الإرجونوميكس المعاصر: تمكين التقنيات الحديثة للمشغل الذكى خلال عصر الثورة الصناعية الرابعة

Contemporary Ergonomics: Empowering the Modern Technologies for Smart Operator through the Era of Industrial Revolution 4.0

أسامة على السيد ندا

أستاذ مساعد بقسم التصميم الصناعى، كلية الفنون التطبيقية، جامعة بنها، osama.alinada@fapa.bu.edu.eg

ملخص البحث: Abstract

أحدثت الثورة الصناعية الرابعة Industry 4.0 نمواً تكنولوجياً سريعاً وتطوراً فى بيئات وعمليات التصنيع المختلفة، وتحولت نظم التصنيع من يدوية إلى آلية وحدث تقدم فى الأدوات والتكنولوجيات المستخدمة فى التصنيع، وأتاح هذا التقدم التكنولوجى أن تكون عمليات التصنيع أكثر فاعلية وكفاءة، حيث تم إستخدام تقنيات مساعدة مختلفة فى عمليات التصنيع مثل الواقع المعزز، والواقع الافتراضى...الخ، والتى كانت بمثابة عوامل مساعدة فى بيئات عمل الثورة الصناعية الرابعة، إلا أن إستخدام هذه التقنيات المساعدة أدى لحدوث تغييرات فى نظم العمل والعمل البشرى human work بالإضافة لظهور مفهوم المشغل 4.0، وقد إهتم الإرجونوميكس بإعتباره أحد العلوم الأساسية فى التصميم بدراسة تفاعل العاملين – التكنولوجيا بهدف تحسين كلاً من كفاءة أداء النظام بشكل عام ورفاهية هؤلاء العاملين فى بيئات العمل المختلفة، والعمل على ملاءمتهم لتلك البيئات من النواحى البدنية والنفسية الإجتماعية، إلا أنه ومع إستخدام تلك التقنيات المساعدة فى فى بيئات العمل والتى أثرت بشكل كبير فى تعديل وضع ومهام العاملين فى بيئات التصنيع، فقد ظهرت الحاجة إلى ضرورة تحول إهتمام الإرجونوميكس نحو التركيز على تحسين المهارات المعرفية للعاملين فى تلك البيئات لمعالجة الكثير من المعلومات، ويهدف هذا البحث لعرض كلاً من مفهوم المشغل 4.0 وإيضاح وظائف العاملين وتفاعلهم مع بعض تلك التقنيات المساعدة المستخدمة فى بيئات عمل الثورة الصناعية الرابعة، والأنظمة السيبرانية الفيزيائية cyber-physical فى تلك البيئات التفاعلية.

كلمات دالة: Keywords

الإرجونوميكس Ergonomics، الصناعة 4.0 Industry 4.0، المشغل 4.0 Operator 4.0، تقنيات الثورة الصناعية الرابعة Industrial Revolution 4.0 Technologies، قدرات المشغل 4.0 Operator 4.0 Capabilities

Paper received June 19, 2023, Accepted August 17, 2023, Published on line Novmber 1, 2023

المقدمة: Introduction

يعمل الإرجونوميكس كعلم بينى متداخل بين تخصصات عديدة، على قدرات وحدود البشر، لتحسين تفاعل المستخدمين مع المنتجات والنظم والبيئة، وتقليل أو منع حدوث إية أخطار أو إصابات للمستخدمين لأدنى حد، لذا فقد كان يتم تطبيقه بشكل أساسى على جميع الجوانب التى تتضمن تفاعل الإنسان-الآلة.

وقد مر الإرجونوميكس بالعديد من المراحل منذ نشاته فبين أواخر القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين إهتم بتدريب المشغلين ليلائم إستخدام الآلات، وركز خلال تلك الفترة [1] على علم النفس psychology، ومنذ الحرب العالمية الثانية حتى فترة الستينيات كان الإهتمام بعلم الفسيولوجى والأنثروبومترى والميكانيكا الحيوية فى الدراسات الإرجونومية، وأصبحت عملية جعل ميكنة وإجراءات التصنيع تلائم إحتياجات العاملين من الأمور الهامة ومتطلبا أساسياً، وبداية من فترة الستينيات حتى الآن إهتم الإرجونوميكس بدراسة نظام (الإنسان – الآلة - البيئة) على أنه كيان واحد، حيث إستخدامه خلال عمليات الإنتاج والتصنيع، لذا يعتبر الإرجونوميكس أحد أحجار الزاوية فى نظم الانتاج والصناعة.

وقد أحدثت الثورة الصناعية الرابعة Industry 4.0 نمواً تكنولوجياً سريعاً وتطوراً فى بيئات وعمليات التصنيع المختلفة، وتحولت نظم التصنيع من يدوية إلى آلية وحدث تقدم فى الأدوات والتكنولوجيات المساعدة المستخدمة فى التصنيع مثل الواقع المعزز، والواقع الافتراضى...الخ[3]، إلا أن إستخدام هذه التقنيات المساعدة أدى لحدوث تغييرات فى نظم العمل والعمل البشرى human work، حيث أثرت بشكل كبير فى تعديل وضع ومهام العاملين، وظهرت الحاجة لجيل جديد من العاملين تم تسميتهم بالمشغل 4.0 وهو عامل ذكى يمتلك القدرة على التعامل مع الأنظمة الفيزيائية الإلكترونية البشرية التى تتيح له التعاون مع تلك التقنيات الحديثة والروبوتات[2].

