استحداث نموذج إجرائي لتصميم منتجات التفاعل الملموس في ضوء أطر و أدوات واجهات المستخدم الملموسة

مصطفى محمود شحاته [١*]

١ مدرس، جامعة حلوان-كلية الفنون التطبيقية ، الجيزة، مصر.

Submit Date:2021-09-14 16:46:26 | **Revise Date:2022-04-07 02:39:35** | **Accept Date: 2022-04-12 04:12:01**

DOI: 10.21608/jdsaa.2022.96076.1127

ملخص البحث:-

يدور البحث حول دراسة أطر و أدوات واجهات المستخدم الملموسة TUIs وكيفية الإستفادة منها في إعداد نموذج عام لتصميم منتجات التفاعل الملوس، ولقد جاء البحث على النحو التالي: أولاً: مقدمة البحث وشملت موضوع البحث، ومشكلة البحث التي تتلخص في عدم وجود نموذج إجرائي شامل يعمل كدليل إسترشادي إثناء عمليات تصميم وبناء منتجات التفاعل الملموس، وهدف البحث وفرض البحث ومنهجية البحث،و أهميته. ثانياً: الدراسات السابقة وتضمنت مناقشة لمجموعة من أطر و أدوات واجهات المستخدم الملموسة TUIs و التي تنوعت في أهدافها الداعمة للنموذج المقترح حيث أن بعضها يدعم المستوي المفاهيمي للمصمم والبعض الآخر يدعم إجراءات تصميم تلك الواجهات. ثالثاً: النموذج المقترح، حيث قدم البحث نموذجاً إجرائياً لتصميم منتجات التفاعل الملموس في ضوء أنشطة تصميم التفاعل الرئيسية وإعتماداً على الأطر والأدوات التي تم مناقشتها في الجزء السابق من البحث، ولقد إعتمد هذا النموذج المقدم علي مجموعة من الإجراءات الفرعية لتحقيق كل نشاط من أنشطة التصميم الرئيسية، كما اختار البحث أنسب الطرق و الأطر و الأدوات اللازمة لتحقيق كل إجراء بشكل مستقل. رابعاً: النتائج و التوصيات، حيث تم مناقشة أهم النتائج و التوصيات التي توصل إليها البحث.

الكلمات المفتاحية:-

تصميم التفاعل – واجهات المستخدم الملموسة – منتجات التفاعل الملموس – أنشطة تصميم التفاعل – نموذج إجرائي

١- مقدمة البحث

١-١ - موضوع البحث

كيف يمكن للإنسان أن يتواصل مع الحاسوب؟ إن هذا السؤال هو محور مجال تفاعل الإنسان و الحاسوب HCI وفي سبيل الإجابة على هذا السؤال دارت الكثير من النقاشات حول كيفية تحقيق ذلك، وبشكل عام فإن هناك أتجاهين رئيسين لوصف وتحقيق هذا التفاعل: الإتجاه الأول وهو تحقيق التفاعل من خلال وسائط العرض المرئي وإعتماداً على أدوات الإدخال والتحكم السلبية مثل الفأرة ولوحة المفاتيح، وفي تلك الحالة تسمى واجهة التفاعل بواجهة المستخدم الرسومية ويعرف النموذج العام الذي يصف هذه الواجهات بنموذج MVC لوصف واجهة المستخدم الرسومية GUI، والإتجاه الثاني وهو تحقيق التفاعل و التواصل من خلال كافة الجسم ويستخدم لذلك وسائط فيزيائية تتلاشى فيها الفواصل بين وسائط التحكم و وسائط العرض وفي تلك الحالة تسمى واجهة التفاعل بواجهة المستخدم الملموسة Tangible User Interface ويعرف النموذج العام الذي يصف هذه الواجهات بنموذج MCRpd لوصف واجهة التفاعل الملموس TUI، (Ullmer & Ishii, ٢٠٠٠) وعلى الرغم من محدودية التفاعل في الوجهات الرسومية إلا أنها الأكثر إنتشاراً نظراً لقياسية عناصر بناؤها وسهولة السيطرة عليها، وفي المقابل فإن واجهات التفاعل الملموس تمتاز بالثراء التفاعلي، فإمكانات المستخدم الممكنة على الفعل باستخدام كافة الجسم وقابلية تجسيد تلك الإمكانات في صورة ردود أفعال أو إستجابات للواجهات الملموسة هو ما أعطى القدرة التفاعلية الكبيرة لتلك الواجهات (Kimura, ٢٠٠٧) ، وعلى الرغم من ذلك فإن إستغلال تلك الإمكانات الهائلة في الفعل لا يزال قيد التطوير، و لذا فإن قدرات الفعل للمستخدم هي الكنز الحقيقي لواجهات التفاعل الملموس، ومن الضروري الإستفادة من تلك القدرات في تعزيز النواحي التفاعلية لمخرجات التصميم بوجهه، وتتجسد الإستفادة من تلك القدرات في بناء منتجات التفاعل الملموس والتي تستند إلى تفاعل كافة الجسد مع المنتج وهو ما يسهم في تعزيز المعني لتلك المنتجات و زيادة إرتباط المستخدم بها. وعلى الرغم من كثرة الأوراق العلمية في مجال واجهات التفاعل الملموس، الا أن معظمها يعمل على تعزيز النواحي التصورية للمصمم، وقليل منها هو ما يسهم في بناء تلك المنتجات بشكل إجرائي، إلى جانب ذلك فإن تلك الأوراق تفتقر إلى وجود دليل إسترشادي لأطر و أدوات الواجهات الملموسة يمكن للمصمم أن يسترشد به في عمليات تصميم وبناء منتجات التفاعل الملموس، وبشكل يُسهل الوصول إلى الطرق والإجراءات والمفاهيم المرتبطة بكل نشاط من أنشطة تصميم

التفاعل، وفي ضوء هذا الإحتياج، فإن البحث يقدم نموذج إجرائي يعتمد على أنشطة تصميم التفاعل كهيكل عام أو مراحل عامة تتضمن بداخلها مجموعة من الإجراءات التي تسهم في بناء تلك المنتجات إعتماداً على أساليب و أدوات ومفاهيم واجهات التفاعل الملموس، وبشكل يسهل على المصمم اختيار الطريقة المناسبة لكل نشاط من أنشطة التصميم.

١-٢- مشكلة البحث

تتعدد أطر ونماذج وجهات المستخدم الملموسة، وتتعدد الموضوعات التي تناقشها فبعضها يناقش الجوانب المفاهيمية في بناء منتجات التفاعل الملموس والبعض الآخر ينقاش إجراءات بناء وجهات التفاعل الملموس، ومنها ما يركز على الجوانب التفاعلية ومنها ما يركز على الجوانب التقنية. وبالرغم من هذا التعدد في الأطر و النماذج الا أنه لا يوجد إطار إجرائي شامل يمكن الإعتماد عليه بشكل عام في بناء منتجات التفاعل الملموس، وهنا تتجلى مشكلة البحث في حاجة المصمم إلى وجود نموذج إجرائي شامل يعمل كدليل إسترشادي اثناء عمليات تصميم وبناء منتجات التفاعل الملموس ويساعد المصمم في إختيار انسب الطرق لإنجاز أنشطة التصميم اللازمة لبناء تلك المنتجات.

١-٣- الهدف من البحث

هو إعداد نموذج إجرائي عام لتصميم وتطوير منتجات التفاعل الملموس في ضوء أطر بناء التفاعل الملموس.

١-٤- منهجية البحث

ينتهج البحث المنهج الإستنباطي.

١-٥- فرض البحث

إذا أمكن إستكشاف أطر و نماذج تصميم واجهات التفاعل الملموس فمن الممكن الإستفادة منها في بناء نموذج إجرائي عام لتصميم منتجات التفاعل الملموس و يعتمد على أنشطة تصميم التفاعل كمراحل رئيسية لتحقيق ذلك.

١-٦ - أهمية البحث

ترجع أهمية البحث إلى حاجة مصممي التفاعل إلى وجود نموذج عام لتصميم منتجات التفاعل الملموس، ويعمل على توجيه أنشطة وعمليات التصميم لتلك المنتجات، ويسهم في إختيار أنسب الطرق والادوات والمفاهيم الداعمة لتحقيق أنشطة تصميم التفاعل.

٢- الدراسات السابقة

لوضع النموذج المستهدف من البحث فمن الضروري أولاً عمل دراسة مسحية إسترشادية لما تم إنجازه في مجال واجهات التفاعل الملموس، وفيما يلي يستعرض البحث تلك الدراسات.

