SUDAN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا
DEANSHIP OF SCIENTIFIC RESEARCH عمـادة البحـث العلمـــي
مجلّة العلوم الإنسانية
JOURNAL OF HUMANITIES SCIENCES (JHS)
Available at: https://repository.sustech.edu/handle/123456789/16997
QUARTERLY PEER-REVIEWED SCIENTIFIC JOURNAL مجلة علميّة محكّمة - فصليّة

دور الرسم الإخراجي في تحسين جودة المنتج (دراسة تحليلية)

1/ مهيد مصطفي أبكر شريف*

محاضر: جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا/ كلية الفنون الجميلة والتطبيقية – قسم التصميم الصناعي.
muhayad@sustech.edu
+249 91 521 8991

المستخلص:

هدف هذا البحث إلى تحليل دور الرسم الإخراجي في تحسين جودة المنتج الصناعي من خلال مراجعة وتحليل الأدبيات العلمية والدراسات السابقة التي تناولت العلاقة بين الرسم الإخراجي، والتصميم الصناعي، وجودة المنتج، وتطوير المنتجات. واعتمدت الدراسة المنهج التحليلي الوصفي، من خلال تحليل الكتب المرجعية والدراسات المحكمة المنشورة في مجال التصميم الصناعي والهندسة التصميمية، مع التركيز على الأدبيات الحديثة إلى جانب المراجع التأسيسية في مجال تطوير المنتجات والجودة. وأظهرت نتائج البحث أن الرسم الإخراجي يؤدي دورًا مهمًا في دعم جودة عملية تصميم المنتج من خلال تحسين الاتصال بين فرق التصميم والتطوير، وتسهيل تقييم البدائل التصميمية، واكتشاف الأخطاء في المراحل المبكرة، ودعم اتخاذ القرار التصميمي. كما بين البحث أن التطورات الحديثة في تقنيات الإظهار الرقمي، والواقع الممتد، والذكاء الاصطناعي، وسعت من إمكانات الرسم الإخراجي، إلا أن تحقيق الجودة الشاملة للمنتج يظل مرتبطًا بتكامله مع التحليل الهندسي والاختبارات الوظيفية. وخلص البحث إلى أن الرسم الإخراجي يمثل أداة مهمة ضمن عملية تصميم وتطوير المنتج، وأن فاعليته في دعم جودة المنتج ترتبط بتكامله مع مراحل التصميم والتحليل الهندسي والتقييم الوظيفي.

الكلمات المفتاحية: الرسم الإخراجي، التصميم ، جودة المنتج ، تطوير المنتجات، الإظهار الرقمي.

Abstract:

This study aimed to analyze the role of product visualization in improving industrial product quality through a review and analysis of the scientific literature and previous studies address-ing the relationship between product visualization, industrial design, product quality, and product development. The study adopted a descriptive-analytical approach by analyzing ref-erence books and peer-reviewed studies published in the fields of industrial design and engi-neering design, with emphasis on recent literature alongside foundational references in prod-uct development and quality. The findings showed that product visualization plays an im-portant role in supporting the quality of the product design process by improving communica-tion among design and development teams, facilitating the evaluation of design alternatives, identifying errors at early stages, and supporting design decision-making. The study also showed that recent advances in digital visualization, extended reality, and artificial intelli-gence have expanded the capabilities of product visualization; however, achieving compre-hensive product quality

remains dependent on its integration with engineering analysis and functional testing. The study concluded that product visualization represents an important tool within the product design and development process, and that its effectiveness in support-ing product quality depends on its integration with the stages of design, engineering analysis, and functional evaluation.

Keywords: Product Visualization; Design; Product Quality; Product Development; Digital Visualization.

المقدمة:

يشهد مجال التصميم الصناعي تطورًا متسارعًا نتيجة التقدم في التقنيات الرقمية وتزايد متطلبات الأسواق فيما يتعلق بجودة المنتجات وكفاءتها الوظيفية والجمالية. وفي ظل هذا التطور، لم يعد الرسم الإخراجي مجرد وسيلة لإظهار الشكل النهائي للمنتج، بل أصبح جزءًا من منظومة الإظهار والتواصل البصري (Product Visualization) المصاحبة لعملية تصميم المنتج، حيث يُستخدم في تحويل الأفكار والمفاهيم التصميمية إلى تمثيلات بصرية تساعد على فهم التصميم وتقييمه وتطويره قبل الانتقال إلى مراحل الإنتاج الفعلي. ومن خلال هذه التمثيلات يستطيع المصمم الصناعي توضيح الخصائص الشكلية والوظيفية للمنتج، والمواد والألوان والتشطيبات، ومقارنة البدائل التصميمية، بما يدعم التواصل بين المصمم وبقية الأطراف المشاركة في عملية تطوير المنتج ويساعد على اتخاذ القرارات التصميمية في مراحل مبكرة (Ulrich & Eppinger, 2016).

ومع التوسع في استخدام البرمجيات الرقمية وتقنيات النمذجة ثلاثية الأبعاد والمحاكاة الحاسوبية، تطورت إمكانات الرسم الإخراجي والإظهار البصري، وأصبح توظيفهما أكثر ارتباطًا بمراحل تصميم المنتج وتطويره. وتتيح هذه الأدوات للمصمم اختبار البدائل التصميمية وتمثيل خصائص المنتج بصورة أكثر وضوحًا، بما يساعد على اكتشاف بعض المشكلات التصميمية في مراحل مبكرة، وتحسين دقة نقل المعلومات التصميمية، وتقليل الحاجة إلى التعديلات المتأخرة، فضلًا عن تعزيز التواصل بين المصممين والمهندسين وجهات التصنيع. وبذلك يؤدي الإظهار البصري دورًا داعمًا لعملية تصميم المنتج، وليس بديلًا عن عمليات التحليل الهندسي والتقييم والاختبارات الوظيفية اللازمة للتحقق من جودة المنتج.

وتتحدد أهمية هذا الدور من خلال العلاقة بين الرسم الإخراجي وعملية تصميم المنتج وجودته؛ فالرسم الإخراجي يوفر تمثيلًا بصريًا للأفكار والبدائل التصميمية، بينما تمثل عملية تصميم المنتج الإطار الذي تُقيَّم داخله هذه البدائل وتُتخذ من خلاله القرارات المتعلقة بالشكل والوظيفة والمواد والتصنيع. ومن ثم يمكن أن ينعكس تحسين وضوح المعلومات التصميمية ودقة التواصل وتقييم البدائل والكشف المبكر عن المشكلات على جودة القرارات المتخذة أثناء عملية التصميم، والتي ترتبط بدورها بمؤشرات جودة المنتج. وعلى هذا الأساس، لا تفترض الدراسة وجود علاقة مباشرة ومستقلة بين الرسم الإخراجي وجودة المنتج النهائي، وإنما تنظر إليه بوصفه أداة داعمة تؤثر في الجودة من خلال عملية تصميم المنتج ومراحل تقييمه وتطويره.

ورغم تزايد الاهتمام بالرسم الإخراجي وتقنيات الإظهار البصري في الأدبيات المرتبطة بالتصميم الصناعي، فإن جانبًا من الأدبيات يركز على دوره في تمثيل الأفكار وإظهار الخصائص الجمالية والبصرية للمنتج، في حين تحتاج العلاقة بين توظيفه وعملية تصميم المنتج وجودته إلى مزيد من التحليل الذي يوضح مسارات هذا التأثير والعوامل الوسيطة المرتبطة به. ومن هذا المنطلق، تسعى الدراسة إلى تحليل دور الرسم الإخراجي في دعم جودة المنتج من خلال مراجعة وتحليل الأدبيات العلمية المرتبطة بالموضوع، مع التركيز على إسهامه في تحسين التواصل البصري، وتقييم البدائل التصميمية، والكشف المبكر عن المشكلات، ودعم اتخاذ القرار خلال عملية تصميم المنتج وتطويره.

مشكلة البحث:

شهدت السنوات الأخيرة تطورًا ملحوظًا في أدوات وتقنيات الرسم الإخراجي والإظهار البصري المستخدمة في التصميم الصناعي، حيث أصبحت التمثيلات البصرية الرقمية من الأدوات المهمة في تصور المنتجات وتقييم البدائل التصميمية قبل الانتقال إلى مراحل التصنيع. ورغم هذا التطور، تتفاوت كيفية توظيف هذه الأدوات خلال عملية تصميم المنتج وتطويره، كما تختلف طبيعة الاستفادة منها في دعم القرارات التصميمية المرتبطة بجودة المنتج.

وتشير الأدبيات إلى أن جودة المنتج لا تتحدد بعمليات التصنيع وحدها، وإنما تتأثر كذلك بجودة القرارات المتخذة خلال مراحل تصميم المنتج وتطويره. وفي هذا السياق، يسهم الرسم الإخراجي بوصفه إحدى أدوات الإظهار والتواصل البصري في توضيح الأفكار والخصائص الشكلية والوظيفية للمنتج، وتحسين التواصل بين المصمم والأطراف المشاركة في عملية التطوير، وتقييم البدائل التصميمية، والكشف المبكر عن بعض المشكلات قبل الانتقال إلى مراحل متقدمة من التطوير.

إلا أن تأثير الرسم الإخراجي في جودة المنتج لا يُفترض أن يكون تأثيرًا مباشرًا أو مستقلًا، وإنما يتحقق من خلال توظيفه داخل عملية تصميم المنتج وما يرتبط بها من عوامل وسيطة، مثل جودة الاتصال البصري، وفهم التصميم، وتقييم البدائل، والكشف المبكر عن الأخطاء، ودعم اتخاذ القرار التصميمي. ومن ثم تبرز الحاجة إلى توضيح المسار المفاهيمي الذي يربط الرسم الإخراجي بالتصميم الصناعي وعملية تصميم المنتج، ثم بيان الكيفية التي يمكن أن تنعكس بها هذه الأدوار على جودة المنتج.

وبناءً على ذلك، تتمثل مشكلة البحث في الحاجة إلى تحليل دور الرسم الإخراجي في دعم جودة المنتج من خلال عملية تصميمه وتطويره، وتحديد الآليات والعوامل الوسيطة التي تفسر هذه العلاقة، استنادًا إلى مراجعة وتحليل الأدبيات العلمية ذات الصلة.

سؤال البحث الرئيس:

ما دور الرسم الإخراجي في تحسين جودة المنتج الصناعي ؟

الأسئلة الفرعية:

- ما النموذج التحليلي المقترح لدور الرسم الاخراجي في تحسين جودة المنتج الصناعي ؟
- ما ابرز مؤشرات جودة المنتج الصناعي ؟
- كيف يسهم الرسم الإخراجي في تحسين جودة المنتج خلال مراحل التصميم والتطوير؟
- ما العلاقة بين استخدام الرسم الاخراجي وتقليل الأخطاء التصميمية والتصنيعية؟
- ما أبرز التحديات التي تحد من فاعلية الرسم الاخراجي في تحسين جودة المنتج الصناعي؟

أهداف البحث:

يهدف هذا البحث إلى تحليل دور الرسم الإخراجي في تحسين جودة المنتج الصناعي، من خلال دراسة العلاقة بين توظيفه في مراحل التصميم المختلفة وجودة المنتج النهائي، ويتحقق ذلك من خلال الأهداف الآتية:

1. التعرف على مفهوم جودة المنتج الصناعي وأبرز معاييرها.
2. تحليل دور الرسم الإخراجي في دعم جودة عملية تصميم المنتج خلال مراحل التصميم والتطوير.
3. بيان إسهام الرسم الإخراجي في الكشف المبكر عن المشكلات التصميمية ودعم اتخاذ القرار التصميمي.
4. استخلاص أبرز العوامل التي تعزز فاعلية الرسم الإخراجي في دعم جودة عملية تصميم المنتج، ومن ثم دعم جودة المنتج الصناعي.
5. تقديم نموذج مقترح لدور الرسم الاخراجي في تحسين جودة المنتج الصناعي .

