التصميم التوليدي بتقنية الذكاء الاصطناعي كأداة لتطوير المشغولات المعدنية وتعزيز الاستدامة البيئية

إعداد

أ.م.د/ نهى حسين أحمد حسني فوده

أستاذ مساعد بقسم التربية الفنية

كلية التربية النوعية – جامعة المنصورة

مجلة بحوث التربية النوعية ـ جامعة المنصورة

عدد (٩٢) ـ مايو ٢٠٢٥

التصميم التوليدي بتقنية الذكاء الاصطناعي كأداة لتطوير المشغولات المعدنية وتعزيز الاستدامة البيئية

إعداد

أ.م.د/ نهى حسين أحمد حسني فوده *

الملخص

تتركز الدراسة حول دور تقنية الذكاء الاصطناعي في تحسين تصميم المشغولات المعدنية، موضحة كيفية استخدام التصميم التوليدي كأداة فعالة في هذا المجال. يسهم التصميم التوليدي في رفع جودة وكفاءة التصميمات عبر إنشاء نماذج مبتكرة تتماشى مع متطلبات الإبداع، مما يجعله أداة أساسية لتحسين التعبير الفني وبناء التفاصيل.

تبرز أهمية الذكاء الاصطناعي في تصميم الحلي المعدنية من خلال تطبيقه تقنيات التعلم الآلي والتحليل المتقدم لتحسين مراحل التصميم. ويدعم التصميم التوليدي الوصول إلى مستويات عالية من الدقة في تصميم مصنفات الحلي، مقدماً حلولاً تتفوق على العمليات التقليدية في تحسين خصائص ومظهر التصميم، والتحكم في المعالجات السطحية للخامات مع مراعاة الاستدامة البيئية.

كما تعزز الدراسة مهارات الطلاب في التصميم الرقمي وتدعم فهمهم لمبادئ الاستدامة البيئية، مما يقلل التأثير البيئي عبر تحسين كفاءة استخدام المواد. وتهدف إلى استعراض تطور استخدام الذكاء الاصطناعي في تصميم المشغولات المعدنية، وتسليط الضوء على إسهاماته في الابتكار، الجودة، والكفاءة.

يتناول البحث التحديات التى تواجه تصميم المشغولات لتحقيق الاستدامة، حيث تواجه الصناعة تحديات في كفاءة التصميم، وإدارة الموارد والنفايات. يسلط البحث الضوء على حلول جديدة تعتمد على التصميم التوليدي لتوظيف الذكاء الاصطناعي في تحسين الجودة وتقليل الأثر البيئي عبر كفاءة المواد وتقليل النفايات، بما يسهم في رفع جودة المشغولات وتطوير الجانب التربوي بتمكين الطلاب من مهارات رقمية وإبداعية .تهدف الدراسة إلى تقديم تحليل معمّق حول كيفية مساهمة التصميم التوليدي في دعم الاستدامة من خلال تحسين كفاءة استخدام المواد وتقليل الفاقد في عملية التصنيع. يُبرز البحث دور التقنيات الرقمية، بما في ذلك الذكاء الاصطناعي، في خلق حلول إبداعية ومستدامة، تتماشى مع متطلبات التوازن بين الجمال الوظيفي والحفاظ على البيئة. علاوة على ذلك، تُشير الدراسة إلى أهمية تطوير قدرات الطلاب في مجال تصميم الحُلي، ليس فقط من الناحية الإبداعية، بل أيضًا فيما يخص مهاراتهم التقنية، وذلك من خلال تمكينهم

* أستاذ مساعد بقسم التربية الفنية – كلية التربية النوعية - جامعة المنصورة

من توظيف الذكاء الاصطناعي في ابتكار تصميمات متميزة ومستدامة تُعبر عن هوية ثقافية حديثة، ترتكز على الطابع المصري المعاصر.

الكلمات المفتاحية: الذكاء الاصطناعي - التصميم التوليدي - تحسين جودة التصميم - المشغولات المعدنية - عمليات التصميم - الاستدامة البيئية - الابتكار - تحسين المُخرج التعليمي - الاستدامة البيئية.

مقدمة البحث:

شهد العالم في العقدين الماضيين ثورة هائلة في مجال الذكاء الاصطناعي AI وتطور بسرعة فائقة ليشمل جوانب متعددة من حياتنا اليومية والصناعية. وقد أثبت أنه قوة دافعة وراء الابتكار في العديد من المجالات. فأحدث الذكاء الاصطناعي تغييرات جذرية من خلال تحسين كفاءة التصميمات، دقة التنبؤ، واتخاذ القرارات. وفي هذا السياق، يبرز دور الذكاء الاصطناعي في مجال أشغال المعادن كأحد المجالات التي استفادت بشكل ملحوظ من هذه الثورة التكنولوجية. توفر تقنيات الذكاء الاصطناعي فرصًا غير مسبوقة لتحسين تصميم المشغولات المعدنية، مما يعزز قدرتها على تلبية متطلبات العملية الإبداعية للفنان. مع ازدياد تعقيد تصميم المشغولات المعدنية وتنامي الحاجة إلى وجود حلول مبتكرة وفعالة، أصبح الذكاء الاصطناعي أداة أساسية لتحسين جودة التعبير التصميمي ورفع كفاءته. من خلال قدرة التصميم التوليدي على استخدام الخوارزميات المعتمدة على الذكاء الاصطناعي لتوليد خيارات تصميمية متعددة. تتمثل أهمية الذكاء الاصطناعي في أشغال المعادن في قدرته على تطبيق تقنيات التحليل والتعلم الذاتي لتحسين مراحل التصميم. فعلى سبيل المثال، يمكن لتقنيات التعلم العميق تعزيز دقة النماذج التصميمية، وتقديم حلول مبتكرة للتحديات التقليدية في هذا المجال، مثل تحسين خصائص المواد، تطوير أساليب تصنيعية جديدة، وتعزيز الاستدامة البيئية. تعتمد عملية التصميم التوليدي على تقنيات الذكاء الاصطناعي، مثل التعلم العميق والشبكات العصبية، التي تساعد في محاكاة الخصائص المادية والمعنوية للمواد التى يمكن استخدامها فى المشغولات المعدنية، مما يسهم في تحسين الشكل والمظهر العام للمشغولة وتحقيق الاستدامة البيئية في المواد المستخدمة. كما تتيح هذه التقنيات إمكانية تعديل التصميمات بسرعة بناءً على نظام التغذية الراجعة، مما يساعد في تطوير تصميم المشغولات المعدنية بما يتلائم مع الاعتبارات الجمالية والوظيفية. يقدم البحث تحليلاً يوضح كيفية مساهمة هذه التقنيات في دعم العملية الابتكارية، تحسين الجودة، وزيادة كفاءة عمليات التصميم. وذلك بالكشف عن إمكانيات الذكاء الاصطناعي في هذا المجال، تسليط الضوء على كيفية الوصول إلى تصميمات متنوعة تحمل طابع مميز يتسم بدقة التفاصيل، وتعدد توظيف الخامات سواء معدنية او أحجار كريمة وغيرها. . .

مشكلة البحث :

تتمثل مشكلة البحث في التحديات المرتبطة بتصميم المشغولات المعدنية بما يدعم مفهوم الاستدامة البيئية في ظل الابتكارات التكنولوجية الحديثة. مجال المشغولات المعدنية يواجه تحديات

كبيرة تتعلق بكفاءة التصميم، استهلاك الموارد، وإدارة النفايات. بالرغم من وجود تقدم في تقنيات التشغيل، إلا إنه لا يزال وجود نقص في توظيف تقنية الذكاء الاصطناعي لتحسين عمليات التصميم بما يساهم في تحقيق الاستدامة البيئية بشكل ملموس. بالتالي، يحتاج مجال المعادن لتوظيف الذكاء الاصطناعي في تصميم المشغولات المعدنية لضمان تحقيق توازن بين الابتكار وكفاءة استخدام الموارد. ويمكن تحديد مشكلة البحث بطرح السؤال التالى: ما هي الأساليب الفعالة لتوظيف الذكاء الاصطناعي في تحسين تصميم المشغولات المعدنية وتعزيز الاستدامة البيئية، بالإضافة إلى إنه: كيف يمكن تحقيق التوازن بين الابتكار والقيم الجمالية والوظيفية لمشغولة الحُلى المعدنية؟

أهمية البحث:

- استخدام الذكاء الاصطناعي في تصميم المشغولات المعدنية يمكّن الطلاب من تطوير مهاراتهم الرقمية والإبداعية، فهم الاستدامة البيئية وطبيعة العلاقة بين الفن والتكنولوجيا.
- تحسين تصميم المشغولات المعدنية، مما يمكن أن يساهم في رفع مستوى الكفاءة وتحقيق التميز.

أهداف البحث:

- الكشف عن كيفية استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحسين كفاءة عمليات التصميم.
- كيفية دمج الذكاء الاصطناعي في التصميم لتقليل التأثير البيئي للخامات المعدنية.
- البحق عن إطار عمل منهجي لدراسة وتطبيق الذكاء الاصطناعي في تصميم المشغولات المعدنية، مع التركيز على الأساليب العملية لتحسين عمليات التصنيع وتعزيز الاستدامة.
- تحليل فاعلية تقنيات الذكاء الاصطناعي على جودة وكفاءة تصميم المشغولة المعدنية.

منهجية البحث: المنهج الوصفى التجريبى:

- الوصف: استخدم المنهج الوصفي لتقديم خلفية وتحليل لأساليب الذكاء الاصطناعي في تصميم المشغولات المعدنية، وتحديد التحديات والفرص الموجودة.
- التجريب : تطبيق المنهج التجريبي لاختبار وتقييم فعالية هذه الأساليب في ظروف عملية، مثل تصميم نماذج جديدة، وتجربة تحسين الأداء وكفاءة تصميم المشغولة المعدنية.

حدود البحث:

- التقنيات المستخدمة :يركز البحث على استخدام تقنيات محددة من الذكاء الاصطناعي، التصميم التوليدى، الشبكات العصبية القائمة على التحليل التنبؤي.
- يتم تطبيق البحث على تصميم المشغولات المعدنية المرتبطة بمجال الحُلي المعدني.
- الإطار الزمني : يعتمد الفكر التصميمى على الطابع المصري وصياغته بأسلوب معاصر.

فروض البحث:

- الذكاء الاصطناعي يمكن أن يحسن كفاءة تصميم المشغولة المعدنية بتقليل الأخطاء وزيادة كفاءة العملية الابتكارية.

- الذكاء الاصطناعي يمكن أن يساهم في تقليل الأثر البيئي الناتج عن إنتاج المشغولات المعدنية عبر تقليل النفايات والملوثات، مما يعزز الاستدامة البيئية.

