل مع اللغة	معالجة لغوية آلية تُركّز على البنية النحوية والدلالية السطحية.	فهم لغوي إدراكي يتعامل مع الانزياح، والرمز، والنية، والمعنى الثقافي.
مفهوم الجودة	يقاس بمعدلات الخطأ والدقة الإحصائية.	يقاس بقدرة النظام على الفهم، والتفاعل، وتوليد معنى متكامل مع الإدراك الإنساني.
درجة الصفاء المعرفي للمدخلات	منخفضة، بسبب ضخامة البيانات وتنوّعها غير المصفّى.	عالية، نتيجة عملية "الانتقاء المعرفي" التي تقتصر على المضمون الإنساني الخالص.
دور الإنسان في إعداد البيانات	محدود في مرحلة التجميع والإشراف التقني.	محوري في اختيار المضمون وتحديد القيم والمعايير الإنسانية المغذية للنظام.
مخرجات النظام	نتائج تحليلية أو توليدية ذات طابع وظيفي أو إجرائي.	نتائج معرفية–إدراكية تعبّر عن تكامل الحس الإنساني والوعي الخوارزمي.

الأثر على العملية التصميمية	يدعم اتخاذ القرار الهندسي عبر الحساب والمعايير التقنية.	يثري عملية التصميم عبر فهم النية المعمارية والبعد الإنساني للفراغ والوظيفة.

4-3-2 المدخلات الخاصة بالعملية التصميمية لنماذج الذكاء الصنعي المتخصص بالإنسان (HCAI-AD)

تستند النماذج الإدراكية في الذكاء الصنعي المتخصص بالإنسان ضمن المجال المعماري إلى مدخلات تتجاوز المعطيات الشكلية والهندسية التقليدية، إذ تُغذّى بأنماط معرفية–سيكولوجية تمثّل جوهر التجربة الإنسانية داخل الفضاء المعماري. هذه المدخلات لا تهدف إلى وصف الشكل أو تحديد الوظيفة، بل إلى **ترجمة السلوك الإدراكي للإنسان ومؤشرات الوعي الحسّي والعاطفي والمعرفي** إلى بيانات قابلة للمعالجة الخوارزمية، بما يتيح للذكاء الصنعي فهماً أعمق للكيفية التي يُدرك بها الإنسان المكان ويتفاعل معه. [33]

يُعدّ الإدراك الإنساني في بيئة التصميم المعماري منظومة متكاملة بين الحواس والتجربة والذاكرة، ولهذا تتنوّع المدخلات الخاصة بالنماذج الإدراكية للنموذج المعماري الاعتمادي (HCAI-AD) بحسب الجوانب السيكولوجية التي تعبّر عنها. ويمكن تصنيفها في أربعة محاور أساسية مترابطة:

– 4-3-2-1 المدخلات الأساسية في نماذج الذكاء الصنعي الاعتمادية المتخصص بالإنسان للتصميم المعماري(HCAI-AD)

أولاً – المدخلات الحسيّة الانطباعية: تمثل هذه الطبقة من المدخلات القناة الأولى لفهم علاقة الإنسان بالفراغ من خلال الإحساس المباشر بالعناصر المادية كالضوء والظل، واللون، والملمس، والصوت، ودرجة الحرارة.[33]

ثانيًا – المدخلات المعرفية–الذهنية: تعكس هذه المدخلات قدرة النظام على فهم العمليات العقلية العليا مثل الانتباه، التمييز، الذاكرة، والتعلّم من التجربة. [31]

ثالثًا – المدخلات الشعورية–الوجدانية: تشمل الانفعالات العاطفية التي يختبرها المستخدم في الفضاء المعماري، مثل الشعور بالانتماء، الراحة، الإلهام، أو العزلة. يتم تحليل هذه البيانات عبر أدوات تتبع فيسيولوجية (كاستشعار النبض، أو تتبع حركة العين) أو عبر توصيفات لفظية وسلوكية. ويُستخدم هذا النمط من المدخلات لتدريب النماذج على **فهم العلاقة بين الانفعال الإنساني والتكوين المكاني.** [24]

رابعًا – المدخلات الاجتماعية–الثقافية: ترتبط هذه الفئة من المدخلات بالسياق الاجتماعي والثقافي الذي يوجّه سلوك المستخدم داخل المكان، وتشمل العادات، والرموز، والطقوس، ومعايير الخصوصية. [29]

جدول 8 يوضّح المدخلات الأساسية الخاصة بالعملية التصميمية في نماذج الذكاء الصنعي الاعتمادية المتخصص بالإنسان للتصميم المعماري (HCAI-AD) ودورها في تعزيز الإدراك الإنساني المصدر [21]-[33]-[35]-[26]-[28] (اعداد الباحث)

المحور السيكولوجي	نوع المدخلات الدقيقة	الوظيفة الإدراكية في النموذج-(HCAI AD)	أثر المدخل على تعزيز الإدراك الإنساني
المحور الحسي–الانطباعي	• بيانات ضوئية (شدة الضوء – نوع المصدر – توزيع الإضاءة) • بيانات لونية (تدرجات – تشبع – تباين) • بيانات صوتية (الضجيج – الصدى – التردد) • درجات الحرارة والرطوبة والملمس المادي للسطوح.	تمكين النظام من فهم **الانطباع الأولي** الناتج عن التجربة الحسية للمكان وربطها بالاستجابة الشعورية للمستخدم.	يساعد الذكاء الصنعي على توليد بيئات متوازنة بصريًا وسمعيًا تحفّز **الهدوء الإدراكي والتركيز الذهني.**
المحور المعرفي–الذهني	• بيانات تتعلق بالانتباه البصري ومراكز التركيز . • أنماط الحركة داخل الفراغ . • مدة البقاء في نقاط معينة من القاعة. • التفاعل مع عناصر مثل الطاولات، النوافذ، أو الشاشات.	تحليل آلية **توزيع الانتباه** لدى المستخدم واستيعاب الطريقة التي يُبنى بها الفهم الذهني للمكان.	تطوير استراتيجيات تصميمية تدعم **التفكير المنطقي والهدوء المعرفي** لدى المستخدمين ذوي النشاط الذهني العالي.
المحور الشعوري–الوجداني	• بيانات تعبير وجهي وإيمائي (تتبع تعابير الارتياح أو التوتر) . • استجابات فسيولوجية (معدل نبض، تفاعل جلدي) • بيانات لغوية من المقابلات أو تقييمات المستخدمين العاطفية.	بناء تمثيل خوارزمي للعلاقة بين **المزاج الإنساني والبيئة المكانية** وتحديد محفّزات الراحة أو القلق.	تمكين النظام من اقتراح حلول تصميمية تستجيب للانفعال وتعيد تحقيق **الاتزان العاطفي والإدراكي** للمستخدم.

المحور الاجتماعي– الثقافي	• بيانات حول عادات القراءة والعمل الجماعي والفردي . • رموز السلوك الثقافي (مستويات الخصوصية، التفاعل الاجتماعي المقبول) • معايير جمالية موروثة (الألوان، النسب، التقاليد البصرية المحلية).	إدخال **الوعي الثقافي والاجتماعي** ضمن خوارزمية الإدراك، ما يسمح بفهم التباينات الحضارية في تجربة المكان.	يساهم في تحقيق توافق بين **هوية المستخدم الثقافية** وطبيعة الفضاء، مما يعزز الإحساس بالانتماء والاحترام المتبادل.
المحور الإدراكي– القيمي (التكاملي)	• بيانات حول القيم الأخلاقية والسلوك المعرفي المثالي في بيئة البحث • أنماط استخدام الطاقة، الموارد، والمواد المستدامة . • استجابات المستخدم لقيم الهدوء والنظام والمسؤولية.	تمكين النموذج من ربط **الإدراك بالمعنى الأخلاقي والبيئي** لتصميم بيئة تحفّز السلوك المسؤول والمستدام.	توليد حلول تصميمية تُشرك الوعي الإنساني في بعده القيمي، فتجعل التصميم وسيلة لترسيخ **المسؤولية والالتزام** تجاه الآخرين والبيئة.

تحليل الجدول 31: يمثل هذا التوزيع المنهجي للمدخلات الإطار التشغيلي الذي يغذي الذكاء الصنعي المتخصص بالإنسان في المجال المعماري. فكل محور من هذه المحاور يُعدّ حلقة في سلسلة الإدراك الكلي التي تبدأ بالإحساس وتنتهي بالوعي الأخلاقي. من خلال إدخال هذه البيانات المترابطة، يستطيع النظام إدراك الإنسان لا كعنصر مستخدم، بل كـ **كائن مدرك يمتلك عاطفة، وذاكرة، ومعرفة، وثقافة، وقيم**، وبذلك تتحول العملية التصميمية إلى فعل معرفي متبادل بين الذكاءين الإنساني والصنعي.

4-3-2-2 – المدخلات العميقة في نماذج الذكاء الصنعي الإعتمادية المتخصص بالإنسان للتصميم المعماري (HCAI-AD)

تمثّل **المدخلات العميقة** المستوى الأكثر تجريدًا وعمقًا في منظومة تغذية الذكاء الصنعي المتخصص بالإنسان، إذ لا تُعنى بالبيانات الحسية أو الشعورية المباشرة، بل بما يمكن تسميته **التراث المعرفي الموجِّه للوعي الإنساني** .هذه المدخلات تشكّل البنية الخلفية التي تمنح النظام ثباته المعرفي واستقراره القيمي، وتؤدي دور **صمام الأمان** الذي يضمن توازن العملية التصميمية بين الجانب التقني والجانب الإنساني. فمن دونها، يتعرّض الذكاء الصنعي لخطر التحول إلى أداة صمّاء مفرطة في الدقة الحسابية، لكنها فقيرة في الفهم، عاجزة عن إدراك عمق التجربة الإنسانية التي أفرزت العمارة عبر التاريخ. [30]

تنبثق هذه المدخلات من **جذور الفلسفة المعمارية**، التي تُعدّ الإطار المفاهيمي الأشمل لفهم المعنى والغرض من التشكيل المعماري. فعندما يُغذّى الذكاء الصنعي بالنظريات الكبرى في العمارة من الكلاسيكية التي تقدّس التناسب، إلى الحداثة التي تُعلي من الوظيفة، إلى ما بعد الحداثة التي تحتفي بالرمز والهوية فهو لا يتعلم أشكالًا أو أساليب، بل يتعلّم **طرائق تفكير الإنسان في المكان**. [32]

ومن أهم ركائز هذه المدخلات أيضًا **المرجعيات الفكرية والاجتماعية** التي تُعنى بعلوم الاجتماع، والأنثروبولوجيا، والتفكير الجمعي. فالتصميم المعماري لا يتم في فراغ، بل في إطار مجتمع يمتلك قيمًا، وتقاليد، وهياكل تفكير تحدد سلوك الأفراد والجماعات. عندما يتغذى النظام بمدخلات مستمدة من دراسات الثقافة والسلوك الاجتماعي، يصبح أكثر قدرة على إدراك العلاقة بين **الفرد والمجتمع والبيئة المبنية**. [26] وبذلك يمكن القول إنّ المدخلات العميقة هي **الذاكرة الفلسفية للذكاء الصنعي المتخصص بالإنسان**.

