مجلة الفنون والعلوم التطبيقية
Journal of Applied Arts & Sciences
جامعة دمياط Damietta University
كلية الفنون التطبيقية

مستقبل المواد المستدامة وأثرها علي تصميم المنتجات

The future of sustainable materials and their impact on product design

جيهان فؤاد محمد
الأستاذ المساعد بقسم التصميم الصناعى – كلية الفنون التطبيقية – جامعة بني سويف
محمد عبد الرازق
مدرس مساعد بقسم التصميم الصناعى – كلية الفنون التطبيقية – جامعة دمياط
هيثم إبراهيم الحديدى
الأستاذ المساعد بقسم التصميم الصناعى – كلية الفنون التطبيقية – جامعة دمياط

المُلخـــــص

مع زيادة الوعي البيئي، والأعداد المتزايدة من التزامات الصناعة والإجراءات المتضافرة من قبل مطوري المنتجات والمصممين، تُظهِر التنمية المستدامة زخمًا متزايدًا، فيعمل جيل جديد من المنتجات التي تجسد المواد غير السائدة على توسيع حصتها في السوق ، مما يجعل فكرة الاقتصاد الدائري أكثر واقعية .

هذا وقد حفزت أيضاً المشاكل البيئية انتباه المستهلكين و المنتجين إلي رصد التأثُّرات البيئية السلبية و العمل علي تطوير و اكتشاف تقنيات جديدة لمنع او لتقليل الأضرار البيئية ويعتبر زيادة وعي المصممين و المصنعين بيئياً أحد أهم اساسيات هذه الاستراتيجية البيئية نتيجة اللوائح البيئية المتزايدة نتيجة لسلوك شراء و استخدام لدي المستهلكين مما دفع الشركات المنتجة إلي تحسين آدابها البيئية من أجل البقاء في الأسواق العالمية بين المنتجات المنافسة.

وعلى وجه الخصوص، يتم تطوير واستخدام المواد المستدامة مثل المواد المتجددة والمُعاد تدويرها لتأمين تداول الموارد.

وعلى الرغم من إعاقة احتمالات تواجد المواد المستدامة باستمرار بسبب الوضع القوي للمواد القائمة على البتروكيماويات والطبيعة المغلقة للمواد الأخرى في السوق ، إلا أن فرص تواجد اقتصاد حقيقي لمواد مستدامة مازال البحث فيه مستمراً.

يمكن القول إن مناقشة تطوير المواد لم يحدث بشكل واسع في مجال تصميم المنتجات، بالإضافة إلي أن التطوير والتطبيق الحالي للمواد المستدامة غير واضح ، ولكن بمجرد الميل نحو اتباع أساليب التطبيق المفاهيمي القائم على التصميم البحت مع إعادة التفكير والاستكشاف من خلال تعديل خصائص المواد وتجربتها ، فقد تساهم حينها النتائج التي يكتشفها المصممون بهذه الطريقة في تكوين مجموعة جديدة من المواد.

إن مخرجات مثل هذه الاستكشافات تدفع بحدود مجال التصميم وتتحدى قدرات التكنولوجيا الحالية لأنهم بالفعل يشكلون مستقبل مجال المواد، وقد وصلوا إلى ذروتهم النهائية من خلال تضمين إنشاء مواد مستقبلية، وصناعة نماذج ايقونيه تعكس ديناميكية استكشافات المواد إلى الحد الذي يتم فيه تصور الحياة المستقبلية مع المواد التفاعلية والحيوية.

الكلمات المفتاحية:

المواد المستدامة، تصميم المنتجات المستدامة، إعادة التدوير، التصميم المستدام.

المقدمـــــة

تاريخيًا، كان البحث عن المواد واستكشافها كمواد لها خصائص مفيدة مقصورًا على علماء المواد باعتباره تخصصًا للكيمياء. ولقد أصبح التقدم أسرع خلال الثورة الصناعية، فكان التركيز في ذلك الوقت على استخدام الجوانب الأدائية للمادة وتحويلها إلى منتجات مفيدة. وفي الستينيات، بدأ تعاون متعدد التخصصات بين الصناعة والأكاديمية لتصعيد تسويق المواد[١]، ونتيجة لذلك انتشر الحديث عن استكشاف المواد وتطويرها إلى تخصصات أخرى مثل تصميم المنتج. خلال تلك الفترة، ثم تم وضع اعتبارات الاستدامة في صدارة صناعة التصميم كجزء من حلول التصميم الواعية بالبيئة[٢].

وكما ظهر اتجاه آخر في المجال الأكاديمي حيث يتم تدريس قضايا الاستدامة من خلال دورات التصميم مثل

(ISSN 2537-1061) (Print)
(ISSN 2537-107X) (Online)

رابطة كومولوس الدولية " The Cumulus International Association" لفرص التصميم والتعليم وبحوث التصميم[٣] وبالتالي ، فإن استكشاف المواد وتطويرها بشكل مستدام ليس أمرًا غير معتاد حاليًا في ممارسات التصميم . فكان هذا الاتجاه مدفوعًا جزئيًا بإضفاء الطابع الديمقراطي على المعرفة وتكنولوجيا الإنتاج[٤]مما أدى أيضاً إلى إنتاج فئة واسعة بشكل متزايد من المواد "ذاتية الصنع" "DIY Materials".

من الجدير بالذكر أيضًا أن استكشاف المواد ضمن هذا الطيف قد تم تسهيله بشكل أكبر من خلال المجتمعات "المعامل" المُصنعة[٥]، ومنصات مشاركة المعرفة متعددة التخصصات. فعلى سبيل المثال، تساهم ورش العمل المفتوحة حول المواد الحيوية والتي عقدها المختبر المشترك في "معهد التصنيع" " the Institute of Making" بجامعة كوليدج في لندن عام ٢٠١٦م ، أيضًا في نشر المعرفة بالمواد إلى الجمهور.

علي الصعيد الآخر، يعد استخدام المواد غير التقليدية ذات الخصائص السطحية المميزة التي يتم فيها احتضان العيوب واعتبارها جمالية جذابة أحد الموضوعات الناشئة في المشاريع المادية التي يستكشفها المصممون حالياً، ومن الأمثلة على هذه المشاريع مزهرية خلية نحل توماس " "Tomas Gabzdil Libertiny's beehive vase شكل رقم (١)[٦] ؛ سترة السليلوز البكتيرية لسوزان لي الأمريكية "Suzan Lee " ؛ وطوب جينجرز "Gingers Krieg Dosier's microbial " المُصنع عن البكتريا شكل رقم (٢)[٧] ؛ وصناعة أقراص وأواني تعتمد على نفايات القهوة شكل رقم (٣).[٨]

شكل رقم (١)

مزهرية على شكل قرص العسل للمصمم

Tomas Gabzdil Libertiny

شكل رقم (٢)

طوب مُصنع من البكتريا للمصممة

Ginger Krieg Dosier"

شكل رقم (٣)

أواني مصنوعة من نفايات القهوة للباحث

Matthijs Vogels"

مشكلة البحث.

تتمثل مشكلة البحث في ندرة المنتجات المستدامة القابلة للتحلل داخل مصر مما وجه الباحثين لإعادة التفكير في استخدام المواد المستحدثة من حيث الجوانب المختلفة (البيئية، الاقتصادية، التكنولوجية، الشكلية ، .. الخ) وذلك لتكوين تصورات تصميمية مستقبلية مبتكرة للمنتجات المستدامة تدعم التصنيع البيولوجى وتوفير الطاقة .

هدف البحث.

يهدف البحث إلى تسليط الضوء على استخدام المواد المستحدثة والتي تهدف إلي تطوير المنتجات المستدامة لتقليل الأثر البيئي وزيادة الوعى علاوة على توفير العديد من التقنيات والتكنولوجيات (عالية، متوسطة، منخفضة التكنولوجيا) وذلك لإحلال التصنيع البيولوجي محل الطرق الصناعية التقليدية لدعم توفير الطاقة، وللتمكين من إنتاج منتجات مستدامة قابلة للتحلل.

أهمية البحث.

- الاستفادة من التطورات التكنولوجية الحديثة (التكنولوجية العالية، التكنولوجية المتوسطة، والتكنولوجية المنخفضة) والتي تُساهم في ابتكار وخلق مواد جديدة مثل المواد البيولوجية والمواد المركبة المتقدمة وغيرها والتي من شأنها أن تغير من شكل وهيئة الصناعات المستقبلية بمصر.
- الادراك شبة الكامل لبرنامج دورة حياة المنتجات المستدامة وعمره الافتراضي والتحكم فيها من خلال نوعية المواد المستخدمة، وسبل توفير الطاقة.

فرضية البحث.

باستخدام المواد المستحدثة والمتجددة في تصميم المنتجات المستدامة فإن ذلك يؤدي إلي إيجاد صناعات ومنتجات مستقبلية محتملة.

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

منهج البحث.

المنهج الاستقرائي التحليلي

الخطوات الإجرائية للبحث.

أولا: استكشاف المواد المستدامة وتطبيقاتها.

ثانياً: تصنيف المواد المستدامة.

ثالثاً: تصنيف المنتجات المستدامة.

رابعاً: تحديد سمات الاستدامة ومستوى الاستعداد التكنولوجي .(TRL)

خامسا: تحليل مجموعات المواد المستدامة.

سادسا: تحليل مجموعات المنتجات.

سابعا: سمات المواد المستدامة عبر دورة حياة المنتج.

ثامناً: استراتيجية إعادة التفكير في المواد لابتكار منتجات مستدامة بمصر.

تاسعاً: النتائج والتوصيات والمراجع.

أولا: استكشاف المواد المستدامة وتطبيقاتها.

أوضحت مراجعة الأدبيات الأولية مجموعة واسعة من البحث العلمي المُخصص للمواد المستدامة، مع التركيز على المواد المتجددة والنفايات. هذا وتم إجراء أبحاث المواد بهدف استكشاف إمكانات المواد المتجددة، على سبيل المثال، الحصول علي البلاستيك الحيوي من مصادر زراعية متجددة مثل قصب السكر[٩] ، والذرة والأرز[١٠]وزيت النخيل.

هذا التفكير هو السائد تمامًا، حيث تم تطوير المواد القائمة على الحيوية لتحل محل المواد غير المتجددة المحدودة، بهدف تحقيق الجدوى الفنية والاقتصادية[١١]، بالإضافة إلي التركيز علي تكوين المواد وبنيتها ومعالجتها لخصائصها واستخداماتها، كما أجراها علماء المواد والباحثون.[١٢] وكما يمكن استخدام المواد الوفيرة والمخلفات ومن الأمثلة على ذلك، بقايا الجلود الرطبة الزرقاء التي تم التخلص منها في صناعة الجلود الواسعة في البرازيل المستخدمة لإنتاج قفازات الفرن[١٣]. وكما أُستخدم التربة الطينية من المناطق الريفية في إسبانيا لصنع الطوب غير المحروق لصناعة البناء[١٤]، فمتاح على نطاق واسع استخدام الموارد الجانبية للزراعة والغابات في صناعة منتجات التعبئة والتغليف المستدامة.

الأهم من ذلك، أن ميزات المواد الحية تساهم في جوانب إضافية للاستدامة (مثل التجديد، والشفاء الذاتي وغيرها)، لا يقتصر الأمر على المنتجات المفاهيمية فحسب، حتى العلامات التجارية الفاخرة قد استخدمت مواد مستدامة في محاولتها لدمج اعتبارات الاستدامة في تحديد مصادر المنتجات وإنتاجها .على سبيل المثال، أطلقت Gucci مجموعة حقائب يد مصنوعة من الجلد من مزارع Rainforest Alliance المعتمدة، وطوّرت Stella McCartney جلداً قابلاً للتحلل.[١٥]

أيضًا، تخضع المواد غير التقليدية حاليًا إلى وتيرة تطوير سريعة. على سبيل المثال، يمكن الحصول على غشاء رقيق من الفطريات لديه قوة شد مُحسنة عن طريق عزل الخصائص الهيكلية للمادة والضغط عليها.[١٦] هذا وتتم مناقشة التطوير والتطبيق التدريجي للمواد القائمة على الفطريات على نطاق واسع في الأوراق الأكاديمية.

وبالتالي، ففي هذا البحث سيتم التطرق إلي معرفة المواد المستدامة وتقسيمها من خلال الاطلاع علي الدراسات السابقة لبيانات بحثية مختلفة، حيث تم تحليل هذه البيانات لتحديد الأنماط والفئات التي ظهرت بناءاً على تفسير البيانات، كما جاء تصنيف هذه المواد بُناءاً على مصدر المواد الأولية بالإضافة إلي اعتماد السمات السائدة المستخدمة لوصف المواد المستدامة كنقطة دخول عملية.

ثانياً: تصنيف المواد المستدامة.

تم تصنيف مجموعة البيانات هذه إلي مجموعة (أ) الموارد القابلة للتجدد (Resource renewability)، وفيها يميز ما إذا كانت المادة من مصدر متجدد أو غير متجدد أو شبه متجدد، وتصنف فئة مجموعة المواد (ب) أصل المورد (Resource origin)، وفيها يميز ما إذا كانت المادة من مورد بكر أو من النفايات (تم تقسيم فئة النفايات إلى نفايات المنتجات الثانوية أو فئات النفايات ذات الحياة الثانية).

هذا وتصنف فئة مجموعة المواد (ج) (Material group) المواد إلى ستة أنواع وهي المواد العضوية(organic material) والبوليمر الحيوي (biopolymer) والبوليمر الاصطناعي (synthetic polymer) والمركب الطبيعي (natural composite) والمركب الاصطناعي(synthetic composite) وغيرها من المواد التي تتكون من جزء من المعدن وأخري غير عضوية .(تم التحقق من صحة هذه التصنيفات من قبل العديد من خبراء المواد والتصنيع والعديد من منشورات أبحاث المواد، وفي المقام الأول من خلال دليل اختيار المواد).[١٧]

هذا وتستحق فئتا المواد المركبة ملاحظة خاصة لشرح كيفية تخصيص المواد لهما، ففي المواد المركبة، تحيط مادة المصفوفة وتدعم مادة التسليح من خلال الحفاظ على مواقعها النسبية، وتكون مادة المصفوفة أعلى بكثير من حيث النسبة الحجمية من مادة التسليح، وهذا يؤثر على استدامتها. وعلى هذا الأساس تم التمييز بين المركب الطبيعي والمركب الاصطناعي على أساس ما إذا كانت المادة المصفوفة من مادة طبيعية أو صناعية.