مصطلحات البحث:

التصميم التوليدى: هو أسلوب تصميم يعتمد على استخدام الخوارزميات والنماذج الحاسوبية بسرعة كبيرة لإنشاء أشكال وهياكل جديدة بشكل تلقائي أو شبه تلقائي. يُستخدم هذا النوع من التصميم في مجالات متعددة، يقوم بإنشاء تصميمات مبتكرة بناءً على مجموعة من القيود المدخلة، استناداً إلى أهداف ومعايير محددة مسبقاً، مثل الشكل، الاتجاه، اللون، الوزن، التكلفة، يقوم البرنامج بتحليل خيارات التصميم ويختار الأنسب بناءً على المعايير المدخلة. كما أنه يدعم الابتكار ويعزز كفاءة التصنيع والاستدامة من خلال تقليل المواد المستخدمة وتوفير تصاميم مستدامة "[١].

تقنية الذكاء الاصطناعى: تشير إلى مجموعة من التقنيات والأنظمة التي تهدف إلى محاكاة الذكاء البشري باستخدام الحواسيب. تشمل هذه التقنيات تعلم الآلة، ومعالجة اللغة الطبيعية، والرؤية الحاسوبية، وغيرها، وتستخدم في تطبيقات متنوعة مثل المساعدات الذكية، وتحليل البيانات، وتحسين العمليات.

تصميم الحلى: "عملية تصميم الحُلي هو فن وعلم إنشاء قطع زخرفية تُرتدى، " يشير إلى العملية الإبداعية التي تجمع بين تقنيات فنية وتفاصيل دقيقة لتحويل مواد ثمينة، مثل المعادن والأحجار الكريمة، إلى قطع فنية للزينة. تتضمن تقنيات التصميم الشائعة التشكيل، والتصنيع بالقالب، والنقش، والتطعيم بالأحجار، مما يجعل الحُلي تعبيرًا عن الحرفية والثقافة، حيث يعكس تصميم كل قطعة حُلي العناصر الجمالية والأساليب الفنية التي تتماشى مع تراثها الثقافي " [٢]. " يهدف تصميم الحُلي إلى التعبير عن شخصية مرتديها وتحقيق التوازن بين الشكل، والجمال، والراحة، والقيمة الرمزية".[٣]

" الاستدامة البيئية: هي مفهوم يشير إلى الاستخدام المتوازن للموارد الطبيعية، بما يحافظ على البيئة. يهدف هذا المفهوم إلى حماية النظام البيئي وتحقيق التنمية الاقتصادية والاجتماعية دون المساس بالأجيال القادمة لتلبية احتياجاتها" [٤].

محاور البحث:

أولاً: الإطار النظرى:

١- النظريات والمفاهيم المرتبطة بتصميم المشغولات المعدنية باستخدام الذكاء الاصطناعي.

٢- نظرية عمل تقنية الذكاء الاصطناعى المستخدمة فى التصميم.

---

[1] Bentley, P., & Kumar, S. (1999): ***The Benefits of Generative Design, p69.***

[2] https://www.britannica.com/art/jewelry/Metalwork.

[3] Elizabeth Olver. (2018): The Art of Jewelry Design: Principles of Design, Rings & Earrings.

[4] Sivam Krish. (2011): "A Practical Generative Design Method". Londo.

٣- كيفية عمل التصميم التوليدي للحلي باستخدام الذكاء الاصطناعي.
٤- فوائد التصميم التوليدي لمشغولات الحلي باستخدام الذكاء الاصطناعي.
٥- معايير التعامل مع التصميم التوليدي فى مجال الحُلي المعدنية باستخدام الذكاء الاصطناعي:
٦- مبادئ الاستدامة البيئية وكيفية تطبيقها فى تصميم المشغولة المعدنية.
٧- دور الذكاء الاصطناعي في تحقيق الاستدامة البيئية للمشغولات المعدنية:
٨- تحسين الكفاءة التشغيلية- تقليل الفاقد من الخامات - دعم الابتكار في التصميم.
٩- خطوات التعامل مع التصميم التوليدي للحُلي باستخدام الذكاء الاصطناعى.
١٠- البرامج المستخدمة فى تطوير التصميم بالذكاء الاصطناعى.
١١- دور الفنان فى استخدامه لتقنية التصميم بالذكاء الاصطناعى .
١٢- نظم التحكم فى تطبيق المعايير الجمالية والوظيفية لتصميم المشغولة المعدنية.
١٣- أهمية ترتيب الأولويات البيانات المستخدمة فى تصميم الحُلى:
١٤- كيفية ترتيب أولويات البيانات في تصميم الحلي - تأثير ترتيب الأولويات على نتائج التصميم.
١٥- تقليل معدل الفاقد من خلال عملية التصميم.
١٦- الاعتبارات الواجب توافرها عند إدخال البيانات.

ثانياً: الإطار التطبيقى :

تقديم عدد من التجارب التصميمية تشمل مصنفات متنوعة من مشغولات الحُلى المعدنية (خاتم، رقبيات، صدريات، أساور منطقة المعصم) يتم تطبيقها على نظام التصميم التوليدى.

١- جمع البيانات من العمليات التجريبية وتحليلها. يتضمن ذلك تقييم أداء التصميمات من حيث الكفاءة والاستخدام الأمثل للمواد، وتأثيرها البيئي.
٢- تحليل نتائج التجارب. مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها من النماذج المدعومة بالذكاء الاصطناعي مع التصاميم التقليدية لتحديد الفوائد المحتملة في الكفاءة والاستدامة.

ثالثاً: نتائج البحث، التوصيات، المراجع:

أولاً: الاطار النظرى:

١- النظريات والمفاهيم المرتبطة بتصميم المشغولات المعدنية باستخدام الذكاء الاصطناعي:

- نظرية الأنظمة المعرفية:(Cognitive Systems Theory) تعتمد على فكرة محاكاة عمليات التفكير البشري في حل المشكلات واتخاذ القرارات. في تصميم المشغولات المعدنية، يمكن استخدام الأنظمة المعرفية لتحليل البيانات الكبيرة المعقدة وتوليد تصميمات مبتكرة بناءً على مجموعة من المعايير المحددة مسبقًا.

- تعلم الآلة:(Machine Learning) تعلم الآلة هو فرع من الذكاء الاصطناعي يسمح للأنظمة بتعلم الأنماط من البيانات وتحسين أدائها بمرور الوقت. في تصميم المشغولات المعدنية، يمكن استخدام تعلم الآلة لتحليل تصاميم سابقة والتنبؤ بأفضل تصميمات ممكنة اعتمادًا على مجموعة من المتغيرات مثل الأبعاد، المتانة، الوزن.
- الشبكات العصبية الاصطناعي:(Artificial Neural Networks) تحاكي الشبكات طريقة عمل العقل البشري في معالجة المعلومات. في مجال التصميم الصناعي، يمكن للشبكات العصبية تحليل البيانات المعقدة لتحديد الأنماط غير الظاهرة وتقديم حلول تصميمية مبتكرة.
- التحسين الحسابي:يشير إلى استخدام الخوارزميات لتحسين التصميمات وفقًا لأهداف ومعايير. في التصميم المشغولة المعدنية، يمكن أن يشمل تحسين استخدام المواد وتقليل الفاقد أو تحسين تماسك المشغولة المعدنية.

٢- أهمية الذكاء الاصطناعي في التصميم:

أصبح الذكاء الاصطناعي(AI) أداة قوية تدعم الابتكار وتساهم في تحسين كفاءة المشغولة المعدنية ويرفع من جودتها. " وتظهر أهمية الذكاء الاصطناعي في التصميم من خلال النقاط التالية:

- تحسين الكفاءة والدقة: يعمل الذكاء الاصطناعي على أتمتة العديد من المهام الروتينية في التصميم، مما يتيح للمصممين توفير الوقت والجهد، كما يمكن للخوارزميات الذكية تحليل البيانات بسرعة ودقة عالية، وتقديم حلول تصميمية فعالة تقلل من الأخطاء البشرية" [١]
- الإبداع والابتكار: يمنح المصممين القدرة على إيجاد أفكار جديدة غير تقليدية من خلال تقنيات التعلم العميق التي تستطيع توليد أنماط تصميمية مبتكرة وأكثر جرأة ويمكنه التنبؤ بالنتائج
- تحليل البيانات واتخاذ القرارات: يوفر أدوات قوية لتحليل البيانات الضخمة المتعلقة بتفضيلات المستخدمين، السوق، أو الأداء السابق للمنتجات، مما يساعد المصممين على اتخاذ قرارات مدروسة تستند إلى بيانات دقيقة. ويمكن تحليل أنماط الأداء لتحسين الأداء الوظيفي للتصميم.
- التخصيص والتفاعل مع المستخدم: مثل التعلم الآلي والتصميم التوليدي أن تسمح بتخصيص التصميمات حسب احتياجات العملاء وتفضيلاتهم الفردية، مما يعزز رضا العملاء ويزيد من قيمة المنتج النهائي. ويساعد في تكييف التصميمات بسرعة وفقاً لمتغيرات ومتطلبات السوق" [٢] .

[1] Gary William Flake. (2011): ***The Computational Beauty of Nature***. *MIT Press.*
[2] Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016): ***Deep Learning***. MIT Press.

- محاكاة واختبار التصميمات: يسمح بمحاكاة التصاميم في بيئات افتراضية لاختبارها تحت ظروف مختلفة قبل الإنتاج الفعلي، مما يقلل من التكلفة. تقدم تقنيات الذكاء الاصطناعي قدرة غير مسبوقة.على التنبؤ بأداء التصميم في العالم الواقعي، مثل التنبؤ بالتحمل والاستدامة قبل عمليات التنفيذ .
- التكامل بين التصميم والاستدامة البيئية: يقوم بدور رئيسي في تحسين استخدام المواد وتقليل الفاقد والنفايات. ويمكن أن يحلل تأثير التصميمات على البيئة ويقترح حلولًا أكثر استدامة.