٢-١- إطار الوصول إلى المعلومات الرقمية إستناداً إلى الرمز المميز

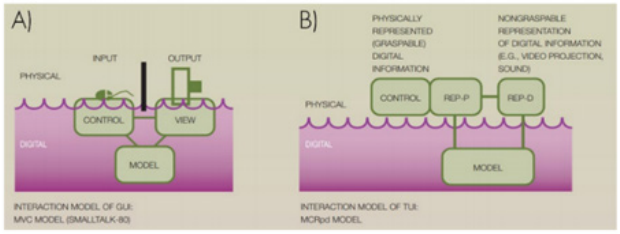
يقدم هولمكويست Holmquist وآخرون -في تلك الورقة- مفردات جديدة للتفاعل الملموس من خلال تجريد تجاربهم مع عدة أنظمة، ويعتمد أطار العمل المقترح على ثلاث مكونات رئيسية هي: الحاويات containers والأدوات tools والرموز المميزة tokens ، وهي ثلاثة أنواع من الكائنات المادية التي يمكن ربطها بالمعلومات الرقمية، فالحاويات containers هي عبارة عن كائنات عامة تُستخدم لنقل المعلومات بين الأجهزة أو المنصات المختلفة، أما الرموز المميزة tokens فتُستخدم للوصول إلى المعلومات المخزنة والتي تنعكس طبيعتها ماديًا في الرمز بطريقة ما، والأدوات tools تستخدم لمعالجة المعلومات الرقمية فهي تمثل الوظائف عادةً، ويستخدم كذلك مفهوم الصنابير للإشارة إلى المعلومات المرتبطة بالرموز، ويتعامل مفهوم التحميل الزائد مع حقيقة أن الرموز يمكن ربطها بمزيد من أجزاء المعلومات في وقت واحد، إن هذا الإطار يقدم إشعارًا خاصًا لنظام الوصول المستند إلى الرموز ، كما يناقش الآثار المترتبة على التصميم لمثل هذه الأنظمة، (Holmquist, ١٩٩٩) وبشكل عام فإن هذا الإطار يقدم طريقة لتحليل وتصميم واجهات التفاعل الملموس إعتماداً على المفردات الثلاث المشار إليها.

٢-٢- نموذج واجهات المستخدم الملموسة (MCRpd) لأولمر و أيشي

يقدم أولمر و أيشي إطارًا مفاهيميًا يتناول كيفية تصنيف وفهم مكونات واجهات المستخدم الملموسة، وهو ما يشير إلى طريقة يمكن من خلالها مقارنة العديد من أنظمة TUI ، ويركز الإطار بشكل كبير على تجريد الأنظمة السابقة بدلاً من تقديم إرشادات محددة لتصميم أنظمة جديدة، ويحدد المؤلفون واجهات المستخدم الملموسة ويصفون نموذجًا للتفاعل يعتمد على التمثيل المادي/الرقمي والتحكم الذي ينبع من نموذج التفاعل القائم على واجهة المستخدم الرسومية GUI، ويعتمد النموذج (MCRpd) لواجهة التفاعل الملموسة على الخصائص الرئيسية التالية :

- التمثيلات المادية (rep-p) مرتبطة حاسوبيًا بالمعلومات الرقمية الأساسية (النموذج Model)
- تجسد التمثيلات المادية (rep-p) آليات التحكم التفاعلي (التحكم Control).
- تقترن التمثيلات المادية (rep-p) إدراكيًا بالتمثيلات الرقمية (rep-d) الفعالة من خلال وسيط.
- تجسد الحالة المادية للأصول الملموسة الجوانب الرئيسية للحالة الرقمية للنظام.

والشكل (١) يوضح نموذج MVC لتمثيل التفاعلات في واجهة المستخدم الرسومية GUI ، نموذج (MCRpd) لأولمر و أيشي لتمثيل التفاعلات في واجهة المستخدم اللمسية TUI .



شكل (١) إلى اليسار الشكل (a) يمثل نموذج MVC لتمثيل التفاعلات في أنظمة GUI ، إلى اليمين الشكل (b) يمثل نموذج (MCRpd)

ويقدم هذا النموذج أربعة أنظمة يمكن من خلالها دمج العناصر الملموسة مع واجهات التفاعل، وتضم: الأنظمة المكانية، الأنظمة البناءة، الأنظمة العلائقية، الأنظمة الترابطية، ولقد تم استبعاد الفئة الأخيرة في الإصدار الأحدث من إطار العمل، ويصنف المؤلفون العديد من أنظمة TUI السابقة عبر هذه الأساليب الأربعة، كما يناقشون أيضًا كيفية تعيين المصنوعات المادية على المعلومات الرقمية وفقًا لشكلها المادي والوظائف أو التفاعلات التي تقدمها، وأخيرًا يذكرون مجالات التطبيق التي تتناولها أنظمة TUI والنماذج الأولية لتلك الأنظمة. (Ullmer & Ishii, ٢٠٠٠)

ويعد النموذج المقدم من قبل أولمر وأيشي و ما طرأ عليه من تعديلات بمثابة حجر الزاوية في بناء واجهة التفاعل اللمسي، فبالرغم من أن النموذج لا يقدم إجراءات واضحة لعمليات تصميم واجهات التفاعل الملموس إلا أنه يقدم أطاراً مفاهيمياً يمكن الإعتماد عليه بصورة أساسية في تحليل أنظمة TUI السابقة ومقارنتها، بالإضافة إلى ذلك فإنه يمكن أن يساهم في تصميم واجهة التفاعل الملموس في مرحلة وضع الأفكار.

٢-٣- فهم أنظمة الإستشعار : خمسة أسئلة للمصممين والباحثين تكشف هذه الورقة التحديات التصميمية التي تواجه أنظمة التفاعل المادي المعتمدة على أنظمة الاستشعار، ويوجه نحو كيفية الاستفادة من المفاهيم المرتبطة بالتفاعل بين الإنسان والإنسان في العلوم الاجتماعية، و يقترح خمسة أسئلة يجب أن يكون المستخدم قادرًا على الإجابة عليها لمعرفة كيفية التواصل مع نظام التفاعل المادي المعتمد بناءه على المستشعرات، وتتعلق هذه الأسئلة بالمراحل المختلفة لتفاعل المستخدم مع النظام والتي تشمل المراحل التالية: مخاطبة النظام، وجذب انتباهه، وبدء إجراء، ومراقبة الاستجابة، والتعافي من الأخطاء، وينظر المؤلفون إلى كل من هذه المشكلات بدورهم لمعرفة كيفية التعامل معها بواسطة أنظمة واجهة المستخدم الرسومية (GUI) حيث يكشف هذا المنظور التحديات التي يمكن أن تساعد في تصميم التفاعلات الملموسة المعتمدة على أنظمة الاستشعار، (Bellotti, ٢٠٠٢) وبالتالي فإن هذا البحث يقدم طريقة إجرائية لتصميم وبناء واجهات التفاعل المعتمدة على الاستشعار من خلال المساعدة في تصميم وصقل وتصحيح الجوانب التواصلية لتفاعل المستخدم مع أنظمة التفاعل الملموس المعتمدة على المستشعرات.

٢-٤- إطار يركز على الروابط بين الأشياء المادية والرقمية وخصائص هذه الروابط

من خلال النظر في الطرق المختلفة التي يمكن من خلالها اقتران الأشياء المادية والرقمية بشكل حاسوبي، يقترح كوليفا Koleva وآخرون إطار عمل لتصنيف الروابط بين الأشياء المادية والرقمية تبعاً لدرجة تماسكها «أي المدى الذي يُنظر فيه إلى الأشياء المادية والرقمية المترابطة على أنهما نفس الشيء»، حيث يتم وصف هذا التماسك بين الأشياء المادية والرقمية تبعاً لمجموعة الخصائص الأساسية التالية: (التحويل، استشعار التفاعل، قابلية تكوين الإقتران، عمر الإرتباط، استقلالية الأداة الرقمية، العلاقة الأساسية للرابط و مصدر الارتباط، ولقد أستخدم هذا الإطار لتصنيف مجموعة مختارة من واجهات المستخدم اللمسية، مما أثار عددًا من الآثار العامة لمجال التفاعل الملموس، كما يقدم إطار العمل أيضًا فئات جديدة من الكائنات، (Koleva, ٢٠٠٣) ويقترح البحث إمكانية الإستفادة من هذا الإطار في دعم عمليات وضع الافكار فهو يسهم بشكل مباشر في دعم الجانب التصوري للمصمم عند بناء واجهات التفاعل الملموس.

٢-٥- نموذج الرمز المميز والقيد Token And Constraint

تقدم هذه الورقة نموذجًا لوصف وتحديد واجهات المستخدم الملموس (TUIs)، من خلال نموذج TAC (الرمز المميز والقيود) والذي يوفر بنيات لوصف واجهات المستخدم الملموسة (TUIs) كمجموعة من العلاقات التي تربط الكائنات المادية بالمعلومات الرقمية، فنموذج TAC يكشف المكونات الأساسية لواجهات التفاعل الملموس، ويعالج العديد من تحديات التصميم الرئيسية لتطبيقات الواجهات الملموسة، حيث تشمل تلك التحديات: أرتباط العالمان الواقعي والافتراضي، تعدد السلوكيات، تعدد الإجراءات، عدم وجود أجهزة إدخال/إخراج قياسية، التفاعل المستمر، التفاعل الموزع. ويعتمد نموذج TAC لوصف وتحديد الواجهات اللمسية على المفردات التالية:

- البيفو Pyfo هو كائن مادي يشارك في واجهة المستخدم اللمسية، وقد يتكون بيفو Pyfo من عدد من البيفوهات pyfos الأخرى.
- الرمز المميز Token وهو عبارة عن بيفو يمكن الإمساك به ويمثل المعلومات الرقمية أو وظيفة حاسوبية في أحد التطبيقات، ويتفاعل المستخدم مع الرمز المميز للوصول إلى المعلومات الرقمية أو معالجتها.
- القيد Constraint هو بيفو يحد من سلوك الرمز المميز المرتبط به، وتوجه الخصائص الفيزيائية للقيد المستخدم فهم كيفية التعامل مع الرمز المميز وكيفية تفسير تركيبات الرمز المميز والقيود، كما يحد القيد من سلوك الرمز المميز بالطرق الثلاث التالية:
  - o الخصائص الفيزيائية للقيد مثل الاتجاه، المادة، القوام، إلخ.
  - o القيد يحد من مساحة التفاعل المادي للرمز المميز.
  - o يعمل القيد كإطار مرجعي لتفسير تركيبات الرموز والقيد.
- المتغير Variable هو معلومات رقمية، أو دالة حاسوبية في تطبيق ما، وتقترن بعض المتغيرات بالرموز، في حين أن البعض الآخر عبارة عن متغيرات دلالية في التطبيق.
- الرمز المميز والقيود (TAC) هي العلاقة بين الرمز المميز ومتغيره وقيد واحد أو أكثر، وغالبًا ما تكون هذه العلاقة مؤقتة، حيث يتم تحديد العلاقة من قبل المصمم، ويتم إنشاء مثيل لها بواسطة المصمم أو المستخدم، التلاعب المادي بـ TAC هو التلاعب بالرمز فيما يتعلق بقيوده، وله آثار حاسوبية.