مشكلة البحث: Statement of the Problem

دائماً ما يأتى تقدم العلوم وتقنياته المساعدة بالعديد من الإيجابيات والسلبيات، والتطور التكنولوجى الحاصل منذ بداية الثورة الصناعية الرابعة أدى إلى تطور جميع علوم المتعلقة بتصميم المنتجات على وجه الخصوص، وكان لعلم الإرجونوميكس النصيب الأكبر فى هذا التطور، خاصة أنه متعلق بالتصميم من أجل البشر وتعزيز مفاهيم عديدة مثل الإستعمالية، وتكون مشكلة البحث متمثلة فى القصور الحادث فى العديد من فروع التصميم والصناعة التى قد لا تواكب تقنيات الثورة الصناعية الرابعة، بما فيها من أدوات حديثة، وكذلك العمال المعنيين بتلك العملية الصناعية غير قادرين على إستيعاب التكنولوجيا ومستحدثاتها، ويركز البحث على التعريف بتلك التقنيات الحديثة التى أدت إلى تطور العامل البشرى معها وظهور المشغل 4.0 أو المشغل الذكى، والمدعوم من الصناعة 4.0 داخل بيئة العمل بشكل تفاعلى.

هدف البحث: Research Objectives

يهدف البحث لعرض بعض تقنيات الثورة الصناعية الرابعة 4,0 المساعدة وإيضاح وظائف العاملين وتفاعلهم مع تلك التقنيات وشرح علاقة تقنيات الصناعة 4.0 بتطوير قدرات المشغل المعرفيه والحسيه والبدنية والتفاعلية.

أهمية البحث: Research Significance

تحسين المهارات المعرفية للعاملين فى بيئات عمل الثورة الصناعية الرابعة لمعالجة الكثير من المعلومات فى بيئات التصنيع وكذلك العمل على ملاءمة العاملين لتلك البيئات من النواحى البدنية والنفسية الإجتماعية.

منهج البحث: Research Methodology

إعتمد البحث على المنهج الإستقرائى لدراسة المشكلة، وتحقيق فرض البحث، وبيان أهميته.

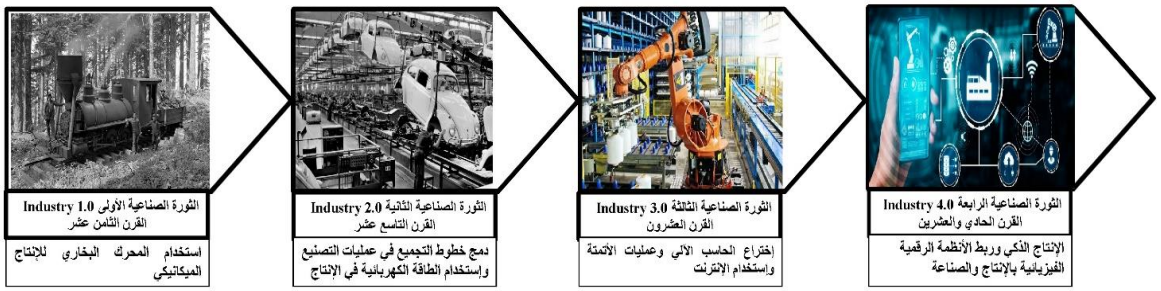
الإطار النظري Theoretical Framework

1- الثورة الصناعية الرابعة Industry 4.0:

مرت الصناعة أيضاً باربعة مراحل أساسية، فكانت الثورة الصناعية الأولى Industry 1.0 فى اواخر القرن الثامن عشر حيث تم استخدام المحرك البخارى للإنتاج الميكانيكى، وفى مطلع القرن العشرين تم دمج خطوط التجميع فى عمليات التصنيع وتم تسميتها بالثورة الصناعية الثانية Industry 2.0، وبعد ذلك جائت فترة

الثورة الصناعية الثالثة Industry 3.0 بحلول منتصف الستينيات حيث كان دخول عالم الإنترنت ونقل البيانات وتخزينها والصناعات الإلكترونية والإنتاج الذى يتحكم فيه الحاسب الآلى فحدث تطور كبير للصناعة ووسائل الإتصال وبدأ الإعتماد على الإشارات الرقمية Digital وبرمجة الآلات، لذا سميت الثورة الصناعية الثالثة بالثورة الرقمية [5].