٣- نظرية عمل تقنية الذكاء الاصطناعى المستخدمة فى التصميم:

تعتمد عمل النظرية على عدة مبادئ تهدف إلى تمكين الأنظمة الذكية من محاكاة العمليات الإبداعية والابتكارية التي يقوم بها المصمم. حيث يعمل الذكاء الاصطناعي على تحليل البيانات، تعلم الأنماط، وتوليد محتوى جديد أو اقتراحات تصميمية

استنادًا إلى خوارزميات التعلم الآلي. فيما يلي توضيح لنظرية عمل هذه التقنية في مجال التصميم:

- **التعلم العميق(Deep Learning)** : يعتمد على بناء شبكات عصبية اصطناعية تتكون من عدة طبقات. هذه الشبكات تكون كميات ضخمة من البيانات مثل الصور أو التصميمات السابقة، وتساعد على استخراج أنماط وسمات بصرية يمكن استخدامها لتوليد أو تعديل التصاميم. ومن الأمثلة المستخدمة في التصميم تطبيق Deep Art وفيه تحول الصور إلى أعمال فنية. كما يستخدم لتعديل الصور وتوليد تأثيرات فنية متنوعة وفق مايريده المصمم.
- **التعلم الآلي(Machine Learning)** : يعتمد على تدريب الأنظمة باستخدام بيانات تصميم سابقة. الأنظمة تتعلم من هذه البيانات وتحللها لاكتشاف الأنماط المتكررة، وتستخدمها لتوليد تصميمات جديدة، تقدم اقتراحات لتحسين التصميمات. ويستخدم فى التصميم برامج مثل Adobe Sensei، كما يساعد التعلم الآلي في تحسين الألوان بناءً على تحليل الصور والتصميمات السابقة. Canva .
- **التحليل التوليدي(Generative Design)** : يعتمد على خوارزميات الذكاء الاصطناعي التي تولد حلول تصميمية متعددة بناءً على مجموعة من المعايير المحددة. يتم ضبط المعايير كأبعاد التصميم، المواد المستخدمة، أو الأهداف الوظيفية، ويقوم الذكاء الاصطناعي بتوليد آلاف الاحتمالات لاختيار الأفضل منها وهذ النوع من التطبيق يستخدم فى الدراسة الحالية نظراً لتطابق وتوافق عملياته ونتائجه وفقاً لطبيعة مجال مشغولات الحلى المعدنية .ومن أمثلة البرامج التى يمكن تطبيقها في تصميم المشغولات المعدنية Autodesk's Generative design : حيث يساعد المصممين على إنشاء أفكار تصميمية متنوعة وإيجاد حلول متعددة لتصميم معين بناءً على معايير مدخلة، مثل: الوزن، القوة، والتكلفة، ثم يتم اختبار الحلول المطروحة لتحديد الأنسب منها فى ضوء القيود والمواصفات المطلوبة. كما يوجد برنامج Jewel CAD فهو متخصص في تصميم المجوهرات ويعتمد على تقنية الذكاء الاصطناعي لتقديم حلول تصميمية مبتكرة. تمثل هذه التقنية المستخدمة فى تصميم الحلي

باستخدام الذكاء الاصطناعى طفرة حقيقية تدعم مجال المشغولات المعدنية وتثرى عمليات التصميم وتمنحه أبعاداً جمالية وفنية متميزة ، حيث يتيح للمصممين إنتاج تصاميم جديدة بكفاءة عالية وبتخصيص، مما يوفر المزيد من الخيارات الإبداعية وتلبية للميول الذوقية المتنوعة. هو عملية إبداعية تعتمد على الخوارزميات والتعلم الآلي لتوليد تصاميم جديدة للحُلي بناءً على معايير معينة، حيث يمكن للنظام إنشاء أعداد كبيرة من التصاميم المقترحة بناءً على المدخلات التي يحددها المصمم مثل المواد، الأشكال، الوزن، والأنماط المطلوبة، الاتجاه، الألوان...

٤- كيفية عمل التصميم التوليدي للحُلي باستخدام الذكاء الاصطناعي:

- مدخلات التصميم: يبدأ المصمم بإدخال مجموعة من المعايير أو الشروط التصميمية .
- يقوم الذكاء الاصطناعي بتوليد مجموعة واسعة من التصاميم الممكنة باستخدام خوارزميات التوليد التلقائي. يستخدام النظام المعرفة المسبقة ويبحث عن حلول جديدة تجمع بين الأشكال المبتكرة المحققة للجوانب الجمالية والوظيفية. تعتمد الخوارزميات على تقنيات التصميم المعتمد على الأشكال ، يتم تحسين التصميم وفقاً لقيود مدخلات البيانات.
- بعد توليد الحلول، يمكن للمصمم الإطلاع على النتائج واختيار التصميم الأنسب منها.
- يمكن تعديل التصميمات التوليدية بسهولة مثل تغيير الأبعاد أو المواد أو إضافة تفاصيل.
- يمكن بعد اختيار التصميم النهائي استخدام تقنيات مثل الطباعة ثلاثية الأبعاد لإنشاء نماذج أولية للحُلى قبل الإنتاج النهائي، مما يسمح بتقييم التصميم بصريًا قبل تنفيذه.

١- معايير التعامل مع التصميم التوليدي فى مجال الحُلي المعدنية باستخدام الذكاء الاصطناعي:

- التوافق مع أهداف التصميم :يجب أن تكون التصاميم المستخرجة من هذه التقنية متوافقة مع أهداف ومواصفات التصميم الأساسية، مثل الشكل، والوظيفة، والرسالة الجمالية، لضمان تلبية احتياجات المصمم.
- الابتكار والإبداع :يعتمد التصميم التوليدي على إنشاء أفكار مبتكرة، ويشجع المصمم على استكشاف أشكال وأفكار غير تقليدية. لذا، يجب الحرص على اختيار خوارزميات وبرمجيات تتيح مجالاً للإبداع والابتكار دون أن تقتصر على أنماط مكررة.
- تحليل المواد والخامات : يراعى المصمم عند التعامل مع النظام التوليدى خصائص المواد المستخدمة، مثل المتانة والوزن والملمس، ليقدم تصميمات قابلة للتنفيذ وتتناسب مع إمكانيات المواد المتاحة.
- مراعاة الاستدامة :يُفضل أن تسهم التصميمات التوليدية في تقليل الهدر واستخدام المواد بطريقة فعّالة، مما يدعم مفهوم الاستدامة البيئية.
- إمكانية التعديل والتخصيص :ينبغي أن يكون النظام التوليدي مرناً يمكن المصمم تعديل التفاصيل الدقيقة، مثل الزخارف أو الأبعاد، لتناسب مع مضمون التصميم النهائي المطلوب.

- التوافق مع عملية التصنيع: يجب أن يأخذ المصمم في الاعتبار عملية التصنيع التي سيتم اتباعها، سواء كانت باستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد أو الطرق التقليدية، وذلك لتجنب تصاميم يصعب تنفيذها عملياً.
- التجربة والتحسين المستمر :من المهم استخدام التغذية الراجعة لتقييم التصاميم التوليدية وتحسين النظام وفقاً للنتائج، مما يعزز كفاءة الذكاء الاصطناعي في إنتاج تصاميم عالية الجودة.
- دعم الهوية الثقافية :يفضل توظيف الذكاء الاصطناعي في تصميمات تحمل الطابع الثقافي أو الفني للبلد المستهدف، مثل الهوية المصرية المعاصرة، لتعزيز الجوانب الثقافية في الحُلي.
- التكامل بين الفن والتكنولوجيا :ينبغي أن تعكس التصاميم التوليدية توازناً بين الجانب الفني والتقني، مما يتيح تقديم حُلي ذات جودة فنية وتقنية مرتفعة.

تساعد هذه المعايير في ضمان تحقيق تصميمات توليدية لمصنفات الحُلي تكون إبداعية ومستدامة وقابلة للتنفيذ، مما يسهم في دعم المصمم والعملية التشغيلية على حد سواء.

٦- فوائد التصميم التوليدي لمشغولات الحُلي باستخدام الذكاء الاصطناعي:

- الابتكار السريع :يتيح ابتكار تصاميم جديدة بسرعة كبيرة، مقارنة بعملية التصميم التقليدية.
- تخصيص التصاميم :يمكن للمصمم تخصيص الحُلي بسهولة وفقاً لتفضيلاته الشخصية.
- زيادة الكفاءة :تقليل الوقت والجهد اللازمين لتطوير تصميم جديد.
- قادر على تقديم تصميمات إبداعية تتجاوز ما قد يفكر فيه الإنسان وحده.
- يمكن تحليل عناصر التصميم الأكثر نجاحًا واقتراح تحسينات له.

٧- مبادئ الاستدامة البيئية وكيفية تطبيقها فى تصميم المشغولة المعدنية:

- مبدأ تقليل التأثير البيئي: يشير إلى ضرورة تقليل الآثار السلبية للأنشطة الصناعية على البيئة. في تصميم المشغولات المعدنية، يمكن تحقيق ذلك من خلال تحسين كفاءة استخدام المواد الخام، تقليل استهلاك الطاقة، واختيار مواد قابلة لإعادة التدوير.
- مبدأ الاقتصاد في الموارد: يهدف إلى استخدام الموارد الطبيعية بطريقة أكثر فعالية وكفاءة. يمكن تطبيق هذا المبدأ في تصميم المشغولات المعدنية عن طريق استخدام الذكاء الاصطناعي لتحليل العمليات واختيار التصميمات التي تستهلك أقل كمية من الموارد مع تحقيق الأداء المطلوب.
- يمكن تحسين التصميم بالتنبؤ بالتأثيرات البيئية واختيار الحلول التي تقلل من الأثر البيئي.
- يهدف لتقليل النفايات والانبعاثات الضارة أثناء عملية الإنتاج. يتحقق ذلك في تصميم المشغولات المعدنية باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحسين العمليات التي تنتج أقل كمية من النفايات.

- يركز على إبقاء المواد في استخدام دائم بقدر الإمكان من خلال إعادة التدوير وإعادة الاستخدام.
- تطبيق المبادئ في تصميم المشغولة المعدنية:
- استخدام أدوات AI لتحليل بيانات دورة الحياة لتحديد التصميم الذى يقلل من النفايات.
- تصميم مشغولات معدنية عالية الجودة: باستخدام الخوارزميات الجينية لتحسين المتانة .
- تستخدم الشبكات العصبية لتحليل خصائص المواد واختيار ما يلبي معايير الاستدامة البيئية.

٨- دور الذكاء الاصطناعي في تحقيق الاستدامة البيئية للمشغولات المعدنية:

تزايد الاهتمام بمفاهيم الاستدامة في كافة عمليات التصميم وما يفيد العملية التعليمية فى تصميم المشغولة المعدنية، يمثل خطوة هامة نحو تحقيق أهداف التنمية المستدامة. وفيه يلعب الذكاء الاصطناعي دورًا محوريًا في تحسين استدامة المشغولات المعدنية من خلال مجموعة متنوعة من التطبيقات والتقنيات. وسنتناول كيف يمكن للذكاء الاصطناعي تعزيز استدامة المشغولة المعدنية من خلال ثلاثة محاور:

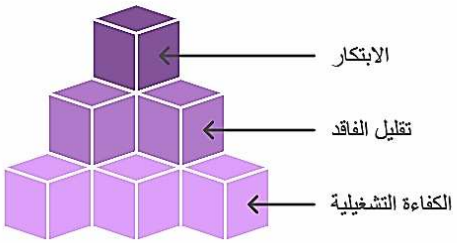
أ- **تحسين الكفاءة التشغيلية:** تعد الكفاءة التشغيلية عاملاً حاسمًا في تحقيق الاستدامة في المشغولات المعدنية. يمكن تحسين الكفاءة التشغيلية من خلال:

- تحليل البيانات الكبيرة :استخدام الذكاء الاصطناعي لتحليل كميات ضخمة من البيانات المتعلقة بعمليات التنفيذ، مما يساعد في تحديد الأنماط وتحسين عمليات التشغيل. يمكن أن يتضمن ذلك تحليل أداء المعدات، تتبع جودة المواد.
- تحسين عمليات التشغيل باستخدام الخوارزميات الذكية لتقليل استهلاك المواد المستخدمة.

