Comprehensive Journal of Science
Volume (10), Issue (38), (Dec, 2025)
ISSN: 3014-6266

مجلة العلوم الشاملة
المجلد (10) ملحق العدد 38 ديسمبر 2025
ردمد: 3014-6266

التصميم الصناعي وثقافة إعادة التدوير للمنتجات الصناعية

ماجدة محمد بن جبران

كلية الفنون والإعلام، جامعة الجفارة

تاريخ الاستلام:2025/12/14 –تاريخ المراجعة: 2025/12/16– تاريخ القبول: 2025/12/22– تاريخ للنشر: 22/1/ 2026

الملخص

يتعامل هذا البحث مع قضية متزايدة الحدة في منظومات الإنتاج والاستهلاك، تتمثل في تضخم كميات المخلفات الصناعية وتزايد الضغط على الموارد الطبيعية، وما يرافق ذلك من آثار بيئية واقتصادية واجتماعية. ينطلق البحث من فرضية مفادها أن التصميم الصناعي لم يعد نشاطاً شكلياً أو تجميلياً فحسب، بل أصبح أداة تدخل مبكر قادرة على التأثير في كامل دورة حياة المنتج، من اختيار الخامات وطرق التصنيع، وصولاً إلى مرحلة نهاية العمر الافتراضي وإعادة الإدخال ضمن حلقات تدوير أو إعادة استخدام. وبالاعتماد على منهج وصفي تحليلي مدعوم بمراجعة أدبيات متخصصة، يحلل البحث المفاهيم المتداخلة بين إعادة الاستخدام (Reuse)، وإعادة التدوير (Recycling)، وتقليل الموارد (Reduce)، وإعادة التدوير للأعلى (Upcycling)، مع توضيح الفوارق التطبيقية والآثار المترتبة على كل مسار. كما يناقش البحث دور المصمم الصناعي في تفعيل التقنيات البيئية داخل المؤسسات الصناعية، وتطوير حلول ابتكارية لزيادة عمر المنتج وتقليل الهدر المادي عبر تصميمات قابلة للفك والتفكيك، والتحديث، وإعادة التصنيع، وفرز المواد. ويقدم البحث إطاراً إجرائياً يتضمن مبادئ تصميمية ومعايير تطبيقية يمكن إدماجها ضمن مراحل تطوير المنتج، بما يعزز ثقافة التدوير على مستوى التصميم والتعليم والمؤسسات، ويؤدي إلى منتجات أكثر كفاءة ومرونة وقابلية للاستدامة.

الكلمات المفتاحية: التصميم الصناعي؛ التصميم من أجل التدوير؛ ثقافة إعادة التدوير؛ الاقتصاد الدائري؛ إعادة الاستخدام؛ إعادة التدوير للأعلى (Upcycling)؛ دورة حياة المنتج؛ الاستدامة.

Abstract

This paper addresses the growing challenge of industrial waste and resource depletion, emphasizing that industrial design is an early intervention tool capable of shaping the product's entire life cycle. Through a descriptive-analytical approach and a focused literature review, the paper clarifies the distinctions among reuse, recycling, reduction, and upcycling, and proposes practical design principles that support circularity, disassembly, and environmental technologies in industrial establishments. The study provides an actionable framework to help

designers integrate recycling-oriented criteria across product development phases to strengthen sustainable production and responsible consumption.

المقدمة

شهد العالم خلال العقود الأخيرة تحولاً واضحاً في طبيعة الاقتصاد الصناعي؛ إذ تضاعفت معدلات الإنتاج متزامنةً مع اتساع أنماط الاستهلاك السريع، الأمر الذي أنتج تدفقات كبيرة من المخلفات، لا سيما البلاستيكية والمعدنية والورقية. في المقابل، لم تعد السياسات التقليدية لمعالجة النفايات (مثل الطمر أو الحرق) كافية أو مقبولة بيئياً، وأصبحت الحاجة ملحّة إلى مقاربات تُدمج الاستدامة داخل مسار التصميم نفسه، بوصف التصميم نقطة القرار الأولى التي تحدد مواد المنتج، وطريقة تجميعه، وإمكانات تفكيكه أو إصلاحه أو إعادة إدخاله في دورة إنتاج جديدة. وفي هذا السياق، تُطرح ثقافة إعادة التدوير ليس كإجراء لاحق لإدارة المخلفات، بل كمنظومة فكرية وتطبيقية تُبنى عليها منتجات أكثر ذكاءً وأقل هدراً للموارد [1،2].