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

جدول رقم (١) التصنيفات الرئيسية للمواد المستدامة.

الفئـــة Category	الصنـــف Class	التعريـــف Definition	مثـــال Example
(أ) المواد القابلة للتجدد Resource renewability	١- متجددة Renewable	المواد المصنوعة من الموارد العضوية الطبيعية.	البلاستيك الحيوي من نشا الذرة، والمواد القائمة على السليلوز البكتيري
	٢-شبه متجددة-Semi Renewable	المواد المصنوعة من مادتين أو أكثر من المواد المكونة لها واحدة منها على الأقل قابلة للتجديد.	صوف، الخشب ، مركب الاسمنت والألياف الزجاجية المقواة بالبلاستيك الحيوي.
	٣-غير متجددة -Non Renewable	المواد المصنوعة من الموارد الطبيعية المحدودة.	البوليمر الاصطناعي من البترول.
(ب) أصل المورد Resource origin	١- مواد بكرVirgin	المواد المصنوعة من مورد لم يتم استخدامه أو استهلاكه من قبل.	الخيزران، لوح الخشب.
	٢- النفايات (الناتجة عن المنتج) Waste (by product)	المواد المصنوعة من النفايات التي هي من بقايا عملية الإنتاج.	المواد القائمة علي أوراق ألياف الأناناس و بقايا الزراعة.
	٣- النفايات (الحياة الثانية) Waste (Second life)	المواد المصنوعة من النفايات التي يتم الحصول عليها من منتج وصل إلى نهاية عمره.	اللحوم منتهية الصلاحية، الحليب الفاسد.
(ج)	١- العضوي Organic	المواد المشتقة من المواد البيولوجية.	الخشب والقطن والأغشية الحيوية.
	٢- البوليمر الحيوي Bio-polymer	المواد القائمة على البوليمرات المشتقة من المواد البيولوجية.	البلاستيك الحيوي من النبات السليلوز، البلاستيك الحيوي من نشا الذرة.
	٣- البوليمر الاصطناعي Synthetic polymer	البوليمرات المصنوعة بدرجة كبيرة من مكونات صناعية.	البولي ايثيلين تيريفثاليت (PET)، البولي ايثيلين عالي الكثافة(HDPE) .
	٤- مركب طبيعي Natural composite	المواد التي تتكون من مزيج من التعزيز الطبيعي أو الاصطناعي والمصفوفة الطبيعية.	البوليمر الحيوي المقوى بالألياف الطبيعية، على سبيل المثال . مركب من ألياف القنب والراتنج الحيوي.

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

مجموعة المواد Material group	**٥- مركب صناعي Synthetic composite**	المواد التي تتكون من مزيج من التعزيز الطبيعي والمصفوفة الاصطناعية	البوليمر الاصطناعي المقوى بالألياف الطبيعية، مثل مركب من خيوط القطن والراتنج.
	٦- آخرون Others	مادة مصنوعة من مادة طبيعية غير عضوية (معدنية).	الرمال والفحم والطين والمعادن.

ثالثاً: تصنيف المنتجات المستدامة.

فيما يلي سيتم عرض مجموعة مختلفة من فئات المنتجات في الجدول التالي رقم (٢)، و قد تنوعت المنتجات الموجودة في مجموعة البيانات التالية بين الاستكشافات الفنية والإبداعية والتجريبية والأشياء التجارية، فقد تم تصنيفها وفقاً لفائدتها، كما تم تجميع هذه الأدوات المساعدة في مجموعات بناءًا على أوجه التشابه في مكان استخدامها وكيفية استخدامها.

جدول رقم (٢) قاعد بيانات سريعة لأهم وأشهر فئات المنتجات المستخدمة.

مجموعة المنتجات	التعريف	قائمة المنتجات
الأثاث والأدوات المنزلية	أدوات متحركة تُستخدم لإنشاء مساحة للمعيشة وأدوات للأنشطة اليومية.	مقعد، تنجيد مقعد، كرسي، طاولة، أريكة، رف ، خزانة، مصباح طاولة، سجادة، زخرفة الجدار، وعاء، مزهرية، طبق، كوب، حامل شموع، ساعة، حاوية، سلة، صحن، مفرش طاولة، السفينة، النحت، صندوق المجوهرات، إطار المرآة، مشط، ساعة، أدوات المائدة، ميدالية، حبل، اللعب، الغيتار، الورق، الغراء، سلسلة، صبغ، حبر، قلم رصاص، خيوط طابعة 3D...إلخ.
الملابس والاكسسوارات ومنتجات العناية الشخصية	منتجات يمكن اقتنائها للحماية والتجميل للعناية بصحة جسم الإنسان	مضرب، حذاء، حقيبة ظهر، قبعة، فستان، سترة، قماش، ملابس، حافظة هاتف، قلادة، خاتم، حلق، ربطة عنق، محفظة، ملابس سباحة، نظارة مكبرة، الجلود ، فرشاة الأسنان، الحفاضات، المناديل المبللة ..إلخ.
التعبئة والتغليف	قوالب لحماية البضائع والحفاظ عليها واحتوائها	زجاجة، علبة، صينية، صندوق، فيلم بلاستيكي، كيس من البلاستيك، عبوة تعبئة فارغة ، حامي زاوية...إلخ.
الأجزاء المعمارية والإنشائية	المواد المستخدمة في تشييد المباني وأغراض التصميم المعماري	الطوب، البلاط، أغطية الجدران، لوحة الحائط الزخرفية والصوتية، المقسم، الأرضيات، واجهة المبنى، هيكل الجناح، التسقيف، بوابة منحوتة، لوحة منزلقة، باب، بلاطة حجرية للمناظر الطبيعية، صفح السطح، سطح صلب ..إلخ.
قطع غيار السيارات والمعدات الرياضية	المنتجات هنا كوسيلة نقل من مكان إلى آخر لدوافع محددة، على سبيل المثال الأنشطة الترفيهية والرياضية.	الإطارات، الأجزاء المطاطية للسيارات، الأجزاء الداخلية للمركبة، الدراجة، الخوذة، لوح ركوب الأمواج، لوح التزلج...إلخ.

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

رابعاً: تحديد سمات الاستدامة ومستوى الاستعداد التكنولوجي (TRL) .

بالإضافة إلى تجدد الموارد وأصلها، فإن السمات المستنبطة منها تصف علي نطاقً أوسع من المواد المستدامة وقد تكون جزءًا من دوافع المطورين والمصممين في استخدام المواد فيما بعد، بالإضافة إلي أنه تم تحديد الموضوعات المتعلقة بتأثير المواد على الرفاهية البيئية والاجتماعية في أي مرحلة من مراحل دورة حياة المنتج . وأخيرًا، تم تحليل الوضع العام لتطوير المواد المستدامة باستخدام "مستوى الاستعداد التكنولوجي "Technology Readiness Level" (TRL) ، فيعد نهج TRL ، الذي اخترعته وكالة ناسا، بمثابة تقييم منهجي للنضج بين أنواع التكنولوجيا[١٨] ، ويستخدم على نطاق واسع في العديد من الصناعات منذ ١٧ عامًا وهنا تم استخدام TRL كإطار أساسي لتحليل تطوير مشاريع المواد المستدامة، وتم تبسيطه لتلبية معلومات المشروع المتاحة، فعلي سبيل المثال هنا تم تحرير نموذج TRL الجديد في تحليل تطوير مشاريع "التصميم الحيوي" جدول رقم (٣)، فقد تم دمج مستويات TRL الكلاسيكية بسبب محدودية المعلومات وتم تحويل أوصاف المستويات المجمعة إلى أسئلة، لتسهيل عملية تحليل المشاريع، كما تم تشكيل أربع مجموعات من TRL واستخدامها لتحليل مستوى تطوير مشروع المواد المستدامة جدول رقم (٣)[١٩].

جدول رقم (٣) مستويات الاستعداد التكنولوجي لتحليل مشاريع المواد المستدامة.

ملخص مستويات الاستعداد التكنولوجي	
TRL 1	المبادئ الأساسية التي تمت ملاحظتها والإبلاغ عنها.
TRL 2	صياغة مفهوم التكنولوجيا و/أو التطبيق.
TRL 3	الوظيفة التحليلية والتجريبية الحرجة و/أو إثبات المفهوم المميز.
TRL 4	التحقق من صحة المكونات و/أو اللوح في بيئة المختبر.
TRL 5	التحقق من صحة المكونات و/أو اللوحة في البيئة ذات الصلة
TRL 6	نموذج النظام/النظام الفرعي أو عرض النموذج الأولي في بيئة ذات صلة (الأرض أو الفضاء).
TRL 7	عرض نموذجي لنظام في بيئة فضائية
TRL 8	النظام الفعلي مكتمل "مثل أن يكون مؤهل للطيران" من خلال الاختبار والعرض (الأرضي أو الفضائي).
TRL 9	النظام الفعلي "رحلة مثبتة" من خلال عمليات المهمة الناجحة.

جدول رقم (٤) نموذج TRL الجديد في تحليل وتطوير مشاريع.

TRL 1-2	**التصميم/المفهوم التأملي Speculative Design/ Concept** هل تم وضع إطار أولي للمشروع المادي لكيفية تطويره من الناحية النظرية؟
TRL 3-5	**إثبات المفهوم Proof of Concept** هل يمكن تطوير المادة إلى منتج ممكن؟
TRL 6-7	**نموذج العمل Working Prototype** هل يعمل النموذج الأولي بنجاح في بيئته؟
TRL 8-9	**التكنولوجيا في السوق Technology is in the market** هل المنتج متوفر تجاريا في السوق؟

وهذا ينقلنا بدوره إلي تحديد مستويات العمل عند البدء في مشروع لمنتج مستدام لنتبع خطوات الدراسة.

(ISSN 2537-1061) (Print)

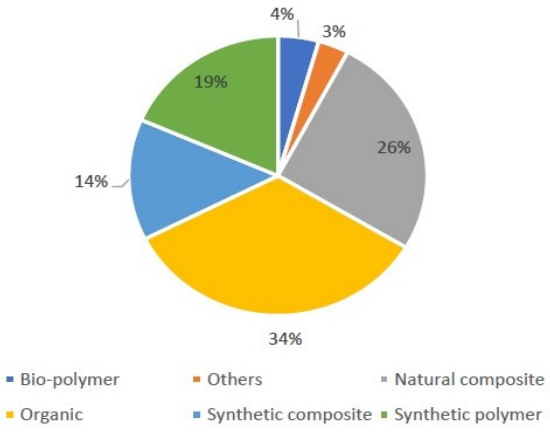
(ISSN 2537-107X) (Online)

جدول رقم (٥) خطوات عملية الدراسة البحثية.

١	**تحديد مطوري المشروع**	ــ
٢	**تصنيف الحالات المادية في مجموعة البيانات**	ــ
٢-١	تجديد الموارد Resource renewability	تنعكس السمات الأساسية للمواد المستدامة من نتائج الأدبيات.
٢-٢	أصل الموارد Resource origin	
٢-٣	مجموعة المواد Material group	يتم تصنيفها بناءً على نوع المادة المستخدمة والإشارة إلى الأدبيات
٢-٤	مجموعة المنتجات Product group	يتم تصنيفها على أساس وظيفة أو فائدة المنتج
٣	**تحديد الاستدامة**	ظهرت من وصف المشروع
٤	**تحديد الوضع التطويري الشامل للمشاريع باستخدام مستوى الاستعداد التكنولوجي(TRL)**	تم تحرير الإطار من الأبحاث السابقة.

خامسا: تحليل مجموعات المواد المستدامة. (Analysis of Sustainable Material groups)

حددت معظم الدراسات السابقة بأن هناك ست مجموعات مواد، فأكبرها نسبة هي المواد العضوية (Organic materials) (٣٤%)، تليها المركبات الطبيعية (natural composites) (٢٦%)، البوليمرات الاصطناعية(synthetic polymers) (١٩%)، المركبات الاصطناعية (synthetic composites) (١٤%) البوليمرات الحيوية (biopolymers) (٤%) وغيرها(others) (٣%)، وهذا ما يوضحه الشكل البياني التالي[٢٠]:



شكل رقم (٤) مجموعة المواد المستدامة Material groups

١- المواد العضوية. (Organic materials)

تشمل هذه المجموعة المواد البكر من النباتات وأمثلة غير عادية للنفايات المعاد استخدامها، بما في ذلك المواد ذات الحياة الثانية مثل اللحوم منتهية الصلاحية والمواد الثانوية مثل جلد السلمون وأوراق الأناناس .بعض هذه المواد يمكن تحويلها إلى منتجات (مثل جلد السلمون والخيزران)، في حين أن البعض الآخر لا يزال في المستوى المفاهيمي ويتطلب هذا المزيد من البحث قبل أن يمكن اعتبار المواد متطورة بالكامل وقابلة للإنتاج التجاري (مثل الميسليوم (الغزل الفطري)، نسيج الفطر.

٢- البوليمرات الحيوية (biopolymers)

تشمل هذه المجموعة البلاستيك الحيوي ومصدره الموارد المتجددة البكر مثل نشا الذرة، فبعض هذه المواد موجودة بالفعل في السوق السائدة وعادة ما يتم الحصول عليها من شركات ذات تكنولوجيا إنتاج عالية التقنية وتستخدم كمواد بديلة. يبدو أن تعقيد المواد

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

البوليميرية والمعدات اللازمة لتصنيعها يعيق استكشاف المصممين، مما يجعل هذه المواد من بين المواد الأقل استخدامًا. ومع ذلك، لا تزال هناك محاولات مبكرة لتطوير بوليمرات حيوية جديدة من نفايات الحياة الثانية مثل الحليب الفاسد.