ب- **تقليل الفاقد من الخامات:** هو عنصر أساسي لتحقيق الاستدامة. من خلال:

- تحسين تصميم المشغولات المعدنية : يتم تقليل الفاقد الناتج عن عمليات النشر والقطع والتشكيل. ويشمل تقنيات مثل "التصميم التوليدي الذي يولد نماذج تصميمية فعالة من المواد.
- تحليل البيانات لتحديد كيف يمكن استخدام الموارد بشكل أكثر فعالية، يقلل من النفايات ويساهم في تحقيق أهداف الاستدامة.
- إعادة التدوير :تطوير أنظمة ذكية لإدارة وإعادة تدوير المواد المعدنية المستعملة، مما يعزز من استدامة دورة حياة المنتج ويقلل من التأثير البيئي" [1].

[1] هشام الخالدى. (٢٠٢٣): **تقليل الفاقد**. دار الفجر العربى للنشر والتوزيع، الاردن.



الشكل رقم (١) – محاور دعم الذكاء الاصطناعى لتعزيز الاستدامة للمشغولة المعدنية - تصميم الباحث

ت- دعم الابتكار في التصميم: الابتكار في التصميم له دور كبير في تحقيق الاستدامة من خلال :

- التصميم المستدام :تطبيق الذكاء الاصطناعي لتطوير تصاميم مبتكرة تركز على تقليل استخدام المواد وتحسين كفاءة الأداء. استخدام النمذجة الثلاثية الأبعاد والواقع المعزز لتحسين التصميم.
- البحث والتطوير :تسريع عمليات البحث والتطوير لتصميم مواد معدنية جديدة تكون أكثر استدامة من حيث الأداء البيئي. يمكن للذكاء الاصطناعي أن يلعب دورًا في تحليل الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمواد لتحديد البدائل الأكثر استدامة.
- يمكن للطلاب محاكاة التصميمات في بيئات افتراضية لاختبار تأثيرها البيئي قبل تنفيذها، مما يتيح تعديل التصميمات لتحقيق أهداف الاستدامة ويقلل من التكلفة. ويساعد فى إنتاج أعمال صديقة للبيئة، كما يسهم في إثراء العملية الإبداعية بتقديم تصورات جديدة لاستخدام الخامات المعدنية بطرق مستدامة، وتشجيع الطلاب على التفكير الابتكارى في التصميم.
- يتطلب تطوير المناهج التعليمية التركيز على مبادئ الاستدامة في التصميم، وتعليم الطلاب كيفية استخدام الموارد بطرق مستدامة. كما يمكن تقديم برامج تدريبية تفاعلية تعتمد على تحليل البيانات البيئية، مما يساعد على فهم الاستدامة وتطبيقها.
- يساعد AI الطلاب في تحليل تأثير المواد والتصميم على البيئة من خلال تقييم دورة حياة المشغولات، مما يساعدهم من اتخاذ قرارات سليمة عند اختيار المواد.
- يسهم AI في تعليم الطلاب كيفية تصميم مشغولات فنية بطرق تقلل الهدر في المواد والطاقة K وتوجههم نحو استخدام المواد المعاد تدويرها بشكل فعال في تصميم المشغولات المعدنية.

٩- خطوات التعامل مع التصميم التوليدي للحُلي باستخدام الذكاء الاصطناعى:

التصميم التوليدي باستخدام الذكاء الاصطناعي يمثل طفرة في مجال تصميم الحُلي، حيث يتيح للمصممين إنتاج تصاميم جديدة وفريدة بكفاءة عالية وبتخصيص عالٍ، مما يوفر المزيد من الخيارات الإبداعية وتلبية رغبات المصمم . هو عملية إبداعية تعتمد على الخوارزميات والتعلم الآلي لتوليد تصاميم جديدة للحُلي بناءً على معايير معينة، فيمكن إنشاء أعداد كبيرة من التصاميم بناءً على المدخلات التي يحددها المصمم مثل المواد، الأشكال، الوزن، والأنماط المطلوبة،

الاتجاه، الألوان... وفيما يلى كيفية عمل التصميم التوليدي للحُلي باستخدام الذكاء الاصطناعي:

- مدخلات التصميم: يبدأ المصمم بإدخال مجموعة من المعايير أو الشروط التصميمية التي تشمل الأبعاد، المواد، الحجم، الألوان، والأنماط. يمكن أن تشمل المدخلات أيضًا خصائص مثل الوزن المرغوب، نوع المعدن أو الحجر المستخدم، وكذلك حدود ميزانية المشغولة المعدنية المطلوبة.
- توليد الحلول التصميمية: " يقوم الذكاء الاصطناعي بتوليد مجموعة واسعة من التصاميم الممكنة باستخدام خوارزميات التوليد التلقائي. النظام يستخدم المعرفة المسبقة من التصميمات السابقة ويبحث عن حلول جديدة تجمع بين الابتكار والجمال الوظيفي"[1]. قد تعتمد الخوارزميات على تقنيات مثل التصميم المعتمد على الأشكال.(Shape Optimization) .
- اختيار التصميم الأمثل: بعد توليد العديد من الحلول، يمكن للمصمم أو العميل تصفح النتائج واختيار التصميم الأنسب بناءً على مزيج من الجماليات والوظائف. كما أن تقنية (AI) قادرة على تقديم اقتراحات تعتمد على بيانات سابقة .
- تعديل التصميمات بسهولة، مثل تغيير الأبعاد أو المواد أو إضافة بعض التفاصيل.
- بعد اختيار التصميم النهائي، يمكن استخدام تقنيات مثل الطباعة ثلاثية الأبعاد لإنشاء نماذج أولية للمجوهرات قبل الإنتاج النهائي، مما يسمح بتقييم التصميم بصريًا وتجريبيًا قبل التنفيذ.

١٠- التحكم فى ضبط جودة تصميم المشغولة المعدنية باستخدام الذكاء الاصطناعى:

يمكن تحسين تصميم المشغولة المعدنية من خلال تحليل البيانات، المحاكاة الافتراضية، المراقبة المستمرة، والتعلم الآلي، مما يضمن مطابقة التصميمات لأعلى معايير الجودة. وفيما يلى الخطوات التي تساعد على تحسين الأداء وتلبية المعايير المطلوبة:

- **تحليل البيانات وتحديد المعايير:** تحديد معايير محددة: الدقة، القوة، المتانة، وكفاءة استخدام المواد. لضمان جودتها. النماذج السابقة لتحديد الاتجاهات وتحسين القرارات المتعلقة بالجودة.
- **التصميم التوليدي وتحسين النموذج:** يمكن توليد العديد من التصميمات المختلفة بناءً على المعايير المدخلة، ثم تحليل كل تصميم بناءً على مقاييس الجودة. يتم اختيار أفضل التصميمات التي تتوافق مع المعايير المحددة .بعد توليد التصميمات، يمكن اختبار أدائها عبر محاكاة افتراضية.
- **المراقبة المستمرة والتغذية الراجعة:** يمكن ربط عملية التصميم بنظام مراقبة جودة مستمر. كما يقدم تغذية راجعة عند حدوث تغيير في معايير الجودة، مما يسهم فى إجراء التعديلات في التصميم.
- **التعلم الآلي وتحسين العمليات:** يمكن استخدام تعلم الآلة لتحليل نتائج التصميمات السابقة وفهم العوامل التي أدت إلى تحسين الجودة أو ضعفها. هذا التحليل يساعد في تحسين العمليات

[1] - الجندي، سامى" الذكاء الاصطناعي والاستدامة في الصناعة." المجلة المصرية للتكنولوجيا، ٢٠١٩.

المستقبلية وتجنب الأخطاء. استخدام تقنيات التحليل التنبؤي للتنبؤ بالمشكلات المحتملة في التصميمات المستقبلية، مما يساعد في اتخاذ إجراءات استباقية لضمان الجودة.

- **التحكم في التنفيذ:** يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي للتحكم في عمليات التنفيذ، كضبط عملية القص أو التشكيل.
- **التجارب الافتراضية:** عمل محاكاة للتصميم في بيئات افتراضية، وفحص جميع جوانب التصميم.
- **تقارير أداء وتقييم مستمر:** يمكن أن تولد تقارير تلقائية لتقيّم أداء التصميم وتحديد مدى التوافق مع معايير الجودة. تحليل البيانات والتقارير السابقة يساعد في تحسين جودة التصاميم المستقبلية.

١١- البرامج المستخدمة فى تطوير التصميم بالذكاء الاصطناعى:

توجد العديد من التطبيقات القائمة على (AI) التي تقدم حلولًا مبتكرة لتحسين التصميم بطرق تفاعلية. تعتمد هذه البرامج بشكل أساسى على تقنيات التعلم العميق والشبكات العصبية، مما يتيح مجموعة أدوات فعالة ترفع من كفاءة أداء المصممين وتسهم في تحسين جودة الأعمال الإبداعية بشيء من المرونة. كما تتفرد بعض هذه التطبيقات والبرامج بتوليد تصميمات فنية مبتكرة من خلال تحليل الصور، مما يمكّن من إنتاج مشغولات متميزة تدعم عمليات التنفيذ وتنمى الطاقات الابداعية للطلاب.

م	البرامج	الوصف	الاستخدام	الرابط
١	DeepArt.io	تحويل الصور إلى أعمال فنية بأسلوب الفنانين الكلاسيكيين	تطبيق أنماط فنية متنوعة على الصور لتوليد أشكال متنوعة.	deepart.io
٢	Artbreeder	دمج وتوليد صور جديدة باستخدام الذكاء الاصطناعي	إنشاء شخصيات، مناظر طبيعية، من خلال مزج خصائص الصور	artbreeder.com
٣	Runway ML	أدوات قوية لإنشاء وتعديل الصور .	إنشاء وتعديل الصور ثلاثية الأبعاد	runwayml.com
٤	Deep Dream Generator	إنشاء تأثيرات بصرية تشبه الأحلام باستخدام الذكاء الاصطناعي	تحويل الصور إلى تصاميم إبداعية غير تقليدية	deepdreamgenerator.com
٥	Fotor	منصة لتحرير الصور باستخدام الذكاء الاصطناعي	تحسين الصور، تطبيق تأثيرات فنية، وإنشاء تصميمات بقوالب	fotor.com
٦	Let's Enhance	تحسين جودة الصور وتكبيرها دون فقدان الجودة باستخدام AI	تحسين الصور القديمة أو ذات الجودة المنخفضة	letsenhance.io
٧	DALL·E Mini	تحويل النصوص إلى صور باستخدام نموذج مبني على DALL·E	إنشاء تصميمات جديدة بناءً على الوصف النصي	huggingface.co
٨	Canva	أداة تصميم مشهورة بمزايا AI.	إنشاء تصميمات وتحسين الصور .	canva.com
٩	Prisma	تحويل الصور إلى أعمال فنية مستوحاة من أنماط فنية مختلفة	تحويل الصور إلى لوحات فنية باستخدام فلاتر مختلفة	prisma-ai.com
١٠	Remove.bg	إزالة الخلفية من الصور	تعديل الصور وإنشاء تصميمات شفافة	remove.bg
11	copilot	أداة لتحسين جودة وكفاءة التصميمات	يحول الوصف إلى كود أكثر كفاءة .	copilot.github.com
12	Designify	تحرير وتحسين الصور والتصميمات تلقائيًا باستخدام الذكاء الاصطناعي	تحسين التصميمات بسرعة وسهولة	designify.com