جدول 9 يوضّح طبيعة المدخلات العميقة في نماذج الذكاء الصنعي الاعتمادية المتخصص بالإنسان (HCAI-AD)مع تحليل مزدوج لأثر كل مدخل على النموذج الإدراكي ذاته وعلى العملية التصميمية
المصدر (اعداد الباحث)

نوع المدخل العميق	طبيعة المدخل ومصدره	أثره على نموذج-HCAI AD)	أثره على تصميم قاعة مطالعة أكاديمية ضمن مكتبة مركزية
الفلسفات والنظريات المعمارية	نصوص تأسيسية في الفكر المعماري (مثل فيتروفيوس، لوكوربوزييه، نوري برهاد،)، تمثل الخلفية الفلسفية لفهم الغاية من العمارة.	**تمنح النموذج بنية معرفية معيارية تتيح له تقييم الحلول وفق مقاصد إنسانية وليس معايير شكلية. تساعده على تطوير "حس معماري" قائم على المعنى والغاية.**	يُترجم الذكاء الصنعي مفاهيم مثل "الوظيفة" و"الجمال" إلى مقاييس تصميمية متوازنة بين الانفتاح والإنتاجية، فيقترح توزيعًا هندسيًا يحقق الانسجام بين الشكل والغرض الأكاديمي.
تحليل النماذج الحضارية التاريخية	دراسات تحليلية للبنى والفضاءات من الحضارات القديمة (الإسلامية، الإغريقية، اليابانية، الفرعونية...) التي تُمثل الذاكرة الإدراكية للإنسان عبر العصور.	**يزوّد النموذج بقدرة على فهم القيم الزمنية في التصميم (التناسب، الإيقاع، القداسة، الانتماء). يساعده على بناء وعي سياقي متجذر ثقافيًا.**	يقترح النظام عناصر مستوحاة من العمارة حسب التوجه كالتدرج في الإضاءة أو الفتحات المقوسة لتوفير بيئة تأملية هادئة تحاكي احترام المعرفة وقدسيتها.
جذور نشأة التيارات المعمارية	بيانات تحليلية حول المدارس الفكرية في العمارة (الحداثة، ما بعد الحداثة، التفكيكية، الاستدامة...).	**تمكّن النموذج من فهم دوافع التحولات الفكرية، مما يمنعه من الجمود المعرفي أو تبني اتجاه واحد. يتيح له الجمع**	يوازن النظام بين مفاهيم الحداثة (الوظيفة والتقنية) ومفاهيم الاستدامة (الإنسان والطبيعة)، فيقترح مواد محلية مستدامة وتقنيات تهوية طبيعية.

		بين التقنيات الحديثة والقيم الإنسانية.	
المراجع الاجتماعية والثقافية	دراسات من علم الاجتماع والأنثروبولوجيا عن التفكير الجمعي والعلاقات الاجتماعية داخل الفضاءات العامة.	**تُمكّن النموذج من تحليل الإدراك الجمعي والتفاعل الإنساني في المكان، مما يعزز فهمه لمفاهيم الخصوصية والانتماء والتواصل.**	يوجّه النظام لتصميم فراغات مرنة تتكيف مع الاستخدامات الفردية والجماعية، مع مناطق صامتة وأخرى تفاعلية تعزز توازن العمل الأكاديمي والتبادل المعرفي.
النظريات الأخلاقية والقيمية في التصميم	نصوص فلسفية وأخلاقية حول المسؤولية الإنسانية في العمران (هايدغر، شولتز، أريستوتال، هانس جوناس...).	**تضبط عمل النظام ضمن منظومة قيمية تمنع تحيّزه التقني. تزرع داخله "وعيًا بالمسؤولية الإنسانية" تجاه المستخدمين والبيئة.**	يوجّه النظام لاختيار حلول تحقق الراحة المعرفية دون استهلاك مفرط للطاقة، عبر أنظمة ذكية مستدامة تُوازن بين الكفاءة والرحمة البيئية.
التحليل النفسي للإبداع المعماري	دراسات سيكولوجية عن علاقة المخيلة بالابتكار مثل أعمال يونغ وفروم وغاستون باشلار.	**تعزز لدى النموذج قدرة على رصد الارتباط بين الحالة الذهنية للمصمم ونواتج الفعل التصميمي، مما يوسّع إدراكه للعمليات غير المنطقية في الإبداع.**	يستنتج النظام أن الشكل المنحني والضوء المتحرك يحفّزان الجانب التأملي لدى الباحثين، فيقترح قبة علوية تسمح بتسرب الضوء التدريجي لخلق بيئة تأملية محفزة للإبداع العلمي.
التراث الرمزي والدلالي للعمارة	الرموز والعلامات الثقافية المتوارثة (الأقواس، المحاريب، الساحات، المحاور المحورية).	**يكوّن لدى النموذج قاموسًا دلاليًا لفهم الإشارات المكانية باعتبارها حوامل للمعنى الجمعي لا عناصر شكلية.**	يدمج النظام رموز الانفتاح الأكاديمي عبر محور بصري يربط القاعة ببهو المكتبة المركزي ليعزز فكرة المشاركة المعرفية والانتماء للمؤسسة العلمية.

تحليل الجدول 32: تشكل هذه المدخلات العميقة البنية المفاهيمية التي تربط بين **المستوى الفلسفي للعمارة** والمستوى التطبيقي في تصميم الفضاء. فهي تمنح نموذج **(HCAI–AD)** القدرة على التفكير بمفاهيم الذاكرة، والانتماء، والغاية، والوعي الجمعي، فتجعل مخرجاته أقرب إلى ما يمكن وصفه بـ"الإبداع الواعي". وفي المثال التطبيقي قاعة مطالعة الباحثين تؤدي هذه المدخلات إلى بيئة تصميمية تمتاز بالهدوء، والاحترام، والرمزية، والانتماء، أي أنها تُجسّد الإدراك الإنساني في بعده الأعمق داخل الفضاء المادي.

جدول 10 يختصر جميع أنواع المدخلات في نماذج الذكاء الصنعي الاعتمادي المتخصص بالإنسان للتصميم المعماري (HCAI-AD) الأساسية والعميقة معًا المصدر (اعداد الباحث)

	المدخل	أهميته في تعزيز الإدراك الإنساني داخل النموذج(HCAI-AD)

مدخلات أساسية	المدخلات الحسية–الانطباعية	تكوّن الأساس الأولي لفهم الانطباع الحسي وتفسير استجابة الإنسان الفورية للمكان.
	المدخلات المعرفية–الذهنية	تمكّن النموذج من محاكاة عمليات التفكير الإنساني وبناء التمثيلات الذهنية للمكان.
	المدخلات الشعورية–الوجدانية	تُكسب النموذج حسًا إدراكيًا عاطفيًا يجعله يفهم أثر المكان على الحالة النفسية للإنسان.
	المدخلات الاجتماعية–الثقافية	تُمكّن النظام من احترام التنوع الثقافي وتحقيق توافق بين التصميم والهوية الاجتماعية.
	الفلسفات والنظريات المعمارية	تضبط رؤية النظام للعمارة كفعل إنساني ذي غاية ومعنى، لا مجرد إنتاج شكلي.
	تحليل النماذج الحضارية التاريخية	تُكسب النموذج ذاكرة معرفية تاريخية تمنحه استقرارًا وعمقًا في فهم القيم المكانية.
مدخلات عميقة	جذور التيارات المعمارية	تمنع النظام من الانغلاق في نمط واحد وتساعده على التوازن بين الإبداع والتجديد.
	المراجع الاجتماعية والفكرية	تمنحه وعيًا بسلوك المجموع وقدرته على تصميم بيئات تُراعي التواصل والخصوصية.
	النظريات الأخلاقية والقيمية	تضمن أن يكون الإبداع التصميمي خاضعًا لمعايير إنسانية وأخلاقية رفيعة.
	التحليل النفسي للإبداع	تُساعد النظام على استيعاب البعد اللاواعي للإبداع الإنساني وتحفيز الجانب التأملي.
	التراث الرمزي والدلالي	تمنح النموذج قدرة على فهم المعنى الضمني وراء التكوينات المكانية والرموز الشكلية.

4-3-3 دور المصمم المعماري في عمل النموذج الاعتمادي (HCAI-AD)

تُعدّ علاقة المصمم المعماري بنماذج الذكاء الصنعي المتخصص بالإنسان للتصميم المعماري (HCAI-AD) **علاقة إشرافية–تنظيمية ذات طابع معرفي عالٍ، تتجاوز مفهوم التفاعل التقني المباشر إلى** دور إدراكي مراقِب **يُعنى بتصنيف وضبط المدخلات الموجَّهة للنظام. فالمعماري في هذا السياق لا يُمارس التصميم بوصفه مُنفِّذًا، بل بوصفه** العقل المنسّق بين الإنسان والآلة، **الذي يضمن بقاء العملية التصميمية ضمن حدودها الإنسانية والأخلاقية دون المساس بقدرتها على التجريب والإبداع.**

– 4-3-3-1 دور المصمم المعماري في تصنيف المدخلات

تمثل عملية **تصنيف المدخلات** الركيزة الجوهرية في بناء فعالية نموذج الذكاء الصنعي المتخصص بالإنسان (HCAI-AD) ضمن العملية التصميمية المعمارية، إذ تُعدّ هذه المهمة **النقطة المفصلية** التي

تضمن تحوّل النظام من مجرد أداة حوسبية عامة إلى منظومة قادرة على **إدراك المعاني التصميمية المعقدة** واستيعابها. فالنموذج الصنعي، بطبيعته الأولية، يُنشأ كمنظومة تعلم غير متخصصة، مبنية على الخوارزميات العامة للذكاء الصنعي العميق(Deep Learning) ، دون امتلاك مرجعية معمارية أو حس إدراكي مرتبط بسلوك الإنسان في الفضاء. وهنا يأتي دور المصمم المعماري، أو بالأحرى فريق المصممين، ليؤدوا وظيفة تربوية معرفية تشبه **تعليم الطالب المفاهيم الأولى للهندسة المعمارية**، لكن على نطاق واسع وبأدوات رقمية. [31]

جدول 11 يوضّح مراحل تصنيف المدخلات في نماذج الذكاء الصنعي الاعتمادي المتخصص بالإنسان للتصميم المعماري (HCAI-AD)، وما يقابل كل مرحلة من المهارات والمعارف الواجب توافرها لدى المصمم المعماري المصدر (اعداد الباحث)