وبالإضافة إلى المفردات السابقة فإن نموذج TAC يشتمل على خمسة خصائص رئيسية لوصف وتحديد الروابط في الواجهات اللمسية، وتشمل تلك الخصائص ما يلي:

- الإقتران Couple :حيث يجب أن يقترن البيفو بمتغير حتى يتم اعتباره رمزًا مميزًا Token .
- التعريف النسبي: حيث يمكن تعريف كل بيفو على أنه رمز مميز أو قيد أو كليهما.
- التنظيم: حيث يتم إنشاء TAC جديد عندما يرتبط رمز مميز ماديًا بقيد ما، ويمكن إضافة قيود جديدة إلى TAC موجود.
- التفسير الحاسوبي: فالتلاعب المادي –إي الإمساك بالرمز وتحريكه- في TAC له تفسير حاسوبي.
- التلاعب: حيث يمكن التلاعب بكل TAC بشكل منفصل أو مستمر أو في كلا الاتجاهين، ويتقيد التلاعب المادي للرمز المميز بالخصائص الفيزيائية لقيوده.

وفي ضوء مفردات وخصائص نموذج TAC يمكن وصف نطاق واسع من TUIs ، فهو يضع الأساس للغة وصف عالية المستوى ومجموعة أدوات لتطوير TUI. ، وبالتالي يمكن أن يساعد TAC المصممين في تحليل أمثلة TUI السابقة باستخدام تجريد مشترك، (Shaer, ٢٠٠٤) وهو ما يعني إمكانية الإستفادة من هذا النموذج بطريقة إجرائية كأداة تحليلية لأنظمة TUIs مشابهة للنظام أو المنتج المراد تصميمه، وبالإضافة إلى ذلك يمكن الإستفادة من نموذج TAC بشكل مفاهيمي في تطوير الواجهات الملموسة في مرحلة وضع الأفكار حيث أنه لا يوفر إرشادات لتصميم الأشكال المادية TUIs .

٢-٦- منهج لرسم المخططات للعالمين المادي والرقمي

يطرح البحث إشكالية تركيز مناهج وطرق تصميم التفاعل الملموس

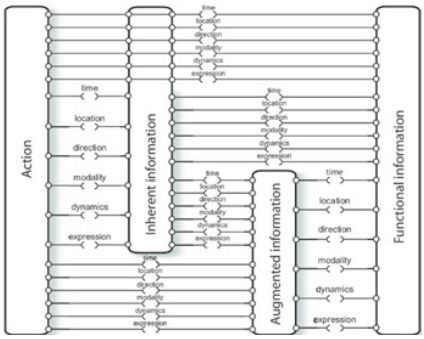
على البيانات لرسم مخططات التفاعل للعالمين المادي والرقمي والذي يؤدي إلى عدم الاستفادة بشكل كامل من المهارات الحركية البشرية الإدراكية، وكبديل لذلك يقترح الباحثون نهجًا يعتمد على التصميم الصناعي بصورة أساسية حيث يركز على إعطاء المظهر وإمكانيات الفعل منذ البداية الأولى للمعنى، مع مراعاة الوظائف والجماليات، فالشكل في هذا المنهج لا يعطى بعد الانتهاء من العمل المتصل بالوظيفة وسهولة الاستخدام، بل يساهم في صنع المعني إلى جانب الوظيفة التفاعلية، وتعتمد عمليات الاقتران المفيدة مع الوظائف على الاستفادة من المظهر الغني وإمكانات الفعل والتغذية الراجعة المتأصلة للأشياء المادية، إلى جانب تنوع الإجراءات الحركية مع الأشياء المادية التفاعلية، وهو ما يسهم في تعزيز الإمكانات الجمالية لأنظمة التفاعل الملموسة وذلك من خلال تصميم ضوابط توصل الغرض من خلال شكلها المادي والإجراءات التي تتطلبها، لا تقدم الورقة مجموعة منظمة من الإرشادات أو الخطوات لتصميم الشكل الخاص بمنتجات التفاعل المادي، وعوضاً عن ذلك فإنها توفر منظورًا مختلفًا أو طريقة تفكير حول تصميم التفاعل الملموس والذي يتناقض مع المناهج السائدة وبالتالي يمكن أن تساعد الورقة المصممين على التفكير في مادية أنظمتهم ووضع تصور لها(Djajadiningrat, ٢٠٠٤)

٢-٧- الاقتران العملي للفعل والمعلومات في التفاعل الملموس

تقدم هذه الورقة إطاراً تصميمياً لتحليل تفاعل الشخص مع المنتج من حيث الروابط بين فعل الشخص Action و وظيفة المنتج Function، وتشمل تلك الراوبط ستة جوانب رئيسية للإقتران بين فعل الشخص ووظيفة المنتج وهي :

- الوقت: حيث يتزامن رد فعل المنتج وفعل المستخدم مع الوقت.
- الموقع: حيث يحدث رد فعل المنتج وفعل المستخدم في نفس المكان.
- الاتجاه: حيث يقترن اتجاه أو حركة رد فعل المنتج بالاتجاه أو حركة فعل المستخدم.
- الحركات Dynamics : حيث تقترن ديناميات التفاعل (الموضع ، السرعة ، التسارع ، القوة) بديناميات الفعل (الموضع ، السرعة ، التسارع ، القوة).
- الطريقة: حيث تتوافق الطرائق الحسية لتفاعل المنتج مع الأساليب الحسية لفعل المستخدم
- التعبير: التعبير عن رد الفعل هو انعكاس للتعبير عن الفعل.

وخلافاً للمنتجات الميكانيكية البحتة التي يتم فيها اقتران الفعل والتفاعل بشكل طبيعي، لا يكون هذا الاقتران المباشر ممكنًا في المنتجات الإلكترونية، ولذلك يجب استخدام التغذية الراجعة Feedback والتغذية المسبقة Feed forward لإبلاغ المستخدم. فالتغذية الراجعة هي إعادة المعلومات حول نتيجة عملية أو نشاط ويحدد الإطار ثلاث فئات للتغذية الراجعة على النحو التالي: التغذية الراجعة المتأصلة وهي نتيجة مباشرة لإجراء (على سبيل المثال ، الشكل والصوت والشعور بالضغط على زر ما)، التغذية الراجعة الوظيفية وهي الهدف المقصود من الإجراء (على سبيل المثال ، تشغيل جهاز)، و التغذية الراجعة المعززة وهي ردود فعل ليست من الإجراء أو الهدف (على سبيل المثال ، يتم تشغيل ضوء لإظهار أن الجهاز يستجيب عند تأخر الملاحظات الوظيفية)، كما تم تحديد هذه الفئات الثلاث أيضًا للتغذية المسبقة والتي تشير إلى إعطاء معلومات للمستخدم قبل اتخاذ أي إجراء. باستخدام المعلومات -بصورتيها التغذية الراجعة والتغذية المقدمة- وبفئاتها المتأصلة والمعززة والوظيفية، وبدلاً من استخدام مفهوم «الاقتران» بالمعنى المجرد تقدم الورقة أطاراً عملياً لاقتران الفعل والمعلومات في التفاعل المتجسد، والشكل (٢) يوضح إطار فروجر Frogger للتفاعل، وفيه يظهر تفسير تخطيطي لجميع احتمالات الاقتران المختلفة بين المعلومات الوظيفية وإجراءات المستخدم، حيث يمكن استخدام المعلومات المتأصلة والمعززة على أنها «قفزات الضفدع» عندما يتعذر إنشاء أدوات التوصيل المباشرة.



شكل (٢) إطار فروجر Frogger للتفاعل.