٣- البوليمرات الاصطناعية (synthetic polymers)

تشكل المواد البلاستيكية المعاد تدويرها الحصة الأكبر من هذه المجموعة وهذا أمر متوقع نظرًا لأن النفايات البلاستيكية الناتجة عن السلع الاستهلاكية غالبًا ما تكون متوفرة بكثرة. تم إعادة استخدام بعض المواد البلاستيكية، أي تم استخدامها بشكل فعال مرة أخرى كما هي في شكل أو وظيفة أخرى، في حين تم إعادة تدوير البعض الآخر، أي تم تقسيمها إلى حالتها الخام وإعادة معالجتها إلى منتجات جديدة .

يتطلب النوع الأول أن تكون الخصائص التقنية مثل الصلابة قابلة للاستخدام، أما بالنسبة للمواد البلاستيكية المعاد تدويرها، فإن عملية الإنتاج تتطلب إجراءات غير معقدة، تتوافق مع طرق إنتاج البلاستيك الحالية، مما يوفر فرصة كبيرة للإنتاج الذاتي على نطاق صغير . على سبيل المثال، تم تحويل الزجاجات المصنوعة من البولي إيثيلين عالي الكثافة (HDPE) إلى منتجات جديدة باستخدام قوالب البثق والحقن ذاتية الصنع.

٤- المركبات الطبيعية (Natural composites)

النفايات هي المصدر السائد للموارد المستخدمة في هذه المجموعة، من بين المركبات الطبيعية، هناك في الغالب بوليمرات حيوية معززة بالألياف الطبيعية. ومع ذلك، فقد وجد أيضًا أن المركبات الطبيعية تشمل مواد عضوية معززة بالألياف الطبيعية، ومواد غير عضوية معززة بالألياف الطبيعية، والبوليمرات الحيوية المقواة بالألياف الاصطناعية، والسبب في هذا التنوع في المواد المركبة هو سهولة إنتاج هذه المواد .

على هذا النحو، تم استخدام العديد من المواد غير العادية ضمن هذه المجموعة المادية، على سبيل المثال، الأعشاب البحرية والطحالب واليوريا والسماد، تميل العديد من التطبيقات نحو التعبير الإبداعي حيث يتم استكشاف المواد المجمعة للحصول على جماليات جديدة بقدر ما يتم تحسين المنفعة.

٥- المواد المركبة الاصطناعية (synthetic composites)

المواد الموجودة في هذه المجموعة هي في الغالب نفايات المنتجات الثانوية ومواد نفايات الحياة الثانية . ومن حيث الإنتاج، فإن هذه المواد تتطلب إجراءات بسيطة مشابهة للمركبات الطبيعية المذكورة آنفاً، وهي في الغالب منتجات ما بعد الصناعة وما بعد الاستهلاك مع استخدام الراتنج الصناعي .

هذه المواد هي الأقل استخدامًا في مجموعة البيانات، مما يشير إلى أن المصفوفة ذات الأساس الحيوي هي الخيار المفضل عادةً للمصممين والمنتجين. فالعديد من التطبيقات تُصور المواد المستخدمة في حالتها الأصلية وبطريقة غير معالجة، مما يخلق خصائص سطحية فريدة[٢١].

٦- مواد أخرى(Others)

المواد الموجودة في هذه المجموعة هي في الغالب مواد نفايات غير عضوية ذات حياة ثانية، يمكن إعادة معالجة المواد المعدنية في هذه المجموعة تقنيًا إلى حالة خام دون المساس بخصائصها التقنية بسهولة .على سبيل المثال، يمكن إعادة صهر الألومنيوم دون فقدان عناصر السبائك، كما يوجد نوع آخر من المواد المستخدمة في هذه المجموعة وهو المواد غير العضوية البكر والتي تكون وفيرة إلى حد كبير، مثل رمال الصحراء[٢٢].

سادسا: تحليل مجموعات المنتجات. Analysis of Product groups

تم حصر مجموعة متنوعة من المواد وتطبيقات المنتجات وتصنيفها طبقاً لمجموعة المواد السابقة، وقد تم تحديد الاتجاهات الرئيسية لأغلب المنتجات المجمعة والتي تندرج تحت :

١- الأثاث والأدوات المنزلية

لقد وجد أنها مصنوعة بشكل متزايد من مواد عضوية، ومركبات طبيعية، ومركبات اصطناعية، وبوليمرات اصطناعية، تضمنت منتجات الأثاث عناصر الجلوس مثل المقاعد والكراسي والمقاعد، على سبيل المثال، كان الكرسي مصنوعًا من مركب من ألياف الخشب وزيت السمك، وكان الكرسي الخارجي مصنوعًا من زجاجات الحليب والمنظفات المهملة .

هذا وتشمل أمثلة الأدوات المنزلية سجادة من جذور القمح، وساعة من الفلين، وغطاء مصباح مصنوع من مخلفات القهوة، ومادة رابطة طبيعية. في الغالب، تقتصر المنتجات في هذه المجموعة على المنتجات البسيطة، ويشير التصميم إلى أنه تم اعتماد عمليات التشكيل الأساسية للإنتاج .على سبيل المثال، المقاعد عبارة عن ابتكار بسيط يسمح باختبار الخصائص التقنية للمواد (مثل القوة) وتنوعها بسهولة للصفات السطحية التي يجب احتضانها فنيًا.

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

٢- اكسسوارات الملابس ومنتجات العناية الشخصية

الغالب وُجد أنها مصنوعة بشكل رئيسي من المواد العضوية والبوليمر الاصطناعي .على سبيل المثال، تم إعادة تدوير زجاجات PET و HDPE المستردة إلى قماش وفرشاة أسنان .وفي حالة أخرى، تم إعادة استخدام مخلفات البلاستيك لصنع أكياس تعتمد أساليب حرفية مثل النسيج. لا يزال استخدام المواد العضوية للملابس والإكسسوارات في المراحل الأولى من استكشاف المواد، على سبيل المثال، يوجد سترة مصنوعة من السليلوز البكتيري[٢٣]. وعلى الرغم من أن المواد العضوية لم يتم تطويرها بشكل كامل بعد لهذا التطبيق، فقد جرت محاولات لتحويلها إلى منتجات بناءً على خصائصها التقنية .على سبيل المثال، يرتبط هشاشة السليلوز البكتيري بنعومة القماش؛ وبالتالي، يقترح استخدام المادة في صناعة الملابس .

٣-الأجزاء المعمارية والإنشائية

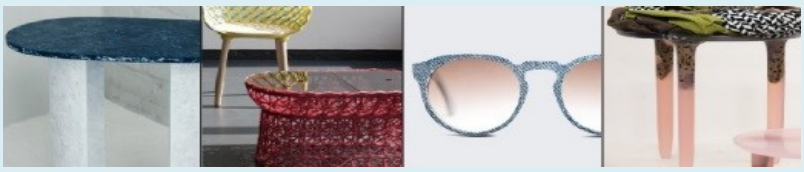
يتم تصنيعها في الغالب من المركبات الطبيعية .على سبيل المثال، صُنعت ألواح تزيين الجدران من قش الشعير واللدائن الحرارية الصديقة للبيئة، وصُنعت ألواح واجهات المباني من الألياف النباتية والليجنين . تم تطوير العديد من المنتجات لأغراض جمالية معمارية، ولكن تم أيضًا تطوير عدد لا بأس به من الحالات بشكل أساسي للمرافق مثل الجدران وهياكل الأجنحة والأسقف.

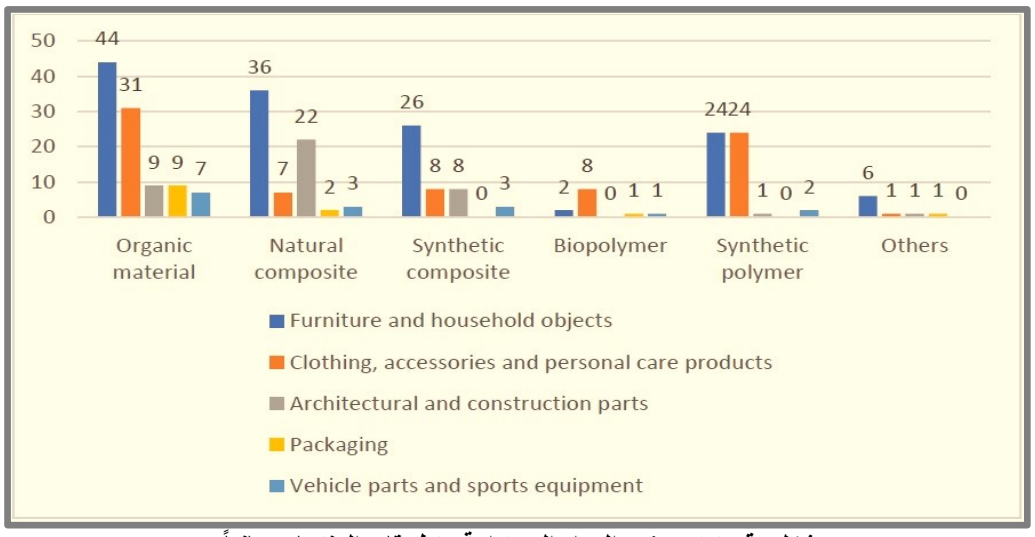
جدول رقم (٦) المواد والمنتجات المستدامة.

أنواع المواد	أمثلة عن المواد والمنتجات			
المواد العضوية Organic) (materials				
المنتج	مقعد	فستان	وحدة اضاءة	زجاجة مياه
أصل المادة	جلد السلمون	فطر المشروم	الفلين	طحالب حمراء+ماء
البوليمرات الحيوية (biopolymers)				
المنتج	أكياس	مقعد	ساعة	فرشاة أسنان
أصل المادة	جذور الكسافا والراتنج الطبيعي	الحليب الفاسد	نشا الذرة	بلاستيك نباتي
البوليمرات الاصطناعية synthetic) (polymers				

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

المنتج	حذاء رياضي	كرسي	لعبة	حقيبة
أصل المادة	البولي أميد	جلود الحيوانات	النعال المستهلكة	القنب
المركبات الطبيعية Natural) (composites				
المنتج	مقعد حمام	وعاء	أطباق	نظارة
أصل المادة	الماشروم وألياف الخشب	أجار وكربونات الكالسيوم	البامبو ونشا الذرة	ألياف القنب والراتنج الحيوي
المواد المركبة الصناعية synthetic) (composites				
المنتج	مقعد حمام	نظارة	كرسي وطاولة	طاولة
أصل المادة	قماش مهمل وراتنج	الدنيم المعاد تدويره وراتنج	القطن وراتنج	تقشير الملابس وراتنج



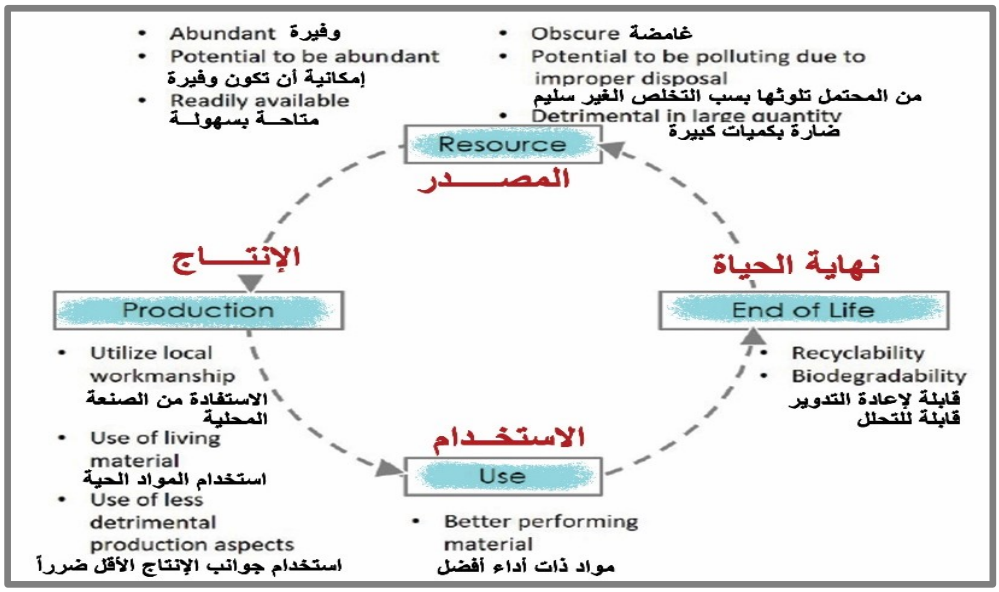
شكل رقم (٥) يوضح المواد المستدامة وتطبيقات المنتجات بيانياً.

سابعا: سمات المواد المستدامة عبر دورة حياة المنتج.

فيما يلي سيتم تناول سمات المواد المستدامة علي نطاق واسع كما تم تحليلها من قبل من خلال مجموعة البيانات السابقة، وكما يتبين في الشكل التالي رقم (٦)، فإن هذه السمات تبرر استخدام المواد وربما تم اعتبارها الدافع الأساسي للمشاريع من قبل المصممين والمطورين .

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)



شكل رقم (٦) يوضح سمات الاستدامة عبر دورة حياة المنتج للمادة.

