Al-Academy Journal
Special Issue
TheTwentieth-first Scientific Conference in College of Fine Arts/University of Baghadad
Journal homepage: https://jcofarts.uobaghdad.edu.iq
ISSN(Online) 2523-2029/ ISSN(Print) 1819-5229
DOI: https://doi.org/10.35560/jcofarts1631

The Impact of Smart Interactive Products on Sustainable Environmental Adoption

Wad Noor El-Deen Abdullah [a]

[a] *College of Fine Arts / University of Baghdad*

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

ARTICLEINFO

Article history:
Received 3 April 2025
Received in revised form 28 April 2025
Accepted 20 May 2025
Published 21 April 2025

Keywords:
Smart products, sustainability, interactive design, environmental behavior, smart personalization, cognitive dissonance, circular economy

ABSTRACT

In the face of escalating environmental challenges, such as climate change and the depletion of natural resources, smart technological solutions have emerged as an effective tool for promoting sustainability. The research question is: How can these products transform from entertainment or technological tools into drivers of environmental change? This research aims to explore the impact of smart interactive products on the adoption of environmental behaviors, focusing on their interaction mechanisms with users and their optimal design. The results showed that smart personalization and symbolic feedback promote sustainable behaviors, but challenges such as "cognitive dissonance" and "tech fatigue" reduce their effectiveness. The study also emphasized the importance of integrating cultural and social dimensions into design to increase the acceptance of sustainable solutions, especially in non-urban communities. One of the most prominent conclusions is that true sustainability requires a comprehensive analysis of the product life cycle, not just focusing on the use phase. The local cultural and environmental context is also a crucial factor in the success of smart solutions, especially in communities with strong privacy. The research recommends adopting simple, culturally sensitive designs and enhancing collaboration between designers and environmental experts to achieve comprehensive sustainability

DOI: https://doi.org/10.35560/jcofarts1631
Wad Noor El-Deen Abdullah: The Impact of Smart Interactive Products on Sustainable Environmental Adoption
Al-Academy Journal - Special Issue- TheTwentieth-first Scientific Conference -ISSN(Online) 2523-2029 /ISSN(Print) 1819-5229

تأثير المنتج التفاعلي الذكي على تبني البيئة المستدامة

ود نور الدين عبد الله[1]

الملخص:

في مواجهة التحديات البيئية المتصاعدة، مثل التغير المناخي ونضوب الموارد الطبيعية، برزت الحلول التكنولوجية الذكية كأداة فعالة لتعزيز الاستدامة. تعد مشكلة البحث كيف يمكن لهذه المنتجات ان تتحول من ادوات ترفيهية او تكنولوجية الى محركات للتغير البيئي ؟ ويهدف هذا البحث إلى استكشاف تأثير المنتجات التفاعلية الذكية على تبني السلوكيات البيئية، مع التركيز على آليات تفاعلها مع المستخدمين وتصميمها الأمثل. أظهرت النتائج أن التخصيص الذكي والتغذية الراجعة الرمزية يعززان السلوكيات المستدامة، لكن التحديات مثل "التنافر المعرفي" و"التعب التكنولوجي" تقلل من فعاليتها. كما أكدت الدراسة أهمية دمج البُعد الثقافي والاجتماعي في التصميم لزيادة قبول الحلول المستدامة، خاصة في المجتمعات غير الحضرية. من أبرز الاستنتاجات أن الاستدامة الحقيقية تتطلب تحليلًا شاملاً لدورة حياة المنتجات، وليس التركيز على مرحلة الاستخدام فقط. كما ان السياق الثقافي والبيئي المحلي عامل حاسم في نجاح الحلول الذكية، خاصة في المجتمعات ذات الخصوصية القوية. يوصي البحث بتبني تصميمات بسيطة ومراعية للسياق الثقافي، وتعزيز التعاون بين المصممين وخبراء البيئة لتحقيق استدامة شاملة.

الكلمات المفتاحية: المنتجات الذكية، الاستدامة، التصميم التفاعلي، السلوك البيئي، التخصيص الذكي، التنافر المعرفي، الاقتصاد الدائري.

المقدمة :

في ظل التحديات البيئية المتزايدة التي تواجهها البشرية، لذا تغير المناخ واستنزاف الموارد الطبيعية، أصبح البحث عن حلول مبتكرة لتعزيز الاستدامة ضرورةً ملحة. تُعد التكنولوجيا التفاعلية الذكية أحد أبرز الأدوات الحديثة التي يُتوقع أن تساهم بشكل فعّال في تحفيز الأفراد والمجتمعات على تبني ممارسات مستدامة. غير أن العلاقة بين تصميم هذه المنتجات وقدرتها على تغيير السلوكيات البيئية لا تزال غامضة، مما يستدعي دراسةً معمقةً لآليات تفاعلها مع المستخدمين وتأثيرها الفعلي على قراراتهم اليومية. هذا البحث يستكشف كيفية توظيف المنتجات التفاعلية الذكية – تلك القادرة على التكيف مع احتياجات المستخدمين وتقديم تغذية راجعة فورية – كجسر بين الابتكار التكنولوجي والالتزام البيئي، ساعيًا لفك طلاسم التفاعل الإنساني-التكنولوجي في سياق الاستدامة (Siti, Daud, & Selamat, 2024, p. 64)

مشكلة البحث :

على الرغم من الانتشار الواسع للحلول التكنولوجية الذكية، فإن تأثيرها المباشر على تعزيز السلوكيات المستدامة لم يُدرس بشكل كافٍ. تشير دراسات أولية إلى وجود فجوة بين الإمكانات النظرية لهذه المنتجات وتطبيقاتها العملية، حيث تُصمم العديد منها دون مراعاة العوامل النفسية والاجتماعية التي تحفز الأفراد على تبني عادات مستدامة هنا يمكن طرح التساؤل الاتي : -

- **كيف يمكن لهذه المنتجات أن تتحول من أدوات ترفيهية أو تكنولوجية إلى محركات للتغيير البيئي؟**

الأهداف:

1. تحليل الآليات التي تُحدث بها المنتجات التفاعلية الذكية تغييرًا في السلوكيات البيئية للمستخدمين.
2. تحديد التصميم الأمثل التي تجمع بين التفاعلية الذكية والحث على الاستدامة.

[1] جامعة بغداد/كلية الفنون الجميلة

أهمية البحث:

تكمن أهمية هذا البحث في كونه يربط بين مجالين حيويين: تصميم التكنولوجيا التفاعلية وعلوم الاستدامة. فمن ناحية، يساهم في تطوير أطر نظرية جديدة لفهم دور التكنولوجيا في تشكيل الوعي البيئي، ومن ناحية أخرى، يقدم رؤى عملية للمصممين وصناع السياسات لتعزيز فعالية المنتجات الخضراء. في وقتٍ تُهدر فيه موارد كبيرة على حلولٍ تكنولوجية لا تلاقي قبولًا مجتمعيًا، يقدم هذا البحث مرتكزات لتصميم منتجاتٍ ذكيةٍ تكون جذابةً للمستخدمين وفعّالةً بيئيًا في آنٍ واحد (F & I , 2020, p. 39)

يستهدف هذا البحث شريحةً واسعةً من المستفيدين، بدءًا من المصممين ومطوري التكنولوجيا الذين سيجدون في نتائجه دليلًا عمليًا لتعزيز التفاعل بين المستخدم والمنتج عبر آليات نفسية وتكنولوجية مدروسة، كاستخدام التغذية الراجعة الرمزية لتحفيز الالتزام البيئي. كما يخدم صُنّاع السياسات البيئية بتقديم معايير علمية لتقييم جدوى المشاريع التكنولوجية الممولة، ودعم انتقال الاقتصاد الخطي القائم على الهدر إلى اقتصاد دائري يُعظّم استخدام الموارد.

