التجديد والتحول الفكري في تصميم المنتج الصناعي المعاصر

د. وليد محمد مهدي عيسى
وزارة التربية– المديرية العامة للتعليم المهني
Walsdy211@gmail.com

الملخص:
انطلق البحث من إشكالية التحول الفكري وعملياته الانتاجية وماهية أدوارها في تجديد المنتجات الصناعية. مستعرضا لمنطلقات التجديد التصميمي ومفاهيم التحول العامة والمبادئ الأساسية للتحول والتي تحددت بمبادئ: التوسيع و الطي، والكشف والاخفاء، والادماج والتقسيم. والتي أدت الى تحديد مفهوم التحول بانه فعل تغيير الحالة من أجل ايجاد وظيفة جديدة، أو تحسين وظيفة موجودة. اذ يمكن أن يكون التصميم التحولي حلاً لتصميم المنتجات التي تخدم وظائف متعددة تنطوي على سمات او خصائص متعارضة. فضلا عن ان بعض منتجات التحول قد تؤدي وظائف بين حالات غير ممكنة في منتجات الحالة الواحدة. وتوصل البحث الى مجموعة من الاستنتاجات كان من أهمها: يتم تنظيم التحولات حسب مجال المنتج. يتضمن مجال المنتج منتجات ذات احتياجات مماثلة وتجسيدًا في التصميم ووظائفًا. و لا تحتاج منتجات التحول إلى تطبيقها فقط على مجال منتج واحد، ولكن يمكنها سد الفجوة الوظيفية بين المجالات. و التحول في تصميم المنتجات سواء داخل مجالات المنتج أو فيما بينها، له العديد من المزايا المحتملة على تصميمات الحالة الفردية. والميزة الرئيسة هي أن المنتج نفسه قادر على أداء وظائف أساسية متعددة.

الكلمات المفتاحية: التجديد: Intellectual Innovation التحول: Transformation

Abstract

The research started from the problem of intellectual transformation, its production processes and what are its roles in the renewal of industrial products demonstrating the concepts of design renewal, general concepts of transformation, and the basic principles of transformation, which are defined by the principles: expansion, folding, detection, concealment, inclusion, and division which lead to identifying transformation concept that the act of changing the situation in order to find a new job or improve an existing job

As transformational design can be a solution to product design that serves multiple functions with conflicting features or characteristics In addition, some transformation products may perform functions between states that are not

possible in single case products . The research has reached a set of important conclusions : Transitions are organized by product domain. The product area includes products of similar needs and an embodiment of design and functionality . Transformation products do not need to be applied but only to one product area, but they can bridge the functional gap between the fields .
Keywords: **Intellectual Innovation , Transformation**

مقدمة:

تاريخ البشرية هو شهادة على كيفية مواجهتنا للإشكالات وكيفية وأساليب حلها. بصرف النظر عن مدى أهمية مهمة ما، فإننا نبتكر باستمرار لحل المشكلات. فالتجديد هو عملية تؤدي إلى تحسينات في التكنولوجيا والأساليب ووجودنا الإنساني. ففي التصميم الصناعي، يستلزم التجديد استخدام الأدوات والعمليات التي تعزز فوائد العلوم والتقنيات الموجودة. هذه التحسينات بدورها تؤدي إلى فوائد للاحتياجات الاجتماعية والفردية. وبدون التجديد، نفقد هويتنا وقدرتنا على التكيف وحافزنا لإحداث التغيير، لذا فالتجديد هو مسار ثابت للعمل يسمح بالتعبير عن الإبداع والشخصية والاكتشاف.

تُستخدم الأساليب والأدوات التصميمية في حل مشاكل العالم الحقيقي سواء أكانت تستكشف المراحل اللامتناهية من الحقل أو تضخيم إطار حل المشكلات. فالتجديد والتحول في التصميم الصناعي ينطلق من تعزيز الإبداع وتمكينه، وتسبب عمليات التحول الفكري في تقدم وتطور الحياة الانسانية. اذ توفر مناهج التحول في التفكير والنتاج التصميمي الفرصة لكيفية تحسين عمليات التجديد من خلال استخدام التفكير التطبيقي واستخدام مبادئ التصميم، أي التحليلات الوصفية. ويعتمد تطوير منهجية التصميم لتحديد التحولات في المنتجات على عرض علائقي لسيناريوهات استخدام النظم التصميمية، واحتياجات المستهلكين المعنية، والحلول على مستوى النظام المتعلقة بالاحتياجات.

