مجلة الفنون والعمارة

JOURNAL OF ART & ARCHITECTURE

مجلة علمية دولية محكمة فصلية تصدرها
كلية الفنون الجميلة - جامعة المنصورة

1

المؤتمر العلمي الدولي الأول

التكامل بين الإبداع والتكنولوجيا والإبتكار

كلية الفنون الجميلة - جامعة المنصورة

الأبحاث - عمارة

المجلد الأول - العدد الثالث - يوليو 2025

The Print ISSN: 3062-570X
The Online ISSN: 3062-570X

دمج الذكاء الاصطناعي والتصنيع الرقمي في المراحل المبكرة لتعليم العمارة : الفرص والتحديات

Integrating Artificial Intelligence and Digital Fabrication into Early Stages of Architecture Education: Opportunities and Challenges

أ.د/ أحمد صابر

أستاذ بقسم العمارة – قسم العمارة – كلية الفنون الجميلة – جامعة حلوان

أ.م.د/ أسامة عبد الهادى

أستاذ مساعد بقسم العمارة – قسم العمارة – كلية الفنون الجميلة – جامعة حلوان

أ.م.د/ آلاء المنزلاوى

أستاذ مساعد بقسم العمارة – قسم العمارة – كلية الفنون الجميلة – جامعة المنصورة

م.م / طارق ربيع أحمد محمد صالح الشريف

مدرس مساعد – قسم العمارة – كلية الفنون الجميلة – جامعة المنصورة

المؤتمر العلمي الدولي الأول

التكامل بين الإبداع والتكنولوجيا والابتكار

كلية الفنون الجميلة - جامعة المنصورة

مجلة الفنون والعمارة

JOURNAL OF ART & ARCHITECTURE

مجلة علمية دولية محكمة فصلية تصدرها

كلية الفنون الجميلة - جامعة المنصورة

المجلد الأول - العدد الثالث - ٢٠٢٥

مجلة الفنون والعمارة
JOURNAL OF ART & ARCHITECTURE

"دمج الذكاء الاصطناعي والتصنيع الرقمي في المراحل المبكرة لتعليم العمارة : الفرص والتحديات"

"Integrating Artificial Intelligence and Digital Fabrication into Early Stages of Architecture Education: Opportunities and Challenges"

أ.د/ أحمد صابر
أستاذ بقسم العمارة - قسم العمارة – كلية الفنون الجميلة – جامعة حلوان
Arch_saber@yahoo.com

أ.م.د/ أسامة عبد الهادى
أستاذ مساعد بقسم العمارة – قسم العمارة - كلية الفنون الجميلة – جامعة حلوان
Osama_khalifa@f-arts.helwan.edu.eg

أ.م.د/ آلاء المنزلاوى
أستاذ مساعد بقسم العمارة – قسم العمارة - كلية الفنون الجميلة – جامعة المنصورة
Alaa.elmanzlawi@mans.edu.eg

م.م / طارق ربيع أحمد محمد صالح الشريف
مدرس مساعد– قسم العمارة – كلية الفنون الجميلة - جامعة المنصورة
tariq.alsherif@mans.edu.eg

الملخص :

يتطرق هذا البحث لإظهار أهمية دمج الذكاء الاصطناعي وتقنيات التصنيع الرقمي في المراحل المبكرة للتعليم المعمارى. فمع تطور مناهج التدريس المعماري و متطلبات العصر الحالى والتطور فى مجالات التكنولوجية والتصنيع ، يُعيد دمج برامج وادوات الحاسب الآلى وتقنيات التصنيع صياغة كيفية تصوّر الطلاب للأفكار المعمارية وتصميمها وتحقيقها. وتبحث الدراسة في المنهجيات والأدوات والنتائج الحالية المرتبطة بالدمج المبكر لأنظمة دعم التصميم المعتمدة على الذكاء الاصطناعي (مثل التصميم التوليدي والتحليل القائم على البيانات) والتصنيع الرقمي (بما في ذلك الطباعة ثلاثية الأبعاد، وماكينات الحفر والتقطيع السى ان سى ، والروبوتات المستخدمة فى عمليات البناء والتجميع) في المناهج المعمارية الجامعية أو ما قبل المهنية. وتُسلّط الدراسة الضوء على المزايا الفكرية والإدراكية، مثل تعزيز التفكير التصميمي، وتحسين الكفاءة التقنية، وتشجيع التجريب، مع معالجة التحديات، بما في ذلك سهولة الوصول، والحاجة إلى إصلاح المناهج. وتختتم الورقة بتوصيات لدمج هذه التقنيات بفعالية في تعليم العمارة الأساسي. (Cudzik, J. and Radziszewski, K. (2018))

Abstract :

This research addresses the importance of integrating artificial intelligence (AI) and digital fabrication technologies into the early stages of architectural education. As architectural curricula evolve, modern demands and advances in technology and manufacturing are met, the integration of computer programs and tools with fabrication technologies is reshaping how students conceptualize, design, and realize architectural ideas. The study examines current methodologies, tools, and outcomes associated with the early integration of AI-based design support systems (such as generative design and data-driven analysis) and digital fabrication (including 3D printing, CNC engraving and cutting machines, and robotics used in construction and assembly processes) into undergraduate or pre-professional architecture curricula. The study highlights the intellectual and cognitive benefits, such as enhancing design thinking, improving technical proficiency, and encouraging experimentation, while addressing challenges, including accessibility and the need for curriculum reform. The paper concludes with recommendations for effectively integrating these technologies into core architecture education.

- الكلمات المفتاحية :

الذكاء الاصطناعي – التصنيع الرقمي – التعليم المعماري – دور الإنسان والآلة في الهندسة المعمارية.

- أهمية البحث :

يتناول هذا البحث دراسة تطوير الفجوة التكنولوجية في برامج التعليم المعماري، من خلال استكشاف كيفية دمج الذكاء الاصطناعي والتصنيع الرقمي بفعالية في المراحل المبكرة من التعليم المعماري، وخاصةً في السنة الثانية التي تتشكل فيها المهارات التصميمية والتقنية الأساسية. فمع تزايد اعتماد مهنة العمارة على الأدوات الحاسوبية وعمليات التصنيع الآلي، أصبح من الضروري أن تتطور المناهج الدراسية بالتوازي مع هذه المتغيرات. ولذلك تقدم هذه الورقة رؤىً حول تأثير التعرض المبكر لهذه التقنيات على التفكير التصميمي للطلاب وإبداعهم ومعرفتهم بالتصنيع الرقمي في العمارة. ومن خلال تحليل الفرص والتحديات التربوية ذات الصلة، تقدم الدراسة إطارًا مناسبًا لإعادة النظر في تعليم العمارة في عصرٍ تقوده التكنولوجيا الرقمية، مما يُشكل قيمةً مضافة للمعلمين ومطوري المناهج والمؤسسات التي تسعى إلى ضمان مستقبل برامجها.

