إرجونوميكس الروبوت: سيناريو معرفى للكائنات السلوكية الجديدة
Robot Ergonomics: A cognitive scenario of the new Behavioral Objects

أيمن محمد عفيفى عامر
أستاذ ورئيس قسم التصميم الصناعى، كلية الفنون التطبيقية ، جامعة دمياط، aymnafifi@yahoo.com
مينا إسحق توفيلس داود
مدرس مساعد بقسم التصميم الصناعى، كلية الفنون التطبيقية – جامعة دمياط، eshaqmina@gmail.com

ملخص البحث Abstract:
يستعرض البحث التطور الهائل لعلوم الإرجونوميكس فى عصر المعلوماتية، وفى ظل تحول تصميم المنتجات التقليدية إلى تلك التفاعلية لابد من تطبيق علوم الإرجونوميكس بطرق جديدة ومتنوعة لتناسب تحديات المستقبل القريب؛ فأدت الحاجة لابتكار مفهوم جديد يرتقى بتطبيقات وعلوم الإرجونوميكس إلى مستوى جديد من تصميم المنتجات المستقبلية – التفاعلية والروبوت –أُطْلِق عليه إرجونوميكس الروبوت،والذى يمثل نشاطاً جديداً ومبتكراً فى أنظمة القياس والتحقق. وتعد نمذجة سلوك الروبوت –بإعتبارة آلة التفكير الإبداعى والأكثر تطوراً وتعقيداً – من أهم عوامل فهم المستخدم للعلاقات التفاعلية المستحدثة؛ فيستعين المصمم بمنهجية أسلوب السيناريو لتصميم بيئة عمل إستباقية من أجل تحسين عملية التفاعل الإفتراضى بشكل مسبق، وهو نهج يرصد الأخطاء الحادثةحالياً ويتنبأ بتلك المتوقعة مستقبلاً، ويرتكز التفاعل الإفتراضى على تحقيق المفاهيم المركزية للاستخدام، ومراعاة المظاهر المادية لبيئة التفاعل من خلال إستنباط محددات سيناريو إرجونوميكس الروبوت، وبالتالى يعمل على ضبط إيقاع التفاعل بشكل متناغم؛ بذلك يستند المصمم إلى سيناريو الخبراء لمحاكاة التواجد الشعورى للمستخدم وتصحيح مفاهيم إدراك التفاعل بشكل حقيقى، والذى يعمل على تحسين جودة التفاعل الواقعى بإضافة أبعاد تصميمية جديدة، وكذلك يمكن الإستعانه به داخل مواقف العمل التفاعلية.

كلمات دالة Keywords:
الإرجونوميكس
Ergonomics
التصميم التفاعلى
Interaction Design
الإرجونوميكس رباعى الأبعاد
4 D Ergonomics
السيناريو
Scenario
الروبوت
Robot
إرجونوميكس الروبوت
Robot Ergonomics

Paper received on the 14th of March 2020, accepted 13th of May 2020, Published 1st of July 2020

مقدمة Introduction:
فى البداية لابد أن ندرك بطبيعة الحال مدى أفضلية الأنظمة الروبوتية عن تلك المنتجات الهندسية التقليدية وحتى التفاعلية منها؛ فمنتج الروبوت فرض نفسه خلال تلك الآونة من هذا العصر كضرورة حياتية فى مجالات عديدة، وخاصة إعتماد الإنسان عليه فى عمليات التصنيع والإنتاج لدقته العالية وتفادى الأخطاء البشرية، وتصميم منتجات الروبوت كونها إبداعات هندسية تحتوى على المعرفة والتقنيات المتقدمة جعلتها قادرة على التفاعل المباشر والإندماج السريع داخل المجتمع؛ فترسيخ المفهوم العام للأنظمة الروبوتية – كتمثيل واقعى للمستقبل الإنسانى – داخل فئات متنوعة من عمليات التفاعل وإدراجه ضمن مُسَلمات المجتمع البشرى الحالى جعلت منتج الروبوت ممتلكاً للتميز وليس باحثاً عنه.

من هنا يدرك المصمم ضرورة دراسة الأبعاد المختلفة لسياق تفاعلات البشر الفيزيائية والمعرفية تجاة المنتجات المستقبلية التفاعلية والروبوت – تطبيق مبادئ علوم الإرجونوميكس الحديثة – لتجنب أى مشاهد عبثية أو تداعيات سلبية قد تحدث داخل بيئة العمل، ويمكن مراعاة تفضيلات المستخدمين ودوافعهم بإعتبارهم مركزاً لعملية تصميم التفاعل؛ عن طريق إتباع منهجية أسلوب السيناريو كنهج تفاعلى يمكن الإستناد إليه فى عمليات القياس والتحقق من مدى توافق تلك التفاعلات مع حدود وقدرات المستخدم.

ويعد إرجونوميكس الروبوت بمثابة فلسفة التوافق بين المنتجات، الروبوت، والعنصر البشرى من أجل تكامل العناصر والمكونات الكلية لنظام التفاعل داخل بيئة العمل، وهو "نهج متعدد التخصصات يجمع بين مصممى المنتجات التفاعلية ومهندسى الروبوت لحل مشاكل بحثية تتعلق بالتوازن بين بيئة عمل تلاءم الروبوت ولكنها بالدرجة الأولى تراعى العنصر البشرى داخلها؛ ومنها إلى تصميم روبوت يراعى قيود التفاعل بين الإنسان والمنتج التفاعلى؛ والذى يهدف إلى الأداء الأمثل للنظام ككل، وهو نهج تكميلى لعملية تصميم الروبوت وعلاقته بالعنصر البشرى والعناصر الأخرى للنظام عند التفاعل معهم (Lemaignan, et al., 2017)".

مشكلة البحث Statement of the problem:
قصور تطور وسائل، أدوات، وآليات، ... التواصل بين المصمم الصناعى والمصمم التفاعلى ومصممى الروبوتات أيضاً؛ والتى بدورها أدت إلى إقتصار أنشطة التصميم الصناعى على تصميم المنتجات الهندسية التقليدية، وذلك بسبب قلة البيانات التى تزود دارسى وممارسى ومتخصصى أنشطة التصميم الصناعى بمستحدثات علوم التصميم؛ وكذلك الإفتقار إلى البحوث الإستكشافية التى تبحث فى تطوير علوم تصميم المنتجات/النظم، وجعل المصمم الصناعى قادراً على تحدى المفاهيم الجامدة القديمة فى تطور تصميم المنتجات الهندسية والتفاعلية، وخاصة التى ترتبط بابتكار منهجية سيناريو إرجونوميكس الروبوت وبشكل عام بمجال تصميم المنتجات التفاعلية والروبوت.

فرض البحث Hypothesis:
إكتساب متخصصى وممارسى أنشطة التصميم الصناعى والتفاعلى القدر الكافى من منهجيات جديدة ومبتكرة للتفكير المستقبلى؛ فإن هذا من شأنه تعزيز ورفع كفاءة تصميم المنتجات/النظم المستقبلية التفاعلية والروبوت.

هدف البحث Objective:
يهدف البحث إلى مناقشة الإحتياجات المستقبلية لابتكار أسلوب مقترح لسيناريو إرجونوميكس الروبوت، وذلك من خلال إستقراء الإتجاهات الحديثة للتصميم التفاعلى وعمليات تصميم الروبوت كنشاط إبداعى جديد؛ مما يؤدى إلى تعزيز الفهم بين جودة بيئة العمل وتفاعل العنصر البشرى مع المكونات العامة للنظام.

أهمية البحث Significance:
وضع أسس جديدة لكيفية بناء معرفة موثقة لدراسة جانب ذات طابع خاص من عمليات التصميم من خلال تفعيل سيناريوهات ابتكارية لإرجونوميكس الروبوت يستفيد منها المصمم بالقدر الكافى لتزيد من كفاءة وفاعلية عملية التصميم، ومنها المساعدة فى زيادة القدرات الابتكارية والتصميمية لدى ممارسى تصميم المنتجات المستقبلية؛ كذلك تزويدهم بالبيانات المجهزة للمعوقات التى قد تواجة المستخدم أثناء التعامل مع المنتج/النظام مستقبلاً؛ مما يؤدى إلى رفع مستوى تصميم المنتجات التفاعلية والروبوت، وجعلها تمتاز بسهولة التعلم والتذكر معاً؛ فيكتسب المستخدم مقياس جمالى جديد لتفضيلاته المستقبلية فى أداء المنتجات بوجه عام.

منهج البحث Methodology:
إعتمد البحث على المنهج الإستقرائى لدراسة المشكلة وتحقيق

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

فرض البحث، وبيان أهميته.

الأطار النظرى Theoretical Framework

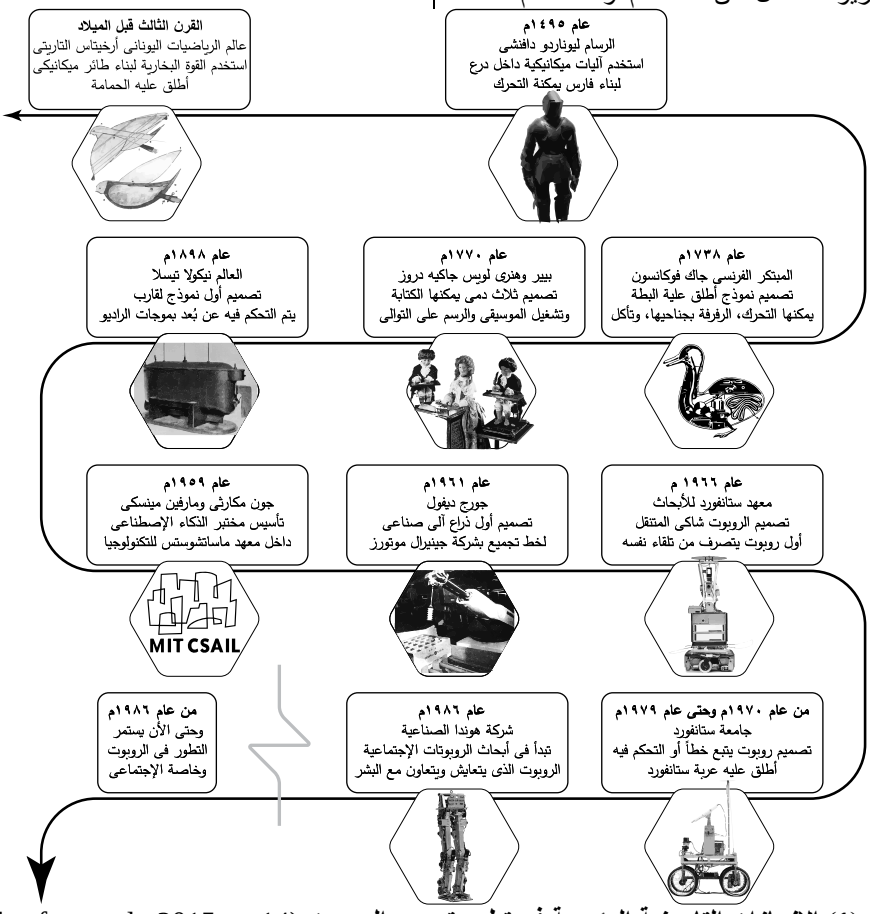
1- نبذة تاريخية لمراحل تطور تصميم المنتجات والأنظمة:

منذ فجر تاريخ الحياة الإنسانية – أى منذ أقدم كيان بشرى وُجِدَ على الأرض – عُرف الإنسان بقدرته على التفكير والابتكار؛ فكانت بدايات سياق التفاعل بين الإنسان والآلة عندما أبدع الإنسان فى صنع الأدوات والمعدات المختلفة لدورها الهام فى تذليل بعض العقبات، وذلك لإثراء بعض أسس ومبادئ الإنتفاع الشخصى، تقليل عبء الاستخدام المادى، مراعاة حدوده وقدراته الذاتية، وتجنب مخاطر طبيعية ضمن إستراتيجية تسهيل إجراءات حياتة اليومية.