هذا وتم تحديد السمات عبر مراحل دورة حياة المنتج، أي المورد والإنتاج والاستخدام ونهاية العمر، اعتمادًا على حالة المادة، وقد تكون الصفات مترابطة فيما بينها، على سبيل المثال: موارد وفيرة وغامضة، وفيما يلي سيتم شرح السمات مع ذكر الأمثلة:

١- مرحلة الموارد (Resource phase)

- في كثير من الحالات، وفرة موارد النفايات توفر مبرراً جوهرياً لاستخدامها، كما تعد النفايات البلاستيكية المثال الأكثر شيوعًا لإعادة استخدام الموارد أو إعادة تدويرها، بسبب تراكمها الهائل في البيئة، إلى جانب نفايات المنتجات الثانوية من الصناعات الزراعية والتصنيعية .
- تم أيضًا استكشاف العديد من المواد المستدامة نظرًا لإمكاناتها العالية لكي تصبح وفيرة .على سبيل المثال، يتم حاليًا زراعة الميسليوم في المختبر، ولكن هناك احتمال كبير لزراعته تجاريًا .أيضًا، هناك مادة بارزة أخرى وهي الخيزران، لأنه ينبت بسهولة ويعد من بين أسرع النباتات نموًا في العالم.
- تُظهر مجموعة البيانات السابق جدولتها أيضًا أن المادة لا يجب بالضرورة أن تكون وفيرة، ولكن سماتها المتاحة بسهولة، أي سهولة الوصول إليها (بما في ذلك القرب) أو سهولة الزراعة، يمكن أن تصبح عوامل مغرية لاستخدامها .على سبيل المثال، قد تكون الملابس البالية متوفرة بشكل جيد في القرى الصغيرة في أفريقيا؛ وبالتالي، سيكون من الممكن استخدامها كوسيلة للمنتجات الحرفية، ومن المثير للاهتمام أن بعض المواد الموجودة في مجموعة البيانات تم "جلبها" إلى المطور بطبيعتها كما هي.

على سبيل المثال، خلال موسم معين، ينجرف نبات مائي يعرف باسم عشبة الأنقليس إلى الشاطئ على طول ساحل شاطئ البحر الأبيض المتوسط؛ وبالتالي، يحتاج المطورون فقط إلى "حصاد" هذه المواد المتاحة بسهولة . وبالمثل، فإن النعال غير المستخدمة تصل إلى شاطئ شرق أفريقيا بعد رحلة طويلة عبر آسيا إلي أفريقيا، وبدلاً من أن ينتهي الأمر بالنفايات حيث تحتاج الشواطئ إلى التنظيف لأغراض سياحية وترفيهية، فقد تم إعادة توظيفها وتحويلها إلى منتجات جميلة وجذابة.

- تم العثور أيضا على اتجاه لاستخدام مواد جديدة غير تقليدية أو غير مستغلة، حيث يمكن اعتبار الموارد الغامضة بدائل للموارد التقليدية الحالية .هذه المواد الموجودة في مجموعة البيانات جاءت من مواد نادرة وغير عادية مثل المطاط البري من غابات الأمازون ورمال الصحراء والهندباء وإبر الصنوبر، كما أدى الحفاظ على احتياطيات المواد المحدودة إلى الاستفادة من الموارد غير المستكشفة .
- تم العثور على مواد من المحتمل أن تكون ملوثة بسبب التخلص منها بشكل غير مناسب في مجموعة البيانات السابقة، ومن الأمثلة ذات الصلة لهذه السمة المواد المشتقة من النفايات الزراعية الثانوية. أما من الناحية الفنية، يمكن أن تتحلل مواد النفايات هذه في البيئة، ولكن خلال موسم الحصاد، تخلق تقنية الزراعة التقليدية تيارًا من النفايات له آثار سلبية على البيئة وصحة المجتمعات. والجدير بالذكر أن العديد من المشاريع في مجموعة البيانات تحمل هذا السيناريو .على سبيل المثال، يعد حرق نفايات الذرة

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

ممارسة شائعة في شمال تايلاند، وتقوم تقنية "القطع والحرق" بإطلاق الديوكسينات في الغلاف الجوي. وفي حالة أخرى، يتم إلقاء أطنان من قشر الأرز في الأنهار المحلية في فيتنام، مما يستغرق وقتًا طويلاً للتحلل.

- السمة الأخيرة في المرحلة المادية تشبه تقريبا السمة المذكورة سابقا، بمعنى أن هناك حاجة لإعادة استخدام المواد في شكل جديد .إلا أن هذه السمة تميل إلى ضرورة الحد من المواد الضارة بكميات كبيرة . على سبيل المثال، يمكن استخدام ثاني أكسيد الكربون كعنصر في المواد المركبة في صناعة الطوب؛ يمكن إعادة استخدام غبار الحجر من المحجر في الأغراض المنزلية، ويمكن استخدام الرماد الناتج عن المحارق كمادة أساسية لصبغ القماش .

٢- مرحلة الإنتاج (Production phase)

- في مرحلة الإنتاج، تم تنفيذ العديد من حالات النفايات (مجموعة بيانات المواد والمنتجات السابقة) من خلال عملية تصنيع تعاونية تستخدم القوى العاملة المحلية، مما يوفر فوائد اقتصادية فورية للمجتمع. لم تعد جوانب الاستدامة في حالات المواد هذه تتمحور حول المواد الخام ولكنها أيضًا تستفيد من أصحاب المصلحة، فغالبًا ما يتم تشغيلها في نمط الإنتاج على نطاق صغير، وقد أدت الكثير من حالات المواد المستدامة إلى ظهور مجموعة لا نهاية لها من المنتجات المصنوعة يدويًا مع تمكين الحرفيين المحليين .على سبيل المثال، تم تحويل قشر الأرز ونفايات الذرة إلى مواد بناء من خلال الاستفادة من الحرف اليدوية المحلية .العديد من مطوري المواد في هذه الحالات هم منظمات مدفوعة بالتنمية المستدامة، مثل المؤسسات الاجتماعية والمنظمات غير الربحية والمجموعات الخيرية من البلدان النامية. والأهم من ذلك، أن بعض المستفيدين ليس لديهم مشاركة مباشرة في معالجة المواد وإنتاجها .على سبيل المثال، تم الحصول على القماش المشمع المستخدم من خلال مراقبي الشاحنات المستأجرين الذين اشتروا المواد من سائقي الشاحنات المحليين؛ وتم شراء الأكياس البلاستيكية المستعملة من جامعي الخرق في الأحياء الفقيرة في نيودلهي؛ وتم إنتاج ملابس اللحاء بالتعاون مع صغار المزارعين العضويين.

ومن المثير للاهتمام أن المصمم أصبح يعتقد أن إعادة التفكير في استخدام المواد سيكون هذا قادرًا على الحفاظ علي البقاء الاقتصادي للمجتمع. هذا وتم اقتراح أيضاً الطوب المصنوع من دم الحيوانات (منتج ثانوي للمذبح) والرمل ليكون بمثابة مصدر موثوق للعمل، حيث يفقد العمال الذين يعيشون في الصحراء في كثير من الأحيان محاصيلهم ومواشيهم بسبب الطقس غير المتوقع.

- تم استخدام الكائنات الحية في العديد من المشاريع المادية التأملية. إن المطورين في هذه المشاريع متفائلون بشكل عام بأن الكائنات الحية لديها القدرة على إحداث ثورة في طريقة إنتاج المواد .تعتبر قدرة المادة على "البناء الذاتي" أو استبدال المركبات الضرورية الأخرى في صنع المادة بمثابة ميزة .

هذا ويُنظر إلى المواد المزروعة في المختبر مثل الكمبوتشا"kombucha"، والأفطورة"mycelium"، وزراعة الأنسجة على أنها مصدر فريد للمواد المستدامة حيث تصبح الخلايا الحية فعليًا صانعًا مشاركًا للمواد، وبالتالي تطمس الحدود بين صنع الإنسان والطبيعة .على سبيل المثال، ذكر مطور المواد المعتمد على الكمبوتشا أن الفكرة هي تحفيز مستعمرة بكتيرية لإنتاج مادة نسيج لتوفير بديل للجلود الحيوانية التقليدية، وهو أمر محفوف بالقضايا الأخلاقية والبيئية .وبالمثل، فإن المستعمرات الفطرية من الميسيليوم تربط ألياف الخشب معًا وتنمو وفقًا لشكل القالب، مما يلغي الحاجة إلى وجود مصفوفة إضافية في صنع مركب .

كما تم العثور على فكرة وجود الطبيعة كصانع مشارك للمنتجات في مشروع المواد المستقبلي الذي تمت فيه إعادة برمجة نمو النبات باستخدام تكنولوجيا البيولوجيا التركيبية بحيث يمكن أن تنمو لتصبح منتجًا .وعلى وجه التحديد، قام المشروع بتحويل جذور النباتات إلى مادة دانتيل لأغراض الملابس.

- يعد استخدام الطاقة البديلة في معالجة المواد مثالًا بارزًا على استخدام جوانب الإنتاج "الأقل ضررًا". تم العثور على العديد من المشاريع لاستخدام الطاقة الشمسية لتشغيل نظام الإنتاج . ومن خلال استكشاف المواد الإبداعية لتحويل رمال الصحراء إلى منتج، تم استخدام أشعة الشمس مباشرة لإذابة الرمال وتحويلها إلى مادة "تشبه السيراميك"، كما تم العثور بشكل متكرر على عمليات أقل ضررًا لمواد الزراعة والحصاد ، على سبيل المثال، يتم نزع الفلين من الأشجار كل تسع سنوات دون قطع أي

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

شجرة أثناء العملية ، كما يوجد مثال آخر مثير للاهتمام وهو استخدام فراء الألبكة " alpaca fur"(يشبه صوف الأغنام) في الملابس .على الرغم من أن الألبكة لها حوافر ناعمة لطيفة على التربة، إلا أنه يتم منح كل ألبكة أرضًا مناسبة للرعي، مما يتيح وقتًا كافيًا لتجديد الأراضي العشبية.

وقد حصلت العديد من المشاريع على شهادة "من المهد إلى المهد"، مما يشير إلى أن إنتاج المواد يتسم بالكفاءة ويساعد في تأمين الإيقاعات البيولوجية للطبيعة.

٣- مرحلة الاستخدام(Use phase)

- إن إنشاء مواد ذات أداء أفضل، أي تحقق المنفعة، هو الهدف الأساسي للعديد من المشاريع ونماذج البيانات السابقة حول المواد المستخدمة وتطبيقاتها، فغالبًا ما يتم تحقيق هذه السمة من خلال اعتماد التكنولوجيا الهندسية الناشئة، وغالبًا ما يتم إنتاج أوراق اعتماد جديدة مستدامة للمادة .على سبيل المثال، في مشروع انتاج "meta-material"* ، لم يقتصر الأمر به على استخدام مادة البولي أميد المطبوعة ثلاثية الأبعاد من خلال نفايات المنتجات الثانوية، ولكن تم أيضاً تصميم المادة خصيصًا لعرض صفات أداء تعادل مكونات المواد المتعددة المتعارف عليها . كما يعد مركب الخشب البلاستيكي"plastic wood composite " مثالًا آخر على المواد المصممة لتحقيق أداء أفضل .المادة أكثر مقاومة للبقع والخدوش والعفن، وبالتالي من المفترض أن تتمتع بعمر أطول من مادة الخشب.

وتشمل أيضاً الأمثلة الأخرى المثيرة للاهتمام شرائط النانو الكهرضغطية " piezoelectric nanoribbons " والخرسانة ذاتية الشفاء" self-healing concrete".

ومن الناحية النظرية، فإن الخرسانة ذاتية الشفاء سيكون لها عمر لا نهائي، كما أن مادة تجميع الطاقة هي بالفعل طريقة ذكية لحصد الطاقة من خلال حركة الجسم .عند تطوير مادة "الفولاذ الحيوي"، ذكر المطور بوضوح أن الهدف هو المغامرة في منطقة جديدة من الابتكار الإلكتروني والمضي قدمًا نحو حلقة تدفق لا نهائية للمواد.

٤- مرحلة نهاية الحياة (End of life phase)

- تعد قابلية إعادة التدوير وقابلية التحلل البيولوجي من السمات المهمة خلال مرحلة دورة الحياة ، مثال على تحقيق المعايير السابقة هو مادة الألومنيوم، فمن الناحية الفنية، تعد معالجة الألومنيوم الخام أمرًا شاقًا على البيئة، ولكن قيم إعادة التدوير الخاصة بها تكون متفوقة. ومن ناحية أخرى، يُفسر جانب التحلل الحيوي وجود حصة كبيرة من المواد العضوية والمركبات الطبيعية خلال مجموعة بيانات المواد وتطبيقاتها السابقة. لقد أخذ معظم مطوري المواد المستدامة في الاعتبار دائرية المواد التي سيتم فيها إعادة إدخال العناصر الغذائية القيمة، إما في المحيط الحيوي أو في حلقة الاستخدام، في نهاية عمر المادة .بشكل عام، يشير تحليل TRL إلى أن تطوير المواد المستدامة في مجموعة البيانات السابقة قد وصل في الغالب إلى مستوى النضج وأن عددًا واعدًا من الحالات المادية وصل إلى نقطة التحول للتسويق التجاري .

وأخيراً فإن الشركات القائمة والشركات الناشئة والأوساط الأكاديمية هي ثلاثة مطورين يشاركون في استكشاف المواد المستدامة، كما أن وجود المجموعة الأكاديمية من الطلاب والباحثين، فدائماً ما يسعون بنشاط للحصول على مواد مستدامة في مشاريع التصميم الخاصة بهم والتي تُركز على المشاريع التي تنتج منتجات استهلاكية أكثر، مما يعني أنه لم يتم تضمين مشاريع أبحاث علوم المواد فقط .

وبالنظر إلى العدد الكبير من الشركات الناشئة والشركات القائمة، يمكن القول أن استكشاف المواد المستدامة يدخل الآن في صلب ممارسات تصميم المنتجات .ومن حيث تصنيف المواد وأنواعها، فقد أظهر هذا البحث أن غالبية المواد المستخدمة كانت متجددة .وتعتمد هذه المنتجات في الغالب على السليلوز النباتي البكر والمنتجات الثانوية الزراعية ومخلفات الصناعات الغذائية، والمخرجات الرئيسية والتي تمثل مركبات الألياف الطبيعية .