أهمية البحث:

أولًا: الأهمية العلمية:

تنبع الأهمية العلمية لهذا البحث من تناوله دور الرسم الإخراجي بوصفه إحدى أدوات الإظهار والتواصل البصري المستخدمة في عملية تصميم المنتج وتطويره، وتحليل علاقته بجودة المنتج من خلال مجموعة من العوامل المرتبطة بعملية التصميم. كما يسهم البحث في تنظيم وتحليل الأدبيات ذات الصلة، وتوضيح العلاقة بين الرسم الإخراجي وعملية تصميم المنتج وجودته، من خلال التركيز على عوامل وسيطة تشمل تحسين الاتصال البصري، وفهم التصميم، وتقييم البدائل التصميمية، والكشف المبكر عن الأخطاء، ودعم اتخاذ القرار التصميمي. ويسعى البحث من خلال ذلك إلى تقديم إطار تحليلي يمكن الاستفادة منه في تفسير دور الرسم الإخراجي في دعم جودة المنتج، ويمثل أساسًا يمكن البناء عليه في الدراسات المستقبلية في مجال التصميم الصناعي.

ثانيًا: الأهمية التطبيقية:

تكمن الأهمية التطبيقية للبحث في إبراز القيمة العملية للرسم الإخراجي خلال مراحل تصميم المنتج وتطويره، من خلال توضيح دوره في تحسين التواصل بين المصمم والأطراف المشاركة في عملية التطوير، وتسهيل تقييم البدائل التصميمية، والكشف المبكر عن بعض المشكلات، ودعم اتخاذ القرارات المتعلقة بالشكل والوظيفة والمواد والتصنيع. ويمكن أن يسهم توظيف الرسم الإخراجي ضمن عملية تصميم متكاملة في تقليل التعديلات المتأخرة وتحسين كفاءة عملية التطوير ودعم تحقيق متطلبات جودة المنتج، مع التأكيد على أن تقييم الجودة النهائية يتطلب تكامل هذه الأدوات مع التحليل الهندسي والاختبارات الوظيفية وعمليات التحقق الأخرى.

مصطلحات البحث:

الرسم الإخراجي (Product Visualization)

يشير الرسم الإخراجي في سياق التصميم إلى استخدام التمثيلات البصرية لإظهار الأفكار والمفاهيم التصميمية وخصائص المنتج خلال مراحل عملية التصميم، بما يساعد على تصور المنتج وفهم خصائصه الشكلية والوظيفية، وتوضيح المواد والألوان والتشطيبات، وتقييم البدائل التصميمية، والتواصل بين الأطراف المشاركة في عملية تطوير المنتج.

يُقصد بالرسم الإخراجي في هذه الدراسة مجموعة التمثيلات والأساليب البصرية المستخدمة خلال عملية تصميم المنتج وتطويره لتحويل الأفكار والمعلومات التصميمية إلى صور أو نماذج مرئية قابلة للفهم والتقييم، بما يدعم الاتصال البصري، وفهم التصميم، وتقييم البدائل، والكشف المبكر عن الأخطاء، واتخاذ القرار التصميمي.

جودة المنتج (Product Quality)

تشير جودة المنتج إلى مدى قدرة المنتج على تحقيق المتطلبات والمعايير المرتبطة بأدائه ووظيفته واعتماديته وسلامته وخصائصه الجمالية والتصميمية، ومدى ملاءمته للغرض الذي صُمم من أجله. وتُعد الجودة مفهومًا متعدد الأبعاد لا يرتبط بصفة واحدة للمنتج، وإنما بمجموعة من الأبعاد التي يمكن من خلالها تقييم مدى تحقيق المنتج للمتطلبات المحددة.

يُقصد بجودة المنتج في هذه الدراسة مجموعة المؤشرات المرتبطة بجودة القرارات والمخرجات خلال عملية تصميم المنتج وتطويره، والتي يمكن للرسم الإخراجي أن يدعمها بصورة غير مباشرة من خلال تحسين وضوح المعلومات التصميمية، وتقييم البدائل، والكشف المبكر عن المشكلات، ودعم اتخاذ القرار، مع اعتبار أن الحكم على الجودة النهائية للمنتج يتطلب كذلك التحليل الهندسي والاختبارات الوظيفية وعمليات التحقق الأخرى.

الإطار النظري:

مفهوم الرسم الإخراجي في التصميم الصناعي:

يُعد الرسم الإخراجي، في إطار مفهوم الإظهار البصري للمنتج (Product Visualization)، من الأدوات الأساسية في التصميم الصناعي، إذ يمثل وسيلة اتصال بصري تُستخدم لتحويل الأفكار والمفاهيم التصميمية إلى تمثيلات مرئية تساعد على فهم المنتج وتقييمه خلال مراحل عملية التصميم. ولا يقتصر دوره على إظهار الشكل الخارجي للمنتج، بل يمتد إلى توضيح الخصائص الشكلية والوظيفية والمواد والأبعاد والألوان والتشطيبات، بما يسهم في تحسين التواصل بين المصمم والأطراف المشاركة في عملية تطوير المنتج، ويدعم اتخاذ القرارات التصميمية في المراحل المبكرة (Stigliani & Ravasi, 2012).

ومع التطور المتسارع في تقنيات التصميم الرقمي، انتقل الرسم الإخراجي من الاعتماد بصورة رئيسة على الرسومات اليدوية التقليدية إلى بيئات رقمية تستخدم النمذجة ثلاثية الأبعاد والمحاكاة والإظهار الواقعي. وقد وسعت هذه التقنيات إمكانات الإظهار البصري للمنتج، ومكّنت المصممين من استكشاف البدائل التصميمية وتمثيل خصائص المنتج بصورة أكثر دقة وواقعية قبل الانتقال إلى الإنتاج الفعلي، الأمر الذي يساعد على تقييم المقترحات التصميمية والكشف المبكر عن بعض المشكلات وتقليل الحاجة إلى التعديلات المتأخرة (Makgato et al., 2023).

كما يؤدي الرسم الإخراجي دورًا مهمًا في بيئات التصميم التعاوني، إذ يوفر لغة بصرية مشتركة تساعد على تبادل المعلومات بين المصممين والمهندسين وجهات التصنيع، وتحد من سوء فهم المقترحات والمواصفات التصميمية. ومن هذا المنظور، يمثل الإظهار البصري أداة داعمة لعملية تصميم المنتج، تساعد على توضيح المعلومات التصميمية ومناقشتها وتقييمها بين الأطراف المشاركة في عملية التطوير.

وتتعدد صور الإظهار البصري المستخدمة خلال عملية تصميم المنتج، بدءًا من الرسومات الأولية التي تساعد على استكشاف الأفكار وتطوير المفاهيم، مرورًا بالرسومات التوضيحية والنماذج الرقمية ثلاثية الأبعاد، ووصولًا إلى الإظهار الواقعي والمحاكاة البصرية في المراحل الأكثر تقدمًا. ويختلف مستوى التفصيل والدقة في هذه التمثيلات وفقًا للمرحلة التصميمية والغرض من استخدامها، مما يجعل الرسم الإخراجي جزءًا متكاملًا من عملية التواصل والتقييم واتخاذ القرار خلال تطوير المنتج.

وبناءً على ذلك، يُنظر إلى الرسم الإخراجي في هذه الدراسة بوصفه جزءًا من منظومة أوسع للإظهار البصري للمنتج (Product Visualization)، وليس مجرد وسيلة لإنتاج صورة واقعية للشكل النهائي. وتتمثل أهميته في دعمه لعملية تصميم المنتج من خلال تحسين الاتصال البصري وفهم التصميم وتقييم البدائل والكشف المبكر عن المشكلات ودعم اتخاذ القرار، وهي عوامل يمكن أن تنعكس على جودة مخرجات عملية التصميم، دون أن يكون الرسم الإخراجي بمفرده معيارًا للحكم على الجودة النهائية للمنتج.

جودة المنتج الصناعي:

تُعد جودة المنتج من المؤشرات الأساسية لتقييم مدى قدرة المنتج على تلبية احتياجات المستخدمين وتحقيق المتطلبات الوظيفية والجمالية والتقنية وفق المواصفات المحددة. ولا يقتصر مفهوم الجودة على مطابقة المنتج للمواصفات الفنية، بل يمتد ليشمل مجموعة من الخصائص المرتبطة بأداء المنتج واعتماديته ومتانته وسهولة استخدامه والجوانب الجمالية والقيمة المدركة لدى المستخدم.

وقد حدد Garvin (1987) ثمانية أبعاد رئيسة لجودة المنتج، هي: الأداء (Performance)، والخصائص الإضافية (Features)، والاعتمادية (Reliability)، والمطابقة للمواصفات (Conformance)، والمتانة (Durability)، وسهولة

الصيانة (Serviceability)، والجودة المدركة (Perceived Quality)، والجوانب الجمالية (Aesthetics). وتمثل هذه الأبعاد إطارًا يمكن الاستفادة منه في فهم جودة المنتج بوصفها مفهومًا متعدد الأبعاد لا يمكن اختزاله في خاصية واحدة.

وفي مجال التصميم الصناعي، تبدأ الاعتبارات المرتبطة بجودة المنتج منذ المراحل المبكرة لعملية التصميم، حيث تؤثر القرارات المتعلقة بوظيفة المنتج وشكله ومواده وأبعاده وطرق تصنيعه في خصائص المنتج ومخرجات عملية التطوير. وتؤكد منهجيات تطوير المنتجات أهمية اتخاذ القرارات التصميمية وتقييم البدائل في المراحل المبكرة، نظرًا إلى ارتباط هذه القرارات بالمراحل اللاحقة من تطوير المنتج (Ulrich & Eppinger, 2016).

كما أسهم التحول الرقمي في تطوير الأدوات المستخدمة في تقييم المقترحات التصميمية، من خلال التصميم بمساعدة الحاسوب، والنمذجة ثلاثية الأبعاد، والمحاكاة الرقمية. وتتيح هذه الأدوات للمصممين والمهندسين دراسة عدد من خصائص التصميم قبل الانتقال إلى التصنيع، والكشف المبكر عن بعض المشكلات، ومراجعة البدائل وإجراء التعديلات خلال مراحل التطوير، بما يدعم عملية تصميم المنتج ويقلل مخاطر انتقال بعض الأخطاء إلى المراحل اللاحقة (Pahl et al., 2007).

وبناءً على ذلك، تنظر الدراسة إلى جودة المنتج بوصفها نتيجة تكاملية تتأثر بمجموعة من العوامل والعمليات الممتدة من تحديد متطلبات التصميم وتطوير الفكرة وتقييم البدائل، وصولًا إلى التحليل الهندسي والتصنيع والاختبارات الوظيفية. وفي هذا الإطار، يمثل الرسم الإخراجي والإظهار البصري أحد الأدوات الداعمة لعملية تصميم المنتج من خلال تحسين وضوح المعلومات التصميمية وتقييم البدائل ودعم اتخاذ القرار، ولا يمثل بمفرده أداة للحكم على الجودة النهائية للمنتج.

دور الرسم الإخراجي في تحسين جودة المنتج الصناعي:

يمثل الرسم الإخراجي إحدى الأدوات المهمة المستخدمة خلال عملية تصميم المنتج وتطويره، إذ يساعد على تحويل الأفكار والمفاهيم التصميمية إلى تمثيلات بصرية يمكن من خلالها فهم التصميم ومناقشته وتقييمه قبل الانتقال إلى المراحل اللاحقة من التطوير. ومع تطور تقنيات التصميم الرقمي، اتسع نطاق استخدام الإظهار البصري للمنتج ليشمل النمذجة ثلاثية الأبعاد والمحاكاة والإظهار الواقعي، بما يدعم عمليات تقييم المقترحات واتخاذ القرارات التصميمية خلال مراحل تطوير المنتج (Ulrich & Eppinger, 2016).