أن التحول والتغيير في طبيعة البنى الفكرية والاجتماعية والاقتصادية لمجاميع المستهلكين، ولد متطلبا ضاغطا في تجديد البنى العميقة والظاهرة للنتاج التصميمي تناسبا مع هذه التحولات والتغييرات. ومن ثم، فان التحول والتغيير والتجديد في بنية المنتج الصناعي كان امرا محتوما وشرطا ضاغطا على مؤسسات الإنتاج الصناعي. ولكي تستطيع هذه المؤسسات ان تكون حاضرة في السوق العالمية، فإن صيغ التجديد والاختراع ينبغي أن تكون حاضرة في فلسفتها التصميمية والتصنيعية. وهو أمر تخصص له هذه المؤسسات الوقت والجهد والموارد الكثيرة وتتبنى المتخصصين ذوي الكفاءات لتحقيق تجديدات تتناسب ومتطلبات مستهلك العصر الحالي والعصور المستقبلية القادمة. إذ إن الزخم المعرفي والمعلوماتي الهائل الذي تعيشه الإنسانية يحتم على المصمم بلورة رؤية متكاملة للمزيج الصناعي حتى يتسنى لنا

كأفراد ومؤسسات الاستفادة القصوى من هذا الزخم، ويتم ذلك بدعم وإسناد عملية التجديد التحولي لما توفره هذه العملية من آفاق جديدة ورؤى جديدة تجمع البعد التاريخي التأصيلي وبعد العصر وتطوراته(Jan Verloop, 2004,p17). وعادة ما يشير التجديد الى الأفكار المطبقة بنجاح، ويشير النجاح هنا إلى الوقت كعامل مؤثر، فيكون التجديد ناجحاً في البداية ثم يفشل آخر الأمر أو العكس. وكلمة "مطبقة" تعني التطبيق داخل المؤسسة او الهيأة والانتشار دولياً بين مجموعة من المستخدمين(مارك وجان، ٢٠١٤،ص٢٤). ومن هذا المنطلق فان مشكلة البحث تتحدد بالتساؤل التالي:

- **هل لعمليات التحول الفكري دورا في تجديد المنتجات الصناعية المعاصرة؟**

هدف البحث:

يهدف البحث الى: إيجاد مبادئ أساسية للتجديد والتحول الشكلي والوظيفي في تصميم المنتج الصناعي.

تعريف المصطلحات

التجديد: مصطلح له جذوره من الكلمة اللاتينية "novus" ، والتي تعني "جديد"، وهو مشتق من الفعل "in + novare" الذي يغطي معنى "صنع جديد". لذلك ، في السياق الأوسع ، "التجديد" هو "البدء أو تقديم (شيء جديد) لأول مرة" ، و "التجديد" له معنى "فعل تقديم شيء جديد"

(The American Heritage Dictionary,2000,p339).

في معناه الحديث هو "فكرة جديدة ، أفكار إبداعية ، خيال جديد في شكل أداة أو طريقة. وهو تطبيق لحلول أفضل تلبي المتطلبات الجديدة أو الاحتياجات غير المفصلة أو احتياجات السوق الحالية. يتم مثل هذا التجديد من طريق توفير منتجات أو عمليات أو خدمات أو تقنيات أو نماذج أعمال أكثر فعالية يتم توفيرها للأسواق والحكومات والمجتمع. فالتجديد هو شيء أصلي وأكثر فعالية ، ونتيجة لذلك ، جديد ، "يقتحم" السوق أو المجتمع(Franklin,2009,p41).

التحول: ان مفهوم التحول يأتي بمعنى التبدل والتغير من حال الى حال، والتحول عن شيء يعني الانصراف عنه الى سواه(سهيل ادريس،١٩٩٨،ص٨٠٩). وهو تغيير كامل في مظهر أو صفات شيء ما، بحيث يتم تحسين هذا الشيء

.(Cambridge dictionary,net)

التجديد التصميمي:

يدرس ليونارد وسواب "التجديد" فيما يتعلق "بالإبداع". فالتجديد وفقا لطروحاتهما هو النتيجة النهائية لنشاط إبداعي. في هذا الإطار ، ويعرّفان "الإبداع" بأنه "عملية تطوير والتعبير عن أفكار جديدة يحتمل أن تكون مفيدة. لا يشدد هذا التعريف على الخصائص الجديدة والاصيلة وغير العادية فحسب، بل يركز أيضًا على الخصائص "المفيدة" للنشاط الإبداعي ، مما يؤدي إلى إمكانية الفائدة من هذا المنظور، وكنتيجة نهائية للعملية الإبداعية ، فان "التجديد هو تجسيد أو توليف المعرفة في منتج أو عمليات أو خدمات جديدة واصيلة وذات صلة وذات قيمة"

.(Leonard& Swap,1999,p83)

في اللغة اليومية، يُعرف "التجديد" كمرادف لـ "الاختراع"، وهو ما يعني "جهاز جديد أو عملية تم إنشاؤها عن طريق الدراسة والتجربة. من المعروف أنه يستخدم جيدًا من حيث الأصل بعد مصطلح "الاختراع" ، وفقًا لجمعية إدارة تطوير المنتجات ، فإن فعل "التجديد" ... يشمل الاختراع بالإضافة إلى العمل المطلوب لجلب فكرة أو مفهوم إلى الشكل النهائي ". وفقًا لتيد وآخرون ، فان "التجديد هو أكثر من مجرد ابتكار أفكار جيدة؛ إنها عملية ترقيتهم إلى الاستخدام العملي "إنهم يكشفون الاختراع على أنه "الخطوة الأولى فقط في عملية طويلة لجلب فكرة جيدة إلى الاستخدام الواسع والفعال"(Tidd,et al,2001,p60).

فالتجديد كما يراه روجرز: "هو ظهور انتاج جديد ناتج عن تفاعل بين الفرد وبين مادة الخبرة، والنتاج الجديد ليس هو الفرد نفسه ولا هو مادة الواقع إنما هو هذا التفاعل الناتج بين الاثنين، فيعبر الناتج التجديدي عما في الفرد من تصميم ومن تميز من ناحية، وعن المواد والأحداث والناس والظروف المرتبطة بحياته من ناحية أخرى"(Rogers,1962,p32).