وتشير الورقة إلى إمكانية الإستفادة من هذا الإطار لاستعادة الروابط الطبيعية بين الفعل والوظيفة وتعزيز التفاعل الحدسي بطريقتين مختلفتين، وهما: تحسين التصميمات الحالية من خلال تقوية أدوات التوصيل في الجوانب المختلفة، إنشاء أدوات توصيل جديدة في التصميم، و يجب أن تربط أدوات التوصيل الجديدة هذه الفعل والوظيفة من خلال استخدام المعلومات المتأصلة أو المعززة، ويقترح المؤلفون ثلاثة أجراءات لتحقيق ذلك وهي: إثراء إمكانيات الفعل، إثراء المعلومات المتأصلة، ربط المعلومات المتأصلة بالنواحي الوظيفية. (Wensveen, ٢٠٠٤) ومما تقدم يمكن القول بإن إطار فروجر للتفاعل يمكن الإستفادة منه كأداة لتحليل واجهات التفاعل المادي لأنظمة المنتجات المشابهة، وهو ما يسهم في تعزيز معرفة المصمم بالمواقع المختلفة التي تحدث فيها الإجراءات إلى جانب المعلومات المتأصلة والمعززة والوظيفية وهو ما قد يسهم فى تحسين حدسية التفاعل، بالإضافة إلى ذلك فإنه يمكن الإستفادة منه في تصميم واجهة المستخدم الملموسة وتعزيز التفاعل الحدسي لها من خلال تقوية أدوات التوصيل بين الفعل والمعلومات للواجهة، وتعزيز النظام بأدوات توصيل جديدة تسهم في تحسين النواحي الحدسية عند الإستخدام.

٢-٨- مجموعة أدوات Calder: مكونات سلكية ولاسلكية للنماذج الأولية السريعة للأجهزة التفاعلية

إن إنشاء نماذج أولية عاملة (كاملة التشغيل) لأجهزة التفاعل الملموس لا يزال يتطلب وقتًا وجهدًا كبيرين من قبل الأفراد ذوي المهارات والأدوات المتخصصة للغاية، وهذا يخلق فجوة بين قدرة المصممين على استكشاف شكل وتفاعل تصميمات المنتجات والقدرة على تطوير الجوانب التفاعلية لها، فتطوير تلك المنتجات يتطلب جهدا تكرارياً للعديد من التجارب التفاعلية عالية الدقة إعتماداً على النماذج الأولية العاملة، وللمساعدة في التغلب على هذه الصعوبة ، قام المؤلفون بتطوير مجموعة أدوات أجهزة كالدر Calder، وهي عبارة عن بيئة تطوير لاستكشاف الأجهزة التفاعلية المادية الوظيفية وإنشاء نماذج أولية لها بسرعة، ويوفر كالدر Calder مجموعة من مكونات المدخلات والمخرجات الصغيرة القابلة لإعادة الاستخدام، وتتكامل تلك المكونات في بيئة بناء النماذج الأولية للواجهة المستخدمة، و تتصل هذه المكونات بجهاز الحاسوب باستخدام اتصالات سلكية ولاسلكية، إن كالدر Calder هي

أداة تستهدف مصممي المنتجات ومصممي واجهات المستخدم الملموسة TUI لمساعدتهم في عملية التصميم المبكرة. (Johnny, ٢٠٠٤) وبشكل عام فإن تلك المجموعة تمثل أداة جيدة في عمليات بناء النماذج العاملة لواجهات التفاعل الملموسة.

٢-٩- تصميم التفاعل القائم على الاستشعار للتطبيقات متعددة المستخدمين

يصف بينفورد Benford وآخرون طريقة لتصميم التفاعل القائم على الاستشعار للتطبيقات متعددة المستخدمين استنادًا إلى تحليل حركات الواجهات من حيث ما إذا كانت متوقعة ومستشعرة ومرغوبة، فالحركات المتوقعة هي تلك التي يقوم بها المستخدمون بشكل طبيعي، والحركات المحسوسة هي تلك التي يمكن قياسها بواسطة الحاسوب، أما الحركات المرغوبة هي تلك التي يتطلبها تطبيق معين، كما يوضح كيفية تمييز الحركات المتوقعة والمستشعرة والمطلوبة من خلال المقارنة المنهجية مما يساهم في منع المشكلات المحتملة في الواجهة نتيجة تداخل الحركات، ويقترحون أن تلك الطريقة يمكن أن تساعد في توليد الأفكار في المراحل الأولى من التصميم، وفي المراحل اللاحقة في تحسين النموذج الأولي، ويتضمن تطبيق الطريقة على تصميم واجهة التفاعل الملموس تحليل هذه الفئات الثلاث من الحركات ، ثم مقارنتها، وتشجع هذه الطريقة المصممين على التركيز على الظروف الحدودية والسلوكيات غير المعتادة لتحسين تصميمهم، كما يقترحون أن المصممين يجب أن يعتمدوا على تصنيفات الواجهة الحالية والأطر التحليلية لفهم الحركات المحتملة والمتوقعة والمستشعرة، وعلى أساليب التصميم الحالية لتحديد مجموعة الحركات المرغوبة، (Benford, ٢٠٠٥) وبناءاً عليه فإن تلك الطريقة تساعد في بناء وتصميم واجهة التفاعل الملموس، كما تساهم في تطوير النماذج الأولية لتلك الواجهات، ومع ذلك فإنها تفتقر إلى دعم الجوانب التقنية في بناء نموذج نظام التفاعل حيث أنها تطالب المصممين بالبحث المستقل للحصول على إرشادات مفصلة حول اختيار أنسب تقنيات الاستشعار والتفاعلات والأشكال المادية لحلولهم التفاعلية.

٢-١٠- إطار يركز على مستوى تجربة المستخدم

أنشأ بور Buur وهورنكر Hornecher إطارًا للتفاعل الملموس يركز على تجربة المستخدم، ويتكون إطار العمل من أربعة محاور ليست متعارضة بل مترابطة، وتقدم وجهات نظر مختلفة حول التفاعل الملموس، كما يقدم الإطار مجموعة من المفاهيم المفصلة لكل محور، وهو ما يوفر المزيد من الأفكار الملموسة لفهم مضامينها، وتشمل تلك المحاور ما يلي :

- التفاعل الملموس: ويشير إلى التمثيلات المادية ذات الصفات اللمسية المتميزة، والتي عادة ما يتم التفاعل معها جسديًا.
- التفاعل المكاني: ويشير إلى حقيقة أن التفاعل الملموس مضمن في الفضاء الحقيقي وبالتالي يحدث التفاعل بالحركة في الفضاء
- التيسير المتجسد: وهو يسلط الضوء على كيفية تأثير تكوين الأشياء المادية والمساحة على سلوك المجموعة الناشئة وتوجيهه.
- التمثيل التعبيري: ويركز على التمثيل المادي والرقمي الذي تستخدمه أنظمة التفاعل الملموس.

وخلال الدراسة تم تحليل ثلاث دراسات حالة باستخدام الإطار كأمثلة، بالإضافة إلى ذلك فقد حدد هورنكر وبور ثلاثة وجهات نظر لتعريف «الواجهات الملموسة» على النحو التالي:

- تعريف «الواجهات الملموسة» من وجهة نظر تتمحور حول البيانات والتي يكثر الإستشهاد بها في علوم الحاسوب وتفاعل الإنسان والحاسوب HCI حيث تُرى بإنها: استخدم التمثيل المادي لمعالجة وإظهار البيانات الرقمية، وتقديم أدوات اقتران تفاعلية للمصنوعات المادية مع المعلومات الرقمية إعتماداً على الوسائط الحاسوبية.
- تعريف «الواجهات الملموسة» من وجهة نظر الحركة التعبيرية والتي يكثر الإستشهاد بها في التصميم الصناعي وتصميم المنتج حيث تُرى بإنها: تجاوز الشكل والمظهر وتصميم التفاعل نفسه، وتؤكد وجهة النظر هذه على التفاعل الجسدي مع الأشياء، وتستغل «الثراء الحسي وإمكانات الفعل للأشياء المادية» ، بحيث «يتم إنشاء المعنى من خلال التفاعل، ويفضل مجتمع التصميم مصطلح «التفاعل الملموس».
- تعريف «الواجهات الملموسة» من وجهة نظر تتمحور حول الفراغ والتي تكثر في الفنون التفاعلية والهندسة المعمارية ويشار إليها بمصطلح «المساحات التفاعلية» ، وهي تلك الأنظمة التفاعلية، المدمجة فعليًا في المساحات الحقيقية، وتوفر فرصًا للتفاعل مع الأجهزة الملموسة.

وبالتالي فإن التفاعل الملموس يشمل مجموعة واسعة من الأنظمة والواجهات ، فبناءً على هذه الآراء وتوليفها والتي تشترك في الخصائص التالية: الملموسة والمادية، والتجسيد المادي للبيانات، والتفاعل المتجسد والحركة الجسدية كجزء أساسي من التفاعل، والاندماج في الفراغ الحقيقي، لذا يمكن القول بإن التفاعل الملموس يشمل مناهج من HCI وعلوم الكمبيوتر وتصميم المنتجات والفنون التفاعلية. (Hornecker and Buur, ٢٠٠٦) وعلى الرغم من أن الإطار لا يوفر سلسلة من الإجراءات أو العمليات الواضحة التي يمكن الإستعانة بها عند تصميم واجهات التفاعل الملموس بها بشكل عام، لكنه يساهم في إرشاد المصمم عند صياغة التصور العام أو عند تصميم واجهة التفاعل الملموس.