- أهداف البحث :

- استكشاف: الفوائد المحتملة لدمج الذكاء الاصطناعي والتصنيع الرقمي في تعليم العمارة للسنة الثانية، بما في ذلك آثاره على التفكير التصميمي والإبداع والمهارات التقنية.
- تحديد: التحديات والقيود التي يواجهها الطلاب والمعلمون عند تطبيق هذه التقنيات في آنٍ واحد.
- تحليل: كيف يؤثر الاستخدام المشترك للذكاء الاصطناعي وأدوات التصنيع الرقمي على عمليات تعلم الطلاب، وتفاعلهم، ونتائج مشاريعهم.
- تقييم: استراتيجيات التدريس الحالية والنماذج الدراسية التي تدمج هذه التقنيات في تعليم العمارة في المراحل المبكرة.
- اقتراح: توصيات لتحقيق التوازن الفعال بين الابتكار والتعلم الأساسي عند دمج الذكاء الاصطناعي والتصنيع الرقمي في المقررات الدراسية المعمارية.

- مصطلحات البحث :

- الذكاء الأصطناعى : Artificial Intelligence (AI)
- التصنيع الرقمى : Digital Fabrication (DF)
- التصميم بمساعدة الحاسوب Computer Aided Design (CAD)
- التصنيع بمساعدة الحاسوب Computer Aided Manufacturing (CAM)
- التحكم العددى بواسطة الحاسوب Computer Numerical Controls (CNC)
- التصميم التوليدى : Generative Design

- المقدمة :

يعتمد البحث على منهجية متعددة الأساليب، تجمع بين مراجعة الأدبيات، وتحليل دراسات الحالة، وملاحظات الطلاب من استوديوهات التصميم التي تدمج الذكاء الاصطناعي والتصنيع الرقمي. ويركز على النتائج العملية، والتطور المعرفي، والإتقان التكنولوجي.

في حين يُحدث الذكاء الاصطناعي والتصنيع الرقمي تحولاً في الممارسة المعمارية، إلا أن دمجهما في التعليم المعماري مازال في المراحل المبكرة و غيرمواكب للتطور السريع فى مجالات الذكاء الاصطناعى والتصنيع الرقمى . هناك غموض حول كيفية تأثير دمج هذه التقنيات في المقررات الأساسية على تعلم الطلاب، سواءً إيجابياً من خلال تعزيز الإبداع والإتقان التقني، أو سلبياً من خلال إدخال التعقيد أو التبعية أو عدم التوافق التربوي. تبحث هذه الورقة البحثية في فرص وتحديات دمج الذكاء الاصطناعي والتصنيع الرقمي معاً في مناهج العمارة المبكرة لفهم قيمتهما التعليمية وحدودهما بشكل أفضل وأستخدمها كادوات تصميمة مساعدة.(Bosch-Sijtsema, P., Haapasalo, H., Lennartsson, M. and Pikkarainen, M. (2021)

وتركز هذه الدراسة على دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي والتصنيع الرقمي في تعليم العمارة في المراحل المبكرة، وتحديدًا في مقررات التصميم المعمارية والنمذجة الرقمية للسنة الثانية. وتتناول الدراسة فوائد وتحديات دمج هذه الأدوات في العملية التصميمية، مع التركيز على تأثيرها على تعلم التصميم، والمهارات التقنية، والممارسات التربوية. يقتصر نطاق الدراسة على الأوساط الأكاديمية، ولا يشمل التطبيقات المهنية المتقدمة أو الدراسات العليا.

تكنولوجيا	تعليمياً	المنتج المعماري
يُركز المقرر على أنواع أدوات الذكاء الاصطناعي (مثل التصميم التوليدي والتحسين) وطرق التصنيع الرقمي (مثل التحكم الرقمي بالحاسوب والطباعة ثلاثية الأبعاد) المُقدمة للطلاب. ويتناول المقرر كيفية اختيار هذه التقنيات وتطبيقها واستخدامها في بيئات الاستوديوهات الأكاديمية.	يبحث هذا البحث في الآثار التربوية لدمج هذه التقنيات، بما في ذلك استراتيجيات التدريس، ونتائج تعلم الطلاب، وتطوير المناهج الدراسية. ويحلل الفوائد (مثل: تعزيز الإبداع، والإتقان التقني) والتحديات (مثل: التعقيد، ومتطلبات الموارد).	يتناول هذا البحث تأثير هذه التقنيات على جودة وابتكار وجدوى مخرجات تصميم الطلاب. ويتناول كيفية تأثير الذكاء الاصطناعي وأدوات التصنيع على الجوانب المفاهيمية والمادية لمشاريع الطلاب، لا سيما في المقررات الدراسية التي تُجرى في الاستوديوهات.

- السؤال البحثى :

سؤال البحث الرئيسي:
كيف يؤثر دمج الذكاء الاصطناعي والتصنيع الرقمي في تطويرالتعليم المعمارى في المراحل المبكرة على مهارات التصميم والإبداع للطلاب ومعرفتهم بادوات الذكاء الأصطناعى والتصنيع الرقمى؟

الأسئلة الداعمة/الفرعية:
1- ما الفوائد التعليمية لتدريس الذكاء الاصطناعي والتصنيع الرقمي معًا في مقررات الهندسة المعمارية ؟
2- ما التحديات التي يواجهها الطلاب والمعلمون عند دمج هاتين التقنيتين معًا؟
3- كيف يُؤثر التعرّض المبكر لهذه الأدوات على تفكير الطلاب التصميمي وأساليبهم في حل المشكلات؟
4- ما الاستراتيجيات التي يُمكن استخدامها لموازنة التعقيد التكنولوجي مع أهداف التعلم الأساسية؟

1- التكامل بين الذكاء الأصطناعى والتصنيع الرقمى فى مناهج الهندسة المعمارية:

1-1- الذكاء الاصطناعي في الهندسة المعمارية

يكمن دور الذكاء الاصطناعي في الهندسة المعمارية إلى الأنظمة الحاسوبية القادرة على أداء مهام تحاكي الإدراك البشري، مثل تلخيص والتحليل البيانات والمعلومات والتجربة والتعلم والتعرف على الأنماط واتخاذ القرارات، فيُمكّن للذكاء الاصطناعي أن يشرك فى العماليات التالية: (Cudzik, J., Nyka, L., & Szczepański, J. (2024).)