تحديد المصطلحات

1. **التفاعل**

- **التفاعل لغويا** : تفاعل الشَّيئان :اثر كل منهما في الاخر (Hornby, 2004, p. 677)
- **التفاعل اصطلاحا**: " التواصل والاختلاط بطريقة تكون ذات تأثير مباشر بين العناصر المتفاعلة احدها على الآخر" (et, 2005, p. 432) "نوع من الفعل، يحدث حينما يؤثر عنصران احدهما على الآخر" (dictionary, 2012, p. 38)
- **المنتج التفاعلي (اجرائياً)** : جهاز أو نظام تكنولوجي قادر على الاستجابة الفورية لمدخلات المستخدم، والتكيف مع تفضيلاته، وتقديم حلول مخصصة عبر واجهات تفاعلية (مثل أجهزة إدارة الطاقة الذكية).

2. **الاستدامة**

- **الاستدامة لغويا** :تأتي من الجذر (دوم) والذي يعني الاستمرار والبقاء(Bamkhrama, 2021)
- **الاستدامة اصطلاحاً**: هي (كيفية استخدام المواد الطبيعية بأفضل صورة ممكنة مع الحفاظ عليها)، (Al-Ramini , 2015, p. 20)، والاستدامة أيضاً هي (التفاعل بين المجتمع والنظام البيئي من خلال تحقيق التوافق بين الإنسان ومجتمعه وكذلك بيئته من خلال الترابط بين كفاءة استخدام المواد، والتعامل الأمثل مع الظروف المناخية والجغرافية السائدة، بالإضافة إلى الاستجابة للحاجات البشرية المادية والاجتماعية السائدة، مع المحافظة على حقوق الأجيال القادمة)،

3. **البيئة**

- **البيئة لغويا** :هي مجموع العناصر الطبيعية والاصطناعية التي تحيط بالإنسان والحيوان والنبات (al-Hamid, 1997, p. 4)
- **البيئة اصطلاحاً**: يقول كلود برنالد (هناك بيئتان تؤثران في الكائن الحي، الاول هي البيئة الكونية او الخارجية والثاني هي البيئة العضوية او الداخلية وتطلق البيئة بهذا المعنى على الزمان والمكان من جهة، وهما اطاران محيطان بالظواهر الطبيعية، والبيئة المرادفة للوسط) (Myers, 1966)
- **التبني البيئي اجرائياً** : عملية تحوُّل الأفراد أو المؤسسات إلى اتباع أنماط استهلاك وإنتاج تدعم الاستدامة.
- **البيئة المستدامة اجرائياً** : منظومة من الممارسات التي تحافظ على التوازن البيئي عبر ترشيد الاستهلاك وتقليل النفايات واستخدام الموارد المتجددة.

الاطار النظري: المبحث الأول (التفاعل بين التكنولوجيا والسلوك البشري في السياق البيئي)

1. نظريات تغيير السلوك البيئي

تتضافر النظريات المفسرة لتغيير السلوك البيئي في رسم خريطة متكاملة لفهم كيف يمكن للمنتجات الذكية أن تكون أدوات فاعلة في تعزيز الاستدامة. تبدأ هذه الرحلة مع نظرية "نافذة الفرص السلوكية"

(Behavioral Opportunity Window) (W & Steg, 2013, pp. 184-196) ، والتي تُركز على اللحظات الحرجة التي يكون فيها الأفراد أكثر تقبلاً لتبني خيارات مستدامة. تفترض هذه النظرية أن التغيير لا يحدث بشكل عشوائي، بل عندما تُقدَّم الحلول في توقيتات مُحددة تتزامن مع استعداد نفسي أو عملي للمستخدم , وعلى نحو توضيحي قد تُلاحظ ثلاجة ذكية زيادة غير معتادة في استهلاك الطاقة خلال ساعات الذروة، فتعرض للمستخدم خيارًا تلقائيًا لضبط الإعدادات على الوضع "الأخضر"، مع توضيح التوفير المتوقع في التكاليف والانبعاثات بالإضافة الى بيانات حفظ الأطعمة كما في (الشكل1) هنا لا يقتصر دور التكنولوجيا على تقديم البديل فحسب، بل تربطه بسياقٍ يجعله ذا معنى للمستخدم، مما يعزز احتمالية تبني السلوك الجديد.

(الشكل 1) ثلاجة سامسونج ، تتمتع الثلاجة الذكية بالقدرة على استخدام شبكة Wi-Fi المنزلية للاتصال بالإنترنت. بهذه الطريقة ، يمكنه الاستفادة من العديد من الخدمات السحابية التي تتيح لك الوصول إلى ميزات الثلاجة من هاتفك الذكي أو جهاز الكمبيوتر www.smarthome.news

تتكامل هذه الفكرة مع نظرية التفاعل الرمزي (Carter & Fuller, 2016, p. 2)، التي تنظر إلى السلوكيات كنتاج للتفاعلات الاجتماعية وتفسير الرموز. فاستخدام المنتج الذكي لا يُعتبر مجرد فعل تقني، بل يصبح رمزًا يعكس هوية المستخدم وقيمه. عندما تُظهر واجهة ذكية للمستخدم أنه "ساهم في تقليل انبعاثات الكربون بما يعادل زراعة خمس أشجار شهريًا"، فإنها لا تقدم بيانات فحسب، بل تُشكّل سرديةً شخصية تُعيد تعريفه كفردٍ مسؤول بيئيًا. **وعليه فان هذا التحوّل في الهوية يُعدّ محركًا قويًا لاستمرارية السلوك، حيث يصبح الحفاظ على البيئة جزءًا من مفهوم الذات، وليس مجرد إجراء مؤقت.**