ومع ظهور تخصص التصميم الصناعى – بإعتباره ميزة فى تقسيم العمل – فى القرن العشرين وإعتماد المصمم الصناعى على مستحدثات التكنولوجيا الحديثة وإداخلها ضمن أنشطة التصميم المختلفة أدى إلى ظهور ما يعرف بالمنتجات التفاعلية؛ فتمكن المصمم من وضع بعض الفروض المستقبلية، والتى يستخدمها كأداة تحليل فيما يسمى بسيناريو التفاعلات؛ كما أن عملية التصميم يمكن أن تشمل سيناريوهات كل من المصمم والمستخدم معاً، والتى تبدأ بتحديد وإكتشاف جميع أنواع المستخدمين المحتملين وكذلك إحتياجاتهم ورغباتهم تجاة المنتج، كلها من أجل وضع الأفكار الإبداعية.

وتطورت الصناعة بعد ذلك إلى اليوم فيما يعرف بثورة الذكاء الإصطناعى وتعلم الآلة وهى القوة المعرفية للإنتقال من البدائية إلى الحداثة، وكلها تعمل على زيادة الإنتاج البشرى؛ فالإشارات الاجتماعية تؤثر على كيفية إدراك الأفراد للروبوت – إيجابيًا أو سلبيًا – وكذلك إستعدادهم للإندماج ضمن مجتمع واحد، وخلال تقارب الروبوت فى عصرنا الحالى إلى حد كبير من حيث المظهر، السلوك، والقدرة الإدراكية التى تشبه الإنسان، على عكس التشابه مع الحيوانات أو النظم الحية الأخرى؛ فإن المجتمع الإنسانى الحالى يشير أن البشر لديهم ميل للتطور فى وقت واحد مع الروبوتات بطريقة تكافلية.

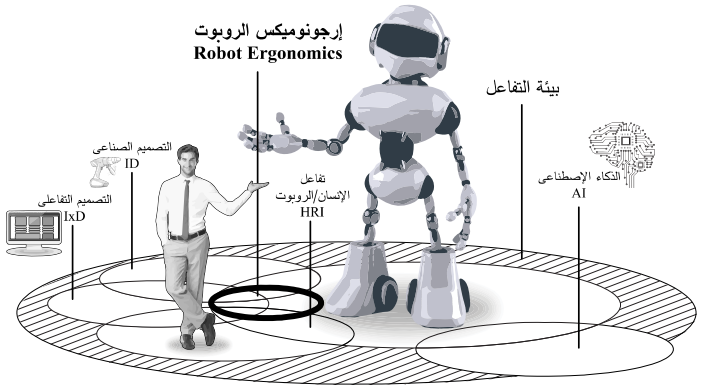
ويوضح شكل (1) المحطات الرئيسية فى تطور الذكاء الإصطناعى وتصميم الروبوت والآلات الذكية بداية من القرن الثالث قبل الميلاد وحتى بداية إزدهار الأبحاث المتعلقة به، وأهم المصممين للروبوت، النظم الخبيرة، والذكاء الإصطناعى.



شكل (1) الإنجازات التاريخية الرئيسية فى تطور تصميم الروبوت (Schaefer, et al., 2015, p. 14)

فلقد تحول تصميم المنتجات مؤخراً إلى تصميم قائم على التفاعل، كما يستخدم أسلوب السيناريو وصفاً ملموساً يقدمة المصمم للمستخدم للتأكد من مدى قابليته للمنتج، وتسمى هذه الأوصاف الملموسة السيناريو الذى يمكن من خلاله – كطريقة إرشادية لمرحلة مبكرة لعملية التصميم – تسليط الضوء على المشاكل والمعوقات التى تواجه المستخدم أثناء تفاعلة مع المنتج، ويجب على المصمم مراعاة استخدام أسلوب السيناريو كجزء أساسى وفعال لأغراض تصميم المنتجات (Anggreeni & van der Voort, 2008).

كما يسعى مصممى التفاعل دائماً – بالتوازى مع تطوير منهجية التصميم – إلى توفير المعلومات والأدوات اللآزمة لتحسين عملية تفاعل المستخدم (Moles, 1968)، ومن المؤكد أن تلك العملية تتمثل فى الفرضيات وتواصل الخبرات للحصول على تجربة تفاعل ناجحة؛ بسبب تعدد التفاعلات المرتبطة بعملية تصميم المنتجات؛ فلابد من التوصيف الشكلى والموضوعى للمستخدم وإمدادة بالخبرة الكافية لظروف التفاعل وكذلك التوصيف الموضوعى للبعد الجمالى (Bürdek, 2005, pp. 273-275)، وفى هذا السياق تتعامل علوم الإرجونوميكس مع نطاق واسع من المشاكل ذات الصلة بالإنسان بإعتباره محور لتصميم وتقييم نظم العمل والمنتجات وبيئات العمل كما فى شكل (2)، والتى تتفاعل بدورها وتؤثر على المكون الإنسانى للنظام.



شكل (2) عناصر تفاعل سيناريو إرجونوميكس الروبوت

هنا يتضح أن مفهوم التفاعل بين البشر والآلات يتحدد عن طريق مدى فهم الإنسان لطبيعة المهارات الأساسية له؛ فالبشر لديهم قدرة الإبداع فى تحويل الذكاء إلى الحكمة، وتختلف هذه المهارة عند الذكاء الإصطناعى فيتحول الذكاء إلى معرفة وكلها تعتبر معلومات تم معالجاتها وتخزينها، ولا تستطيع الآلة أن تتحلى بالسمات الإنسانية كالتعاطف والوعى؛ كذلك ممارسة الإبداع الذى هو القدرة على تجاوز الأفكار، القواعد، الأنماط، الأعمال التقليدية، وإنشاء أشكال أو أساليب جديدة ذات مغزى ومعنى محدد (Rusman, 2018)؛ فالآلة تتبع الأنماط التقليدية التى تمت برمجتها عليها مسبقاً، لأن السمات والتفضيلات البشرية وكذلك المعايير الإجتماعية تعد صفات معقدة.

2- تفعيل منهجية أسلوب السيناريو المعرفى فى تطور المنتج والتحول نحو التفاعلية:

يمكن لأسلوب السيناريو وصف دورة حياة المنتج بشكل عام بمراحله المختلفة بدقة أكثر داخل أربعة مراحل أساسية بداية من تصميم وتطوير المنتج مروراً بمراحل الإنتاج والتوزيع والاستخدام ونهاية العمر الإفتراضى كاملاً (Ullman, 2018)، ويمكن للمصمم التركيز على مرحلة واحدة ومحددة خلال المراحل المختلفة لعملية التصميم لتحسين جودة المنتج، كفاءة العملية، تحقيق التفاعل الناجح، وتقليل التكلفة الفعلية المتعلقة بعمليات التصنيع والإنتاج (Filippi & Cristofolini, 2010, p. 2,3)، كما أن المؤسسات تستند إلى أسلوب السيناريو فى حالات صعوبة تصور المستقبل والوصول إلى اليقين التام، ويمكن الإشارة إلى الإحتمالات والبدائل المختلفة عن المستقبل (Pesonen, et al., 2000)، ويُمكن المصمم من تحليل وتطوير إتجاهات دراسة المستقبل؛ فالسيناريو هو العالم البديل لوصف صورة ساكنة مفصلة لموقف مستقبلى، وعرض نموذج محاكاة لخصائص السلوك المستهدف، وكذلك يعتبر لغة نمذجة بديلة لوصف أوضاع المستخدم وعناصر بيئة العمل داخل إطار حالة الإختبار (Alexander & Maiden, 2004).

ويعد أسلوب السيناريو – بإعتباره رؤية وصفية للمستقبل – أداة إستثنائية لإستحداث أنشطة جديدة لعمليات التحقق والقياس ووضع الأفكار الإبداعية الخاصة بتجربة تفاعل المستخدم، والتى تعكس وجهات نظر مختلفة بشأن التطورات فى الحاضر والمستقبل، وتركز إهتمامات أسلوب السيناريو البحثية على الوصف لنتائج إفتراضية مستقبلية بديلة للتصميم المتمركز حول المستخدم، ومشاركتة الفعالة، وتنقيح تجربة تفاعل المنتج/النظام على المدى الطويل علاوة على ذلك تعتبر معلومات تجارب المستخدم مصدراً غنياً يتلقاها المصمم حول تجارب التفاعل المباشر مقارنة بمصادر المعلومات التقليدية التى كانت تقتصر على البيانات الأساسية والمعلومات حول الأرقام المجردة، وبدون التنوع فى مصادر المعلومات لن يتمكن المصمم من التعرف على الإحتياجات الفعلية للمستخدمين وفهم مدى تعقيد تجارب تفاعلهم اليومية، ولإعتماد بناء أسلوب السيناريو كأداة لابد من مراعاة المصمم أساسيات علم النفس المعرفى للجوانب المتعلقة بالمستخدم – الأهداف، المهام، التصورات، التوقعات، والقدرات – منها يوفر السيناريو طريقة لدمج متغيرات التفاعل المختلفة والأكثر تعقيداً، مما يتيح للمصمم إستكشاف الجوانب النوعية لتجربة المستخدم، وإمكانية التواصل المباشر معه فى المراحل المبكرة لعملية التصميم، ويوضح جدول [1] سياق تفاعل المستخدم داخل بيئات العمل المختلفة فى أنشطة تصميم المنتجات كنشاط ابتكارى يعتمد على دقة البيانات المتدفقة فى المقام الأول، وتفصيلات وخطوات تصميم المنتج وإجراءات التفاعل المباشر لتكوين سيناريو معرفى للمنتج المتصور.