وتزداد أهمية البحث عندما نربط موضوع إعادة التدوير بالاقتصاد الدائري الذي يقوم على إبقاء المواد والمنتجات في حالة تداول مستمرة عبر الصيانة، وإعادة الاستخدام، والتجديد، وإعادة التصنيع، وإعادة التدوير، بما يحدّ من الفاقد ويقلل الاعتماد على الموارد المحدودة [3]. ومن منظور التصميم الصناعي، تظهر هنا مسؤولية المصمم في تحويل مبادئ الاستدامة إلى مواصفات تصميمية قابلة للتنفيذ، وتقديم حلول تزيد عمر المنتج الافتراضي، وتخفض المخاطر البيئية، وتحسن القيمة الاقتصادية للمنتج والمؤسسة.

مشكلة البحث

على الرغم من انتشار مصطلحات الاستدامة وإعادة التدوير في الخطاب البيئي المعاصر، إلا أن التطبيق داخل تصميم المنتجات الصناعية لا يزال يعاني من إشكالات متعددة؛ أبرزها الخلط بين مفاهيم (إعادة الاستخدام، إعادة التدوير، إعادة التدوير للأعلى، وتقليل الموارد)، إضافة إلى ضعف إدماج اعتبارات نهاية العمر الافتراضي ضمن مراحل تطوير المنتج الأولى. وينتج عن ذلك منتجات يصعب تفكيكها، أو فرز مكوناتها، أو إصلاحها، مما يرفع تكلفة إعادة التدوير ويزيد احتمالات التخلص النهائي منها في المكبات.

أسئلة البحث

1) ما الفرق التطبيقي بين إعادة الاستخدام وإعادة التدوير وتقليل الموارد وإعادة التدوير للأعلى ضمن سياق تصميم المنتج الصناعي؟
2) كيف يمكن دمج معايير (التصميم من أجل التدوير) داخل مراحل التصميم والتطوير دون الإخلال بالوظيفة أو الجودة؟
3) ما دور المصمم الصناعي في تفعيل التقنيات البيئية وتحقيق ميزة تنافسية عبر منتجات أكثر استدامة؟
4) ما الإطار المقترح لتعزيز ثقافة التدوير على مستوى المؤسسة والتعليم والتطوير الصناعي؟

أهمية البحث

تنبع أهمية البحث من كونه يربط بين جانبين غالباً ما يتم التعامل معهما بصورة منفصلة: الجانب البيئي (تقليل التلوث والهدر والضغط على الموارد)، والجانب التصميمي/الإنتاجي (تحسين أداء المنتج وقيمته وتنافسيته). كما يوفر البحث أرضية تطبيقية تساعد طلبة التصميم والممارسين في تحويل مبادئ الاستدامة إلى قرارات تصميمية يمكن قياس أثرها ضمن دورة حياة المنتج.

هدف البحث

1) بناء إطار مفاهيمي واضح يميز بين مسارات الاستدامة المرتبطة بإعادة التدوير والاستخدام في تصميم المنتج.
2) اقتراح مبادئ تصميمية عملية (Design Principles) تقلل صعوبة التفكيك والفرز وتدعم إعادة إدخال المواد في دورة جديدة.
3) توضيح دور المصمم الصناعي في تفعيل التقنيات البيئية والابتكار التحويلي لزيادة عمر المنتج الافتراضي.

منهجية البحث

اعتمد البحث المنهج الوصفي التحليلي من خلال مراجعة مجموعة من الدراسات العربية والأجنبية المتعلقة بالاقتصاد الدائري وثقافة التدوير وأساليب التصميم المستدام، مع تحليل مفاهيمي للمصطلحات ومقارنتها، ثم صياغة مقترح يدمج اعتبارات التدوير ضمن مراحل تطوير المنتج. تقتصر حدود البحث على منتجات صناعية استهلاكية شائعة (خصوصاً المنتجات الصغيرة والمتوسطة المصنوعة من اللدائن) مع التركيز على مرحلة التصميم والتطوير بوصفها الأكثر تأثيراً في قابلية التدوير.

