الاستفادة من الحوسبة المادية في دعم تصميم المنتجات الذكية

Utilizing from physical computing to support smart product design

م.د/ مصطفى محمود شحاته محمود

مدرس بقسم التصميم الصناعي – كلية الفنون التطبيقية – جامعة حلوان – مصر.

Dr. Mustafa Mahmoud Shehata Mahmoud

Lecturer, Department of Industrial Design, Faculty of Applied Arts, Helwan University, Egypt.

mostafamahmoudshehataa@gmail.com

ملخص البحث

إن التكامل والترابط بين التصميم والتكنولوجيا هو الدافع المعرفي للمصمم للتعرف على التكنولوجيات المستحدثة والإستفادة منها في عمليات التصميم والتطوير للمنتجات، كما أنه الدافع الإقتصادي لمطوري التكنولوجيا لتوفير تكنولوجيات تفتح أفاقاً جديدة للمصمم.

وفي ضوء هذا التكامل يسعى البحث لإيجاد إطار عام للإستفادة من الحوسبة المادية في دعم تعليم وممارسات التصميم المرتبطة بالمنتجات الذكية، فالحوسبة المادية وما تشمله من معارف ومهارات تطبيقية مرتبطة بالنواحي التكنولوجية تعد مجالات معرفياً يدعم التصميم بوجه عام، وتصميم المنتجات الذكية يعد مجالاً تطبيقياً لممارسات التصميم، والذي يتطلب دعم المعارف والمهارات التقنية للمصمم، فالتركيبة العامة لتلك المنتجات تتطلب نسج العديد من الوسائط التكنولوجية ضمن التصور الأولي للمنتج، وليس فقط إضافة تلك التكنولوجيات كميزة أخيرة في مراحل التطوير النهائية للمنتج.

وتتمثل مشكلة البحث في عدم وجود إطار عام للاستفادة من المعارف والمهارات الخاصة بالحوسبة الفيزيائية كمجال معرفي في دعم تعليم وممارسات التصميم المرتبطة بالمنتجات الذكية، ولذا فإن البحث يهدف لإستنباط هذا الإطار العام، وترتبط أهمية البحث بالعديد من الجوانب والتي تشمل: دعم الجانب المعرفي لطلاب وممارسي التصميم، دعم المؤسسات الصناعية وتزويدهم بمصممين ذوي معرفة تكنولوجية أعلى، دعم التنافسية بين المنتجات وذلك لما بها من خصائص جديدة تدعم النواحي الوظيفية والإستخدامية لها، الإسهام في تسهيل حياة المستهلكين من خلال توفير جيل جديد من المنتجات الذكية ذات الخصائص الوظيفية والتكنولوجية الجديدة، وبناء عليه فقد جاء البحث على النحو التالي:

- أولاً دراسة تحليلية للمنتجات الذكية لمعرفة أهم الخصائص الوظيفية والتكنولوجية لتلك المنتجات وسبل مساهمة المصمم الصناعي في إبتكارها.
- ثانياً: دراسة الحوسبة المادية للتعرف على المفهوم العام لها وكيفية الإستفادة منها في مجال تعليم وممارسة التصميم، وإدراك الحدود التجريبية والتعليمية لها كحقل معرفي يدعم الجوانب التقنية للمصمم.
- ثالثاً: استنباط إطار عام للإستفادة من المعرفة الخاصة بمجال الحوسبة المادية في دعم تعليم وممارسات التصميم المرتبطة بالمنتجات الذكية.
- رابعاً: استخلاص أهم النتائج والتوصيات الخاصة بالبحث.

الكلمات الدالة

منتج ذكي – حوسبة مادية – بيئات ذكية – مصمم – تعليم وممارسة التصميم

Abstract

The integration and interdependence between design and technology is the cognitive impulse for designer to learn about new technologies and use them in the design and development processes of products. It is also the economic motivation for technology developers to provide technologies that open new horizons for the designer.

In light of this integration, the research seeks to find a general framework to benefit from physical computing in support of design education and practices associated with smart products. Physical computing and its knowledge and applied skills related to technological aspects are fields of knowledge that support design in general, and smart product design is an applied field for design practices. Which requires the support of the knowledge and technical skills of designers, the general structure of these products requires weaving many technological media into the initial concept of the product, not just adding those technologies as a final feature in the final development stages of the product.

The research problem is that there is no general framework for utilizing the knowledge and skills of physical computing as a field of knowledge to support education and practices of design associated with smart products, and therefore the research aims to derive this general framework, and the importance of the research is linked to many aspects, which include: Supporting the knowledge side of students and practitioners of design, supporting industrial enterprises and providing them with designers with higher technological knowledge, supporting competitiveness between products because of their new features that support the functional and usability aspects of them, contributing to facilitating the lives of consumers by providing a new generation of smart products with new functional and technological characteristics, and building Accordingly, the research came as follows:

• Firstly, an analytical study of smart products to find out the most important functional and technological characteristics of those products and the means for the industrial designer's contribution to their innovation.

• Second: studying physical computing to know the general concept of it and how to benefit from it in the field of design education, and to realize the experimental and educational limits of it as a field of knowledge that supports the technical aspects of the designer.

• Third: devise a general framework for utilizing knowledge of the physical computing field to support design education and practices associated with smart products.

Fourth: Extracting the most important findings and recommendations for the research.

key Words

Smart product - physical computing - smart environments – designer- design education and practice

أولاً : مدخل البحث

١-١- مقدمة

ما هو المحرك الأول لتطور المنتجات؟ هل هو التصميم أم التكنولوجيا؟ إن إجابة هذا التسؤال هي المحرك الخفي لمعظم البحوث التطبيقية في مجال تطوير المنتجات؟ فالتكامل بين التصميم والتكنولوجيا هو المحرك الأول لتطور المنتجات.

ويتمثل هذا التكامل في العلاقة التفاعلية بين التصميم والتكنولوجيا، فكلاهما يدعم الآخر لتطوير المنتج، فالتكنولوجيا تدعم تصميم المنتجات فتكسبها المزيد من التحسينات في النواحي الشكلية والوظيفية كما تعمل على تطوير النواحي الإستخدامية

والإقتصادية وغير ذلك من الجوانب المختلفة للمنتجات، بل إنها تدعم أنشطة التصميم في حد ذاتها فتجعل عمليات التصميم أسهل وأيسر كما تجعل الإنتقال من الفكرة إلى المنتج النهائي أيسر وأسرع مع الوقت فيقل الزمن الخاص بدورة التصميم وتتحسن الجوانب الإقتصادية للمنتج بشكل خاص وللمؤسسة بشكل عام، وعلى الجانب الآخر نجد التصميم يدعم التكنولوجيا فهو الدافع نحو الإستفادة من النظريات العلمية في صورة تطبيقات عملية تعمل على تحسين الجوانب المختلفة للمنتج، كما أن التصميم هو ما يزود مطوري التكنولوجيا بالأدوات التجريبية التي تساعدهم على استخلاص التطبيقات التكنولوجية من المعارف النظرية المجردة فهو منصة الإنطلاق لكل المستجدات التكنولوجية.