ثم جاءت الثورة الصناعية الرابعة Industry 4.0 وأصبح تصنيع المنتجات أكثر تعقيدًا حيث أدخلت تلك الثورة الصناعية فى عمليات التصنيع مجالات جديدة كالذكاء الإصطناعى Artificial intelligence، وتعلم الآلةMachine learning ، والروبوتات Robots،وانترنت الأشياءIOT، والطباعة ثلاثية الأبعاد printing 3D، ومعالجة المعلومات والبيانات، والقدرة على تخزين المعلومات وغيرها من المجالات التقنية الكثيرة والتى تربط بين الأنظمة الرقمية الفيزيائيةcyber-physical systems ، ويوضح شكل (1) مراحل الثورة الصناعية الاربعة [4].



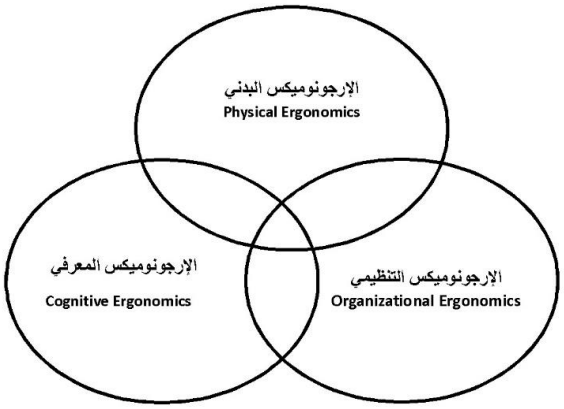
شكل (1) مراحل الثورة الصناعية الأربعة

وفترة الثورة الصناعية الرابعة الحالية يطلق عليها عصر إنترنت الأشياء الصناعية industrial internet of things وتستخدم فيها الأنظمة السيبرانية الفيزيائية cyber-physical systems وتقنيات حديثة مثل أدوات الإستشعار والأجهزة الذكية وغيرها فى نظم الإنتاج والتصنيع حيث أدى ذلك إلى أن تكون عمليات التصنيع أكثر كفاءة إضافة إلى خفض تكاليف الإنتاج [6].

وإستخدام تلك التقنيات يؤدى لخلق علاقة جديدة بين الإنسان والآلة ومساعدة العاملين على أن يؤدوا المهام والأنشطة بكفاءة وفعالية وليس لإستبدال مهاراتهم وقدراتهم وسيكون دور العاملين فى هذه النظم الصناعية الحديثة هو التحكم والتوعية مثل النظم التى صممت لطيارى الطائرات ومشغلى العمليات الصناعية والجنود، إلا أن تلك التقنيات تتطلب من العامل أو المشغل تحسين مهاراته المعرفية والبدنية والتفاعلية والحسية لتلبية متطلبات التعامل معها وإستخدامها[7]، حيث تتطلب على سبيل المثال معالجة كميات كبيرة من المعلومات واتخاذ القرارات المناسبة، لذا يظل الإنسان او العامل هو الأساس فى أى نظام عمل برغم التطور التكنولوجى الكبير فى بيئات ونظم العمل الإنتاجية.

2- الإرجونوميكس فى الثورة الصناعية الرابعة:

الإرجونوميكس كعلم بينى متداخل بين تخصصات عديدة، يعمل على تطبيق طرق ونظريات التصميم لتحسين كلاً من رفاهية الإنسان وأداء النظام من خلال فهم كيفية تفاعل البشر مع مكونات النظام الأخرى، وكذلك الحفاظ على توازن متناغم فى تفاعل البشر والأشياء خاصة المرتبطة بمتطلبات الناس وقدراتهم وحدودهم، ويتألف الإرجونوميكس لثلاث فئات هى الإرجونوميكس البدنى والمعرفى والتنظيمى [8]، كما هو موضح شكل (2).



شكل (2) فئات الإرجونوميكس البدنى والمعرفى والتنظيمي

2-1 - الإرجونوميكس التنظيمى Organizational:

يهتم بتعزيز النظم الاجتماعية التقنيةsociotechnical ، والتى تشمل السياسات والعمليات والهياكل التنظيمية، ويشمل دراسة العمل الجماعى والتواصل بين أعضاء الفريق والتصميم التشاركى participatory designوالعمل عن بُعدtelework [14].

2-2 -الإرجونوميكس المعرفى Cognitive :

يركز الإرجونوميكس المعرفى على عمليات الدماغ البشرى وجميع العمليات العقلية، مثل الإستنتاج reasoning ومعالجة وتوفير المعلومات والمراقبة والذاكرة والتفاعل والاستجابة، والناتجة من التفاعلات بين العاملين وأساسيات النظام المختلفة ومكونات الآلة فى البيئة الصناعية حيث تتطلب هذه المهام قدرة البشر على تحويل المعلومات وتطبيقها وتخزينها واستدعائها [15]، وتعتمد على المهمة التى تؤدى فى بيئة العمل، وذلك من أجل عمل تواصل صحيح لرغبات العامل وقدراته ومهامه وجميع مكونات البيئة التى يعمل بها حيث يتم دمج التفاعل بينه وبين الآلات مع قدراته وقيوده المعرفية البشرية.