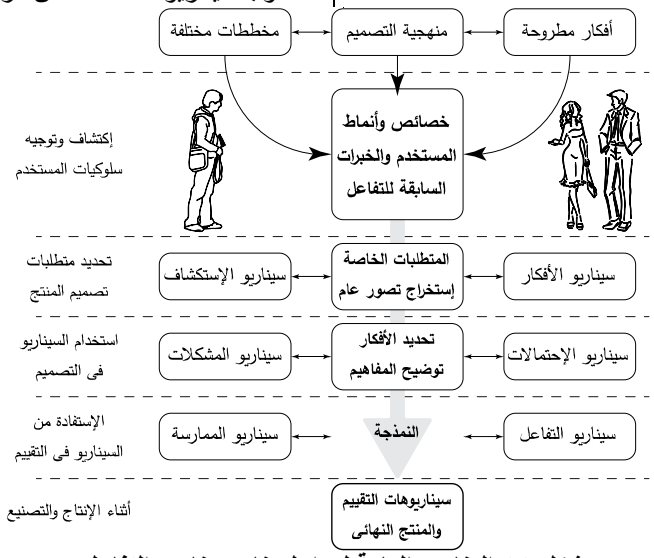
جدول [1] سياق تفاعل المستخدم خلال أنشطة التصميم المختلفة

	جهود فريق التصميم – التفاعل	دور العنصر البشرى – المستخدم
مرحلة وضع الأفكار	التعبير عن السيناريو بمختلف الأشكال السردية، التصويرية، والنماذج الأولية (Go & Carroll, 2004)	تبسيط دور شراكة المستخدم فى إعداد وبناء سيناريو تصميم المنتج (Bødker, 2000)
مرحلة تحليل البيانات	تصور مستقبلى لخطوات تفاعل المستخدم مع المنتج (Bate & Robert, 2009)	تمثيل أكثر واقعية لمستخدم خيالى إستناداً إلى بيانات فعلية (Pruitt & Adlin, 2006)
مرحلة الإستنباط	سيناريوهات القصص المصورة لتمثيل الأدوار والنماذج التجريبية والعينة الأولى (Buchenau & Suri, 2000 ;Carroll, 1995; Lelie, 2006)	تجميع الجوانب السياقية المختلفة من الخبرات (Nielsen & Madsen, 2006) تطوير المستخدم لأدوات ونتائج الدراسة كجزء من الفريق (Nussbaum, 2004)
مرحلة التنفيذ النهائى	إعداد النماذج التجريبية لإستكشاف عملية الاستخدام والتفاعل ضمن علاقة ديناميكية متداخلة (Saakes & Keller, 2005)	عملية بناء المعرفة بإنشاء معرفة واقعية لفهم بيئة العمل كاملة داخل إطار عملية التفاعل المعرفية (Grønhaug, & Haukehal, 1997)

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

هنا يمتلك المصمم العديد من الأدوات التفاعلية والتقنيات الحديثة لإكتشاف تجارب المستخدمين الممكنة والتعرف عليها، والتى يمكن من خلالها إعداد قصصاً عن المستخدمين داخل بيئاتهم المختلفة، ودمج عناصر تجربة التفاعل داخل بيئة عمل حيادية ومناسبة لخبرات المستخدم المسهتدف؛ كما تساعد كل تلك الأدوات والمعلومات المصمم على فحص أفكار المستخدم وإمكانية توجيهها.

وأسلوب السيناريو يمتلك مجموعة متنوعة من الأدوات والتقنيات المتاحة التى تتيح للمستخدم إكتشاف وفحص أفكارهم وتوجيهها إلى تصميم أكثر إستنارة لعناصر التفاعل، وتعتمد أشكال التمثيل على ديناميكية الأداء وسياق التفاعل التعبيرى متعدد الحواس الذى يسمح بمحاكاة النماذج التجريبية (Suri, 2003)، ويوضح شكل (3) خطوات وإجراءات المراحل العامة لبناء أسلوب سيناريو التفاعل ضمن مراحل عملية التصميم.



شكل (3) العناصر العامة لمراحل بناء سيناريو التفاعل

وتنقسم خطوات تصميم سيناريو المستخدم كما فى شكل (4) إلى مرحلتين رئيسيتين، ويكون فيهما المستخدم محوراً أساسياً؛ الأولى وهى مرحلة التحضير والتى تشتمل على خطوات تجهيز وإعداد البيانات، ويليها مرحلة وضع تصميم سيناريو المستخدم والتى تحتوى على الهيكل العام لإطار التفاعل وكذلك تسجيل الملاحظات النهائية.

شكل (4) الخطوات الأساسية لسيناريو المستخدم

وفى تطبيق الخطوات الأساسية للسيناريو يحرص المصمم على تطوير المخرجات والتنبؤ بردود أفعال المستخدم، ويشمل التطوير أيضاً إجراءات التشغيل وكذلك التفاعل الاستخدامى (Sears & Jacko, 2017)، وأسلوب السيناريو يعمل على توليد الأداءات للتفاعلات البصرية تجاه المنتجات، وتوفير إكتساب الخبرة للمستخدمين المحتملين الجدد (Sears & Jacko, 2008)، حيث أن أحد أسباب جعل السيناريوهات رائجة فى عالم تصميم المنتجات والنظم التفاعلية هو تواصلها السريع مع المستخدم و إفادته بالمخاوف والعقبات التى قد يواجهها والمحتمل حدوثها، وتمكين المصمم بالإطلاع على التغذية الراجعة ومواصلة صقل الأفكار حول تطوير المنتجات؛ لذلك يعتبر أسلوب السيناريو من أهم أدوات عملية تصيميم المنتجات التفاعلية، وتثرى تطبيق المعرفة العلمية ضمن أنشطة التصميم (Jacko, 2012, pp. 1032-2002).

يفضل المستخدم المنتجات التفاعلية ليس فقط لأداء المهمات فيما يتعلق بالوظيفة وسهولة الاستخدام ولكن أيضاً لتجربة استخدام ممتعة (Thüring & Mahlke, 2007)، ويتم النظر إلى عملية التفاعل كعامل أساسى فى قابلية الاستخدام والتقييم الشامل لجماليات عناصر التفاعل، والبحوث التجريبية التى يجريها المصمم تعطيه رؤية شاملة (Mills, 1993; Peterson, 1953)؛ فمنهجية أسلوب السيناريو القائم على عناصر القصة وسرد الأحداث هو أداة قيمة وفعالة لتشجيع المستخدمين المشاركين فى تطوير سياق تصميم المنتجات، وهو أسلوب خلاق فى البحوث الإستكشافية والتنافسية لإثارة الجوانب العاطفية لدى المستخدم، ويعتبر مصدر إلهام غنى للمصمم (Li, 2015)، فيُعد أسلوب السيناريو بمثابة أبسط منهجية لطرق التنبؤ بإطار التمثيلات الديناميكية الواقعية والناتجة عن سلوك منتج تفاعلى محدد، ويعتبر لغة وصفية – مقياس السلوك الإستباقى – لبِنُية التواصل التى تُمكن المصمم من وضع ضوابط الإجراءات والممارسات العامة، وهى ما يتعين على المستعمل إتباعها بدقة من أجل تحقيق شامل للأهداف، والحصول على مخرجات إيجابية لتجربة تفاعل ذات كفاءة وفاعلية؛ فهو إجراء إحترازى لأنشطة التحقق والقياس لمدى جدوى التفاعلات داخل بيئة عمل معينة لتُلاقى توقعات وتطلعات المستخدم، ويمكن من خلاله قياس

الإمكانيات والقدرات البشرية ومراعاة الحدود والقيود العامة.

3- دور علوم الإرجونوميكس فى تحليل البنية الإفتراضية للكائنات السلوكية الجديدة:

تتطور دراسة علوم الإرجونوميكس بإستمرار للتفاعلات بين البشر والعناصر الأخرى للنظام والتى يطبق فيها النظريات، المبادئ، والأساليب لتحسين الأداء العام للنظام؛ فمع إكتساب الروبوت مساحة كبيرة من منهجية التصميم للمنتجات التفاعلية الحالية والمستقبلية أيضاً أدى إلى الحاجة لتطور واضح ضمن المجالات المختلفة لعلوم الإرجونوميكس، ويتمثل الهدف فى إستكشاف وتطوير نهج تصميمى تفاعلى جديد للمنتجات/النظم – محوره الإنسان ويشمل الروبوت أيضاً – ذو كفاءة وفاعلية.

فالروبوت أقرب إلى البشر من أجهزة الكمبيوتر – أو أى أجهزة أخرى – التى نشأت قبلها سواء شكلياً أو حرفياً (Lichocki, Kahn, & Billard, 2011)؛ ولا يجب على المصمم دراسة الروبوت بمعزل عن التطورات التكنولوجية الأخرى فهى تعد قطع فنية مبتكرة ذات خواص عالية الدقة والكفاءة، ويتمتع الروبوت فى الكثير من البحوث الإستكشافية بالذكاء، الإستقلالية، والإبداع؛ فالروبوت مخلوق ميكانيكى أكثر دقة من أداء البشر، ولديه مميزات فكرية غير إعتيادية، والروبوت هو الآلة التى تعمل بذكاء والذى سوف يقترب من ذكاء البشر، وقد يتعدى حدود المسموح إلى واقع المحتمل وسيتفوق عليه أيضاً.

وكمثال على ذلك تجربة المؤلف الإفتراضى والذى تم تصميمة ليس فقط لتجميع ملخصات الأبحاث لنقطة محددة، ولكن أيضاً لإجراء تعديلات إبداعية على النص الأصلى كلما أمكن ذلك؛ فى الوقت نفسه محافظاً على المعنى الأصلى للبحث، وأيضاً يتم تجميع كل المعلومات التى تتعلق بالبحث ومراعاة درجة الملاءمة فيما بينها، وتم إنشاء المؤلف الإفتراضى كنموذج أولى صمم آلياً ليتجاوز تحديات تكنولوجية؛ مما يزيد الكفاءة البحثية ويسمح للباحثين بقضاء وقتهم بشكل أكثر فاعلية (Writer, 2019).

ويرى المستخدم المنتجات التفاعلية والروبوت أكثر كفاءة عن نظيرتها الهندسية وخاصة أن بها تصميم مرئى لواجهات تفاعل المستخدم المباشر – جماليات بصرية – والمظهر المرئى للمنتجات يلعب دوراً هاماً (Desmet & Hekkert, 2007; Hassenzahl, 2001; Hassenzahl, 2003; Hassenzahl & Monk, 2010)، حتى عند مفاضلة المستخدمين بين المنتجات التكنولوجية والتفاعلية المختلفة فى مرحلة ما قبل الاستخدام الفعلى (Crilly, Moultrie, & Clarkson, 2004)؛ نظراً لأن المعلومات الجمالية يتم تقييمها على الفور من قبل عاطفة المستخدم والتى تعد هى مرحلة الإنطباعات الأولى، ويقوم المستخدم بإجراء تقييم فورى لجاذبية المنتج ككل وخاصة عناصر واجهة تفاعل المستخدم (Tractinsky et al., 2006)، ويوضح جدول [2] خصائص المراحل المختلفة لوضع المصمم تصور لتجربة تفاعل المستخدم باستخدام أسلوب السيناريو ضمن مراحل عملية تصميم المنتج التفاعلى.