لكن تبني الهوية الجديدة لا يكفي دون وجود آلية تُترجم النوايا إلى أفعال، وهو ما تُجيب عليه نظرية التخطيط السلوكي (Theory Jof Planned Behavior) (Ajzen, 1991, p. 181)تُوضح هذه النظرية أن النية في اتباع سلوك ما تعتمد على ثلاثة عوامل: قناعة الفرد بفائدة السلوك (مثل الاعتقاد بأن ترشيد الطاقة سيخفض فاتورته)، وتأثير المعايير الاجتماعية (كضغط الأقران أو توقعات المجتمع)، وإدراك القدرة على التنفيذ (كسهولة استخدام التكنولوجيا الذكية). هنا، تُصمم المنتجات الناجحة لتلبية هذه العوامل عبر واجهات بديهية تُقلل التعقيد، وميزات تُظهر الأثر الجماعي (كمقارنة أداء المستخدم بمتوسط المجتمع)، مما يعزز الشعور بالكفاءة الذاتية والفعالية الجماعية ، غير أن التطبيق العملي لهذه النظريات يواجه تحديات، أبرزها الفجوة بين الوعي البيئي والتنفيذ، والتي قد تنشأ عندما تُهمل التصاميمُ السياقَ الثقافي أو العاطفي للمستخدم. ففي مجتمعات تُعطي أولويةً للقيم الجماعية على الفردية، (V., Haralampiev, & Karabeliova, 2025, p. 4) قد تفشل تطبيقات تعتمد على الحوافز الفردية، بينما تنجح أخرى تُبرز تأثير السلوك على الأسرة أو المجتمع المحلي. كما أن الاعتماد المفرط على البيانات الرقمية قد يُفقد التفاعل الإنساني عنصر التعاطف، مما يستدعي دمج عناصر سردية أو لعبة تُحوّل المهام البيئية إلى تجارب مُرضية عاطفيًا. **وتبين مما سبق ان بهذا التكامل بين النظريات، يُصبح المنتج الذكي تجسيراً بين الفرص السلوكية المؤقتة والهوية المستدامة الدائمة، مدعومًا بآليات تصميمية تُسهّل التحوّل من النية إلى الممارسة. هذا التماهي يقدم إطارًا عمليًا لصناع التكنولوجيا لابتكار حلولٍ لا تُغير السلوك، بل تُعيد تشكيل العلاقة بين الإنسان والبيئة.**

2. آليات التأثير التكنولوجي:

أولًا: دور التخصيص الذكي في تعزيز الشعور بالمسؤولية الفردية

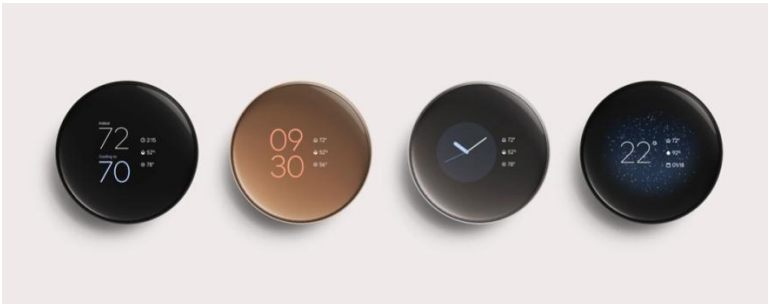
لا يقتصر التخصيص الذكي على مجرد تلبية احتياجات المستخدمين بشكل آلي، بل يُعد أداةً استراتيجيةً لخلق تماهي بين الفرد والأهداف البيئية. فمن خلال تحليل البيانات الفردية (كأنماط الاستهلاك اليومي)، تُصمم المنتجات الذكية لتقديم توصيات مُخصصة، مثل ضبط إضاءة المنزل تلقائيًا لتوفير الطاقة من خلال خاصية Smart home كما في (الشكل 2)

(الشكل 2) خاصية المنزل الذكي ، تتيح التحكم في اغلب الأجهزة الالكترونية والكهربائية في المنزل وضبط المؤقت . tekled.co.uk

أو تذكير المستخدم بمواعيد إعادة التدوير بناءً على سلوكه السابق. (Carby, 2023, p. 38)هذا النهج يُحوّل التكنولوجيا من كيانٍ مجرد إلى "شريكٍ بيئي" يُذكِّر الفرد بدوره في الحفاظ على الموارد، مما يُعزز الإحساس بالمسؤولية الفردية عبر تقنين الهوة بين الوعي النظري والممارسة العملية في تجربةٍ أجرتها شركة "إيكو وايز" Eco Wise على أجهزة ترشيد استهلاك المياه الذكية، لوحظ أن المستخدمين الذين تلقوا تقارير أسبوعية مُفصَّلة عن استهلاكهم – مع مقارنتها بمتوسط الاستهلاك المحلي – قلَّلوا استخدامهم للمياه بنسبة 34% خلال 6 أشهر. التفسير هنا يرتبط بـ الاستدلال النفسي بأن التغذية الراجعة المُخصصة تُشعر الفرد بأن تأثيره مُراقَب وذو مغزى، مما يحفز الاستمرارية. (Aivazidou, et al., 2021, p. 5)

ثانيًا: دراسة حالة لمنتجات ذكية عدَّلت السلوك

أ. أجهزة إدارة الطاقة المنزلية :صممت شركة "نيست" جهازًا حراريًا ذكيًا يُعدِّل درجة الحرارة تلقائيًا بناءً على عادات المستخدم، مع عرض رسوم بيانية تُظهر مدى توفير الطاقة المُتحقق كما في (الشكل 3). تستدل الأبحاث أن نسبة كبيرة من المستخدمين أصبحوا أكثر وعيًا ببطء استهلاكهم بعد تفعيل الوظيفة التكيفية، ليس بسبب التوفير المادي فحسب، بل التواشج مع رمزية الجهاز كـ"حارسٍ للاستدامة" (Mandlem, Gopalakrishnan, Nimbarte, Mostafa, & Das, 2020, p. 170)



(الشكل 3) تصاميم متعدد لمقياس الحرارة الذكي من شركة Nest

https://blog.google/products

ب. تطبيقات إعادة التدوير التفاعلية : يعتمد هذا التطبيق على الذكاء الاصطناعي لتصنيف النفايات عبر كاميرا الهاتف، مع منح نقاط قابلة للاستبدال بخصومات في المتاجر الخضراء. مما يساهم في انتعاش اقتصاد المستخدم بالإضافة الى يستنبط تحليل البيانات أن التقدير الاجتماعي كان دافعًا أقوى من الحوافز المادية، مما يؤكد دور التكنولوجيا في تحويل الممارسات البيئية إلى هوية اجتماعية مرغوبة . (L.G.F, A, & F.H, 2025, p. 4). **كما في (الشكل 4)**

(الشكل 4) يوضح أجهزة إعادة التدوير المتعدد مقابل العائد المادي
https://abudhabienv.ae/

وتبين مما سبق أن نجاح آليات التأثير التكنولوجي يعتمد على ثلاث ركائز (التفاعل التشاركي) تصميم واجهات تُشرك المستخدم في صنع القرار البيئي (كاختيار أهداف توفير الطاقة). و (التمثيل الرمزي) تحويل البيانات إلى سردياتٍ مرئية أو قصصية تُجسِّد الأثر الفردي (مثل مقارنة استهلاك الطاقة بعدد الأشجار المُنقذة). و(التكيف الديناميكي) تحديث التوصيات باستمرار لتجنب الملل والحفاظ على التفاعل طويل الأمد . (Fogg, 2019, pp. 114-115)

3. التحديات النفسية-التقنية: إشكالية التنافر المعرفي بين التعقيد التكنولوجي وتبني السلوكيات البسيطة