2-3- الإرجونوميكس البدنى Physical :

يرتبط الإرجونوميكس البدنى بالجوانب التشريحية والفسيولوجية والبيوميكانيكية المتعلقة بالنشاط البدنى مثل مناولة المواد، والاضطرابات العضليهيكلية المرتبطة بالعمل، ووضعيات العمل، وتخطيط ورش العمل، والسلامة، والحركات المتكررة [16]، وقد إعتمد تطبيق الإرجونوميكس فى الصناعة حتى الثورة الصناعية الثالثة على الإرجونوميكس البدنى.

وبظهورالثورة الصناعية الرابعة نشأت تقنيات حديثة فى الصناعة والانتاج أدت لإتجاه شركات التصنيع والمصانع إلى دمج العديد من هذه التقنيات فى نظام العمل بداخلها وهذه التقنيات مثل الروبوتات والتشغيل الآلى والواقع المعزز، والمساعد المعرفى cognitive aid لمساعدة المشغلين على القيام بالمهام التى تتطلب إدراكًا معرفياً mental cognition، وواجهات الآلة البشرية الذكية (human machine interfaces) [17]، وغيرها من التقنيات والتى تقوم بالعمل مع العاملين بداخل تلك الأماكن، ونشأ جيل جديد من العاملين تم تسميتهم بالمشغل 4.0 وهو عامل ذكى يمتلك القدرة على التعامل مع الأنظمة الفيزيائية الإلكترونية البشرية التى تتيح له التعاون مع تلك التقنيات الحديثة والروبوتات [18].

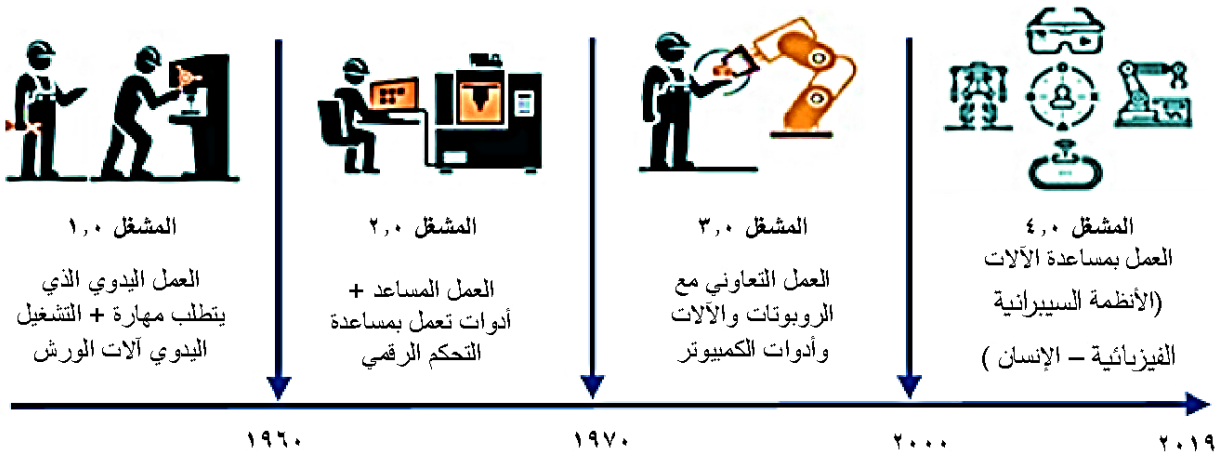
3- المشغل 4.0 (المشغل الذكى) :

تعد الإنتاجية المحسنة إحدى الفوائد الرئيسية الناتجة عن اعتماد التقنيات المساعدة المتقدمة فى عمليات التصنيع، كما هو مذكور فى الدراسات حول الصناعة 4.0، وقد أدت هذه التطورات التكنولوجية إلى ظهور فرص وتهديدات جديدة لبيئة العمل، لا سيما فى تقليل

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

الأخطاء، وزيادة السلامة، وتحسين الراحة، وتعزيز التفاعل بين الإنسان والآلة، أدت الطبيعة المتطورة للعمل فى ظل الصناعة 4.0 أيضًا إلى ظهور مهام أكثر تعقيدًا وتجريدًا [19]، وتتطلب مهارات حل المشكلات من العمال، ولمعالجة هذه التغييرات، تحتاج بيئة العمل إلى أن تشمل الجوانب المادية والمعرفية والتنظيمية في سياق التفاعلات بين الإنسان والآلة، ويصبح هذا التكامل حاسماً بشكل خاص أثناء مرحلة التصميم لمنع المشكلات الناجمة عن الاعتماد فقط على الأنظمة الآلية دون النظر فى المشكلات غير المتوقعة التى تتطلب التدخل البشرى أو اتخاذ القرار - وهى ظاهرة يشار إليها باسم "تأثير المشغل السحري"، مع تقدم الصناعات نحو هذا العصر الجديد الذى يتميز بالتقنيات القائمة على الذكاء (يشار إليها عمومًا باسم الصناعة 4.0) [20]، تحتاج المفاهيم الحالية فى بيئة العمل التقليدية إلى مزيد من التطوير لمواكبة الأبعاد الناشئة المتعلقة بكل من تجارب الحياة الشخصية والبيئات المهنية التى تم جلبها بفضل الابتكارات التكنولوجية للثورة الصناعية الرابعة، مع مرور الوقت، منذ أن بدأت الميكنة تكتسب المزيد من الاهتمام وأصبحت الروبوتات منتشرة بشكل متزايد - وعلى الأخص أثناء الانتقال إلى الصناعة 4.0.