٢-١١- إطار تجربة قائم على أجهزة الاستشعار

يقدم روجرز ومولر Rogers & Muller إطار عمل لتجربة المستخدم قائم على المستشعرات وحالة الاستخدام، ويهدف هذا الإطار إلى تزويد المصممين والباحثين بمجموعة من المفاهيم والاهتمامات التي يمكن أن تساعد في استكشاف وتأطير وتقييم تصميم تجارب المستخدم المستندة إلى أجهزة الإستشعار، ويعتمد الإطار المقدم على ثلاث مفاهيم رئيسية لإعتبارها عند تصميم الواجهات القائمة على المستشعرات، و تلك المفاهيم هي:

- مفهوم التحولات وهو طريقة لوصف كيفية إختبار المستخدم وتعامله مع الاقتران بين الإجراءات والتأثيرات في العالمين المادي والرقمي؟ وهو يتضمن العمليات التالية: الإدراك، الفهم، والتفكير، ويلاحظ أنه عند التصميم للتحكم في الأنشطة، يُفضل تصميم التحولات المتوقعة، وعند التصميم من أجل تجارب مرحة وممتعة، يُفضل تصميم تحولات جديدة وغير متوقعة من شأنها أن تفاجئ الناس وتحفز مستويات عالية من الإدراك والفهم والتفكير، كما يجب إعتبار كلاً من عدم اليقين وعدم التوقع في سلوك الأفراد.
- مفهوم الأنشطة، فالأنشطة المناسبة تمامًا للتفاعلات القائمة على أجهزة الاستشعار هي أنشطة استكشافية، حيث يجب اعتبار الجوانب المرغوبة من تجربة المستخدم لتعزيزها أو توسيعها، مع التفكير في كيفية الجمع بين الإجراءات المستمرة و الأنواع المختلفة من التأثيرات.
- مفهوم خصائص الإستشعار، ويضم ثلاث خصائص هي: - منفصل - مستمر: فعند التصميم لتجارب المستخدم حيث يكون التحكم مرغوبًا فيه يفضل إستخدام كائنات منفصلة،

وعند التصميم لتجارب المستخدم التي تهدف إلى إثارة المفاجأة يفضل الإعتماد على أجهزة الاستشعار المستمرة.
- الدقة: حيث يفضل استخدام مستشعرات دقيقة للتحكم في الأنشطة، و ربط أجهزة الاستشعار غير الدقيقة بالأحداث الرقمية لخلق تجارب مستخدم مثيرة (مثل التعلم).
- صريح - ضمني: حيث يفضل تقديم ملاحظات صريحة و واضحة بين أجهزة الاستشعار والأنشطة عندما يكون من المهم للمستخدمين معرفة طبيعة أداة التوصيل، وفي المقابل يفضل استخدام أدوات الربط الضمنية بين أجهزة الاستشعار والأنشطة لإنشاء تحولات غامضة أو عشوائية لتعزيز الاهتمام والتفكير والإبداع. (Rogers & Muller, ٢٠٠٦)
إن الإطار المقدم في تلك الورقة يعتبرتصورياً إلى حد بعيد فهو لا يقدم إجراءات واضحة أو أدوات صريحة يمكن الإستفادة منها بشكل إجرائي في دعم النموذج المقترح، وفي المقابل فإنه يقدم مجموعة من المفاهيم المرتبطة بتصميم الواجهات المعتمدة على المستشعرات بصورة رئيسية وهو ما يدعم تحليل الأنظمة المختلفة لتلك الواجهات بشكل مفاهيمي، كما يدعم بناء التصور العام لتلك الواجهات، بالإضافة إلى دعم عملية تصميم واجهات التفاعل الملموس، ووضع الإعتبارات المناسبة لتقييم مثل تلك الواجهات.

٢-١٢- مجموعة أدوات Papier-Mâché لبناء الواجهات ملموسة

تعمل واجهات المستخدم الملموسة (TUIs) على تعزيز العالم المادي من خلال دمج المعلومات الرقمية مع الأشياء المادية اليومية، ويتطلب بناء واجهات المستخدم هذه الكثير من الخبرات و المعارف التجريبية باستخدام تقنيات الإدخال المختلفة مثل الرؤية الحاسوبية، وبالتالي فإن كادرًا صغيرًا فقط من خبراء التكنولوجيا يمكنهم إنشاء واجهات المستخدم هذه، واستنادًا إلى مراجعة الأدبيات والمقابلات المنظمة مع عدداً من باحثين في TUI يقدم المؤلفون مجموعة أدوات Papier-Mâché لبناء واجهات ملموسة باستخدام رؤية الحاسوب والعلامات الإلكترونية والرموز الشريطية، وتقدم Papier-Mâché نموذج رفيع المستوى للعمل مع هذه التقنيات التي تسهل إمكانية نقل التكنولوجيا، كما تقدم الورقة تقييمًا لمجموعة الأدوات المقترحة، ومن الممكن الإستفادة من تلك الأدوات بصورة رئيسية في إعداد النماذج الأولية العاملة لمنتجات التفاعل الملموس. (Scott, ٢٠٠٦)

٢-١٣- كوكي فلافورز : Cookie Flavors إطار بناء سريع لوسائل الإعلام الملموسة

تصف الورقة أطار عمل لتصميم الواجهات الملموسة، ومجموعة من أدوات البناء لتبسيط تطوير وسائط التفاعل الملموسة من خلال تيسير بناء النماذج والتعديل عليها بإستخدام تلك الأدوات، كما يقدم البحث مجموعة من دراسات الحالة لإستخدام تلك الأدوات في بناء وتطوير عدة واجهات تفاعل لمسية والإستفادة من التغذية المرتدة من إختبار تلك الواجهات في تطوير إطار العمل و تطوير المجموعة بحد ذاتها وفتح أفاق جديدة للباحثين، كما أشار البحث إلى الفروق الأساسية بين عمليات تطوير الوجهات الرسومية GUI وعمليات تطوير الواجهات اللمسية TUI، فالأولى تعتمد في تطويرها على العمليات التالية :
• تصميم واجهة المستخدم الرسومية، وتعتمد على خطوتين: إعداد العناصر المستخدمة في الواجهة Widgets tool kits و إنشاء الواجهة الرسومية.
• نمذجة الواجهة الرسومية: والهدف منها تطوير الواجهة بشكل أساسي أما عمليات تطوير الواجهة الرسومية فتعتمد أيضاً على خطوتي التصميم والنمذجة لكن على النحو التالي :
• تصميم واجهة المستخدم اللمسية TUI ، وتتضمن الخطوات التالية:
- تحديد الوظائف، حيث يتعين تحديد وظائف الواجهة اللمسية
- تصميم أنماط التفاعل، وذلك لإن الواجهة اللمسية تحتوي على قدر أكبر بكثير من أنماط التفاعل خلافاً للواجهة الرسومية والتي تحتوي على عدد محدود من أنماط التفاعل.
- تصميم المظهر الخارجي، على عكس حالة واجهات المستخدم الرسومية ، يتعين على مصممي TUI أيضًا تصميم الأجزاء الخارجية للأجهزة نظرًا لعدم وجود واجهة خارجية موحدة حول الأجهزة الملموسة.
• نمذجة الواجهة اللمسية TUI: حيث لا يمكن للمطورين عمل نماذج أولية للأجهزة الملموسة حتى يتم إنشاء الأجزاء الخارجية، حيث لا توجد مفردات موحدة لاستخدامها في عملية التطوير.
ولقد أعتمدت المجموعة المقدمة كوكي فلافورز في بناءها على أطار عمل يتكون من الإعتبارات التالية :
• دعم العديد من وسائط الدخل، والتي شملت الوسائط التكنولوجية التالية :
- مستشعرات للظواهر الفيزيائية مثل الضغط و التسارع
- قارئات و بطاقات RFID
- التعرف على العلامات المرئية
- التعرف على الكلام
• مقدمة من الأوليات، وهي عبارة عن مجموعة المبادئ الأولية لسلوك المستخدم في صورة شديدة التجريد، وتسمى هذه الأوليات Flavours في أدوات مجموعة Cookie Flavors
• بيئة البرمجة المرئية، وهي تسمح بربط الأجهزة المتصورة بمنطق التفاعل الملموس في صورة مكونات برمجة للمطورين قابلة للدمج بشكل حدسي ودون الحاجة إلى كتابة أكواد برمجية في كثير من الحالات.
وأعتماداً على إطار العمل السابق فقد تم تنفيذ مجموعة كوكي فلافورز على النحو التالي:
• ملحن الكوارتز: Quartz Composer هي أداة برمجة رسومية تنتجها شركة Apple Inc، لتطوير وحدات معالجة الرسومات دون كتابة أكواد برمجية.
• التعامل مع المدخلات المادية وعناصر RFID حيث يمكن لمجموعة CookieFlavors الحصول على بيانات مختلفة من الأجهزة التالية:
- جهاز Cookie Cookie : هو جهاز استشعار لاسلكي قابل للتخصيص بحجم العملة، وهو يساعد المطورين على بناء أجهزة واقعية ملموسة بسرعة.
- أدوات Phidgets وهي عبارة عن لوحات تحكم ألكترونية ومستشعرات مدمجة على لوحات ألكترونية يمكنها الإتصال بالحاسوب من خلال منافذ USB.
- متحكم يدوي Wii Remote وهي وحدة تحكم يدوي عن بعد تستخدم اتصال Bluetooth.
• التعامل مع التعرف البصري على العلامات: للحصول على معلومات حول العالم الحقيقي باستخدام تقنية رؤية الكمبيوتر ، تدعم CookieFlavors ثلاثة تطبيقات هي : ARToolkit و VisualCodes و QRCode
• التعامل مع التعرف على الكلام : حيث يدعم Quartz Composer تصحيحًا صوتيًا بسيطًا يحلل البيانات الصوتية المعطاة
• استخدام الخدمات الموجودة : لدمج الخدمات الحالية في الوسائط الملموسة ، توفر CookieFlavors أربع طرق للتطبيق AppleScript و REST و Flash و XML وباستخدام مجموعة الأدوات السابقة الإجراءات الخاصة بعمليات تطوير واجهة التفاعل اللمسية، فقد تم تطوير وإختبار عدة نماذج لوسائط تفاعل ملموسة ولقد أسهمت نتائج تلك الإختبارات في تطوير

المجموعة وتوجيه البحوث اللاحقة للباحثين، (Kimura, ٢٠٠٧) ومن خلال العرض السابق لتلك الورقة يمكن القول بان تلك الدراسة يمكن الإستفادة منها في عمليات تصميم واجهة المستخدم الملموسة، كما يمكن الإستفادة بشكل مباشر من مجموعة كوكي فلافورز المقترحة لبناء و تطوير النماذج الأولية لواجهات المستخدم الملموسة TUI.