على الجانب الآخر، تم تطوير عدد كبير من المواد لدعم التعبير الإبداعي وهي تجريبية بطبيعتها .ومع ذلك، فإن المنتجات التي تم تطويرها تقتصر على أشياء بسيطة، ولم يتم العثور إلا على عدة حالات لتطبيق المواد في المنتجات الإلكترونية. أنتجت الشركات الناشئة، بما في ذلك المصممين المستقلين، منتجات صغيرة الحجم وبسيطة نسبيًا يمكن تصنيعها باستخدام تقنيات إنتاج منخفضة الحجم .

وأيضاً علي سبيل المثال فنجد في قطاع الأثاث وتطبيقاته مثل الكراسي والمقاعد، والأشياء المنزلية مثل أدوات المائدة وأدوات الديكور، هي أنواع من المنتجات التي توفر مساحة للتعبير الإبداعي والفني، حيث يمكن أن يتم احتضان تجسيد الخصائص

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

الفريدة في التصميم من خلال سوق متخصصة، فيتم تجسيد معظم المنتجات في هذه الحالات في صور نماذج أولية منتهية لوحدة واحدة أو حالة منتجات مفاهيمية مفتوحة لمزيد من اختبار المواد أو تطويرها .

هذا وقام المطورون بدفع المنتجات المصنوعة من مواد عادية وغير عادية في شكل جماليات غير نمطية، فتؤدي مثل هذه الإبداعات إلى تجربة مادية مختلفة تمامًا حيث تصبح بعض المواد مثيرة وتوفر تجربة حسية جديدة للمستخدمين .على سبيل المثال، فإن المزهرية والمصابيح التي صُنعت من اللحوم منتهية الصلاحية التي تم عرضها في معرض التصميم تثير مشاعر المستخدمين أثناء التفاعل مع المادة. وشملت المشاريع المثيرة الأخرى تصميم كرسيًا من الأعشاب البحرية، وطوبًا ورقيًا، وكرسي حليب منتهي الصلاحية، ومصباحًا لجلد الحشرات، وأرضية شرنقة دودة القز، وخزانة شعر، وأدوات مائدة من اليوريا وغيرها[٢٤].

علاوة على سمات تجديد الموارد وأصل الموارد، كشف هذا البحث عن مجموعة من سمات الاستدامة المرتبطة غالبًا بالمواد المستدامة. فتشرح هذه السمات ديناميكية كيفية اعتبار المواد مستدامة، كما تشير أيضًا إلى أن العديد من المطورين قد اعتمدوا تفكير دورة الحياة في معالجة التأثير البيئي والاجتماعي للمواد .على سبيل المثال، في مرحلة الإنتاج، ألغت إحدى الشركات استخدام الراتنج واختارت بدلاً من ذلك تقنية تسخين منخفضة الحرارة لربط السيراميك المستخدم لصنع الأدوات المنزلية، نحو غرض مماثل، تم استخدام السليلوز النانوي كمواد رابطة صديقة للبيئة في صناعة الأدوات المنزلية .

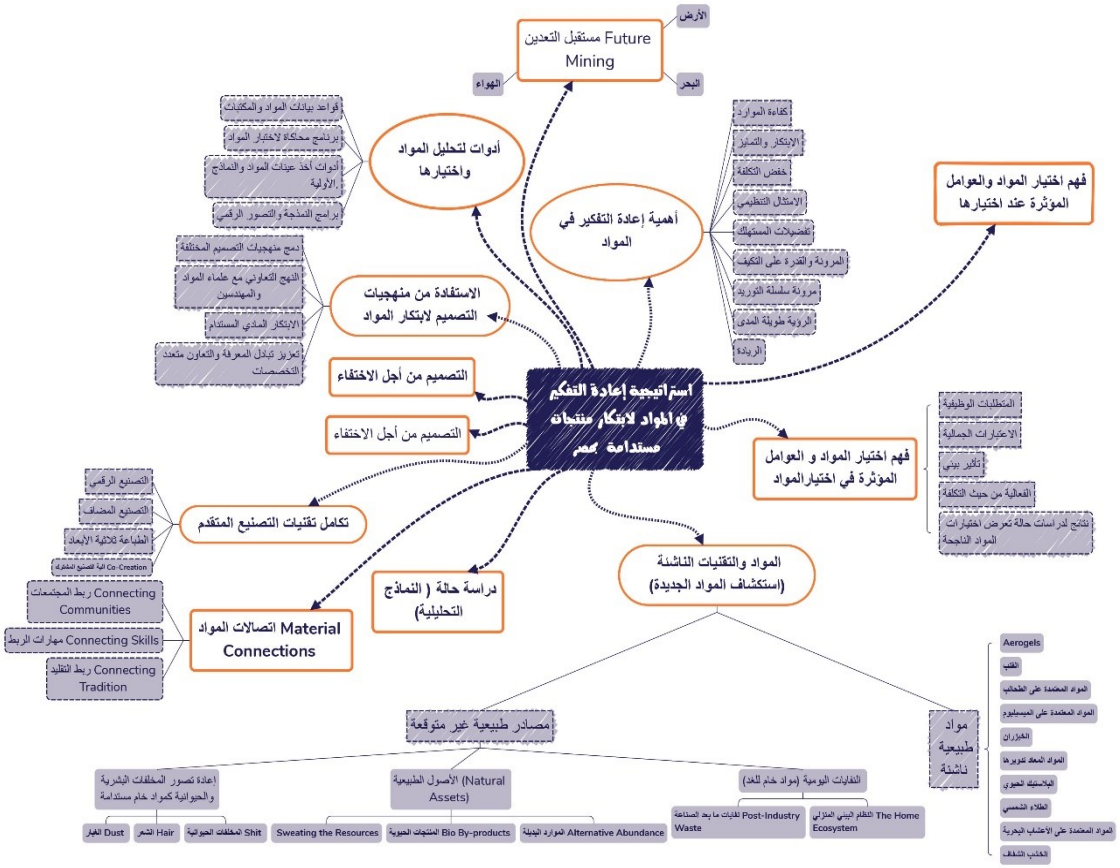
أظهر تحليل TRL التطور المثير للإعجاب للمواد المستدامة، مع وجود العديد من الحالات في مرحلة التسويق التجاري .ومع ذلك، فمن الجدير بالذكر أن المواد الأخرى غير المركبة الطبيعية والبوليمر المعاد تدويره هي في مرحلة الطفولة .على وجه التحديد، لا تزال المبادرات الرامية إلى استكشاف مواد بديلة غير عادية مثل الأغشية الحيوية والطحالب وخلايا الفطر في أيامها الأولى من الاستكشاف .ومن الحقائق أيضًا أن الشركات الناشئة هي أكبر المطورين، وبالتالي، يمكن اعتبار المواد التي يتم تسويقها تجاريًا على وشك النجاح، ولكنها تخضع بالفعل لتأثير حقيقي في السوق.

في النهاية، يعكس هذا البحث جهدًا تدريجيًا لإنشاء تدفق مادي فعال يتوافق مع مبادئ وخصائص الاقتصاد الدائري، لكن التنمية الشاملة لا تزال في مهدها. إن محاولة تقليل الاعتماد على الموارد المحدودة باستخدام موارد بديلة في إنتاج المواد آخذة في الارتفاع بشكل إيجابي من خلال استغلال النفايات والانتقال إلى الموارد المتجددة . هذا وبشكل عام، أظهر البحث أن استكشاف المواد المستدامة يمر بتطور ديناميكي ولكنه لا يزال في مرحلة الطفولة، فهناك حاجة إلى استراتيجيات مناسبة لتحفيز استيعاب هذه المواد في السوق.

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

ثامناً: استراتيجية إعادة التفكير في المواد لابتكار منتجات مستدامة بمصر. شكل رقم (٧)



شكل رقم (٧) يوضح استراتيجية إعادة التفكير في المواد لابتكار منتجات مستدامة بمصر. (اعداد الباحثين)

يقود التصميم الناجح التفكير الابتكارى والذي عادة ما يجمع بين فاعليته علي الجمع بين العنصر الجمالي والوظيفي معاً، ولكن جاء تأثير الانتشار الاستهلاكي السلبي للمنتجات بالإضافة إلي الثقافات المادية المبالغ فيها إلى نبذ تعاليم علماء البيئة لتفكير المصممين.

فكان من الواجب احتضان الضرورات المستدامة ومعالجة الاحتياجات الاجتماعية والبيئية المترابطة حيث يري الباحث أن التصميم والبيئة يجب أن يكونا ممارسة متكاملة. ففي نهاية القرن العشرين، تجاهل التصميم السائد هذه الرؤية الشاملة لصالح النزعة الاستهلاكية قصيرة المدى ولصالح المساهمين العالميين. وبعد مرور ما يقرب من ٢٠ عامًا على هذا القرن، ورؤية كثير من الابتكارات التصميمية للمنتجات المستدامة. فمع وجود الاستدامة والرفاهية الاجتماعية في جوهرها، يتمتع التصميم الآن بالقدرة على تغيير العالم كما نعرفه، ويقوم جيل جديد من المصممين بإعادة التفكير في ابتكار وتطوير ممارسات جديدة لإحداث فرق ملموس في المنتجات.

١- الهدف من الاستراتيجية.

يري الباحث أن التركيز على الأهمية المادية يمكّننا من إعادة النظر في العناصر الأساسية لعملية التصميم من الأسفل إلى الأعلى . وبفضل مجموعة كبيرة من المصممين والصناع المثيرين الذين يشجعون الأساليب الثورية والغير تقليدية كما رأينها في تطبيقات المواد والمنتجات في الفصل التحليلي، بدأنا نرى أن الأنظمة البديلة للإنتاج والاستهلاك ممكنة - ونحن ندرك أن الابتكار المادي سيكون حاسما لتحقيق ذلك .

٢- أهمية إعادة التفكير في المواد.

إن إعادة النظر في المواد لها أهمية كبيرة في دفع الابتكار والاستدامة والقدرة التنافسية في مختلف الصناعات، وفيما يلي تفصيل لأهميته من حيث :

- **الاستدامة:** يعد تبني المواد المستدامة أمرًا بالغ الأهمية لتقليل التأثير البيئي والحفاظ على الموارد والتخفيف من تغير المناخ، فتتيح إعادة التفكير في المواد للمصممين اختيار خيارات

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

صديقة للبيئة تقلل من انبعاثات الكربون وتوليد النفايات والتلوث طوال دورة حياة المنتج.

- **كفاءة الموارد:** من خلال إعادة تقييم المواد، يمكن للمصممين تحسين استخدام الموارد وتقليل توليد النفايات. ويعزز هذا النهج التفكير من خلال تصميم منتجات بمواد يمكن إعادة تدويرها أو أو تحللها بيولوجيا بسهولة، وبالتالي تقليل الاعتماد على الموارد المحدودة وتعزيز اقتصاد أكثر استدامة .
- **الابتكار والتمايز:** استكشاف المواد والتقنيات الجديدة يعزز الابتكار والتمايز في تصميم المنتجات .إن إعادة النظر في المواد تشجع المصممين على تجربة خيارات غير تقليدية، مما يؤدي إلى تطوير منتجات جديدة ذات وظائف فريدة وجماليات وجاذبية في السوق .
- **خفض التكلفة:** يمكن أن يؤدي اعتماد مواد وتقنيات إنتاج مبتكرة إلى توفير التكاليف على المدى الطويل، في حين أن الاستثمارات الأولية في البحث والتطوير قد تكون أعلى، فإن المواد المستدامة غالبا ما تقدم فوائد مثل تحسين المتانة، وكفاءة الطاقة، وانخفاض تكاليف الصيانة، مما يؤدي في النهاية إلى انخفاض التكلفة الإجمالية.
- **الامتثال التنظيمي:** إعادة النظر في المواد يساعد الشركات على البقاء ممتثلة للأنظمة والمعايير المتطورة المتعلقة بحماية البيئة، وسلامة المنتجات، وشفافية سلسلة التوريد، ومن خلال معالجة المتطلبات التنظيمية بشكل استباقي، يمكن للشركات تقليل المخاطر المرتبطة بعدم الامتثال وحماية سمعتها .
- **تفضيلات المستهلك:** مع تزايد الوعي بالقضايا البيئية والاستدامة، يفضل المستهلكون بشكل متزايد المنتجات المصنوعة من مواد ذات مصادر مسؤولة وصديقة للبيئة، تتيح إعادة النظر في المواد للشركات التوافق مع قيم المستهلك وتعزيز سمعة العلامة التجارية واكتساب ميزة تنافسية في السوق .
- **المرونة والقدرة على التكيف:** تصميم المنتجات بمواد قابلة للتكيف يعزز القدرة على التكيف مع ديناميكيات السوق المتغيرة، والتقدم التكنولوجي، والتحولات التنظيمية .يمكن للشركات التي تتبنى مواد وعمليات إنتاج مرنة أن تركز بسرعة لتلبية احتياجات العملاء المتطورة واغتنام الفرص الجديدة في الصناعات الديناميكية .
- **مرونة سلسلة التوريد:** يمكن أن يؤدي تنويع المواد المستخدمة في تصميم المنتج إلى تعزيز مرونة سلسلة التوريد من خلال تقليل الاعتماد على موردين منفردين أو مواد خام .إن إعادة النظر في المواد تمكن الشركات من تحديد مصادر بديلة، والتخفيف من مخاطر سلسلة التوريد، وضمان استمرارية العمليات حتى في الظروف الصعبة .
- **الرؤية طويلة المدى:** إعادة التفكير في المواد في استراتيجية التصميم تعزز منظورًا طويل المدى يأخذ في الاعتبار التأثيرات الاجتماعية والبيئية والاقتصادية لقرارات المنتج .ومن خلال إعطاء الأولوية للاستدامة والابتكار المسؤول، يمكن للشركات خلق قيمة دائمة لأصحاب المصلحة، والأجيال القادمة.
- **الريادة:** إن الريادة في إعادة التفكير في المواد تجعل الشركات رائدة في التصميم المستدام والممارسات التجارية المسؤولة .ومن خلال وضع معايير عالية لابتكار المواد والشفافية، يمكن للمؤسسات إلهام التحول على مستوى الصناعة والمساهمة في الجهود العالمية نحو مستقبل أكثر استدامة.

٣- فهم اختيار المواد.