جدول [2] خصائص مراحل وضع تصور تجربة التفاعل (adapted from: Ulrich & Eppinger, 2015)

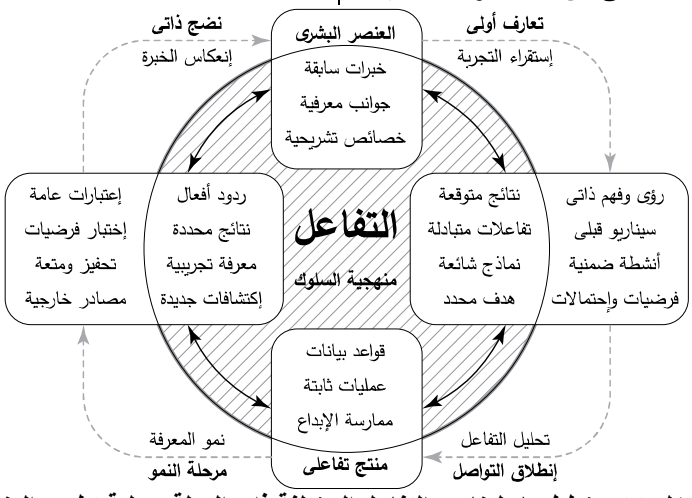
	المصمم Designer	المستخدم User	التفاعل Interaction
المرحلة الأولى **تحديد متطلبات المستخدم**	توافر المعلومات إتخاذ القرارات تصميم ديناميكى	تفضيلات المستخدمين سهولة الاستخدام صفات شكلية	تحسين التقنيات أدوات ملائمة سيناريوهات
المرحلة الثانية **مواصفات المنتج**	سمات شكلية أجزاء ميكانيكية التركيز على الهدف	ديناميكية المنتج دوافع شخصية تحديد الفئة	مستوى ثقافى تطوير الخبرة الأنشطة الفردية
المرحلة الثالثة **التصميم الصناعى والتفاعلى**	عمليات إبداعية تطوير الأفكار واجهة المستخدم	إحتياجات ومتطلبات أنماط الشخصية مهارات تفاعلية	التدريب الفعلى تنوع الخبرات تمكين المستخدم
المرحلة الرابعة **نماذج الإختبارات الأولية**	طرق النمذجة تخطيط المراحل البناء والتجريب	حدود وقدرات جدوى المنتج أنظمة فرعية	إنشاء المفاهيم التعاون التجريبى تصنيف المستخدم
المرحلة الخامسة **الإنتاج والتصنيع والاستخدام**	إستراتيجية التصنيع تكلفة الإنتاج الكمى إختيارات الخامات	أداء النظام مشاكل الاستخدام تحديد الجودة	تقييم العمليات تصنيف التخصص تنوع التقنيات
المرحلة السادسة **إقتصاديات تطوير المنتجات**	أبحاث تنافسية إختبار شامل تجميع العمليات	خبرات سابقة إدراك تلقائى موثوقية أعلى	تعزيز الفهم عمليات مستهدفة تحسين الأداء العام

ويتحمل فريق تصميم العمل والإرجونوميكس تمثيل المشكلات المتعلقة بتجارب المستخدم الفعلية، وتحليل تجربة تفاعل المستخدم مع المنتج ظاهرة ذاتية ومعقدة التفاصيل لأنها تعتمد على سمات شخصية المستخدم كالسلوك العام، الشعور داخل التجربة، المستوى الثقافى، وغيرها من المحددات عن طبيعة السياق المادى والإجتماعى (Macdonald, 1998)؛ فبناء سيناريو تجربة التفاعل يوفر على المصمم الكثير من الجهد لإعتماده على تفضيلات المستخدم الفعلية فى سياق التفاعل مع المنتج، وبشكل خاص تعد الجوانب العاطفية والتجريبية المتعلقة بعناصر الجمال وأسلوب الاستخدام حاسمة لنجاح المنتج، وبالتالى يقوم المصمم بتفعيل تلك الجوانب الهامة ضمن مراحل منهجية أسلوب السيناريو لتفاعلات أكثر توسعاً للمستخدم داخل عملية التفاعل (Jordan, 1998).

فتطوت علوم الإرجونوميكس مع تطور تكنولوجيا التصنيع والإنتاج وكذلك بالتزامن مع ثورة الحاسبات الآلية أدى إلى تصميم منتجات ذات طابع تفاعلى، ولتطور علم والإرجونوميكس أهميته الكبيرة التى تتعلق بمدى ملاءمة تصميم المنتجات للاستخدام البشرى إلى مستوى جديد من تصميم المنتجات التفاعلية – أطلق عليه الإرجونوميكس رباعى الأبعاد – وهو محاكاة للتطور الهائل لعصر المعلومات فى مجال نمذجة الحركة، ويستخدم المصمم

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

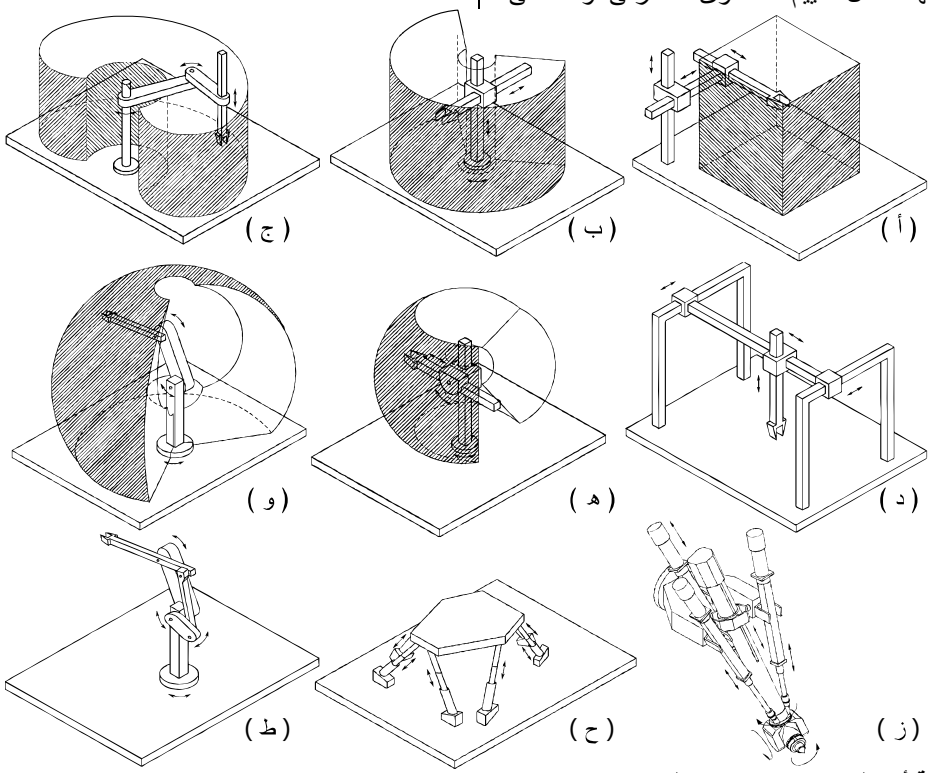
النماذج الرقمية للمستخدم والروبوت معاً داخل بيئة عمل إفتراضية يمكن من خلالها قياس وتحليل مسارات الحركة، ترتيب العناصر، عبء العمل، التنبؤ بالخطأ، ومراعاة حدود وقدرات المستخدم ضمن تجربة التفاعل؛ فالهدف الأساسى من نمذجة ومحاكاة بيئة العمل هو تصميم منتجات ونظم تفاعلية ذات قدرات استخدام ديناميكة متنوعة، ويوضح شكل (5) العناصر المختلفة لمجالات التفاعل الحركى والمعرفى ذات الصلة بعملية تطوير المنتج.



شكل (5) مخطط عام لعناصر التفاعل المختلفة ذات الصلة بعملية تطوير المنتج

كما أن تقديم نظرة عامة للمستخدم لبيئة التفاعل تعد مقاربة نظرية لتقييم بيئة العمل وإستمرار البحث فى جودة عناصرها (Vischer & Fischer, 2005)، كما ظهرت فكرة تقييم وتحليل بيئة العمل فى بعض الأبحاث فى مجال علم النفس البيئى (Craik, 1966; Little, 1968)، وتشير بالعمليات التى يمكن للمستخدم الحكم من خلالها على بيئة التفاعل من خلال المعرفة والفهم والتقييم من خلال عوامل عدة وليس فقط من السمات الفيزيائية التى يمكن ملاحظاتها بل وترتبط أيضاً بمواقف التفاعل وطريقة إدراك المستخدم لها، وتسمح تلك الدراسات للمصمم بتحديد صفات ومحددات البيئة المعرفية المناسبة لأنماط المستخدم، وبيان مدى رضا المستخدم عنها خلال تقييم المحتوى المعرفى والعاطفى Marans & Spreckelmeyer, 1981; Ornstein, 1999;) .(Stokols, 1978; Wineman, 1986

ويتكون الهيكل الميكانيكى للروبوت من سلسلة الأجسام الصلبة المترابطة عن طريق مفاصل الحركة، ويمكن لمصمم التفاعل التنبؤ وتشخيص أنماط حركية ثابتة من السلوك عن طريق نموذج الحركة التسلسلية المتتالية للروبوت، ويوضح شكل (6) نمذجة السلوك الحركى لتطبيقات الروبوتات الصناعية والتى تعبر عن المدى العام المتاح لحركة وتفاعل منتج الروبوت داخل فضاء بيئة العمل؛ فتتم عملية نمذجة الحركة داخل إطار هندسى بسيط لدراسة هيكلية الحركة والحدود المشتركة مع المستخدم.