٢-١٤- إطار التفاعل الملموس للأطفال

تقدم أليسا أنتلي وآخرون Alissa N. Antle إطاراً للتفاعل الملموس للأطفال على أساس نظرية نمو الطفل، ويهدف هذا الإطار التصوري إلى دعم تصميم المصنوعات الحاسوبية للأطفال وتحليل تفاعلات الأطفال مع الأنظمة الملموسة، ويتكون الإطار من خمسة محاور رئيسية على النحو التالي:

- مساحة للفعل أو المكانية فالأنظمة الملموسة توفر مساحة أكبر للتفاعل حيث تؤثر ذخيرة الإجراءات البدنية والقدرات المكانية على العمليات الحاسوبية بشكل مباشر، بخلاف أنظمة التفاعل الرسومي التقليدي.
- مخططات الإدراك الحسي حيث توفر الأشياء الملموسة أنواعًا مختلفة من الإرتباطات بين الفضاء المادي والرقمي، وتشير المخططات الإدراكية إلى الإرتباطات بين الخصائص الحسية لكل من الجوانب المادية والرقمية للنظام.
- المخططات السلوكية وهي تشير إلى الإرتباط بين سلوكيات الإدخال وتأثير الإخراج المادي والرقمي، حيث يتطلب التصميم النظر في فهم المستخدمين لكيفية تصرف الأشياء.
- المخططات الدلالية وهي تشير إلى الإرتباطات بين المعلومات المنقولة في الجوانب المادية والرقمية للنظام، حيث يتطلب التصميم النظر في فهم المستخدمين لما تعنيه الأشياء في الأشكال التمثيلية المختلفة.
- مساحة للعديد من المستخدمين حيث تمتلك أنظمة التفاعلات الملموسة-المكانية كل من المساحة والإمكانيات لتعددية المستخدمين، ولذلك فإن تصميم أنظمة التفاعل المادي-المكاني يتطلب فهمًا للعوامل الرئيسية التي يجب أن يجسدها النظام لتسهيل تعاون المستخدمين بنجاح، كما يتطلب التصميم أيضًا فهمًا لأهمية وآليات التقليد في التعلم التجريبي. (Antle, ٢٠٠٧)

٣- النموذج المقترح

يعتمد مصممي التفاعل في بناء المخرجات التفاعلية المختلفة على أربعة أنشطة رئيسية هي: البحث، التصميم، النمذجة، والتقييم، (Preece, ٢٠٠٢) ويلاحظ هنا أن تلك الأنشطة الأربعة لا تتم بشكل خطي منتظم بل هي أقرب إلى حلقات متصلة تعتمد على التغذية المقدمة والتغذية الراجعة تبعاً لحالة التصميم، وبما يسهم في تجسيد المخرج التصميم في أنسب صورة، وفي ضوء تلك الأنشطة الأربعة يقدم البحث مقترحاً لنموذج إجرائي لتصميم منتجات التفاعل الملموس يستند في إجراءاته إلى أطر وطرق وأدوات تصميم التفاعل الملموس، والتي تم مناقشتها في الجزء السابق.

٣-١- البحث

الهدف الأساسي من هذا النشاط هو بحث المشكلة موضوع الدراسة، فهو يبدأ بالظاهرة وينتهي بملخص المشكلة، ويقترح البحث لتحقيق هذا النشاط الإجراءات التالية:

٣-١-١ - إستكشاف الظاهرة

تتمثل الظاهرة في مجال التصميم بشكل عام في وجود صعوبة ما يعاني منها فئة من المستخدمين ويلحظها المصمم أو وجود فرصة للإستفادة من تقنية معينة أو أسلوب معين في تحسين مخرجات التصميم، و تسترعي تلك الظاهرة إنتباه المصمم مما يدفعه لدراستها ويلاحظ هنا أنه من غير الممكن الوقوف على حدود مشكلة الدراسة فهي لم تكن تحددت بعد، ولإستكشاف الظاهرة موضوع الدراسة ينبغي تحديد ثلاث محاور رئيسية تمثل حدود المشكلة وتتضمن: الفئات المستهدفة –المنتجات أو الأنظمة المشابهة –السياق العام. ويؤكد خبراء ومصممي التفاعل على أهمية العناصر الثلاث في إستكشاف الظاهرة التصميمية، فالتفاعل له عدة مستويات وينبغي دراسته ضمن سياقه العام. (Kuutti, ١٩٩٥).

٣-١-٢- جمع المعلومات

لتحديد المشكلة موضع الدراسة يتم جمع المعلومات حول المحاور الرئيسية الثلاث للظاهرة والمحددة سلفاً في الإجراء السابق، وتعتمد تلك المرحلة على أدوات وطرق جمع المعلومات مثل الملاحظة والإستبيان والمقابلات الشخصية وغيرها من الأدوات.

٣-١-٣- تحليل وتصنيف المعلومات

في هذا الإجراء يتم تصنيف وتحليل المعلومات المجموعة في الإجراء السابق، ولتحقيق ذلك يختار البحث الطرق التالية لدعمها مفاهيمياً وإجرائياً لعمليات التصنيف والتحليل لتلك المعلومات:

- إطار (Holmquist, ١٩٩٩) ويدعم إجرائياً تحليل أنظمة منتجات التفاعل اللمسي.
- نموذج (Ullmer & Ishii) MCRpd, ٢٠٠٠) ويدعم إجرائياً تحليل واجهات التفاعل اللمسي TUIs
- إطار Bellotti, ٢٠٠٢)) ويدعم مفاهيمياً تحليل العلاقة بين المستخدم والمنتجات ذات أنظمة الإستشعار.
- نموذج (Shaer) TAC, ٢٠٠٤) ويدعم إجرائياً تحليل الروابط المختلفة في واجهات التفاعل اللمسي.
- إطار فرورجر للتفاعل اللمسي (Wensveen, ٢٠٠٤) ويدعم إجرائياً تحليل أنظمةTUIs
- إطار (Hornecker and Buur, ٢٠٠٦) ويدعم مفاهيمياً تصنيف أنظمة التفاعل اللمسي.
- إطار (Rogers and Muller, ٢٠٠٦) ويدعم مفاهيمياً تصنيف وتحليل التفاعل اللمسي.
- إطار (Antle, ٢٠٠٧) ويدعم مفاهيمياً تحليل مصنوعات التفاعل اللمسي للأطفال.

٣-١-٤- تحديد المشكلة

في هذا الإجراء يتم تحديد المشكلة من منظور الفئات المستهدفة، المنتجات والأنظمة والحلول السابقة، وسياق التفاعل، وفي ضوء مخرجات التحليل والتصنيف في الإجراء السابق يتم تلخيص وتحديد المشكلة موضوع الدراسة.

٣-٢- التصميم

والهدف الأساسي من هذا النشاط هو وضع فكرة تصميمية تلبي إحتياجات المستخدمين وتعكس جوانب التفاعل اللمسية المستخلصة من مرحلة البحث و تقبل التطوير من خلال النماذج الأولية العاملة، ولتحقيق هذا النشاط يقترح البحث الإجراءات التالية:

٣-٢-١- التصور العام للحل

و في هذا الإجراء يتم وضع التصور العام للحل التصميمي في ضوء ملخص المشكلة المحدد سلفاً ويلاحظ هنا أن تركيز التصور العام للحل المقترح يجب أن ينصب على العموميات بعيداً عن تفاصيل التصميم فيعكس الجوانب الإدراكية والسلوكية لتفاعل المستخدم مع المنتج ويؤكد على متطلبات وإعتبارات التصميم المحددة في إجراء التحليل في النشاط السابق، ولضمان جودة الحل المقترح فإن البحث يقترح ثلاث أسئلة رئيسية يقوم المصمم بالإجابة عليها أثناء صياغة التصور التصميمي الخاص بتلك المنتجات، وتتمثل تلك الأسئلة في: هي كيف يبدو المنتج؟ كيف يتفاعل معه المستخدم؟ كيف يبدو الإطار الإستخدامي له ؟ ومن الممكن الإستعانة بالطرق التالية لبناء تصور تصميمي لمنتج تفاعلي لمسي:

- إطار (Antle, ٢٠٠٧) ويدعم بناء التصور العام لمصنوعات التفاعل اللمسي للأطفال.
- إطار (Djajadiningrat, ٢٠٠٤) ويدعم بناء التصور العام لمنتجات التفاعل اللمسي.
- إطار (Hornecker and Buur, ٢٠٠٦) ويدعم مفاهيمياً بناء أنظمة التفاعل اللمسي.
- إطار (Rogers and Muller, ٢٠٠٦) ويدعم مفاهيمياً بناء التصور العام لمنتجات التفاعل اللمسي.