تُعد ظاهرة "التنافر المعرفي" التي تُعرّف بحالة الاضطراب الذهني الناتجة عن تعارض المعتقدات أو السلوكيات مع الواقع – إحدى العقبات الجوهرية التي تواجهها المنتجات التفاعلية الذكية في مجال تعزيز الاستدامة. ففي حين تُصمم هذه الأجهزة لتقديم حلول بيئية مثالية، فإن تعقيد واجهاتها أو آليات تشغيلها غالبًا ما يُنشئ فجوةً بين الغرض النبيل (كترشيد الطاقة) والقدرة العملية للمستخدم على تبنيها يوميًا. يُبرز هذا التناقض إشكاليةً مركبةً حيث تُحول التكنولوجيا المعقدة نفسها إلى وسيطٍ يُسهّل السلوكيات المستدامة بدلًا من أن تكون عائقًا نفسيًا يُعقِّدها، من منظور علم النفس التكنولوجي ، تُظهر الدراسات أن التعامل مع أنظمة ذكية مُفرطة في التعقيد (كأنظمة إدارة الطاقة المنزلية ذات الخوارزميات المُتشعبة) قد يولّد شعورًا بالعجز أو الإرهاق المعرفي لدى المستخدم، مما يدفعه إلى العودة إلى الممارسات التقليدية الأبسط، حتى لو كانت غير مستدامة (Chklovski, 2024) فالتصميم الذي يُبالغ في الاعتماد على التقنية دون مراعاة البُعد الإنساني يُهدد بتحويل المنتج الذكي من أداة تمكين إلى مصدر للقلق، وهو ما يُضعف الصيرورة التراكمية لبناء عادات بيئية دائمة.

وعليه فأن جوهر هذه الإشكالية لا يكمن في التكنولوجيا ذاتها، بل في انفصالها عن الكينونة الإنسانية البسيطة. فالمستخدم وفقًا لنظرية "التفاعل الحدسي" يميل إلى تفضيل الحلول التي تتو افق مع نمط حياته اليومي دون حاجة إلى جهدٍ عقلي مكثف (Preece, Rogers, & Sharp, 2002, p. 8 Chapter 1) **وعلى نحو متصل ، جهاز استشعار ذكي يُذكر المستخدم بغلق الأنوار عبر إشعار صوتي بسيط قد يكون أكثر فعالية من تطبيقٍ يتطلب إدخال بيانات معقدة لتحليل الاستهلاك. كما في (الشكل 5) هنا، تُصبح البساطة التصميمية عاملًا رئيس في تقليص التنافر المعرفي، و ايجاد انسجام بين الابتكار التكنولوجي والسلوك الإنساني التلقائي.**

الشكل 5 ، جهاز اليكسا الذكي يحتوي على المساعد الصوتي Alexa ، مما يسمح للمستخدم بتشغيل الموسيقى والتحكم بالأجهزة المنزلية و الانارة وطرح الأسئلة والحصول على معلومات بكل سهولة. تصميمه الصغير وخفيف الوزن يجعله مثاليًا للاستخدام في أي مكان داخل المنزل
https://jomla.ae/ar/product

لا يقتصر التحدي على الجانب النفسي فحسب، بل يمتد إلى الثقافة التكنولوجية السائدة التي تروج للتعقيد بوصفه مرادفًا للتطور. ففي كثير من الأحيان، تُقدم الشركات منتجاتٍ مليئة بالميزات المتقدمة (مثل شاشات اللمس المتعددة الوظائف في الأجهزة المنزلية) كدليل على التميز، غافلةً عن حقيقة أن "التعقيد غير المُبرر" قد يُفقد المنتجَ غايته الأصلية (Blevis, 2007, p. 7) مما لا شك فيه أن تحقيق التوازن بين الذكاء الاصطناعي والبساطة الوظيفية يتطلب تبني فلسفة تصميمية جديدة تُعيد تعريف العلاقة بين الإنسان والآلة، بحيث تكون التكنولوجيا خادمةً للاستدامة، لا سيدةً لها.

ويبين مما سبق ان التصميم القائم على السلوك التلقائي هو دمج مبادئ "التصميم اللاواعي" التي تستفيد من العادات اليومية للمستخدمين دون فرض متطلبات تعليمية مسبقة (مثل أجهزة الترشيد التي تعمل تلقائيًا عند اكتشاف عدم وجود أشخاص في الغرفة). كما ان التغذية الراجعة التشاركية تحويل المستخدم من مُتلقي سلبي إلى شريك في تطوير المنتج عبر واجهات تفاعلية تُظهر الأثر البيئي المباشر لخياراته . (Kalviainen, 2019, p. 21) .

المبحث الثاني: مرتكزات التصميم الجوهري للمنتجات الذكية الداعمة للاستدامة

1. التصميم القائم على السياق البيئي

يُعد دمج البُعد الثقافي والبيئي المحلي في تصميم المنتجات الذكية عاملاً جوهريًا لتحقيق فاعليتها في تعزيز الاستدامة، إذ لا يقتصر نجاح هذه المنتجات على تقنياتها المتطورة فحسب، بل على قدرتها على التفاعل مع الخصوصيات المجتمعية التي تُستخدم فيها. تُؤكد دراسات حديثة أن تجاهل العوامل الثقافية في التصميم قد يؤدي إلى فشل حتى أكثر الحلول تطورًا، لأن القيمة الحقيقية للتكنولوجيا تظهر عندما تصبح امتدادًا طبيعيًا لعادات المستخدمين وقيمهم اليومية (Zeng, 2015, p. 16) مما لاشك فيه أن هذه العملية تتطلب تبني منهجية "التصميم التشاركي"، التي تُحوّل المستخدمين من مُتلقين سلبيين إلى شركاء فاعلين في ابتكار الحلول. ففي سياق الاستدامة، تُصبح هذه المنهجية أداةً استراتيجيةً لفهم الاحتياجات غير المعلنة، مثل تفضيلات الأسر الريفية في استخدام الطاقة المتجددة، أو مقاومة بعض الفئات لفكرة التقنين بسبب ارتباطها بذكريات سلبية (.(Chen & Ito, 2022هنا، **وتبين أن العقبة الاهم تكمن في تحقيق التوازن بين التوجيه التكنولوجي والمرونة الثقافية؛ فالتصميم الجيد هو الذي يُحوّل القيود المحلية إلى فرصٍ إبداعية، كاستخدام الرموز التراثية في واجهات التطبيقات لتعزيز الثقة.** لا يخلو هذا المسار من تعقيدات، أبرزها صعوبة توحيد المعايير التصميمية في ظل تنوع السياقات البيئية. ففي الوقت الذي تُفضل فيه المجتمعات الصناعية حلولًا تعتمد على الإحصاءات الفورية (كعدد الكيلوغرامات المُوفَّرة من انبعاثات الكربون)، تُبدي المجتمعات الزراعية اهتمامًا أكبر بالقصص المرئية التي تُظهر تأثير الاستدامة على جودة التربة والمحاصيل (OECD, 16-18 November 2021) لذلك يُشير تقرير صادر عن منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية إلى ضرورة تطوير أطر مرنة للتصميم تسمح بالتخصيص دون المساس بمعايير الجودة التقنية، وهو ما يتطلب تعاونًا ثلاثيًا بين المصممين وعلماء الاجتماع وخبراء البيئة . :(OECD, OECD Economic Surveys: Sweden, 2023).