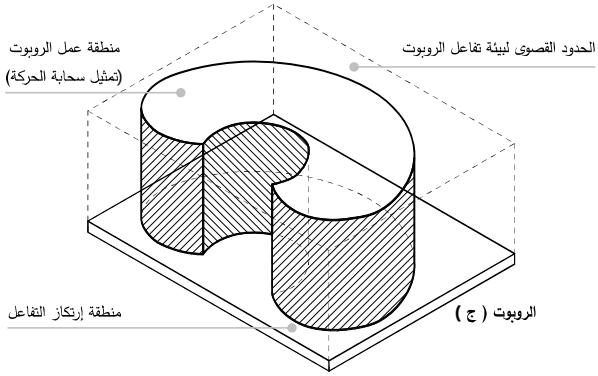
شكل (6) نمذجة أنماط السلوك الحركى لتطبيقات الروبوت الصناعى (Siciliano, Sciavicco, Villani, & Oriolo, 2009)

فيمكن للمصمم تحسين الأداء العام لعناصر التفاعل من خلال مراعاة علوم الإرجونوميكس، ويعرض جدول [3] العناصر والأدوات اللآزمة لدراسة التكامل داخل البيئة التفاعلية بين العنصر البشرى ومنتج الروبوت – إرجونوميكس الروبوت – والتى من خلالها يمكن تحليل وتقييم بيئة العمل بوجه عام.

جدول [3] عناصر وأدوات تقييم إرجونوميكس الروبوت (adapted from: Nof, 1999; Tanev, 2000)

عناصر وأدوات الدراسة	المشغل الإنسانى	إرجونوميكس الروبوت	أنظمة الروبوت
تحليل خصائص العمل	جوانب فسيولوجية ونفسية الكفاءة، السلامة، والراحة	تفاعل الإنسان/الروبوت تشريح أجزاء الروبوت	معدل إنتاجية أعلى إنخفاض الأخطاء
تخطيط أساليب التشغيل	فهم متطلبات الوظيفة تطوير التقنيات التفاعلية	دراسة وتحليل الوظيفة السيطرة على العمليات	توقيت العمل ثابت عمليات وتوقعات مستقرة
مقياس الأداء العام	خبرات سابقة ولاحقة أساليب عمل روتينية	تقنية تعلم الخبرات نموذج الوقت والحركة	تنوع أساليب التفاعل تكرار العملية بدقة عالية
تصميم مكان العمل	نماذج ذهنية وعقلية سيناريو إستباقى تفاعلى	منهجية النماذج التحليلية تعيين تقنية المحاكاة	قيم تمثيلية للتفاعل إعادة التهيئة والتدريب
بيئة عمل متكاملة	الجوانب الإجتماعية العناصر التنظيمية	توزيع المهام والوظائف تحسينات مهارات التفاعل	فحص الطرق البديلة توثيق وتحديد المهمة
نتائج إيجابية	تعظيم عوامل السلامة تقليل كمية النفايات ممارسات عملية جادة	تحسين نوعية العمل تصميم أفضل للتفاعل مراعاة قدرة المشغل/الروبوت	تطوير عملية الإنتاج توفير الجهد والطاقة تقليل الوقت بشكل عام
مخرجات سلبية	تضارب الخبرات المتبعة حدود وقدرات فيزيائية قيود عقلية ومعرفية	تشابه تقنيات سابقة خصائص التواصل السلبى قيم نفسية وأخلاقية	تكلفة تصنيع عالية كفاءة السرعة القصوى سمات نظام التواصل

ويتمثل الأداء العام من تمثيل شامل لعناصر التفاعل وإعطاء مخرجات واضحة تمثل سيناريو المستخدم، ويوضح شكل (7) نمذجة سيناريو التفاعل الحركى – سحابة الحركة – لإحدى الروبوتات الصناعية داخل بيئة عمل إفتراضية لبيان حدود التفاعل الممكنة.



شكل (7) تمثيل حركة إحدى أنظمة الروبوت الصناعى داخل بيئة عمل إفتراضية

فيقع سيناريو التطبيق الفعلى ضمن مستلزمات علوم الإرجونوميكس الحديثة لدعم العنصر البشرى بجانب الأنظمة الروبوتية لتصميم تفاعل هجين داخل سيناريو محدد، والذى لابد أن يغطى الجوانب اليدوية والآلية معاً، ومنها تفعيل دور العنصر البشرى للتفاعل مع النظام المُقَدَم (Bannat, et al., 2009)، وبالنتيجة التى توضح الحدود الحركية لمنتج الوروبت يمكن للمصمم رصد تجربة التفاعل، تقديم طرق جديدة ومبتكرة للتفاعلات متعددة الوسائط بين البشر والروبوت، وإستنباط السيناريو الأمثل لها ووضع الضوابط العامة للمستخدم.

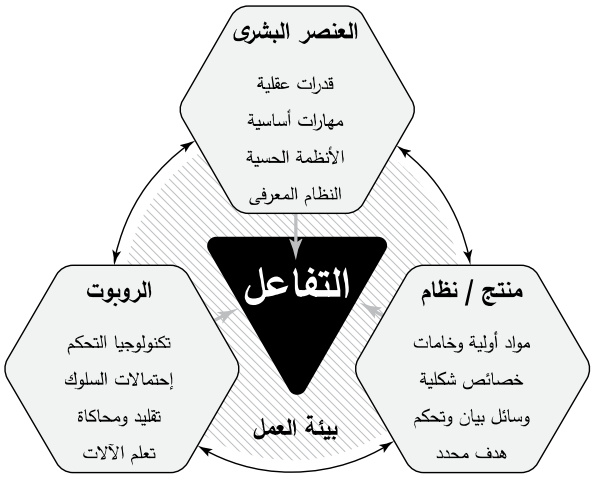
4- رؤية المصمم لبيان التفاعل فى مهام التعاون بين المستخدم ومنتج الروبوت:

يستمر البحث فى مواجهة تحديات التفاعل بين الإنسان والروبوت كمنهج بحثى خصب ودائم (Steinfeld, et al., 2006)، وبسبب إزدياد استخدام الروبوتات بشكل كبير فى المجالات الصناعية داخل بيئات عمل يتعذر على الإنسان العمل داخلها وقد تكون غير آمنة؛ وغالباً ما تستخدم الروبوتات فى الكثير من الأعمال داخل مجالات مختلفة، وتعتبر أداة جيدة لإنجاز وظائف منفصلة ومحددة وتتميز بالدقة والسرعة (Hancock, et al., 2011, p. 517)، ويكون على المصمم تصميم تفاعل المستخدم/الروبوت وإدراكه لموقف العمل وترسيخ الثقة المتبادلة بين الإنسان والروبوت، والتى هى أكبر التحديات التى تواجه المصمم والمستخدم أثناء تصميم وتنفيذ منتج الروبوت (Groom & Nass, 2007; Keyes, et al., 2010)، ويكون التحدى الأكبر لمصمم التفاعل بين الروبوت والعنصر البشرى هو وضع الضوابط العامة أثناء الممارسات العملية بين العناصر البشرية والأنظمة الروبوتية، ومن خلال الفحص الشامل لأنظمة الروبوت الصناعى وتشريح الهيكل الأساسى للحدود العامة كما فى شكل (8)، وكذلك تحديد القدرات الحالية للتفاعل يمكن للمصمم تصنيف نماذج التفاعل وتحليل قدرات الروبوت للقيام بأعمال منفصلة ومنها تحديد النظام الأمثل لأداء المهام والحصول على مخرجات ذات جودة عالية (Nof & Fisher, 1982)؛ فيعمل المصمم على إيجاد إستراتيجيات لتصميم طرق جديدة أو تحسين أساليب حالية (Nadler, 1991).

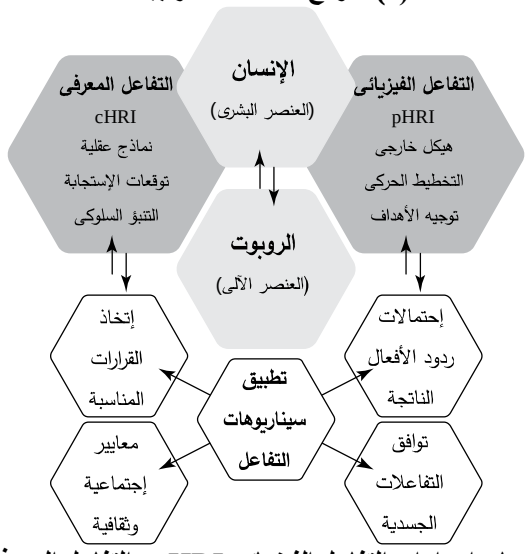
وبشكل أكثر تحديداً فإن عملية تفاعل الإنسان/الروبوت تشتمل على قسمان فرعيان وهما التفاعل الفيزيائى pHRI والتفاعل المعرفى cHRI (Xing & Marwala, 2018, p. 4)، ولمناقشة شاملة لجوانب التفاعل الفيزيائى والمعرفى يجب على المصمم إدراك الجوانب المتنوعة لسيناريوهات التفاعل المختلفة لتلك الأنواع من التفاعلات داخل بيئة العمل؛ فتلك العناصر هامة لإستقراء المعرفة اللازمة للمصمم للخصائص الأساسية لآليات التفاعل مع منتج الروبوت كالشكل الخارجى، أطراف الحركة، النمذجة الهندسية، أجهزة الإستشعار، مخططات التحكم الأساسية، التغذية الراجعة، السلوك المحتمل، وسيناريو رؤية الروبوت؛ فكلها يتم التعامل معها بإعتبارها مناقشة فاحصة لأساسيات معايير السلامة العامة داخل بيئة العمل التفاعلية الإفتراضية والفعلية لضمان جودة التفاعل بين

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

عناصر بيئة العمل.
ويصف التفاعل الفيزيائى pHRI والتفاعل المعرفى cHRI بين الإنسان والروبوت بأنهما نموذجان للتفاعل الحادث داخل بيئة العمل فى سياق تفاعل تكاملى لفهم أكثر تفصيلاً لعملية الاستخدام فعلياً، كما يوضح شكل (9) العلاقة التكاملية بين سياق إجراءات التفاعل الفيزيائى والمعرفى داخل بيئة العمل.