٣-٢-٢- تفاصيل التصميم

بعد صياغة التصور العام للحل التصميمي و باستخدام الأدوات المناسبة لتحقيق ذلك يتم صياغة تفصيل التصميم أو التصميم التفصيلي، ويتناول دراسة جزيئات الحل وكيفية تحقيقها وحل المشكلات الجزئية للحل العام، ولهذا الإجراء خطوتين لكل منهما طرقه الخاصة لإنجازه، وهما على النحو التالي:

٣-٢-٢-١ - تصميم واجهة المستخدم الملموسة TUI Design وفيها يتم صياغة العلاقات والروابط بين العناصر المادية للتصميم والمعلومات الرقمية له في صورة واجهة تفاعل لمسي Tangible Interaction Interface وتعتمد تلك المرحلة بصورة رئيسية على أساليب و أطر تصميم التفاعل المادي، ولتحقيق تلك الخطوة يختار البحث الطرق والأساليب التالية :

- إطار (Holmquist, ١٩٩٩) ويدعم مفاهيمياً تحليل أنظمة منتجات التفاعل اللمسي.
- نموذج MCRpd (Ullmer & Ishii, ٢٠٠٠) ويدعم مفاهيمياً بناء واجهات التفاعل اللمسي TUIs
- إطار Bellotti, ٢٠٠٢)) ويدعم إجرائياً بناء واجهات التفاعل اللمسي.
- إطار (Koleva, ٢٠٠٣) ويدعم مفاهيمياً بناء واجهات التفاعل اللمسي.
- نموذج TAC (Shaer, ٢٠٠٤) ويدعم مفاهيمياً بناء واجهات التفاعل اللمسي.
- إطار فرورجر للتفاعل اللمسي (Wensveen, ٢٠٠٤) ويدعم إجرائياً بناء واجهات التفاعل اللمسي.
- طريقة تحليل حركات الواجهات (Benford, ٢٠٠٥) وتدعم إجرائياً بناء وجهات التفاعل اللمسي.
- إطار (Hornecker and Buur, ٢٠٠٦) ويدعم مفاهيمياً تصنيف أنظمة التفاعل اللمسي.
- إطار كوكي فلافورز (Kimura Cookie Flavors, ٢٠٠٧) ويدعم إجرائياً بناء وتطوير واجهات التفاعل اللمسي.
- إطار (Rogers and Muller, ٢٠٠٦) ويدعم مفاهيمياً بناء واجهات التفاعل اللمسي.

٣-٢-٢- تصميم المظهر Appearance design

حيث يتم إعطاء مظهراً مادياً للمخرج التصميمي التفاعلي بشكل يتوافق مع واجهة التفاعل المادي ويعكس التصور التصميمي للمنتج، وهنا يجب الإشارة إلى أن ترتيب تلك المرحلة يعتمد على وجهة نظر المصمم، حيث يرى البعض أن تصميم الواجهة التفاعلية يأتي أولاً ثم يتم بعد ذلك تصميم الهيكل المادي للمنتج ويعتالون في ذلك بإن الواجهات الرسومية قياسية جدا –حيث تعتمد على مقاسات محددة لوسائط العرض المرئي- بينما الوجهات الملموسة ليست قياسية مما يجعلها مرنة إلى حد كبير وتعتمد في بنائها على المستشعرات وغيرها من وسائط الإدخال غير التقليدية مثل أجهزة الرؤية الحاسوبية و ووسائط RFID وغيرهما، وبذلك فإن منتج التفاعل المادي يستلزم بناء الواجهة التفاعلية أولاً ثم بناء الهيكل الخارجي للمنتج التفاعلي تالياً (Kimura, ٢٠٠٧)، وعلى الجانب الآخر فإن هناك من يؤكد على ضرورة إتمام عمليتي التصميم على التوازي فيتم تصميم الواجهة التفاعلية إلى جانب تصميم المظهر الخارجي في نفس الوقت ويعتالون في ذلك بإن التوازي في العمليات وتصميم الشكل منذ البداية يعزز الجوانب الجمالية للمنتج من خلال صنع الشكل للمعني (Djajadiningrat, ٢٠٠٤.) .

ومن وجهة نظر البحث فإن كلا الرأيين صحيح وأن إتخاذ أي الإجراءات يعتمد بصورة مباشرة على الموقف التصميمي فتأكيد المعني من خلال الشكل أو تبسيط الإجراءات التصميمية من خلال توالي العمليات يعتمد بصورة كبيرة على طبيعة المنتج التفاعلي. ولإنجاز تلك الخطوة فمن الممكن الإستعانة بالطرق التالية:

• إطار (Djajadiningrat, ٢٠٠٤) ويدعم مفاهيمياً تصميم المظهر.
• إطار كوكي فلافورز (Kimura Cookie Flavors, ٢٠٠٧) ويدعم مفاهيمياً تصميم المظهر.

٣-٣- النمذجة

الهدف من هذا النشاط هو الخروج بنموذج أولى عامل (كامل الوظائف) قابل للإختبار ويعكس الجوانب الشكلية والتفاعلية للتصور التصميمي، ويعتمد إنتاج هذا النموذج على الإجراءات التالية:

٣-٣-١- إعداد النموذج التفاعلي

في هذا الإجراء يتم ترجمة واجهة المستخدم التفاعلية في صورة نظام ميكاتروني يعكس العناصر المادية والمعلومات الرقمية لواجهة التفاعل المادية كما يحاكي الارتباط والتفاعل بين تلك العناصر، والهدف من هذا النموذج هو إختبار جوانب التفاعل المادي للتصور التصميمي، ويقترح البحث لإنجاز هذا الإجراء الأدوات التالي :

• مجموعة أدوات كوكي فلافورز Cookie Flavors (Kimura, ٢٠٠٧) وتدعم بناء النماذج التفاعلية لتلك المنتجات.
• مجموعة أدوات Calder (Johnny C., ٢٠٠٤) وتدعم بناء النماذج العاملة لواجهات التفاعل اللمسي.
• مجموعة أدوات Papier-Mâché (Scott R., ٢٠٠٤) لبناء واجهات التفاعل الملموسة.

٣-٣-٢- إعداد النموذج الشكلي

في هذا الإجراء يتم بناء نموذج للهيكل الخارجي للمنتج، وهو ما يسهم في تجسيد التصور التصميمي في صورة مادية ملموسة، ويقترب خطوة أكبر نحو الصورة النهائية للمنتج،

والهدف من هذا النموذج هو اختبار الجوانب الشكلية للتصميم.

٣-٣-٣- دمج النموذجين التفاعلي والشكلي

في هذا الإجراء يتم دمج النموذج التفاعلي ونموذج الهيكل الخارجي للمنتج في صورة عينة أولى تجريبية، ويلاحظ هنا أن عملية الدمج تكشف الكثير من المشكلات التصميمية الدقيقة التي يصعب تصورها أثناء مراحل التصميم الأولى، فمن بين تلك المشكلات عدم توافق بعض أو أجزاء من نموذج الهيكل الخارجي مع نموذج النظام وخاصة تلك العناصر المادية له، أو ظهور بعض المشكلات في واجهة التفاعل المادي نتيجة عملية الدمج تلك، أو صعوبة إجراء عمليات الفك والتركيب لأغراض التجميع أو الصيانة، فظهور تلك المشكلات هو الدافع الأول لتطوير تلك العينة.

٣-٣-٤- تطوير العينة

في هذا الإجراء يتم المعالجة التدريجية للمشكلات الدقيقة في النموذج السابق والتي كشفتها مرحلة الدمج، وتنتهي تلك المرحلة بالحصول على نموذج قابل للاختبار ويجسد التصور التصميمي للمنتج فالهدف من هذا النموذج هو التأكد من الجوانب الشكلية والتفاعلية للتصميم، ومعالجة المشكلات به.

٣-٤- التقييم

الهدف الأساسي من هذا النشاط هو توجيه عمليات التصميم، فمن خلال تقييم و إختبار النموذج الأولي المنتج في النشاط السابق يتم الخروج ببعض النتائج التي توجه عمليات التصميم، و يقترح البحث لتحقيق نشاط التقييم الإجراءات التالية:

٣-٤-١- إعداد الإختبار

في ضوء دراسة المشكلة والذي تم في نشاط البحث يتم وضع مجموعة من الإعتبارات الوظيفية والمظهرية للمنتج ومن ثم يتم تصميم إختبار (في صورة قائمة مراجعة، إستبيان للمستخدمين المتوقعين ... إلخ) للتأكد من مدي مطابقة تلك المتطلبات لنموذج المنتج النهائي، ومن الممكن الإستعانة بالطرق التالية في إعداد الإعتبارات الخاصة بنماذج وطرق التقييم وهي على النحو التالي:

- إطار (Antle, ٢٠٠٧) ويقدم إعتبارات خاصة بتصميم مصنوعات التفاعل اللمسي للأطفال.
- إطار (Rogers and Muller, ٢٠٠٦) ويقدم إعتبارات عامة عند تصميم واجهات التفاعل اللمسي.