وتشير الأدبيات إلى أن الاعتبارات المرتبطة بجودة المنتج تبدأ منذ المراحل الأولى لعملية التصميم، حيث تؤثر القرارات المتعلقة بالشكل والوظيفة والمواد والأبعاد وطرق التصنيع في مخرجات المراحل اللاحقة. وفي هذا السياق، يتيح الرسم الإخراجي للمصمم استكشاف البدائل التصميمية ومقارنتها وتوضيح خصائصها قبل الانتقال إلى التصنيع، مما يساعد على اكتشاف بعض المشكلات في مراحل مبكرة ويتيح إجراء التعديلات قبل أن تصبح أكثر تعقيدًا في المراحل اللاحقة من تطوير المنتج (Pahl et al., 2007).

كما يدعم الرسم الإخراجي جودة عملية التصميم من خلال تحسين الاتصال البصري بين الأطراف المشاركة في تطوير المنتج، إذ توفر التمثيلات البصرية لغة مشتركة تساعد المصممين والمهندسين وجهات الإنتاج على فهم المقترحات والمعلومات التصميمية ومناقشتها. ويساعد وضوح هذه المعلومات على تقليل سوء الفهم المرتبط بالمواصفات التصميمية، ودعم تقييم البدائل واتخاذ القرارات المتعلقة بتطوير المنتج (Stigliani & Ravasi, 2012).

وقد وسعت تقنيات الإظهار الرقمي (Digital Visualization) والنمذجة ثلاثية الأبعاد (D Modeling3) إمكانات المصممين في تمثيل الخامات والألوان والإضاءة والخصائص البصرية للمنتج بدرجات متقدمة من الواقعية. كما تساعد هذه التقنيات على مراجعة التصميم والكشف المبكر عن بعض المشكلات وتقليل الحاجة إلى عدد من التعديلات والنماذج الأولية خلال عملية التطوير، وهو ما يمكن أن يسهم في تقليل الزمن والتكلفة المرتبطين ببعض مراحل تطوير المنتج (Makgato et al., 2023).

ومن ثم، فإن العلاقة بين الرسم الإخراجي وجودة المنتج لا تُفهم في هذه الدراسة بوصفها علاقة مباشرة أو مستقلة، وإنما بوصفها علاقة تمر عبر عملية تصميم المنتج ومجموعة من العوامل الوسيطة؛ إذ يدعم الرسم الإخراجي جودة الاتصال البصري وفهم التصميم وتقييم البدائل والكشف المبكر عن المشكلات واتخاذ القرار التصميمي. ويمكن لهذه العوامل، عند تكاملها مع التحليل الهندسي والتقييم الوظيفي والاختبارات وعمليات التصنيع، أن تدعم تحقيق متطلبات جودة المنتج.

وعلى هذا الأساس، يمثل الرسم الإخراجي أداة داعمة ضمن منظومة متكاملة لتصميم المنتج وتطويره، ولا يعني ارتفاع جودة الإظهار البصري بالضرورة ارتفاع الجودة التقنية أو الوظيفية للمنتج؛ إذ ينبغي التمييز بين جودة تمثيل التصميم بصريًا وجودة الحل التصميمي ذاته.

جدول (1): إسهامات الرسم الإخراجي في دعم عملية تصميم المنتج وجودته

مجال التأثير	أثر الرسم الإخراجي
جودة التصميم	دعم تقييم الحلول والبدائل التصميمية
جودة الاتصال	تعزيز التواصل بين المصمم والمهندس وجهات الإنتاج
تقليل الأخطاء	دعم الكشف المبكر عن المشكلات التصميمية قبل التصنيع
خفض التكلفة	المساعدة في تقليل بعض التعديلات والنماذج الأولية
سرعة التطوير	دعم كفاءة عملية تطوير المنتج
جودة المنتج	دعم تقييم الخصائص الشكلية والجمالية وبعض الخصائص القابلة للتمثيل بصريًا قبل التصنيع

المصدر: إعداد الباحث استنادًا إلى تحليل الأدبيات والدراسات السابقة.

الدراسات السابقة:

تناولت دراسة Detchprohm وآخرين (2025) أثر جودة الرسومات الأولية والرسم الإخراجي (Sketch and Render Quality) في تقييم المفاهيم التصميمية ضمن عملية التصميم الهندسي. واعتمدت الدراسة المنهج التجريبي، حيث شارك (91) طالبًا في الهندسة لتقييم مجموعة من المنتجات المعروضة بمستويات مختلفة من جودة الرسومات والإظهار البصري. وهدفت الدراسة إلى معرفة ما إذا كانت جودة الرسومات تؤثر في إدراك المشاركين لوظائف المنتجات وجودتها أثناء مرحلة تقييم المفاهيم التصميمية.

وأظهرت النتائج أن جودة الرسم الإخراجي لا تؤدي بالضرورة إلى رفع التقييم الموضوعي للوظائف التقنية للمنتج، إلا أنها تؤثر بصورة ملحوظة في الانطباعات التفضيلية والجوانب الإدراكية للمفاهيم التصميمية، كما تبين أن المصممين الأكثر خبرة كانوا أقل تأثرًا بجودة الإظهار البصري عند تقييم الوظائف الفعلية للمنتج مقارنة بالمبتدئين. وأكدت الدراسة أهمية الفصل بين جودة العرض البصري وجودة الحل التصميمي عند تقييم المنتجات الصناعية، مع الإشارة إلى أن الإظهار الواقعي يظل أداة فعالة في دعم التواصل البصري خلال عملية التصميم.

وتستفيد الدراسة الحالية من هذه النتائج في توضيح أن الرسم الإخراجي لا يقتصر تأثيره على الجانب الجمالي، وإنما يسهم في تحسين التواصل واتخاذ القرار التصميمي، مع التركيز بصورة أوسع على علاقته بجودة المنتج الصناعي خلال مراحل تطويره، وهو جانب لم يكن محور الدراسة السابقة.

بحثت دراسة Fortuna وآخرين (2024) تأثير تقنيات مختلفة لإظهار محتوى الواقع المعزز في مهام فحص التجميع الصناعي. وقد نشرت الدراسة في مجلة Computers in Industry، وركزت على كيفية عرض النموذج الرقمي والمعلومات الافتراضية للعامل أثناء مقارنة التجميع الحقيقي بالنموذج المرجعي.

وتشير الدراسة إلى أن طريقة الإظهار في بيئات الواقع المعزز تؤثر في أداء المستخدم أثناء الفحص الصناعي، لأن وضوح التراكب بين النموذج الافتراضي والمنتج الفعلي يساعد على اكتشاف الاختلافات والأخطاء في التجميع. وتوضح هذه النتيجة أن الإظهار الرقمي الدقيق يمكن أن يتجاوز وظيفة العرض الجمالي ليصبح أداة عملية في مراقبة الجودة والتحقق من مطابقة المنتج للمواصفات.

وتستفيد الدراسة الحالية من هذه النتائج في بيان أن الرسم الإخراجي والنماذج البصرية الرقمية يمكن أن تسهما في تحسين جودة المنتج من خلال دعم عمليات المراجعة والفحص واكتشاف الانحرافات عن التصميم المعتمد. غير أن دراسة Fortuna وآخرين تركز على مرحلة فحص التجميع الصناعي، بينما تبحث الدراسة الحالية في دور الرسم الإخراجي عبر مراحل التصميم والتطوير بصورة أشمل.

قدمت دراسة Wang وآخرين (2024) منهجًا لتوليد الرسوم الإخراجية للمنتجات بما يتوافق مع الاحتياجات العاطفية المتعددة للمستخدمين، من خلال دمج أسلوب ترجيح وتقييم للخصائص مع نموذج Stable Diffusion التوليدي. وركزت الدراسة على تحويل تفضيلات المستخدمين العاطفية إلى محددات يمكن الاستفادة منها في إنتاج بدائل بصرية للمنتج.

وتبين من الدراسة أن تقنيات التوليد البصري المدعومة بالذكاء الاصطناعي يمكن أن تساعد في إنتاج بدائل متعددة للرسم الإخراجي، وربط الخصائص الشكلية والتعبيرية للمنتج بالاستجابات العاطفية المستهدفة. وتكتسب هذه النتيجة أهميتها من أن جودة المنتج الصناعي لا تقتصر على الأداء الوظيفي، بل تشمل أيضًا الجودة الجمالية والجودة المدركة ومدى ملاءمة الشكل لتوقعات المستخدم.

وتستفيد الدراسة الحالية من هذه الدراسة في توضيح أن الرسم الإخراجي يمكن أن يسهم في تقييم الخصائص الجمالية والانفعالية للمنتج قبل التصنيع، وفي مقارنة بدائل الشكل واللون والخامة. لكنها تختلف عنها في أن الدراسة الحالية لا تركز على خوارزمية توليد الصور، بل على الدور العام للرسم الإخراجي في تحقيق جودة المنتج الصناعي.

بحثت دراسة Barros وEi (2024) مدى فاعلية نماذج تحويل النص إلى صورة في مساعدة المصممين الصناعيين على تصور مفاهيم المنتجات. واعتمد الباحثان منهج البحث الإجرائي والتأمل أثناء الممارسة، وأجريا سلسلة من التجارب باستخدام نموذج Stable Diffusion لتوليد تصورات تصميمية للكراسي خلال مرحلتي تحديد المشكلة وتطوير الحلول.

وأظهرت الدراسة أن أدوات توليد الصور يمكن أن تدعم المصمم في استكشاف الغموض البصري، وتحسين الأفكار الأولية، وتوليد بدائل شكلية متعددة بسرعة. إلا أن الدراسة كشفت أيضًا عن محدودية هذه الأدوات في إنتاج حلول متماسكة وقابلة للتطوير المباشر إلى منتجات نهائية، بسبب مشكلات الاتساق الهندسي والتحكم في التفاصيل والارتباط الدقيق بالمتطلبات التصميمية.

وتستفيد الدراسة الحالية من هذه النتائج في بيان أن التقنيات الحديثة يمكن أن توسع إمكانات الرسم الإخراجي في توليد البدائل واستكشاف الاتجاهات الجمالية، لكنها لا تلغي دور المصمم في التحقق من الوظيفة، والأبعاد، وقابلية التصنيع. وعليه، فإن جودة الصورة الناتجة لا تعني بالضرورة جودة المنتج الصناعي، ما لم تخضع الصورة للتحليل والتطوير الفني والهندسي.

تناولت دراسة Palacios-Ibanez وآخرين (2023) استخدام تقنيات الواقع الممتد في تقييم خصائص المنتجات خلال المراحل المبكرة من عملية تطوير المنتج. وركزت الدراسة على تأثير وسيلة العرض البصري في إدراك المستخدم للمنتج وتقييم خصائصه، من خلال مقارنة عدة وسائل عرض شملت الصور الفوتوغرافية، والإظهار غير الواقعي، والواقع المعزز، والواقع الافتراضي. كما استخدمت الدراسة تصميمات مختلفة لمنتجات منزلية لاختبار مدى تأثر تقييم المشاركين بطريقة عرض المنتج.

وأظهرت النتائج أن وسيلة العرض البصري قد تؤثر في استجابة المستخدم الإدراكية وفي تقييمه لبعض خصائص المنتج، ولا سيما الجوانب المرتبطة بالمتعة النفسية والانطباع الحسي. كما أشارت الدراسة إلى فاعلية الواقع الافتراضي الواقعي بصريًا في تقييم المنتجات، مع اختلاف مستوى التأثير باختلاف الخاصية التي يجري تقييمها. وهذا يعني أن نتائج تقييم المنتج قد لا تعتمد على التصميم وحده، بل قد تتأثر أيضًا بدرجة واقعية التمثيل وطريقة تقديمه للمستخدم.

وتستفيد الدراسة الحالية من هذه النتائج في تأكيد أهمية اختيار مستوى الإظهار ووسيلة العرض المناسبة عند تقييم المنتج الصناعي. كما تبين أن الرسم الإخراجي يمكن أن يؤثر في إدراك الجودة الجمالية والحسية، ولذلك ينبغي استخدامه بصورة منهجية تضمن عدم الخلط بين جودة العرض وجودة التصميم الفعلية.