بحلول الثورة الصناعية الرابعة industry 4.0 وظهور تقنيات حديثة، تغير تركيز التصنيع الحديث وأصبح هناك تعاون أكبر بين الإنسان والآلة فى أماكن العمل، وتحولت الأدوار التى كان يقوم بها العامل البشرى فى عمليات التصنيع والإنتاج إلى أدوار يقوم فيها بدور المشغل الذى يتعاون مع التكنولوجيات الجديدة ويستخدمها[21]، وعلى ذلك ومنذ بدء الثورة الصناعية تعرض العامل أو المشغل لتغيرات فى واجباته ومهامه خلال العقود الماضية، ويعرض شكل (3) مراحل تطور أدوار وواجبات المشغل.



شكل (3) مراحل تطور دور ومهام المشغل الإنسانى

ويعتبر المشغل operator أحد العناصر الأساسية فى الثورة الصناعية الرابعةIndustry 4.0 ، حيث يتلقى المساعدة من الأنظمة الآلية، والتى تعمل بشكل مستمر باستخدام تقنيات حديثة على تقليل وتخفيف الضغوط البدنية والذهنية، وبالتالى تمكنه من استخدام وتطوير مهاراته الإبتكارية والإرتجالية فى العمل[22].

ويعرف المشغل 4.0 على أنه مشغل ذكى وماهر يؤدى مهام تعاونية مع الروبوتات بالإضافة إلى المساعدة أيضًا فى العمل بواسطة الآلات وذلك وكلما لزم الأمر عن طريق الأنظمة السيبرانية الفيزيائية البشرية، وتقنيات تفاعل الإنسان - الآلة المتقدمة، والأتمتة التلاؤمية adaptive automation (هى أحد أمثلة الأتمتة المرتكزة على الإنسان، حيث توظف حساسات وخوارزميات خاصة لمراقبة الحالتين الجسدية والذهنية للمستخدم، ليقوم النظام بالتدخل عند ملاحظته معاناة المشغل أثناء أداء المهام المنوطة به، أما فى الحالة العادية، يتكفل المشغل بالعمل كاملا وبالشكل الذى يساعده على تنمية مهاراته)[24] من أجل تحقيق أنظمة عمل تكافل بين الإنسان والأتمتةhuman-automation ، لذا فإن مهمة المشغل 4.0 تكون فى إقامة تلاقى وعلاقة قائمة على التفاعل بين البشر والآلات التى تتمتع بالذكاء والقوة والقدرات لتمكين المشغل البشرى[23]، ويتم تصميم الآلات بحيث تتلاءم مع إحتياجات المشغلين المعرفية cognitive والبدنيةphysical ، وتحسن من إحساس المشغلين (بدنياً ومعرفياً) بشكل يسمح بانتقال توزيع المهام/الوظائف بين البشر والآلات بشكل ديناميكى وسلس، وعلى ذلك تنقسم مهام المشغل 4.0 إلى فئتين أساسيتين هما وظائف فى التصنيع بالإضافة إلى مهام فى تكنولوجيا المعلومات (IT).

4- بعض تقنيات الثورة الصناعية الرابعة 4.0:

فيما يلى بعض تقنيات الثورة الصناعية الرابعة 4,0 والتى يمكن أن تساعد المشغلين 4.0 فى النظم السيبرانية - الفيزيائية البشرية، وهذه التقنيات هى :

4-1- المشغل والهياكل الخارجية المعززة بالطاقة powered exoskeleton :

الهياكل الخارجية Exoskeletons هى أجهزة قابلة للإرتداء تعمل بالترادف مع المشغل المستخدم لها، وهى بذلك على عكس الروبوتات المستقلةautonomous robot التى تعمل بدلاً من المشغل، ويتم وضع هذه الهياكل الخارجية على جسم المشغل وتعمل كمضخم يزيد ويدعم الأداء البشرى، وتختلف عن الأطراف التعويضية الميكانيكيةmechanical prosthetic مثل الذراع أو الساق الآلية التى تحل محل الجزء الأصلى من الجسم، وتصنع هذه الهياكل الخارجية من مواد صلبة مثل المعادن أو ألياف الكربون، أو من أجزاء لينة ومرنة، ويتعدد إستخدامها فمنها ما يتم استخدامه فى الأغراض الطبية وتسمى بالهياكل الخارجية الطبية، والأخرى الهياكل الخارجية غير الطبية Non-medical exoskeletons وتكون مصممة للبيئات الصناعية وتستخدم فى الإستعاضة عن المشغل البشرى فى المهام الغير آدمية[25].