2. التكاملية بين تكنولوجيا المنتج الصناعي وتوجهات الاستدامة

مما لاشك فيه أن التكامل بين التكنولوجيا الصناعية الحديثة ومبادئ الاستدامة لا يكتفي بابتكارات تقنية عابرة، بل يشكل ركيزةً أساسية لإعادة تعريف دور الصناعة في الحفاظ على الموارد الطبيعية. ففي محور التحديات البيئية المتصاعدة، لم تعد التكنولوجيا أداة لإنتاج سلعٍ أسرع أو أرخص فقط، بل تحولت إلى تواشج يربط بين الكفاءة الاقتصادية والمسؤولية البيئية. وعلى سبيل التوضيح ، تصميم الآلات الصناعية القادرة على خفض استهلاك الطاقة بنسبة 40% ليس إنجازًا هندسيًا فحسب، بل هو تعبيرٌ عن فلسفةٍ جديدة تدمج الذكاء الاصطناعي مع مبادئ الاقتصاد الدائري، مما يوجد حلولًا تُقلل الهدر دون التضحية بالأداء. مما لاشك فيه أن هذا التكامل يتبين بشكلٍ جلي في الصناعات التحويلية، حيث تُطور أنظمة إنتاجٍ ذكية تستشعر بيانات الاستهلاك في الوقت الفعلي، وتُعيد توجيه العمليات تلقائيًا لتحقيق التوازن بين الإنتاجية والحد من الانبعاثات. فالتكنولوجيا هنا لا تُستخدم كعنصرٍ معزول، بل تندمج مع استراتيجياتٍ شاملة مثل إعادة تدوير المواد الخام أو استخدام الطاقات المتجددة، مما يُعزز دورها كمحركٍ رئيسي للتحول الأخضر. **وتبين مما سبق أن هذا التفاعل التكاملي يُسهم في خلق سلسلة قيمةٍ صناعيةٍ أكثر شفافية، حيث تُصبح كل مرحلة من مراحل الإنتاج جزءًا من منظومةٍ مستدامة متكاملة.**

جدول يوضح أمثلة على المنتجات الصناعية وتوجهاتها في الاستدامة (اعداد الباحثة)

المنتج الصناعي	التكنولوجيا المستخدمة	توجه الاستدامة	الأثر البيئي
أنظمة الطاقة الشمسية الهجينة	خلايا شمسية متطورة مع تخزين طاقة ذكي	دمج مصادر الطاقة المتجددة في البنية التحتية الصناعية	تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري بنسبة 60%
خطوط إنتاج السيارات الكهربائية	روبوتات تعمل بالذكاء الاصطناعي وتقنية	تصنيع مركبات صديقة للبيئة بدورة حياة كربونية منخفضة	خفض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري بمقدار 35%

مصانع إعادة تدوير البلاستيك الآلية	أجهزة استشعار لفرز النفايات آليًا	تحويل النفايات الصناعية إلى مواد خام قابلة لإعادة الاستخدام	تقليل التلوث البلاستيكي في المحيطات بنسبة 25%
توربينات الرياح الذكية	أنظمة تحكم تكيفية تعتمد على بيانات الطقس	تعزيز كفاءة توليد الطاقة النظيف	زيادة إنتاج الطاقة المتجددة بنسبة 50% في المناطق الريحية

وعليه فأن الجدول السابق هو دليلٌ عملي على كيف يمكن للتكنولوجيا أن تكون شريكًا استراتيجيًا في تحقيق أهداف التنمية المستدامة. فالتكاملية بين الابتكار الصناعي والمتطلبات البيئية تُبرز إمكانية تحويل التحديات إلى فرص، حيث تعمل التكنولوجيا كوسيطٍ فعال بين الحفاظ على الموارد ومواكبة النمو الاقتصادي. في هذا الإطار، تؤسس المفاهيم مثل "التصنيع الدائري" و"التكنولوجيا الخضراء" دورًا رئيس في إعادة تشكيل مستقبل الصناعة، مما يفتح آفاقًا جديدةً لخلق اقتصادٍ يعيد توازن النظام البيئي بدلًا من استنز افه.

المبحث الثالث : قياس الأثر البيئي طويل المدى للمنتجات الصناعية الذكية

1. التحديات الخفية وراء الاستدامة الظاهرية

عندما تُطرح المنتجات الصناعية الذكية كحلولٍ بيئية، غالبًا ما تُختزل استدامتها في مؤشراتٍ ظاهرية مثل تقليل الاستهلاك المباشر للطاقة أو خفض الانبعاثات خلال مرحلة الاستخدام. لكنَّ الحقيقة الأكثر تعقيدًا تكمن في شبكة من التأثيرات غير المباشرة التي تَخفى عن الأعين، والتي قد تُقلب المنفعةَ المزعومة إلى أضرارٍ تتفاقم مع الزمن. **يرى الباحث أن هذه الفجوة بين الصورة المُعلنة والواقع الفعلي تُشكِّل أحد أعمق التحديات التي تواجه تحقيق الاستدامة الحقيقية.** لعلَّ أهم مظاهر هذه الإشكالية يتمثل في التناقض بين النية والنتيجة ، حيث تُصمم بعض المنتجات لتحقيق كفاءةٍ آنية، لكنها تخلق تبعاتٍ بيئيةً في مراحلَ أخرى من دورة حياتها. كمثالٍ على ذلك قد تُقلل أجهزة ترشيد الطاقة الذكية من فواتير الكهرباء المنزلية، لكنَّ اعتمادها على خوارزميات معقدة يتطلب بنىً تحتية رقمية ضخمة (كمراكز البيانات)، والتي بدورها تستهلك مواردَ طاقوية هائلة وتُنتج انبعاثات كربونية تفوق ما تم توفيره. هذا التناقض يُذكِّر بأن الاستدامة لا تنحصر في معادلة حسابية بسيطة، بل نظامًا متشابكًا يحتاج إلى تحليلٍ متكامل. من زاويةٍ أخرى، تتبين إشكالية الوهم الاستهلاكي ، إذ تُسوَّق المنتجات الذكية كرموزٍ للوعي البيئي، مما يدفع المستخدمين إلى الإفراط في اقتنائها بدافعٍ "أخلاقي"، دون إدراك أن التصنيع المتسارع لهذه الأجهزة يعتمد على استخراج معادن نادرة من المناجم، مما يؤدي إلى تدمير النظم الإيكولوجية في مناطقَ مثل الكونغو أو بوليفيا. هنا، تتحول الاستدامة الظاهرية إلى شريكٍ غير مباشر في استنزاف الموارد، وهو ما يُطلق عليه الباحثون مصطلح "الاستعاضة البيئية المتناقضة". (Jackson, 2005, p. 30)

لا يقتصر التحدي على الجانب البيئي فحسب، بل يمتد إلى البُعد الاجتماعي والاقتصادي . ففي سياق السعي نحو التحول الأخضر، تُهمل العديد من الحلول التكنولوجية الفجواتِ بين المجتمعات في الوصول إلى هذه المنتجات. على سبيل المثال، قد تُعزز العدادات الذكية كفاءة الطاقة في المناطق الحضرية الميسورة، بينما تظل المجتمعات الريفية أو الفقيرة تعتمد على تقنياتٍ ملوثة بسبب ارتفاع تكلفة التكنولوجيا "الخضراء". هذا التفاوت يُعمق عدم الإنصاف البيئي، ويُظهر أن الابتكار التكنولوجي قد يصبح جدارًا عازلًا بدلًا من أن يكون جسرًا نحو عدالةٍ مناخية.