مرحلة التصنيف	وصف المرحلة	المهارات والمعارف المطلوبة لدى المصمم المعماري
1.جمع البيانات الأولية	تجميع المدخلات الخام المتعلقة بالبيئة، الإنسان، والسلوك من مصادر متعددة تشمل الصور، النصوص، النماذج، ودراسات الحالة.	**مهارات البحث الأكاديمي، الإلمام بأساسيات علم النفس البيئي، فهم نظريات التصميم والسلوك الإنساني في الفراغ.**
2.الفرز الأولي	تصنيف المدخلات بحسب نوعها (حسية، معرفية، ثقافية، فلسفية...) لتسهيل معالجتها لاحقًا داخل النظام.	**القدرة على التحليل البنيوي للمعلومات، وفهم أنماط الإدراك الإنساني ومستوياته.**
3.التنقية النوعية	حذف أو تعديل البيانات غير الدقيقة، أو المنحازة ثقافيًا أو فكريًا، لضمان اتساق المحتوى وحياده.	**حس نقدي عالٍ، إلمام بأخلاقيات البحث العلمي، وقدرة على تمييز الانحيازات الفكرية أو الثقافية.**
4.الترشيح المتقدم	اختيار المدخلات الأعلى دقة وتأثيرًا في تطوير النموذج، وتحديد أوزانها داخل عملية التعلم.	**معرفة بأساسيات الذكاء الصنعي وخوارزميات التعلم العميق، وقدرة على تقييم مدى ارتباط المعلومة بسياقها التصميمي.**
5.إعادة الهيكلة الهرمية	تنظيم المدخلات ضمن تسلسل يعكس تطور الإدراك البشري من الحس إلى الفكر إلى الرمز.	**إلمام بنظريات الإدراك الإنساني (كما ورد في الفصل الثاني)، وفهم الترابط بين الإدراك والمكان.**
6.التقييم والتحقق	اختبار مدى كفاءة المدخلات المختارة في إنتاج مخرجات متوافقة مع أهداف المشروع التصميمي.	**القدرة على التحليل النقدي، ومهارة القياس الإدراكي للمخرجات، ومعرفة بالمعايير الإنسانية والجمالية.**

7.المراجعة المستمرة	تحديث المدخلات وتصحيح المسارات بناء على التغذية الراجعة من المشاريع السابقة والنماذج التطبيقية.	**مرونة فكرية، واستيعاب ديناميكية الذكاء الصنعي، والانفتاح على التعلّم المستمر.**

4-3-3-2 – دور المصمم المعماري في مرحلة التصميم في النموذج الاعتمادي (HCAI-AD)

تُمثّل مرحلة التصميم في نموذج الذكاء الصنعي المتخصص بالإنسان (HCAI–AD) النقطة التي **يبدأ فيها الذكاء الصنعي بالعمل الفعلي** في صياغة الحلول المعمارية، بالاعتماد على ما تم تزويده به من مدخلات أساسية وعميقة في المراحل السابقة. في هذه المرحلة يتحول المصمم المعماري من كونه المُغذّي للنظام بالمعلومات إلى **المراقب والموجّه الإدراكي** الذي يضبط إيقاع العملية التصميمية ويضمن سلامة مسارها من الانحرافات الشكلية أو المفاهيمية. فالذكاء الصنعي في هذا النموذج هو من "يُصمم" بالمعنى التنفيذي، لكن تحت مظلة إشراف إنساني دقيقة تحافظ على الطابع القيمي والجمالي للمشروع. [21]

تتطلب هذه المرحلة وجود **مصممين معماريين ذوي خبرة عالية في اتخاذ القرارات التصميمية**، إذ يجب أن يمتلكوا قدرة تحليلية متقدمة لاستشراف العواقب المكانية والاجتماعية والجمالية لكل مسار تقترحه خوارزميات النموذج.[26]

يُمارس المعماريون في هذه المرحلة نوعًا من **الرقابة التفاعلية**، إذ يراقبون الذكاء الصنعي وهو يختبر بدائل تصميمية متعددة، ويتعلم من الأخطاء والنجاحات في الوقت ذاته. فهم لا يوقفون التجريب، بل يضمنون أن يظل ضمن حدود الفهم الإنساني للعمارة. يمكن القول إن العلاقة هنا قائمة على **الثقة المتبادلة المشروطة**؛ فالمصمم يثق بقدرة الذكاء الصنعي على التجريب والابتكار، لكنه يحتفظ بحق المراجعة والتدخل عند الحاجة، تمامًا كما يترك المعلم لطالبه مساحة للاستكشاف، ثم يعيد تقويمه عندما يخرج عن المسار المنهجي. [22]

جدول12 يوضّح المهارات والمعارف التي يجب أن يمتلكها المصمم المعماري أثناء مراقبته للنموذج (HCAI-AD) في مرحلة التصميم المصدر (اعداد الباحث)

المهارة أو المعرفة	الوصف العام	الدور العملي أثناء مراقبة النموذجHCAI	الأثر على العملية التصميمية

الفهم العميق للخوارزميات التصميمية	معرفة آلية عمل أنظمة التعلم العميق والتصميم التوليدي، وكيفية معالجة البيانات وتحليلها داخل النظام.	تفسير مخرجات الذكاء الصنعي وتحديد مدى منطقية العلاقات التصميمية التي يقترحها.	ضمان أن تكون النتائج منسجمة مع المبادئ الهندسية والإدراكية دون انحرافات بنيوية.
القدرة على التقييم الإدراكي	فهم كيفية إدراك الإنسان للفضاء، واستحضار مبادئ الإدراك النفسي والحسي أثناء تحليل المخرجات.	تحديد مدى ملاءمة الحلول التصميمية للإنسان من حيث الراحة البصرية، والإحساس بالمكان، والانتماء إليه.	تحقيق التوازن بين الشكل والمضمون، وبين التقنية والإحساس الإنساني.
التحليل النقدي والتفكير المنطقي	مهارة تحليل القرارات التصميمية التي ينتجها النظام على أساس علمي غير انفعالي.	تشخيص مواطن الخطأ أو المبالغة في المقترحات التصميمية للنظام واتخاذ قرار مدروس بالتدخل أو عدمه.	منع النظام من الانجراف نحو تصاميم غير واقعية أو غير منسجمة مع السياق الإنساني.
القدرة على اتخاذ القرار اللحظي	سرعة الاستجابة المعرفية في مواقف التصميم الديناميكية.	التدخل عند ظهور خلل أو اتجاه تصميمي غير مقصود لتصحيح المسار أو إعادة توجيه النظام.	المحافظة على استمرارية العملية التصميمية ضمن الإطار المحدد دون تعطيل.
الإلمام بالمنهجيات الأخلاقية والمعايير الإنسانية	معرفة الأسس الأخلاقية لتوظيف الذكاء الصنعي في التصميم والالتزام بمبدأ الإنسان أولًا.	مراقبة التوازن بين المخرجات التقنية واحترام القيم الإنسانية، خصوصًا في الفضاءات العامة والحساسة.	ضمان ألا يتحول الإبداع التقني إلى إخلال بالعدالة أو تجاوز للقيم الاجتماعية والثقافية.
الخبرة في اتخاذ القرارات التصميمية المعقدة	امتلاك القدرة على وزن البدائل وتحليل النتائج المترتبة على كل قرار تصميمي.	اختيار الحلول الأنسب عند تعارض البدائل المقترحة من النظام وفق معايير المنفعة الجمالية والوظيفية.	رفع كفاءة عملية التصميم وتحقيق مخرجات أكثر انسجامًا مع أهداف المشروع الكلية.
المرونة الفكرية والانفتاح على التجريب	تقبّل الاحتمالات التصميمية الجديدة الناتجة عن النظام وعدم مقاومة الحلول غير المألوفة.	تشجيع النموذج على الاستكشاف مع الحفاظ على الإطار الإدراكي الإنساني العام.	تعزيز الإبداع والابتكار داخل بيئة التصميم دون التضحية بالمعنى أو الوظيفة.
القدرة على التواصل البصري والمعرفي مع النماذج التوليدية	فهم لغة الصور والمخططات والرموز الناتجة عن النظام وتحليلها بسرعة ودقة.	ترجمة مخرجات النظام إلى قرارات تصميمية مفهومة وقابلة للتطبيق.	تمكين المعماري من لعب دور المفسّر البصري بين العقلين الإنساني والصنعي.
الإشراف الجماعي وإدارة فرق العمل	مهارة إدارة الفرق متعددة التخصصات (مصممون،	تنسيق الجهود بين الجوانب التقنية والإدراكية	تحقيق تناغم بين مستويات العمل

	مبرمجون، مختصون نفسيون).	لضمان تكامل مراحل التصميم.	المختلفة داخل المشروع الواحد.
الذكاء العاطفي والتفهم الإنساني	وعي بمشاعر المستخدم النهائي وتوقع ردود فعله تجاه الفضاء المصمم.	توجيه النموذج لإنتاج تصاميم تُعبّر عن القيم الإنسانية مثل الطمأنينة، الانتماء، الجمال.	جعل الناتج المعماري أكثر دفئًا وارتباطًا بالنفس البشرية رغم نشأته من آلة.

– 4-3-3-3دور المعماري في مرحلة تقييم نتائج النموذج الاعتمادي (HCAI-AD) واتخاذ القرار النهائي

تُعتبر مرحلة **تقييم نتائج نموذج الذكاء الصنعي المتخصص بالإنسان** (HCAI–AD) من أدق وأرفع المراحل في العملية التصميمية، إذ تمثّل اللحظة التي يتقاطع فيها **الوعي النقدي الإنساني** مع **الوعي الخوارزمي الاصطناعي** في فعل معرفي واحد هو "الحُكم". ففي هذه المرحلة، لا يُكتفى باستعراض المخرجات أو تحليلها شكليًا، بل يُمارس المصمم المعماري دوره كـ **ناقد أكاديمي ومفكر تصميمي** ذي قدرة عالية على استقراء المعنى الكامن خلف النتائج وتقييمها ضمن سياقاتها الإدراكية، الجمالية، والوظيفية. [27]

يتطلب هذا الدور وجود معماريين من **المستوى النقدي المتقدم**، أي أولئك الذين يملكون خبرة تراكمية واسعة تجمع بين **الممارسة الأكاديمية** و**الخبرة المهنية الواقعية** .فالنقد هنا لا يقوم على الذوق أو الانطباع الشخصي، بل على **منهجية تحليلية علمية** تستند إلى فهمٍ عميق لمراحل بناء النموذج، وآلية تصنيفه للمدخلات، وأسلوب تعلمه من الخبرة. [23]

جدول 13 يوضّح المهارات والمعارف الواجب توافرها لدى المصمم المعماري في مرحلة تقييم نتائج النموذج الاعتمادي (HCAI-AD) واتخاذ القرار النهائي المصدر (اعداد الباحث)

المهارة أو المعرفة	الوصف العام	الدور العملي أثناء التقييم	الأثر على تطور النموذج(HCAI-AD)
الخبرة الأكاديمية والعملية المتوازنة	دمج بين المعرفة النظرية والاحتكاك الميداني المباشر في المشاريع الواقعية.	تحليل النتائج من منظور شامل يجمع بين التجربة المهنية والفكر الأكاديمي.	ضمان موضوعية التقييم وربط النتائج بالواقع المعماري الفعلي.
القدرة على النقد العلمي المنهجي	تطبيق أدوات نقدية تحليلية قائمة على أسس معرفية ومنطقية	فحص العلاقات البنيوية في التصميم وتقييم مدى	تمكين النموذج من تعديل استراتيجياته وفق قواعد منطقية راسخة.