وكسياق متصل عبّر الجادرجي عن التجديد بأنه: "إحداث أو توليد كيان من كيان آخر، أو التحول خصائصه من حالة إلى أخرى كالتحول الخشب إلى كرسي، فهذا عمل تجديدي يقاس بقدر ما أضاف عليه الفرد من مخيلته(الجادرجي،١٩٩٥،ص٧٩). اذ من وظائف التخيل ما نطلق عليه الوظيفة التجديدية، وهي القدرة على تركيب منتجات صناعية وإنتاجها بشكل جديد لا تكون موجودة في الواقع، على الرغم من أن عناصرها ومكوناتها مستمدة أصلاً من الواقع وتتصف بالفائدة والجدة

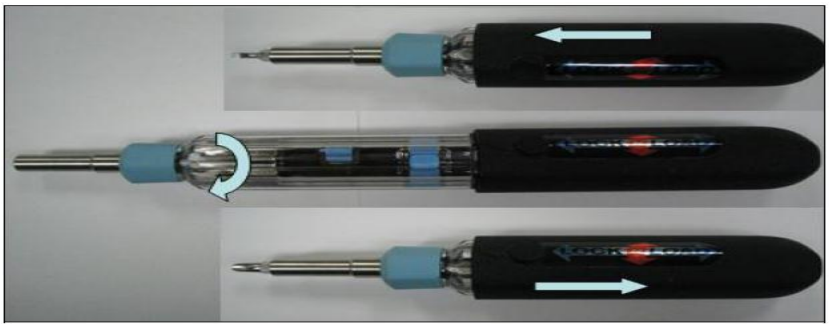
(مجدي،١٩٩٧،ص٥٩).

مفهوم التحول

عندما يُسأل المرء عن التحول في تصميم المنتجات، فإن ما يتبادر إلى الذهن قد يكون النظرة الفنية لمنتصف الثمانينات من روبوت يتحول إلى مركبة برية أو مركبة جوية أو ديناصور. أصبحت بعض هذه الرؤى للروبوتات شعبية من الفيلم السينمائي "المتحولون" Transformersونظرائهم في الألعاب. هذا المفهوم للتحول، على الرغم من أنه محتمل الحدوث، يوفر ارتباطًا من الدرجة الأولى، رمزًا، ويمثل بعض القواعد الأساسية للتحولات. استنادًا إلى بحثنا في تحول النظم، فإننا نعرّف المحول كنظام يعرض تغيير الحالة من أجل تسهيل وظيفة جديدة أو تحسين وظيفة حالية (Singh, et al, 2006,p995)،(Skiles, et al, p584). يتم تعريف حالة النظام، للنطاق المادي أو الميكانيكي، على أنها تكوين مادي محدد يؤدي فيه النظام وظيفة. على سبيل المثال، كرسي السلم (الشكل ١) له حالتان: الأولى هي تكوين الكرسي الخاص بها (الشكل ١ (a)) والحالة الثانية (الشكل ١ (b)) هي تكوين السلم،

الشكل (١)

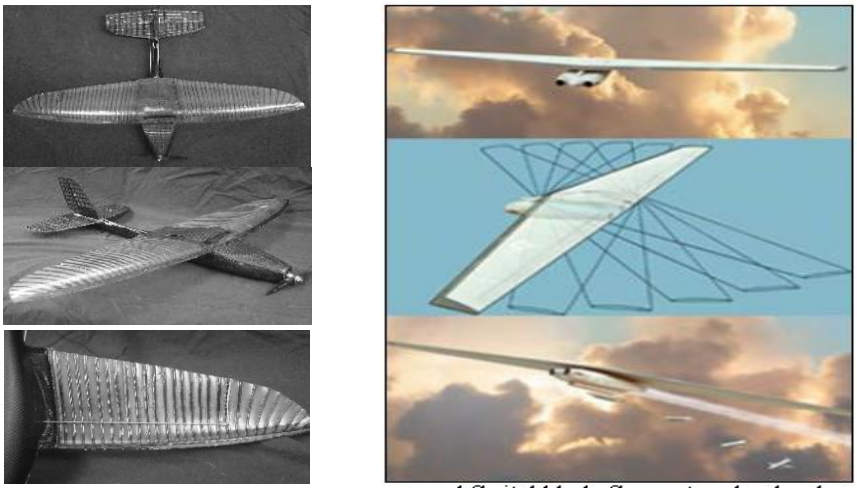
المنتجات المحولة لديها ذخيرة وظيفية أوسع بكثير من المنتجات التقليدية لحالة واحدة. يوضح الشكل ٢ مثالاً على التحول مفك مسامير لولبية – ٦ في ١، يمكنه تغيير وظائفه عن طريق تغيير تكوين الرأس (على سبيل المثال من رأس "Phillips" إلى رأس مستقيم) .