تناولت دراسة Cascini وآخرين (2021) إمكانات استخدام الواقع المعزز القائم على الإسقاط في إنشاء التمثيلات التصميمية ودعم جلسات التصميم التشاركي للمنتجات. وركزت الدراسة على مقارنة أداة رقمية تفاعلية بوسائل التمثيل التقليدية أثناء مشاركة المستخدمين والمصممين في تطوير الأفكار. وقد انطلقت من فرضية أن التمثيل البصري التفاعلي قد يساعد المشاركين على فهم المقترحات التصميمية وتعديلها بصورة أكثر مباشرة أثناء جلسات التصميم المشترك.

وأظهرت الدراسة أن تقنيات الواقع المعزز يمكن أن تدعم إنشاء التمثيلات التصميمية داخل جلسات المشاركة، وأنها تتيح للمستخدمين والمصممين التفاعل مع المقترحات المرئية بصورة أقرب إلى السياق الحقيقي للمنتج. وتبرز أهمية هذه النتيجة في أن جودة التمثيل لا ترتبط فقط بمظهر الصورة، بل بقدرته على تسهيل الفهم والمشاركة وتبادل الملاحظات خلال عملية تطوير المنتج.

وتستفيد الدراسة الحالية من هذه الدراسة في تأكيد دور التمثيلات الإخراجية التفاعلية في رفع جودة التواصل التصميمي وإتاحة اكتشاف احتياجات المستخدمين وملاحظاتهم قبل تثبيت التصميم النهائي. ومع ذلك، تختلف الدراسة الحالية عنها في أنها تتناول الرسم الإخراجي ضمن إطار أوسع يرتبط بجودة المنتج الصناعي، وليس فقط بفاعلية جلسات التصميم التشاركي.

تناولت دراسة Han وForbes وSchaefer (2021) العلاقات بين الإبداع والوظيفة والجماليات في تقييم التصميم. واعتمدت الدراسة حالة تجريبية قام فيها خبراء تصميم بتقييم خمسة وأربعين نموذجًا تصميميًا موزعة على ثلاث فئات من المنتجات، هي الكراسي والمصابيح والمزهريات. وتم التقييم باستخدام ستة متغيرات شملت الوظيفة، والجماليات، والجدة، والمنفعة، والمفاجأة، والإبداع الكلي.

وأظهرت النتائج وجود علاقة إيجابية ذات دلالة بين الجماليات والإبداع عند تحليل النماذج مجتمعة، في حين لم تظهر علاقة ذات دلالة إحصائية بين الوظيفة والإبداع بصورة عامة. كما وجدت الدراسة علاقة قوية بين الوظيفة والمنفعة، وبين الإبداع وكل من الجدة والمفاجأة. ونبه الباحثون إلى أن النتائج مرتبطة بأنواع المنتجات والعينة المستخدمة، ولذلك لا يمكن تعميمها على جميع المنتجات دون تحفظ.

وتستفيد الدراسة الحالية من هذه النتائج في توضيح أن جودة المنتج الصناعي مفهوم متعدد الأبعاد، ولا يجوز اختزاله في الجاذبية البصرية وحدها. فالرسم الإخراجي يتيح تقييم الجماليات والجدة والانطباع البصري، لكنه يحتاج إلى أن يُدمج مع تقييم مستقل للوظيفة والمنفعة والمتطلبات التقنية. كما تدعم الدراسة ضرورة الفصل بين جودة الرسم الإخراجي والجودة الشاملة للمنتج.

تناولت دراسة Barbarash (2016) اتجاهات المصممين وطلاب التصميم نحو استخدام الوسائل اليدوية والرقمية والهجينة في إنتاج الرسومات التصميمية. واعتمدت على مسح ممارسين وطلاب من مجالات تصميم متعددة للتعرف على تفضيلاتهم في إعداد الرسومات الأولية والرسومات التوضيحية والجذابة بصريًا.

وأظهرت النتائج وجود اختلافات بين الفئات العمرية ومستويات الخبرة في تفضيل أدوات التمثيل؛ إذ اتجهت الفئات الأصغر سنًا والطلاب بدرجة أكبر إلى الوسائل الرقمية، في حين استخدمت بعض فئات الممارسين مزيجًا من الأدوات اليدوية والرقمية. وتشير هذه النتائج إلى أن فاعلية الرسم الإخراجي لا تعتمد على الأداة وحدها، بل على مناسبة الوسيلة لمرحلة التصميم وخبرة المصمم والغرض من التمثيل البصري.

وتستفيد الدراسة الحالية من هذه النتائج في تأكيد أن تحسين جودة المنتج لا يتطلب استبدال الرسم اليدوي بالرسم الرقمي بصورة مطلقة، بل يتطلب اختيار وسيلة الإظهار المناسبة لكل مرحلة؛ فالرسم اليدوي قد يكون أكثر مرونة في توليد الأفكار، بينما يتيح الإظهار الرقمي دقة أكبر في تقييم الخامات والألوان والتفاصيل النهائية.

التعقيب العام على الدراسات السابقة:

تكشف الدراسات السابقة أن الرسم الإخراجي والإظهار البصري للمنتج يؤديان أدوارًا متعددة خلال عملية تصميم المنتج وتطويره، تشمل استكشاف الأفكار والمفاهيم التصميمية، وتقييم البدائل، وتحسين الاتصال بين الأطراف المشاركة في عملية التطوير، ودعم مشاركة المستخدم، والكشف عن بعض المشكلات، والمساعدة في عرض الخصائص الشكلية والجمالية للمنتج. كما توضح الدراسات أن التطور في تقنيات الإظهار الرقمي والواقع الممتد والذكاء الاصطناعي أسهم في توسيع إمكانات المصمم في إنتاج تمثيلات بصرية أكثر تنوعًا وواقعية خلال مراحل التصميم.

وفي المقابل، تشير نتائج الدراسات إلى أن ارتفاع جودة الرسم الإخراجي أو درجة واقعيته وجاذبيته البصرية لا يمثل في حد ذاته دليلًا كافيًا على ارتفاع الجودة الوظيفية أو التقنية للمنتج. فقد تؤثر جودة الإظهار في فهم التصميم والانطباع البصري وتقييم بعض خصائصه، بينما تظل الوظيفة، ودقة الأبعاد، والأداء الهندسي، وقابلية التصنيع بحاجة إلى وسائل مستقلة للتحليل والتقييم والاختبار. ومن ثم، ينبغي النظر إلى الرسم الإخراجي بوصفه أداة داعمة ضمن منظومة تصميم المنتج وتطويره، وليس بديلًا عن التحليل الهندسي والنمذجة والاختبارات الوظيفية.

وتظهر المقارنة بين الدراسات السابقة أن إسهام الرسم الإخراجي في دعم جودة المنتج يتحقق من خلال عدد من المسارات المرتبطة بعملية التصميم، من أبرزها تحسين جودة الاتصال البصري وفهم التصميم، وتسهيل تقييم البدائل التصميمية، والكشف المبكر عن المشكلات، ودعم اتخاذ القرار. ويشير ذلك إلى أن العلاقة بين الرسم الإخراجي وجودة المنتج لا ينبغي تفسيرها بوصفها علاقة مباشرة ومستقلة، وإنما من خلال الدور الذي تؤديه هذه العوامل داخل عملية تصميم المنتج وتطويره.

الفجوة البحثية:

على الرغم من تعدد الدراسات التي تناولت الرسم الإخراجي والإظهار البصري وتقنيات الواقع الافتراضي والواقع المعزز والذكاء الاصطناعي التوليدي في مجالات التصميم وتطوير المنتجات، فإن الدراسات السابقة تناولت في الغالب جوانب محددة من هذه الموضوعات؛ مثل تأثير جودة التمثيل البصري في إدراك المفاهيم التصميمية، أو دور وسائل العرض التفاعلية في مشاركة المستخدم، أو توظيف الواقع المعزز في الفحص، أو استخدام الذكاء الاصطناعي في توليد التصورات والبدائل البصرية.

كما تُظهر مراجعة الدراسات السابقة أن جانبًا منها ركز على جودة التمثيل البصري أو استجابة المستخدم له، في حين تناولت دراسات أخرى وظائف محددة مثل التواصل التصميمي أو تقييم البدائل أو اكتشاف الأخطاء. ومن ثم تبرز الحاجة إلى

إطار تحليلي يجمع هذه الأدوار ضمن مسار مفاهيمي يوضح موقع الرسم الإخراجي داخل عملية تصميم المنتج، والعوامل التي يمكن من خلالها أن يدعم جودة مخرجات هذه العملية.

وبناءً على ذلك، تتمثل الفجوة التي تعالجها الدراسة الحالية في الحاجة إلى تحليل العلاقة بين الرسم الإخراجي وجودة المنتج من خلال عملية تصميم المنتج والعوامل الوسيطة المرتبطة بها، وبصفة خاصة جودة الاتصال البصري، وفهم التصميم، وتقييم البدائل التصميمية، والكشف المبكر عن المشكلات، ودعم اتخاذ القرار. وتسعى الدراسة استنادًا إلى الأدبيات السابقة إلى تقديم نموذج تحليلي مقترح ينظم هذه العلاقات ويوضح المسار الذي يمكن من خلاله للرسم الإخراجي أن يدعم جودة المنتج دون افتراض وجود تأثير مباشر أو مستقل.

منهجية واجراءات البحث:

منهج البحث:

انتهجت الدراسة المنهج الاستقرائي، وحسب تعريف (سلامة، 1999، 34) فانه: المنهج الذي يهتم باستقراء الأجزاء ليستدل منها على حقائق تعم على الكل، هو الطريق نحو تكوين المفاهيم والوصول إلى التعميمات، عن طرق الملاحظة ودراسة الفروض والبراهين وإيجاد الأدلة.

كما اتبعت المنهج الوصفي وذلك في وصف المفاهيم والاتجاهات الواردة في الأدبيات، والتحليل النوعي للمحتوى وذلك بتحليل العلاقات بينها، مع مقارنة نتائج الدراسات السابقة، لاستنباط المؤشرات المرتبطة بدور الرسم الإخراجي خلال عملية تصميم المنتج وتطويره. كما تستفيد الدراسة من نتائج هذا التحليل في بناء نموذج تحليلي مقترح يوضح العلاقة بين الرسم الإخراجي وجودة المنتج من خلال عملية تصميم المنتج والعوامل الوسيطة المرتبطة بها. حيث تقوم الدراسة على تحليل المحتوى العلمي للأدبيات والدراسات السابقة بوصفه الأداة الرئيسة لجمع البيانات، وذلك من خلال:

1. مراجعة الكتب والمراجع العلمية المتخصصة في التصميم وتطوير المنتجات وجودة المنتج.
2. تحليل المقالات والدراسات المنشورة في المجلات العلمية المحكمة ذات الصلة بموضوع البحث.
3. مقارنة نتائج الدراسات السابقة وتحديد أوجه الاتفاق والاختلاف بينها.
4. استخلاص المؤشرات المتعلقة بأدوار الرسم الإخراجي والإظهار البصري خلال عملية تصميم المنتج وتطويره.
5. تصنيف المؤشرات المستخلصة وفق المحاور المرتبطة بعملية التصميم وجودة المنتج.

مجتمع البحث:

تمثل مجتمع الدراسة في الأدبيات العلمية المنشورة ذات الصلة بالرسم الإخراجي والإظهار البصري، والتصميم الصناعي، وتصميم المنتج وتطويره، وجودة المنتج، والتي شملت الكتب العلمية المتخصصة والمقالات المنشورة في المجلات الأكاديمية والدوريات العلمية المحكمة ذات الصلة بموضوع الدراسة.

عينة البحث:

هي عينة قصدية من الأدبيات والدراسات العلمية، بلغ حجمها أربع مرجعيات، ذات ذات قيمة علمية مشهود لها في مجالات جودة المنتج والتصميم الهندسي وتطوير المنتجات.