في المجال الديناميكي للتصميم الصناعي، يمثل اختيار المواد حجر الزاوية، حيث يشكل حدود ووظيفة وجوهر المنتجات التي تحدد حياتنا اليومية. فاختيار المواد في التصميم الصناعي، له تأثيره العميق واعتباراته المتعددة الأوجه، فيتم تكليف المصممين الصناعيين بما هو أكثر من مجرد إنشاء أشياء مبهجة من الناحية الجمالية؛ إنهم منسقو التجارب، ووسطاء بين الاحتياجات البشرية والإمكانيات التكنولوجية.

إن اختيار المواد هو مجموعة أدواتهم، حيث يقدم المصمم مجموعة من الإمكانيات لصياغة حلول تلقى صدى لدى المستخدمين، وتلبي متطلبات السوق، وتتوافق مع حقائق الإنتاج، فمن تعدد استخدامات المعادن إلى مرونة البوليمرات، ومرونة المواد المركبة، يجب على المصممين التنقل في نسيج غني من المواد، ولكل منها خصائصها وإمكاناتها الفريدة.

ومع ذلك، وبعيدًا عن الجوانب التقنية، فإن اختيار المواد في التصميم الصناعي يمثل عملية دقيقة بين الابتكار والتقاليد، والاستدامة والأداء، والتكلفة والجودة . وبينما نتطلع إلى المستقبل، فإن مشهد اختيار مواد التصميم

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

الصناعي مهيأ للتطور. تعمل الاتجاهات الناشئة مثل التصنيع الإضافي والمواد الذكية ومبادئ الاقتصاد الدائري على إعادة تشكيل حدود ما هو ممكن، وتدعو المصممين إلى دفع حدود الإبداع والمسؤولية .في جوهر الأمر، لا يقتصر فهم اختيار المواد في التصميم الصناعي على اختيار المادة المناسبة للوظيفة فحسب؛ يتعلق الأمر بصياغة روايات ذات معنى، وتجسيد القيم الثقافية، وتعزيز الروابط بين الناس والتحف التي تثري حياتهم .من خلال تبني هذا النهج الشامل، يمكن للمصممين تجاوز مجرد الوظيفة، والارتقاء بإبداعاتهم إلى تعبيرات خالدة عن البراعة البشرية والتعاطف.

٤- العوامل المؤثرة في اختيار المواد.

- المتطلبات الوظيفية.
- الاعتبارات الجمالية.
- تأثير بيئي.
- الفعالية من حيث التكلفة.
- دراسات حالة تعرض اختيارات المواد الناجحة

٥- الاستفادة من منهجيات التصميم لابتكار المواد.

يعد الابتكار المادي المستدام مسعى متعدد الأوجه يتطلب دمج منهجيات التصميم المختلفة لمواجهة التحديات البيئية والاجتماعية والاقتصادية .من خلال استخدام أساليب مثل تقييم دورة الحياة، والتصميم من المهد إلى المهد، والتصميم المستوحى من الحياة، ومبادئ الاقتصاد الدائري، يمكن للمصممين تطوير مواد تقلل من التأثير البيئي، وتعزز كفاءة الموارد، وتدعم الاقتصاد المتجدد .علاوة على ذلك، فإن التركيز على مبادئ مثل البيئة المادية، والتصميم للتفكيك، والمصادر والإنتاج الأخلاقي يضمن أن المواد المستدامة تأخذ في الاعتبار السياقات البيئية والاجتماعية الأوسع، مما يؤدي إلى حلول أكثر شمولية .تلعب المنصات التعاونية والمبادرات مفتوحة المصدر دورًا حاسمًا في تعزيز الابتكار وتسريع اعتماد المواد المستدامة من خلال تعزيز تبادل المعرفة والتعاون متعدد التخصصات والشفافية .

في نهاية المطاف، يعتمد نجاح الابتكار المادي المستدام على جهد جماعي من المصممين والباحثين وصانعي السياسات وأصحاب المصلحة في الصناعة والمستهلكين لإعطاء الأولوية للاستدامة طوال دورة حياة المنتج بأكملها .ومن خلال تبني منهجيات التصميم هذه والعمل معًا لتحقيق أهداف مشتركة، يمكننا إنشاء مستقبل أكثر استدامة حيث لا تكون المواد مجرد موارد خاملة ولكنها تساهم بشكل فعال في تجديد البيئة والرفاهية الاجتماعية.

٦- أدوات لتحليل المواد واختيارها

من خلال تسخير التقنيات الحسابية المتقدمة، مثل برنامج تقييم دورة الحياة (LCA) ونمذجة التأثير البيئي، يمكن للمصممين إجراء تقييم شامل لأوراق اعتماد الاستدامة للمواد المختلفة .لا يأخذ هذا النهج الشامل في الاعتبار التأثير البيئي لاستخراج المواد ومعالجتها فحسب، بل يأخذ أيضًا في الاعتبار عوامل مثل إمكانية إعادة التدوير واستهلاك الطاقة والتخلص منها في نهاية العمر .علاوة على ذلك، فإن التقنيات الناشئة مثل blockchain ومنصات شفافية سلسلة التوريد تمكن المصممين من تتبع أصول المواد والتحقق من أوراق اعتماد الاستدامة الخاصة بهم، مما يضمن الامتثال لمعايير المصادر الأخلاقية ودفع المساءلة عبر سلسلة التوريد.

علاوة على ذلك، فإن اعتماد مبادئ الاقتصاد الدائري، مثل التصميم للتفكيك وإعادة التصنيع وإعادة استخدام المواد، سيوجه المصممين نحو إنشاء منتجات وبنية تحتية بأقل تأثير على البيئة وأقصى قدر من كفاءة الموارد .في نهاية المطاف، تمثل أدوات تحليل واختيار المواد المستدامة تحولًا نموذجيًا نحو نهج أكثر مسؤولية ومرونة في التعدين في التصميم الصناعي .ومن خلال تبني هذه الأدوات والمبادئ، يمكن للمصممين تمهيد الطريق لمستقبل لا تكون فيه عمليات التعدين قابلة للحياة اقتصاديًا فحسب، بل أيضًا مستدامة بيئيًا واجتماعيًا، مما يحافظ على الموارد الطبيعية للأجيال القادمة، ولعل أهم هذه الأدوات المتبعة:

- قواعد بيانات المواد والمكتبات.
- برنامج محاكاة لاختبار المواد.
- أدوات أخذ عينات المواد والنماذج الأولية.
- برامج النمذجة والتصور الرقمي.

٧- المواد والتقنيات الناشئة (استكشاف المواد الجديدة)

تلعب المواد والتقنيات المستدامة الناشئة دورًا حاسمًا في مواجهة التحديات البيئية وتعزيز التنمية المستدامة، وهنا بعض الأمثلة وأشهرها:

٧-١- **البلاستيك الحيوي:** مواد بلاستيكية قابلة للتحلل مشتقة من مصادر الكتلة الحيوية المتجددة مثل نشا الذرة أو قصب السكر أو السليلوز .على عكس المواد البلاستيكية التقليدية، يتحلل البلاستيك الحيوي بشكل طبيعي، مما يقلل التلوث والاعتماد على الوقود الأحفوري .

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

٧-٢- **المواد المعاد تدويرها:** الاستفادة من المواد المعاد تدويرها مثل البلاستيك المعاد تدويره والمعادن والزجاج والمنسوجات في عمليات التصنيع .تساعد إعادة التدوير في الحفاظ على الموارد الطبيعية، وتقليل استهلاك الطاقة، وتقليل النفايات المرسلة إلى مدافن النفايات.

٧-٣- **الخيزران:** يعد الخيزران موردًا متجددًا سريع النمو ويمكن استخدامه كبديل مستدام للخشب في البناء والأثاث والمنسوجات .لها بصمة بيئية منخفضة بسبب نموها السريع وقدرتها على عزل ثاني أكسيد الكربون .

٧-٤- المواد المعتمدة على الميسيليوم: يمكن زراعة الميسيليوم، وهو البنية الجذرية للفطريات، إلى مواد متينة وقابلة للتحلل الحيوي ومناسبة للتغليف والعزل وحتى البناء .المواد المعتمدة على الميسيليوم قابلة للتجديد، وقابلة للتحويل إلى سماد، وتتطلب الحد الأدنى من الموارد لإنتاجها.

٧-٥- **المواد المعتمدة على الطحالب:** الطحالب كائنات حية متعددة الاستخدامات يمكن استخدامها لإنتاج مجموعة واسعة من المواد المستدامة، بما في ذلك البلاستيك الحيوي والوقود الحيوي والمكملات الغذائية .يمكن أن تساعد زراعة الطحالب أيضًا في التخفيف من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وتلوث مياه الصرف الصحي .

٧-٦- **القنب:** ألياف القنب قوية وخفيفة الوزن وقابلة للتحلل الحيوي، مما يجعلها مثالية لتطبيقات مثل المنسوجات ومواد البناء والمركبات الحيوية .تتطلب زراعة القنب كميات أقل من المياه والمبيدات الحشرية مقارنة بالمحاصيل التقليدية مثل القطن .

٧-٧- **Aerogels :** هي مواد خفيفة الوزن وعالية المسامية ولها خصائص عزل حراري ممتازة . يمكن تصنيعها من سلائف مستدامة مختلفة مثل السليلوز أو السيليكا أو البوليمرات الحيوية، لدى Aerogelsتطبيقات في عزل المباني، والنوافذ الموفرة للطاقة، وتنظيف الانسكابات النفطية

٧-٨- **الطلاء الشمسي:** يتكون الطلاء الشمسي، المعروف أيضًا باسم الطلاء الكهروضوئي، من جزيئات نانوية ممتصة للضوء منتشرة في حامل سائل .عند تطبيقه على الأسطح، يحول الطلاء الشمسي ضوء الشمس إلى كهرباء، مما يوفر طريقة متعددة الاستخدامات وفعالة من حيث التكلفة لتوليد الطاقة المتجددة

٧-٩- **المواد المعتمدة على الأعشاب البحرية:** الأعشاب البحرية هي مورد بحري متجدد يمكن استخدامه لإنتاج عبوات قابلة للتحلل، وأغشية تغليف المواد الغذائية، وحتى الوقود الحيوي .ولا تتطلب زراعة الأعشاب البحرية مياهًا عذبة أو أراضٍ صالحة للزراعة، مما يجعلها بديلاً مستدامًا للمحاصيل البرية .

٧-١٠- **الخشب الشفاف:** يتم إنتاج الخشب الشفاف عن طريق إزالة اللجنين من الخشب، تاركًا وراءه سقالة السليلوز الشفافة .إنه يوفر مزايا مثل القوة العالية، والتوصيل الحراري المنخفض، والخصائص البصرية المحسنة مقارنة بالزجاج التقليدي .للخشب الشفاف تطبيقات محتملة في النوافذ والألواح الشمسية والهياكل خفيفة الوزن.

٧-١١- **مصادر غير متوقعة من خلال:**

٧-١١-١- **النفايات اليومية (مواد خام للغد):** الإفراط في استهلاك الموارد النادرة يدفع المصممين إلى استعادة المواد من النفايات .بالإضافة إلى تقديم فوائد بيئية، وهذا مؤشر لتحول رؤيتنا في علاقتنا بالمواد، بعيدًا عن نموذج خطي يأخذ ويصنع ويتخلص إلى نهج أكثر دورية حيث يحصد المصممون سلعًا خام بديلة من مجاري النفايات الصناعية والمنزلية ومدافن النفايات وغالباً ما يكون ذلك من خلال مصدرين :

- ✓ نفايات ما بعد الصناعة Post-Industry Waste يقوم المصممون بإعادة صياغة المنتجات الثانوية لصناعة المنسوجات والأزياء وإنتاج الأغذية والأثاث والبناء إلى قطع جديدة ومواد أساسية، غالبًا ما يكون مصدرها بالكاد مرئيًا .
استغلال أي شيء بدءًا من الألياف وشظايا الخشب وحتى القطع الكبيرة والحطام الصناعي، يعد هذا بمثابة استخلاص المواد عبر نطاق واسع.
- ✓ النظام البيئي المنزلي The Home Ecosystem وذلك من خلال التكنولوجيا مفتوحة المصدر، حيث أصبح المنزل نظامًا بيئيًا لإعادة تدوير النفايات، فممن

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

الممكن أن تكون مصدر لإلهام المصنعون والمطورون المهتمون بالبيئة بتطوير الآلات التي تمكن المستهلكين من إعادة تحويل نفاياتهم المنزلية إلى أشياء جديدة.

٧-١١-٢- **الأصول الطبيعية (Natural Assets) :** يمكن الإفراط في زراعة المواد الطبيعية الثمينة وزراعتها بشكل مفرط، مما يؤدي إلى استنزاف شديد للنظم البيئية الطبيعية وزيادة الملوثات الناتجة عن المنتجات الثانوية. يعترف كثير من المصممين بأن الأصول الطبيعية للأرض هي مشهد متغير وأن ما هو متوفر اليوم قد لا يكون موجودًا في المستقبل. ومن أجل الحصاد المستدام، يحتاج المصممون إلى أن يكونوا مرنين ومبتكرين، وأن يعتمدوا في ممارساتهم على ما هو متاح حاليًا، فمن الممكن إعادة التفكير في حصاد وإنتاج الموارد الطبيعية لإيجاد تطبيقات جديدة تقلل من النفايات وذلك من خلال :

- ✓ تعرق الموارد Sweating the Resources : أي القدرة علي الاستفادة من نوع المورد كلياً من "الجذر حتي الورقة" عن طريق إيجاد طرقًا للاستفادة من كل عنصر من عناصر النباتات والحيوانات المحصودة من خلال تطبيق عمليات وتقنيات غير متوقعة.
- ✓ الموارد البديلة Alternative Abundance: لقد اعتمدنا لعدة قرون على نفس الموارد الطبيعية وقمنا باستزراعها واستخراجها إلى حد الانقراض. تظهر المحاصيل المرنة بشكل طبيعي في المقدمة مع اعتماد الموارد المستدامة البديلة بالتعاون من الطرق البارعة التي يستخدمها المصممون لإعادة التفكير وهندسة هذه الموارد إلي مجموعة متنوعة من التطبيقات.
- ✓ المنتجات الحيوية Bio By-products : من الممكن استخدام المنتجات الثانوية للصناعات الزراعية التي كانت ستضيع أو سيتم تهدرها و تحويل هذه المواد الزائدة إلى بدائل قابلة للتحلل الحيوي للمواد الاصطناعية الملوثة المعاصرة.