الشكل (٢)

توجد تطبيقات التحولات في مجموعة واسعة من مجالات المنتجات بدءًا من المنتجات المنزلية وحتى التطبيقات في المركبات الجوية. لقد تم تصميم Switchblade UAV، الذي قامت بتطويره شركة نورثروب جرومان، من أجل رحلة طويلة المدى وطويلة الأمد. يمكن أن تتجول الطائرة بالقرب من أراضي العدو لأكثر من ١٢ ساعة ثم تتحول لتطير بسرعة إلى هدف عندما يُطلب منها القيام بذلك. يوضح (الشكل ٣) طائرة Switchblade التي تدور أجنحتها بنحو (٦٠) درجة قبل كسر حاجز الصوت الادعاء هو أن عملية إعادة التكوين هذه تعيد توزيع موجات الصدمة التي تتراكم أمام الطائرة بسرعات ما بعد الصوت وتحفز السحب عند سرعات دون الصوتية، تدور أجنحة Switchblade للخلف إذ تكون متعامدة مع جسم الطائرة تمامًا مثل الطائرة التقليدية. يجري العمل أيضًا على التحول الأجنحة؛ اذ تمر الأجنحة بتحول لتوفير وظيفة إضافية في هيكل الطائرة، مثل التغيير في خصائص الرحلة، وتشغيل مقاومة العاصفة، وزيادة وقت الرحلة، إلخ

.(Abdulrahim, et al, 2005,p133)



الشكل (٣)

تشمل مزايا التحول وظائف إضافية، واستخدام موارد أقل (مثل مواد البناء والوقود)، وتوفير في الحجم والوقت؛ ومع ذلك، قد يكون للتحول أيضًا عيوب مثل زيادة الوقت الأولي للتطوير والتعقيد في تصميمها (Singh, et al,2006,575). إن دور نظرية تصميم التحول في المنتجات الصناعية هو تحديد متى وما إذا كان ينبغي تصور التحولات لمشكلة معينة، وإبراز المزايا، وتقليل العيوب أو إزالتها.

المبادئ الأساسية للتحول:

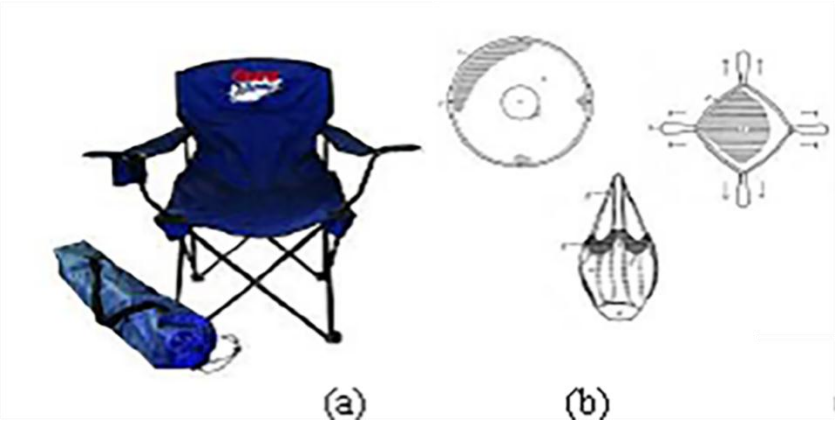
مبادئ التحول هو توجيه عام لإحداث نوع معين من التجديد في بنية ووظيفة المنتج الصناعي. في هذا المعنى، هو مبدأ توجيهي، عندما يجسد منفردا يتشكل التحول. اذ يمكن تجسيد العديد من النماذج من مبدأ معين، مما يؤدي إلى مفهوم مبادئ التحول بأنه "تشبيه التغير والتطور وإعادة التصميم".

التحول في تصميم المنتج الصناعي لا يؤدي إلى حدوث تحول فردي في جانب واحد من جوانب المنتج، وانما تحولات جذرية في تصميم المنتج على مستوى الهيئة والوظيفة. من خلال نهجنا البحثي كما هو موضح أعلاه، هناك ثلاثة مبادئ أساسية للتحول ، والتي تمثل إمكانات التحول في المجال التركيبي للمنتج، هي: "التوسيع / الطي Expand / Collapse"، والكشف / الاخفاء "Expos / Cover"، والادماج /التقسيم "Fuse / Divide"، التابعة لهذه المبادئ الثلاثة هي انطلاقا من امكانيات التحول. اذ توجد علاقة هرمية بين المبدأ والعناصر المؤدية الى التحول، لأن المبادئ تصف الأسباب التي تسبب التحول بينما تصف العناصر الميسرة للتحول ما الذي يجعل وظيفة التحول فعالة وكاملة. وتم إنشاء هذه الفئة من خلال عملية البحث الاستنتاجية المشاركة في نهجنا.

١. التوسيع / الطي – تغيير الأبعاد المادية للمنتج لتحقيق زيادة او نقصان في الحجم المشغول في المقام الأول على طول المحور، في المستوى أو في الأبعاد الثلاثة. الهياكل القابلة للطي أو القابلة للنشر قادرة على تغيير شكلها تلقائيًا من التكوين المضغوط والمغلف إلى التكوين التشغيلي الموسّع. كما في (الشكل ٤):

a. تحول الكرسي الرياضي المحمول للجلوس والتفكيك للتخزين أو النقل.

b. تحول الحقيبة في براءة الاختراع هذه من منشفة إلى تكوين حقيبة.