	لا على الانطباع أو الذوق.	اتساقها مع المبادئ الإنسانية والمعمارية.	
الإدراك الفلسفي لطبيعة العمارة	فهم العمارة بوصفها فعلًا معرفيًا لا إنتاجًا ماديًا فقط، له دلالات وجودية وثقافية.	تفسير المعاني الضمنية في مخرجات النموذج وربطها بالقيم الإنسانية والثقافية.	تعزيز وعي النموذج بالمستوى الرمزي والمعنوي للفراغ المعماري.
التحليل المقارن للنتائج	مقارنة المخرجات الحالية مع مشاريع أو حلول سابقة أو مراجع معيارية.	تحديد موقع الأداء التصميمي للنموذج ضمن منحنى التطور الزمني.	بناء ذاكرة تعلم تراكمية تربط بين الأجيال المختلفة للنماذج.
القدرة على قراءة المنطق الخوارزمي	فهم آلية اتخاذ القرار داخل الذكاء الصنعي والتسلسل الحسابي للنتائج.	تفسير أسباب نجاح أو فشل المسارات التصميمية المقترحة من النموذج.	تطوير خوارزميات النموذج وتصحيح الاتجاهات غير المرغوبة.
التحليل الإدراكي العميق للمخرجات	استيعاب المخرجات بوصفها انعكاسًا للإدراكين الإنساني والصنعي معًا.	تحليل العلاقة بين الشكل والوظيفة والمعنى في كل مقترح تصميمي.	رفع مستوى الحس الإدراكي للنظام ليقارب الإدراك البشري الواعي.
الوعي بالقيم الأخلاقية والبيئية	إدراك تأثير القرارات التصميمية على المجتمع والبيئة والهوية الثقافية.	رفض المخرجات التي تُخل بالتوازن الإنساني أو البيئي أو القيمي.	ضمان استدامة النموذج معرفيًا وأخلاقيًا على المدى الطويل.
القدرة على تنظيم المعرفة المتولدة	تصنيف نتائج النموذج وتحويلها إلى بيانات جديدة لتغذية الأجيال اللاحقة.	إعداد قاعدة بيانات نقدية حول النجاحات والإخفاقات التصميمية للنظام.	الحفاظ على الاستمرارية التطورية للنموذج وضمان انتقال المعرفة بين الأجيال.
المهارة في اتخاذ القرار النهائي	امتلاك الجرأة والقدرة على حسم الخيارات التصميمية في ضوء التحليل والنقد.	اختيار المسار الأمثل للمشروع والتصديق النهائي على الحل التصميمي.	بلورة النموذج في اتجاه ناضج ومتوازن معرفيًا وإنسانيًا.
الرؤية المستقبلية الاستشرافية	القدرة على التنبؤ باتجاهات التصميم المستقبلية بناء على نتائج النظام.	تحويل نتائج التقييم إلى رؤى تطويرية لأجيال الذكاء الصنعي القادمة.	تأسيس خط زمني تطوري للنموذج يربط بين الإدراك البشري والتقني.

4-3 مقارنة بين النموذج التبادلي PAIR والنموذج الاعتمادي HCAI-AD

يُشكّل هذا المحور **اللحظة الفلسفية والعلمية الأعمق في البحث**، إذ يضعنا أمام الفارق الجوهري بين **النموذج التبادلي (PAIR)** بوصفه تجسيدًا للتفاعل الإدراكي المتبادل بين الإنسان والآلة، و**النموذج الذكي المخصص للعملية التصميمية (HCAI–AD)** بوصفه تمظهرًا متطورًا لذكاء صنعي متمحور حول الإنسان، لا يعتمد على التفاعل المتكافئ بل على التوجيه والإشراف. كلا النموذجين ينتمي إلى نسق فكري واحد هدفه **تحقيق التكامل بين الإدراك الإنساني والإدراك الصنعي في مجال التصميم المعماري**، غير أن الاختلاف بينهما يكشف عن تحولين أساسيين في بنية الفهم والاشتغال داخل العملية التصميمية.

إن الفارق الجوهري بين النموذجين يتجسد في من **يمتلك زمام المبادرة داخل العملية التصميمية** . ففي حين يُتيح النموذج التبادلي **(PAIR)**، مسارًا تفاعليًا متوازنًا يعمل فيه الإنسان والآلة جنبًا إلى جنب في كافة المراحل – من الفكرة الأولى إلى التقييم النهائي – فإن النموذج الاعتمادي–**HCAI (AD)** يُسند **الجهد التنفيذي الأكبر للذكاء الصنعي**، ويحتفظ للإنسان بدور الإشراف والتقويم والتوجيه المعرفي. بكلمات أخرى، النموذج الأول يُعبّر عن «العمل المشترك»، بينما الثاني يُجسّد «التوجيه المتخصص». وفي حين يميل النموذج التبادلي إلى **توزيع الذكاء بين الطرفين**، يميل النموذج المخصص إلى **تمركز الذكاء داخل الآلة بإشراف الإنسان**.

وعليه، يمكن القول إن المقارنة بين النموذجين ليست مقارنة بين أسلوبين للتصميم فحسب، بل هي **مقارنة بين فلسفتين في فهم العلاقة بين الإنسان والآلة** .فالنموذج التبادلي يؤمن بأن المعرفة تتشكل من التفاعل بين العقول المختلفة، بينما يرى النموذج المخصص أن المعرفة يمكن أن تتطور داخل النظام ذاته شرط أن يبقى مرتبطًا بالبوصلة الإنسانية. في جوهرهما، كلاهما يؤكد أن الإدراك الإنساني والذكاء الصنعي لا يمكن فصلهما بعد الآن، وأن **مستقبل العمارة سيتحدد من خلال قدرة الفكر الإنساني على توجيه الآلة دون أن يفقد شراكته معها**.

جدول 14 المقارن بين النموذج التبادلي (PAIR)، و النموذج الاعتمادي (HCAI-AD) في العملية التصميمية المصدر(اعداد الباحث)

المحور التحليلي	النموذج التبادلي (PAIR)	النموذج الذكي المخصص-(HCAI AD)
1- طبيعة العلاقة بين الإنسان والآلة	علاقة تشاركية متبادلة قوامها التفاعل اللحظي المستمر بين الإدراكين الإنساني والصنعي.	علاقة إشرافية تربوية يوجّه فيها الإنسان النظام دون مشاركة متكافئة.
2- مركز اتخاذ القرار	مشترك؛ تُتخذ القرارات عبر تفاعل متبادل وتحليل مزدوج.	يميل إلى النظام الصنعي الذي يستند إلى بيانات ضخمة ويُشرف عليه المعماري.
3- طبيعة البيانات المستخدمة	بيانات إدراكية حسية ومعرفية آنية تُولد أثناء العملية التصميمية.	بيانات ضخمة ومنقحة مسبقًا تم إعدادها خلال مرحلة تصنيف المدخلات.
4- نوع الإدراك المتبادل	إدراك حيّ تفاعلي متغير في كل لحظة تصميمية.	إدراك مبرمج موجَّه ومضبوط ضمن حدود محددة مسبقًا.
5- دور المصمم المعماري	شريك فاعل ومتفاعل؛ يختبر ويكتشف بالتعاون مع النظام.	موجّه وناقد ومراقب؛ يحدد الأهداف ويقيّم النتائج النهائية.
6- نوع الخوارزميات المستخدمة	خوارزميات تعاونية (Collaborative AI)تسمح بالتعلّم اللحظي المشترك.	خوارزميات متخصصة (Deep HCAI)تعتمد على نماذج إدراك إنساني مبرمجة مسبقًا.
7- أسلوب التعلم	تفاعلي تجريبي يقوم على التغذية الراجعة المستمرة من الطرفين.	تعلّم عميق موجّه يستند إلى قواعد بيانات منقّحة مسبقًا.
8- ناتج العملية التصميمية	تصميم ذو هوية ديناميكية قابلة للتطور والتكيّف مع تغيّر المعطيات الإدراكية.	تصميم أكثر ثباتًا واتساقًا مع المعايير الإنسانية لكنه أقل قابلية للتفاعل المستمر.
9- نوع التواصل بين الطرفين	حواري تفاعلي مبني على تبادل المعنى والمعطى في الوقت ذاته.	توجيهي تعليمي من الإنسان نحو النظام، ثم تقييم عكسي من المخرجات إلى الإنسان.
10- البنية الفلسفية للنموذج	المعرفة تُبنى بالتفاعل والتجريب والتبادل المستمر.	المعرفة تُبنى بالتوجيه والتحكم الممنهج ضمن إطار إنساني قيمي.
11- العلاقة بالزمن والتطور	متغيرة ديناميكية؛ كل تجربة تصميمية تُعيد تشكيل النظام.	تراكمية؛ كل مشروع يُغذي ذاكرة النظام المستقبلية بشكل منهجي.
12- البعد القيمي والإنساني	قوي جدًا نتيجة الحضور الدائم للمصمم وتفاعله اللحظي.	مستقر لكنه أكثر تجريدًا؛ يعتمد على قواعد مسبقة للمعايير الإنسانية.
13- دور الخطأ والتجربة	الخطأ جزء أساسي من عملية التعلم، يُحتضن كمصدر لتطوير الإدراك.	يُراقَب الخطأ ويُعالج بصرامة لتقليل الانحراف في النتائج.
14- آلية اتخاذ القرار النهائي	جماعية تفاعلية تعتمد على الحوار الإدراكي المشترك.	فردية إشرافية تصدر من المصمم بعد تحليل النظام.
15- التكوين المعرفي للنموذج	شبكة تفاعلية حية تربط الإدراكين في بيئة تصميمية واحدة.	منظومة خوارزمية متخصصة ذات مرجعية إنسانية مهيكلة.

16- الأثر على العملية التعليمية المعمارية	يحاكي تجربة التعليم التشاركي بين أستاذ وطالب في مختبر حي.	يمثل منهج التعليم المبرمج الموجه للذكاء الصنعي.
17- النتيجة النهائية للتصميم	تصميم ذو طابع تجريبي تفاعلي متجدد يحفز وعي المستخدم.	تصميم متكامل ومستقر يعكس نضج الخوارزميات واستيعابها للبعد الإنساني.
18- العلاقة بالمستخدم النهائي	المستخدم يُدمج في العملية عبر محاكاة تفاعلية حقيقية.	المستخدم يُمثَّل بالبيانات والنماذج السلوكية المحفوظة مسبقًا.
19- قابلية النموذج للتطور الذاتي	عالية جدًا عبر التجريب اللحظي والتغذية الراجعة المستمرة.	منتظمة عبر مراحل محددة من التقييم والتحديث الدوري.
20- الهدف المعرفي النهائي	تحقيق إدراك مزدوج يجمع الحس البشري والمنطق الخوارزمي في وحدة تصميمية واحدة.	بناء ذكاء صنعي إنساني قادر على استيعاب المنطق البشري في اتخاذ القرار التصميمي.