وشملت العينة المؤلفات المرجعية التالية:

م.	المؤلف	تصنيف المرجع	محور الاستدلال	تقييم المرجع
1	Garvin (1987)	مقالة مرجعية	أبعاد جودة المنتج	تأسيسي
2	Pahl et al. (2007)	كتاب منهجي	التصميم المفاهيمي، تقييم الحلول، التصميم للجودة	تأسيسي
3	Ulrich & Eppinger (2016)	كتاب تطوير منتجات	**توليد المفاهيم، الاختيار، الاختبار، التصميم الصناعي والنمذجة**	تأسيسي
4	Detchprohm et al. (2025)	دراسة تجريبية محكمة	وأثرها في تقييم المفاهيم Sketch/Render جودة	حديث مباشر

اجراءات البحث:

تم استنباط مؤشرات من العينات المرجعية العلمية المشار اليها، ومن الأدبيات والدراسات السابقة، وذلك من خلال تحليل البيانات باستخدام التحليل النوعي للمحتوى (Qualitative Content Analysis)، للمحاور الرئيسة التالية:

1. دور الرسم الإخراجي في تحسين الاتصال البصري وفهم التصميم.
2. دور الرسم الإخراجي في تقييم البدائل التصميمية.
3. دور الرسم الإخراجي في الكشف المبكر عن الأخطاء والمشكلات التصميمية.
4. دور الرسم الإخراجي في دعم اتخاذ القرار التصميمي.
5. دور الرسم الإخراجي في دعم كفاءة عملية تطوير المنتج من حيث الزمن والتعديلات والتكلفة.
6. العلاقة بين هذه الأدوار ومؤشرات جودة المنتج في ضوء عملية تصميم المنتج وتطويره.

وبعد تصنيف الأدبيات وفق هذه المحاور، تمت مقارنة النتائج وتحليل أوجه الاتفاق والاختلاف بينها، ثم استنباط العلاقات المتكررة التي أشارت إليها الأدبيات، والاستفادة منها في بناء النموذج التحليلي المقترح للدراسة.3. النموذج التحليلي المقترح لدور الرسم الإخراجي في تحسين جودة المنتج الصناعي

استنادًا إلى الأدبيات والدراسات السابقة، يتضح أن الرسم الإخراجي لا يمثل مرحلة منفصلة في عملية التصميم الصناعي، بل يشكل عنصرًا تكامليًا يدعم مختلف مراحل تطوير المنتج. وقد بينت الدراسات أن دوره يمتد من توليد الأفكار والتصورات الأولية، مرورًا بتقييم البدائل التصميمية وتعزيز التواصل بين فرق العمل، وصولًا إلى دعم جودة عملية تصميم المنتج من خلال الكشف المبكر عن المشكلات ودعم اتخاذ القرار (Pahletal.,2007; Ulrich & Eppinger, 2016; Ravasi & Stigliani, 2012).

نتائج البحث:

استنادًا إلى تحليل الأدبيات والدراسات السابقة، يتضح أن الرسم الإخراجي لا يمثل مجرد وسيلة لإظهار الشكل النهائي للمنتج، بل يؤدي دورًا داعمًا في مختلف مراحل عملية تصميم المنتج وتطويره. ويتمثل هذا الدور في تحسين الاتصال البصري وفهم التصميم، ودعم تقييم البدائل التصميمية، والمساعدة في الكشف المبكر عن الأخطاء والمشكلات، وتعزيز عملية اتخاذ القرار التصميمي.

وتشير الأدبيات إلى أن العلاقة بين الرسم الإخراجي وجودة المنتج لا ينبغي تفسيرها بوصفها علاقة مباشرة أو مستقلة، وإنما بوصفها علاقة غير مباشرة تمر عبر مجموعة من العوامل الوسيطة المرتبطة بعملية التصميم والتطوير. فكلما أسهم الرسم الإخراجي في تحسين وضوح المعلومات التصميمية، وتقييم البدائل، والكشف المبكر عن المشكلات، ودعم القرارات التصميمية، انعكس ذلك على كفاءة عملية تطوير المنتج، ومن ثم دعم مؤشرات جودة المنتج.

وبناءً على ذلك، تقترح الدراسة نموذجًا تحليليًا يوضح العلاقة بين الرسم الإخراجي والعوامل الوسيطة المرتبطة بعملية تصميم المنتج وتطويره، وصولًا إلى دعم جودة المنتج، كما هو موضح في الشكل (1).

شكل 1: النموذج التحليلي المقترح لدور الرسم الإخراجي في تحسين جودة المنتج الصناعي



المصدر: إعداد الباحث اعتمادًا على Garvin (1987)، Pahl et al. (2007)، Ulrich and Eppinger (2016)، Ravasi and Stigliani (2012)، والدراسات السابقة.

ملخص النتائج:

في ضوء تحليل الأدبيات والدراسات السابقة، توصلت الدراسة إلى النتائج الآتية:

1. يعد الرسم الإخراجي أداة رئيسة في دعم عمليات التصميم الصناعي وتطوير المنتجات.

2. يسهم الرسم الإخراجي في تحسين جودة الاتصال بين المصممين والمهندسين وجهات التصنيع، مما يقلل من احتمالات سوء تفسير المعلومات التصميمية.

3. يساعد الرسم الإخراجي على تقييم البدائل التصميمية ومقارنتها قبل مرحلة التصنيع، بما يدعم اختيار الحلول التصميمية المناسبة.

4. يساعد استخدام الرسم الإخراجي على اكتشاف بعض الأخطاء والمشكلات التصميمية في المراحل المبكرة، مما يمكن أن يقلل من الحاجة إلى التعديلات اللاحقة.

5. تدعم تقنيات الإظهار الرقمي الحديثة عملية اتخاذ القرار التصميمي من خلال توفير تمثيلات بصرية تساعد على فهم التصميم وتقييم البدائل بصورة أكثر وضوحًا.تؤثر جودة الرسم الإخراجي في إدراك المستخدم وانطباعه عن المنتج، إلا أنها لا تعد مؤشرًا كافيًا للحكم على الجودة الوظيفية للمنتج.

6. يتحقق الدور الأكبر للرسم الإخراجي عندما يكون جزءًا من منظومة متكاملة تشمل التحليل الهندسي، والنمذجة، والاختبارات الفنية.

7. تتمثل العلاقة بين الرسم الإخراجي وجودة المنتج في علاقة غير مباشرة تمر عبر تحسين الاتصال البصري وفهم التصميم، ودعم تقييم البدائل، والكشف المبكر عن المشكلات، ودعم اتخاذ القرار، بما يسهم في تحسين جودة عملية تصميم المنتج ودعم جودة المنتج.

مناقشة النتائج:

تشير مناقشة النتائج إلى أن الرسم الإخراجي لم يعد مجرد وسيلة لإظهار الشكل الخارجي للمنتج، بل أصبح أداة تدعم مختلف مراحل تطوير المنتج الصناعي. فقد أوضحت الأدبيات أنه يسهم في تحسين جودة التصميم، وتعزيز التواصل بين فرق العمل، ودعم اتخاذ القرار، واكتشاف بعض الأخطاء في مراحل مبكرة، وتقليل الحاجة إلى التعديلات اللاحقة، وهي عوامل يمكن أن تدعم جودة عملية تصميم المنتج. كما أكدت المناقشة أن الاستفادة القصوى من الرسم الإخراجي تتحقق عند دمجه مع أساليب التحليل الهندسي، والنمذجة الرقمية، والاختبارات الوظيفية، بما يحقق التكامل بين المتطلبات التقنية والجمالية واحتياجات المستخدمين.

دور الرسم الإخراجي في تحسين جودة التصميم الصناعي

أظهرت نتائج الدراسة أن الرسم الإخراجي يمثل أحد العناصر الأساسية في تحسين جودة التصميم الصناعي، إذ يسهم في تحويل الأفكار التصميمية إلى تمثيلات بصرية واضحة تساعد المصمم على تقييم المنتج قبل الانتقال إلى مراحل النمذجة والتصنيع. ويتيح هذا التمثيل إمكانية مراجعة العلاقات الشكلية، والأبعاد، والخامات، والألوان، بما يساعد على اكتشاف أوجه القصور التصميمية في وقت مبكر، وتقليل الحاجة إلى إجراء تعديلات مكلفة خلال المراحل اللاحقة من تطوير المنتج.

وتتفق هذه النتيجة مع ما أشار إليه Ulrich وEppinger (2016) من أن جودة القرارات المتخذة في المراحل الأولى من تطوير المنتج تؤثر بصورة مباشرة في جودة المنتج النهائي وتكلفة إنتاجه، كما تتوافق مع منهجية Pahl وآخرين (2007) التي تؤكد أن التقييم المستمر للحلول التصميمية خلال مراحل التطوير يعد من أهم عوامل نجاح عملية التصميم الهندسي.

كما تؤيد هذه النتيجة ما توصل إليه Ravasi وStigliani (2012)، اللذان أوضحا أن الرسومات والنماذج البصرية لا تقتصر وظيفتها على عرض الفكرة التصميمية، بل تؤدي دورًا معرفيًا في تطويرها، إذ تساعد فرق العمل على فهم المشكلات التصميمية واستكشاف حلول جديدة قبل اتخاذ القرار النهائي.

ومن خلال تحليل هذه الأدبيات، يتضح أن الرسم الإخراجي يسهم في رفع جودة التصميم ليس بسبب تحسين المظهر البصري فقط، وإنما لأنه يوفر بيئة تسمح بتحليل التصميم ومراجعته بصورة مستمرة، الأمر الذي يؤدي إلى تحسين جودة الحلول التصميمية وتقليل احتمالات الخطأ قبل مرحلة الإنتاج.

دور الرسم الإخراجي في دعم اتخاذ القرار التصميمي

أظهرت نتائج تحليل الأدبيات أن الرسم الإخراجي يؤدي دورًا داعمًا في عملية اتخاذ القرار خلال تصميم المنتج وتطويره، من خلال تحويل البدائل التصميمية إلى تمثيلات بصرية واضحة تتيح للمصممين والمهندسين والأطراف المشاركة مناقشة الحلول ومقارنتها بصورة أكثر دقة. ويسهم ذلك في تحسين فهم التصميم وتقليل الغموض المرتبط بنقل المعلومات التصميمية، بما يساعد على تقييم البدائل قبل الانتقال إلى المراحل اللاحقة من التطوير.

ويتفق ذلك مع ما أشار إليه Stigliani وRavasi (2012) من أن التمثيلات البصرية تؤدي دورًا معرفيًا واتصاليًا داخل فرق التصميم، إذ تساعد على تكوين فهم مشترك للمقترحات التصميمية ومناقشتها وتطويرها. كما أظهرت دراسة Detchprohm وآخرين (2025) أن مستوى جودة الرسم والإظهار البصري يمكن أن يؤثر في إدراك المقيمين للمفاهيم التصميمية وانطباعاتهم عنها، إلا أن جودة الإظهار لا تكفي وحدها للحكم على الأداء الوظيفي الفعلي للمنتج.

وعليه، فإن إسهام الرسم الإخراجي في اتخاذ القرار لا يتحقق بوصفه أداة مستقلة لتحديد البديل الأفضل، وإنما من خلال تحسين جودة المعلومات المتاحة لاتخاذ القرار؛ إذ يتيح عرض الاختلافات بين البدائل، ومراجعة الخصائص الشكلية والجمالية وبعض الخصائص الوظيفية القابلة للتمثيل بصريًا، وتبادل الملاحظات بين الأطراف المشاركة في عملية التصميم.

وبذلك يمثل دعم اتخاذ القرار التصميمي أحد العوامل الوسيطة التي تفسر العلاقة بين الرسم الإخراجي وجودة المنتج؛ فالرسم الإخراجي يحسن وضوح المعلومات وفهم التصميم وتقييم البدائل، وهو ما يدعم جودة القرارات المتخذة خلال عملية تصميم المنتج وتطويره. ومع ذلك، يظل اعتماد التصميم النهائي مرتبطًا بتكامل التقييم البصري مع التحليل الهندسي، والتقييم الوظيفي، وقابلية التصنيع، والاختبارات اللازمة، ولا يمكن الاستناد إلى جودة الرسم الإخراجي وحدها للحكم على جودة المنتج النهائي.