تصميم الواجهات:
(Facade Design)
يساعد في تصميم واجهات المباني من خلال مراعاة عوامل مثل الإضاءة الطبيعية والتظليل والجماليات.

التصميم التوليدي:
(Generative Design)
تُنتج أدوات التصميم التوليدي المدعومة بالذكاء الاصطناعي مجموعة واسعة من خيارات التصميم بناءً على معايير محددة. هذا يُوفر على المهندسين المعماريين الوقت ويُتيح إمكانيات تصميمية جديدة غير تقليدية.

تحليل الموقع:
(Site Analysis)
تحليل البيانات الجغرافية والبيئية لمساعدة المهندسين المعماريين في اختيار الموقع وتخطيطه. يساعد هذا التحليل في تحديد التحديات أو الفرص المحتملة المتعلقة بتضاريس الموقع ومناخه ومحيطه.

الواقع الافتراضي والواقع المعزز:
(Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR))
يُحسّن الواقع الافتراضي والواقع المعزز من تصوّر التصاميم المعمارية، مما يسمح للعملاء وأصحاب المصلحة بتجربة والتفاعل مع التمثيل الافتراضي للمباني قبل بنائها.

كفاءة الطاقة:
(Energy Efficiency)
تُستخدم لتحليل تصميم المباني والتنبؤ باستهلاكها للطاقة. يمكن للمهندسين المعماريين استخدام الذكاء الاصطناعي لاتخاذ قرارات مدروسة بشأن استراتيجيات التصميم الموفرة للطاقة، بما في ذلك وضع النوافذ والعزل وأنظمة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء.

تحسين التصميم:
(Design Optimization)
مساعدة المهندسين المعماريين على توليد وتحسين مفاهيم التصميم. من خلال تحليل مجموعات البيانات الضخمة ومراعاة معايير مختلفة، مثل العوامل البيئية وخصائص المواد والتفضيلات الجمالية، يمكن للذكاء الاصطناعي مساعدة المهندسين المعماريين على ابتكار تصاميم أكثر كفاءةً وابتكارًا.

مراقبة أداء المبنى:
(Building Performance Monitoring)
بعد الانتهاء من أعمال البناء، يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي لمراقبة وإدارة الأداء المستمر للمبنى، بما في ذلك كفاءة نظام التدفئة والتهوية وتكييف الهواء، واستهلاك الطاقة، واحتياجات الصيانة.

المحاكاة والنمذجة:
(Simulation and Modeling)
تُمكّن أدوات المحاكاة المدعومة بالذكاء الاصطناعي من محاكاة أداء المبنى في ظروف مُختلفة، مثل الزلازل، والظواهر الجوية القاسية، أو فيما يتعلق بالإضاءة الطبيعية. يُساعد هذا المهندسين المعماريين على ضمان سلامة المبنى وراحته.

تخطيط المساحات:
(Space Planning)
يمكن لخوارزميات الذكاء الاصطناعي المساعدة في تخطيط المساحات والتصميم الداخلي من خلال تحليل احتياجات المستخدمين وتفضيلاتهم لتحسين التصميمات وترتيبات الأثاث.

اختيار المواد:
(Material Selection)
يمكن للذكاء الاصطناعي أن يوصي بأفضل المواد للمشروع بناءً على عوامل مثل التكلفة، والتوافر، والاستدامة، والمتانة. هذا يُساعد المهندسين المعماريين على اتخاذ قرارات مدروسة، ويُقلل من الأثر البيئي لتصاميمهم.

إدارة الإنشاءات:
(Construction Management)
يُساعد الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع من خلال مراقبة تقدم أعمال الإنشاءات وتحديد أي تأخيرات أو مشاكل محتملة. كما يُحسّن جداول الإنشاءات وتخصيص الموارد.

إمكانية الوصول والشمول:
(Accessibility and Inclusivity)
يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي لضمان امتثال التصاميم المعمارية لمعايير إمكانية الوصول والشمول، مما يساعد المهندسين المعماريين على إنشاء مساحات يسهل على جميع الأفراد الوصول إليها، بمن فيهم ذوى الأحتياجات الخاصة..

صورة (1) : الذكاء الأصطناعى فى العمارة (Artificial Intelligence In architecture Radwan, A.H. (2023) Artificial Intelligence)

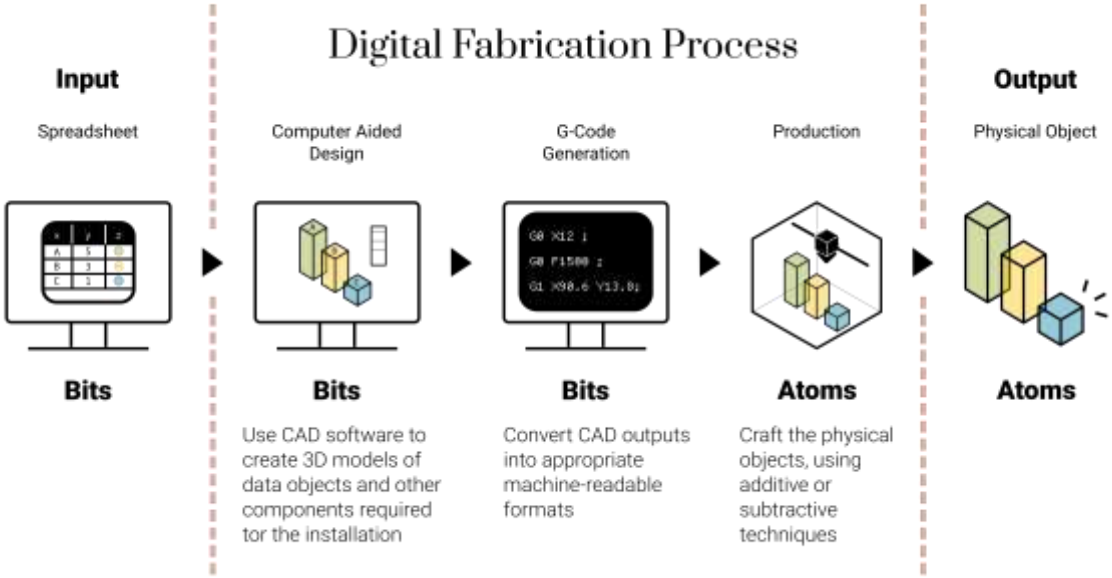
1-2- التصنيع الرقمي في الهندسة المعمارية

يتضمن التصنيع الرقمي تحويل النماذج الرقمية إلى أشكال مادية باستخدام آلات يتم التحكم فيها حاسوبيًا.تشمل الأدوات الشائعة:-

-الطباعة ثلاثية الأبعاد (3D Printer): ترسيب المواد طبقة تلو الأخرى لعمل مجسم مادى ثلاثى الابعاد.