الإطار النظري: مفاهيم التدوير والاستدامة في تصميم المنتج

الاستدامة والاقتصاد الدائري

من الخطية إلى الدورانية يرتبط مفهوم الاستدامة في المجال الصناعي بفكرة تحقيق احتياجات الحاضر دون الإضرار بقدرة الأجيال القادمة على تلبية احتياجاتها، وهو ما يفرض إعادة النظر في نموذج الاقتصاد الخطي القائم على (استخراج الموارد – التصنيع – الاستهلاك – التخلص). بالمقابل، يقدم الاقتصاد الدائري تصوراً بديلاً يقوم على إبقاء المواد في دورة تداول أطول، عبر الصيانة والإصلاح والتجديد وإعادة التصنيع وإعادة التدوير، مع تقليل الفاقد عند كل مرحلة [3].

ومن منظور التصميم الصناعي، يعني ذلك أن المنتج يُصمم منذ البداية بوصفه "مخزون مواد" قابل للاسترجاع، وليس ككيان ينتهي مصيره بالقمامة.

إعادة الاستخدام وإعادة التدوير وتقليل الموارد: تمييز ضروري تُستخدم مصطلحات Reuse وRecycling وReduce أحياناً بصورة متبادلة في الخطاب العام، إلا أن التمييز بينها ضروري لتحديد قرارات التصميم. فإعادة الاستخدام تعني إطالة عمر المنتج كما هو أو بوظيفة قريبة من وظيفته الأصلية مع تدخل محدود، بينما إعادة التدوير تعني معالجة المادة

لاستخلاص خامات يمكن تصنيع منتجات جديدة منها. أما تقليل الموارد فيعني خفض مدخلات المادة والطاقة والمكونات من البداية، وهو مسار ينعكس على بنية المنتج وتفاصيله الإنشائية [1،2].

إعادة التدوير للأعلى (Upcycling) كمسار ابتكاري يمثل Upcycling اتجاهاً متقدماً يركز على رفع قيمة المادة أو المنتج المستهلك عبر إعادة توظيفه ضمن منتج جديد ذي قيمة وظيفية أو جمالية أعلى، بدلاً من الاكتفاء بإعادة تدوير تقليدية قد تؤدي إلى خفض جودة المادة (Downcycling).

وتؤكد الأدبيات أن نجاح إعادة التدوير للأعلى يعتمد على قدرة المصمم على بناء "سردية تصميمية" تربط بين المادة السابقة ووظيفتها الجديدة، مع مراعاة المتطلبات التقنية والتسويقية والسلوكية للمستخدم [1،6،7].

العلاقة بين التدوير وتصميم دورة حياة المنتج تساعد مقاربة دورة حياة المنتج على فهم الأثر البيئي **عبر مراحل:** استخراج المواد، التصنيع، النقل، الاستخدام، الصيانة، ثم نهاية العمر. وتعد أداة تقييم دورة الحياة (LCA) من الأطر المرجعية التي توضح مبادئ هذا التحليل، بما في ذلك تحديد الهدف والنطاق، وجرد المدخلات والمخرجات، وتقييم الأثر، وتفسير النتائج [4].

وبناءً على ذلك، يصبح إدماج التدوير في التصميم قراراً قائماً على بيانات، وليس على رغبة عامة أو توجه دعائي.

دور المصمم الصناعي في تفعيل ثقافة التدوير داخل المؤسسات

يظهر دور المصمم الصناعي بوصفه حلقة وصل بين متطلبات المستخدم، وإمكانات التصنيع، والاعتبارات البيئية. وتشير دراسات متخصصة إلى أن تفعيل التقنيات البيئية داخل المؤسسات لا يتحقق فقط عبر استبدال خامة بأخرى، بل عبر بناء قرارات تصميمية تتكامل مع التخطيط الإنتاجي واللوجستي والاقتصادي، بما يحقق ميزة تنافسية للمنتج الصناعي

ومن أهم أدوار المصمم في هذا السياق:

أولاً: تحويل المتطلبات البيئية إلى مواصفات تصميمية قابلة للقياس (مثل نسبة المواد القابلة للفصل أو إعادة الاستخدام).

ثانياً: اختيار الخامات وتقنيات التصنيع بما يقلل الانبعاثات والهدر.

ثالثاً: بناء سيناريوهات نهاية العمر الافتراضي: التفكيك، الاسترجاع، الإصلاح، إعادة التصنيع.