دور الرسم الإخراجي في الكشف المبكر عن الأخطاء ودعم كفاءة تطوير المنتج

أظهرت نتائج الدراسة أن الرسم الإخراجي والإظهار البصري يمكن أن يساعدا في الكشف المبكر عن بعض الأخطاء والمشكلات التصميمية قبل الانتقال إلى مراحل متقدمة من تطوير المنتج. فمن خلال التمثيلات البصرية والنماذج الرقمية، يمكن مراجعة الشكل والنسب والعلاقات بين الأجزاء والتجميع وبعض الخصائص المرتبطة بالخامات والتشطيبات، مما يتيح اكتشاف عدد من المشكلات وإجراء التعديلات في مراحل مبكرة.

وتتفق هذه النتيجة مع ما أشار إليه Pahl وآخرون (2007) بشأن أهمية التقييم المستمر للحلول التصميمية خلال مراحل تطوير المنتج، كما تتوافق مع نتائج Fortuna وآخرين (2024) التي أظهرت أهمية تقنيات الإظهار الرقمي والواقع المعزز في دعم عمليات الفحص والكشف عن الاختلافات والأخطاء المرتبطة بعمليات التجميع.

كما تشير الأدبيات إلى أن اكتشاف بعض المشكلات في مراحل مبكرة، إلى جانب تحسين التواصل وتقييم البدائل قبل التنفيذ، يمكن أن يقلل الحاجة إلى بعض التعديلات المتأخرة والنماذج الأولية المتكررة، وهو ما قد يدعم كفاءة عملية تطوير المنتج من حيث الزمن والتكلفة. ومع ذلك، لا تقيس الدراسة الحالية مقدار هذا الانخفاض بصورة كمية، وإنما تستخلص هذا الاتجاه من نتائج الأدبيات والدراسات السابقة التي تم تحليلها.

وبناءً على ذلك، يمثل الكشف المبكر عن الأخطاء والمشكلات أحد العوامل الوسيطة التي توضح دور الرسم الإخراجي في دعم جودة عملية تصميم المنتج وتطويره. ولا يعني ذلك أن الرسم الإخراجي قادر بمفرده على اكتشاف جميع الأخطاء الهندسية أو الوظيفية، إذ يتطلب التحقق من هذه الجوانب التكامل مع التحليل الهندسي والمحاكاة والاختبارات الوظيفية ووسائل التحقق الأخرى.

دور الرسم الإخراجي في دعم جودة المنتج

أظهرت نتائج التحليل أن دور الرسم الإخراجي في دعم جودة المنتج يرتبط بعدد من الجوانب التي تتشكل خلال عملية التصميم والتطوير، من أبرزها وضوح الخصائص الجمالية والشكلية، وتحسين فهم التصميم، وتسهيل تقييم البدائل التصميمية، ودعم التواصل بين الأطراف المشاركة في عملية تطوير المنتج. وتشير هذه النتيجة إلى أن الاعتبارات المرتبطة بجودة المنتج تبدأ منذ المراحل الأولى لتطوير الفكرة والتصور التصميمي، ولا تقتصر على مرحلة التصنيع وحدها.

وتتوافق هذه النتيجة مع نموذج Garvin (1987)، الذي يوضح أن جودة المنتج مفهوم متعدد الأبعاد يشمل الأداء، والخصائص الإضافية، والاعتمادية، والمطابقة للمواصفات، والمتانة، وسهولة الصيانة، والجودة المدركة، والجوانب الجمالية. ومن هذا المنطلق، يمكن للرسم الإخراجي أن يدعم عملية التصميم من خلال توفير تمثيلات بصرية تساعد على فهم بعض خصائص المنتج ومراجعتها وتقييم البدائل قبل الانتقال إلى مراحل الإنتاج.

وفي المقابل، لا ينبغي تفسير جودة الرسم الإخراجي بوصفها مؤشرًا مباشرًا على جودة المنتج النهائي، إذ أوضحت دراسة Detchprohm وآخرين (2025) أن جودة الإظهار البصري قد تؤثر في إدراك المقيمين وانطباعاتهم عن المفاهيم التصميمية دون أن تعكس بالضرورة جودة الأداء الوظيفي للمنتج. ولذلك ينبغي التمييز بين جودة التمثيل البصري وجودة الحل التصميمي ذاته.

وبناءً على ذلك، فإن العلاقة بين الرسم الإخراجي وجودة المنتج تتحقق من خلال دوره الداعم لعملية تصميم المنتج والعوامل الوسيطة المرتبطة بها، مثل تحسين الاتصال البصري وفهم التصميم، وتقييم البدائل، والكشف المبكر عن المشكلات، ودعم اتخاذ القرار التصميمي. أما التحقق من الجودة النهائية للمنتج فيتطلب تكامل هذه الأدوار مع التحليل الهندسي والتقييم الوظيفي والاختبارات واعتبارات قابلية التصنيع.

أثر التقنيات الرقمية الحديثة في تطوير الرسم الإخراجي

أظهرت الأدبيات الحديثة أن التطور في تقنيات النمذجة ثلاثية الأبعاد، والواقع الممتد، والذكاء الاصطناعي التوليدي، أسهم في توسيع إمكانات الرسم الإخراجي والإظهار البصري خلال عملية تصميم المنتج. فقد أتاحت هذه التقنيات إنتاج تمثيلات بصرية بدرجات عالية من الواقعية، واستكشاف بدائل تصميمية متعددة، وتمثيل خصائص المواد والإضاءة والألوان قبل الانتقال إلى مراحل التصنيع.

وتشير دراسة Wang وآخرين (2024) إلى أن تقنيات الذكاء الاصطناعي التوليدي يمكن أن تدعم إنتاج بدائل تصميمية مرتبطة بالاحتياجات العاطفية للمستخدمين، بينما أوضحت دراسة Ai وBarros (2024) أن نماذج تحويل النص إلى صورة تمثل أداة واعدة في مرحلة توليد الأفكار، مع استمرار الحاجة إلى تدخل المصمم والتحقق من الدقة الهندسية وقابلية التصنيع.

كما بينت دراسة Ibáñez-Palacios وآخرين (2023) أن تقنيات الواقع الممتد يمكن أن تدعم تقييم خصائص المنتجات في المراحل المبكرة من عملية التصميم، بما يوفر للمصمم معلومات إضافية تساعده على تقييم البدائل واتخاذ القرارات التصميمية. وتشير هذه النتائج إلى أن التقنيات الرقمية الحديثة توسع نطاق استخدام الرسم الإخراجي من مجرد عرض الشكل النهائي إلى أداة تدعم الاستكشاف والتقييم والتواصل خلال مراحل تطوير المنتج.

وعلى الرغم من هذه الإمكانات، فإن استخدام التقنيات الرقمية المتقدمة لا يضمن في حد ذاته جودة المنتج النهائي؛ إذ تظل المخرجات البصرية بحاجة إلى التقييم والتحقق من الجوانب الهندسية والوظيفية وقابلية التصنيع. ومن ثم، تتمثل قيمة هذه التقنيات في دعم عملية تصميم المنتج وتحسين المعلومات المتاحة للمصمم، ضمن منظومة متكاملة تشمل التحليل الهندسي والتقييم والاختبارات.

التحديات والاتجاهات المستقبلية للرسم الإخراجي في التصميم الصناعي

شهد الرسم الإخراجي خلال السنوات الأخيرة تطورًا متسارعًا نتيجة التقدم في تقنيات التصميم الرقمي والذكاء الاصطناعي والواقع الممتد، إلا أن هذا التطور صاحبه عدد من التحديات التي تؤثر في توظيف هذه التقنيات داخل بيئات التصميم الصناعي. ومن أبرز هذه التحديات تحقيق التوازن بين جودة الإظهار البصري والدقة الهندسية، إذ قد تؤدي التمثيلات البصرية ذات الواقعية العالية إلى تكوين انطباعات إيجابية عن المنتج دون أن تعكس بصورة دقيقة أداءه الوظيفي أو قابليته للتصنيع، وهو ما يستدعي التكامل مع أدوات التحليل والتقييم الهندسي خلال مراحل تطوير المنتج.

كما تتمثل إحدى التحديات في سرعة التطور التقني لبرمجيات الإظهار الرقمي، وما يرتبط بذلك من الحاجة إلى تحديث الأدوات والمهارات وتدريب المصممين على التقنيات الحديثة للاستفادة من إمكاناتها في عملية التصميم. ويزداد هذا التحدي مع دخول تقنيات الذكاء الاصطناعي التوليدي إلى بيئات التصميم، حيث أصبح بالإمكان إنتاج تصورات وبدائل تصميمية متعددة خلال زمن قصير، إلا أن هذه المخرجات تظل بحاجة إلى مراجعة المصمم والتحقق من توافقها مع المتطلبات الوظيفية والهندسية ومتطلبات التصنيع.

وتشير الأدبيات إلى اتجاه متزايد نحو تكامل الإظهار البصري مع تقنيات رقمية أخرى، مثل التوأم الرقمي (Digital Twin)، والمحاكاة الهندسية، وأنظمة إدارة دورة حياة المنتج (PLM)، بما يوسع نطاق المعلومات المتاحة خلال مراحل

التصميم والتطوير. ويمكن لهذا التكامل أن يدعم تقييم البدائل، وتحسين دقة القرارات التصميمية، وتسهيل تبادل المعلومات بين مراحل التصميم والتصنيع.

وفي ضوء هذه الاتجاهات، يتوقع أن يتطور دور الرسم الإخراجي من التركيز على تمثيل المنتج بصريًا إلى أداء دور أكثر تكاملًا في دعم عملية تصميم المنتج واتخاذ القرار، من خلال الجمع بين المعلومات البصرية والبيانات التصميمية والهندسية. ومع ذلك، تظل فاعلية هذا الدور مرتبطة بمدى تكامل الإظهار البصري مع أدوات التحليل والتقييم والتحقق، وليس بجودة التمثيل البصري وحدها.

التحليل النقدي للأدبيات السابقة:

أظهر تحليل الأدبيات المتعلقة بالرسم الإخراجي وجودة المنتج تطورًا ملحوظًا في طبيعة الموضوعات التي تناولتها الدراسات. فقد ركزت الأدبيات التأسيسية على دور التمثيلات البصرية في توضيح الأفكار التصميمية ودعم عملية تطوير المنتج، بينما اتجهت الدراسات الحديثة إلى استكشاف توظيف التقنيات الرقمية، مثل النمذجة ثلاثية الأبعاد، والواقع الممتد، والذكاء الاصطناعي التوليدي، في تطوير عمليات الإظهار البصري ودعم التقييم واتخاذ القرار التصميمي.

ورغم هذا التطور، يكشف تحليل الأدبيات عن عدد من أوجه القصور التي ما تزال بحاجة إلى مزيد من الدراسة. فقد ركز جانب من الدراسات على تطوير أدوات وتقنيات الإظهار الرقمي وتقييم تأثيرها في إدراك التصميم والتواصل وتوليد البدائل، في حين تتوافر أدلة أقل على علاقتها المباشرة بالجودة النهائية للمنتج. كما اعتمد عدد من الدراسات على بيئات تجريبية أو عينات طلابية، وهو ما يستدعي الحذر عند تعميم نتائجها على البيئات الصناعية الفعلية.

كما تشير الدراسات الحديثة إلى إمكانات تقنيات الذكاء الاصطناعي التوليدي في تسريع إنتاج التصورات والبدائل التصميمية، إلا أن الأدبيات التي تمت مراجعتها لا تقدم أدلة كافية على أن استخدام هذه الأدوات بمفردها يؤدي إلى تحسين جودة المنتج النهائي. ويؤكد ذلك ضرورة عدم تقييم جودة الإظهار البصري بمعزل عن مؤشرات الأداء الوظيفي، وقابلية التصنيع، والاعتمادية، وغيرها من المتطلبات المرتبطة بجودة المنتج.

ويكشف تحليل الأدبيات كذلك عن تباين في استخدام المصطلحات المرتبطة بالرسم الإخراجي والإظهار البصري؛ إذ تستخدم بعض الدراسات مفهوم الرسم الإخراجي للإشارة إلى الصور الواقعية المنتجة بالحاسوب، بينما تتناول دراسات أخرى مفهومًا أوسع يشمل وسائل التمثيل البصري المستخدمة خلال مراحل تطوير المنتج. وفي ضوء ذلك، تتبنى الدراسة الحالية مفهوم الإظهار البصري للمنتج (Product Visualization) بوصفه إطارًا أوسع يشمل التمثيلات البصرية المستخدمة في مراحل تصميم المنتج وتطويره.