٧-١١-٣- **إعادة تصور المخلفات البشرية والحيوانية كمواد خام مستدامة:** عن طريق استكشاف النفايات البيولوجية البشرية والحيوانية كمصدر وفير ومستدام للمواد القابلة للاستغلال، وفي ذلك تحدى للمصممين للدلالات السلبية حول استخدام مخلفات غير متوقعه مثل الشعر والغبار، مما يدفع هذا حدود الموارد المتجددة، بل ويتحدى تصوراتنا للجمال مثل:

- ✓ المخلفات الحيوانية Shit : هي أساس الوجود، فهي موجودة بكميات هائلة، وطالما استمرت الحياة على الأرض، فهي متجددة بلا حدود .وقد اقتصر تسخير إمكانات هذه المخلفات حتى الآن إلى حد كبير على استخداماتها التقليدية كوقود وأسمدة ومواد بناء. ومع ذلك، يدفع هذا بعض المصممون الآن بإلقاء نظرة جديدة على إمكانات هذه المخلفات.
- ✓ الشعر Hair : طالما أن العالم مأهول بالبشر، سيظل الشعر البشري موردًا وفيرًا ومتاحًا بسهولة، يمثل الشعر مصدر قوي ولكنه قابل للتحلل البيولوجي، ومستدام وطبيعي تمامًا. بدأ المصممون في إدراك إمكاناته الفريدة في مجموعة متنوعة من التطبيقات.
- ✓ الغبار Dust : يعتبر الغبار من أكثر المواد تواضعًا على وجه الأرض .ومع ذلك، فإن المصممين والصناع في القرن الحادي والعشرين يعيدون تفسير مخلفات حياتنا اليومية باعتبارها مادة متعددة الاستخدامات وقد تم استخدامه في تطبيقات مختلفة لصنع الأثاث الفاخر والمجوهرات والسيراميك.

تسلط هذه الأمثلة وغيرها الضوء على مجموعة متنوعة من المواد والتقنيات المستدامة الناشئة التي تمتلك القدرة على تقليل التأثير البيئي، والحفاظ على الموارد، وتعزيز مستقبل أكثر استدامة.

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

٨- اتصالات المواد Material Connections

في عالم دائم التطور، يمتد دور المواد إلى ما هو أبعد من خصائصها الفيزيائية، حيث أن لروابط المواد التأثير العميق الذي تحدثه المواد والحرفية في دفع الابتكار الاجتماعي. وعليه فهي تستخدم كأدوات لبناء المجتمع وتبادل المعرفة، مما يساعدنا علي إنشاء مجتمعات نابضة بالحياة ومستدامة. حيث أن هذا النهج لا يعزز تبادل المهارات فحسب، بل ينشط أيضًا روابطنا بالتقاليد، مما يوضح كيف يمكن للتفاعل بين المواد والتصميم أن يغير مجتمعنا، وذلك من خلال :

٨-١- ربط المجتمعات Connecting Communities : المواد والتصنيع هي أدوات وعمليات يمكن أن تجمع الناس معًا . وكما أثبتت العديد من المشاريع، فإن العمل في مشروع مشترك له هدف مشترك يولد مجموعات ومجتمعات ويربطها ببعضها البعض، ويشرك العقول والأيدي على حد سواء.

٨-٢- مهارات الربط Connecting Skills : يكتسب المصممون منفعة متبادلة من مشاركة معارفهم وأفكارهم محليًا ووطنيًا وعالميًا .وهذا وضع مربح للجانبين، فبينما يسهلون النهج التعاوني لحل المشكلات، فإنهم أيضًا يعززون مهاراتهم الخاصة، ويخلقون في النهاية مجتمع تصميم بلا حدود.

٨-٣- ربط التقليد Connecting Tradition : ومن أجل المضي قدمًا، فإننا نعتمد على عمل الآخرين الذين سبقونا؛ الدروس المستفادة في الماضي تمهد الطريق للمستقبل .بالنسبة لبعض مشاريع التصميم في القرن الحادي والعشرين، يعد هذا الارتباط بالتراث والتقاليد أمرًا أساسيًا بشكل خاص.

٩- آلية التصنيع المشترك Co-Creation

نحن على أعتاب تغيير جذري في الطريقة التي نصنع بها الأشياء، وهو تغيير جذري في الطريقة التي نعيش ونعمل بها، وربما إعادة التوازن لعلاقتنا مع كوكبنا وإعادة تشكيل المجتمع نحو الأفضل.

ورغم أننا لا نعرف حتى الآن كيف قد تتكشف التأثيرات، فإن التغيرات التي نواجهها عميقة إلى الحد الذي يجعل الحديث يدور عن ثورة صناعية رابعة. هذا وبعد أن اعتمدت الثورة الصناعية الأولى طاقة الماء والبخار في التصنيع، وظفت الثورة الثانية الطاقة الكهربائية للإنتاج الضخم، وقامت الثورة الثالثة بتطبيق تكنولوجيا المعلومات لأتمتة العمليات، والآن تتميز النسخة الرابعة من الثورة الصناعية بدمج التقنيات الناشئة التي تطمس الانقسامات بين العوالم المادية والرقمية والبيولوجية .

هناك أمر واحد لا شك فيه: النموذج القديم الذي كان يعتمد على تحويل المعروض من المواد الخام المتضائلة بسرعة إلى منتجات يتم شحنها إلى جميع أنحاء العالم ليتم التخلص منها بعد أن عفا عليها الزمن يبدو الآن وكأنه قد تجاوز تاريخ انتهاء صلاحيته بشكل ميؤوس منه، في عالم حيث يتصل مليارات الأشخاص عبر الأجهزة المحمولة التي تتمتع بقدرة معالجة غير مسبوقة وقدرة تخزينية وإمكانية الوصول إلى المعرفة، فإن فكرة كون التصنيع مركزيًا وإسرافًا ومكلفًا وحصريًا أصبحت فكرة قديمة مثل أجهزة الفاكس والمعداد .

وعليه فإن التكنولوجيات الناشئة، بما في ذلك الذكاء الاصطناعي والروبوتات وتكنولوجيا النانو، تنتقل بالفعل من المختبر إلى العالم الصناعي، ولكن يتم تحقيق بعض من أعظم الخطوات في مجال أدوات التصنيع الرقمية، حيث هناك زيادة هائلة في وتيرة التغير التكنولوجي إلى جانب انخفاض الأسعار، يتم جلب التصنيع إلى الجماهير .

إن إضفاء الطابع الديمقراطي على التصنيع الرقمي يمهد الطريق أمام شبكة متناثرة وموزعة من المصنعين . وبالفعل، بدأت الشركات المصنعة الصغيرة المتخصصة للغاية في الظهور في جميع أنحاء العالم، حيث تقدم تصميمات قابلة للتنزيل، وتخصيص ما قبل الشراء وبعده، والإنتاج حسب الطلب . بدأت هذه المرونة التصنيعية الجديدة في تحويل اقتصادنا والعلاقة بين المنتج والناس، فتعمل الطابعات ثلاثية الأبعاد القوية والمنخفضة السعر على مستوى الصناعة، وأجهزة التوجيهCNC ، وآلات القطع بالليزر على تمكين الأشخاص من التصميم والنمذجة وهندسة إبداعاتهم بأنفسهم محليًا .

أيضاً في ورش العمل الخاصة، في المنزل وفي مساحات التصنيع، ومساحات الاختراق ومختبرات التصنيع، تعمل هذه التقنيات الجديدة على تغيير نماذج الأعمال من أعلى إلى أسفل من خلال تغيير الطريقة التي نصنع بها البضائع ونوزعها .يعد التصنيع الرقمي بنظام استهلاك خالٍ من النفايات وأكثر استدامة وأقل تكلفة وأكثر تعاونًا وشمولية .

فيسمح التصميم للإنتاج الممكّن رقميًا بالحفاظ على التصميمات "ناعمة" لفترة أطول، بحيث يمكن تصحيح الأخطاء مع هدر أقل مما يجعل فكرة التصميم الرقمي

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

النهائي حسب الطلب أكثر جدوى. هذا وتعد تقنيات التصنيع المتطورة بعمليات إنتاج أكثر استدامة وأقل إهدارًا

وعليه فإن التصنيع الإضافي، الذي يتم تحسينه بشكل متزايد وقابل للتطبيق على مجموعة واسعة من المواد، يتجنب هدر إنتاج المواد الخام ويتيح الإنتاج الضخم.

١٠-التصميم من أجل الاختفاء

إذا تم التعامل مع المواد الاستهلاكية التي يمكن التخلص منها بالطريقة الصحيحة، فيمكن أن تساعد في حل مشكلات النفايات بدلاً من إضافتها إليها .يقترح المصممون المبتكرون أنه بدلاً من تشجيع الامتناع عن الاستهلاك، يمكن العثور على مستقبل مستدام في المنتجات التي يتم التخلص منها والمصنوعة من مواد تختفي.

فمن أجل الاستدامة - المواد التي جاءت من الطبيعة تعود إلى الطبيعة، أو يتم إعادة تصنيع المنتج بعد انتهاء عمره الإنتاجي، فيستخدم المصممون ومبتكرو المواد أساليب مختلفة لتحقيق نماذج حلقة مغلقة وظيفية حتى في الصناعات التي تميزت منذ فترة طويلة بالإسراف في الإنتاج أحادي الاستخدام.

إن المواد والمنتجات قصيرة العمر، والتي يتم رؤيتها بشكل أساسي في عبوات تدوم فقط طالما كانت محتوياتها أو قابلة للتحلل أو حتى صالحة للأكل، تخدم غرضها ثم تختفي .

فمصمم لإعادة التدوير، والذي يركز على إعادة الاستخدام في وقت تصميم المنتج، ويختار عمدًا المواد التي يسهل إعادة تدويرها ويمكن وضعها في البنية التحتية لإعادة التدوير الحالية .كما أن القلق بشأن العمر الطويل للمواد الاصطناعية، مثل المواد البلاستيكية القائمة على النفط، يدفع المصممين إلى البحث عن "الإرث الصفري" من خلال تطوير وسائط بديلة، سواء كانت مواد أحادية أو مركبة، تتحلل بيولوجيًا بشكل طبيعي وغير ضارة.

١١-مستقبل التعدين Future Mining

وخلص العلماء إلى أن البشرية الآن لديها مثل هذا التأثير الهائل على الأرض لدرجة أننا دخلنا عصرًا جيولوجيًا جديدًا يُعرف باسم الأنثروبوسين. ونتيجة لذلك، بدأنا نشهد اكتشاف واستكشاف مواد خام جديدة تحمل تراث الصناعات الماضية، سيتم استخراج الموارد المادية للمستقبل من طبقات من المركبات المعدنية والبلاستيكية التي يصنعها الإنسان، وسيتم اصطيادها من جزر النفايات المحيطية المتحركة، فردًا على ذلك، قام المصممون بالتكهن بمستقبل الجيولوجيا وإعادة تصوره، مما شجعنا على إعادة تعريف مفاهيمنا الحالية عما هو طبيعي أو من صنع الإنسان، ومن الممكن أن تكون من خلال:

- ✓ **الأرض :** أصبحت المواد المصنعة التي لا تتحلل هي المادة الخام الجديدة للمصممين والصناع .إما أنها تم استخلاصها من الأرض أثناء دخولها أو اختلطت بمواد أخرى ومواد عضوية من خلال العمليات الجيولوجية.
- ✓ **البحر :** كل قطعة من البلاستيك تم صنعها لا تزال موجودة حتى اليوم .حوالي ٨ ملايين طن من هذا يجد طريقه إلى المحيطات كل عام .بدأ المبدعون والمبتكرون الصناعيون في معالجة قضية التلوث البلاستيكي .ليس فقط في البحث عن البدائل، ولكن أيضًا في استعادة وإعادة تخصيص المواد الاصطناعية الموجودة والتي تم إيداعها بالفعل في ممراتنا المائية .إن إعادة تدوير هذه المواد لا تساعد فقط في معركة إنقاذ محيطاتنا وحياتنا البحرية، ولكنها تمنع أيضًا إنتاج مواد عذراء جديدة.
- ✓ **الهواء :** إن تلوث الهواء والضباب الدخاني هو خلق بشري بحت، وهو منتج ثانوي للصناعة أصبحنا نقبله باعتباره شرا لا بد منه وأعراضا متأصلة لتطورنا الصناعي المستمر .بدأ المصممون والمبتكرون في التشكيك في هذه الفكرة ويجادلون بأننا نستطيع استعادة هذه الملوثات غير المرئية لإعطاء المادة الضارة أشكالًا جديدة وهدفًا جديدًا وهذا ما نراه في شرح التطبيق التالي لكيفية الاستفادة من ملوثات الموارد الطبيعية كما في جدول رقم ().

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

المشروع	Terroir
المصمم	Jonas Edvard and Nikolaj Steenfatt
المكان	Denmark
فكرة المادة	- حصد المصممون الأعشاب البحرية من خلال كميات كبيرة تجرفها الأمواج علي الشاطئ ثم يتم تعليقه حتى يجف لإنتاج مادة مركبة قابلة للتحلل الحيوي لتنفيذ قطع أثاث متينة.