وتبين مما سبق أن أخطر هذه التحديات هو ظاهرة التبعية التكنولوجية، إذ يوجد حلولٌ ذكيةٌ لمشكلاتٍ بيئية معينة، لكنها تولد اعتمادًا دائمًا على التحديثات البرمجية والأجهزة الجديدة، مما يُطيل أمد الدورة الاستهلاكية ويُعيق الانتقال إلى نماذجَ اقتصاديةٍ دائرية حقيقية. كمثالٍ واضح، فإن الاعتماد على تطبيقات إدارة النفايات الذكية قد يُقلل من إنتاج النفايات المنزلية، لكنه يعززفي الوقت نفسه استهلاك الهواتف الذكية والأجهزة الإلكترونية قصيرة العمر، والتي تُسهم في زيادة النفايات الإلكترونية السامة.

مما لا شك فيه أن مواجهة هذه التحديات تتطلب رؤيةً نقديةً تعيد تعريف "الاستدامة" بعيدًا عن الشعارات الجذابة، نحو اعتماد معاييرَ تقييميةٍ شاملة ترصد التأثيرات عبر سلسلة القيمة بأكملها: من استخراج المواد الخام إلى التصنيع، ومرورًا بالاستخدام، وانتهاءً بإدارة النفايات. فقط عبر هذه النظرة الثاقبة يمكن تحويل المنتجات الذكية من أدواتٍ تروج لاستدامةٍ وهمية إلى روافعَ فعليةٍ للتغيير البيئي المنشود.

2. ظاهرة "التعب التكنولوجي" Tech Fatigue : الصراع بين التكيف والرفض

أن التصميم الصناعي للمنتجات الذكية شكل عنصراً حاسماً في تشكيل تجربة المستخدم، لكنه قد يصبح أيضاً مصدراً رئيسياً لظاهرة "التعب التكنولوجي"، والتي تعكس صراعاً بين رغبة الأفراد في تبني سلوكيات مستدامة وإحجامهم عن التفاعل المستمر مع التكنولوجيا المعقدة. فمما لاشك فيه أن التحميل الزائد للميزات التقنية، مثل الإشعارات المتكررة أو واجهات التحكم غير البديهية، يكوّن شعوراً بالإرهاق يدفع المستخدمين إلى العودة إلى الممارسات التقليدية الأقل استدامة.

على غرار ذلك أظهرت دراسة أجراها (He, Martinez, Padhi, & Zhang, 2019, p. 153) أن تصميم أجهزة تنظيم الحرارة الذكية (Smart Thermostats) التي تعتمد على خوارزميات معقدة لتعديل درجة الحرارة تلقائياً، أدت إلى إيقاف تشغيلها من قِبَل 40% من المشاركين خلال شهرين، بسبب شعورهم بفقدان السيطرة على بيئتهم المنزلية. وفي سياق مختلف، تشير تقارير منظمة الصحة العالمية (Ususitalo, 2024)إلى أن التصميم المفرط للإضاءة التفاعلية في المباني الذكية، رغم هدفها ترشيد الطاقة، تسبب في زيادة الضغط البصري والعصبي للعاملين، مما قلل من التزامهم ببرامج الترشيد.

كما يبرز دور التصميم الصناعي في التخفيف من هذه الظاهرة. ففي مشروع "الإضاءة التكيفية" بمدينة أمستردام، صممت شركة (Lighting, 2016)نظام إضاءة ذكياً يعتمد على تغييرات لونية تدريجية وغير مزعجة لتشجيع تقليل الاستهلاك كما في (الشكل 6) بدلاً من التنبيهات الصوتية أو الرسائل النصية. هذا التصميم، الذي استند إلى مبادئ "التكنولوجيا الهادئة" (Calm Technology) التي طرحها (Weiser, 1991, pp. 94-104) ، سجل زيادة بنسبة 30% في التزام المستخدمين مقارنة بالأنظمة التقليدية. ومع ذلك ليست كل الحلول التصميمية ناجحة.

الشكل 6 تقرير مصور حول الإضاءة التكيفية في أمستردام ، رابط التقرير

ففي دراسة حالة أجراها (Majidi, 2021, p. 1034) على تصميم حاويات النفايات الذكية والتي تعتمد على شاشات تعمل باللمس لتوجيه المستخدمين حول فصل النفايات، لوحظ أن التعقيد البصري للواجهات أدى إلى تجنب 65% من السكان استخدامها بعد تجربة أولية، مفضلين الحاويات التقليدية الأبسط. **وعليه فأن هذه الأمثلة تُظهر أن التصميم الصناعي يجب أن يكون متواشج بين الذكاء التكنولوجي والبساطة الوظيفية، بدلاً من تحويل المنتج إلى "عقبة تقنية". فكما أشار** (Norman, 2013)**في كتابه الشهير The Design of Everyday Things، فإن التصميم الجيد هو الذي يجعل السلوك المستدام خياراً تلقائياً، لا مُهمةً تتطلب جهداً واعياً.**

3. أثر التكنولوجيا الذكية في المنتجات الصناعية على الصحة الجسدية والنفسية للمستخدم

أ. التسبب في الركود الحركي والذهني: تداعيات التكنولوجيا على النشاط البشري

مما لاشك فيه أن الاعتماد المكثف على المنتجات الذكية، مثل الروبوتات المنزلية وأنظمة التحكم الآلي، يقلل من فرص الحركة اليومية، مما يساهم في ارتفاع معدلات الأمراض المرتبطة بالخمول. على سبيل التوضيح ، وجدت دراسة نُشرت في مجلة الطب السريري (Eun, 2019, p. 5) أن الأفراد الذين يستخدمون أجهزة التنظيف الذكية (مثل روبوتات المكانسة) ينخفض نشاطهم البدني بنسبة 30% مقارنة بمن ينظفون يدويًا. كما أشارت منظمة الصحة العالمية (WHO), 2020))إلى أن السلوكيات الخاملة الناتجة

عن التكنولوجيا تُعد أحد العوامل الرئيسية لتفشي السمنة وأمراض القلب، أما على الصعيد الذهني، فإن الأنظمة الذكية التي تتخذ القرارات نيابة عن المستخدم (مثل التطبيقات التي تخطط الجدول اليومي) تُضعف المهارات المعرفية. إن الاعتماد على التكنولوجيا في المهام اليومية يقلل من نشاط الفص الجبهي في الدماغ، المرتبط بحل المشكلات واتخاذ القرارات. (Korte, 2020, pp. 101-111)

ب. العزلة الاجتماعية: التكنولوجيا كعامل تفكيك للعلاقات الإنسانية

صممت العديد من المنتجات الذكية لتحقيق الكفاءة، لكنها قلصت التفاعل البشري المباشر. في قطاع المطاعم، أدى استخدام الشاشات اللوحية الذكية لطلب الطعام إلى خفض التفاعل بين العملاء والموظفين بنسبة كبيره وفقًا لتقرير (Kubiak, 2025) كما في (الشكل 7) وفي المنازل أدى انتشار المساعدات الصوتية مثل (Alexa) كما ذكرناها في مثال سابق ، إلى تقليل الحوارات العائلية، حيث أظهر استطلاع لـ مركز بيو للأبحاث (Rainie, Anderson, & Vogels, 2021) أن 34% من الأسر تشعر بأن التكنولوجيا قللت من تواصل أفرادها.