١٢- دور الفنان فى استخدامه لتقنية التصميم بالذكاء الاصطناعى :

عند استخدام تقنية الذكاء الاصطناعي في التصميم، يلعب الفنان دورًا حيويًا في الحفاظ على الحس البشري والتغلب على عيوب التكنولوجيا. بعض الأدوار التي يقوم بها الفنان لتحقيق ذلك تشمل:

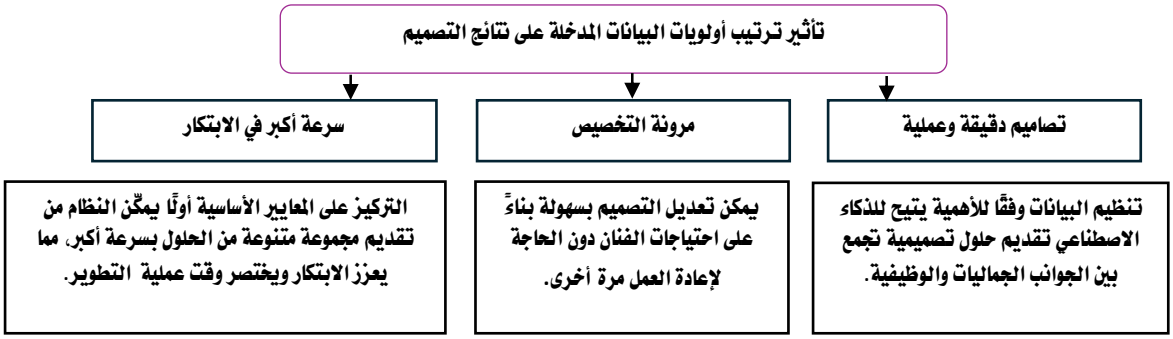
- التوجيه الإبداع : "يعتمد الذكاء الاصطناعي على البيانات والخوارزميات التي قد تفتقر إلى الحس الفني العميق. هنا يأتي دور الفنان في توجيه الآلة نحو مسار إبداعي من خلال تحديد حدود وخصائص التصميم التي تعبر عن لمسة شخصية وفنية فريدة. الفنان يحدد معايير مثل الألوان، الأنماط، والخطوط العامة التي تتناسب مع رؤيته الفنية" [1].
- التصحيح اليدوي للتفاصيل :بعد أن يقوم الذكاء الاصطناعي بإنشاء التصاميم الأولية، يتدخل الفنان لإجراء التعديلات اللازمة يدويًا على التفاصيل التي تحتاج إلى دقة أكبر، خاصة في تصميم الحُلي الذي يتطلب تفاصيل دقيقة.
- إضافة الطابع الإنساني :الذكاء الاصطناعي قد ينتج تصاميم ذات طابع مكرر نتيجة اعتماده على البيانات السابقة. للفنان دورًا في إدخال طابع إنساني في التصميم، مما يجعله أكثر تميزًا وتفاعلاً مع المتلقي.
- إدارة المدخلات : بالتحكم في البيانات التي يتم إدخالها في أنظمة الذكاء الاصطناعي، يمكن للفنان تحديد مصادر إلهام معينة أو قيود تصميمية تعزز من القيمة الجمالية للعمل الفني وتضمن أن تكون النتيجة النهائية ملائمة للجمهور المستهدف.
- بعد إنشاء التصميم،" يقوم الفنان بتقييم الجوانب الفنية التي قد لا تستطيع الآلة تقديرها، مثل التوازن، النسبة، والمشاعر المترتبة عن التصميم، يستطيع الفنان تجاوز العيوب التقنية المحتملة، مثل النمطية أو نقص مساحة الابتكار" [2]، ويضمن إنتاج تصاميم تمتاز بالحس الفني والابتكار البشري.

١٣- أهمية ترتيب أولويات البيانات المستخدمة فى تصميم الحُلى :

ترتيب الأولويات عند وضع البيانات المستخدمة في تصميم الحلي بالذكاء الاصطناعي أمر بالغ الأهمية لضمان الحصول على تصاميم دقيقة، مبتكرة، وفعالة. تحديد أولويات البيانات يساعد على توجيه خوارزميات الذكاء الاصطناعي لتحقيق النتائج المرجوة بأفضل شكل ممكن. والجدول التالى يوضح الأسباب التي تجعل ترتيب الأولويات أمرًا ضروريًا :

[1] McCormack, J., Gifford, T., & Hutchings, P. (2019). ***Autonomy, Authenticity, and Intention in Computer-Generated Art***. In ***The Creative Arts in the Era of AI*** (pp. 45-62). Springer.

[2] Brito, M., & Andueza, I. (2020): ***Generative Design in Art and Design Education, London.***



الشكل رقم (٢) – تأثير ترتيب أولويات البيانات المدخلة على نتائج التصميم – تصميم الباحث

ترتيب أولويات إدخال البيانات في النظام التصميمي التوليدي لتصميم الحُلي المعدنية بالذكاء الاصطناعى أمر بالغ الأهمية لرفع كفاءة النماذج الناتجة والحصول على أفضل شكل ممكن من التصميمات الدقيقة والفعالة. ولتحقيق نتائج متوافقة مع الأهداف التصميمية والجمالية المرجوة. النظام التوليدي يعتمد على البيانات المدخلة كأحد العناصر الأساسية لإنتاج تصاميم مبتكرة ومتنوعة، وتظهر أهمية ترتيب أولويات إدخال البيانات في النقاط التالية:

- زيادة الكفاءة :عندما يتم ترتيب الأولويات بوضوح، يتمكن الذكاء الاصطناعي من التركيز على الحلول التي تتماشى مع الأهداف الرئيسية، مما يقلل من الوقت والجهد والموارد المهدرة.
- يسهم ترتيب الأولويات في ضمان تركيز العناصر الأكثر أهمية في المقام الأول، كالأبعاد، المواد.
- التركيز على " البيانات الأساسية يساعد في إنتاج تصاميم بجودة تتلائم ومعايير الصناعة المتوقعة" ([1]).
- إعطاء الأولوية للبيانات الهامة يساعد في تقليل فرص الأخطاء وتحقيق نتائج أكثر دقة.
- ضمان الاستدامة وتوظيف المواد : يمكن توجيه النظام التوليدي نحو تصاميم تعتمد على خامات صديقة للبيئة.
- زيادة التميز الإبداعي :بمجرد وضع الأساسيات، يمكن التركيز على التفاصيل الإبداعية مثل الزخارف أو النماذج الهندسية المعقدة. يساعد ترتيب المدخلات في تخصيص مساحة للإبداع بعد استيفاء البيانات الأساسية.

[1] إبراهيم، أحمد محمد" .التطبيقات الحديثة للذكاء الاصطناعي في تحسين المنتجات الصناعية." المجلة العربية للعلوم والهندسة، ٢٠٢٠.

أهمية ترتيب الأولويات	العيب / السبب
إعطاء الأولوية للبيانات الأكثر أهمية مثل المتطلبات الهيكلية أو المواد يساعد الذكاء الاصطناعي على تقديم تصاميم دقيقة تلبي الاحتياجات الفعلية.	تحسين دقة التصميم
ترتيب الأولويات بوضوح يتيح للذكاء الاصطناعي التركيز على الحلول التي تتماشى مع الأهداف الرئيسية، مما يقلل من الوقت والموارد المهدرة.	زيادة الكفاءة
ترتيب الأولويات يضمن التركيز على العناصر الأكثر أهمية مثل الأبعاد، المواد، أو الميزانية لتلبية احتياجات العملاء أو المصممين بشكل أفضل.	تخصيص التصميم
التركيز على البيانات الأساسية يسهم في إنتاج تصميمات بجودة تلبي المعايير الصناعية والجماليات المطلوبة.	تحسين الجودة
إعطاء الأولوية للبيانات الصحيحة يقلل من فرص الأخطاء في التصميم، مما يؤدي إلى نتائج أكثر دقة وموثوقية.	تقليل الأخطاء
تحديد الأبعاد والهيكل على رأس الأولويات خاصة عند وجود قيود تصميمية، لضمان أن التصميم النهائي مستدام.	الأبعاد والهيكل)
تحديد نوع المواد المستخدمة مثل الذهب أو الأحجار الكريمة أمر ضروري، لأن الذكاء الاصطناعي يجب أن يأخذ بعين الاعتبار خصائص كل مادة مثل المتانة والوزن.	المواد
ترتيب الأولويات في الجوانب الجمالية مثل الأنماط والأشكال يضمن أن التصميم جذاب بصريًا ومبتكر.	الجماليات
تحديد الميزانية كأولوية يساعد في الوصول لتصميمات ملائمة للتكاليف المتاحة دون المساس بالجودة.	الميزانية
عند وجود متطلبات خاصة من العملاء، ترتيب الأولويات يضمن تقديم تصميمات تلبي تفضيلاتهم الشخصية.	التخصيص الشخصي
التأكد من أن التصميمات تأخذ في الاعتبار الخصائص الوظيفية مثل متانة التكوين .	الوظائف
تحليل اتجاهات السوق والموضة يجعل التصميمات تواكب أحدث الصيحات وتصبح أكثر جذبًا .	التوافق مع اتجاهات الموضة

١٤- نظم التحكم فى تطبيق المعايير الجمالية والوظيفية لتصميم المشغولة المعدنية :

يتضمن الجدول التالى توضيحاً للعمليات الأساسية المتبعة في تنظيم تطبيق المعايير الجمالية والوظيفية باستخدام تقنية (AI)

م	نظم التحكم	الوصف	التحكم
١	التعرف على المعايير الجمالية	تحليل الأنماط الجمالية والتوجهات الحديثة لتحديد الاحتياجات الهامة: الألوان، الزخارف.	التحكم في النظام عبر إدخال البيانات الجمالية والأنماط المرغوبة في التصميم وفق رؤية المصمم.
٢	تحليل الوظائف	مثل المتانة، مقاومة الخدش، والوزن لضمان أن التصميم ويلبي احتياجات الاستخدام.	التحكم في البيانات المدخلة مثل نوع المادة، والأبعاد لضمان مراعاة الجوانب الوظيفية في التصميم.
٣	إدخال القيود الهندسية	تحديد القيود الهندسية لضمان استدامة التصميم وتوازنه من حيث الأبعاد والمكونات الهيكلية.	التحكم عن طريق إدخال القيود الهندسية التي يجب على التصميم أن يلتزم بها لتجنب مشاكل التصنيع.
٤	تحسين الأداء من خلال التكرار	تحسين التصميم باستمرار عبر تكرار التجربة، مع التركيز على المعايير الجمالية والوظيفية.	يتم تعديل التصميمات بشكل متكرر استناداً إلى الملاحظات لتوازن بين الجماليات والوظائف.
٥	المراجعة والتقييم اليدوي	يتم تقييم التصميم النهائي للتأكد من توافقه مع رؤية المصمم وإضافة اللمسات الشخصية.	يتم التحكم يدويًا من قبل المصمم لضبط التفاصيل الفنية التي لا يمكن معالجتها بالكامل.
٦	إدارة البيانات المدخلة	إدارة وتحديد البيانات المدخلة في النظام مثل الأنماط، المواد، الاتجاهات لتحقيق نتائج دقيقة.	التحكم في البيانات المدخلة بعناية لتوجيه الذكاء الاصطناعي بما يناسب المواصفات الفنية.
٧	التكيف مع الابتكار والإبداع	استخدام خوارزميات تعلم الآلة لتحسين الابتكار، حيث يقدم أفكار جديدة ومتنوعة.	توجيه النظام نحو الابتكار الفريد مع تدخل المصمم لتجنب التكرار في النتائج وتحقيق تفرد في التصميم.
٨	التكامل مع الاتجاهات الثقافية والبيئية	تحليل تأثير التصميم على البيئة والمجتمع وفقًا للاتجاهات الثقافية والبيئية المعاصرة .	إدخال بيانات الاستدامة والتوجهات الثقافية للحصول على تصميمات تلائم القيم البيئية والاجتماعية.