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

	- يتم بعد ذلك طحن الأعشاب البحرية المجففة إلى مسحوق و طاهيها حتى تتحول إلى غراء (جينات طبيعية موجودة في النبات) وذلك باستخدام التأثير اللزج واللاصق للجينات - البوليمر الطبيعي للطحالب البنية. - يتم دمج ذلك مع الورق المعاد تدويره لإنشاء عجينة قابلة للتشكيل، والتي يتم وضعها يدويًا على قالب وتقويتها لإنشاء مجموعة من قطع الأثاث بما في ذلك أغطية المصابيح والكراسي.
المواد البيئة المستخدمة	مواد محلية Local Materials (أعشاب بحرية) ، يتم إنشاء المواد من موارد متجددة ويعمل الإنتاج بمثابة إعادة تدوير للمواد الطبيعية في حلقة خضراء من الطاقة.
تصنيف المواد بعد إعادة التفكير فيها	مادة مركبة قابلة للتحلل الحيويbiodegradable material composite
الخصائص الجديدة للمواد المستخدمة المُعاد التفكير فيها	- اكساب المادة صفة المتانة والتي تتناسب مع قطع الأثاث وغيرها من المنتجات. - بمجرد انتهاء صلاحية الأثاث، يمكن تقسيمه وإعادة استخدامه أو إعادة تدويره كسماد طبيعي.
تأثير المادة المستخدمة	
التأثير البيئي	- تحديد العلاقة الثقافية والجيولوجية بين المنتجات ومكان إنتاجها، مع التركيز على التراث والمعرفة المرتبطة باستخدام المواد الخام - الاستفادة من البيئة المحلية واستكشاف امكانات الأعشاب البحرية كقيمة ومصدر هام كمادة خام والذي يعتبر أمر مفقود في عولمة الموارد والتصنيع.
التأثير الاقتصادي	- يتم حصاد الأعشاب البحرية على طول شاطئ الدنمارك الذي يمتد لمسافة أكثر من ٨٠٠٠ كيلومتر ويعتبر من أطول السواحل في العالم مقارنة بمساحة اليابسة، - ساعد استكشاف امكانات الأعشاب البحرية علي تشجيع المصممين والمبتكرين علي التفكير في الزراعة المنظمة لهذه الأعشاب عن طريق المزارع العمودية المغمورة بالمياه، فيأملوا في المساهمة في اقتصاد محلي ومستدام
التصور المستقبلي للمنتج المستدام	
الصفات الجمالية والوظيفية	سطح دافئ وملمس مثل نعومة الفلين وخفة الورق، ويمكن استخدامه في المنتجات والأثاث. يتم تحديد لون المادة حسب الأنواع المختلفة للأعشاب البحرية، بدءًا من البني الداكن إلى الأخضر الفاتح، مما يعزز فكرة تشابك الجودة الجمالية والمصدر.
تأثير المنتج علي الأفراد (مستهلكين، مصممين، أصحاب أعمال، باحثين)	يحتوي المشروع على مادة جديدة تم تطويرها من الأعشاب البحرية والورق ويتم إنشاؤها كبحث في المواد المحلية. تصميم أشياء ذات طابع مستمد من السطح الثقافي للمناظر الطبيعية ومن خلال استخدام المواد المحصودة محليًا.

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

تاسعاً: الـنتائــج والتوصيات والمراجع.

نتائج البحث.

١- يقدم هذا البحث منظورًا جديدًا للحالة الراهنة لمسار التحول إلى الاقتصاد الدائري في مجال المواد . وعلى وجه التحديد، سلط هذا البحث الضوء على مجموعة أخرى من المواد المستدامة التي يطورها المجتمع ككل، وكشفت عن نطاق أنواعها وتطبيقاتها، وقد وجد أن بعد المواد المستدامة في مشاريع التصميم تتكون من مواد تم تطويرها لتقليل الاعتماد على الموارد غير المتجددة، وتحسين تداولها وتأثيراتها الإيجابية على الناس والبيئة.

٢- لقد ربط بعض مطوري المواد أصل المادة بتطبيق المنتج ذي الصلة، مما أدى إلى تقديم سرد قوي للمادة المستخدمة .على سبيل المثال، يتم تحويل شباك الصيد إلى ملابس سباحة لخلق اتصال مباشر مع ثقافة ركوب الأمواج وتذكير المستخدمين بقيمة الحفاظ على نظافة المحيط.

٣- بذل بعض المطورين جهودًا في مشاريع استكشاف المواد "الإبداعية"، من خلال استخدام مواد غير تقليدية مع تطبيق منتجات استفزازية كنتائج لتحفيز ثقافة الاستهلاك الغير سائدة .على سبيل المثال، في مشروع المجوهرات الصالحة للأكل والمغذية، من المتوقع أن يأخذ المستخدمون في الاعتبار قيمة الاستخدام على المدى القصير، وفي مثال آخر والتي يتم فيها تحويل الفحم إلى قطع من المجوهرات، كان نية المصمم غرس قبول مواد النفايات غير العادية كأشياء يومية، مما أثار الحماسة وتجديد فكرة التملك.

٤- رفض الافتراضات القديمة وتنشيط مبادئ الإنتاج المستدام، فالمادة الراديكالية تعيد تصور المواد والعملية لتوفير البيان لثورة في الابتكار المادي، فتضمن هذه الاستراتيجية الإعلام والإلهام بنفس القدر، وهي تؤكد أن المصمم والصانع هما من أهم عوامل التغيير الجذري، مما يؤدي إلى تعطيل الطريقة التي نصمم بها ونصنع ونستهلك من خلال الابتكار المادي، فهذا يدفعنا إلى فهم كيفية ربط المواد بالتصنيع ووسائل التوزيع والاستهلاك، فلقد حان الوقت لتحويل الدورة من أخذ النفايات إلى صنع النفايات.

توصيــات البحث.

١- يقترح الباحثين بتحليل المنتجات الحالية في هذا المجال دائماً وتوحيد المصطلحات المادية المستدامة الحالية المستخدمة وفهم مدى اتساع تطوره.

٢- هناك حاجة إلى مزيد من الدراسات لفهم كيفية تجربة المستخدمين للمواد المستحدثة الغير تقليدية، لا سيما تلك التي تتمتع بخصائص سطحية غريبة وأصول غير عادية، حيث قد تشكل هذه الجوانب شخصية المواد.

٣- هناك حاجة إلى مزيد من الدراسات لفهم كيفية التعامل مع الخصائص الحسية للمواد بحيث تكون بمثابة إشارات بصرية للسمات المستدامة .

المراجع والمصادر.

[1] Miodownik, M. a. (2007). Toward designing new sensoaesthetic materials. Pure and Applied Chemistry, 79(10), 1635-1641. https://doi.org/10.1351/pac200779101635.

[١] Ramirez, M. (2012). Ethics and social responsibility integration within industrial design education in Oceania. Design Research Society 2012, 04, 1565–1580.

[١] Júnior, W. K., Cândido, L. H. A., & Guanabara, A. S. (2008). Proposal of wet blue leather remainder and synthetic fabrics reuse. Journal of Cleaner Production, 16, 1711–1716. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2007.10.026

[١] Rognoli, V., Bianchini, M., Maffei, S., & Karana, E. (2015). DIY materials. Materials and Design, 86, 692-702. https://doi.org/10.1016/j.matdes.2015.07.020.

[١] Thilmany, J. (2014). The maker movement and the U.S. economy. Retrieved from

Vincent, B. B. (2011). Materials as Machines. In N. A. Carrier M. (Ed.), Science in the context of application. Boston Studies in the Philosophy of Science (Vol. 274, pp.101-111). Springer, Dordrecht.

Júnior, W. K., Cândido, L. H. A., & Guanabara, A. S. (2008). Proposal of wet blue leather remainder and synthetic fabrics reuse. Journal of Cleaner Production, 16, 1711–1716. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2007.10.026

[1] Miqueleiz, L., Ramirez, F., Seco, A., Nidzam, R. M., Kinuthia, J. M., Tair, A. A., & Garcia, R. (2012). The use of stabilised Spanish clay soil for sustainable construction materials. Engineering Geology, 133–134, 9–15. https://doi.org/10.1016/j.enggeo.

Kim, M. (2003). Evaluation of degradability of hydroxypropylated potato starch/ polyethylene blend films. Carbohydrate Polymers, 54(2), 173–181. https://doi.org/10.1016/S0144-8617(03)00169-3.

Jones, M., Weiland, K., Kujundzic, M., Mautner, A., Bismarck, A., & John, S. (2019). Sustainable mycelium-derived chitinous thin films. In 22nd International Conference on Composite Materials (ICCM22). Melbourne, Australia.

Kutz, M. (2002). Handbook of materials selection. New York: John Wiley and Sons, Inc.

Mankins, J. C. (2007). Technology readiness levels: A white paper. Ansa, (October), 1–5.

https://www.highbeam.com/doc/1G1-393874522.html

Parsons, T. (2009). Thinking: Objects: Contemporary approaches to product design (Vol.18).AVA Publishing SA.

Ginsberg, A. D. (2014). Design evolution. In A. Ginsberg, J. Calvert, P. Schyfter, A. Elfick, & D. Endy (Eds.), Synthetic aesthetics: investigating synthetic biology's design on nature. United States of America: The MIT Press.

Karana, E., Barati, B., Rognoli, V., & Zeeuw Van Der Laan, A. (2015). Material driven design (MDD): a method to design for material experiences. International Journal of Design, 9(2), 35-54.

Snell, K. D., & Peoples, O. P. (2009). PHA bioplastic: A value-added coproduct for biomass biorefineries. Biofuels, Bioproducts and Biorefining, (3), 456–467. https://doi.org/10.1002/bbb

Huang, T. Y., Duan, K. J., Huang, S. Y., & Chen, C. W. (2006). Production of polyhydroxyalkanoates from inexpensive extruded rice bran and starch by Haloferax mediterranei. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, 33(8), 701-706. https://doi.org/10.1007/s10295-006-0098-z.

[1] Pathak, S., Sneha, C., & Mathew, B. B. (2014). Bioplastics: its timeline based scenario & challenges. Journal of Polymer and Biopolymer Physics Chemistry, 2(4), 84–90. https://doi.org/10.12691/jpbpc-2-4-5.

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

Communication, Yuan Ze Information University, 2018.

*"**المادة الخارقة**"meta-material : مادة تم تصميمها لتكون لها خاصية نادرًا ما يتم ملاحظتها في المواد التي تحدث بشكل طبيعي. وهي مصنوعة من مجموعات من عناصر متعددة مصنوعة من مواد مركبة مثل المعادن والبلاستيك، فعادة ما يتم ترتيب هذه المواد في أنماط متكررة، بمقاييس أصغر من الأطوال الموجية للظواهر التي تؤثر عليها، كما تستمد المواد الخارقة خصائصها ليس من خصائص المواد الأساسية، ولكن من خلال هياكلها المصممة حديثًا، وهذا وشكلها الدقيق وهندستها وحجمها واتجاهها وترتيبها يمنحها خصائصها الذكية القادرة على التعامل مع الموجات الكهرومغناطيسية عن طريق حجب الموجات أو امتصاصها أو تعزيزها أو ثنيها، لتحقيق فوائد تتجاوز ما هو ممكن مع المواد التقليدية، https://en.wikipedia.org/wiki/Metamaterial، (٢٠٢٣/٥/٢٢).

[١] **الحديدى هيثم- الصعيدى،إسلام: تأثير التكنولوجيا التفاعلية القابلة للارتداء على خبرة المستخدم،مجلة العلوم والفنون التطبيقية،كلية الفنون التطبيقية،جامعة دمياط،المجلد الحادى عشر- العددالثالث- أكتوبر٢٠٢٤م**

Esat, R., & Ahmed Kristensen, S. [١] (2018). Classification of bio-design applications: towards a design methodology. In DS 92: Proceedings of the DESIGN 2018 15th International.

Carlos Alberto Montana-Hoyos, [١] Carlos Fiorentino, Biological Approaches Design for sustainability, The International journal of Designed objects,2016.

[١] **زايد، أحمد محمد, & إبراهيم الحديدي. (٢٠٢٤). الاستفادة من الذكاء الاصطناعي في تصميم وتطوير المنتجات لدعم الشركات الناشئة وريادة الاعمال، *مجلة الفنون والعلوم التطبيقية*، كلية الفنون التطبيقية،جامعة دمياط،المجلد الحادى عشر- العدد الأول- يناير ٢٠٢٤ م-١٠٩-١٣٨.**

[١] https://knowledge.autodesk.com/support/inventor-products/learn explore/caas/simplecontent/content/improving-product-lifetime.html

Chong-Wen Chen, Guidance on the [١] Conceptual Design of Sustainable Product-Service Systems, Department of

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

Abstract

With increasing environmental awareness, increasing numbers of industry commitments and concerted actions by product developers and designers, sustainable development is showing increasing momentum. A new generation of products embodying non-mainstream materials is expanding its market share, making the idea of a circular economy more realistic.

Environmental problems have also stimulated the attention of consumers and producers to monitor negative environmental impacts and work to develop and discover new technologies to prevent or reduce environmental damage. Increasing the environmental awareness of designers and manufacturers is considered one of the most important foundations of this environmental strategy as a result of increasing environmental regulations as a result of buying and using behavior. Among consumers, which prompted producing companies to improve their environmental ethics in order to survive in global markets among competing products.

In particular, sustainable materials such as renewable and recycled materials are developed and used to secure resource circulation. Although the prospects for sustainable materials are continually hindered by the strong position of petrochemical-based materials and the closed nature of other materials in the market, the chances of a true sustainable materials economy are still being researched.

It can be said that the discussion of materials development has not occurred widely in the field of product design, in addition to the fact that the current development and application of sustainable materials is unclear, but by simply leaning towards following methods of purely design-based conceptual application with rethinking and exploration through modifying the properties of materials and experimenting with them, it has The results that designers discover in this way then contribute to the formation of a new range of materials.

The outputs of such explorations push the boundaries of the field of design and challenge the capabilities of current technology because they are already shaping the future of the field of materials, and they have reached their ultimate culmination by including the creation of future materials, and the making of iconic models that reflect the dynamism of materials explorations to the extent that future life is envisioned with interactive materials.

Keywords.

Sustainable Materials, Sustainable Producers Design, Recycling, Sustainable Design

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)