رابعاً: إدماج التصميم في استراتيجيات المؤسسة ضمن الإنتاج الأخضر وسلاسل الإمداد.

إن زيادة عمر المنتج عبر الابتكار التحويلي ترى بعض الأدبيات الحديثة أن زيادة عمر المنتج الافتراضي لم تعد مرتبطة بالمتانة المادية فقط، بل يمكن تحقيقها عبر الابتكار التحويلي الذي يعيد تموضع المنتج داخل السوق أو يضيف له قيمة جديدة تسمح بإعادة تقديمه للمستخدمين بدلاً من خروجه المبكر من التداول. ويبرز المصمم هنا كفاعل أساسي في إنقاذ المنتجات الراكدة من خلال تقديم بدائل تطويرية أو تحويلية تضمن استمرار الطلب وإعادة إدراج المنتج ضمن دورة اقتصادية أطول [5].

القيم في تصميم المنتج

البعد الأخلاقي والجمالي لا يمكن اختزال الاستدامة في بعد تقني فقط، لأن قرارات التصميم تعكس أنظمة قيمية ومعرفية تحدد ما يعتبر "جيداً" أو "مناسباً" للمجتمع. وتناقش فلسفة القيم في التصميم الصناعي أن المنتج يحمل قيماً بيئية ووظيفية وجمالية وثقافية في آن واحد، وأن فهم هذه القيم يساعد المصمم على توجيه التصميم نحو حلول أقل ضرراً وأكثر انسجاماً مع الهوية والاستخدام [9].

التصميم من أجل التدوير

مبادئ ومعايير تطبيقية يُقصد بالتصميم من أجل التدوير مجموعة القرارات التي تجعل المنتج أكثر قابلية للفرز والتفكيك وإعادة إدخال مكوناته ضمن مسارات إعادة التدوير أو إعادة الاستخدام أو إعادة التصنيع. وتشير إرشادات التصميم من أجل التفكيك إلى أن المنتج القابل للتدوير لا يُقاس بكونه "مصنوعاً من مادة قابلة للتدوير" فقط، بل بمدى سهولة الوصول إلى المكونات وفصل المواد غير المتجانسة وتقليل خطوات التفكيك وتوحيد أنظمة التثبيت [10].

وفيما يلي أهم المبادئ:

مبدأ التبسيط البنيوي وتقليل التعقيد

كلما زادت تعقيدات المنتج البنيوية وازدادت المواد المتداخلة، ارتفعت كلفة الفرز والتفكيك وانخفضت جدوى إعادة التدوير. لذا يُفضل تخفيض عدد الأجزاء غير الضرورية وتجنب التركيبات الدائمة التي تمنع التفكيك[10،11].

مبدأ التصميم المعياري (Modularity) وقابلية التحديث

يدعم التصميم المعياري فكرة استبدال جزء محدد دون التخلص من المنتج كله، كما يفتح المجال لتحديث المنتج أو ترقيته. وهو خيار تصميمي يعزز إعادة الاستخدام ويقلل المخلفات في مرحلة ما بعد التشغيل [3،12].

مبدأ توحيد الخامات وتسهيل الفرز

تشير خبرات التصميم من أجل إعادة التدوير إلى أن المزج غير الضروري بين مواد متعددة يعيق عمليات الفرز الصناعي، خصوصاً في البلاستيكيات والمنتجات الإلكترونية. ويساعد توحيد المواد أو فصلها بوضوح على تسريع عملية الفرز ورفع كفاءة الاسترجاع [13،14].

مبدأ التصميم من أجل التفكيك (Design for Disassembly)

يعني تصميم المنتج بحيث يمكن فكه بسهولة في نهاية عمره، مع استخدام مثبتات يمكن الوصول إليها، وتقليل المواد اللاصقة الدائمة، واعتماد حلول ميكانيكية قابلة للفصل. وتؤكد الأدبيات أن هذا المبدأ يرفع فرص الإصلاح وإعادة التصنيع ويحسن الأداء البيئي للمنتج [10].

مبدأ التوثيق والتوسيم (Labelling) للمواد

يُعد توثيق المواد ووضع رموز واضحة للتعريف بنوع البلاستيك أو السبيكة المعدنية عاملاً مؤثراً في خطوط الفرز. وتزداد أهمية هذا المبدأ في المنتجات المركبة التي تتطلب فرزاً دقيقاً لضمان جودة الخامات المعاد تدويرها [1،13].