كيفية ترتيب أولويات البيانات في تصميم الحلي بالذكاء الاصطناعي:

أ- الأبعاد والبناء العام للتصميم على رأس الأولويات، خاصةً إذا كان هناك قيد فى التصميم.
ب-تحديد المواد والمعادن المستخدمة، كالذهب، الفضة، الأحجار الكريمة، المينا.
ت- جماليات الأشكال والأنماط التي تجعل نظام التصميم التوليدى جذابًا.
ث-فى حالة وجود ميزانية محددة، يجب أن يغذى النظام بها ليتمكن من طرح تصميمات ملائمة.
ج- الوظائف:(Functionality) الحلي قد تتطلب خصائص وظيفية معينة مثل المتانة أو مقاومة الخدش، ويجب أن تؤخذ هذه الأولويات بعين الاعتبار لتجنب التصميمات غير العملية.
ح- دراسة اتجاهات الموضة يُعدّ أمراً ضرورياً لدعم الابتكار وتوافقه مع الاتجاهات الحديثة.

ويؤثر ترتيب أولويات مدخلات البيانات وفقاً لأهميتها على نتائج التصميم فى ثلاثة نقاط وهى:

- يتيح للذكاء الاصطناعي تقديم حلول تصميمية تجمع بين الجوانب الجمالية والوظيفية.
- يمكن تعديل التصميم بسهولة بناءً على التوجه المطلوب دون الحاجة إلى إعادة العمل.
- التركيز على المعايير الأساسية أولًا يمكّن النظام من تقديم مجموعة متنوعة من الحلول بسرعة أكبر، مما يعزز الابتكار ويختصر وقت عملية تطوير التصميم.

١٥- تقليل معدل الفاقد من خلال عملية التصميم:

تقليل معدل الفاقد في المشغولات المعدنية التي تعتمد على العمل اليدوي باستخدام تقنية الذكاء الاصطناعي هو تحدٍ مثير، حيث يمكن الدمج بين الحرف اليدوية والتقنيات الذكية لتحقيق أفضل النتائج. يمكن توظيف الذكاء الاصطناعي في مراحل التصميم والتخطيط والمراقبة لتحقيق كفاءة أعلى وتقليل الهدر. فيما يلى بعض الطرق التي يمكن أن تساعد فيها تقنية الذكاء الاصطناعي في تقليل الفاقد:

- قبل البدء في التنفيذ اليدوي، يمكن استخدام المحاكاة ثلاثية الأبعاد لتقديم اقتراحات تصميمية تمنع الأخطاء التى تؤدي إلى وجود فاقد في المرحلة النهائية.
- يمكن أن تساعد تقنيات الرؤية الحاسوبية في مراقبة العمل اليدوي أثناء التنفيذ، وتوجيه الأداء التقنى لضبط الإجراءات، مما يقلل من الأخطاء المحتملة التي قد تؤدي إلى الفاقد. كما يمكن لتقنية الذكاء الاصطناعى أن توصي بالأدوات أو الأساليب الأنسب لإتمام خطوات التنفيذ بطريقة فعالة.
- التنبؤ باستهلاك المواد : يمكن أن يساعد في تقدير الكميات المثلى للخامات المعدنية والمواد المطلوبة لكل مشروع، بناءً على مشاريع سابقة، مما يقلل من الفائض أو العجز . بالإضافة إلى استخدام خوارزميات التنبؤ يمكن أن يجنب استخدام مواد زائدة نتيجة تقديرات غير دقيقة.
- تقديم تقارير تفصيلية حول الخطوات الأكثر عرضة للتسبب في الفاقد وإيجاد حلول للتحسين.

- مراقبة الجودة أثناء العمل يساعد في الكشف المبكر عن العيوب وتصحيحها.

١٦- الاعتبارات الواجب توافرها عند إدخال البيانات للنصميم:

- ضرورة تدريب الفنان على عمليات إدخال البيانات بصورة صحيحة تخلو من استخدام عبارات معقدة يصعب على النظام التقنى وذلك بالتعامل معها وترجمتها إلى نتائج بصرية مؤثرة.
- اختيار عبارات مناسبة تساعد النظام التوليدى لاستيعاب المضمون ومحاولة التعبير عنه بوضوح.
- ترتيب وضع العبارات المناسبة فى ضوء تحديد أولويات التصميم، مثال : إذا كان المطلوب هو إظهار الطابع الهندسى فى بناء الشكل بصورة غالبة على أى طابع أخر، يجب تحديده فى البيانات المدخلة.
- لضمان تحقيق نتائج فعّالة، يجب ربط تصميم النماذج بطرق التنفيذ، مع تسمية الأسلوب التقنى.

ثانياً: الإطار التطبيقى : استخدام نظام التصميم التوليدي لتصميم مشغولة الحُلي المعدنية وهى:

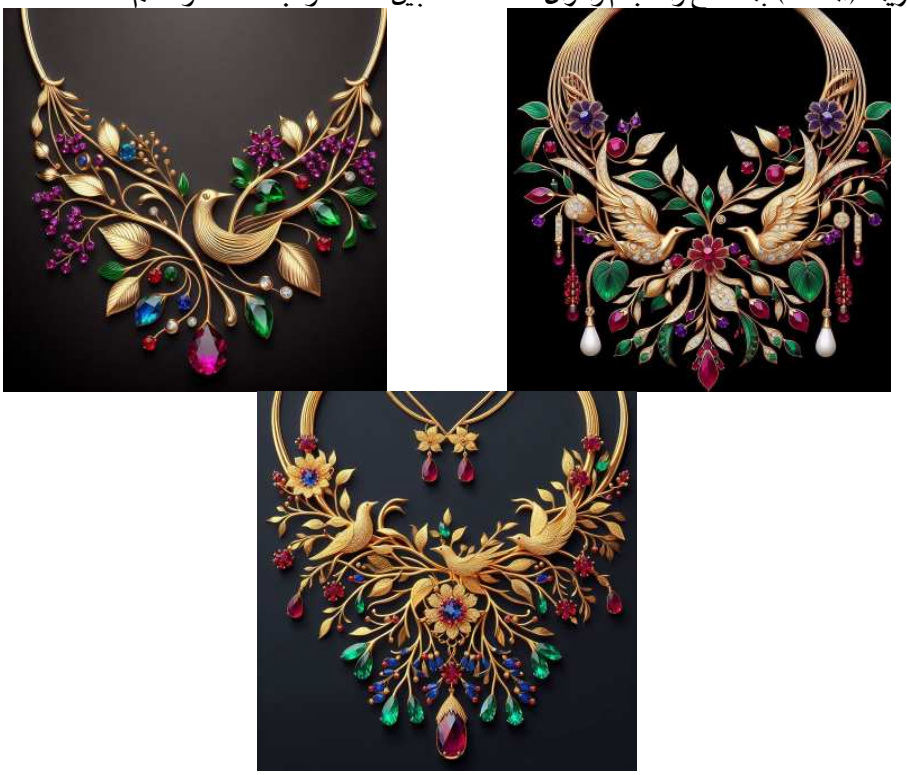
- تحديد الأهداف والمتطلبات وفيها يتم تحديد احتياجات السوق والمستخدم :تحديد متطلبات الجمهور المستهدف من حيث الشكل، الحجم، الوظيفة، والجمالية. وضع أهداف واضحة للتصميم مثل الابتكار، الكفاءة، استخدام مواد صديقة للبيئة، أو تلائم عوامل الاستدامة.
- جمع البيانات: المواد المستخدمة، وأحدث الاتجاهات في تصميم الحُلي .تنظيم البيانات لتكون صالحة لتدريب النموذج المستخدم في التصميم التوليدي.
- وضع حدود للتصميم مثل الأبعاد، نوع المادة، والوزن. إدخال قيود متعلقة باعتبارات الاستدامة البيئية، مثل التقليل من استهلاك المواد أو استخدام خامات قابلة للتدوير.
- بناء نموذج للتصميم التوليدي باستخدام خوارزميات الذكاء الاصطناعي المناسبة، مثل الشبكات العصبية .(GAN) .
- إنتاج عدة تصميمات توليدية مقترحة. مراجعة وفحص التصميمات الناتجة وتقييمها بناءً على المعايير الجمالية والوظيفية التى تلائم مشغولة الحُلى المعدنية.
- تقييم كل تصميم من حيث جاذبيته، وظيفته، وملاءمته للاستخدام وإجراء التعديلات إذا لزم الأمر ذلك باستخدام أدوات التصميم الحاسوبي (CAD) أو أى برنامج أخر لتحسين النماذج النهائية.
- إعداد نموذج أولى بتحويل التصميم الرقمي إلى نموذج ثلاثي الأبعاد وفحصها لتقييم الشكل النهائي.
- اختبار التصميم من حيث متانة وجودة المشغولة المعدنية والتحقق من توافقها مع معايير الجودة.

- إنتاج التصميم النهائي وعمل التعديلات النهائية بناءً على الاختبارات والتغذية الراجعة.

التجربة الأولى : تصميم خاتم بالنظام التوليدى للمرأة ذات طابع مصرى معاصر : تضمنت التجربة خمسة خواتم مُصممة بأسلوب التصميم التوليدى، شملت البيانات المدخلة بعض العناصر التى تحمل دلايات رمزية للحضارة المصرية: عين حورس، شكل الهرم، إلى جانب ملائمته للأسلوب التقنى فى مجال أشغال المعادن، مع تحديد نوع المعدن والمواد المستخدمة فى التجربة وهو معدن الذهب وأحجار الأونيكس السوداء والزيرقون. كما شملت البيانات تحديد النسق البنائى للفكرة التصميمية وشكل الخاتم، استخدام كلمة Egypt .بشكل واضح وبأسلوب مختلف فى كل تصميم. الهدف من التجربة: محاولة إيجاد تنوع فى العلاقات التشكيلية فى صياغة شكل الخاتم، مع استخدام نوع واحد من الأحجار الكريمة المتمثلة فى الأحجار الأونيكس متنوعة المقاطع ونظمها فى مواضع ومستويات متابينة. ثلاثية الأبعاد، مصممة باستخدام تقنية الذكاء الاصطناعى تحمل سمات الفن المصرى القديم بأسلوب معاصر، مكونة من سبائك الذهب المتنوعة لإثراء القيم اللونية.