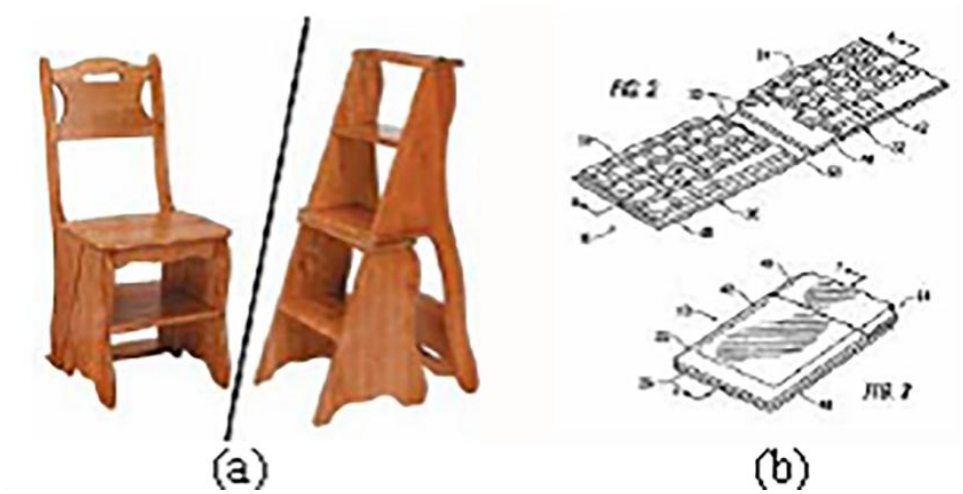


الشكل (٤)

٢. الكشف / الاخفاء – كشف سطح جديد أو اخفاء سطح مكشوف لتغيير الوظيفة. هذا المبدأ هو توجيه لتغيير ظاهر المنتج أو أجزائه وذلك لتغيير الوظيفة الأساسية للمنتج. يمكن إحداث هذا التغيير بواسطة أنواع مختلفة من التفاعل من جزء إلى آخر من أجزاء المنتج، أو شكل المنتج نفسه كما في (الشكل ٥):

a. الكرسي يدور ويكشف الأسطح الجديدة ليصبح سلم.

b. تطوى لوحة المفاتيح في براءة الاختراع هذه لتكشف عن سطح التشغيل.

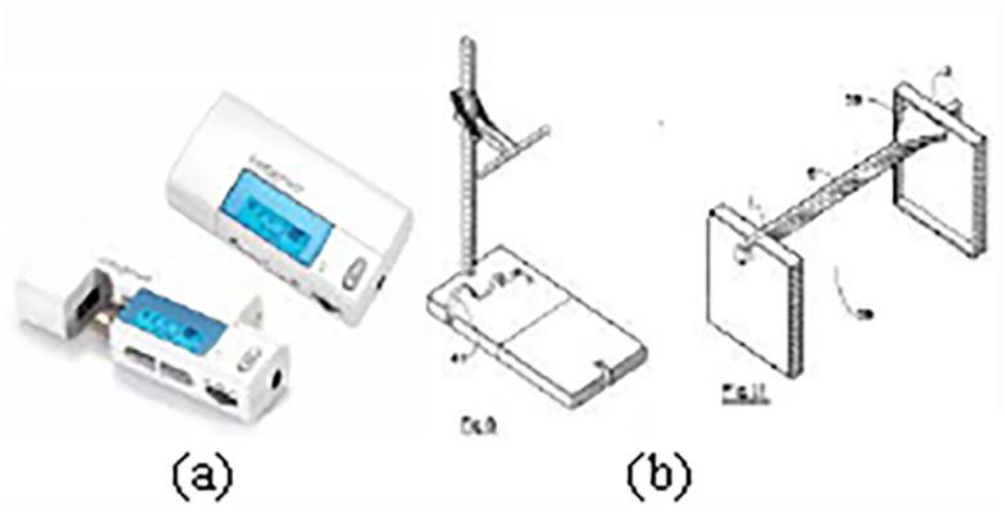


الشكل (٥)

٣. الادماج / التقسيم – اجعل المنتج أحادي الوظيفة يصبح جهازين أو أكثر، واحد منها على الأقل له وظيفته المتميزة المحددة بواسطة حالة التحول، أو العكس. يقسم المنتج الوظيفي إلى جزأين أو أكثر حيث يكون للجزء الأول على الأقل وظيفة أساسية مميزة. يمكن لدمج / انضمام جزأين أو أكثر مع وظائف أساسية مميزة أو متشابهة لتشكيل جهاز جديد مع وظيفة أساسية مختلفة كما في (الشكل ٦):

a) المنتج الموضح هو مشغل صوت يعمل أيضًا كمحرك أقراص USB محمول أو شريحة ذاكرة. أنه يتصل بوحدة مصدر الطاقة مما يجعل مشغل الصوت المحمولة.

b) المنتج الحاصل على براءة اختراع يظهر به أجزائه مفصولة عن العمل كمنصة للواجهة البشرية لتشكيل داعمين منفصلين لتكوين معدات التمرين الثاني.