من خلال المقارنة يظهر أن النموذج التبادلي (PAIR)، يمثّل مرحلة الإدراك المشترك، **حيث يُخلق المعنى من الحوار المستمر بين الإنسان والآلة، بينما النموذج الاعتمادي (HCAI–AD) يمثّل** مرحلة الإدراك الموجَّه، **حيث ينتقل الذكاء الصنعي من التعلم بالمشاركة إلى** التصميم بالاستقلال الموجَّه.**هذا الانتقال هو** الجوهر الحقيقي للعلاقة التبادلية بين الإدراكين الإنساني والصنعي في العملية التصميمية، **وهو** هدف البحث المركزي **:الوصول إلى منظومة معرفية تصميمية لا تُقصي الإنسان ولا تُقيّد الذكاء الصنعي، بل تجعلهما يعملان في تناغم متكامل نحو خلق عمارة تمتلك عقلًا وفهمًا ومعنى.**

5-4 منهجية القياس والتحليل التقييمي

تتطلّب دراسة العلاقة التبادلية بين الإدراك الإنساني والذكاء الصنعي في التصميم المعماري تبنّي منهجية قياس وتحليل قادرة على التعامل مع تعقيد هذه العلاقة وتعدّد مستوياتها. فالممارسات المعاصرة التي تدّعي دمج الذكاء الصنعي في العملية التصميمية لا تنتمي إلى مستوى واحد من النضج أو العمق، كما أن حضور الإدراك الإنساني داخلها يتفاوت من استخدام أداتي محدود إلى مشاركة معرفية أكثر تعقيدًا. وعليه، فإن اعتماد مسطرة قياس أحادية المستوى قد يؤدي إلى نتائج تبسيطية لا تعكس الفروق الجوهرية بين هذه الحالات، أو إلى خلط منهجي بين حالات غير متكافئة من حيث الأساس النظري أو المعرفي.

انطلاقًا من ذلك، يعتمد البحث منهجية قياس وتحليل تقييمي متدرّجة تقوم على تجزئة مسطرة القياس إلى مستويين مترابطين: مستوى أولي، ومستوى ثانوي. ولا تهدف هذه التجزئة إلى الفصل بين مرحلتين غير متكافئتين في الأهمية، بل إلى تنظيم عملية التقييم بصورة تسمح بالانتقال المنهجي من التحقق الأساسي إلى التحليل المعمّق، وفق منطق تصاعدي يراعي طبيعة الظاهرة المدروسة وحدودها الواقعية.

تُستخدم مسطرة القياس الأولية بوصفها أداة تحقق منهجية تهدف إلى تحديد أهلية الحالة المدروسة للدخول في نطاق التحليل التقييمي المتقدم. ويُقصد بالأهلية هنا توافر الحد الأدنى من الشروط النظرية التي تجعل من الحالة موضوعًا صالحًا لدراسة العلاقة التبادلية، وفي مقدمتها: وجود ذكاء صنعي فاعل داخل العملية التصميمية، حضور إدراك إنساني ذي دور تفسيري أو توجيهي، وقيام شكل من أشكال التفاعل بين الطرفين يتجاوز الاستخدام الأداتي البحت. وبهذا المعنى، لا تعمل المسطرة الأولية بوصفها أداة للحكم على جودة التصميم أو نجاحه، بل بوصفها آلية فرز معرفي تستبعد الحالات التي لا تحقق أساسًا مفهوم الدمج الذي يتناوله البحث.

أما مسطرة القياس الثانوية، فتُستخدم لتحليل الحالات التي تثبت أهليتها المنهجية عبر المسطرة الأولية، وتنتقل معها عملية التقييم من مستوى التحقق إلى مستوى الفحص التفصيلي للعمق الإدراكي والمعرفي.

تستند هذه المنهجية المتدرّجة في القياس إلى المنطلقات النظرية التي طُرحت في الفصول الثلاثة. فالفصل الأول وفّر الأساس اللازم لتحديد مستويات تدخل الذكاء الصنعي وتقنياته المختلفة داخل العملية التصميمية، بينما أسّس الفصل الثاني لإطار إدراكي يتيح تحليل دور الإنسان بوصفه مفسّرًا ومنظّمًا للمعنى، لا مجرد مستخدم للأداة. أما الفصل الثالث، فقد قدّم نموذجي PAIR و HCAIبوصفهما مرجعيتين تحليليتين تُحددان طبيعة العلاقة الممكنة بين الطرفين، سواء بوصفها علاقة تشاركية تبادلية أو علاقة اعتمادية إشرافية.

في ضوء ذلك، تُعدّ تجزئة مسطرة القياس إلى مستوى أولي ومستوى ثانوي إجراءً منهجيًا يهدف إلى الحفاظ على الصرامة العلمية في التقييم، وتجنّب التعميم غير الدقيق، وضمان انسجام التحليل مع طبيعة البحث وأهدافه. كما تسمح هذه المنهجية بتقديم قراءة أكثر واقعية للمشهد المعاصر لاستخدام الذكاء الصنعي في العمارة، من خلال الاعتراف بتفاوت مستويات النضج دون إسقاط أحكام قاطعة أو اختزالية. وبهذا الإطار، يمهّد هذا العنوان الفرعي للانتقال إلى صياغة مساطر القياس الرئيسة والثانوية، بوصفها أدوات تحليلية مشتقة مباشرة من المتن النظري للبحث، وقابلة للتطبيق على حالات مختلفة ضمن حدود منهجية واضحة.

المصدر: إعداد الباحث بالاعتماد على الإطار النظري للفصول الأول والثاني والثالث.

في التالي جدول يوضح محددات القياس والتقييم من اعداد الباحث

جدول 15 المنهج التحليلي التقييمي المخصص لدراسة العلاقة التبادلية بين الإدراك الإنساني

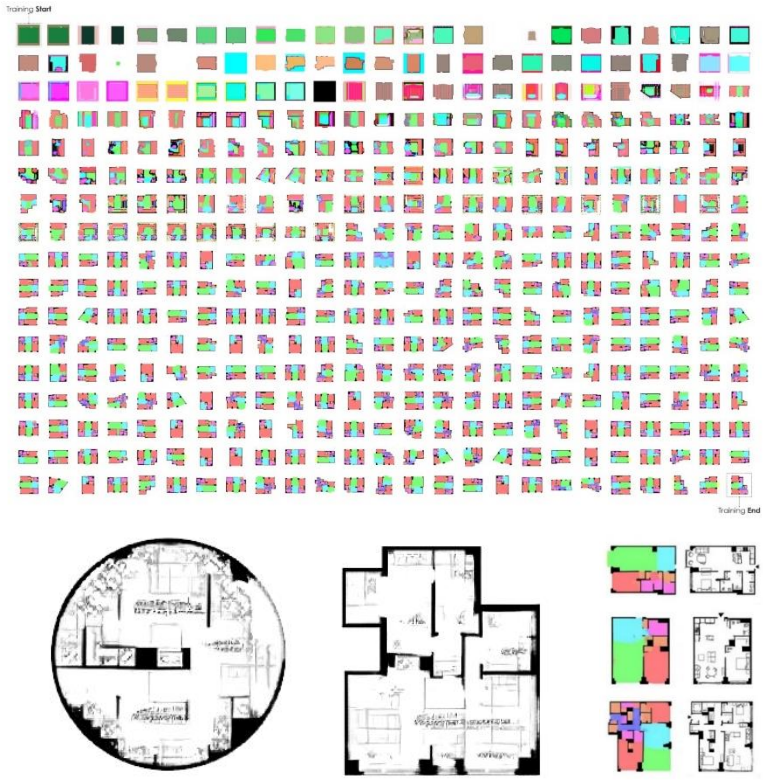
	المحور	مؤشرات القياس	مستوى التحقق				التوصيف العام	
A	توصيف الحالة	الاسم/العنوان					تصنيف غير تقييمي تحديد السياق ضبط الادعاء فصل الادعاء عن التحقق	
		ماهية المثال	بحث ☐	أداة ☐	منصة ☐	مشروع ☐		
		نطاق الاستخدام	أكاديمي ☐	مهني ☐	تجاري ☐	تجريبي ☐		
		مستوى ادعاء الدمج	مفاهيمي ☐	تخطيطي ☐	تفصيلي ☐	تنفيذي ☐ / تقييمي ☐		
		طبيعة استخدام AI	دعم تصميمي ☐	دمج إدراكي ☐	تبادلية ☐	اعتمادية ☐		
							نسبة التحقق	المخرجات التحليلية
B	القياس المبدئي	مستوى تدخل الذكاء الصنعي	نقاش ☐	صور ☐	تحليل ☐	توليد ☐	—	توصيف التدخل
		وظيفة الذكاء الصنعي	أداة ☐	مساعد ☐	شريك تحليل ☐	مشارك تصميمي ☐	—	توصيف الدور
			غير محقق		ضعيف	متوسط / محقق		
		وجود ذكاء صنعي فعلي	☐		☐	☐ / ☐	—	أهلية التحليل
		وجود إدراك إنساني تفسيري	☐		☐	☐ / ☐	—	فاعلية المصمم
		دور المصمم في توجيه المخرجات	☐		☐	☐ / ☐	—	طبيعة القيادة
		تجاوز الاستخدام الأداتي	☐		☐	☐ / ☐	—	اختبار التشاركية
		تحقق حد أدنى من PAIR	☐		☐	☐ / ☐	—	صلاحية التبادلية
		تحقق حد أدنى من HCAI	☐		☐	☐ / ☐	—	صلاحية الاعتمادية
B′	قرار مرحلي	أهلية الانتقال للقياس العميق	≥ 40% من المرحلة B				النسبة من 100%	مؤهل / غير مؤهل
C	القياس العميق	نوع الإدراك المتحقق	حسي ☐	وظيفي ☐	معرفي ☐	ثقافي ☐ / تركيبي ☐	نسبة التحقق	نسبة التوافق مع المحور المبدئي	تفكيك إدراكي
			غير محقق		ضعيف	متوسط / محقق			
		نوع تقنية الذكاء الصنعي وملاءمتها	☐		☐	☐			صلاحية التقنية
		قابلية تفسير المخرجات	☐		☐	☐			شفافية القرار
		إدراك الفراغ	☐		☐	☐			عمق فراغي
		إدارة الثابت والمتغير	☐		☐	☐			ضبط التحول
		عمق العلاقة التبادلية	☐		☐	☐			نضج العلاقة
		تحقق مبادئ PAIR	☐		☐	☐			تبادلية ناضجة
		تحقق مبادئ HCAI	☐		☐	☐			اعتمادية واعية
		الأبعاد الأخلاقية والمسؤولية	☐		☐	☐			ضبط أخلاقي
		مواءمة المخرجات مع المستخدم والسياق	☐		☐	☐			صلاحية سياقية
		وعي المصمم بذاته وبحدود الأداة	☐		☐	☐			وعي نقدي
							من 100%	من 100%	
D	الحكم النهائي	مؤشر التبادلية (PAIR Index)	منخفض ☐		متوسط ☐	مرتفع ☐	—		توصيف نوعي مدعوم
		مؤشر الاعتمادية الواعية (HCAI Index)	ضعيف ☐		جزئي ☐	متكامل ☐	—		توصيف إشرافي
		مؤشر الدمج الإدراكي الكلي	منخفض ☐		متوسط ☐	مرتفع ☐	—		مستوى الدمج
		المسافة بين الادعاء والتحقق (%)	منخفضة ☐		متوسطة ☐	مرتفعة ☐	—		كشف الفجوة
		الدلالة البحثية النهائية					—		استخلاص معرفي