ومن ناحية أخرى، تؤكد الأدبيات أن جودة المنتج تتأثر بعوامل متعددة تتجاوز الرسم الإخراجي، مثل المواد وعمليات التصنيع والتحليل الهندسي وإدارة الجودة والاختبارات الوظيفية. ولذلك لا يمكن النظر إلى الرسم الإخراجي بوصفه عاملًا مستقلًا مسؤولًا عن جودة المنتج، وإنما أداة داعمة ضمن منظومة متكاملة لتصميم المنتج وتطويره.

وبناءً على هذا التحليل، تتمثل القيمة الأساسية للرسم الإخراجي في دوره المعرفي والاتصالي ودعمه لتقييم البدائل والكشف المبكر عن المشكلات واتخاذ القرارات التصميمية. ومن ثم، فإن تطوير استخدامه ينبغي أن يتجه نحو التكامل مع أدوات التحليل الهندسي والمحاكاة والتقييم، بما يحقق ترابطًا أفضل بين الجوانب البصرية والوظيفية والتصنيعية خلال عملية تطوير المنتج.

المقارنة بين الأدبيات الكلاسيكية والحديثة

يُظهر تحليل الأدبيات وجود تطور واضح في تناول دور الرسم الإخراجي والإظهار البصري خلال عملية تصميم المنتج. فقد ركزت الأدبيات التأسيسية، مثل أعمال Pahl وآخرين (2007) وUlrich وEppinger (2016)، على أهمية

التمثيلات التصميمية في دعم عملية التصميم، وتوثيق الأفكار، وتحسين التواصل، والتقييم المنهجي للبدائل خلال مراحل تطوير المنتج.

أما الدراسات الحديثة، فقد وسعت نطاق الإظهار البصري من خلال دمجه مع تقنيات رقمية متقدمة، مثل النمذجة ثلاثية الأبعاد، والواقع الافتراضي، والواقع المعزز، والمحاكاة، والذكاء الاصطناعي التوليدي. وقد أتاحت هذه التقنيات إمكانات إضافية لاستكشاف البدائل التصميمية، وتحسين التواصل والمشاركة، وتقييم بعض خصائص المنتج في مراحل مبكرة من عملية التطوير.

ورغم هذا التطور التقني، تشير الأدبيات التي تمت مراجعتها إلى استمرار أهمية المبادئ الأساسية المرتبطة بجودة عملية التصميم، مثل دقة تحليل المشكلة، وفهم متطلبات التصميم، والتقييم المنهجي للبدائل، واتخاذ القرارات المناسبة. ولذلك ينبغي النظر إلى تقنيات الإظهار البصري الحديثة بوصفها أدوات داعمة لقدرات المصمم وعملية اتخاذ القرار، وليست بديلًا عن الخبرة التصميمية أو التحليل الهندسي والتقييم الوظيفي.

وتوضح هذه المقارنة أن التطور في الرسم الإخراجي لا يتمثل في استبدال الأساليب التقليدية بالتقنيات الرقمية بصورة كاملة، وإنما في توسيع منظومة الإظهار البصري للمنتج وتحقيق التكامل بين الوسائل المختلفة وفقًا لمتطلبات كل مرحلة من مراحل عملية التصميم والتطوير. ويساعد هذا التكامل على تحسين وضوح المعلومات التصميمية وتقييم البدائل ودعم اتخاذ القرار، وهي عوامل وسيطة يمكن من خلالها دعم جودة عملية تصميم المنتج.

ربط نتائج الدراسة بالإطار النظري:

أظهرت نتائج الدراسة توافقًا مع الأسس النظرية المتعلقة بتطوير المنتجات وجودتها، حيث تؤكد الأدبيات التأسيسية أهمية القرارات المتخذة خلال المراحل المبكرة من عملية التصميم، لما لهذه القرارات من ارتباط بالمراحل اللاحقة من تطوير المنتج ومتطلبات الأداء وقابلية التصنيع والتكلفة (Pahl et al., 2007; Ulrich & Eppinger, 2016).

وفي هذا السياق، بينت نتائج الدراسة أن الرسم الإخراجي يمثل إحدى الأدوات الداعمة لهذه المراحل، إذ يتيح تمثيل الأفكار والمقترحات التصميمية بصورة تساعد على فهمها ومناقشتها وتقييمها قبل الانتقال إلى مراحل أكثر تقدمًا من عملية التطوير. ويتفق ذلك مع ما طرحه Stigliani وRavasi (2012) بشأن الدور المعرفي والاتصالي للتمثيلات البصرية في بناء الفهم المشترك داخل فرق التصميم.

كما تتوافق نتائج الدراسة مع مفهوم الجودة متعدد الأبعاد الذي قدمه Garvin (1987)، والذي يشمل الأداء، والخصائص الإضافية، والاعتمادية، والمطابقة للمواصفات، والمتانة، وسهولة الصيانة، والجودة المدركة، والجوانب الجمالية. وفي ضوء نتائج التحليل، يمكن للرسم الإخراجي أن يدعم تقييم بعض الخصائص البصرية والجمالية للتصميم، بينما تتطلب الأبعاد الوظيفية والهندسية للمنتج وسائل إضافية للتحليل والتقييم والاختبار.

وتؤكد النتائج كذلك أن التقنيات الرقمية الحديثة لا تلغي المبادئ الأساسية لعملية التصميم، وإنما توسع الأدوات المتاحة للمصمم في تمثيل الأفكار واستكشاف البدائل وتقييمها والتواصل بشأنها. ولذلك فإن الإظهار الرقمي والواقع الممتد والذكاء الاصطناعي ينبغي أن تتكامل مع الخبرة التصميمية والتحليل الهندسي والتقييم الوظيفي، وليس أن تحل محلها.

وبناءً على ذلك، تدعم نتائج الدراسة الإطار النظري الذي ينظر إلى جودة المنتج بوصفها نتيجة لمنظومة مترابطة من العمليات والعوامل. ويأتي الرسم الإخراجي ضمن هذه المنظومة بوصفه أداة تدعم الاتصال البصري وفهم التصميم وتقييم البدائل والكشف المبكر عن بعض المشكلات واتخاذ القرار، بما يدعم جودة عملية تصميم المنتج، التي تتكامل بدورها مع التحليل الهندسي والاختبارات والتصنيع في تحقيق متطلبات جودة المنتج.

رؤية تكاملية لدور الرسم الإخراجي في دورة تطوير المنتج:

استنادًا إلى تحليل الأدبيات، يمكن صياغة رؤية تكاملية توضح موقع الرسم الإخراجي ضمن دورة تطوير المنتج. ففي المراحل المبكرة، يساعد الرسم الإخراجي على تحويل الاحتياجات والمتطلبات والأفكار إلى تصورات بصرية أولية قابلة للفهم والمناقشة. وفي مرحلة توليد المفاهيم، يتيح تمثيل بدائل تصميمية متعددة ومقارنتها، بما يدعم عملية تقييم الحلول واتخاذ القرارات المتعلقة بتطوير التصميم.

وفي مرحلة تطوير التصميم، يمكن توظيف الرسم الإخراجي والنماذج الرقمية في تمثيل الأبعاد والخامات والألوان والعلاقات الشكلية وبعض الخصائص المرتبطة بالاستخدام، مما يساعد على مراجعة التصميم والكشف المبكر عن بعض المشكلات وإجراء التعديلات قبل الانتقال إلى مراحل أكثر تقدمًا من التطوير.

وفي المراحل اللاحقة، يؤدي الرسم الإخراجي دورًا اتصاليًا من خلال توضيح المقترحات والمعلومات التصميمية للمصممين والمهندسين والأطراف المشاركة في عملية التطوير، بما يساعد على تقليل احتمالات سوء فهم التصميم. كما يمكن استخدام التمثيلات البصرية في تقييم استجابات المستخدمين وانطباعاتهم تجاه بعض الخصائص الشكلية والجمالية للمنتج.

وتوضح هذه الرؤية أن دور الرسم الإخراجي يتغير وفقًا للمرحلة التي يمر بها المنتج، ولا يقتصر على إنتاج صورة نهائية واقعية. ولذلك ينبغي تقييم إسهامه ضمن عملية تصميم المنتج وتطويره بوصفه أداة داعمة للاتصال البصري وفهم التصميم وتقييم البدائل والكشف المبكر عن بعض المشكلات واتخاذ القرار، مع تكامله مع الأدوات الهندسية والوظيفية اللازمة للتحقق من جودة المنتج.

تفسير العلاقة بين الرسم الإخراجي وجودة المنتج الصناعي

تشير نتائج الدراسة إلى أن العلاقة بين الرسم الإخراجي وجودة المنتج ليست علاقة مباشرة أو مستقلة، وإنما هي علاقة تمر عبر مجموعة من العوامل الوسيطة المرتبطة بعملية تصميم المنتج وتطويره. فمن خلال تحليل الأدبيات، يتضح أن الرسم الإخراجي يدعم العمليات والقرارات التصميمية التي يمكن أن تسهم، عند تكاملها مع بقية مراحل التطوير، في تحقيق متطلبات جودة المنتج.

وتبدأ هذه العلاقة من المراحل المبكرة لعملية التصميم، حيث يساعد الرسم الإخراجي على تحويل الأفكار والمتطلبات إلى تمثيلات بصرية قابلة للفهم والمناقشة، بما يدعم تحليل البدائل التصميمية والتواصل بين الأطراف المشاركة في عملية التطوير. ويتفق ذلك مع ما أشار إليه Stigliani وRavasi (2012) بشأن الدور المعرفي والاتصالي للتمثيلات البصرية في بناء الفهم المشترك داخل فرق التصميم.

كما يوضح التحليل أن تحسين وضوح المعلومات التصميمية يمكن أن يساعد على الكشف المبكر عن بعض المشكلات ومراجعة المقترحات قبل الانتقال إلى مراحل أكثر تقدمًا من التطوير. ويتوافق ذلك مع ما طرحه Ulrich وEppinger (2016) بشأن أهمية معالجة القرارات والمشكلات التصميمية في المراحل المبكرة من عملية تطوير المنتج، حيث تصبح التعديلات أكثر تعقيدًا وتكلفة كلما تقدمت مراحل التطوير.

ومن ناحية أخرى، تشير الأدبيات إلى أن جودة الرسم والإظهار البصري يمكن أن تدعم تقييم البدائل التصميمية، خاصة عندما توفر التمثيلات معلومات واضحة عن الخصائص القابلة للتقييم بصريًا. إلا أن جودة الإظهار لا ينبغي تفسيرها بوصفها دليلًا على جودة المنتج ذاته، إذ أظهرت دراسة Detchprohm وآخرين (2025) أن التمثيلات البصرية عالية الجودة قد تؤثر في إدراك المقيمين وانطباعاتهم دون أن تعكس بالضرورة الأداء الوظيفي الفعلي للمنتج.

وبناءً على ذلك، يمكن تفسير العلاقة بين الرسم الإخراجي وجودة المنتج بوصفها علاقة غير مباشرة تمر عبر تحسين الاتصال البصري وفهم التصميم، ودعم تقييم البدائل، والكشف المبكر عن المشكلات، ودعم اتخاذ القرار التصميمي، بما يسهم

في تحسين جودة عملية تصميم المنتج. وتتطلب ترجمة هذه العملية إلى جودة المنتج تكاملها مع التحليل الهندسي والتقييم الوظيفي والاختبارات واعتبارات التصنيع.

تفسير النتائج في ضوء الاتجاهات الحديثة في التصميم الصناعي

تعكس نتائج الدراسة التحولات التي يشهدها مجال التصميم الصناعي في ظل التطور الرقمي، حيث لم يعد الرسم الإخراجي مقتصرًا على إنتاج تمثيلات ثابتة للمنتج، بل أصبح جزءًا من بيئة تصميم رقمية تشمل النمذجة ثلاثية الأبعاد، والمحاكاة، والواقع الممتد، والذكاء الاصطناعي، وأنظمة إدارة دورة حياة المنتج. وقد أسهم هذا التحول في توسيع إمكانات الإظهار البصري في استكشاف الأفكار والبدائل وتقييمها ودعم التواصل واتخاذ القرار خلال عملية تصميم المنتج.