ثقافة التدوير والإبداع

لماذا يحتاج المصمم إلى تفكير جانبي؟ لا تقتصر ثقافة التدوير على حلول تقنية، إذ تتطلب تغييراً في طريقة التفكير التصميمي نفسها. فالمصمم الذي يتعامل مع "مادة مستهلكة" كمشكلة، قد ينتهي إلى حلول محدودة؛ أما الذي يعيد تعريف المشكلة وينتقل إلى التفكير الجانبي، فيمكنه توليد خيارات وظيفية وجمالية مبتكرة تتجاوز مسار إعادة التدوير التقليدي [6].

ومن هذا المنطلق، يتقاطع Upcycling مع الإبداع بوصفه توليداً لمسارات غير معتادة تفتح مساحات لزيادة القيمة بدلاً من استهلاك المزيد من الموارد.

استراتيجيات التفكير الجانبي في توليد حلول Upcycling

يقدم التفكير الجانبي أدوات عملية يمكن توظيفها في التصميم، مثل: قلب الافتراضات (Challenge Assumptions)، وإعادة ترتيب العناصر (Rearrange)، والعصف الذهني المتشعب، وبناء سيناريوهات استخدام بديلة. وتؤكد الدراسات أن هذه الأساليب تساعد المصمم على إنتاج حلول أصيلة ترتبط بسياق الاستعمال الحقيقي وتستجيب لقيود الخامة والوظيفة في آن واحد [6].

التصميم النشط كمدخل لتغيير سلوك المستخدم

قد تنجح المنتجات المستدامة تقنياً لكنها تفشل سلوكياً إذا لم تشجع المستخدم على اعتمادها أو الحفاظ عليها. ومن هنا يظهر مفهوم التصميم النشط الذي يسعى إلى تحفيز المستخدم على الحركة والتفاعل والسلوك الإيجابي عبر خصائص بنائية وتنظيمية تتوافق مع سياق الاستخدام. ويمكن توظيف هذه الفكرة في تصميم منتجات تدعم التدوير عبر تحفيز المستخدم على الفرز أو إعادة الاستخدام أو صيانة المنتج بدلاً من التخلص المبكر منه [8].

مقترح لتفعيل ثقافة إعادة التدوير في تصميم المنتجات الصناعية

يقترح البحث إطاراً إجرائياً يجمع بين (المبادئ التصميمية) و(متطلبات المؤسسة) و(سلوك المستخدم) لإنتاج منتجات قابلة للتدوير ومقبولة في السوق. ويتكون الإطار من ثلاثة مستويات مترابطة:

المستوى الأول: مستوى التصميم (قرارات المواد، التفكيك، المعايير الجمالية والوظيفية).

المستوى الثاني: مستوى المؤسسة (التقنيات البيئية، نظام الجودة، سلسلة الإمداد، نقاط الاسترجاع).

المستوى الثالث: مستوى المستخدم (سهولة الفهم، الحوافز، تعزيز السلوك المسؤول).

ويُستحسن أن تُترجم هذه المستويات إلى قائمة تحقق (Checklist) ترافق المصمم في كل مرحلة من مراحل تطوير المنتج.

دمج الاعتبارات البيئية ضمن مراحل تطوير المنتج لتجنب أن تصبح الاستدامة خطوة لاحقة أو إجراءً تجميلياً، ينبغي إدراجها داخل مراحل تطوير المنتج نفسها.

ويمكن تقسيم ذلك عملياً إلى:

أ. **مرحلة البحث وتحليل المشكلة:** تحديد نوع المخلفات المستهدفة، وخصائص المواد، وسلوك التخلص.

ب. **مرحلة توليد الأفكار:** استدعاء أساليب التفكير الجانبي لتوليد مسارات إعادة استخدام/Upcycling.

ج. **مرحلة التطوير والنمذجة:** اختبار التفكيك والفرز، وتقدير أثر المادة والطاقة.

د. **مرحلة الإنتاج:** اختيار عمليات تصنيع تقلل الفاقد وتسمح باسترجاع المخلفات.

هـ. **مرحلة ما بعد الاستخدام:** تصميم قنوات استرجاع، وتوسيم المواد، وبناء خدمات إصلاح أو استبدال وحدات[5،10،13].