والذكاء الصنعي في عملية التصميم المعماري المصدر (عمل الباحث)

5- تحليل الأمثلة

5-1 المثال الأول AI + Architecture 2019

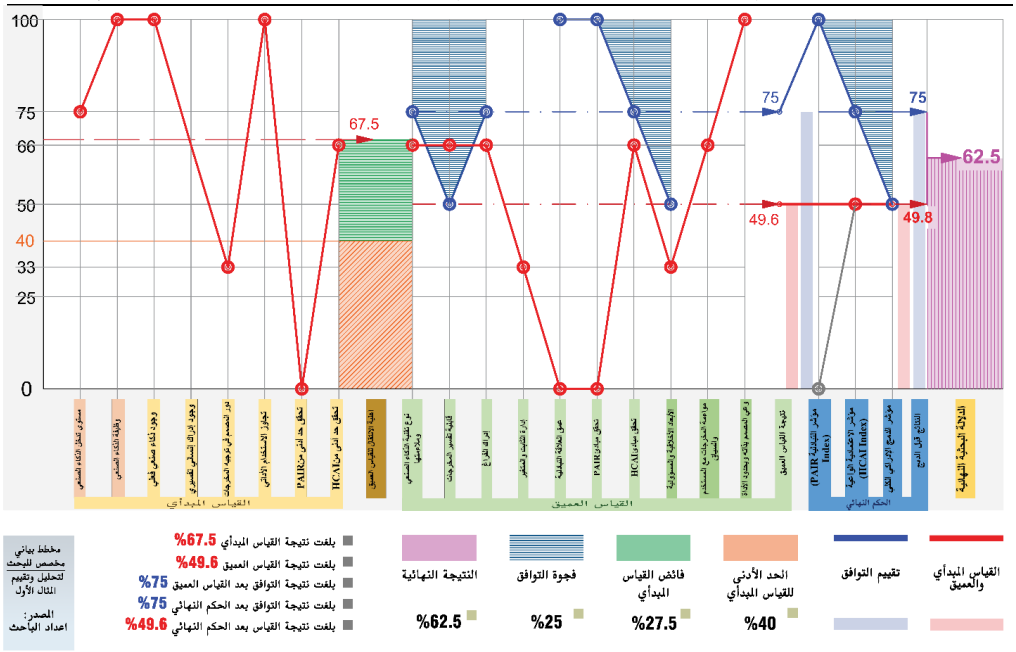
بحث أكاديمي يقدّم إطارًا نظريًا وتطبيقيًا لاستخدام تقنيات الذكاء الصنعي، ولا سيما الشبكات التوليدية، في توليد المخططات المعمارية ضمن عملية تصميم تشاركية بين المصمم والنظام الصنعي.



الشكل 1 أمثلة تطبيقية على المثال الأول المصدر AI + Architecture *2019*

جدول 16 تقييم المثال الأول بناء على محددات التقييم (اعداد الباحث)

	المحور	مؤشرات القياس	مستوى التحقق				التوصيف العام	
A	توصيف الحالة	الاسم/العنوان	2019 AI + Architecture				بحث أكاديمي يقدّم إطارًا نظريًا وتطبيقيًا لاستخدام تقنيات الذكاء الصنعي، ولا سيما الشبكات التوليدية، في توليد المخططات المعمارية ضمن عملية تصميم تشاركية بين المصمم والنظام الصنعي.	
		ماهية المثال	بحث ■	أداة □	منصة □	مشروع □		
		نطاق الاستخدام	أكاديمي ■	مهني □	تجاري □	تجريبي ■		
		مستوى ادعاء الدمج	مفاهيمي □	تخطيطي □	تفصيلي ■	تنفيذي ■	تقييمي □	
		طبيعة استخدام AI	دعم تصميمي ■	دمج إدراكي ■	تبادلية □	اعتمادية □		
							نسبة التحقق	المخرجات التحليلية
B	القياس الميداني	مستوى تدخل الذكاء الصنعي	نقش □	صور □	تحليل ■	توليد ■	%75	توصيف التدخل
		وظيفة الذكاء الصنعي	أداة □	مساعد □	شريك تحليل □	مشارك تصميمي ■	%100	توصيف الدور
			غير محقق		ضعيف	متوسط	محقق	
		وجود ذكاء صنعي فعلي	□		□	□	■	%100 أهلية التحليل
		وجود إدراك إنسقي تفسيري	□		□	■	□	%66 فاعلية المصمم
		دور المصمم في توجيه المخرجات	□		■	□	□	%33 طبيعة القيادة
		تجاوز الاستخدام الأداتي	□		□	□	■	%100 اختبار التشاركية
		تحقق حد أدنى من PAIR	■		□	□	□	%0 صلاحية التبادلية
		تحقق حد أدنى من HCAI	□		□	■	□	%66 صلاحية الاعتمادية
B′	قرار مرحلي	أهلية الانتقال للقياس العميق	B من المرحلة ≥ 40%					%67.5 مؤهل
							نسبة التحقق	نسبة التوافق مع المحور الميداني %25 - %0 %100 - %50	تفكيك إدراكي
C	القياس العميق	نوع الإدراك المتحقق	حسي □	وظيفي ■	معرفي ■	ثقافي □	تركيبي □	
			غير محقق		ضعيف	متوسط	محقق	
		نوع تقنية الذكاء الصنعي وملاءمتها	□		□	■	□	%66	%75 صلاحية التقنية
		قابلية تفسير المخرجات	□		□	■	□	%66	%50 شفافية القرار
		إدراك الفراغ	□		□	■	□	%66	%75 عمق فراغي
		إدارة الثابت والمتغير	□		■	□	□	%33	- ضبط التحول
		عمق العلاقة التبادلية	■		□	□	□	%0	%100 نضج العلاقة
		تحقق مبادئ PAIR	■		□	□	□	%0	%100 تبادلية ناضجة
		تحقق مبادئ HCAI	□		□	■	□	%66	%75 اعتمادية واعية
		الأبعاد الأخلاقية والمسؤولية	□		■	□	□	%33	%50 ضبط أخلاقي
		مواءمة المخرجات مع المستخدم والسياق	□		□	■	□	%66	- صلاحية سياقية
		وعي المصمم بذاته وبحدود الأداة	□		□	□	■	%100	- وعي نقدي
		المجموع						%49.6	%75
D	الحكم النهائي	مؤشر التبادلية (PAIR Index)	منخفض ■		متوسط □	مرتفع □		%0 يستبعد	%100 توصيف نوعي مدعوم
		مؤشر الاعتمادية الواعية (HCAI Index)	ضعيف □		جزئي ■	متكامل □		%50	%75 توصيف إشرافي
		مؤشر الدمج الإدراكي الكلي	منخفض □		متوسط ■	مرتفع □		%50	%50 مستوى الدمج
		المسافة بين الادعاء والتحقق (%)	منخفضة □		متوسطة ■	مرتفعة □		%49.8	%75 كشف الفجوة
		الدلالة البحثية النهائية	يحقق المثال هدف البحث بشكل جزئي وفق نموذج HCAI					%62.4	استخلاص معرفي



الشكل 2 مخطط بياني لتحليل المثال الأول بناء على محددات التقييم و التحليل (اعداد الباحث)

- **النتيجة التحليلية للمثال الأول**

تظهر نتيجة تحليل المثال الاول بناء على المحددات المستخلصة من البحث الى انه لا يحقق هدف البحث بشكل كامل بل بشكل جزئي وفق نموذج HCAI-AD الاعتمادي كما يظهر التحليل نسبه تحقق الادعاء الموجود ضمن المثال وهي 75% بالمقارنة مع محددات القياس المستخلصة من البحث كما تظهر نتيجة القياس 49.8% ان المثال يحقق بطريقه متوسطة المحددات الأساسية للبحث

يحقق البحث نموذجًا اعتماديًا واعيًا وفقHCAI ، ولا يحقق نموذجًا تبادليًا إدراكيًا وفقPAIR ، وهو بذلك يقدّم حالة بحثية صالحة لتحليل الفروق البنيوية بين نمطي العلاقة، لا للحكم بتفوق أحدهما على الآخر.

2-5 المثال الثاني: منصات توليد الصور المعمارية بالذكاء الصنعي **(ميد جيرني – نانو بنانا..)**

يُشير هذا المثال إلى مجموعة من المنصات الرقمية المعاصرة التي تعتمد على تقنيات الذكاء الصنعي التوليدي، ولا سيما نماذج تحويل النص إلى صورة أو الصورة إلى صورة، لإنتاج تمثيلات بصرية لمشاريع معمارية استنادًا إلى أوصاف نصية، صور مرجعية، أو معايير شكلية عامة. وتُستخدم هذه المنصات في الغالب ضمن المراحل المفاهيمية أو التمثيلية من العملية التصميمية، بهدف استكشاف الأفكار الشكلية، أو توليد تصوّرات بصرية سريعة للمشاريع.

من حيث الماهية، تندرج هذه الحالة ضمن فئة **المنصات الرقمية** ذات الطابع التقني، ويتراوح نطاق استخدامها بين التجريبي والمهني، مع حضور واسع في السياقات التجارية والإعلامية. ولا تُقدَّم هذه المنصات بوصفها أدوات تخطيط معماري مكتملة، بل بوصفها أنظمة توليد بصري تركز على الصورة واللغة الشكلية أكثر من تركيزها على المنطق الفراغي أو التنظيم الوظيفي للمشروع.



الشكل 3 مناظير هندسية توضيحية مولدة بالذكاء الصنعي لمكتبة عامة بناء على وصف متكامل المصدر (اعداد الباحث)

- تمثل هذه المحاولات الأربع الموضحة في الصور لتوليد مشاريع متكاملة ضمن نموذج ذكاء صنعي تم تدريبه على مدى عام متواصل من قبل الباحث وفق نمط تدريب (HCAI-AD) برفع العديد من الملفات و الأنماط والاعمال – تمثل تطورا تقنيا ملحوظا حيث اصبح بالإمكان توليد أفكار متعددة دون وصف متكامل بمجرد توجيه عدة أوامر مدروسة لتوصل الى مرحلة توليد مشاريع متكاملة بما يتضمن دراسة المناخ واختيار المواد ففي المثال المرفق تم توليد اربع اقتراحات مختلفة لمشاريع متعددة الاستخدامات في بيئة صحراوية .