-القطع بالليزر (Laser Cutter): تقوم على تقطيع المواد فى محوارين افقيين.

- الحفر و القطع باستخدام الحاسب الآلي والأذرع الروبوتية (CNC and Robots): أدوات نماذج أولية متعددة الاستخدامات وقابلة للتطوير تقوم على تقطيع و حفر المواد فى ثلاث محاور.تتيح هذه التقنيات لطلاب الهندسة المعمارية الانخراط في التصنيع التكراري، واختبار المواد، تصميم وعمل البافيليون وتجميع اجزاءة ومنها ادراك اهمية ودورالرسومات التنفيذية و التشغيلية أكثر وبوضوح فى العمل البنائى . (Li, Y., Fingrut, A. and Altun, S. (2024))



صورة (2) : مراحل عملية التصنيع الرقمى Digital Fabrication process
(https://fabacademy.org/2023/labs/rwanda/students/kawaida-mugawaneza/week18.html)

2-1- التكامل بين الذكاء الاصطناعي والتصنيع في التعليم المعماري

عندما ترتبط النماذج المُولّدة بالذكاء الاصطناعي مباشرةً بسير عمل التصنيع، يُمكن للطلاب تجربة تصاميم تتجاوز حدود التصميم اليدوي. هذا التآزر:

1- يُشجّع التفكير التصميمي البارامتري والقائم على المعادلات والمتغيرات.
2- يدعم التكرارالسريع وحلقات التغذية الراجعة.
3- يُحسّن فهم الطالب للشكل والمادة والبنية. ((Md Campo, M. (2024))

2-2- التحولات التعليمية والأساس النظري

يُمثل دمج الذكاء الاصطناعي والتصنيع الرقمي في مراحل التعليم المعمارى تحولاً من التصميم التمثيلي إلى التصميم الإجرائي، وتدعم نظريات مثل البنائية، والتعلم التجريبي (كولب)، وبناءية بابرت هذا النموذج التعليمي العملي والمتكامل تقنياً.((Haenlein, M. and Kaplan, A. (2019))

2-3- هياكل المناهج وتصميم الدورات

غالبًا ما تُشكّل برامج الهندسة المعمارية في السنة الثانية جسرًا بين المهارات الأساسية والتفكير المعماري المتقدم. يستعرض هذا القسم نماذج دراسية متنوعة تُدمج فيها تقنيات الذكاء الاصطناعي والتصنيع الرقمي، بما في ذلك:-

-دورات تصميم في الاستوديو باستخدام أدوات توليد المفاهيم بمساعدة الذكاء الاصطناعي (مثل Midjourneyو Rhino/Grasshopperو AutoCADمع إضافات التعلم الآلي).
-وحدات تقنية تُركز على تقنيات التصنيع الرقمي (مثل القطع بالليزر، والحفر باستخدام الحاسب الآلي، والطباعة ثلاثية الأبعاد).
- ورش عمل متعددة التخصصات وتعاون مع أقسام علوم الحاسوب أو الهندسة.

2-4- منهجيات وأدوات التدريس

يستكشف هذا الجزء كيفية موازنة المدربين بين نظرية التصميم والتدريب التقني.تشمل الاستراتيجيات الرئيسية ما يلي:-
التعلم القائم على المشاريع مع النمذجة التكرارية.
- استخدام الذكاء الاصطناعي لإيجاد الأشكال، والتعرف على الأنماط، أو التحسين.
- بيئات التعلم بين الأقران حيث ينتقد الطلاب النتائج التي يولدها الذكاء الاصطناعي.
- مهام مُركّبة تُدخل تدريجيًا تعقيد التصنيع. ((Cueva, L. (2024)

2-5- اكتساب المهارات والتطوير المعرفي

هنا، ينتقل التركيز إلى المهارات الملموسة والمعرفية التي يكتسبها الطلاب:
- مهارات التصميم: تعزيز التفكير المكاني، والتفكير البارامتري، وعمليات التصميم التكرارية.

- مهارات التصنيع: تشغيل الأدوات، ومعرفة المواد، وسير العمل الرقمي إلى المادي.
- التفكير الحسابي: فهم الخوارزميات، ومنطق إدخال/إخراج البيانات، والتفسير النقدي لنتائج الذكاء الاصطناعي.

2-6- أمثلة على الحالات ومشاريع الاستوديو

يعرض هذا القسم مشاريع طلابية مختارة أو ملخصات مقررات دراسية كدراسات حالة، تُظهر كيفية تفاعل طلاب السنة الثانية مع أدوات الذكاء الاصطناعي والتصنيع بشكل إبداعي ونقدي. وتشمل هذه المشاريع:
- تصميمات أجنحة معيارية باستخدام برنامج AutoCAD، وتصنيعها بتقنية القطع بالليزر.
-تحليلات مواقع مُولّدة بالذكاء الاصطناعي تُفيد في استراتيجيات التجميع.
- تجارب تصنيع روبوتية لدراسات الأشكال.

3- التجربة الأولى – إعادة نمذجة و تطوير ميدان المحطه بالمنصورة

3-1- تجربة على أخراج نموذج رقمى للتقطيع بوحدة الليزر ضمن مادة نماذج معمارية

تهدف هذه التجربة إلى دمج التصنيع الرقمي والتصميم بمساعدة الذكاء الاصطناعي في التربية المعمارية: (دراسة حالة ميدان محطة قطار المنصورة)
تستكشف هذه التجربة التعليمية دمج التصنيع الرقمي ومنهجيات التصميم المعتمدة على الذكاء الاصطناعي في التعليم المعماري لطلاب السنة الثانية فى مادة تصميم النماذج المعمارية. تركز الدراسة على تمرين عملي يتضمن نمذجة من الخشب المقطوع بالليزر وإعادة التصميم لساحة محطة قطار مدينة المنصورة في مصر. كان الهدف هو تعزيز الكفاءة التقنية للطلاب في التصنيع الرقمي، مع إدخال الذكاء الاصطناعي كأداة تصميم توليدية و مساعدة لحل المشكلات و تقديم حلول و بدائل وتطوير بدائل الطلاب، وانقسمت التجربة ألى التالى:


صورة (3) : مرحلة دراسة الميدان و رفع ابعادة و المبانى الخاصة بها و تحليل البدائل وتقديم القترحات و تطويرها بمساعدة الذكاء الأصطناعى (خرائط جوجال ، زيارة ميدانية)

3-1-1- عملية التصميم المعززة بالذكاء الاصطناعي:

استُخدمت أدوات الذكاء الاصطناعي للتصميم التوليدية (مثل خوارزميات التصميم التوليدية البارامترية، واقتراحات الذكاء الاصطناعي القائمة على الصور) لاقتراح تكوينات بديلة لساحة محطة القطار.قيّم الطلاب بتقيم التصميمات التوليديه المُولّدة بالذكاء الاصطناعي، مع مراعاة عوامل مثل تدفق المشاة، والتنظيم المكاني، والتكامل السياقي ضمن النسيج الحضري لمدينة المنصورة.أتاحت حلقات التصميم التكرارية إجراء تحليل مقارن بين المقترحات و تطوير المقترحات خلال مرحل التصميم و التعديل حتى الوصول لمرحلة تصميم النموذج الرقمى لكى يتم تقطيعه لاحقا بواسطة ماكينات القطع بالليزر.

صورة (4) : مرحلة تصميم النموذج رقمين بواسطة برامج النمذجة الرقمية (برنامج الأوتوكاد) و تحضيرة للتقطيع بالليزر (صورة خلال ورشة عمل للأوتوكاد)

3-1-2- مرحلة التصنيع الرقمى:

عمل مجموعه من الطلاب (20 طالب) على رفع المبانى فى محيط الميدان و تقسيم المبنى على مجموعات عمل منهم كل مجموعه مسؤولة عن مبنى ومجموعه تقوم بتنسيق بين الموقع العام والمبانى لتتم مراحل التجميع وتركيب بدقة و مهارة، استخدم الطلاب في تصميم المبانى والموقع العام برنامج الأوتوكاد لتصميم نموذج رقمى للمبنى ومن ثم انتقلو إلى مرحلة تقطيع مكونات المجسم من الخشب بواسطة الليزر لبناء نماذج مجسمة، مع التركيز على الدقة، وقيود المواد، وتقنيات التجميع.عزز هذا التمرين ترجمة النماذج الرقمية (القائمة على التصميم بمساعدة الحاسوب) إلى نماذج أولية ملموسة، مما عزز فهم سلامة الهياكل وسير عمل التصنيع و خطوات البناء و التنفيذ وإعادة التصيميم و التأهيل للميدان.

صورة (5) : المرحلة النهائية من المشروع حيث تم تجميع اجزاء المجسم و حل المشكلات التصميمة وعمل نموذج مطور لميدان المحطة بالمنصورة (صورة للمخرجات النهائية لورشه العمل)

3-1-3- نتائج التجربة :

مراحل العمل	عدد الطلاب	تنظيم العمل	تقيم دقة التنفيذ من 10 درجات	مدة المرحلة
دقه رفع وأعادة تصميم المبنى رقمياً (معلجة بيانات)	20 طالب	ممتاز	9	عدد 2 يوم
دقة تصميم نموذج كل مجموعة (مدخلات)	20 طالب	جيد جدا	8.5	عدد 3 ايام
دقة تنفيذ نموذج كل مجموعه (مخرجات)	20 طالب	ممتاز	8.5	عدد 5 ايام

أثبتت التجربة أن التصنيع الرقمي حسّن المهارات التقنية للطلاب، بينما شجع دمج الذكاء الاصطناعي على التفكير التصميمي الاستكشافي.
- عمل الذكاء الاصطناعي كعامل تعاوني، حيث ولّد بسرعة اختلافات حجمية وبرمجية وذلك من خلال عدد خمس محاولات تصميمة لإعادة تطوير الميدان، مع أن قرارات التصميم النهائية ظلت بقيادة الطلاب.
- شملت التحديات الموازنة بين دقة التجميع اليدوي وهدف التصميم الرقمي، وتفسير مخرجات الذكاء الاصطناعي في سياق حضري واقعي.

3-1-4-الأستنتاجات والخلاصة من التجربة :

يربط هذا النهج التعليمي بين اكتساب المهارات التقنية (القطع بالليزر، التجميع) وأدوات الحوسبة الناشئة (الذكاء الاصطناعي)، مما يُهيئ الطلاب لممارسات معمارية متطورة. ويمكن أن تُوسّع الأبحاث المستقبلية دور الذكاء الاصطناعي في تحليل الاستدامة أو عمليات التصميم التشاركي.

3-التجربة الثانية – نمذجة ودراسه عدد من العناصر المعمارية الإسلامية

3-2- تجربة على أخراج نموذج رقمى للتقطيع بوحدة الليزر ضمن مادة نماذج معمارية

التوثيق المعزز بالذكاء الاصطناعي وإعادة تصميم العناصر المعمارية الإسلامية:
(نهج تعليمى للحفاظ على التراث)

تقدم هذه الدراسة إطارًا تعليميا يدمج تحليل البيانات بمساعدة الذكاء الاصطناعي، والتصنيع الرقمي بواسطة (الطباعة ثلاثية الأبعاد، والقطع بالليزر)، والتصميم الحاسوبي، لتعليم طلاب المرحلة الثانية من التعليم المعمارى توثيق وإعادة تفسير العناصر المعمارية الإسلامية التاريخية في المساجد المصرية. هدفت التجربة إلى

(1) تطوير مهارات جمع وتحليل بيانات التراث.
(2) توظيف الذكاء الاصطناعي للتعرف على الأنماط وتكرار التصميم.
(3) تجسيد الأفكار من خلال نماذج رقمية-فيزيائية هجينة، مما يعزز فهم الجماليات الإسلامية ومبادئها الإنشائية.

صورة (6) : مرحلة دراسة الميدان و رفع ابعادة و المبانى الخاصة بها و تحيليل البدائل وتقديم القترحات و تطويرها بمساعدة الذكاء الأصطناعى (زيارة موقع)

3-2-1- جمع البيانات وتحليل الذكاء الاصطناعى:

أجرى عدد (15 طالب) زيارات وعملاً ميدانياً (تصويرياً، وبحثاً أرشيفياً) لتوثيق الزخارف، والمشربيات، والمقرنصات من المساجد التاريخية (مثل مسجد السلطان حسن، وجامع ابن طولون).حلّلت أدوات الذكاء الاصطناعي (مثل تقنيات التعرّف على الأنماط القائمة على التعلم الآلي، والتصميم التوليدى للزخارف الهندسيه) الأنماط الهندسية، والنسب الهيكلية، والتسلسلات الهرمية المكانية.