وهذه الهياكل مصممة لحماية مرتديها، مثل إستخدامها لحماية الجنود، أو عمال البناء، أو لحماية الأشخاص المتواجدين فى بيئات خطرة، ومساعدة المسنين على الحركة والتنقل، وأيضاً عمال الإنقاذ كما تمكن المشغلين من رفع الحطام الثقيل بسهولة، وتوفير الحماية لمرتديها فى حال سقوط الأنقاض عليهم، بالإضافة إلى تقوية الدعم للمهام التى تتطلب مجهود بدنى وذلك لتقليل الأحمال على أسفل الظهر والعمود الفقرى خلال أداء مهام الإنحناء والرفع، ويمكن تزويد هذه الهياكل الخارجية بالطاقة وأجهزة استشعار ومحركات، ويمكن أن تكون بدون ذلك، ومن الممكن أن تكون هذه الهياكل الخارجية متحركة أو ثابتة/معلقة) وعادة لإعادة التأهيل أو للتحكم بها عن بعد(teleoperation ، كما يمكن أن تغطى هذه الهياكل كامل الجسم، أو فقط الأطراف العليا أو السفلى [26]، أو حتى جزء محدد من الجسم مثل الكاحل أو الورك، ويوضح شكل (4) بعض أنواع هذه الهياكل الخارجية ومجالات إستخدامها المختلفة.

شكل (4) بعض أنواع الهياكل الخارجية ومجالات إستخدامها المختلفة

2-4- المشغل والواقع المعزز : augmented reality (AR)

تقنية حديثة تعتمد على المزج بين المعلومات الرقمية والمعلومات المستقاة من البيئة المحيطة، ثم تعرضها معاً عبر صورة مركبة غنية بالمعلومات ويخلق الواقع المعزز Augmented reality كائن أو كيانentity ذو أهمية ويضيفه إلى بيئات عمل المشغل بشكل إفتراضى virtually[27]، حيث يهدف إلى تكرار البيئة الحقيقية فى الحاسوب و تعزيزها بمعطيات افتراضية لم تكن جزءاً منها، ويولد عرضاً مركبا للمشغل يمزج بين المشهد الحقيقى الذى ينظر إليه والمشهد الظاهرى التى تم إنشاؤه بواسطة الحاسوب و الذى يعزز المشهد الحقيقى بمعلومات إضافية، ويهدف المشهد الظاهرى virtual scene الذى تم إنشاؤه بواسطة الكمبيوتر إلى تحسين الإدراك الحسى للعالم الحقيقى الذى يراه أو يتفاعل معه المشغل [28، 29، 30]، وتعتمد تقنية الواقع المعزز على تعرف النظام على ربط معالم من الواقع الحقيقى بالعنصر الافتراضى المناسب لها والمخزن مسبقا فى ذاكرته، كإحداثيات جغرافية أو معلومات عن المكان أو فيديو تعريفى أو أى معلومات أخرى تعزز الواقع الحقيقى، وتعتمد برمجيات الواقع المعزز على استخدام كاميرا الهاتف المحمول أو الكمبيوتر اللوحى لرؤية الواقع الحقيقى ثم تحليله تبعاً لما هو مطلوب من البرنامج والعمل على دمج العناصر الافتراضية به.

ويهدف الواقع المعزز إلى إنشاء نظام لا يمكن فيه إدراك الفرق بين العالم الحقيقى وما أضيف عليه باستخدام هذه التقنية، فعند قيام المشغل باستخدام هذه التقنية للنظر فى البيئة المحيطة به فإن الأجسام فى هذه البيئة تكون مزودة بمعلومات تسبح حولها وتتكامل مع الصورة التى ينظر إليها [31]، وتم دراسة تطبيق الواقع المعزز فى مجالات مختلفة مثل عمليات الإصلاح والفحصinspection، والصيانة، وقطاعات صناعية مختلفة مثل تصميم وتجميع المنتجات، والطائرات والسيارات والسكك الحديدية والصناعات التحويلية، ويتضمن نظام الواقع المعزز بشكل عام مجموعة من العناصر التقنية مثل عنصر لإلتقاط الصور، وجهاز للعرض لرؤية display deviceالمعلومات الافتراضية على الصور التى تم الحصول عليها بواسطة عنصر إلتقاط الصور، وعنصر لتفعيل أو إطلاق عرض المعلومات الافتراضية.

وهناك طريقتان لعمل الواقع المعزز، ففى حين تعتمد الطريقة الأولى استخدام علامات Markers تستطيع الكاميرا التقاطها وتمييزها لعرض المعلومات المرتبطة بها، تستعين الطريقة الثانية بالموقع الجغرافى عن طريق خدمة GPS أو ببرامج تمييز الصورة Image Recognitionلعرض المعلومات، ويشمل الواقع المعزز مراقبة والتحكم فى الأجهزة والمعدات عن بعد كما فى حالة السيارات والطائرات بدون طيار drones والمعدات الطبية والجراحية surgical equipment ... الخ [32، 33، 34]، وفى هذه الأوضاع والمواقف، يصبح من الضرورى أن تكون إشارة قياس وحركات المعدات دقيقة ويتم التحكم بها، كما تتضمن النظم أيضا وبشكل مستمر على بيانات راجعة feedback للمشغل فى نفس الوقتreal-time ، ومن الضرورى أن يحدث ذلك دون أحداث إرهاق للمشغل، ويوضح شكل (5) بعض تطبيقات تقنية الواقع المعزز.