بالإضافة الى ذلك قام النموذج بالالتزام بالشروط المحددة الى حد ما والتزم بالمعالجات الحرارية المبدئية دونما توجيه مرحلي تفصيلي واستمر بالعمل الى ان وصل الى مراحل تقديم العمل بتنسيق متكامل.

في المقابل لوحظت عدة أخطاء من ناحية التصميم والتوزيع الحركي على حساب جودة عالية بالإخراج المعماري.

تبرز أهمية هذا التطور الهائل في نماذج الذكاء الصنعي في اختزال زمن العمل وفي كثافة الأفكار وفي طرح مواد مستدامة وفي اقتراح خيارات متعددة للتوزيع الوظيفي.

المصدر: عمل الباحث

في هذه المحاولة تم توليد مقترحين مع الفرش والاظهار بشكل كامل بناء على معطيات محددة لطابق في بناء سكني مساحة البلاطة 160 متر مربع والمحددات تم ارفاقها في صورة مع الشرح والطلب بطريقة محددة.

مع الاخذ بالعلم ان المقترحين الذين تم توليدهما مختلفين فأحدهما شقة واحدة والأخر شقتين متساويتين من ناحية المساحة بالإضافة الى ذلك تجدر الإشارة ان هذا العمل واقعي وضمن شروط شديدة التحديد ورغم ذلك نجح نموذج الذكاء الصنعي المدرب مسبقا من قبل الباحث بالعمل ضمن اقل حد ممكن من الأخطاء التصميمية العامة.التزم النموذج بالأساسيات التصميمية دونما الحاجة الى توجيهه بأدق التفاصيل واستطاع توليد مخططات مقبولة حتى من ناحية استخدام المنور العادي **والمنور النصفي الذي يعتبر تحديا تكتيكيا حاسما حول هذه المحاولة الى قفزة نوعية من ناحية توليد المساقط السكنية الدقيقة كما** تمت مقارنة الابعاد لتتوضح بانها صحيحة بنسبة 100%. المصدر (عمل الباحث)

الشكل 4 المعطى الأساسي في عملية التوليد



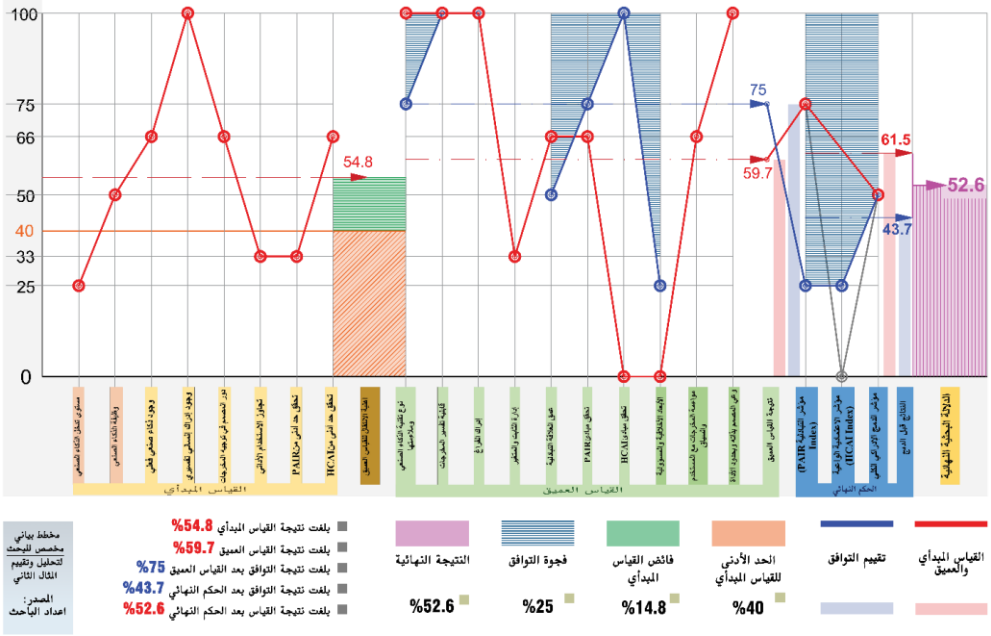
الشكل 5 المسقط المقترح الثاني شقتين للسكن



الشكل 6 المسقط لمقترح الاول شقة سكنية

جدول 17 تقييم المثال الثاني بناء على محددات التقييم (اعداد الباحث)

	المحور	مؤشرات القياس	مستوى التحقق						التوصيف العام	
A	توصيف الحالة	الاسم/العنوان	منصات توليد الصور المعمارية بالذكاء الصنعي						مجموعة من المنصات الرقمية المعاصرة التي تعتمد على تقنيات الذكاء الصنعي التوليدي، ولا سيما نماذج تحويل النص إلى صورة أو الصورة إلى صورة، لإنتاج تمثيلات بصرية لمشاريع معمارية استنادًا إلى أوصاف نصية، صور مرجعية، أو معايير شكلية عامة.	
		ماهية المثال	بحث ☐	أداة ■	منصة ■	مشروع ☐				
		نطاق الاستخدام	أكاديمي ☐	مهني ■	تجاري ■	تجريبي ☐				
		مستوى ادعاء الدمج	مفاهيمي ■	تخطيطي ■	تفصيلي ■	تنفيذي ☐	تقييمي ☐			
		طبيعة استخدام AI	دعم تصميمي ■	دمج إدراكي ☐	تبادلية ■		اعتمادية ■			
									نسبة التحقق	المخرجات التحليلية
B	القياس المبدئي	مستوى تدخل الذكاء الصنعي	نقاش ☐	صور ■	تحليل ☐	توليد ☐			%25	توصيف التدخل
		وظيفة الذكاء الصنعي	أداة ■	مساعد ■	شريك تحليل ☐	مشارك تصميمي ☐			%50	توصيف الدور
			غير محقق		ضعيف	متوسط	محقق			
		وجود ذكاء صنعي فعلي	☐		☐	■	☐		%66	أهلية التحليل
		وجود إدراك إنساني تفسيري	☐		☐	☐	■		%100	فاعلية المصمم
		دور المصمم في توجيه المخرجات	☐		☐	■	☐		%66	طبيعة القيادة
		تجاوز الاستخدام الأداتي	☐		■	☐	☐		%33	اختبار التشاركية
		تحقق حد أدنى من PAIR	☐		■	☐	☐		%33	صلاحية التبادلية
		تحقق حد أدنى من HCAI	☐		☐	■	☐		%66	صلاحية الاعتمادية
B'	قرار مرحلي	أهلية الانتقال للقياس العميق	B من المرحلة ≥ 40%						%54.8	مؤهل
									نسبة التحقق	نسبة التوافق مع المحور المبدئي (%25 - 0، %100 - %50)	تفكيك إدراكي
C	القياس العميق	نوع الإدراك المتحقق	حسي ☐	وظيفي ☐	معرفي ☐	ثقافي ☐	تركيبي ■			
			غير محقق		ضعيف	متوسط	محقق			
		نوع تقنية الذكاء الصنعي وملاءمتها	☐		☐	☐	■		%100	%75	صلاحية التقنية
		قابلية تفسير المخرجات	☐		☐	☐	■		%100	%100	شفافية القرار
		إدراك الفراغ	☐		☐	☐	■		%100	%100	عمق فراغي
		إدارة الثابت والمتغير	☐		■	☐	☐		%33	-	ضبط التحول
		عمق العلاقة التبادلية	☐		☐	■	☐		%66	%50	نضج العلاقة
		تحقق مبادئ PAIR	☐		☐	■	☐		%66	%75	تبادلية ناضجة
		تحقق مبادئ HCAI	■		☐	☐	☐		%0	%100	اعتمادية واعية
		الأبعاد الأخلاقية والمسؤولية	■		☐	☐	☐		%0	%25	ضبط أخلاقي
		مواءمة المخرجات مع المستخدم والسياق	☐		☐	■	☐		%66	-	صلاحية سياقية
		وعي المصمم بذاته وبحدود الأداة	☐		☐	■	☐		%66	-	وعي نقدي
		المجموع							%59.7	%75	
D	الحكم النهائي	مؤشر التبادلية (PAIR Index)	منخفض ☐			متوسط ☐	مرتفع ■		%75	%25	توصيف نوعي مدعوم
		مؤشر الاعتمادية الواعية (HCAI Index)	ضعيف ■			جزئي ☐	متكامل ☐		%0 يستبعد	%25	توصيف إشرافي
		مؤشر الدمج الإدراكي الكلي	منخفض ☐			متوسط ■	مرتفع ☐		%50	%50	مستوى الدمج
		المسافة بين الادعاء والتحقق (%)	منخفضة ☐			متوسطة ☐	مرتفعة ☐		%61.5	%43.7	كشف الفجوة
		الدلالة البحثية النهائية	يحقق المثال هدف البحث بشكل جزئي وفق نموذج PAIR						%52.6		استخلاص معرفي



الشكل 7 مخطط بياني لتحليل المثال الثاني بناء على محددات التقييم و التحليل (اعداد الباحث)

- **النتيجة التحليلية للمثال الثاني**

تشير نتائج مسطرة القياس إلى أن هذا المثال يحقق **نسبة تحقق كلية مقدارها 52.6%**، وهي نسبة دالّة على حضور تقني فعّال للذكاء الصنعي في إنتاج المخرجات البصرية، لكنها تكشف في الوقت ذاته عن **ضعف بنيوي في دمج الإدراك الإنساني ضمن العملية التصميمية** .تعكس هذه النسبة نمط استخدام واسع الانتشار، لكنه محدود العمق من حيث البنية الإدراكية والمنهجية.

بناءً على نتائج مسطرة القياس، يمكن توصيف منصات توليد الصور المعمارية بالذكاء الصنعي بوصفها أدوات قوية تقنيًا وضعيفة إدراكيًا .فهي تحقق قيمة عالية في التمثيل البصري والاستكشاف الشكلي، وتؤسس لنمط مشاركة أولي مع المصمم، لكنها لا تحقق دمجًا معرفيًا أو منهجيًا كافيًا داخل العملية التصميمية. وتتمثل أهم دلالاتها البحثية في كشف الفارق بين التشاركية المعلنة والاعتمادية الفعلية على النظام، ما يجعلها حالة مناسبة لتحليل حدود النموذج التبادلي PAIR

تكشف نتائج مسطرة التقييم أن منصات توليد المخططات المعمارية تلقائيًا تمثل **مرحلة متقدمة تقنيًا لكنها أحادية الاتجاه إدراكيًا** .فهي تتفوق على منصات توليد الصور في العمق الوظيفي والتأثير المباشر على القرار التصميمي، إلا أنها تُرسّخ نمطًا **اعتماديًا وفق نموذجHCAI** ، حيث يتحقق الإشراف والضبط، لكن تغيب التبادلية الإدراكية والمنهجية التي يتطلبها نموذجPAIR .