صورة (7) : احدى محولات إعادة تخيل صحن المسجد بالذكاء الإصطناعى من خلال محرك جوجل جيميناى (Google Gemini)

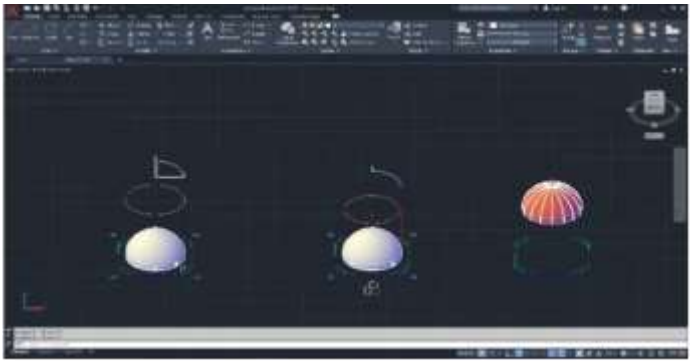
3-2-2- إعادة التصميم الحاسوبى:

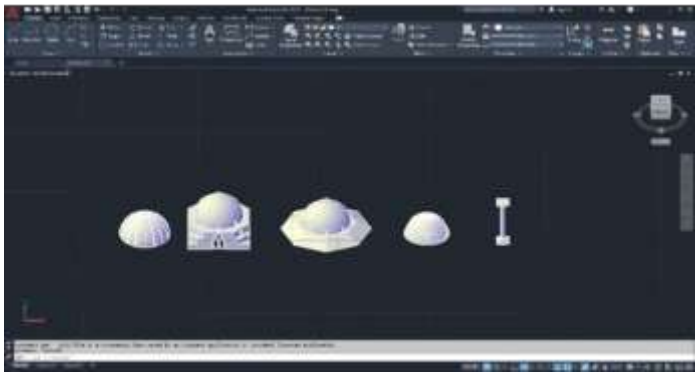
أثّرت الاقتراحات المُولّدة بالذكاء الاصطناعي في التعديلات البارامترية (مثل التحجيم، والتبليط) مع الحفاظ على الجوهر التاريخي.ولكن انتقد الطلاب مخرجات الذكاء الاصطناعي في ضوء القيود الثقافية والوظيفية والجماليات (مثل تغير الشكل في المشربيات، ومنطق تحمل الأحمال في المقرنصات).

3-2-3- التصنيع الرقمي وتقيم المنتج:

3-2-3-1- مرحلة التصميم:

النمذجة البارامترية: حوّل الطلاب الأنماط والمبادئ الهيكلية المُحللة بالذكاء الاصطناعي إلى نماذج بارامترية باستخدام برامج (مثل الأوتوكاد) مما يضمن التكيف مع قيود التصنيع.
تجزئة المكونات: فُككت العناصر المعقدة (مثل المقرنصات) إلى وحدات معيارية للطباعة ثلاثية الأبعاد، بينما حُسِّنت الزخارف المستوية (مثل شاشات الأرابيسك) للقطع بالليزر.





صورة (8) : مرحلة التصميم والتكوين الرقمى ورسم القطع بوسطه الأوتوكاد لعمل نموذج رقمى ثلاثى الابعاد و ثنائى الابعاد جاهز للطباعه الثلاثية و التقطيع بالليزر (صورة خلال ورشة عمل للأوتوكاد)

3-2-3-2- عملية التصنيع:الطباعة ثلاثية الأبعاد:

استُخدم للوحدات المعقدة والحجمية، مع اختبارات تكرارية لموازنة التفاصيل والاستقرار الهيكلي.
القطع بالليزر: استُخدمت ألواح الخشب للزخرفة ثنائية الأبعاد، مع تعديلات في الشقوق لمراعاة تفاوتات سمك المواد وتجميعها مع بعضها البعض .

3-2-3-3- النتيجة والتجميع:

تقييم النموذج الأولي: قورنت المكونات المصنعة بالأصلية التاريخية من خلال تراكبات التصوير الفوتوغرامتري والقياسات اليدوية لتقييم الدقة الهندسية.
التجميع المعياري: قام الطلاب بتجميع الوحدات في أنظمة متماسكة (مثل: أقبية المقرنصات المتشابكة، والمشربيات متعددة الطبقات)، واختبروا سلامة البناء والتأثيرات المكانية.

صورة (9) : شكل المنتجات النهائية للطلاب بعد التجميع (صورة للمخرجات النهائية لورشه العمل)

3-2-4- نتائج التجربة:

مراحل العمل	عدد الطلاب	تنظيم العمل	تقيم دقة التنفيذ من 10 درجات	مدة المرحلة
دقه رفع وأعادة تصميم المبنى رقمياً (معلجة بيانات)	15 طالب	ممتاز	9	عدد 1 يوم
دقة تصميم نموذج كل مجموعة (مدخلات)	15 طالب	ممتاز	9	عدد 5 ايام
دقة تنفيذ نموذج كل مجموعه (مخرجات)	15 طالب	ممتاز	10	عدد 3 ايام

سرّع التحليل المُعزّز بالذكاء الاصطناعي فكّ رموز القواعد الهندسية (مثل التناظر في الزخارف العربية)، ولكنه تطلّب إشرافًا بشريًا لضمان الدقة الثقافية.

3-2-4-الأستنتاجات والخلاصة من التجربة :

تُظهر التجربة كيف يُمكن لتحليل التراث بمساعدة الذكاء الاصطناعي والتصنيع الرقمي أن يُنعشا المناهج التربوية للعمارة الإسلامية.

ويمكن أن تُدمج التوسعات المستقبلية تقنية الواقع الافتراضي للتحليل الهيكلي الغامر، أو التدريب الجماعي باستخدام الذكاء الاصطناعي مع الحرفيين في المنطقة.

4- النتائج

4-1- نتائج التعلم: المهارات والكفاءات

من خلال دمج الذكاء الاصطناعي وأدوات التصنيع، يطور الطلاب عادةً مجموعة من المهارات المترابطة:-

-**الكفاءة التقنية:** الكفاءة في استخدام البرمجيات (مثل Rhino/Grasshopper، وFusion 360،AutoCAD) وادوات الذكاء الأصطناعى والآلات التصنيع الرقمى (مثل قواطع الليزر، والطابعات ثلاثية الأبعاد).