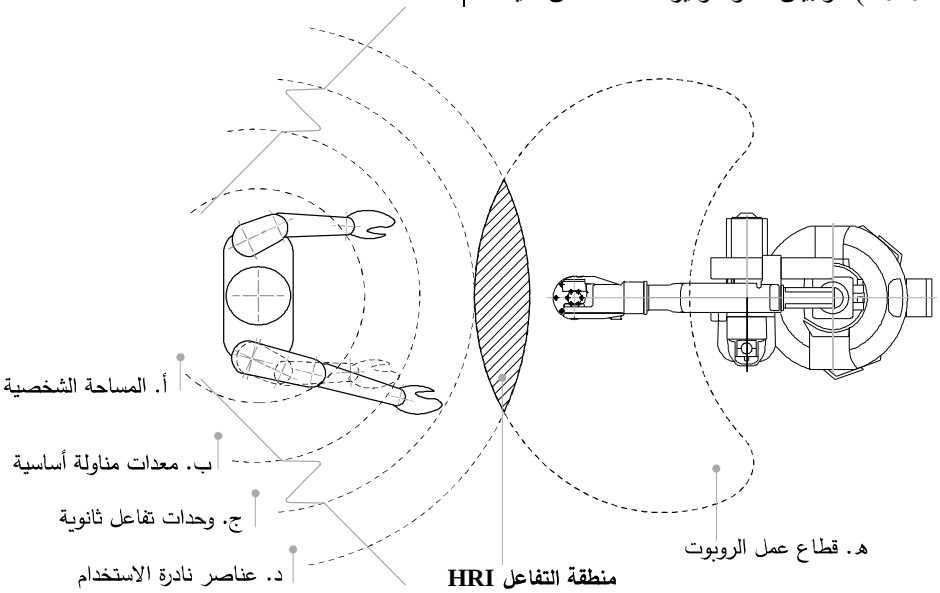
شكل (8) نموذج تفاعل عناصر بيئة العمل



شكل (9) سياق إجراءات التفاعل الفيزيائى pHRI والتفاعل المعرفى cHRI

فيمكننا تفسير سياق التوافق داخل تلك التفاعلات من خلال فهم طبيعة تنسيق عملية التفاعل، وذلك بجمع بيانات العناصر العامة لنظام التفاعل (Schittkowski, 2002)، ومدى إمكانية التعاون فيما بينها للحصول على تجربة تفاعل ذات كفاءة وفاعلية للمستخدم كمحوراً لعملية التصميم وتشمل الروبوت أيضاً.
وبالعودة إلى التفاعل الفيزيائى pHRI بين الإنسان والروبوت فهو ما يسمح لمنتج الروبوت الصناعى أو الخدمى بالتفاعل المباشر مع العنصر البشرى عن قرب، وينتج عنه طيف حركى ناشئ من التفاعل، ومنها تطور مفهوم الإنسان عن الروبوتات بصفتها أجسام صلبة يحدد لها الأهداف وتؤدى مهام محددة؛ فمع تطور تقنيات علوم الميكاترونيكس ظهر جيل جديد من منتج الروبوت قادر على التفاعل الجسدى وذات سلوك هيكلى متوافق مع البشر، ومع مراعاة تفضيلات المستخدمين ووضعها فى إعتبارات تصميم المنتجات المختلفة يمكن للمصمم وضع مخططات لسيناريوهات التفاعل لتعاون الروبوت مع الإنسان، وجعلها تطبيقات مبتكرة تعزز التفاعل الآمن وتكتسب ثقة المستخدم فى أداء المهمات علاوة على إكسابة أيضاً خبرات تفاعلية جديدة (Guiochet, et al., 2017; Santis, et al., 2008).
أما عن التفاعل المعرفى cHRI فيختلف عن تفاعل الأشخاص مع بعضهم فى سياق التفاعل، النماذج العقلية، والمعايير الإجتماعية والثقافية لتسهيل إجراءات التفاعل؛ فتفاعل الإنسان والآلة لابد فيه من التنبؤ بردود الأفعال المقابلة وإتخاذ القرارات الممكنة والمناسبة لإجراء المهمة المطلوبة، وتتطلب الروبوتات نماذج مختلفة من التفاعل وسيناريوهات متنوعة تساعدهم على التاكد من السلوك المناسب والإستجابة الفعالة للمستخدم، ويعتبر هذا النوع من التفاعل هو تسهيل تصميم نماذج دقيقة يمكن الإعتماد عليها فى تزويد منتج الروبوت بقدرات معرفية جديدة تتبع إرشادات محددة داخل بيئة العمل وأثناء تفاعلها مع المستخدم، ومن خلال أبحاث التفاعل المعرفى يقوم المصمم بتطوير السيناريوهات المحتملة التى تمكن الروبوت من التعاون المباشر مع البشر أثناء أداء مهماتهم (Fong, et al., 2006; Huang & Mutlu, 2012; Trafton et al., 2006)، وتحقيق فهم أكثر فاعلية لتوقعات البشر وتعزيز قدرتهم المعرفية تجاه سلوك الروبوت داخل بيئة العمل (Jin, 2015; Tzafestas, 2016b; Vera & Simon, 1993)؛ كلها لتحقيق نموذج بيئة العمل المناسب لمفهوم التفاعل ذات الطابع التكنولوجى وتنمية خبرة المستخدم داخل نطاق تفاعلى جديد وإستحداث مفاهيم جديدة للمنتجات التفاعلية والروبوت.
فتعد نمذجة السلوك العام لمنتج الروبوت ومسارات الحركة له داخل بيئة العمل خطوة هامة لفهم العلاقات التفاعلية (Schmidtler, Knott, Hölzel, & Bengler, 2015) بينه وبين المستخدم والعناصر العامة للنظام، ولها مردود واضح على تنمية خبرة المستخدم وإستجاباته المختلفة بشكل منطقى لتجربة

التفاعل؛ كما يجب على المصمم توثيق أساليب سيناريو بيئة العمل الناجحة، والعمل على التحسين المستمر لها والتدريب عليها، وتتوفر العديد من الأدوات لتصميم وتوثيق تلك الأساليب المتبعة، وكذلك جمع البيانات اللآزمة لتحليل كافة العناصر ذات الصلة التى يمكن الإستفادة منها لاحقاً ضمن إجراءات تفاعل المشغل الإنسانى والروبوت داخل بيئة عمل متكاملة (Clark & Close, 1992; Razali, et al., 2017)، ولبيان حدود وقيود التفاعل من حيث قدرات العنصر البشرى وتفاعلات الأنظمة الروبوتية يعتمد المصمم على دراسة سيناريو الخبراء الإستباقى لمراحل التفاعل؛ كما فى شكل (10) والذى يوضح السمات والخصائص الأساسية لمناطق وقطاعات التفاعل وكذلك لمفهوم للحدود العامة لعنصرى التفاعل – الإنسان/الروبوت - وماهية كل قطاع داخل منطقة التفاعل بشكل عام.



شكل (10) إطار الحدود العامة لتفاعل العنصر البشرى والأنظمة الروبوتية

فى غضون ذلك يمكن الإستناد إلى سيناريو التفاعل الإستباقى لتصميم الوظيفة، والذى لابد فيه من مراعاة خطوات المستخدم للتفاعل مع مجموعة العناصر المختلفة لبيئة العمل ضمن الوظائف التفاعلية المتنوعة بهيكل متوازى ومتوازن بشكل كبير؛ فتنقسم مناطق التفاعل بشكل مسبق إلى قطاعات للحدود العامة بين العنصر البشرى وأنظمة الروبوت الآلية، والتى يمكن بيان كل منها على النحو التالى:

- قطاع (أ) يمثل المساحة الشخصية للعنصر البشرى، والتى لابد من أن تبقى خالية من أى معوقات مهما كانت ليمكنه الحركة فيها بحرية تامة دون قيود.
- قطاع (ب) يعبر عن النطاق الأساسى لتفاعل المستخدم، ومن خلاله يمكن الوصول الفورى لمعدات المناولة الأساسية والمطلوبة فى أغلب الأحيان أو ذات الأهمية القصوى.
- قطاع (ج) يكون به وحدات التفاعل الثانوية ذات الأهمية المنخفضة، وتكون عملية استخدامها بين الحين والآخر، وقريبة من حدود المستخدم فى متناول اليد.
- قطاع (د) هى المساحة البعيدة والتى تضم العناصر نادرة الاستخدام، وللوصول إليها تتطلب إنحناء المستخدم إلى الأمام، وتشترك فى نطاق تفاعل الروبوت بشكل واضح.
- قطاع (هـ) تشكل المساحة الخاصة بأعمال الروبوت – سحابة الحركة – والتى من الهام جداً تجنب تداخل المستخدم معها لتفادى وقوع أى إصابات عمل أو أخطاء.

حتماً نمذجة سيناريو بيئة عمل إفتراضية عمل كبير وهام ويحتاج إلى متطلبات كثيرة، ولكنها تؤدى إلى نتائج مبهرة ، وكذلك تعمل على تنمية وتطور خبرة المستخدم اللآحقة لعملية التفاعل (Bodino, 2005)؛ كما يمكن إستنباط بعض من مميزات تصميم سيناريو بيئة عمل تفاعلية كما يلى:

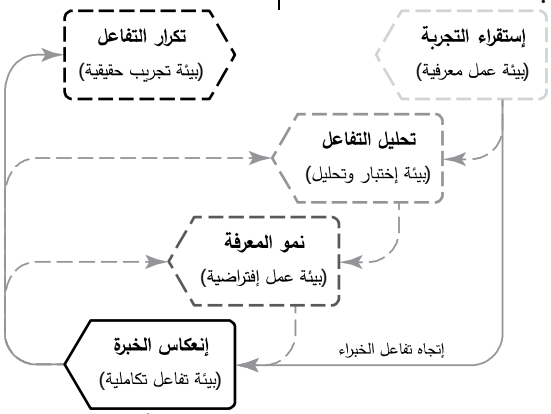
- التركيز على المستخدمين الفعليين وليس عناصر النظام الأخرى.
- موقف العمل أكثر ملاءمة مع العنصر البشرى داخل بيئة العمل.
- سهولة التعرف على موقف التفاعل، وإكتساب خبرات تفاعلية جديدة.
- تعزيز الإدراك الحسى لعمق وأبعاد بيئة العمل التفاعلية لدى المستخدم.
- العمل على تقليل الجهد المبذول أثناء القيام بالمهمة داخل تجربة التفاعل.
- التقليل من حدوث الأخطاء والأضرار التى تصاحب مواقف العمل التقليدية.
- تساعد المستخدم على تحقيق مستوى التفاعل المرغوب لديه من المهارات بدقة.
- السماح للمستخدم بالإبحار داخلها بالتحول والنظر، ومعايشة واقعها بخبرة مستقبلية.
- التحكم المطلق فى قوانين الفيزياء التقليدية، والمساعدة على إيجاد حلول متنوعة جديدة.

فملاءمة التفاعلات للعنصر البشرى أمر محورى (Koda & Kikuzawa, 2020) خلال سعى المصمم لتصميم تجربة الاستخدام داخل بيئات العمل الإستباقية، ومنها إنعكاس النتائج الإيجابية لبيان مدى جودة التفاعل أثناء عملية الاستخدام فى بيئة التجريب الحقيقية؛ فيحرص المصمم على تعزيز الفهم بين أساليب التفاعل وجودة بيئة العمل مع الأخذ فى عين الإعتبار قدرات المستخدم وحدوده الذاتية للحصول على بيانات دقيقة تساعد على تصميم تفاعل يناسب كل مستخدم مستهدف فى أى مرحلة، ويوضح شكل (11) المستويات المختلفة التى يتكون منها سيناريو التفاعل والتى تضمن إستمرارية تطور خبرة المستخدم خلال مراحل التفاعلات المتنوعة، ويحتوى أيضاً المخطط على سيناريو تفاعل الخبراء، والذى من خلاله يمكن إختصار عدة خطوات لفهم طبيعة التفاعل بمجرد الإدراك الأولى.