4-5 نتائج الدراسة التحليلية

تُظهر النتائج التحليلية المستخلصة من تطبيق محددات القياس أن دمج الذكاء الصنعي مع الإدراك الإنساني في العملية التصميمية المعمارية لا يتحقق بمجرد إدخال أداة ذكية أو اعتماد مخرجات توليدية، بل يتحقق عندما تُعاد صياغة العملية التصميمية بوصفها منظومة تفاعلية يُعاد فيها توزيع الأدوار المعرفية بين الإنسان والنظام وفق منطق محدد يضبط التبادل أو يضبط الاعتماد. وتكشف هذه النتائج أن جوهر الدمج لا يتحدد بقدرة النظام على الإنتاج، وإنما بقدرته على الاندماج داخل بنية القرار التصميمي بما يسمح للإدراك الإنساني أن يكون عنصرًا منشئًا للمعنى لا عنصرًا مُستهلكًا للنتائج.

بذلك، تُغلق مرحلة التحليل على نتيجة مفصلية: دمج الذكاء الصنعي والإدراك الإنساني في التصميم المعماري ليس هدفًا عام او مبهم، بل نموذجًا قابلًا للقياس والتشخيص. وقد أثبتت مسطرة القياس أن هذا الدمج يمكن تحديده بدقة من خلال مؤشرات تبيّن موقع الإدراك داخل الحلقة، وعمق العلاقة، وقابلية التفسير، وقدرة المنظومة على تحويل المخرجات إلى قرار تصميمي واعٍ. ومن هذا المنطلق، تصبح الصيغة العلمية التبادلية التي يستهدفها البحث قابلة للتمييز والتقييم، وتتحول من مفهوم نظري عام إلى إطار تحليلي يحدد أنماط العلاقة ويضبط شروط تحققها داخل العملية التصميمية المعمارية

6- النتائج والتوصيات:

النتائج العامة:

1) يتحدد مفهوم الذكاء الصنعي في العمارة بوصفه طيفًا وظيفيًا متعدد المستويات يبدأ من "الدعم الأداتي" وينتهي عند "المشاركة في بناء القرار التصميمي"، الأمر الذي يجعل

توصيف أي حالة مرهونًا بتحديد مستوى التدخل (نقاش/صور/تحليل/توليد) ووظيفته (أداة/مساعد/شريك/مشارك تصميمي) بدل الاكتفاء بتسمية عامة.

2) يتضح أن موقع المصمم داخل الحلقة هو المحدد الأول لطبيعة العلاقة؛ فحين يقتصر دوره على الانتقاء أو التحسين اللاحق تصبح العلاقة اعتمادًا مقنّعًا، وحين يصبح تفسيره وتوجيهه جزءًا تشغيليًا من التوليد تتشكل إمكانية التبادلية.

3) يعد النموذج التبادلي PAIR المبتكر في البحث والمخصص للبحث أحد أهم النتائج البحثية التي تحقق هدف البحث وفق التبادلية الفعالة.

4) يستطيع النموذج التبادلي PAIR المبتكر في البحث توظيف التشاركية بين نماذج الذكاء الصنعي واليات إدراك التصميم سواء لدى مستخدم الفراغ او لدى المصمم بشكل يحقق أعلى فاعلية ممكنة.

5) تتأكد قيمة النموذج التبادلي PAIR المبتكر خصيصا لهذا البحث بوصفه إطارًا يعزز "التبادلية الإدراكية" عندما تتحقق المشاركة أثناء التكوين، والتبادل أثناء التحول، والمنهجية أثناء الضبط، لا عند الاكتفاء بتسليم مخرجات متعددة للاختيار بينها.

6) يعد النموذج الإعتمادي HCAI–AD المبتكر في البحث والمخصص للبحث أحد أهم النتائج البحثية التي تحقق هدف البحث وفق نمط الاعتمادية الواعية.

7) يستطيع النموذج الإعتمادي HCAI–AD المبتكر في البحث توظيف الاعتمادية الواعية ويتضمن ذلك تدريب وتعليم نماذج الذكاء الصنعي من جهة وتطوير مهارات المصمم لمجاراة عمل النموذج.

8) تتأكد قيمة نموذج HCAI بوصفه إطارًا يلتقط "الاعتمادية الواعية" عندما يكون الإشراف والتوجيه والضبط جزءًا من تصميم العلاقة، بما يضمن بقاء المسؤولية المهنية والقرار النهائي ضمن نطاق إدراكي إنساني مضبوط.

9) يثبت التحليل أن PAIR و HCAI–AD ليسا درجات على سلم واحد، بل نمطان متكافئان يصفان شكلين مختلفين للعلاقة؛ لذا فإن نجاح أي حالة يُقاس بوضوح النمط المتحقق ودقته المنهجية، لا بمحاولة الجمع الكامل بين النمطين.

10) غالبية التطبيقات والمنصات المعاصرة ذات بنية تشاركية نظريًا، لكنها تُستخدم عمليًا ضمن نمط اعتمادي يُقصي الإدراك الإنساني من داخل الحلقة التصميمية.

11) التبادلية PAIR لا تتحقق إلا عند إدخال الإدراك الإنساني بوصفه عنصرًا تشغيليًا في توجيه، تفسير، وإعادة ضبط مسار التوليد قبل تثبيت النتائج.

12) الاعتمادية الواعية HCAI–AD تمثل نمطًا مشروعًا ومهمًا عندما يكون الذكاء الصنعي مولّدًا أساسيًا، ويحتفظ المصمم بدور الإشراف والضبط والمسؤولية.

13) لا يمكن تحقيق PAIR و HCAI–AD معًا بشكل كامل في الحالة الواحدة؛ إذ يمثل كل نموذج نمط علاقة مختلفًا يجب تشخيصه لا المفاضلة بينه.

التوصيات البحثية

1. **يوصي البحث بضرورة الانتقال من التعامل الأداتي مع الذكاء الصنعي إلى التعامل المنهجي معه**، عبر إعادة تصميم العملية التصميمية ذاتها بما يسمح بتموضع الذكاء الصنعي داخل بنية القرار المعماري، لا على هامشها، وبما يحفظ للإدراك الإنساني دوره التفسيري والقيادي.
2. **يؤكد البحث على أهمية اعتماد نماذج تفسيرية واضحة للعلاقة بين الإنسان والنظام**، وعدم الاكتفاء بالوصف العام للتشاركية؛ إذ يوصي بتبنّي نماذج مثل **PAIR** و**HCAI** بوصفها أطرًا متكافئة لتشخيص أنماط العلاقة، لا نماذج متنافسة أو متفاضلة، لكل منها مجال استخدامه المشروع وحدوده المنهجية.
3. **يوصي البحث بضرورة التمييز الصريح بين التبادلية والاعتمادية الواعية** داخل أي عملية تصميمية تستخدم الذكاء الصنعي، لما لذلك من أثر مباشر على توزيع المسؤولية، اتخاذ القرار، وحفظ الدور المهني للمصمم المعماري.

4. **يوصي البحث بتضمين قابلية التفسير بوصفها معيارًا إلزاميًا** في تقييم أي أداة أو منصة تصميمية تعتمد على الذكاء الصنعي، بحيث لا تُعتمد المخرجات غير القابلة للتفسير في القرارات المعمارية الجوهرية.
5. **يدعو البحث إلى إعادة النظر في مناهج تعليم العمارة**، عبر إدخال مفاهيم الذكاء الصنعي ضمن إطار إدراكي–تحليلي، لا ضمن إطار تقني بحت، بما يُمكّن الطلبة من فهم العلاقة بين التوليد، التفسير، والإدراك منذ المراحل التعليمية الأولى.
6. **يؤكد البحث على أهمية مواكبة تطور الذكاء الصنعي بوصفه واقعًا معرفيًا معاصرًا لا خيارًا تقنيًا عابرًا**، مع ضرورة تعميق البحث في الإدراك الإنساني لضمان ألا يؤدي هذا التطور إلى اختزال التصميم أو تهميش البعد الإنساني فيه.
7. **يؤكد البحث أن مستقبل التصميم المعماري الذكي لا يكمن في إحلال الذكاء الصنعي محل المصمم**، بل في بناء علاقة معرفية منضبطة تُعيد تعريف أدوار الطرفين، وتسمح بتطور متوازن يجمع بين قوة الحساب وعمق الإدراك الإنساني.

كما توصي هذه الدراسة بتأسيس مقاربة مؤسسية ومنهجية لعلاقة الذكاء الصنعي بالإدراك الإنساني في العمارة، تُعامل الذكاء الصنعي بوصفه شريكًا منهجيًا أو نظامًا معتمدًا واعيًا بحسب السياق، وتُبقي الإدراك الإنساني المرجعية العليا في تشكيل القرار المعماري ومعناه وإدخال نتائج هذه المقاربة في مناهج تعليم الهندسة المعمارية في كافة المراحل.

المراجع:

22. Sacks, O. (2015). *On the Move: A Life*. Knopf.
23. Holl, S. (2007). *Questions of Perception: Phenomenology of Architecture*. William Stout Publishers.
24. Shneiderman, B. (2020). Human-Centered Artificial Intelligence: Three Fresh Ideas. *AIS Transactions on Human-Computer Interaction*, 12(3), 109–124.

25. Hassabis, D., Kumaran, D., Summerfield, C., & Botvinick, M. (2017). Neuroscience-Inspired Artificial Intelligence. *Neuron*, 95(2), 245–258.
26. LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep Learning. *Nature*, 521(7553), 436–444.
27. Lake, B. M., Ullman, T. D., Tenenbaum, J. B., & Gershman, S. J. (2017). Building Machines That Learn and Think Like People. *Behavioral and Brain Sciences*, 40, e253.
28. Damasio, A. (1999). *The Feeling of What Happens: Body and Emotion in the Making of Consciousness*. Harcourt.
29. Minsky, M. (1986). *The Society of Mind*. Simon & Schuster.
30. Kurzweil, R. (2005). *The Singularity Is Near: When Humans Transcend Biology*. Penguin Books.
31. Searle, J. R. (1980). Minds, Brains, and Programs. *Behavioral and Brain Sciences*, 3(3), 417–457.
32. Chalmers, D. (2010). *The Character of Consciousness*. Oxford University Press.
33. Boden, M. A. (2018). *Artificial Intelligence: A Very Short Introduction*. Oxford University Press.
34. Peters, T., & Peters, B. (2021). *Machine Hallucinations: Architecture and AI*. Architectural Design.
35. Oxman, N. (2010). Material-based Design Computation. *MIT Design Laboratory Papers*.

مراجع إضافية استخدمت ضمن الجداول والمقارنات:

- Norman, D. A. (2013). *The Design of Everyday Things*. Basic Books.
- Gattaca, A., & Byrne, K. (2022). Cognitive models in computational design thinking. *Journal of Architectural Research*, 27(2), 55–74.
- Eysenck, M. W. (2012). *Fundamentals of Cognition* (2nd ed.). Psychology Press.
- Hinton, G. (2022). *Understanding Deep Learning — A Guide for Humans*. University of Toronto Press.
- Coyne, R., & Snodgrass, A. (1995). *Design Reasoning: Computation, Cognition, and Collaboration*. Lawrence Erlbaum Associates.