وتوضح الدراسات الحديثة أن التقنيات الرقمية تتيح للمصممين استكشاف عدد أكبر من البدائل التصميمية وتمثيل بعض خصائص المنتج قبل التصنيع، كما تتيح تقنيات الواقع الافتراضي والمعزز إشراك المستخدمين في تقييم بعض جوانب التصميم في مراحل مبكرة. ويمكن لهذه الإمكانات أن توفر معلومات إضافية تساعد المصمم على فهم متطلبات المستخدم ومراجعة البدائل قبل الانتقال إلى مراحل أكثر تقدمًا من عملية التطوير.

وفي المقابل، تبرز الحاجة إلى دمج مخرجات الإظهار البصري مع البيانات الهندسية ونتائج التحليل والاختبارات الوظيفية، حتى لا تستند القرارات التصميمية إلى الانطباعات البصرية وحدها. كما أن استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي التوليدي في إنتاج التصورات التصميمية يتطلب مراجعة بشرية للتحقق من مدى توافق المخرجات مع المتطلبات التصميمية والهندسية وقابلية التصنيع.

وبناءً على ذلك، تشير الاتجاهات الحديثة إلى تطور الرسم الإخراجي والإظهار البصري بوصفهما أدوات داعمة ضمن منظومة تصميم المنتج وتطويره، وليس بديلًا عن الخبرة التصميمية أو التحليل الهندسي. وتتمثل قيمتهما في التكامل مع بقية أدوات التطوير لدعم فهم التصميم وتقييم البدائل والكشف المبكر عن بعض المشكلات واتخاذ القرار، وهي العوامل التي يوضحها النموذج التحليلي المقترح في هذه الدراسة.

يمكن استخلاص عدد من الدروس الرئيسة من الأدبيات التي تناولتها الدراسة. أولًا، أن الرسم الإخراجي يمثل عنصرًا فاعلًا في دعم عملية تطوير المنتج، إلا أن تأثيره يتحقق من خلال تحسين جودة العمليات التصميمية وليس من خلال التأثير المباشر في خصائص المنتج النهائية.

ثانيًا، أن التقنيات الرقمية الحديثة وسعت من إمكانات الرسم الإخراجي، لكنها لم تُلغِ الحاجة إلى الخبرة التصميمية والتحليل الهندسي. ثالثًا، أن جودة المنتج تظل مفهومًا متعدد الأبعاد، ولا يمكن دعمها بالاعتماد على أداة واحدة، مهما بلغت درجة تطورها.

كما توضح الأدبيات أن الاستفادة من الرسم الإخراجي تتحقق بصورة أفضل عند النظر إليه بوصفه جزءًا من منظومة تطوير المنتج، وربطه بعمليات التقييم والتصنيع وإدارة الجودة، بدلًا من استخدامه كوسيلة لعرض الشكل النهائي فقط. ويؤكد ذلك أن تطوير قدرات الرسم الإخراجي ينبغي أن يكون جزءًا من منظومة أشمل لتطوير المنتجات.

التوصيات:

استنادًا إلى نتائج الدراسة، توصي الدراسة بما يأتي:

1. تعزيز استخدام تقنيات الرسم الإخراجي الرقمي في مراحل تطوير المنتجات الصناعية.
2. تدريب طلاب التصميم الصناعي والممارسين على أحدث برمجيات الإظهار والنمذجة الرقمية.
3. دمج أدوات الرسم الإخراجي مع أساليب التقييم الهندسي لتحقيق التوازن بين الجوانب الجمالية والوظيفية.

4. تشجيع المؤسسات الصناعية على الاستفادة من تقنيات الواقع الممتد والذكاء الاصطناعي في دعم تقييم بعض الجوانب التصميمية القابلة للتمثيل البصري قبل التصنيع، مع تكاملها مع أساليب التقييم الهندسي والوظيفي.

5. إجراء دراسات تطبيقية تقيس دور جودة الرسم الإخراجي في رضا المستخدم، وسرعة تطوير المنتجات، وتقليل تكاليف التطوير.

6. تطوير نماذج تقييم موضوعية لقياس جودة الرسوم الإخراجية وعلاقتها بمؤشرات جودة تصميم المنتج وجودة المنتج.

مقترحات للبحوث المستقبلية:

في ضوء نتائج الدراسة ، يمكن اقتراح عدد من الموضوعات البحثية المستقبلية، منها:

1. إجراء دراسة تجريبية لقياس أثر جودة الرسم الإخراجي في سرعة تطوير المنتجات الصناعية.
2. تقييم أثر تقنيات الذكاء الاصطناعي التوليدي في تطوير الرسومات الإخراجية للتصميم الصناعي.
3. مقارنة فاعلية الرسم اليدوي والرسم الرقمي في مراحل تطوير المنتجات.

الاستنتاج العام:

تشير الأدلة المستخلصة من تحليل الأدبيات والدراسات السابقة إلى أن الرسم الإخراجي لم يعد مجرد وسيلة لتجسيد الشكل النهائي للمنتج، بل أصبح عنصرًا مهمًا في منظومة تطوير المنتجات الصناعية الحديثة. فقد أدى التطور المتسارع في تقنيات التصميم الرقمي إلى توسيع وظائف الرسم الإخراجي، ليشمل دعم التفكير التصميمي، وتحليل البدائل، وتحسين الاتصال بين التخصصات المختلفة، وتسهيل تقييم المنتجات قبل الانتقال إلى مراحل التصنيع.

وأوضحت الدراسة أن دور الرسم الإخراجي في دعم جودة المنتج الصناعي يتحقق عبر مسارات متعددة، تبدأ بتحسين وضوح الفكرة التصميمية، وتمر بتقييم البدائل والكشف المبكر عن بعض الأخطاء والتعديلات ودعم اتخاذ القرار، بما يسهم في تحسين جودة عملية تصميم المنتج ودعم جودة المنتج. كما تبين أن دمج تقنيات الإظهار الرقمي مع أدوات النمذجة والمحاكاة والواقع الممتد يوفر بيئة أكثر كفاءة لاتخاذ القرارات التصميمية المبنية على معلومات أكثر وضوحًا.

وفي المقابل، أظهرت الدراسة أن جودة الرسم الإخراجي وحدها لا تكفي لضمان جودة المنتج الصناعي، إذ تظل الجودة النهائية نتاجًا لتكامل التصميم مع التحليل الهندسي، واختيار المواد، وعمليات التصنيع، واختبارات الأداء. ومن ثم، فإن الرسم الإخراجي ينبغي أن يُنظر إليه بوصفه أداة داعمة ضمن منظومة متكاملة لتطوير المنتج، وليس بديلًا عن بقية مراحل التطوير.

وتؤكد هذه النتائج أهمية تطوير مهارات الرسم الإخراجي، وتحديث أدواته الرقمية، وإدماجه في مراحل تطوير المنتج، بما يدعم كفاءة عمليات التصميم والتطوير ويسهم في تحقيق متطلبات جودة المنتج.

القيمة العلمية للدراسة:

تميزت الدراسة الحالية بعدة جوانب تجعلها إضافة للأدبيات في مجال التصميم الصناعي، من أبرزها:

تناولت العلاقة بين الرسم الإخراجي وجودة المنتج الصناعي من منظور تكاملي يجمع بين التصميم، والهندسة، والجودة، وإدارة تطوير المنتجات.

اعتمدت على مراجع تأسيسية معروفة في مجال تطوير المنتجات والجودة، إلى جانب دراسات حديثة تناولت الإظهار الرقمي، والواقع الممتد، والذكاء الاصطناعي.

قدمت نموذجًا تحليليًا يوضح العلاقة بين الرسم الإخراجي وجودة المنتج الصناعي من خلال عوامل وسيطة مرتبطة بعملية تصميم المنتج وتطويره، بدلًا من الاكتفاء بعرض الدراسات السابقة.

أبرزت حدود الاعتماد على جودة الإظهار البصري وحدها، وأكدت ضرورة دمجها مع التقييمات الهندسية والوظيفية.

خاتمة:

خلصت الدراسة إلى أن التطورات التقنية التي شهدها مجال الرسم الإخراجي خلال العقدين الأخيرين قد غيرت من دوره التقليدي بصورة جوهرية، إذ أصبح أداة للتحليل والتقييم والاتصال، إلى جانب كونه وسيلة للإظهار البصري. وقد أدى هذا التحول إلى زيادة مساهمة الرسم الإخراجي في دعم مراحل التصميم والتطوير واتخاذ القرار، بما يسهم في تحسين جودة عملية تصميم المنتج.

كما أظهرت الدراسة أن الاستفادة الكاملة من إمكانات الرسم الإخراجي تتطلب تكاملًا بين المهارات التصميمية والخبرات الهندسية والتقنيات الرقمية الحديثة، بحيث يتم توظيف الإظهار البصري ضمن منظومة متكاملة تهدف إلى إنتاج منتجات تحقق التوازن بين الأداء الوظيفي، والجودة التقنية، والقيمة الجمالية، ورضا المستخدم.

وفي ضوء ذلك، تؤكد الدراسة أن تطوير تقنيات الرسم الإخراجي وتطبيقاتها يمكن أن يسهم في دعم جودة المنتجات الصناعية من خلال تحسين عملية تصميم المنتج وتطويره، مع ضرورة تكاملها مع التحليل الهندسي والتقييم الوظيفي والاختبارات الفنية.

قائمة المراجع:

المراجع العربية:

1. السبكي، أحمد بشير أحمد الفكي. (2011). دور الرسم الحر والإخراجي. رسالة ماجستير، كلية الفنون الجميلة والتطبيقية، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا.
2. سلامة، أحمد عبد الكريم (1999)، الأصول المنهجية لإعداد البحوث العلمية، ط1، دار النهضة العربية، القاهرة.
3. عمر، هدى محمود. (2003). التصميم الصناعي: فن وعلم. المؤسسة العربية للدراسات والنشر والتوزيع.
4. حسين، سهى علي، والعبادي، ضفاف غازي. (2025). جودة المنتج الصناعي بين التصميم المتسارع والتصميم التقليدي. مجلة الأكاديمي، (118)، 353–368.

المراجع الاجنبية:

5. Barbarash, D. (2016). Representation stigma: Perceptions of tools and processes for design graphics. Frontiers of Architectural Research, 5(4), 477–488 .
6. Barros, A., & Ai, M. (2024). Generative artificial intelligence in product design: Opportunities and challenges. Design Studies .
7. Cascini, G., et al. (2021). Augmented reality applications in product design and development. Journal of Engineering Design .
8. Detchprohm, T., et al. (2025). The effect of sketch and render quality and design experience on concept evaluation in engineering design. Research in Engineering Design .
9. Fortuna, S., Barbieri, L., Marino, E., & Bruno, F. (2024). A comparative study of augmented reality rendering techniques for industrial assembly inspection. Computers in Industry, 155, 104057 .
10. Garvin, D. A. (1987). Competing on the eight dimensions of quality. Harvard Business Review, 65(6), 101–109 .
11. Han, J., Forbes, H., & Schaefer, D. (2021). An exploration of how creativity, functionality, and aesthetics are related in design. Research in Engineering Design, 32(3), 289–307 .

12. Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., & Grote, K. H. (2007). Engineering Design: A Systematic Approach (3rd ed.). Springer .
13. Palacios-Ibáñez, M., et al. (2023). Extended reality technologies in product design evaluation. International Journal of Industrial Ergonomics .
14. Ravasi, D., & Stigliani, I. (2012). Product design: A review and research agenda for management studies. International Journal of Management Reviews, 14(4), 464–488 .
15. Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2016). Product Design and Development (6th ed.). McGraw-Hill Education .
16. Wang, X., et al. (2024). Artificial intelligence-assisted product rendering and design visualization. Design Studies.