١-٢- موضوع البحث

من الممكن القول بإن تطوير المعارف التكنولوجية واجباً إلزامياً على المصمم لضمان إستمرار مخرجاته التصميمة في المنافسة، فتوافر بعض السمات التكنولوجية في المنتجات يعزز القيم الشكلية والوظيفية لها ويزيد من قدرتها التنافسية، ولا يمكن توفير مثل تلك السمات دون إلمام المصمم بتلك المستجدات التكنولوجيا بشكل عام.

فأكم من مؤسسات صناعية كبرى خرجت من المنافسة بسبب تقادم الجوانب التكنولوجية لمنتجاتها وأكم من مؤسسات تخطت منافسيها بسبب التكنولوجيات المستحدثة في منتجاتها والأمثلة على ذلك كثيرة، وبتحييد الدور الخاص بسياسات المؤسسة الصناعية نجد أن معرفة المصمم بالمستجدات التكنولوجية والإستفادة منها في تصميم وتطوير المنتجات يعد من الأسباب الرئيسية لوجود تلك المؤسسات وإستمرار منتجاتها في المنافسة.

وبتحليل الجوانب الهندسية للمنتجات الذكية باعتبارها أحد المستجدات التكنولوجية في مجال التصميم الصناعي والتصميم التفاعلي نجد أن هناك العديد من التطورات في النواحي الوظيفية لتلك المنتجات والتي تجعلها أكثر تفاعلية مع المستخدم ومع المنتجات الآخرى في محيطها الذكي [١٠] ، وهو ما يقود بالضرورة إلى العديد من جوانب المعرفة التكنولوجية التي يجب على المصمم الإلمام بها، وتمثل الحوسبة المادية أحد تلك الموضوعات التي قد تساهم في دعم الجانب المعرفي للمصمم الصناعي وتساعده في دمج تلك التكنولوجيات المستحدثة داخل النسيج الإبتكاري لمخرجاته التصميمية.

فالحوسبة المادية تشير إلى تلك الأنظمة التفاعلية التي تمكن الحواسيب من إستشعار بيئتها المادية والإستجابة لها، [١٢] ،ولذا فإنها تعد المنصة الأشمل للتعلم القائم على التجريب لتلك المستجدات التكنولوجية والإستفادة منها في تصميم وتطوير المنتجات الذكية مستقبلاً.

ومن هذا المنطلق ،يسعى البحث لوضع إطار عام للإستفادة من الحوسبة المادية في تعليم وممارسة التصميم في ضوء المستجدات التكنولوجية الخاصة بالمنتجات الذكية.

١-٣- مشكلة البحث

يعتمد تعليم وممارسة التصميم بشكل متزايد على التكنولوجيا الرقمية، ولكي يتمكن المصممون من دخول هذا المجال بنجاح فإنهم يحتاجون إلى فهم الصفات المتأصلة في الوسائط التي يعملون معها، مثل الإلكترونيات والبرامج [٣] ، وتعد الحوسبة المادية أحد المجالات المعرفية التي يمكن الإستفادة منها في دعم الجانب المعرفي لتعليم وممارسة التصميم وذلك لما لها من تطبيقات مباشرة في النواحي الوظيفية للمنتجات الذكية فهي الحقل الأبرز من حيث الدعم المعرفي اللازم لتطوير النواحي الوظيفية لتلك المنتجات.

وتتمثل مشكلة البحث في عدم وجود إطار عام للإستفادة من الحوسبة المادية في تعليم وممارسة التصميم في ضوء المستجدات التكنولوجية الخاصة بالمنتجات الذكية.

١-٤- هدف البحث

إستنباط إطار عام للاستفادة من الحوسبة المادية في تعليم وممارسة التصميم الصناعي في ضوء المستجدات التكنولوجية الخاصة بالنواحي الوظيفية للمنتجات الذكية.

١-٥- أهمية البحث

تتمثل أهمية البحث في :

- دعم الجانب المعرفي لطلاب وممارسي التصميم الصناعي والتصميم التفاعلي وتزويدهم بالمعرفة اللازمة لتحسين وتطوير النواحي الوظيفية لمخرجاتهم التصميمية.
- دعم المؤسسات الصناعية وتزويدهم بمصممين ذوي معرفة تكنولوجية أعلى وهو ما يسهم بشكل مباشر في تطوير النواحي الوظيفية لمنتجاتهم وإكسابها ميزة تنافسية أعلى.
- دعم التنافسية بين المنتجات وذلك لما بها من خصائص جديدة تدعم النواحي الوظيفية والإستخدامية لها.
- الإسهام في تسهيل حياة المستهلكين من خلال توفير جيل جديد من المنتجات الذكية ذات الخصائص الوظيفية والتكنولوجية الجديدة والمميزة والتي تلبي تطلعاتهم، بل قد تتفوق عليها.

١-٦- فرض البحث

إذا أمكن التعرف على ماهية المنتجات الذكية وإدراك أهم الخصائص الوظيفية والنواحي التكنولوجية لها ،وإدراك ماهية الحوسبة المادية والملامح العامة لها، فمن الممكن وضع إطار عام للإستفادة من الحوسبة المادية في تعليم وممارسة التصميم الصناعي في ظل المستجدات التكنولوجية الخاصة بتصميم المنتجات الذكية.

١-٧- منهجية البحث

ينتهج البحث المنهج الإستنباطي لاستخلاص إطار العام للإستفادة من الحوسبة المادية في دعم تصميم المنتجات الذكية.

ثانياً : الإطار النظري

٢-١- المنتجات الذكية

تعد المنتجات الذكية أحد مخرجات التصميم الرقمي [١٨] والتي ترتقي بالنواحي الوظيفية للمنتجات بشكل عام من حيث الأداء والتفاعل مع المستخدم، فهي توفر له إستجابة فريدة من حيث الفعل، فلتلك المنتجات العديد من الخصائص التي تجعل لها السبق والنصيب الأكبر من مجهودات التطوير والتحسين، ولعل أبرز سمة في سمات تلك المنتجات من ناحية التصميم هي إعتمادها على التصميم التشاركي بصفة رئيسية فخصائص الذكاء والتفاعل الخاصة بتلك المنتجات يجب أن تكون منسوجة ضمن عمليات التصميم والتطوير، [١١] وهو ما يستوجب توفير مساحات تداخل مشتركة بين التخصصات المختلفة المشاركة في عمليات التصميم والتطوير وذلك لتسهيل التفاهم والتعاون بين تلك التخصصات، وتعد الحوسبة المادية أحد الوسائل التي تمكن المصمم من إيجاد مساحة تفاهم مشتركة مع غيره من التخصصات التقنية، وفي هذا الجزء يلقي البحث الضوء على المنتجات الذكية بإعتبارها أحد الموضوعات المحفزة لتطوير الجوانب المعرفية لمصممي المنتجات.