الشكل 7، شاشات اللوحية الذكية لطلب الطعام
https://foodieinfluence.co

ج. البُعد الأخلاقي في التصميم: مسؤولية المصممين تجاه الصحة الشاملة

تواجه صناعة التصميم تحديًا أخلاقيًا يتمثل في موازنة الكفاءة التكنولوجية مع الحفاظ على الصحة النفسية والجسدية. هنا تبرز مبادرات مثل مبادئ التصميم الإنساني (Human-Centered Design) التي تروج لها (Willmott, 2024) ، والتي تشدد على ضرورة دمج النشاط البدني في المنتجات الذكية.

- **مثال إيجابي** : طورت شركة Steelcase مكتبًا ذكيًا يرتفع تلقائيًا كل ساعة لتشجيع المستخدم على الوقوف، مستوحى من دراسة نشرتها جامعة هارفارد (Publishing, 2022) حول فوائد الحركة الدورية. كما في (الشكل 8)

(الشكل 8) يوضح اليـة المكتب الذكي وكما في الفيديو المرفق في رمز QR

- **مثال سلبي** : أنظمة الترفيه الذكية المدمجة في السيارات ذاتية القيادة، والتي تعزل الركاب عن البيئة الخارجية، مما قد يؤدي إلى خفض الوعي المكاني وزيادة الشعور بالدوار

د. الاستدامة الشاملة: حماية الإنسان كجزء من النظام البيئي

أكدت الأمم المتحدة في تقريرها حول أهداف التنمية المستدامة (UN), 2023)) أن الاستدامة لا تعني الحفاظ على البيئة فحسب، بل تشمل أيضًا ضمان صحة الإنسان الجسدية والعقلية. ويدعم هذا الرأي برنامج الأمم المتحدة للبيئة، الذي أطلق مبادرة "التكنولوجيا الخضراء للإنسان" لتصميم منتجات ذكية تحمي الموارد الطبيعية وتدعم النشاط البشري.

الاستدامة الحقيقية تتطلب وعيًا بأن صحة الإنسان جزء لا يتجزأ من صحة الكوكب. فكما تُقاس جودة التكنولوجيا بكفاءتها، يجب أن تُقاس أيضًا بقدرتها على تعزيز الحياة النشطة والمتوازنة.

النتائج :

1. أن التخصيص الذكي (كضبط الإضاءة تلقائيًا) يزيد الشعور بالمسؤولية الفردية، مما قلل استهلاك المياه في تجارب أجهزة الترشيد الذكية.
2. أن التغذية الراجعة الرمزية (كعرض تأثير التوفير على زراعة الأشجار) تعزز الهوية البيئية للمستخدمين، ورفعت استمرارية السلوك المستدام .
3. أن تقديم الحلول في "نوافذ الفرص السلوكية" (كتنبيهات ترشيد الطاقة خلال الذروة) زاد فعالية القرارات مقارنة بالتنبيهات العشوائية.
4. كشفت البيانات أن التصميم المعقد (كأنظمة إدارة الطاقة متعددة الخيارات) تسبب في عودة جزء من المستخدمين للممارسات التقليدية بسبب "التنافر المعرفي".
5. كشفت الدراسة عن تناقض في الاستدامة الظاهرية، حيث أدت البنى التحتية الرقمية (مثل مراكز البيانات) إلى تقليل الفوائد البيئية المعلنة بشكل ملحوظ.
6. أن "التعب التكنولوجي" (كالإشعارات المتكررة) دفع البعض من المستخدمين إلى إيقاف الأجهزة الذكية (كالثرموستات).
7. أن التكامل بين التكنولوجيا الصناعية والاقتصاد الدائري خفض انبعاثات السيارات الكهربائية بنسبة كبيرة، وزاد من إنتاج الطاقة النظيفة .
8. أن التصميم المراعي للسياق الثقافي (كاستخدام الرموز التراثية) رفع قبول الحلول المستدامة في المجتمعات غير الحضرية.

الاستنتاجات :

1. الاستدامة الشاملة لا تنفصل عن صحة الإنسان؛ فالعزلة الاجتماعية والخمول الجسدي الناتج عن التكنولوجيا يُعدان تهديدًا للتوازن البيئي.
2. التصميم البسيط والمرن (كالإشعارات الصوتية) أكثر فعالية من الحلول التقنية المعقدة في تعزيز السلوك المستدام.
3. تحقيق الاستدامة الحقيقية يتطلب تحليل دورة حياة المنتج كاملة (من التصنيع إلى التخلص)، وليس التركيز على مرحلة الاستخدام فقط.
4. الفجوة بين الإمكانات التكنولوجية والتطبيق العملي (كالتعب التكنولوجي) تؤكد ضرورة مواءمة الحلول مع السلوك البشري التلقائي.
5. السياق الثقافي والبيئي المحلي عامل حاسم في نجاح الحلول الذكية، خاصة في المجتمعات ذات الخصوصية القوية.
6. الاقتصاد الدائري (كإعادة تدوير المواد الخام) ليس خيارًا ثانويًا، بل شرطًا أساسيًا لاستدامة التكنولوجيا الذكية.
7. حماية البيئة وصحة الإنسان وجهان لعملة واحدة؛ فالتلوث البلاستيكي أو النفايات الإلكترونية يؤثران على النظامين البيئي والبشري معًا.
8. المسؤولية الأخلاقية للمصممين تتجاوز الابتكار التقني إلى ضمان عدم تحول التكنولوجيا إلى أداة استنزاف للموارد أو العزلة الاجتماعية.

التوصيات :

1. تعزيز التغذية الراجعة الرمزية من خلال تصميم واجهات ذكية تعرض تأثير السلوك الفردي على البيئة بشكل مرئي (مثل مقارنة استهلاك الطاقة بعدد الأشجار المُنقذة) و استخدام سرديات قصصية تربط بين السلوكيات اليومية والأثر البيئي الإيجابي.
2. تحسين التخصيص الذكي و تطوير أنظمة ذكية تُقدم توصيات مخصصة بناءً على أنماط الاستهلاك الفردية (كضبط الإضاءة تلقائيًا أو تذكير بإعادة التدوير) و دمج بيانات المستخدمين مع الأهداف البيئية العامة لتعزيز الشعور بالمسؤولية الفردية.
3. الاستفادة من "نوافذ الفرص السلوكية" تصميم منتجات تُقدم حلولًا مستدامة في اللحظات الحرجة (كتنبيهات ترشيد الطاقة خلال ساعات الذروة).
4. تبسيط التصميم لتجنب التنافر المعرفي من خلال تقليل تعقيد الواجهات الذكية لتصبح أكثر بديهية وسهولة في الاستخدام.
5. تعزيز التفاعل التشاركي ، تصميم منتجات تُشرك المستخدم في صنع القرار البيئي (كاختيار أهداف توفير الطاقة).
6. تحسين التقييم البيئي الشامل ، تطوير معايير تقييم تشمل الأثر البيئي الكامل للمنتجات (من التصنيع إلى التخلص). و إجراء دراسات طويلة المدى لرصد تأثير المنتجات الذكية على السلوكيات البيئية.
7. تجنب الاستدامة الظاهرية ، ضمان أن تعتمد الحلول الذكية على بنى تحتية صديقة للبيئة كاستخدام طاقة متجددة في مراكز البيانات، تقليل النفايات الإلكترونية عبر تصميم منتجات ذات دورة حياة أطول وقابلة لإعادة التدوير.