ويلعب الإرجونوميكس فى تقنية الواقع المعزز دوراً هاماً فى تصميم شاشات العرض ووسائل التحكم وذلك لتحديد الجوانب التفاعلية لأجهزة الواقع المعزز، بهدف العمل على عدم التسبب فى إحداث إجهادات بصرية ومعرفية cognitive stresses للمشغل [35].

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

شكل (5) بعض تطبيقات تقنية الواقع المعزز

3-4 -المشغل والواقع الإفتراضى : virtual reality

الواقع الإفتراضى أو الحقيقة الإفتراضية عبارة عن محاكاة للحقيقة الواقعيه وذلك عن طريق برامج مصممه بطريقة تسمح بإشراك حواس الإنسان فيما يعرض بالإعتماد على أجهزة خاصة يتم توفيرها للمستخدم حتى يتصل بجهاز الحاسب ويدخل فى أجواء الحقيقة، تعد هذه التقنية من أشهر تقنيات العصر الحالى وتسمح بتجربة أشياء قد يصعب تجربتها فى العالم الحقيقى وقد تكون خيالية، وهى بذلك تجربة لواقع ثلاثى الأبعاد غير موجود يتم خلقه بواسطة أجهزة حاسب آلى [36، 37].

ويمكن للمشغل أن يكون جزءاً من هذه التجربة، وأيضاً التنقل فيها، والتفاعل مع مكونات وأجزاء هذه البيئة من خلال أجهزة خاصة مثل نظارات الواقع الافتراضى أو وحدات تحكم باستشعار للحركة، وعلى ذلك فهذه التقنية تركز بشكل أساسى على العالم المحيط بالمستخدم، فلا يمكن للمستخدم الذهاب الى محيط أكبر من المشاهد المحددة فى الواقع الافتراضى ولا تظهر فيها أى مشاهد من الواقع الفعلى بل تفصل المستخدم بشكل تام عن الواقع، وهى بذلك تختلف عن تقنية الواقع المعزز augmented reality [38].

وتتكون ادوات الواقع الإفتراضى عادة على عنصرين، الأول جهاز للإخراج يوفر للمستخدمين ردود فعل حسية sensorial feedback(بصرية، لمسية، متعددة الحواس)، أما العنصر الثانى هو أداة إدخال تمكن المستخدمين من التفاعل مع العالم ثلاثى الأبعاد، ومن هذه الأدوات خوذة الرأس ويرتديها المستخدم ويستمع للأصوات التى تصدر من العالم الإفتراضى ونظارات العين التى تعرض صوراً ثلاثية الأبعاد تجعل المستخدم يراها وكأنها واقعاً أمامه، وهناك قفازات اليدين وأحذية يرتديها المستخدم لتحديد موقع اليدين ومكان المستخدم، وكذلك عصا التحكم وغيرها من الأدوات التى ترتبط بالحاسب الآلى وتعمل على إدخال المستخدم فى جو الحقيقة الإفتراضية لأقصى حد ممكن [39، 45].

وعلى ذلك تتيح هذه التقنية فرص تطور ونمو للأنشطة التجارية والصناعية ومؤسسات الرعايا الصحية والوصول إلى أعلى نسبة ممكنة من الفعالية والكفاءة مع توفير النفقات التى قد يتم إهدارها فى حالة عدم وجود التأهيل والتدريب الفعال أو الخسائر المادية والبشرية فى المواقف الخطرة وتحقيق الحماية والرفاهية للمستخدم[40].

وعلى الرغم من التطور السريع للواقع الافتراضى الا أنه هناك بعض المشاكل التى تصدر منها مثل الرؤية غير الواضحة للمشاهد ثلاثية الأبعاد بالإضافة إلى مسألة إدراك المستخدم لتلك التقنية للمسافة والعمق، خاصة بالنسبة للمسافات القصيرة، ويوضح شكل(6) بعض تطبيقات تقنية الواقع الإفتراضى [41، 42].

شكل (6) بعض تطبيقات تقنية الواقع الإفتراضي

4-4- المشغل وأجهزة التتبع القابلة للإرتداء wearable tracker

جهاز التتبع القابل للإرتداء هو جهاز يمكنه قياس وتجميع الوقت الحقيقى وتخطيط النشاط البدنى، والقياسات المرتبطة بالصحة (مثل معدل ضربات القلب، والسعرات الحرارية المستهلكة..، الخ)، وتحديد الموقع عن طريق القمر الصناعى GPS [43، 44]، ويمكن أن يطبق هذا الجهاز فى مجالات مختلفة، مثل الترفيه والرفاهية، وأنظمة السلامة.

وهى تكنولوجيا حديثة نسبيا استخدمت لتعزيز السلوك الصحى، كما أن بعض هذه الأجهزة تقدم دعماً تحفيزياً وإجتماعياً من خلال وسائل التواصل الإجتماعى، وعلى مدى العقد الماضى، ظهر فى الأسواق بعضاً من هذه الأجهزة على نطاق تجارى، وتتطلب تدريباً معيناً لتشغيلها.