٢-١-١- ماهية المنتجات الذكية

تتباين التعريفات حول ماهية المنتج الذكي، وذلك نتيجة تعدد التخصصات و وجهات النظر المرتبطة بتطبيقات المنتجات الذكية، لكن بشكل عام لا يوجد تعريف متفق عليه بشكل قاطع حول ماهية المنتج الذكي، أيضاً فإن مفهوم المنتج الذكي يرتبط بالعديد من المفاهيم الآخرى مثل مفهوم البيئات الذكية Smart environments والسياق الذكي، وبمراجعة الأدبيات المرتبطة بتعريف وخصائص المنتجات الذكية، نَخُلص إلى ما يلي:

يرى مولهاوسر Mühlhäuser وآخرون أن تعريف المنتج الذكي يجب أن يتم في سياقه المحيط، أي يجب تعريف ماهية البيئات الذكية أولاً قبل تعريف المنتج الذكي [١٠] ، فيذكر التعريف الخاص بكوك cook وأخرون بإن "البيئة الذكية هي عالم صغير حيث تعمل جميع أنواع الأجهزة الذكية بشكل مستمر لجعل حياة السكان أكثر راحة"، ولقد أعاد المؤلفون تعريف المصطلح على النحو التالي: " البيئة الذكية هي البيئة القادرة على اكتساب المعرفة وتطبيقها حول بيئتها والتكيف مع سكانها من أجل تحسين تجربتهم في تلك البيئة " [٤] ، وفي ضوء تعريف البيئات الذكية يعرف مولهاوسر المنتج الذكي على النحو التالي :"المنتج الذكي هو كيان (كائن ملموس أو برنامج أو خدمة) مصمم ومصنع يتضمن ألية التنظيم الذاتي والإندماج في مختلف البيئات الذكية خلال دورة حياته، مما يوفر تحسين البساطة والإنفتاح للمنتج من خلال تفاعل المنتج مع المستخدم p2u و تفاعل المنتج مع المنتجات الأخرى p2p عن طريق وعي المنتج بالسياق المحيط، الوصف الذاتي الدلالي له، الفعل الاستباقي، الواجهات الطبيعية للوسائط المتعددة الخاصة به وتخطيط الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي."

ومن هذا التعريف نجد نوعين من المعرفة النشطة واللذين يرتبطان بنوعين من التفاعل وهما:

- تفاعل المنتج مع المستخدم p2u حيث "يتحدث المنتج ويوجه ويقترح ويفهم"
- تفاعل المنتج مع المنتجات الآخرى p2p حيث يتم من خلاله "تحقيق التنظيم الذاتي"

ولذك فإن من المفيد التمييز بين ثلاث فئات من المعرفة الخاصة بالمنتج الذكي وهي:

- معرفة المنتج عن نفسه، أي ميزاته و وظائفه، وكيفية إستخدامه عليها، وتاريخ إستخدام المنتج ... إلخ.
- معرفة المنتج حول بيئاته المحتملة والفعلية، ولا سيما الاحتمالات المتصورة للتكيف والتعاون مع هذه البيئات ومكوناتها.
- معرفة المنتج حول مستخدميه، استنادًا إلى نماذج مستخدم تفصيلية تأخذ في الاعتبار ديناميكية تغيير معرفة المستخدم (التعلم / النسيان) وتميز الاختلاف المنعكس من فئات المستخدمين في دورة الحياة بالإضافة الإختلاف في خصائص مستخدم على حدة. [١٠]

ولقد حدد ماس وجانزين Maass and S. Janzen ثلاثة متطلبات أساسية للمنتجات الذكية وهي :

- (R1) التكيف مع السياقات الظرفية.
- (R2) التكيف مع الجهات الفاعلة التي تتفاعل مع المنتجات أو حزم المنتجات.
- (R3) التكيف مع قيود الأعمال الأساسية. [٩]

ولقد اصقل مولهاوسر هذه المتطلبات من خلال متطلبات التشغيل التالية :

- الموقع: التعرف على السياقات الظرفية والمجتمعية (R1).
- التخصيص: تفصيل المنتجات حسب احتياجات المشتري والمستهلك ويؤثر على (R2).
- القدرة على التكيف: تغيير سلوك المنتج وفقًا لاستجابات ومهام المشتري والمستهلك (R2).
- الفعل الاستباقي: توقع خطط المستخدم ونواياه (R2).
- الوعي التجاري: النظر في القيود التجارية والقانونية (R3).

- قدرة الشبكة: القدرة على الاتصال والترابط مع المنتجات الأخرى (R3). [١٠]

ولقد قام اتحاد المنتجات الذكية Smart Products Consortium بتحسين التعريف الذي قدمه مولهاوسر Mühlhäuser ، مع تقديم التعريف التالي: "المنتج الذكي هو كائن مستقل مصمم للإندماج و التنظيم الذاتي في البيئات المختلفة خلال دورة حياته وهو ما يسمح له بالتفاعل الطبيعي بين المنتج والإنسان، فالمنتجات الذكية قادرة على الاقتراب من المستخدم بشكل استباقي pro-active باستخدام قدرات الاستشعار والإدخال والإخراج للبيئة، وبالتالي فهي ذاتية، وظرفية، وتدرك السياق، ويمكنها مشاركة المعرفة والوظائف ذات الصلة وتوزيعها بين العديد من المنتجات الذكية والتي تظهر بمرور الوقت".[٢٠]

ولقد قارن سابو Sabou و وآخرون الميزات المختلفة التي اقترحها كلا من جانزين وماس ،مولهاوسر وإتحاد المنتجات الذكية ،و وجدوا أن المنتج الذكي يجب أن يمتاز بالوعي بالسياق المحيط، والنشاط المؤيد، والتنظيم الذاتي، وأضاف جواتريز Gutierrez إلى تلك الخصائص دعم دورة الحياة، و قدرة المنتج على التكييف، [٧] كما وجد زيا Zaeh وآخرون أن صفة الذكاء يمكن منحها للمنتجات والأنظمة التي لها الخصائص التالية:

- "المراقبة المستمرة لحالتهم وبيئتهم."
- "التفاعل والتكيف مع البيئة و ظروف التشغيل."
- "الحفاظ على الأداء الأمثل في الظروف المتغيرة، وفي الحالات الاستثنائية. "
- "التواصل بنشاط مع المستخدم أو البيئة أو المنتجات والأنظمة الأخرى. " [٢٤]

٢-١-٢- التكنولوجيا والمنتجات الذكية

المنتجات الذكية هي كائنات أو أجهزة أو خدمات برمجية في العالم الحقيقي تجمعها المعرفة عن نفسها والآخرين وتتضمن معاً، ولقد قام مولهاوسر بفصل هذه المعرفة بثلاث طبقات وفقًا لمستوى التجريد الذي تتناوله وذلك لدمج البائعين المختلفين الذين يقدمون التكنولوجيا الخاصة بهم، فمثل هذا السيناريو له أهمية بالغة، وبشكل خاص على مستوى الجهاز حيث يجب الاحتفاظ بالتغييرات في الأنظمة المضمنة إلى الحد الأدنى للحفاظ على تكلفتها قابلة للتطبيق، كما يسمح اعتماد هذا النهج بزيادة وظائف الأجهزة وقدرات تكيف المستخدم مع الحد الأدنى من متطلبات البنية التحتية المضمنة، فقد تتضمن ملحقات المنتج الذكي أجهزة أو برامج خارجية أو كليهما، وتتمثل طبقات المعرفة للمنتج الذكي على النحو التالي:

- الطبقة الأولى هي طبقة جهاز المنتج الذكي Smart product Device وتوجد في الأنظمة المضمنة، فهذا هو المكان الذي يكمن فيه برنامج التشغيل أو البرامج الثابتة firmware في وقت التشغيل، حيث تعمل طاقة المعالجة المتوفرة في هذا المستوى على تشغيل المشغلات وأجهزة الاستشعار و I / O و واجهة المستخدم (عادةً شاشات LCD ومصابيح LED والأزرار)، وتحدد المعرفة المضمنة في هذه الطبقة مجموعة من الأحداث والحالات الصالحة ومجموعة من إجراءات حالة الحدث (ECA) كما تشمل القواعد التي تحكم الانتقالات بين الحالات المختلفة، كما تحدد هذه القواعد وظائف الجهاز، وتنفذ السلوك الذكي الحالي، وتضمن ظروف التشغيل المطلوبة للحفاظ على سلامة الأجهزة والتشغيل الآمن.
- الطبقة الثانية هي طبقة المنتج الذكي Smart Product ، وتتكون من أربعة أجزاء رئيسية، هي وحدة التحكم والجسم المادي للجهاز، وعناصر الدمج أو التضمين مع السياق و نموذج المستخدم.
- الطبقة الثالثة وتشمل الخدمات الأخرى الموسعة والتي تمكن المستخدم من زيادة وظائف المنتج الذكي على سبيل المثال من خلال الاشتراك في الشركة المصنعة للمنتج الذكي أو أي طرف ثالث من مزودي الخدمات. [١]

ومما تقدم يتضح أن معرفة المنتج الذكي ترتبط بثلاث طبقات، حيث تعتبر الطبقة الأولى فقط مدمجة ضمن بنية الجهاز وهي تضمن الحد الأدني من الوظيفية والإستخدامية للجهاز بينما ترتبط الطبقتان الثانية والثالثة بالبنية التحتية للسياق الإستخدامي للمنتج وهما يعملان على دفع الحدود الوظيفية للمنتج الذكي.

وبالنظر إلى طبيعة المنتجات الذكية و بنيتها التكنولوجية نجد أن هناك العديد من التكنولوجيات الممكنة للمنتجات الذكية والتي تتضمن أجهزة الاستشعار وشرائح الكمبيوتراللاسلكية والتقنية الدلالية، حيث يمكن للمنتجات الذكية استخدام الكثير من التقنيات المختلفة مجتمعة معاً، كما تشمل تقنيات الاستشعار الأكثر شيوعًا في تطبيقات المنتجات الذكية ما يلي :

- تقنيات الاستشعار العالمية: على سبيل المثال التقنيات المعتمدة على الأقمار الصناعية مثل GPS
- تقنيات الاستشعار البصري المحلية: على سبيل المثال: الرموز الشريطية barcode، رموز -QR code والاستشعار المستند إلى الفيديو.
- تقنيات الاستشعار قصير المدى: على سبيل المثال RFID .
- تقنيات الاتصالات اللاسلكية: على سبيل المثال WLAN .و Bluetooth Zigbee و .NFC
- تمثيلات السياق الغني: بيانات السياق .
- التقنيات الدلالية: استخدام على أجهزة الحاسوب لفهم المعنى والسياق وراء جميع البيانات. (٩)

٢-١-٣- التصميم الصناعي والمنتجات الذكية

يرى كثير من الباحثين في مجال المنتجات الذكية أن تصميم المنتج الذي يجب أن يكون منسوجاً ضمن عمليات تصميم المنتج بشكل أساسي فالأمر لا يقتصر على إضافة بعض التكنولوجيات الخاصة بالإستشعار والإتصال إلى المنتج بل إن فلسفة المنتجات الذكية يجب أن تكون متغلغلة داخل عقل وفكر المصمم أثناء مراحل التصميم المختلفة، وبشكل عام يمكن أن يساهم المصمم الصناعي بدور أساسي في البحوث و التطوير الخاصة بالمنتجات الذكية، في ضوء الموضوعات التالية :

- المستخدم كمركز لعمليات لتصميم User Centered Design
- خبرة المستخدم User Experience
- تفاعل المنتج مع المستخدم P2U
- بعض المجالات الآخرى مثل تصيمم الخدمة، التصميم المستدام، تصميم المنتج، التصميم الإستراتيجي.

وإضافة إلى إسهامات المصمم الصناعي في عمليات البحث والتطوير الخاصة بالمنتجات الذكية فإنه يمكنه الإستفادة من المعرفة المتدفقة عكسياً من تلك المنتجات عن المستخدمين وظروف التشغيل والإستخدام الفعلي لها على النحو التالي:

- تحسين جودة وكثافة البيانات الأولية اللازمة لبدء عمليات التصميم
- تسهيل تفاعل المستخدم مع المنتج
- تعزيز القيمة العاطفية للمنتجات
- تصميم و تطوير منتجات لتسير وتسهيل حياة المستهلكين. (١١)

٢-٢- الحوسبة المادية

الحوسبة المادية Physical Computing هي تخصص تم تطويره من التصميم التفاعلي حيث يستفيد الفنانون والمصممون من التكنولوجيا لإنشاء قطع فنية وأعمال تجهيز فراغي يمكنها التفاعل مع الجمهور، فهي تعمل على ربط العالم الافتراضي والواقعي، وتساعد في إنشاء واجهات بديهية جديدة بين الكائنات التفاعلية والبشر، وخلال العقد الماضي أصبحت الحوسبة المادية شائعةً بشكل متزايد بين الصانعين والهواة، مدفوعة بحقيقة أن المزيد والمزيد من الأجهزة وبيئات البرمجة الرخيصة وسهلة الاستخدام أصبحت متاحة للجميع مثل منصة أردوينو Arduino ، وتتميز الحوسبة المادية بالنماذج الأولية باستخدام الوسائط التكنولوجية وخاصة الإلكترونيات، حيث تعد بتطوير البرامج والأجهزة الموجودة وتحسينها بطريقة تجريبية مدفوعة بالفضول والخيال والإبداع جزءًا من طبيعة عمليات الحوسبة المادية أنها مدفوعة بالأفكار. (٢)

وتتضمن الحوسبة المادية الفنون الإبداعية وعمليات التصميم وتجمع بين المكونات المادية والبرمجيات، وتشتمل الأنظمة الناتجة من الحوسبة المادية على: محولات الطاقة Transducers من أجهزة الاستشعار مثل مستشعرات الصوت أو الضوء أو درجة الحرارة والمشغلات مثل مصابيح LED أو الماكينات أو مكبرات الصوت- وذلك لتحقيق التفاعل المستمر مع بيئتها الخارجية، أما أدوات النمذجة المستخدمة في الحوسبة المادية فتشمل المتحكمات الدقيقة وأجهزة الحاسوب الصغيرة، حيث يتم برمجة الكائنات التفاعلية الناتجة، والوسائط المادية، والتي يمكن أن تكون جزءًا من شبكات الهياكل التفاعلية (١٥) فمشاريع الحوسبة المادية ذات طبيعة تكرارية وتنتج بسرعة نماذج أولية يمكنها العمل والتفاعل مع جمهور المستخدمين. (١٦)

٢-٢-١- مفهوم الحوسبة المادية

تسمح الحوسبة المادية بتصميم وإدراك الكائنات والتركيبات التفاعلية، و تساعد المهتمين بالنماذج التفاعلية من طلاب وهواة على تطوير منتجات ملموسة وتفاعلية مع العالم الحقيقي، حيث تنشأ تلك الأفكار من خيال المتعلمين،(١٥) إن هذا الوصف يسلط الضوء على العديد من النقاط المهمة التي تستحق المناقشة حولها.