الشكل (٦)

في حين أن تجسيد مبدأ التحول المنفردة يمكن أن يبدع في ايجاد منتجًا مُتحوِّلا، فإن مُيسِّرات التحول تساعد في تصميم التحولات، لكن تنفيذها لا يبدع التحول بمفرده. مثال على مُيسِّر التحول هو "الهيكل الأساسي المشترك"

:(Vikramjit, et al, 2009, p9-10)

• البنية الأساسية العامة – قم بتكوين المنتجات ذات البنية الأساسية التي لا تزال كما هي، في حين أن المحيط يتم إعادة تكوينه لتغيير وظيفة المنتج. في جوهرها، يمكن أن يتكون المنتج القابل لإعادة التشكيل من بنية أساسية هي بنية الدعم الرئيسة التي تسمح بمحاذاة / تحديد مواقع الأجزاء أو الأنظمة الطرفية المختلفة كما في (الشكل ٧):

a) يظل المنتج العامل لمنفاخ الأوراق الموضح هنا كما هو، بينما تغير الأدوات القابلة للاستخدام تشغيل المنتج من منفاخ إلى شفاط.

b) عصا اسناد تتغير وظائفها اعتمادا على مرفقاتها.

الشكل (٧)

التحول هو فعل تغيير الحالة من أجل ايجاد وظيفة جديدة، أو تحسين وظيفة موجودة. بناءً على هذا التعريف، يتم تعريف "الحالة" على النحو التالي: حالة المنتج هي التكوين المادي المحدد الذي يؤدي فيه المنتج وظيفة أساسية(ibid, p1).

قد يتم تخفيض سعر البيع وحتى تكاليف التصنيع عند مقارنتها بتكلفة مجموعة من المنتجات ذات الوظيفة الواحدة. اذ يمكن تحقيق الفوائد في التطبيقات الحساسة للوزن و الحجم. على سبيل المثال، وجود جهاز الخلاط الكهربائي (شكل ٨) الذي يحل محل ثلاثة معالجات طعام سوف يقلل من العبء على المستهلك من الاضطرار إلى اقتناء ثلاثة منتجات مختلفة.

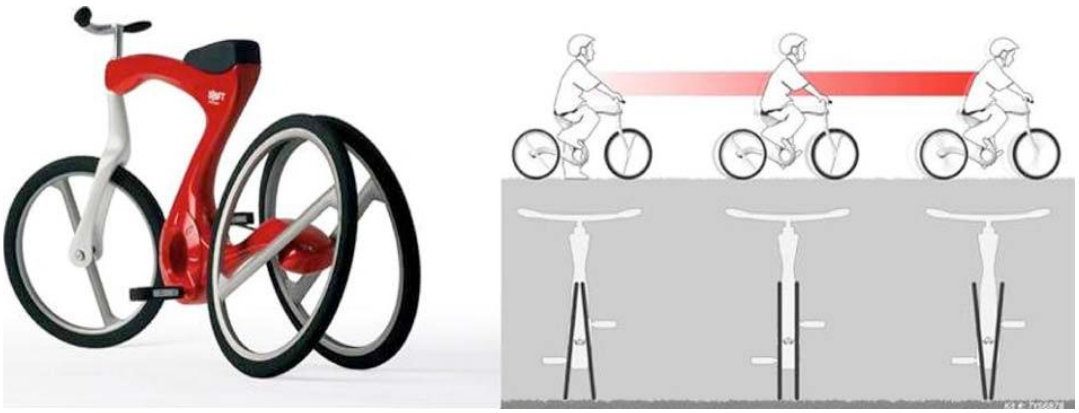
الشكل (٨)

- يمكن أن يكون التصميم التحولي حلاً لتصميم المنتجات التي تخدم وظائف متعددة تنطوي على سمات او خصائص متعارضة، والتي تؤثر على الوظائف، يتم فصلها في الوقت المناسب(Freeland, et al, 1997, p64). كما في (الشكل ٩)

الشكل (٩)

- قد تؤدي بعض منتجات التحول وظائف بين حالات غير ممكنة في منتجات الحالة الواحدة. على سبيل المثال (شفت SHIFT) كما موضح في (الشكل ١٠)، دراجة مبتكرة تم إنشاؤها بواسطة جامعة Purdueوهي تصميم جديد للدراجة الثلاثية، تسمح للأطفال بتعلم ركوبهم بأنفسهم من

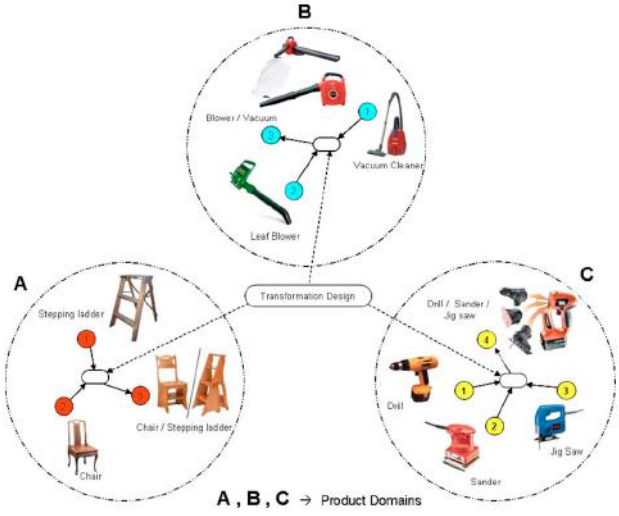
خلال منحهم استقرار ثلاث عجلات بسرعات منخفضة، مع السماح لهم بتجربة الحرية المتوازنة للدراجة ذات العجلتين وبسرعات أعلى(New Tricycle Morphs, net).