-**التفكير الحاسوبي:** القدرة على تحليل مشاكل التصميم المعقدة إلى خطوات خوارزمية وتقييم المخرجات نقديًا.

-**تكرار التصميم وحلقات التغذية التصميمة:** حيث يتطور التصميم من خلال الاختبار، وإدخال البيانات، والتغذية الراجعة من الآلة.

4-2- تحول التفكير التصميمي

يشجع تعريف الطلاب بالذكاء الاصطناعي على:
-استكشاف مسارات عمل التصميم الغير تقليدية، حيث يتزامن الإلهام والمحاكاة مع المراجعة الفائقة للبيانات وتوليد الافكار والمقترحت التصميمية.
-التفكير الاحتمالي، مع إدراك أن المخرجات قد تكون أحد الحلول العديدة الصالحة.
-التنقل بين التجريد والدقة، باستخدام الذكاء الاصطناعي لتوليد الأفكار والتصنيع لتأسيسها على منطق مادي.
-يعزز التصنيع الرقمي حل المشكلات العملي وتجسيد المفاهيم المجردة في الواقع المادي، مما يدفع الطلاب إلى التوفيق بين المُثل الرقمية والقيود المادية.

4-3- ممارسات التقييم وملاحظات الطلاب

تتطور معايير التقييم في الاستوديوهات المُدمجة بالذكاء الاصطناعي. غالبًا ما يُعطي المُدرِّسون الأولوية لما يلي:
-**العملية على المُنتج:** تقدير الحلول الغير تقليدية، والتأمل النقدي، ومواكبه العصر مع المحافظة على الأصالة.
-**الطلاقة بين التخصصات:** تقييم مدى دمج الطلاب للاعتبارات الرقمية والمكانية والمادية.
-**الوعي الأخلاقي والمفاهيمي:** بما في ذلك كيفية تساؤل الطلاب عن التأليف، والتحيز، والفاعلية في استخدام الذكاء الاصطناعي.

4-4- الملاحظات المقارنة

عند مقارنة الاستوديوهات المدمجة بالذكاء الاصطناعي/التصنيع الرقمي مع الاستوديوهات التقليدية، تشمل التحولات الملحوظة ما يلي:-
-تباين أكبر في نتائج التصميم بفضل العمليات التوليدية.
-انخراط مبكر في التصنيع كجزء من عملية التصميم، وليس مجرد تمثيل.
-تحسّن القدرة على التعبير عن غرض التصميم باستخدام اللغات البصرية والخوارزمية.
تشير هذه الاختلافات إلى أنه حتى في مستوى السنة الثانية، يمكن لأدوات الذكاء الاصطناعي والتصنيع أن تُعيد تشكيل المسار المعرفي والإبداعي لطلاب الهندسة المعمارية بشكل كبير.

4-5- القيود والمخاطر

على الرغم من المكاسب الملموسة، لا تزال هناك تحديات:-
- قد يُضعف الاعتماد المفرط على الذكاء الاصطناعي من أهمية التأليف النقدي إذا لم يُوازَن بأساس مفاهيمي قوي.
- قد يُصاب الطلاب بإرهاق الأدوات عندما يُركزون على تعلم البرمجيات أكثر من حل مشاكل التصميم.
- قد تُحدّ قيود التصنيع من التجريب إذا كان الوصول إلى المعدات غير متسق أو ضعيف الدعم.
- تُؤكد هذه المخاطر على الحاجة إلى التنفيذ المدروس والتكيف التعليمي المستمر.

4-6- إعادة تعريف دور استوديو الهندسة المعمارية

يظل الاستوديو جوهر التعليم المعماري، ولكنه سيشهد تحولاتٍ متعددة:-
- بيئات هجينة تجمع بين المختبرات المادية والافتراضية، المجهزة بأدوات تصميم مدعومة بالذكاء الاصطناعي وأجهزة تصنيع روبوتية.
- التركيز على عمليات التصميم التعاونية التي تتضمن الإبداع المشترك بين الإنسان والآلة.
- زيادة استخدام التوائم الرقمية وبيئات المحاكاة لاختبار التصاميم ديناميكيًا وتكراريًا.

4-7- تطوير أعضاء هيئة التدريس والدعم المؤسسي

يجب على المعلمين التكيف مع هذه التحولات التكنولوجية من خلال:-
- اكتساب مهارات جديدة في مجال الذكاء الاصطناعي، والتصميم الحاسوبي، والتصنيع الرقمي.
- قيادة نقاشات نقدية حول الآثار الأخلاقية والاجتماعية والبيئية للذكاء الاصطناعي في الهندسة المعمارية.
- الدعوة إلى استثمارات مؤسسية في البنية التحتية، بما في ذلك مختبرات التصنيع المتقدمة وموارد الحوسبة السحابية.
- ستحتاج الجامعات إلى إعادة النظر في أدوار أعضاء هيئة التدريس، وتشجيع التعيينات متعددة التخصصات، والتطوير المهني المستمر.

4-8- الاعتبارات الأخلاقية والتربية النقدية

مع تزايد تأثير الذكاء الاصطناعي، تبرز مسؤولية معالجة ما يلي:-
-التحيز والشفافية في حلول التصميم المُولّدة بواسطة الذكاء الاصطناعي.
-تأثير الأتمتة على ممارسات العمل في مجال العمارة والبناء.
-مسائل التأليف والإبداع والملكية الفكرية في التصميم المُعزّز آليًا.
- إن دمج هذه المواضيع في التعليم سيُهيئ الطلاب ليس فقط كممارسين ماهرين، بل كعناصر مسؤولة في مهنة متغيرة.

4-9- نحو تربويات ما بعد الرقمية

يتجاوز التعليم المعماري العصر الرقمي باعتباره ابتكارًا. أصبح الذكاء الاصطناعي والتصنيع جزءًا لا يتجزأ من كيفية تصور التصميم وتوصيله. يشير هذا التحول إلى: -
-استوديوهات هجينة حيث يكون التصنيع المادي والذكاء الآلي في حوار دائم.
- مناهج دراسية مرنة تتيح للطلاب التنقل بين البرمجة والحرف اليدوية وتطوير المفاهيم.
- محو الأمية الرقمية النقدية كمهارة أساسية - ليس فقط معرفة كيفية استخدام الأدوات، بل معرفة متى ولماذا.