٣-٤-٢- الإختبار الفعلي

من خلال الإختبار المصمم في الإجراء السابق، يتم إختبار العينة الأولى للمنتج ويلاحظ أن سياق الإختبار يجب أن يتصف بالموضوعية من حيث عناصر الإختبار وبيئة الإختبار وخلافه... وذلك تأكيداً على صحة النتائج.

٣-٤-٣- توجيه ما بعد الاختبار

في ضوء نتائج الإختبار السابق يتم توجيه عملية التصميم، وذلك على النحو التالي:

- العينة محققة لمتطلبات التصميم ... توجيه إلى خارج عمليات التصميم
- العينة غير محققة لمتطلبات التصميم ... تغذية مرتدة نحو عمليات التصميم، علي النحو الآتي :

- هناك بعض الصعوبة أو عدم الوضوح في الجوانب التفاعلية للمنتج ... عودة مرة آخرى لنشاط البحث.
- التصور العام به بعض المشكلات أو يحتاج لإعادة صياغة .. عودة إلى إجراء التصور العام للحل التصميمي.
- يوجد بعض جوانب التصميم الشكلي أو التفاعلي تحتاج لإعادة صياغة ... عودة إلى وضع الأفكار.
- هناك بعض المشكلات في العينة الأولى أو بشكل عام تحتاج لإعادة بناءها ... عودة إلى إجراءات النمذجة.

وتلخيصاً لتلك الأنشطة والطرق المختارة لتحقيقها، يعرض الجدول (١) مصفوفة لأنشطة تصميم التفاعل والطرق الداعمة لها.

أنشطة التصميم	الإجراءات	الطرق والأدوات												
		Holmquist, 1999	Ullmer & Ishii, 2000	Bellotti, 2002	Koleva, 2003	Wensveen, 2004	Shaer, 2004	Djajadiningrat, 2004	Papier-Mâché, 2004	Calder, 2004	Benford, 2005	Rogers and Muller, 2006	Hornecker and Buur,	Cookie Flavors, 2007	Antle, 2007
البحث	إستكشاف الظاهرة														
	جمع المعلومات														
	التحليل والتصنيف	اجرائي	اجرائي	مفاهيمي		اجرائي	اجرائي					مفاهيمي	مفاهيمي		مفاهيمي
	تحديد المشكلة														
التصميم	التصور العام			مفاهيمي				مفاهيمي				مفاهيمي	مفاهيمي		مفاهيمي
	تصميم TUI	مفاهيمي	مفاهيمي	اجرائي	مفاهيمي	اجرائي	مفاهيمي			اجرائي	اجرائي	مفاهيمي	مفاهيمي	اجرائي	
	تصميم المظهر							مفاهيمي						مفاهيمي	
النمذجة	نمذجة TUI								اجرائي	اجرائي				اجرائي	
	نمذجة الهيكل														
التقييم	إعداد الإختبارات											مفاهيمي			مفاهيمي
	الإختبار الفعلي														
	توجيه بعد الإختبار														

جدول (١) مصفوفة أنشطة تصميم التفاعل والطرق الداعمة لها.

رابعاً : النتائج والتوصيات

توصل البحث إلى مجموعة من النتائج و التوصيات نوجزها فيما يلي.

٤-١- النتائج

توصل البحث إلى النتائج التالية:

• ثبت فرض البحث حيث أمكن الحصول على نموذج مقترح لتصميم منتجات التفاعل الملموس في ضوء أطر وأساليب واجهات التفاعل الملموس وإعتماداً على أنشطة تصميم التفاعل.

•من الممكن الإستفادة من أطر TUI في أنشطة تصميم منتجات التفاعل الملموس مفاهيمياً وإجرائياً، وذلك لوجود العديد من الطرق الداعمة لإجراءات التصميم الثلاث المقترحة في نموذج البحث.

• تتعدد أطر التصميم التي يمكن الإستفادة منها في تحليل بنيات وجهات التفاعل الملموس، وتحديد العناصر المكونة لها وعلاقة تلك العناصر ببعضها البعض، وتتنوع تلك الأطر لتشمل أطر إجرائية مثل: نموذج MCRpd، نموذج الرمز المميز و القيد، وبعضها مفاهيمي مثل: إطار هورنكر وبور.

• من الممكن الإستفادة من مجموعات البناء الخاصة بواجهات TUIs في إعداد النماذج الأولية العاملة لمنتجات التفاعل الملموس.

٤-٢- التوصيات

ويوصي البحث بما يلي:

• إعادة النظر في طرق تعليم تصميم التفاعل الملموس، وإعداد المزيد من الدراسات الداعمة لهذا الإتجاه.

• إعداد المزيد من الدراسات الداعمة لتصميم منتجات التفاعل الملموس.

مراجع البحث :

[1] Antle, A.N. (2007). The CTI framework: informing the design of tangible systems for children. In Proc. 1st Int. Conf. Tangible and Embedded interaction, TEI ’07, pp. 195–202. New York: ACM Press.

[2] Bellotti, V., Back, M., Edwards, W.K., Grinter, R.E., Henderson, A., & Lopes, C. (2002). Making sense of sensing systems: five questions for designers and researchers. Proc. SIGCHI Conf. Human Factors in Computing Systems: Changing Our World, Changing Ourselves, CHI ’02, pp. 415–422. New York: ACM Press.

[3]Benford, S., Schnadelbach, H., Koleva, B., Anastasi, R., Greenhalgh, C., Rodden, T., Green, J., Ghali, A., Pridmore, T., Gaver, B., Boucher, A., Walker, B., Pennington, S., Schmidt, A., Gellersen, H., & Steed, A. (2005). Expected, sensed, and desired: a framework for designing sensing- based interaction. ACM Transactions on Computer–Human Interactions 12(1), 3–30.

[4]Djajadiningrat, T., Wensveen, S., Frens, J., & Overbeeke, K. (2004). Tangible products: redressing the balance between appearance and action. Personal and Ubiquitous Computing 8(5), 294–309.

[5]Holmquist, L.E., Redstro¨m, J.,& Ljungstrand, P. (1999). Token-based access to digital information. Proc. First Int. Symp. Handheld and Ubiquitous Computing, HUC ’99, pp. 234–245. Karlsruhe, Germany: Springer–Verlag.

[6]Hornecker, E., & Buur, J. (2006). Getting a grip on tangible interaction: a framework on physical space and social interaction. Proc. SIGCHI Conf. Human Factors in Computing Systems, CHI ’06 (Grinter, R., Rodden, T., Aoki, P., Cutrell, E., Jeffries, R., & Olson, G., Eds.), pp. 437– 446. New York: ACM Press

[7]Johnny C. Lee., Daniel Avrahami., Scott E. Hudson., Jodi Forlizzi., Paul H. Dietz.,& Darren Leigh., (2004). The Calder Toolkit: Wired and Wireless-Components for Rapidly Prototyping Interactive Devices. Proc. the 5th conference on Designing interactive systems: processes, practices, methods, and techniques, DIS ’04, pp. 167–175.

[8]Kimura, H., Okuda, Y., & Nakajima, T. (2007). CookieFlavors: rapid composition framework for tangible media. Proc. 2007 Int. Conf. Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies (NGMAST ’07), pp. 100–109.

[9]Koleva, B., Benford, S., Ng, K.H., & Rodden, T. (2003). A Framework for Tangible User Interfaces, Physical Interaction (PI03), Workshop on Real World User Interfaces, Mobile HCI Conf., Udine, Italy

[10]Kuutti, K. (1995). Activity theory as a potential framework for human–computer interaction research. In Context and Consciousness: Activity Theory and Human–Computer Interaction (Nardi, B.A., Ed.), pp. 17–44. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology.

[11]Preece J, Rogers Y, Sharp H. (2002). ‹Interaction Design: beyond human Computer interaction›. 6Th Ed., Wiley Publishing, Inc., Indianapolis, Indiana , USA.

[12]Rogers, Y., & Muller, H. (2006). A framework for designing sensor-based interactions to promote explo-

ration and reflection in play. International Journal of Human–Computer Studies 64(1), 1–14.

[13]Scott R. Klemmer., Jack Li., James Lin., & James A. Landay. (2004). Papier-Mâché: Toolkit support for tangible input. Conference: Proceedings of the 2004 Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI 2004, Vienna, Austria, April 24 - 29, 2004

[14]Shaer, O., Leland, N., Calvillo-Gamez, E.H., & Jacob, R.J. (2004). The TAC paradigm: specifying tangible user interfaces. Personal and Ubiquitous Computing 8(5), 359–369.

[15]Ullmer, B., & Ishii, H. (2000). Emerging frameworks for tangible user interfaces.IBM Systems Journal 39(3–4), pp. 915–931. Ullmer, B., & Ishii, H. (2001). Emerging frameworks for tangible user interfaces.In Human–Computer Interaction in the New Millenium (Carroll, J.D., Ed.), pp. 579–601. Reading, MA: Addison–Wesley.

[16]Wensveen, S.A., Djajadiningrat, J.P., & Overbeeke, C.J. (2004). Interaction frogger: a design framework to couple action and function through feedback and feedforward. Proc. 5th Conf. Designing Interactive Systems: Processes, Practices, Methods, and Techniques, DIS ’04, pp. 177–184. New York: ACM Press.