الشكل (١٠)

الاستنتاجات

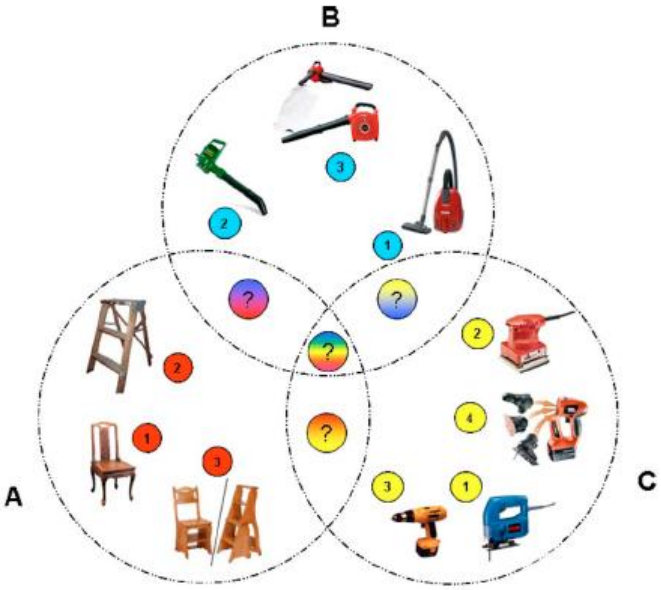
١. يتم تنظيم التحولات حسب مجال المنتج. يتضمن مجال المنتج الذي تم وضع علامة عليه ودائرة ملونة شائعة في الشكل منتجات ذات احتياجات مماثلة وتجسيدًا في التصميم ووظائفًا. على سبيل المثال، يمكن تصنيف منفاخ الأوراق والمكنسة الكهربائية في نفس مجال المنتج حيث أن وظيفتها الأساسية هي تلبية الحاجة إلى نقل الأشياء من خلال استخدام علم النيوماتيك.



٢. كما هو موضح في الشكل السابق، فإن منفاخ أوراق النباتات الكهربائي هو مثال لمنتج يعيد تشكيله، وفي هذه الحالة يصبح مكنسة كهربائية. وبالمثل، يعيد الكرسي تشكيله إلى سلم. وكذلك تؤدي أداة الصنفرة اليدوية، ومنشار الحفر اليدوي وظائف مختلفة ولكن يمكن تصميمها في أداة واحدة مع وحدات مختلفة. تمثل كل حالة من هذه الأداة تكوينًا فريدًا للتحول. هذه كلها أمثلة على المنتجات التي تتحول داخل مجال منتجاتها.

٣. لا تحتاج منتجات التحول إلى تطبيقها فقط على مجال منتج واحد، ولكن يمكنها سد الفجوة الوظيفية بين المجالات. الشكل التالي يجسد هذا المفهوم. يشير تقاطع نطاقات المنتج B و C، على الأقل من الناحية المفاهيمية إلى إمكانيات جديدة لإنشاء محولات بين أداة الطاقة والمجالات المادية.

٤. يمكن اعتبار منتجًا جديدًا يتحول بين تدريبات القوة ومكنسة كهربائية محمولة باليد. قد تكون الميزة هنا هي استخدام محول الطاقة المشترك.



٥. التحول في تصميم المنتجات سواء داخل مجالات المنتج أو فيما بينها، له العديد من المزايا المحتملة على تصميمات الحالة الفردية. الميزة الرئيسية هي أن المنتج نفسه قادر على أداء وظائف أساسية متعددة.

٦. لا يحتاج المستخدم إلى شراء العديد من المنتجات الفردية ونقلها وتخزينها في نهاية المطاف في حالة توفر منتجات قادرة على التحول وساندة لفكرة التجديد المبتكر والمعتمد على التحول في وظائفه.

٧. قد توفر منتجات التحولات تحسينات في الكفاءة والراحة وسهولة الاستخدام مقارنةً بالعروض المتعددة للمنتجات مع التركيز على الوظيفة الأساسية الفردية. من خلال مشاركة نموذج واحد، ولكن مع حالات متعددة، يوفر منتج المحول مغلف تصميم موسع قد ينتج عن هذه الأنواع من التحسينات.

٨. التحول يحمل أضرارًا محتملة لعملية التصميم أو حل التصميم. أحد أهداف منهجية التصميم التحولي والمبادئ المرتبطة بها هو تقليل أو إزالة هذه العيوب. اذ قد يتطلب التصميم التحولي المزيد من الوقت الأولي لتطوير منتجات ناجحة. نظرًا للتعقيد المحتمل للمحولات، بشكل عام، ينتج عن تصميمهم مشكلات فنية فريدة، مثل وظائف التحول الإضافية، التي يجب التغلب عليها. يجب موازنة التكلفة الإضافية المحتملة المرتبطة بتصميمها مقابل فوائدها الوظيفية المحتملة.