مؤشرات قياس مبسطة (KPIs) لتقييم قابلية التدوير

يمكن استخدام مؤشرات تشغيلية بسيطة لتقييم مدى نجاح التصميم، مثل:

1) مؤشر سهولة التفكيك: عدد الخطوات والوقت اللازم لفصل المكونات.
2) مؤشر تجانس المواد: عدد أنواع المواد الأساسية داخل المنتج.
3) مؤشر الاسترجاع: نسبة الكتلة القابلة لإعادة الاستخدام/إعادة التدوير.
4) مؤشر الإصلاح: إمكانية استبدال الأجزاء الأكثر تعرضاً للتلف.
5) مؤشر القيمة: تقدير القيمة الاقتصادية للمادة المسترجعة مقارنةً بتكلفة الاسترجاع.

وبالتالي فإن هذه المؤشرات تساعد المؤسسة على تحويل الاستدامة إلى قرار إداري قابل للمتابعة.

الخلاصة

إن تحديات تطبيق ثقافة التدوير في السياق الصناعي رغم وضوح أهمية التصميم من أجل التدوير، إلا أن التطبيق العملي يواجه تحديات مركبة. فمن جهة، قد تفرض متطلبات السوق سعراً منخفضاً للمستهلك يجعل بعض الحلول البيئية تبدو غير مجدية اقتصادياً، خصوصاً عندما لا تتوفر بنية تحتية قوية للفرز والاسترجاع. ومن جهة أخرى، قد تتعارض بعض اعتبارات التدوير مع اختيارات جمالية أو وظيفية يطلبها المستخدم.

ويظهر هنا دور المصمم في التوازن بين القيم: قيمة الوظيفة، وقيمة الجمال، وقيمة البيئة، وقيمة التكلفة. وتؤكد فلسفة القيم في التصميم أن هذا التوازن ليس مسألة ذوقية، بل قرار معرفي مُؤسس على فهم سياق الاستخدام والثقافة والاحتياج [9].

كما أن المؤسسات الصناعية قد تتردد في الاستثمار في تقنيات بيئية بسبب غياب الحوافز أو ضعف التشريعات. لذلك تُعد الشراكة بين التعليم والقطاع الصناعي والجهات التنظيمية عنصراً جوهرياً لتعزيز ثقافة التدوير، وتحويلها من مبادرات فردية إلى سياسات إنتاج.

وبالتالي فإن الفجوة المتمثلة في غياب الوعي وسلوك المستخدم فتتأثر كفاءة إعادة التدوير بسلوك المستخدم النهائي: هل يفرز النفايات؟ هل يصلح المنتج أو يستبدله سريعاً؟ ومن هنا تأتي أهمية تصميم منتجات ترشد المستخدم وتوفر له مسارات سهلة للتصرف المسؤول، مع إشارات واضحة وواجهات استخدام تقلل الالتباس [8،13].

وكذلك جودة المادة المعاد تدويرها ومعايير السوق يُعد الحفاظ على جودة المادة المعاد تدويرها تحدياً أساسياً، خصوصاً في البلاستيك. إذ يتطلب ذلك فرزاً دقيقاً وتجنب التلوث المتبادل بين المواد، وهو ما يعيدنا إلى قرارات التصميم الأولى: اختيار المادة، وتوسيمها، وتفادي خلطات غير ضرورية [1،13،14].

النتائج

توصل البحث إلى مجموعة من النتائج الأساسية التي تعكس العلاقة المباشرة بين التصميم الصناعي وثقافة إعادة التدوير، حيث:

1. تبيّن أن ثقافة إعادة التدوير في تصميم المنتج الصناعي لا تقتصر على اختيار خامات قابلة للتدوير، وإنما تعتمد بصورة جوهرية على تصميم بنية إنشائية تسمح بالفصل والإصلاح والفرز في نهاية العمر الافتراضي للمنتج.
2. أظهر البحث أن التمييز التطبيقي ينعكس مباشرة على القرارات التصميمية، ويؤثر في بنية المنتج، ووظيفته، وسيناريوهات نهاية العمر الافتراضي.
3. أكدت النتائج أن المصمم الصناعي يمتلك دوراً استراتيجياً داخل المؤسسة الصناعية، يمكّنه من تفعيل التقنيات البيئية وتحويل الاستدامة من التزام أخلاقي إلى أداة تحقق ميزة تنافسية للمنتجات الصناعية.
4. أوضحت الدراسة أن أساليب التفكير الجانبي تمثل مدخلاً فعالاً لتوليد حلول Upcycling مبتكرة، تتجاوز المسارات التقليدية لإعادة التدوير، وتسهم في رفع القيمة الوظيفية والجمالية للمنتج.
5. بيّن البحث أن إدماج مؤشرات قياس مبسطة لقابلية التدوير ضمن عملية التصميم يساعد المؤسسات على متابعة الأداء البيئي للمنتج، وتحسين القرارات التصميمية على المدى المتوسط والطويل.