Conclusions:

1. Comprehensive sustainability is inseparable from human health; social isolation and physical inactivity resulting from technology are threats to ecological balance.
2. Simple and flexible design (such as voice notifications) is more effective than complex technical solutions in promoting sustainable behavior.
3. Achieving true sustainability requires analyzing the entire product life cycle (from manufacturing to disposal), not focusing only on the use phase.
4. The gap between technological potential and practical application (such as technological fatigue) emphasizes the need to align solutions with automatic human behavior.
5. The local cultural and environmental context is a crucial factor in the success of smart solutions, especially in communities with strong privacy concerns.
6. The circular economy (such as recycling raw materials) is not a secondary option, but rather a prerequisite for smart technology sustainability.
7. Environmental protection and human health are two sides of the same coin; plastic pollution or e-waste impact both ecosystems and humans.
8. Designers' ethical responsibility extends beyond technical innovation to ensuring that technology does not become a tool for resource depletion or social isolation.

References:

1. A.S.Hornby, Oxford Advanced Learners Dictionary, Oxford University Press, 2004
2. Abrahamse,W & Steg, L. (2013). Social influence approaches to encourage resource conservation: A meta-analysis. Global Environmental Change, 33 , 184-196.
3. Agata Kubiak - 12 Restaurant Technology Trends (2024 Updated). https://www.upmenu.com/blog/restaurant-technology/ . 8 January 2025
4. Aivazidou, E.; Banias, G.;Lampridi, M.; Vasileiadis, G.;Anagnostis, A.; Papageorgiou, E.;Bochtis, D. Smart Technologies for SustainableWater Management: AnUrban Analysis. Sustainability **2021**, MDPI, Basel, Switzerland. https://doi.org/10.3390/su132413940
5. Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *University of Massachusetts at Amherst*, Academic Press. Inc 179-211. https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T
6. Al-Ramini, Manar. Sustainable Design Standards and Their Impact on the Interior Design Environment, Department of Interior Design and Furniture, Faculty of Applied Arts, Helwan University, 2015, unpublished master's thesis.
7. Anshu Kale .United Nations (UN). (2023). Sustainable Development Goals Report . https://sdgs.un.org
8. Arya Majidi. City with Smart Waste Management: Introducing Waste Bin Technologies.2021. Universidad Nacional de Ingeniería .IRAN.P1034
9. Becky L. Drees، et al . "Derivation of genetic interaction networks from quantitative phenotype data". Genome Biology 6 (4). 2005.p 432.
10. Bernald Myers, Les arts visuels et comment nous les goûtons, trad. American Textbooks and Reference Group, Le Caire, 1966.
11. Ceschin, F., & Gaziulusoy, I. (2020). Design for Sustainability: A Multi-level Framework from Products to Sociotechnical Systems. (1 ed.) UK .(Routledge focus on environment and sustainability). Routledge. https://doi.org/10.4324/9780429456510
12. Eli Blevis. Sustainable interaction design: invention & disposal, renewal & reuse.2007. Indiana University at Bloomington, Indiana USA.P7
13. Evgeniya NigayYuliya LebedinskayaElena Koshevaya. Digital transformation of the customer interaction system in the business model of the organization based on the omnichannel approach.2021. SHS Web of Conferences
14. Fogg, B. J. (2019). Persuasive Technology: Using Computers to Change What We Think and Do . Morgan Kaufmann Publishers. P114
15. Hristova, V., Haralampiev,K., Vlaev, I., & Karabeliova, S. (2025).Predicting Pro-Environmental Behavior: The Leading Influence of Environmental Attitudes. Behavioral Sciences, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria 15(3), 291. https://doi.org/10.3390/bs15030291
16. Koushik Mandlem, Bhaskaran Gopalakrishnan*, Ashish Nimbarte, Roseline Mostafa and Rupa Das. Energy Efficiency Effectiveness of Smart Thermostat Based BEMS.2020. Industrial and Management Systems Engineering, West Virginia University, Morgantown,USA. https://doi.org/10.32604/EE.2020.011406 P.170

17. Lee Rainie, Janna Anderson . Emily A. Vogels . "Experts Doubt Ethical AI Design Will Be Broadly Adopted as the Norm in the Next Decade" . 2021.Pew Research Center
18. Martin Korte.The impact of the digital revolution on human brain and behavior: where do we stand?.Dialogues Clin Neurosci. 2020;22(2):101-111. doi:10.31887/DCNS.2020.22.2/mkorte
19. Michael J. Carter . Celene Fuller . Symbolic Interactionism . California State University, Northridge, 2016.p2 USA DOI: 10.1177/205684601561
20. Mirja Kalviainen. Design Tools for Sustainable Behaviour Change**.** ahti Design Annual Review 2019. Lahti: Lahti University of Applied.P21
21. Mukhiffun Mukapit.Siti ROHANA Daud.Mohd Nasir Selamat. .2024.Bridging Innovation and Sustainability: A Systematic Review of Innovative Work Behavior and Green Practices. Universiti Kebangsaan Malaysia, Malaysia. ISSN 2220-3796 .
22. OECD (2023), OECD Economic Surveys: Sweden 2023, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/ceed5fd4-en.
23. Philips Lighting. 5 New Year's resolutions made better with proper lighting.2016
24. Rittl, L.G.F.; Zaman, A.; de Oliveira, F.H. Digital Transformation in Waste Management: Disruptive Innovation and Digital Governance for Zero-Waste Cities in the Global South as Keys to Future Sustainable Development. Sustainability **2025**,
25. Taylor Willmott .Change by Design: The 5-step Human-Centered Design Process .griffith-business-school
26. Tim Jackson. Motivating Sustainable Consumption. a report to the Sustainable Development Research Network.2005. Environmental Strategy University of Surrey.P30
27. Uusitalo, S., & Paasi, J. (2024). Health-Safe Smart Building: Final results of E3 project task 'Smart building'.
28. Weijia He, Jesse Martinez, Roshni Padhi, Lefan Zhang, When Smart Devices Are Stupid: Negative Experiences Using Home Smart Devices.2019. Blase Ur University of Chicago.P153
29. Weiser, M. (1991). The computer for the 21st century . Scientific American, 265(3), 94-104.
30. World Health Organization (WHO). (2020). Sedentary behaviour and health outcomes . https://www.who.int/publications **ISBN:**9789240015128
31. Yong Zeng. Environment-Based Design (EBD): a Methodology for Transdisciplinary Design.2015. Journal of Integrated Design and Process Science. DOI:10.3233/jid-2015-0004. P
32. Zan Gao. Jung Eun Lee . Emerging Technology in Promoting Physical Activity and Health: Challenges and Opportunities. 2019. journal of Editorial Clinical Medicine.p5
33. Muhammad Abd al-Hamid, Media Theories and Trends of Influence, Alam al-Kutub Press, Cairo, 1997, p. 21