٩. قد يتسبب تضمين عناصر التحول في حدوث تعارض أو ارتباطات سلبية محتملة بين معلمات معينة للمنتج، مثل وزنه أو حجمه أو قوته أو نسبة كتلته. من أجل استيعاب العناصر اللازمة للتحول، قد تصبح المقايضات ضرورية ولكن يجب تجنبها إن أمكن من خلال حلول تصميم مبتكرة. مرة أخرى، يجب مراعاة هذه في ضوء الوظائف المضافة التي توفرها المنتجات القابلة لإعادة التشكيل.

١٠. نظرًا لأن المكونات في منتج متعدد المسارات يتم مشاركتها بشكل متكرر، فإن تصميمها يخضع لمجموعتين منفصلتين من المتطلبات، والتي قد تكون أو لا تكون متوافقة. قد يتسبب عدم التوافق هذا في حدوث تعارضات في عملية التصميم التي يجب معالجتها بشكل ابتكاري لتجنب حدوث انخفاض في كفاءة المنتج في أي حالة معينة.

١١. يجب معالجة هذه المشكلات المحتملة التي يطرحها تصميم المنتجات المحولة عند إنشاء منهجية تصميم رسمية. ومع ذلك، فمن الواضح أن منتجات التحولات لها إمكانات كبيرة في العديد من الأسواق وتمتلك عددًا من الفوائد المحتملة.

المصادر

١. الجادرجي، رفعت، "حوار في بنيوية الفن والعمارة" ، ط ١، رياض الريس، ١٩٩٥.

٢. حبيب مجدي عبد الكريم، التفكير البنائي والسمات التجديدية المصاحبة للتفكير متعدد الأبعاد لطلاب المرحلة الجامعية، منشورات الهيئة المصرية للكتاب العدد ٤٠٢١، ٤١ القاهرة، ١٩٩٧.

٣. سهيل ادريس، المنهل، قاموس فرنسي–عربي، ط٢، دار الآداب، بيروت، ١٩٩٨.

٤. مارك دودجسون وديفيد جان، التجديد، تر: زينب عاطف سيد، دار هنداوي للتعليم والثقافة، القاهرة، ط١، ٢٠١٤.

5. Abdulrahim, M., Garcia, H., and Lind, R., "Flight Characteristics of Shaping the Membrane Wing of a Micro Air Vehicle", Journal of Aircraft, Vol. 4٢, No.1, January-February 2005, pp. 131-137.
6. Cambridge dictionary, Definition of transformation, retrieved on march/12/2020. From: dictionary.cambridge.org/dictionary/English/transformation
7. Franklin, Perú. "Questioning two myths in innovation literature". The Journal of High Technology Management Research. 20: 2009. pp40–51.
8. Freeland, R. E., Bilyeu, G. D., Veal, G. R., Steiner M. D., and Carson D. E.,"Large Inflatable Deployable Antenna Flight Experiment Results," International Astronautical Federation. 1997.
9. Jan Verloop "insight innovation managing innovation by understanding the law of innovation" Elservier, 2004.
10. Leonard, D. and Swap, W. When Sparks Fly: Igniting Creativity in Groups. Harvard Business, School Press, Boston, Massachusetts.1999.
11. New Tricycle Morphs Into Bike on the Go, http://www.livescience.com/ technology/050429_bike_trainer.html.
12. Panasonic MC-E7103, http://www.beststuff.co.uk/ cylinder_vacuum_cleaners.htm.
13. Rogers C. R. Tovards theory of creativity in source book for creative thinking edited by Parnes S.J. and harding O.F.N.Y. charlers scribners soms co. 1962.
14. Singh, V., Skiles, S. M., Krager, J. E., Wood, K. L., Jensen, D., and Szmerekovsky, A., "Innovations in Design Through Transformation: A Fundamental Study of Transformation Principles", International Design Engineering Technical Conferences, Philadelphia, PA, 10 – 13 Sept. 2006, DETC-2006-99575.

15. Singh, V., Skiles, S. M., Krager, J. E., Wood, K. L., Jensen, D., and Szmerekovsky, A., "Innovations in Design Through Transformation: A Fundamental Study of Transformation Principles", International Design Engineering Technical Conferences, Philadelphia, PA, 10 – 13 Sept. 2006, DETC-2006-99575.
16. Skiles, S. M., Singh, V., Krager, J. E., Seepersad, C. C., Wood, K. L., Jensen, D, "Adapted Concept Generation and Computational Techniques for the Application of A Transformer Design Theory", International Design Engineering Technical Conferences, Philadelphia, PA, 10 – 13 Sept. 2006, DETC-2006-99584.
17. The American Heritage Dictionary, The American Heritage Dictionary of the English Language, 4th Edition, Houghton Mifflin Company, United States. 2000.
18. Tidd, J., Bessant, J. and Pavitt, K. Managing Innovation; Integrating Technological, Market and Organizational Change, 2nd edition, John Wiley & Sons Ltd., West Sussex, England. 2001.
19. Vikramjit Singh ,Brandon Walther, Kristin Wood, innovation through transformational design, Tools for Innovation, Oxford University Press, 2009, pp.1-46.
20. Vikramjit Singh, et al, Innovations in Design Through Transformation: A Fundamental Study of Transformation Principles, Journal of Mechanical Design, Vol. 131, AUGUST 2009, pp.1-18.