بناء على ما تم إستعراضه سابقاً يتبين أن حالات التفاعل تنقسم إلى عدة مراحل مختلفة تمثل موقف خبرة المستخدم تجاه إستعمالية المنتجات/الأنظمة ذات الطابع التفاعلى كما فى جدول [4]، والتى تعد محطات رئيسية لبيان حالة التفاعلات الحقيقية، والتى يُمكن

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

تمثيلها فى إطار سيناريو منهجية السلوك.



شكل (11) مستويات سيناريو التفاعلات لإستمرارية تطور خبرة المستخدم

جدول [4] سياق سيناريو تفاعل المستخدم خلال أنشطة التصميم المختلفة

مراحل التفاعل	بيئات الاستخدام	موقف المستخدم	المهام والخبرات العملية
نقطة مرجعية	▼ التغذية الراجعة ▲	**مستخدم مبتدئ ذو شغف**	
إستقراء التجربة	**بيئة عمل معرفية**	خبرات سابقة	توقعات وفرضيات التفاعل القبلى
		التعارف الأولى	التمثيل الجزئى لتباين المراحل
نقطة مرجعية	▼ التغذية الراجعة ▲	**مستخدم جديد لديه ولاء للمنتج**	
تحليل التفاعل	**بيئة إختبار وتحليل**	التفاعل المبدئى	إستمرار تزويد المستخدم بالخبرة
		تحليل إجرائى	الإختبار الأولى للنماذج التفاعلية
نقطة مرجعية	▼ التغذية الراجعة ▲	**مستخدم مرتقب ومهتم بالمنتج**	
نمو المعرفة	**بيئة عمل إفتراضية**	إنخراط إفتراضى	تجريب بيئات التفاعل المختلفة
		تشابك التفاعلات	تنوع طرق التفاعل الغير مباشر
نقطة مرجعية	▼ التغذية الراجعة ▲	**مستخدم سابق ولديه خبرة تفاعلية**	
إنعكاس الخبرة	**بيئة تفاعل ذكية – تكاملية**	استخدام هجين	يشمل الجوانب البشرية والآلية معاً
		إستعمال الخبراء	الإدراك التلقائى لعناصر التفاعل
نقطة مرجعية	▼ التغذية الراجعة ▲	**مستعمل مدرك للمنتج وخصائصه**	
تكرار التفاعل	**بيئة تجريب حقيقية**	إعادة الإستعمال	ممارسة خبرات المستخدم العملية
نقطة مرجعية	▼ التغذية الراجعة ▲	**مستعمل خبير يمتلك خبرات التفاعل المرن**	

لهذا ينبغى على المصمم محاكاة العناصر العامة لبيئة العمل – جعلها بيئة إستباقية – لتزويد المستخدم بالبيانات الضرورية ووضعها فى السياق الطبيعى لعملية التفاعل وما قد يواجهه مستقبلاً؛ فمراعاة العنصر البشرى عامل أساسى فى تصميم سيناريو التفاعل، وعمل المصمم على إنجاح العلاقة بين المستخدم وباقى عناصر النظام هو أمر ضرورى لتحقيق أقصى عائد، وإمداد المستخدم بالخبرات اللآزمة من خلال عملية النمذجة الإفتراضية داخل سيناريو صُمم خصيصاً لتجربة محددة، ولإندماج العنصر البشرى بشكل كامل يتطلب الكثير من الجهد فى تصميم سيناريو تفاعلى يحقق للمستخدم أثناء التفاعل الرضا والسعادة تجاة تجربة الاستخدام الفعلى وتحقيق الوظيفة المرجوة.

5- نتائج البحث Results:

إكتساب متخصصى وممارسى أنشطة التصميم الصناعى والتفاعلى القدر الكافى من منهجيات جديدة ومبتكرة للتفكير المستقبلى كأسلوب السناريو؛ فإن هذا من شأنه تعزيز ورفع كفاءة تصميم التفاعلات بين العنصر البشرى والمنتجات/النظم المستقبلية التفاعلية والروبوت.

تطبيق إعتبارات إرجونوميكس الروبوت فى مواقف العمل ذات التفاعل المباشر بين العنصر البشرى والأنظمة الروبوتية ككائنات سلوكية وتفاعلية، وكذلك مع العناصر الأخرى للنظام ككل داخل بيئة التفاعلات الواقعية تعزز التفاعل الآمن وتكتسب ثقة المستخدم فى أداء المهمات علاوة على إكسابة أيضاً خبرات تفاعلية جديدة.

الإستعانة بمتطلبات إرجونوميكس الروبوت وإختبارها فعلياً يؤكد على إستكشاف تجربة تفاعل آمنة من خلال معرفة المصمم بالأخطاء وكيفية إصلاحها، والتأكيد على أن بيئة العمل تكون أقل تعقيداً للمستخدم كونها بيئة إختبار؛ عندها يمكن للمصمم بناء بيئة إفتراضية متكاملة للتفاعل مع منتج الروبوت وتتميز بالإعداد السريع، أكثرها ملاءمة، إستكشاف تصميم أفضل، إنخفاض التكلفة، وإمكانية تصحيح الأخطاء ذاتياً بسهولة.

إكتساب المستخدم الخبرة الكافية لأداء المهام من خلال نموذج محاكاة التفاعل؛ فهى تمكن المصمم من تمثيل مواقف عمل متعددة والتعامل مع مستخدمين ذات تنوع معرفى مختلف وكذلك مراعاة حدود وقدرات كل منهم، ومعرفة تأثير المهام القصيرة والطويلة الأمد على المستخدم وتأثيرها عليه.

6- الخلاصة Conclusion:

دائماً يحتاج العنصر البشرى التزود بالمعلومات التى تخص عملية التفاعل فيما قد يواجهه مستقبلاً من مشاكل وصعوبات أثناء استخدام الأنظمة الروبوتية، وتظهر هنا أهمية إرجونوميكس الروبوت حيث أنه يضيف قيمة تفاعلية جديدة من خلال مفاهيم التفاعل داخل إطار إفتراضى موثق؛ فمن خلال معرفة الحدود العامة لعناصر التفاعل وتقييم مسارات الحركة يمكن تصميم تجربة تفاعل بكفاءة عالية، ويتم فيها تبسيط عملية التعلم لدى المستخدم عند أداء التجربة للمرة الأولى، وإكساب التفاعل المتعة المرجوة منه؛ لهذا يحتاج المصمم لكم هائل من البيانات التى تعمل كأساس لبناء سيناريو التفاعل.

يمكن القول بأن تمثيل الإطار التفاعلى هو بمثابة حلقة الوصل بين العنصر البشرى والأنظمة الروبوتية – الكائنات السلوكية الجديدة

13. Desmet, P. M. A., & Hekkert, P. (2007). Framework of product experience. *International Journal of Design, 1*(1), 57–66.
14. Filippi, S., & Cristofolini, I. (2010). *The design guidelines collaborative framework: A design for multi-x method for product development*. Dordrecht: Springer.
15. Fong, T., Kunz, C., Hiatt, L. M., & Bugajska, M. (2006). The human-robot interaction operating system. *Proceeding of the 1st ACM SIGCHI/SIGART Conference on Human-Robot Interaction - HRI 06*. doi: 10.1145/1121241.1121251.
16. Go, K., & Carroll, J. M. (2004). The blind men and the elephant. *ACM Interactions, 11*(6), 44–53. doi: 10.1145/1029036.1029037.
17. Grønhaug, K., & Haukedal, W. (1997). The Cumbersome Route from Research Data to Knowledge Use. *Creativity and Innovation Management*, *6*(3), 151–160. doi: 10.1111/1467-8691.00063.
18. Groom, V., & Nass, C. (2007). Can robots be teammates? Benchmarks in human-robot teams. *Interaction Studies. Social Behaviour and Communication in Biological and Artificial Systems Psychological Benchmarks of Human–Robot Interaction*, 8(3), 483-500. doi:10.1075/is.8.3.10gro.
19. Guiochet, J., Machin, M., & Waeselynck, H. (2017). Safety-critical advanced robots: A survey. *Robotics and Autonomous Systems*, *94*, 43–52. doi: 10.1016/j.robot.2017.04.004.
20. Hancock, P. A., Billings, D. R., Schaefer, K. E., Chen, J. Y., Visser, E. J., & Parasuraman, R. (2011). A Meta-Analysis of Factors Affecting Trust in Human-Robot Interaction. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society,53*(5), 517-527. doi:10.1177/0018720811417254.
21. Hassenzahl, M. (2001). The effect of perceived hedonic quality on product appealingness. *International Journal of Human-Computer Interaction, 13*(4), 481–499.
22. Hassenzahl, M. (2003). The thing and I: Understanding the relationship between user and product. In M. A. Blythe, A. F. Monk, K. Overbeeke & P. C. Wright (Eds.), *Funology: From usability to enjoyment* (pp. 1–12). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
23. Hassenzahl, M., & Monk, A. (2010). The inference of perceived usability from beauty. *Human-Computer Interaction, 25*(3), 235–260.
24. Huang, C.-M., & Mutlu, B. (2012). Robot behavior toolkit. *Proceedings of the Seventh* – لبناء جسر التناغم الحادث داخل تجربة التفاعل دون تعقيد أو حدوث أخطاء كارثية قدر الإمكان، ودفع المستخدم داخل بيئة تفاعلية آمنة وإكسابة بعض المهارات الجديدة للتفاعل.

مراجع البحث References:

1. Alexander, I., & Maiden, N. (2004). *Scenarios, stories, use cases: through the systems development life-cycle*. Chichester: Wiley.
2. Anggreeni, I., & van der Voort, M. C. (2008). Classifying Scenarios in a Product Design Process: a study to achieve automated scenario generation. *CIRP Design Conference 2008*. https://doi.org/10.18848/1833-1874/CGP.
3. Bannat, A., Gast, J., Rehrl, T., Rösel, W., Rigoll, G., & Wallhoff, F. (2009). A Multimodal Human-Robot-Interaction Scenario: Working Together with an Industrial Robot. *Human-Computer Interaction. Novel Interaction Methods and Techniques Lecture Notes in Computer Science*, 303–311. doi: 10.1007/978-3-642-02577-8_33.
4. Bate, P., & Robert, G. (2009). *Bringing user experience to healthcare improvement: the concepts, methods and practices of experience-based design*. Oxford: Radcliffe Publishing Ltd.
5. Bodino, D. (2005). *Virtual environment design: cyberarchitetti dellinfospazio: tesi di dottorato*. Torino.
6. Bødker, S. (2000). Scenarios in user-centred design—setting the stage for reflection and action. *Interacting with Computers*, *13*(1), 61–75. doi: 10.1016/s0953-5438(00)00024-2.
7. Buchenau, M., & Suri, J. F. (2000). Experience prototyping. *Proceedings of the Conference on Designing Interactive Systems Processes, Practices, Methods, and Techniques - DIS 00*, 424–433. doi: 10.1145/347642.347802.
8. Bürdek, B. E. (2005). *Design: History, theory and practice of product design*. Basel, switzerland: Birkhäuser. doi:https://doi.org/10.1007/3-7643-7681-3_2.
9. Carroll, J.M. (1995). *Scenario-Based Design. Envisioning work and technology in system development*, New York: John Wiley and Sons.
10. Clark, D. O., and G. C. Close. (1992). Motion Study. In: G. Salvendy (Ed.), *Handbook of Industrial Engineering*. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons.
11. Craik, K. H. (1966). *The Prospects for an Environmental Psychology*. Berkeley, CA : University of California.
12. Crilly, D., Moultrie, J., & Clarkson, P. J. (2004). Seeing things: Consumer response to the visual domain in product design. *Design Studies, 2*, 547–577.