الشكل رقم (٣) – خواتم مصممة بتقنية الذكاء الإصطناعى - تصميم الباحث

التجربة الثانية: تصميم رقبيات وصدريات حُلى باستخدام النظام التوليدى لعدد خمسة تصميم مختلفة ما بين تصميمات لصدرية ورقبية، تتناسب مع المناسبات والاحتفالات الرسمية، باستخدام نظام التصميم التوليدى، تناولت التجربة إمكانية تحقيق الدمج بين مختلف العناصر العضوية التى تحمل صور مبهجة يلائم وجودها فى تصميم الصدرية، حيث احتوت على عدد من الأغصان النباتية، الزهور، والطيور، وتحديد هيئاتها التكوينية. هذه التصميمات تحاكي استخدام خامات المعادن الثمينة، كالذهب والفضة، حيث تم معالجتها فى مرحلة إدخال البيانات بحيث تحمل أشكال متعددة تشتمل على شرائح وأسلاك بأقطار ومساحات متنوعة، بالإضافة إلى ترصيع عدد من الأحجار الشبه كريمة (المقلدة) بمقاطع وأحجام وألوان مختلفة ما بين شفاف وشبه شفاف ومعتم .



الشكل رقم (٤) – عدد من التصميمات المتنوعة لتصميم صدريات من الحلى المعدنية

- **صممت بأسلوب التصميم التوليدى بتقنية الذكاء الاصطناعى**
- **من خلال تطبيق LEXICA AI** https://lexica.art/ **" تصميم الباحث**

التجربة الثالثة: تصميم أسورة معصم بنظام التصميم التوليدى: وفيها استخدم تطبيق Copilot لتصميم عدد من الأساور المعدنية التى تحتوى على عناصر نباتية وطيور صيغت من خلال إدخال بعض البيانات التى تعبر عن نوع التصميم، وصف هيئته التفصيلية، بيان الخامات المكونة لها، مع تحديد نوع الاتجاه المستخدم فى بناء الشكل. تفيد هذه التجربة المصمم فى التعبير عن فكره بشكل

مبتكر، مع إمكانية إنشاء وتغيير أى تفاصيل بالتصميم. ويتميز هذا التطبيق باحتواءه على إمكانيات إضافية تفتح للمصمم أفاق مختلفة من الأفكار تساعده فى توجيه العملية التصميمية على نحو يشجع الجانب الإبداعى للطلاب. من خلال طرح عدد من الأسئلة التى يستوضح منها تفضيلات محددة يستطيع من خلالها إدخالها على خوارزمات النظام لإجراء التعديلات على التصميم، ومن بين هذه الأسئلة:

- هل يمكن أن يكون التصميم المطلوب بسيطاً أم معقداً؟
- السؤال ما إذا كان هناك خيارات فى استخدام خامة معينة كبديل عن الخامة المطبقة؟
- السؤال عن التوجهات اللونية أو اختيار وتعديل النمط البنائى للتصميم. والشكل رقم () يتضمن تصميم عدد من الأساور بنظام التصميم التوليدى القائم على استخدام تطبيق Copilot:

الشكل رقم (٥) – باستخدام التصميم التوليدى – تم تصميم اسورة يد لفتاه فى العقد الثانى من عمرها تحتوى معدن النحاس والمطعم بالجلد الطبيعى وطيور وأحجار كريمة مبهرة – تم تنفيذ التصميم من خلال تطبيق Copilot – تصميم الباحث

الشكل رقم (٦) – مرحلة تطوير التصميم، حيث تم إدخال بعض العبارات بالإضافة للبيانات المدخلة فى التصميم السابق للأساور

شكل رقم (٥) بهدف تطوير الشكل وإثراء القيم المظهر للتصميم وتعزز من الجوانب الوظيفية مثل عنصر حركة الأجزاء ومحاولة تقليل وزن الأسورة. تصميم الباحث

التجربة الرابعة: تم تصميم قلادتان صدر باستخدام تقنية التصميم التوليدي من خلال برنامج Bing AI

يستند التصميم على إدخال مجموعة بيانات مخصصة لتوجيه الشكل النهائي للقطعة. وقد سمح هذا النهج بإنشاء تناغم بصري دقيق وغير تقليدي بين تكوين شكل البجعة الرئيسية فى منتصف التصميم وشكل الحمام، من خلال ترتيب مواقع الخطوط وحركة الأحجار وفق خوارزميات تحاكي توزيعًا طبيعيًا مع تباين العلاقة البنائية بين الأجزاء. تم توظيف بيانات متعلقة بنوع الأحجار، حجمها وشكل القطع، بشكل يخلق قيمًا مظهرية فريدة وجذابة. يوفر هذا الأسلوب التوليدي مساحة إبداعية مرنة، تعزز من دقة تفاصيل التصميم وجودته العالية، عكس مزيجاً مثاليًا يجمع بين الجمال الطبيعي والدقة التكنولوجية. تم إدخال بيانات دقيقة للتوجيه، ما أتاح للبرنامج توليد نماذج أولية تُبرز الطابع العضوي للعناصر المختارة.

أوضحت التجربة كيف يمكن للذكاء الاصطناعي أن يبتكر تصاميم متنوعة وملهمة، توازن بين الجماليات الطبيعية والأسلوب الفني المطلوب. كما أظهرت قوة الذكاء الاصطناعي في تعزيز الإبداع الفني، وفتح آفاق جديدة للمصمم في استلهام عناصر جاذبة من البيئة.

الشكل رقم (٧) – قلادة صدر صممت بأسلوب يعتمد على البناء المتماثل من حيث توزيع الطائران، وفيه تم ادخال بيانات تحدد نظم بناء الشكل، إلى جانب تحديد نوعية الخامات المستخدمة فى التصميم - برنامج Bing AI

١- تحليل نتائج التجارب من واقع الممارسة التطبيقية للبحث:

فى هذا الجانب من الدراسة اعتمد الجانب التطبيقى على إمكانية وضع خطوات عملية تستهدف تطبيق عملية تطوير تصميم المشغولة المعدنية باستخدام نظام التصميم التوليدى بتقنية الذكاء الاصطناعى بطريقة إدخال البيانات على النظام، وأظهرت التجارب بعض النقاط الهامة التى يجب أن تأخذ فى الاعتبار عند التعامل مع هذه التقنية وهى كالتالى:

- يجب إدخال بيانات دقيقة ومعبرة عن النمط الذى يستطيع المصمم التعبير عنه.
- اختيار كلمات يسهل للنظام التوليدى التعرف عليها. مع تحديد أولوية كتابة البيانات وفقاً لأهميتها بالنسبة للتصميم.
- يجب وضع مفردات واضحة للكلمات غير معقدة وتعبر عن الفكرة المطلوبة.
- بيان اسلوب التصميم والاتجاه الفنى الذى يراد التعبير عنه.
- توضيح صفة وهيئة العناصر المستخدمة والتعبير عن طبيعة البناء الشكلى سواء داخل نسق هندسى معين أو حر .
- يوضح ما إذا كان البناء الشكلى المطلوب بسيط أو مركب مع بيان نوع النظام البنائى للشكل العام للتصميم.
- يذكر نوع الخامة وشكل ولون ومواصفات الأحجار والمعالجات اللونية والملمسية المطلوبة.
- توضيح طبيعة البعد الوظيفى فى البيانات. توضيح الاسلوب التقنى المطلوب فى التصميم.

فى النهاية تجرى التعديلات اللازمة بعد استخراج التصميم وفقاً للاعتبارات الجمالية والوظيفية والتقنية للتصميم. من واقع التجارب السابقة يمكن حصر أهم النقاط المستخدمة فى عمليات إدخال البيانات، الجدول التالى يوضح أنواع البيانات المستخدمة في نظام التصميم التوليدي لتصميم الحُلي وأهمية التفاصيل ووصف البيانات ونوعها:

نوع البيانات المدخلة	الوصف	الأهمية في التصميم التوليدي
الأبعاد والمقاسات	أبعاد القطعة (طول، عرض، ارتفاع)	تضمن ملاءمة التصميم للأستخدام وتناسق الأبعاد
الشكل العام والتكوين	مواصفات الشكل (هندسي، منتظم، غير منتظم عضوي)	توجه التصميم نحو الشكل الأساسي وتحدد نمطه العام
الخامات والمواد	نوع المادة المستخدمة : ذهب، فضة، أحجار كريمة..	تؤثر على اللون النهائي، المتانة، والقيمة الفنية
اللون والملمس	درجات الألوان المطلوبة وتفضيلات الملمس	تضيف أبعاد جمالية وتتناسق مع أسلوب التصميم
العناصر المستوحاة	عناصر مستوحاة من الطبيعة (طيور، نباتات، رموز	تعزز القيمة الفنية والتعبير الرمزي للتصميم
تفاصيل فنية معقدة	زخارف ونقوش إضافية تميز التصميم	تضفي طابعًا فريدًا للقطعة وتجعلها جذابة وملفتة
الوظيفة والاستخدام	الغرض من القطعة (عقد، خاتم، أقراط)	يحدد نوع المصنف التي تناسب الاستخدام المطلوب
التحليل الجمالي والمعايير الفنية	قيم ومعايير مثل: التوازن / التناسق / الإيقاع	تضمن توافق التصميم مع الأسس الفنية للجمال
البيئة المحيطة والاتجاهات الحديثة	أساليب التصميم المعاصرة أو توجهات الموضة	تواكب الاتجاهات الحالية وتعكس الذوق العام

المشاكل التى ظهرت أثناء تصميم الحُلى بالنظام التوليدى : وكيف أمكن التغلب عليها:

تصميم الحُلى باستخدام الذكاء الاصطناعي يقدم إمكانيات رائعة، لكنه تأتي معه بعض المشكلات. ومن أجل التعامل معها يجب دراسة الأسباب المؤدية لذلك، واتخاذ خطوات استباقية للتغلب عليها، تحقيق أقصى استفادة ممكنة من AI في تحسين عملية التصميم وتقديم حلول مبتكرة. فيما يلي قائمة توضح بعض المشكلات الشائعة فى هذا الجانب وكيفية التغلب عليها:

م	المشكلات	كيفية التغلب عليها
١	فقدان الدقة في التفاصيل اليدوية	استخدام برامج مثل ZBrush أو Rhino Gold التي تدعم التصميمات ثلاثية الأبعاد.
٢	التعلم المعقد للبرامج	الاعتماد على دورات تدريبية، والبدء ببرامج بسيطة مثل Jewel CAD لتسهيل التعلم.
٣	قيود في التخصيص والإبداع	دمج الذكاء الاصطناعي مع العمل اليدوي لزيادة الإبداع والتغلب على القيود المبرمجة.
٤	تكاليف البرامج والأدوات	استخدام البرامج المجانية أو التجريبية لتقليل التكاليف.
٥	صعوبة تحويل التصاميم للطباعة	التأكد من توافق التصميم مع الطابعات 3d باستخدام برامج متكاملة مثل Matrix Gold.
٦	عملية الحفاظ على تحديث الخوارزميات مع تغير الاتجاهات قد يكون معقدًا.	التطوير المستمر وتحديث نماذج AI لضمان توافقها مع أحدث الاتجاهات والتقنيات.
٧	يوجد مخاوف بشأن ملكية التصميمات عند استخدام الذكاء الاصطناعي.	وضع سياسات واضحة بشأن حقوق الملكية الفكرية واستخدام الذكاء الاصطناعي في التصميمات، والتأكد من أن هناك اعترافًا واضحًا بمساهمات البشر والآلات.
٨	بعض التصاميم قد تكون صعبة أو غير ممكنة للتنفيذ باستخدام تقنيات التصنيع .	التعاون مع مصممي الحلي والمتخصصين في التصنيع لفحص قابلية التنفيذ قبل تنفيذها.
٩	بعض الأدوات يمكن أن تكون مكلفة، مما يكون عائقًا أمام المصممين.	البحث عن أدوات وتطبيقات ذكاء اصطناعي متاحة بتكلفة معقولة أو الاستفادة من النسخ التجريبية لتقليل التكاليف.
١٠	الذكاء الاصطناعي يعتمد على جودة وكمية البيانات المدخلة. إذا كانت البيانات غير كافية أو غير دقيقة، فقد تؤثر سلبًا على جودة التصميمات.	التأكد من استخدام بيانات عالية الجودة وموثوقة لتدريب خوارزميات الذكاء الاصطناعي. تحديث البيانات بشكل منتظم لضمان أنها تعكس أحدث الاتجاهات والتفضيلات.
١١	توليد تصميمات بناءً على البيانات، قد يفتقر إلى اللمسة الإبداعية الشخصية والخيال وفكر المصمم .	دمج الذكاء الاصطناعي مع الإبداع البشري للسماح للمصممين بتعديل التصميمات المقترحة، مما يضيف لمسة إبداعية.

٢- **جمع البيانات من العمليات التجريبية وتحليلها** باستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي. قد يتضمن ذلك تقييم أداء التصميمات من حيث الكفاءة والاستخدام الأمثل للمواد، وتأثيرها البيئي.

٣- **اختبار نتائج التجارب:**

مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها من النماذج المدعومة بالذكاء الاصطناعي مع التصاميم التقليدية لتحديد الفوائد المحتملة في الكفاءة والاستدامة.

نتائج البحث:

١. تم التعرف على أهم النظريات ومفاهيم تصميم المشغولة المعدنية باستخدام الذكاء الاصطناعي.
٢. تم الكشف عن نظرية عمل تقنية الذكاء الاصطناعى المستخدمة فى التصميم.
٣. تم التوصل إلى بيان كيفية عمل التصميم التوليدي للحلي باستخدام تقنية الذكاء الاصطناعي.
٤. تم التعرف على فوائد التصميم التوليدي لمشغولات الحُلي باستخدام الذكاء الاصطناعي.
٥. تم إظهار مبادئ الاستدامة البيئية وطرق تطبيقها فى تصميم مشغولة الحُلى المعدنية.
٦. تم التوصل إلى طرق تقليل معدل الفاقد من الخامات المعدنية وتحقيق الاستدامة البيئية.
٧. تم تحديد خطوات التعامل مع التصميم التوليدي للحُلي باستخدام تقنية الذكاء الاصطناعى.
٨. تم معرفة سبل التحكم فى ضبط جودة تصميم مشغولة الحُلى باستخدام الذكاء الاصطناعى.
٩. تم تحديد أهم البرامج المستخدمة فى تطوير التصميم بالذكاء الاصطناعى وبيان وظيفة كل منها.
١٠. تم الكشف عن دور الفنان فى استخدامه لتقنية التصميم التوليدى بالذكاء الاصطناعى.
١١. تم التوصل إلى نظم التحكم فى تطبيق المعايير الجمالية والوظيفية لتصميم المشغولة الحُلى.
١٢. تم التعرف على العوامل المؤثرة على ترتيب أولويات البيانات وكيفية ترتيبها فى تصميم الحُلي.
١٣. تم الكشف عن أهم الاعتبارات الواجب توافرها عند إدخال بيانات التصميم التوليدى.
١٤. عند استخدام التصميم التوليدى، يُفضل الإكثار من تفاصيل البيانات المدخلة. كلما كانت البيانات أو التعليمات أكثر دقة وتفصيلًا، كانت النتائج النهائية أكثر تلبية للتوقعات.
١٥. تم التوصل إلى أسباب تفضيل التفاصيل المستخدمة فى تصميم أشغال المعادن:
- يمنح التصميم صفة الخصوصية والتفرد : إلى جانب الوصف الدقيق للتفاصيل يساعد النظام التوليدى على فهم الرغبات بشكل أفضل وتقديم نتيجة أقرب للتصميم المطلوب . التحكم في المخرجات :كلما زادت التفاصيل، زادت القدرة على التحكم في النتائج .
- تم الكشف على ضرورة الحفاظ على تحقيق التوازن فى إدخال البيانات، بحيث تكون التفاصيل ضرورية وموجهة لتحقيق الهدف المطلوب.
١٦. فى الجانب التطبيقى تم إنتاج عدة من التصميمات التوليدية جاءت جميعها على نحو متنوع مابين خواتم للفتيات وقلادات ورقبيات وعدد من الأساور صممت بنظام التصميم التوليدى المؤسس على تقنية AI، بما تتلائم مع الاعتبارات الجمالية والوظيفية لمشغولة الحُلى.

- التجربة الأولى : تصميم خاتم بالنظام التوليدى للمرأة ذات طابع مصرى معاصر : تضمنت التجربة خمسة خواتم صممت بأسلوب التصميم التوليدى، شملت البيانات المدخلة للتجربة بعض العناصر التى تحمل دلايات رمزية للحضارة المصرية مثل عين حورس وشكل الهرم بأسلوب معاصر مختلف عن النمط القديم له، إلى جانب ملائمته للأسلوب التقنى للحُلى المعدنية.
- التجربة الثانية: تصميم رقبيات وصدريات حُلى باستخدام النظام التوليدى لعدد خمسة تصميم مختلفة ما بين تصميمات لصدرية ورقبية، تتناسب مع الاحتفالات الرسمية، باستخدام نظام التصميم التوليدى، تناولت التجربة إمكانية تحقيق الدمج بين مختلف العناصر العضوية التى تحمل صور مبهجة يلائم وجودها فى تصميم الصدرية، حيث احتوت على عدد من الأغصان النباتية، الزهور، والطيور، وتحديد هيئاتها التكوينية.
- التجربة الثالثة: تصميم أسورة معصم بنظام التصميم التوليدى وفيها استخدم تطبيق Copilot لعدد من الأساور المعدنية التى احتوت على عناصر نباتية وطيور صيغت من خلال إدخال بعض البيانات التى تعبر عن نوع التصميم، بيان الخامات المكونة لها.
- تم تقديم تحليل لنتائج التجارب التطبيقية وفيه اعتمدت الدراسة على إمكانية وضع خطوات عملية استهدفت تطبيق عملية تطوير تصميم المشغولة المعدنية باستخدام نظام التصميم التوليدى بتقنية الذكاء الاصطناعى بطريقة وأسلوب إدخال البيانات، وأظهرت التجارب بعض النقاط الهامة التى يجب أن تأخذ فى الاعتبار عند التعامل مع هذه التقنية ومنها الكشف عن أهم العيوب التى ظهرت أثناء تصميم الحُلى بالنظام التوليدى : وكيف أمكن التغلب عليها.

مراجع البحث:

أولاً: المراجع العربية:

١. إبراهيم، أحمد محمد" .التطبيقات الحديثة للذكاء الاصطناعي في تحسين المنتجات الصناعية." المجلة العربية للعلوم والهندسة، ٢٠٢٠.

٢. الجندي، سامي" .الذكاء الاصطناعي والاستدامة في الصناعة." المجلة المصرية للتكنولوجيا، ٢٠١٩.

٣. هشام الخالدى. (٢٠٢٣): تقليل الفاقد. دار الفجر العربى **للنشر** والتوزيع، الاردن.

ثانياً: المراجع الأجنبية:

4- Gary William Flake. (2011): *The Computational Beauty of Nature. MIT Press.*

5- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press

6- Li, X., & Zhang, Y. "Artificial Intelligence in Metal Design: A Path Towards Sustainability." *Journal of Industrial Design and Innovation*, 2021.

7- McCormack, J., Gifford, T., & Hutchings, P. (2019). ***Autonomy, Authenticity, and Intention in Computer-Generated Art***. In ***The Creative Arts in the Era of AI*** (pp. 45-62). Springer.

8- Smith, J. & Roberts, M. (2020): "AI-Driven Sustainable Manufacturing: Applications in Metalwork." International Journal of Sustainable Engineering.

9- Sivam Krish. (2011): "A Practical Generative Design Method". London.

10- Kim, S., & Huang, L. (2022): "Integrating AI into Metalwork Design for Enhanced Sustainability." Sustainability in Engineering Journal.

11- Elizabeth Olver. (2018): The Art of Jewelry Design: Principles of Design, Rings & Earrings.

ثالثاً: المواقع الالكترونية:

- https://www.britannica.com/art/jewelry/Metalwork.
- https://lexica.art/.
- https://www.bing.com/images/create.

"*Generative Design Using Artificial Intelligence as a Tool for Developing Metalwork and Enhancing Environmental Sustainability.*"

Abstract:

This study focuses on the role of artificial intelligence in enhancing the design of metalwork, highlighting generative design as an effective tool in this field. Generative design improves the quality and efficiency of designs by creating innovative models that meet creative demands, making it a fundamental tool for enhancing artistic expression and detail construction.

The significance of artificial intelligence in jewelry design lies in its application of machine learning and advanced analysis techniques to enhance various design stages. Generative design enables high precision in creating jewelry pieces, offering solutions that outperform traditional methods by refining design properties and appearance, controlling surface treatments of materials, and considering environmental sustainability.

The study also fosters students' skills in digital design and supports their understanding of environmental sustainability principles, thereby reducing environmental impact by improving material usage efficiency. It aims to review the evolution of AI in metalwork design, emphasizing its contributions to innovation, quality, and efficiency. The research addresses the challenges of designing sustainable metalwork, with industry facing issues in design efficiency, resource management, and waste reduction. It highlights new solutions based on generative design to leverage AI for quality enhancement and reduced environmental impact through material efficiency and waste minimization, ultimately raising the quality of metalwork and advancing educational aspects by equipping students with digital and creative skills. The study aims to provide an in-depth analysis of how generative design supports sustainability by enhancing material usage efficiency and minimizing waste in manufacturing processes. The research emphasizes the role of digital technologies, including AI, in creating innovative and sustainable solutions that balance functional aesthetics with environmental preservation. Additionally, the study highlights the importance of developing students' capabilities in jewelry design, not only creatively but also technically, by enabling them to utilize AI to craft

distinctive and sustainable designs reflecting a modern cultural identity rooted in contemporary Egyptian aesthetics.

Keywords: Artificial Intelligence - Generative Design - Design Quality Improvement - Metalwork - Design Processes - Environmental Sustainability - Innovation - Educational Output Enhancement - Environmental Sustainability.