التوصيات

في ضوء النتائج التي توصل إليها البحث، يوصي بما يلي:

1. تطوير مناهج التصميم الصناعي في المؤسسات التعليمية لتضمين مفاهيم الاقتصاد الدائري، وأدوات التصميم من أجل التفكيك، ومبادئ تقييم دورة حياة المنتج، بما يعزز وعي الطلبة بالاستدامة التطبيقية.
2. اعتماد قوائم تحقق تصميمية (Design Checklists) داخل المؤسسات الصناعية، تضمن إدماج معايير إعادة التدوير وقابلية التفكيك والفرز في جميع مراحل تطوير المنتج. تعزيز الشراكات بين القطاع الصناعي والجامعات ومراكز البحث العلمي، لدعم مشاريع Upcycling القائمة على مخلفات محلية وتحديات واقعية، وربط البحث العلمي بالتطبيق العملي.
3. دعم السياسات التحفيزية والتشريعات التنظيمية التي تشجع الشركات على تصميم منتجات قابلة للاسترجاع وإعادة التصنيع، بما يسهم في بناء بنية تحتية فعالة للاقتصاد الدائري.

4. تحسين تصميم واجهات الاستخدام والتوسيم المادي للمنتجات، لتسهيل عملية فرز المواد، وتشجيع المستخدم النهائي على تبني سلوكيات مسؤولة تدعم إعادة الاستخدام وإعادة التدوير.

المراجع

المراجع باللغة العربية:

1. محمود ج ف م. تطوير الفكر الإبداعي للمصمم لثقافة إعادة التدوير والاستخدام (Upcycling) من منظور التصميم الصناعي. مجلة الفنون والعلوم التطبيقية. 2022;9 (4):33–43.
2. مشرف د ك ع. دور المصمم الصناعي في تفعيل التقنيات البيئية وتحقيق الميزة التنافسية للمنتجات الصناعية. مجلة الفنون والعلوم التطبيقية. جامعة دمياط. 2015.
3. سالم م ع ش ع. دور المصمم الصناعي في زيادة عمر المنتج الافتراضي باستخدام الابتكار التحويلي. مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية. 2024;9 (47).
4. زكي ب ص، علي ن م. التصميم النشط ومبادئه في تصميم المنتج الصناعي. مجلة الأكاديمي. 2023; (107):49–64.
5. جليل م ي، بهيل ج خ. فلسفة القيم المعرفية في تصميم المنتج الصناعي. مجلة الأكاديمي. 2022; (106):319–336.
6. عبده س ع أ، كساب أ س م. دراسة وتحليل استراتيجية التصميم وأساليب التفكير الجانبي لتكوين استراتيجية تصميم جديدة مدعمة بالتفكير الجانبي. مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية. 2024;9 (44).

المراجع باللغة الإنجليزية:

7. Ellen MacArthur Foundation. The circular economy: definition and overview. 2024.
8. Bofylatos S, Pigosso DCA, McAloone TC, et al. Upcycling systems design: developing a methodology to bridge circular economy and material-driven design. Sustainability. 2022; 14(2):600.
9. Ahn SH. Re-envisioning material circulation and upcycling design process model. Archives of Design Research. 2018.
10. ENGEN. Design for disassembly guidelines. 2012.
11. Stena Recycling. Design for recycling: enhance your products' end-of-life. 2024.
12. Hybel SB, Wæhrens BV, McAloone TC, et al. An analytical method for assessing target components for disassembly in circular design strategies. 2025.
13. van Hees M, Gengnagel C, Schinkel J, et al. The emerging landscape of urban upcycling. 2025.
14. Yousif T, Al-Obaidi S, Ahmed M, et al. The role of industrial designers in achieving the green circular economy. 2024.