فالحوسبة المادية هي عملية إنشاء محادثة بين العالم المادي والعالم الافتراضي للحاسوب، فهي عبارة عن عملية تحويل شكل من أشكال الطاقة إلى شكل آخر، وتتمثل مهمة المصمم بها في العثور على محولات الطاقة transducers وتعلم كيفية استخدامها في التحويل بين الطاقة المادية المناسبة للمشروع والطاقة الكهربائية التي يستخدمها الحاسوب، ويترتبط مفهوم الحوسبة الفزيائية بعدد من المفاهيم الرئيسية والتي تتضمن :

مفهوم التفاعل interaction: وينقسم إلى ثلاث أقسام هي: الإدخال والإخراج والمعالجة، و"التفاعلي" هو مصطلح غامض، وغالبًا ما يساء استخدامه، ويرى المؤلف ومبرمج الألعاب كريس كروفورد أن لديه تعريف رائع للتفاعل وهو "عملية تكرارية للاستماع والتفكير والتحدث بين ممثلين أو أكثر." وبناء على هذا التعريف فيمكن تقسيم معظم مشاريع الحوسبة المادية بل معظم تطبيقات الحاسوب بشكل عام إلى هذه الأقسام الثلاث نفسها: الاستماع والتفكير والتحدث-أو من وجة نظر الحوسبة إلى: المدخلات والمعالجة والمخرجات.

مفهوم التحويل transduction: أو تحويل شكل من أشكال الطاقة إلى شكل آخر، فالميكروفون هو محول طاقة كلاسيكي لأنه يغير موجات ضغط الصوت في الهواء إلى جهد كهربائي متغير، حيث يقوم المتحدثون بتحويل نفس الطاقة في الاتجاه المعاكس، محولات الطاقة هي عيون وآذان وأيدي وأرجل وفم أي نظام حوسبة مادية ، ويتمثل جزء كبير من تحدي الحوسبة المادية في تحويل أشكال مختلفة من الطاقة، مثل الضوء أو الحرارة أو الضغط، إلى طاقة إلكترونية يستطيع الحاسوب فهمها، ففي بعض الأحيان يكون من السهل العثور على محول الطاقة المناسب للوظيفة؛ وفي أوقات أخرى يتم توجيه التفاعل

ليتناسب مع محول الطاقة المتاح استخدامه، وتشمل محولات الطاقة كلاً من: محولات الإدخال (أجهزة الاستشعار)، مثل المفاتيح والمقاومات المتغيرة، محولات الحرارة والضوء والحركة والصوت إلى طاقة كهربائية، كما تشمل محولات الطاقة (المشغلات)، مثل المحركات والصفارات، و التي تعمل على تحويل الطاقة الكهربائية إلى أشكال مختلفة من الطاقة التي يمكن أن يشعر بها الجسم.

مفهومي الرقمي digital والتناظري Analog: بشكل عام يستخدم مفهوم الرقمي للتعبير عن التغير ضمن حالة من أثنين فقط، أما التعبير عن التغير على طول نطاق مستمر من الحالات المحتملة فإنه يستخدم مفهوم التناظري، وبشكل عام يعد الإدخال والإخراج الرقمي (I/O) أسهل من الإدخال/الإخراج التناظري لأن أجهزة الحاسوب تستخدم نظامًا ثنائي الحالة، لكن الإدخال/الإخراج التمثيلي يمكن أن يكون أكثر إثارة للاهتمام، فعلى سبيل المثال، قد يعمل الإخراج الرقمي إما لتشغيل الضوء أو إيقاف تشغيله؛ بينما قد تكون هناك حاجة لإخراج تناظري لتحديد ما إذا كان الضوء أكثر إشراقًا أو باهتة.

مفهومي المتوازي parallel والمتسلسل Serial: يشار إلى الأحداث التي تحدث واحدًا تلو الآخر على أنها أحداث متسلسلة، إما حدوث عدة أحداث في نفس الوقت فإنها يشار إليها على أنها أحداث متوازية، وتستخدم هذه المصطلحات بالمعنى الواسع للحديث عن كيفية تنظيم الأحداث في الوقت المناسب، كما تستخدم للإشارة إلى العديد من الجوانب الفنية الخاصة بالحوسبة المادية مثل توصيل عدة مخرجات أو مدخلات بشكل متوازي أو متسلسل، فالطاقة الكهربائية يمكن أن تتدفق عبر المكونات بشكل متسلسل (واحدًا تلو الآخر) أو بالتوازي (من خلال عدة مكونات في نفس الوقت)، كما يمكن لأجهزة الحاسوب أن تتبادل البيانات بشكل تسلسلي أو بالتوازي أيضًا. [١٦]

٢-٢-٢- الحوسبة المادية لطلاب الفن والتصميم

تشير الحوسبة المادية إلى تفاعل البشر مع الحاسوب أو إنشاء واجهات المستخدم المادية physical user interfaces، ولقد شارك العديد من الأشخاص والمؤسسات في إثراء هذه الحركة، حيث يتشاركون أساسًا مشتركًا ولكن يختلفون في أهدافهم ونهجهم وتطبيقاتهم، ولقد اقُترحت مناهج مختلفة في صميم مدارس التصميم والفنون المختلفة لإنشاء الحوسبة المادية كشيء يمكن تدريسه وتعلمه، حيث تعمل مثل هذه البرامج على تزويد طلاب الفن والتصميم بالقدرات والمهارات اللازمة للرد على التحدي المتمثل في انتشار التكنولوجيا بشكل متزايد في المجتمع، حيث تلعب الحوسبة المادية دورًا مهمًا في تطوير الفن والتصميم المعاصر من حيث صلتها بسياقات الوسائط الإلكترونية، وهناك العديد من برامج تعليم الفن والتصميم التي تشتمل على دورات لتعليم الحوسبة المادية ضمن مناهج التصميم الخاصة بها، [٣] وتشمل تلك البرامج: برنامج الاتصالات التفاعلية (ITP) في جامعة نيويورك (NYU) وتركز تلك الدورة على تصميم وجهات تفاعلية لجسم المستخدم ككل وليس اقتصار التفاعل على اللمس والرؤية فقط [٢٢] ، وبرنامج التصميم المرتبط بالحاسوب في الكلية الملكية للفنون (RCA)في لندن، ومعمل الوسائط بمعهد ماستشوستس للتكنولوجيا MIT Media Lab ، والمعهد التفاعلي السويدي KTH ، ومعهد التصميم التفاعلي بايفريا IVREA ، [١٦] وكلية بارسونز للتصميم، وبرنامج التفاعل بين الإنسان والحاسوب في جامعة ستانفورد، وكلية الفنون البصرية (SVA) بجامعة واشنطن، ومعهد كوبنهاجن للتصميم التفاعلي CIID بالدنمارك [٢٣] ، وبرنامج التصميم الصناعي بجامعة البوليتيكنيك في ميلانو [١٩] ، وهناك العديد من مدارس التصميم حول العالم والتي تضم العديد من دورات تعليم الحوسبة الفزيائية لطلاب الفن والتصميم، وتختلف تلك الدورات الخاصة بتلك المدارس عن بعضها البعض من حيث الأعمال المنتجة والمشاركين فيها، وتتفق في جوهر الموضوعات التعليمية الخاصة بها والتي تعد أساس مشترك لمعظمها، فتلك الدورات تقدم للطلاب نظرة عامة على الموضوعات التالية: أساسيات الإلكترونيات، وتصميم الدوائر، والنماذج الأولية، وتقنيات الاستشعار، والمتحكمات الدقيقة، والمصنوعات اليدوية التي يتحكم فيها الحاسوب،