4-10- توسيع النماذج متعددة التخصصات

ستعتمد الاستوديوهات المستقبلية بشكل متزايد على مجالات مثل:
-علوم الحاسوب (لتطوير نماذج الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات).
-علم المواد (لأساليب التصنيع التجريبية).
-علم الإدراك والأخلاق (لفهم التفاعل بين الإنسان والذكاء الاصطناعي).
يعزز هذا التكامل خريجين مرنين وقادرين على التكيف، قادرين على التعاون عبر التخصصات المختلفة ودفع عجلة الابتكار في كل من الممارسة والبحث.

4-11- المساواة وإمكانية الوصول والتغيير المؤسسي

من القضايا الحاسمة للمستقبل ضمان الوصول العادل إلى هذه التقنيات:-
-يجب على المؤسسات الاستثمار في مختبرات تصنيع سهلة الوصول وبدائل برمجيات مفتوحة المصدر.
-ينبغي أن تُعدّ برامج تطوير أعضاء هيئة التدريس المعلمين للتدريس في مختلف المجالات التكنولوجية والمفاهيمية.
- ينبغي على مخططي المناهج تجنب النهج الضيق القائم على "التكنولوجيا من أجل التكنولوجيا" وإعطاء الأولوية لبيئات التعلم الشاملة والنقدية.

5- التوصيات

استكشف هذا البحث الدور المتطور للذكاء الاصطناعي والتصنيع الرقمي في تعليم العمارة في المراحل المبكرة، وخاصةً ضمن مناهج السنة الثانية. وقد أثبت أن دمج هذه التقنيات لا يعزز المهارات التقنية فحسب، بل يُحدث أيضًا تحولًا في التفكير التصميمي، مُشجعًا على اتباع مناهج تكرارية، قائمة على البيانات، وواعية بالمواد وطرق البناء الحديثة و المبانى سريعة التركيب.

5-1- تُمكّن أدوات الذكاء الاصطناعي الطلاب من استكشاف مساحة تصميم أوسع من خلال عمليات توليدية وحسابية، مما يُوسّع آفاق الإبداع ليتجاوز الأساليب التقليدية،ويوفر التصنيع الرقمي تفاعلًا عمليًا، ويُرسّخ النماذج الحسابية المجردة في الواقع المادي، ويُحسّن فهم المواد والبناء، لذلك فسوف يعزز الأطر التعليمى التي تجمع بين هذه التقنيات التعلم متعدد التخصصات، والتفكير النقدي، وحل المشكلات التكيفي، مما يُهيئ الطلاب لتعقيدات الممارسة المعمارية المعاصرة.

5-2- على الرغم من هذه المزايا، فإن التحديات، كالمعوقات التقنية، وتكافؤ فرص الوصول، والمخاوف الأخلاقية، وخطر الاعتماد المفرط على الذكاء الاصطناعي، تتطلب اهتمامًا مستمرًا. لذلك يجب على المعلمين الموازنة بعناية بين الابتكار التكنولوجي والدقة المفاهيمية والشمولية.

5-3- ضرورة توفير المعامل الرقمية المجهزة فى الجامعات ومراكز الأبحاث لتمكين الطلاب والمدرسين من الحصول على فرصة التعلم والأستفادة بتكلفة اقل.

5-4- تشجيع نقابة المهندسين المصرية على توفير البرامج التعليمية وورش العمل لتطوير الخرجين ونشر الوعى التكنولوجى وتأكيد دور المهندس المعمارى فى العصر الحالى.

5-5- مع احتضان العمارة لمستقبل رقمي، يجب أن يتطور التعليم ليصبح ممارسة ديناميكية تأملية تُمكّن الطلاب من تسخير التكنولوجيا بوعي. إن دمج الذكاء الاصطناعي والتصنيع الرقمي في التعليم المبكر ليس مجرد مسألة اكتساب مهارات، بل هو نقلة نوعية تُعيد تعريف كيفية تصور المهندسين المعماريين للبيئة المبنية وإنشائها ومساهمتهم فيها.

- موقع الذكاء الاصطناعى المستخدم فى التجارب

1. https://www.promeai.com/blender
2. https://mnml.ai/
3. https://chatgpt.com/
4. https://gemini.google.com/
5. https://www.midjourney.com/

7- المراجع

Cudzik, J. and Radziszewski, K. (2018) Artificial intelligence aided architectural design. In: Proceedings of the 36th eCAADe Conference, Lodz, Poland, pp. 287-294. DOI: 10.52842/conf.ecaade.2018.1.287

Bosch-Sijtsema, P., Haapasalo, H., Lennartsson, M. and Pikkarainen, M. (2021) 'The hype factor of digital technologies in AEC', Construction Innovation, 21(4), pp. 899–916. DOI: 10.1108/CI-01-2020-0002

Haenlein, M. and Kaplan, A. (2019) 'A Brief History of Artificial Intelligence: On the Past, Present, and Future of Artificial Intelligence', California Management Review, 61(4), pp. 5–14. DOI: 10.1177/0008125619864925

Radwan, A.H. (2023) Artificial Intelligence, Approach, Concepts & Experimentations in Architecture. [Online] Beautiful.ai. Available at: https://www.beautiful.ai/player/-NhIODGX5ofHa6uLY5d7/BUC-AI-WORKSHOP-21102023 (Accessed: [20 June 2025]).

Li, Y., Fingrut, A. and Altun, S. (2024) Embedding systems platform Arduino and robotics into architectural education: A project-based approach combining computational design and digital fabrication. In: Proceedings of the 42nd eCAADe Conference

Cueva, L. (2024) 'Evolution of practice in undergraduate architecture education through institutional formations'. In: Proceedings of the International Conference on Contemporary Architecture and Urban Affairs (ICCAUA 2024).

Salazar Rodriguez, J.D., Joyce, S.C. and Julfendi, J. (2025) Investigating how GPT-based "AI personas" and prompting guides enhance architecture students' critical thinking and prompt-crafting abilities. [Online] ResearchGate.

Cudzik, J., Nyka, L., & Szczepański, J. (2024). Artificial intelligence in architectural education – green campus development research. Global Journal of Engineering Education, 26(1), 20–25.

Md Campo, M. (2024). Diffusions in Architecture: Artificial Intelligence and Image Generators (book).

كلية الفنون الجميلة
FACULTY OF FINE ARTS

MANSOURA UNIVERSITY
جامعة المنصورة

مجلة الفنون والعمارة

JOURNAL OF ART & ARCHITECTURE