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

Institute for Social Research and Architectural Research Laboratory, University of Michigan.
37. Mills, J. K. (1993). Hybrid actuator for robot manipulators: Design, control and performance. *Mechatronics*, *3*(1), 19–38.
38. Moles, A. (1968). *Information theory and esthetic perception*. Urbana: Univ. of Illinois Press.
39. Nadler. G. (1991). *The Planning and Design Professions: An Operational Theory*. New York: John Wiley & Sons.
40. Nielsen, L., & Madsen, S. (2006). Storytelling as Method for Sharing Knowledge across IT Projects. *Proceedings of the 39th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS06)*, 1–9. doi: 10.1109/hicss.2006.438.
41. Nof, S. Y., & Fisher, E. L. (1982). Analysis of robot work characteristics. *Industrial Robot: An International Journal*, *9*(3), 166–171. doi: 10.1108/eb004525.
42. Nof, S.Y. (1999). Robot Ergonomics: Optimizing Robot Work. In: Nof, S.Y. (ed.), *Handbook of Industrial Robotics*, John Wiley & Sons, New York. 2nd edn., ch. 32, pp. 603–644.
43. Nussbaum, B. (2004). *The power of design*. Businessweek, May 17, 69–75.
44. Ornstein, S. W. (1999). A Postoccupancy Evaluation of Workplaces In Sao Paulo, Brazil. *Environment & Behavior*, *31*, 435-462.
45. Pesonen, H.-L., Ekvall, T., Fleischer, G., Huppes, G., Jahn, C., Klos, Z. S., … Wenzel, H. (2000). Framework for scenario development in LCA. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, *5*(1), 21–30. doi: 10.1007/bf02978555.
46. Peterson, B. G. (1953). Design Considerations For Maneuverability Of High Speed Airplanes. *SAE Technical Paper Series*. doi: 10.4271/530153.
47. Pruitt, J., & Adlin, T. (2006). *The Persona Lifecycle: Keeping people in Mind During Product Design*. San Francisco: Morgan Kaufmann Press.
48. Razali, Z. B., Kader, M. M. M. A., Kadir, M. A. A., & Daud, M. H. (2017). Reprogramming the articulated robotic arm for glass handling by using Arduino microcontroller. *3rd Electronic and Green Materials (EGM 2017) International Conference*. doi: 10.1063/1.5002400.
49. Rusman, H. (2018). *The symbiotic relationship between humans and artificial intelligence*. Retrieved April 11, 2019, from https://medium.com/@hanrusman/the-symbiotic-relationship-between-humans-and-artificial-intelligence-66c0add19081.
Annual ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction - HRI 12. doi: 10.1145/2157689.2157694.
25. Jacko, J. A. (2012). *The human-computer interaction handbook: fundamentals, evolving technologies, and emerging applications*. Boca Raton (FL): CRC Press.
26. Jin, Z. (2015). *Exploring implicit cognition learning, memory, and social cognitive processes*. Hershey, PA: Information Science Reference, an imprint of IGI Global.
27. Jordan, P. W. (1998). Human factors for pleasure in product use. *Applied Ergonomics*, *29*(1), 25–33. doi: 10.1016/s0003-6870(97)00022-7.
28. Keyes, B., Micire, M., L., J., & A., H. (2010). Improving Human-Robot Interaction through Interface Evolution. In D. Chugo (Ed.). *: The Journal of Human-Robot Interaction*,183-202. doi:10.5772/8140.
29. Koda, T., & Kikuzawa, K. (2020). Effects of Agents' Embodiment and Robot Anxiety Scale on Social Priming. *Proceedings of the 12th International Conference on Agents and Artificial Intelligence*. doi: 10.5220/0009144202660271.
30. Lelie, C. V. D. (2006). The value of storyboards in the product design process. *Personal and Ubiquitous Computing*, *10*(2-3), 159–162. doi: 10.1007/s00779-005-0026-7.
31. Lemaignan, S., Warnier, M., Sisbot, E. A., Clodic, A., & Alami, R. (2017). Artificial cognition for social human–robot interaction: An implementation. *International Journal of Artificial Intelligence*,*247*, 45-69. doi:10.1016/j.artint.2016.07.002.
32. Li, L. H.-L. (2015). Monster Design and Classifier Cognition. *Cross-Cultural Design Applications in Mobile Interaction, Education, Health, Transport and Cultural Heritage Lecture Notes in Computer Science*, 222–229. doi: 10.1007/978-3-319-20934-0_21.
33. Lichocki, P., Kahn, P. H., & Billard, A. (2011). The Ethical Landscape of Robotics. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, *18*(1), 39–50. doi: 10.1109/mra.2011.940275.
34. Little, B. R. (1968). Psychospecialization : Functions of differential interests in persons and things. *Bulletin of the British Psychological Society*, *21*, 113.
35. Macdonald, A.S. (1998). Developing a qualitative sense. In: Stanton, N. (Ed.), *Human Factors in Product Design*. Taylor and Francis Ltd, UK, pp. 175-190.
36. Marans, R., & Spreckelmeyer, K. (1981). *Evaluating Built Environments : A Behavioral Approach*. Ann Arbor, MI :

doi: 10.2752/146069203789355471.

61. Tanev, T. K. (2000). Kinematics of a hybrid (parallel–serial) robot manipulator. *Mechanism and Machine Theory, 35*(9), 1183–1196. doi: 10.1016/s0094-114x(99)00073-7.

62. Thüring, M., & Mahlke, S. (2007). Usability, aesthetics, and emotions in human-technology interaction. *International Journal of Psychology, 42*, 253–264.

63. Tractinsky, N., Cokhavi, A., Kirschenbaum, M., & Sharifi, T. (2006). Evaluating the consistency of immediate aesthetic perceptions of web pages. *International Journal of Human-Computer Studies, 64*(11), 1071–1083.

64. Trafton, J. G., Schultz, A. C., Cassimatis, N. L., Hiatt, L. M., Perzanowski, D., Brock, D. P., … Adams, W. (2006). Communicating and collaborating with robotic agents. In Sun R. (Ed.), *Cognition and multi-agent interaction: From cognitive modeling to social simulation* (pp. 252– 278). New York, USA: Cambridge University Press. ISBN -13 978-0-521-83964-8.

65. Tzafestas, S. G. (2016b). *Roboethics a Navigating Overview*. Cham: Springer International Publishing. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-21714-7.

66. Ullman, D. G. (2018). *The mechanical design process*. Independence, OR: David G. Ullman.

67. Ulrich, K. T., & Eppinger S. D. (2015). *Product design and development (6th Ed.)*. New York: McGraw-Hill /Irwin.

68. Vera, A. H., & Simon, H. A. (1993). Situated Action: A Symbolic Interpretation. *Cognitive Science, 17*(1), 7–48. doi: 10.1207/s15516709cog1701_2.

69. Vischer, J. & Fischer, G. (2005). User evaluation of the work environment: a diagnostic approach. *Le travail humain*, vol. 68(1), 73-96. doi:10.3917/th.681.0073.

70. Wineman, J. (1986). *Behavioral Issues in Office Design*. New York : Van Nostrand Reinhold.

71. Writer, B. (2019). *Lithium-ion batteries: A machine-generated summary of current research*. Switzerland: Springer Nature.

72. Xing, B., & Marwala, T. (2018). *Smart maintenance for human-robot interaction: an intelligent search algorithmic perspective*. Cham, Switzerland: Springer.

50. Saakes, D.P., Keller, A.I. (2005) Beam me down Scotty: to the virtual and back! *Proceedings of DPPI. Conference of Designing Pleasurable Products and Interfaces*, Eindhoven, 482–483.

51. Santis, A. D., Siciliano, B., Luca, A. D., & Bicchi, A. (2008). An atlas of physical human–robot interaction. *Mechanism and Machine Theory, 43*(3), 253–270. doi: 10.1016/j.mechmachtheory.2007.03.003.

52. Schaefer, K. E., Adams, J. K., Cook, J. G., Bardwell-Owens, A., & Hancock, P. A. (2015). The Future of Robotic Design: Trends From the History of Media Representations. *Ergonomics in Design: The Quarterly of Human Factors Applications,23*(1), 13-19. doi:10.1177/1064804614562214.

53. Schittkowski, K. (2002). Numerical data fitting in dynamical systems: a practical introduction with applications and software. In *Numerical data fitting in dynamical systems: a practical introduction with applications and software*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

54. Schmidtler, J., Knott, V., Hölzel, C., & Bengler, K. (2015). Human Centered Assistance Applications for the working environment of the future. *Occupational Ergonomics, 12*(3), 83–95. doi: 10.3233/oer-150226.

55. Sears, A., & Jacko, J. A. (2008). *The human-computer interaction handbook: fundamentals, evolving technologies, and emerging applications*. New York: Lawrence Erlbaum Assoc.

56. Sears, A., & Jacko, J. A. (2017). *Human-computer interaction*. Boca Raton: CRC Press.

57. Siciliano, B., Sciavicco, L., Villani, L., & Oriolo, G. (2009). *Robotics: modelling, planning and control*. New York: Springer. doi: 10.1007 /978-1-84628-642-l.

58. Steinfeld, A., Fong, T., Kaber, D., Lewis, M., Scholtz, J., Schultz, A., & Goodrich, M. (2006). Common metrics for human-robot interaction. *Proceeding of the 1st ACM SIGCHI/SIGART Conference on Human-robot Interaction – HRI*. Salt Lake City, UT: ACM. *06*,33-40. doi:10.1145/1121241.1121249.

59. Stokols, D. (1978). Environmental psychology. *Annual Review of Psychology, 29*, 253-295.

60. Suri, J. F. (2003). The Experience of Evolution: Developments in Design Practice. *The Design Journal, 6*(2), 39–48.

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