والمشغلات، والمشاريع المتصلة بالشبكة، وتقنيات تتبع وتحليل الفيديو، والجوانب التقنية في أعمال التجهيز الفراغي، والتواجد عن بعد واختراق الأجهزة الإلكترونية وبناء الروبوتات، وأساسيات البرمجة للتحكم، كما تتضمن العديد من الموضوعات الآخرى، إن تعليم وتعلم الحوسبة المادية ليست مهمة سهلة حيث يجب تطوير مناهج التدريس المناسبة لدمج العديد من الأنشطة مثل أنشطة مثل برمجة الحاسوب، والإلكترونيات الأساسية، ودعم أدوات البرمجيات والأجهزة مع السياق التعليمي للمؤسسة، ونظرًا لأن معظم الطلاب في هذه الدورات يأتون من التخصصات المتعلقة بالفنون والتصميم والعلوم الإنسانية، ولذا فيجب أن تستهدف الفصول الدراسية الأشخاص الذين ليس لديهم مهارات تقنية أو هندسية سابقة. (٣)

ثالثاً : إستنباط إطار عام للإستفادة من الحوسبة المادية في دعم تصميم المنتجات الذكية

قبل الشروع في مناقشة كيفية الإستفادة من الحوسبة المادية في دعم تصميم المنتجات الذكية، يجب أولاً تحديد المساحة المشتركة بين تصميم المنتجات الذكية والحوسبة المادية، ولتحقيق ذلك يجب إستكشاف ما يمكن أن نسميه بطبقات أو مستويات تصميم المنتجات الذكية ومن ثم تحديد المستوى الذي يسمح بالإستفاده من المعارف والمهارات المكتسبة من خلال الحوسبة المادية في بناء المنتجات الذكية، وفيما يلي يناقش البحث تلك المستويات.

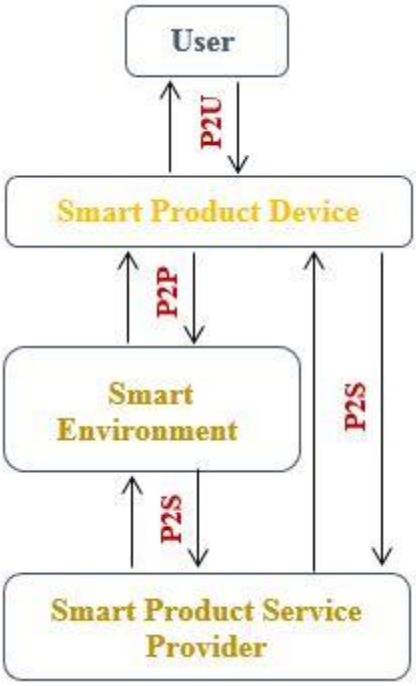
٣-١- مستويات تصميم المنتجات الذكية

إن الطبيعة المركبة لوظائف المنتجات الذكية هي ما تفرض تعددية طبقات التصميم الخاصة بتلك المنتجات، فوظائف المنتج الذكي من وجه نظر التفاعل يمكن تصنيفها إلى وظائف خاصة بتفاعل المنتج مع المستخدم P2U ، ووظائف خاصة بتفاعل المنتج مع المنتج P2P، والتي أشار أليهما مولهاوسر حيث يتضمن تفاعل المنتج مع المنتج نوعين من التفاعل هما تفاعل المنتج الذكي مع منتج آخر داخل البيئة الذكية، وتفاعل المنتج مع مزود الخدمة أو المصنع ولقد أشر إليها مولهاوسر بإنها غير أساسية أو ملزمة في كثير من الآحيان، وللتفريق بين هاذين النوعين من التفاعل بين المنتجات فإن البحث يقترح تخصيص تسمية آخرى لهذا الآخير بتسميته بتفاعل المنتج مع مزود الخدمة P2S، وبأخد الطبيعة المركبة في النواحي الوظيفية للمنتج الذكي، وفي ضوء تعددية جوانب التفاعل وتبادل المعلومات الخاصة به، فمن الممكن تقسيم مستويات التصميم الخاصة بالمنتج الذكي إلى ثلاث مستويات على النحو التالي:

- المستوى الأول : وهو تصميم جهاز المنتج الذكي، ويضم واجه التفاعل المباشر مع المستخدم، ويعمل هذا المستوى على تحقيق الوظيفة الرئيسية للمنتج مع تدخل المستخدم في إعدادات الضبط والتشغيل، ويرتبط هذا المستوى بأنواع التفاعل الثلاث المشار إليهما سلفاً، حيث يتفاعل المنتج مع المستخدم بصورة مباشرة، كما يتفاعل مع المنتجات الأخرى الموجودة في البيئة الذكية، بالإضافة إلى إمكانية تفاعله مع مزود الخدمة بصورة مباشرة.
- المستوى الثاني : وهو تصميم بيئة المنتج الذكي، أو تصميم البيئة الذكية التي توفر التفاعل بين المنتجات الذكية الموجودة بها، وتعمل على تحسين الإستجابات الخاصة بها وتقليل تدخل المستخدم نظراً لإدراك وفهم السلوك والنمط الإستخدامي له وإعادة تهيئة المنتجات الذكية الموجودة بها لتلائم هذا النمط الإستخدامي بأفضل صورة ممكنه، وهو ما يتطلب وجود نوع من الذكاء الإصطناعي لفهم الأنماط وتعلم سلوك المستخدم وتحسين النواحي الوظيفية للمنتجات المختلفة، ويتربط هذا المستوى بنوعي من التفاعل وهما تفاعل المنتج مع المنتج P2P وتفاعل المنتج مع مزود الخدمة P2S.
- المستوى الثالث: وهو تصميم خدمة المنتج الذكي، ويضم هذا المستوى جميع الخدمات المرتبطة بالمنتج الذكي والتي يمكن للمصنع أو مزودي الخدمات تقديمها، وتشمل خدمات الصيانة، تحديث المنتج، التزويد بمواد وأدوات التشغيل، التشغيل والمراقبة عن بعد، ويهدف هذا المستوى لنقل أعباء تشغيل وصيانة وتحديث المنتج الذكي من المستخدم إلى مزودي الخدمة،

وهو ما يساعد بوجه عام في الإرتقاء بالنواحي الإستخدامية والوظيفية للمنتجات الذكية، ويلاحظ هنا أن هذا المستوى غير إلزامي عند تصميم المنتج الذكي ويمكن فقط أخذه في الحسبان لتحقيقه في مستوى لاحق، وبشكل عام فإن هذا المستوى يرتبط بنوع واحد من التفاعل وهو تفاعل المنتج مع مزود الخدمة P2S.

ولتلخيص الصورة العامة لمستويات تصميم المنتج الذكي يمكن الإعتماد على الرسم التوضيحي الموجود بشكل (١)، ويلاحظ من هذا الرسم أن أنواع التفاعل الخاصة بالمنتج الذكي تعكس تدفق المعلومات بين مستويات التصميم الخاصة به، أما الجدول (١) فيوضح العلاقة بين مستويات تصميم المنتج الذكي و وظائف كل مستوى، وأنواع التفاعل وتدفق المعلومات والعناصر اللازمة لتحقيق هذا التدفق، ومجالات الحوسبة المرتبطة بتلك المستويات.



شكل (١) مستويات تصميم المنتج الذكي والتفاعلات المرتبطة بها.

جدول (١) مستويات تصميم المنتج الذكي والعوامل المرتبطة بها

مستوي التصميم	الوظائف	أنواع التفاعل	تدفق المعلومات	المتطلبات المادية	مجالات الحوسبة
جهاز المنتج الذكي SPD	توفير واجهة تفاعلية للمستخدم تحقق الوظيفة الرئيسية للمنتج	تفاعل منتج مع مستخدم P2U	من المستخدم إلى المنتج	وحدة تحكم وتشغيل – وحدات إدخال مثل المستشعرات، مفاتيح التشغيل لوحات المفاتيح	الحوسبة المادية
			من المنتج إلى المستخدم	وحدة تحكم وتشغيل – وحدات إخراج مثل وسائط العرض والمشغلات.	

		تفاعل منتج مع منتج P2P	بالتبادل مع المنتجات الأخري في البيئة الذكية	وحدة تحكم وتشغيل -وسائط إتصال مثل البلوتوث ، WIFI	الحوسبة المادية
		تفاعل منتج مع مزود خدمة P2S	بالتبادل مع مزود الخدمة	وحدة تحكم وتشغيل – وسائط إتصال مثل إيثرنت أو WIFI	الحوسبة المادية انترنت الأشياء
بيئة المنتج الذكي SE	تحليل المعلومات حول سلوك المستخدم وتطوير لتحسين الإستجابات الوظيفية للمنتجات	تفاعل منتج مع منتج P2P	تبادل المعلومات مع المنتجات الذكية داخل بيئة الإستخدام	معالج قوى مزود ببرمجيات قادرة على تحليل الأنماط والتعامل مع حجم أكبر من البيانات -وسائط إتصال مثل البلوتوث ، WIFI	انترنت الأشياء الحوسبة الشاملة تعلم الآلة التعلم العميق الذكاء الإصطناعي
		تفاعل منتج مع مزود خدمة P2S	بالتبادل مع مزود الخدمة	معالج قوى – وسائط إتصال مثل إيثرنت أو WIFI	
خدمة المنتج الذكي SPS	تحسين النواحي الوظيفية للمنتج من خلال نقل أعباء تشغيل وصيانة وتحديث المنتج الذكي من المستخدم إلى مزودي الخدمة	تفاعل منتج مع مزود خدمة P2S	تبادل المعلومات بين المنتج الذكي ومزود الخدمة	خوادم للتعامل مع البيانات - وسائط إتصال مثل إيثرنت أو WIFI	الحوسبة السحابية
			تبادل المعلومات بين البيئة الذكية ومزود الخدمة		

من التحليل الوارد في الجدول الستبق يبين أن المشاركة الأكبر للحوسبة المادية كمجال معرفي في تصميم وتطوير المنتجات الذكية تقع في المستوى الأول من مستويات تصميم تلك المنتجات و المتمثل في تصميم جهاز المنتج الذكي، وفيما يلي يناقش البحث كيفية الإستفادة من الحوسبة المادية في دعم تصميم المنتجات الذكية.

٣-٢- الإستفادة من الحوسبة المادية في دعم تصميم المنتجات الذكية

إن التحليل السابق لمستويات تصميم المنتج الذكي والعوامل المرتبطة به، يعكس مساحة التداخل بين تصميم المنتج الذكي كمجال تطبيقي والحوسبة المادية كمجال معرفي، وهو ما يسهم في تشكيل نواة للإستفادة من الحوسبة المادية في دعم تعليم وممارسة تصميم المنتجات الذكية، ولهذا الدعم جانبين هما:

- الجانب الأول وهو دعم تعليم التصميم للمنتجات الذكية بالإستفادة من الحوسبة المادية، فالحوسبة المادية بشكل عام تتضمن العديد من المفاهيم التكنولوجية المرتبطة بالإلكترونيات والبرمجيات والإتصالات والحوسبة والتفاعلية وغيرهم من المفاهيم

التقنية الأخري في صورة تطبيقية وهو ما يتيح للمتعلم إكتساب المعرفة الخاصة بتلك المجالات بطريقة بنائية، [١٣] [١٤] [١٧] ويقترح البحث إعتماد منهجية لتعليم الحوسبة المادية لطلاب التصميم وذلك لدعم الجانب التقني لمصممي المنتجات الذكية.

- الجانب الثاني وهو دعم الأنشطة المرتبطة بتصميم الواجهات التفاعلية للمنتجات الذكية، فالحوسبة المادية تزود المصمم بالأدوات والمعارف اللازمة لبناء الواجهة التفاعلية لجهاز المنتج الذكي [٢] ، وبإعتماد التفكير التصميمي كمنهجية عامة للتصميم والتي تتضمن بناء النماذج كأحد انشطة التصميم الرئيسية [٦] فمن الممكن الإستفادة من المعارف والمهارات الخاصة بالحوسبة المادية في بناء النماذج الأولية للواجهات التفاعلية الخاصة بأجهزة المنتجات الذكية.

رابعاً : نتائج وتوصيات البحث

توصل البحث إلى مجموعة من النتائج والتوصيات يمكن إيجازها على النحو التالي :

٤-١- النتائج

توصل البحث إلى النتائج التالية :

النتائج

- من الممكن تقسيم مستويات التصميم الخاصة بالمنتج الذكي إلى ثلاث مستويات على النحو التالي: وهو تصميم جهاز المنتج الذكي، ويضم واجه التفاعل المباشر مع المستخدم، وتصميم بيئة المنتج الذكي، والتي توفر التفاعل بين المنتجات الذكية الموجودة بها، وتصميم خدمة المنتج الذكي، ويضم جميع الخدمات المرتبطة بالمنتج الذكي.
- ترتبط مستويات تصميم المنتجات الذكية بالعديد من العوامل الأخرى والتي تشمل: الوظائف، أنواع التفاعل، تدفق المعلومات، المتطلبات المادية، ومجالات الحوسبة.
- هناك العديد من مجالات الحوسبة المرتبطة بتصميم المنتجات الذكية والتي تشمل: الحوسبة المادية، إنترنت الأشياء، الحوسبة الشاملة، الحوسبة السحابية، تعلم الآلة، الذكاء الإصطناعي والتعلم العميق.
- الحوسبة المادية تدعم المستوى الأول من مستويات تصميم المنتج الذكي، حيث أنها تسهم بصفة رئيسية في بناء الواجهات التفاعلية لجهاز المنتج الذكي.
- ثبوت فرض البحث حيث أمكن تحديد إطار عام للإستفادة من الحوسبة المادية في دعم تصميم المنتج الذكي، حيث توصل البحث إلى إمكانية الإستفادة من الحوسبة المادية في تصميم الواجهة التفاعلية الخاصة بجهاز المنتج الذكي، وهو ما يعني دعم الحوسبة المادية لتعليم وممارسات التصميم المرتبطة بالمنتجات الذكية.
- من الممكن الإستفادة من الحوسبة المادية في دعم تعليم التصميم للمنتجات الذكية، فالحوسبة المادية تشمل العديد من الموضوعات التقنية التي يتم تدريسها في صورة تطبيقية وهو ما يسمح بالتعلم البنائي وإكتساب المعرفة بطريقة تجريبية.
- من الممكن الإستفادة من الحوسبة المادية في بناء النماذج الأولية للواجهات التفاعلية الخاصة بأجهزة المنتجات الذكية.

٤-٢- التوصيات

يوصي البحث بما يلي :

- ضرورة دمج فصول الحوسبة المادية ضمن المقررات العملية لتعليم التصميم بصورة عام وذلك لتطوير الجوانب التقنية لطلاب الفن والتصميم، ومنحهم الأدوات و الوسائل المساعدة على الإبداع في ظل إنتشار أدوات دمج التكنولوجيا في المنتجات المختلفة.

- ضرورة تبني إحداى مناهج تعليم الحوسبة المادية والإستفادة منها في تدريس الموضوعات التقنية المرتبطة بتصميم المنتجات الذكية.
- ضرورة إعداد دورات تدريبية لتعليم الحوسبة المادية في صورة بنائية لمصممي المنتجات، وذلك لتحسين النواحي التقنية لمخرجاتهم التصميمية.

المراجع

1. Aitenbichler, Erwin. Lyardet, Fernando. Austaller, Gerhard. Kangasharju, Jussi. Mühlhäuser, Max. "Engineering intuitive and self-explanatory smart products." Proceedings of 22nd Annual ACM Symposium. Applied Computing. ACM Press, New York (2007). pp. 1632–1637.
2. Banzi, Massimo. *Getting Started with Arduino*. O'Reilly Media, Inc. March 2009. ISBN: 9780596155513.
3. Barragn, Hernando. *Wiring: Prototyping Physical Interaction Design.* Interaction Design Institute. Ivrea. June 2004.
4. Cook, Diane. Das, Sajal Kumar. "Designing Smart Environments: A Paradigm Based on Learning and Prediction." Pattern Recognition and Machine Intelligence, Volume 3776, 2005, ISBN : 978-3-540-30506-4
5. Cook, Diane. Das, Sajal Kumar. *Smart Environments: Technology, Protocols, and Applications.* John Wiley & Sons, Inc. February 2005,ISBN: 978-0-471-68659-0
6. Dam, Rikke Friis. Teo, Yu Siang. (Dec. 2019). 'What Is Design Thinking and Why Is It So Popular?' Interaction Design Foundation, https://www.interaction-design.org/literature/article/what-is-design-thinking-and-why-is-it-so-popular Accessed: 9 Jun. 2020.
7. Gutiérrez, César. Garbajosa, Juan. Díaz, Jessica. Yague, Agustin. "Providing a Consensus Definition for the Term "Smart Product"." Proceedings of the 20th International Conference and Workshop on Engineering of Computer Based Systems (ECBS). 2013. 203-211.
8. Maass, Wolfgang and Janzen, Sabine. "Dynamic Product Interfaces : A Key Element for Ambient Shopping Environments." 20th Bled eConference "eMergence: Merging and Emerging Technologies, Processes, and Institutions", (4 June 2007). pp. 457-470.
9. Maass, Wolfgang & Varshney, Upkar. " Preface to the Focus Theme Section: 'Smart Products'." Electronic Markets. Published online: 28 Aug 2008. pp 211-215
10. Mühlhäuser, Max. " Smart Products: An Introduction." Constructing Ambient Intelligence, Volume 11, 2008, ISBN: 978-3-540-85378-7. pp. 158–164.
11. Mysen, Andreas Greftegreff. "Smart products An introduction for design students." Design hub. http://www.designhub.it/smartdesign/2017/09/23/smart-products-introduction-design-students_paper_01/. Accessed: 25 Feb. 2021
12. O'Sullivan, Dan. Igoe, Tom. *Physical Computing: Sensing and Controlling the Physical World with Computers.* Boston: Thomson Course Technology, 2004.
13. Papert, Seymour .*Mindstorms - Children, Computers, and Powerful Ideas*. Basic Books, Inc., New York. 1980
14. Papert, Seymour. Harel, Idit. *Situating Constructionism*. Ablex Publishing Corporation, Norwood. 1991.

15. Przybylla, Mareen. Romeike, Ralf. "Key Competences with Physical Computing." Proceedings of Key Competencies in Informatics and ICT 2014. Universitätsverlag Potsdam, Potsdam, pp 216–221.
16. Przybylla, Mareen. ROMEIKE, Ralf. "Physical Computing and its Scope – Towards a Constructionist Computer Science Curriculum with Physical Computing." Informatics in Education volume 13, ed 2 (October 2014). pp 241-254.
17. Resnick, Mitchel. "*Distributed Constructionism*.". Proceedings of the 1996 international conference on Learning sciences. International Society of the Learning Sciences. 1996. pp280–284.
18. Rogers, Jon & Hulbert, Tom. "DIGITAL PRODUCT DESIGN." INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING AND PRODUCT DESIGN EDUCATION, 13-14 SEPTEMBER 2007.
19. Romero, Maximiliano. Perego, Paolo. Costa, Fiammetta. Vignati, Giorgio. veronesi, davide. "TEACHING AND LEARNING PHYSICAL COMPUTING A EXPERIMENTAL METHOD FOR INDUSTRIAL DESIGN FACULTY." 4th International Conference on Education and New Learning Technologies, Barcelona, Spain 2-4 July, 2012**. pp** 2324 (abstract only).
20. Sabou, Marta. Kantorovitch, Julia. Nikolov, Andriy. Tokmakoff, Andrew. Zhou, Xiaoming & Motta, Enrico. "Position paper on realizing smart products: challenges for Semantic Web technologies." Proceedings of the International Workshop on Semantic Sensor Networks 2009. pp 135-147.
21. Shorey, Rajeev. Ananda, A. Chan, Mun Choon & Ooi, Wei Tsang. *Mobile, Wireless, and Sensor Networks : Technology, Applications, and Future Directions.* Wiley-IEEE Press. ISBN: 978-0-471-71816. 1 March 2006
22. Unknown. "ITP Physical Computing: What Is Physical Computing?". New york University. https://itp.nyu.edu/physcomp/. Accessed: 25 Feb. 2021.
23. Unknown. "Physical Computing projects". Copenhagen institute of interaction design. http://ciid.dk/education/portfolio/idp20/courses/physical-computing/. Accessed: 25 Feb. 2021.
24. Zaeh, Michael. Reinhart, Gunther. Ostgathe, Martin. Geiger, Florian. Lau, Christian. "A holistic approach for the cognitive control of production systems." Advanced Engineering Informatics. vol. 24, no. 3, pp. 300–307,Aug. 2010