وترتبط العوامل البشرية لتلك الأجهزة بقبول المستعملين وتبنيهم لها لفترات طويلة، كما أن إعتمادية وصلاحية هذه الأجهزة تتفاوت بدرجة كبيرة تبعاً للمهام التى ستستخدم بها والقياسات التى تؤديها والأجهزة المستخدمة [46]، وأظهرت بعض الدراسات أن ضعف الإعتمادية والصلاحية لتلك الأجهزة بسبب عدم دقتها قد يؤدى لإنخفاض الوثوق بها وبالتالى إنخفاض قبول المستخدمين لها، كما أن تلك الأجهزة تكون عرضةً لإختراق الأمن والخصوصية، وأحد عوائق الإستخدام المتواصل لتلك الأجهزة هى القدرة على الإرتداء wear ability والتى تعرف على أنها التفاعل بين حجم الجهاز القابل للإرتداء وجسم المستخدم.

حيث يؤدى ضعف القدرة على إرتداؤها لعدم الراحة، وضعف التحمل، وسهولة فقدان الشئ الذى يتم تتبعه، لذا يجب أن تصمم طبقاً لإعتبارات إرجونومية وذلك فى ما يتعلق بالقدرة على إرتداءها wear ability وذلك لتحسين قبول المستخدمين وتبنى تلك الأجهزة لفترات طويلة [47، 48]، ويوضح شكل (7) بعض تلك التقنيات القابلة للإرتداء.

شكل (7) بعض مجالات إستخدام التقنيات القابلة للإرتداء

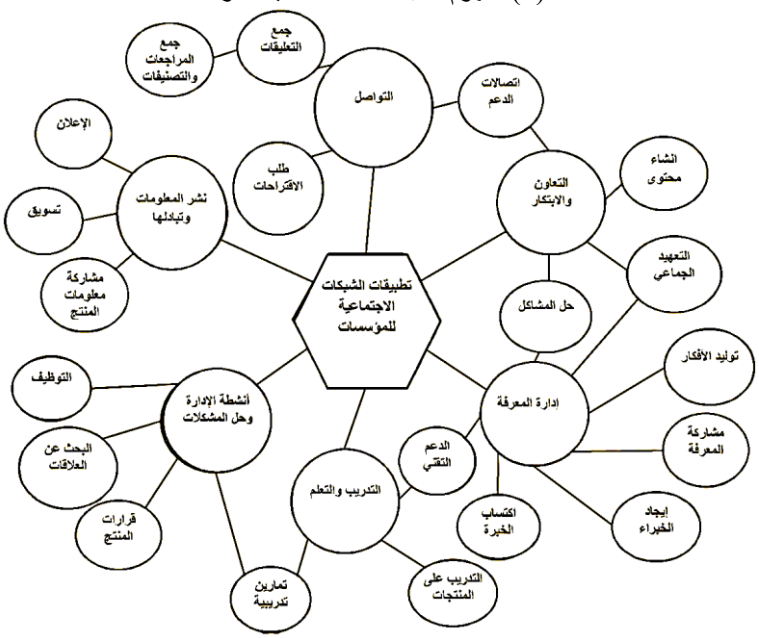
5-4 -المشغل والشبكات الاجتماعية للمؤسسات enterprise social networks:

تشير الشبكات الاجتماعية للمؤسسات ESN إلى الطريقة التى تستخدم بها المؤسسة وسائل التواصل الاجتماعى والشبكات الاجتماعية والتكنولوجيات المماثلة للاتصال بمجموعة واسعة من أغراض الأنشطة التجارية والعمليات، وتعرف على أنها استخدام أساليب متنقلة واجتماعية تعاونية social collaborative للاتصال بمدى كبير من أهداف وأنشطة وعمليات تجارية [11، 49، 50]، ويمكن أن تتضمن هذه الشبكات كلاً من الشبكات الاجتماعية للشركات الداخلية التى يستخدمها الموظفون وأى استخدام للشركات للشبكات الاجتماعية العامة مثل LinkedIn أو Facebook.

وفى الثورة الصناعية الرابعة Industry 4.0، فإن الشبكات الاجتماعية للمؤسسات تتخيل توفير إتصال بين القوى العاملة workforce وبين القوى العاملة والإنترنت الاجتماعى للأشياء الصناعية social Internet of Industrial things ، وفى الوقت الحالى، يتم إستخدام الشبكات الاجتماعية للمؤسسات لتوفير اتصال سريع وفعال بين القوى العاملة ودعم مشاركة المعرفة داخل المؤسسة، ويكون للشبكات الاجتماعية للمؤسسات التى يتم إدارتها بفعالية القدرة على توفير الفرص لعمل وتقديم كلاً من: إتاحة المعلومات ونشرها، وسائل الاتصال، دعم التعاون والابتكار، التدريب والتعلم، إدارة المعرفة knowledge management [10، 51]، أنشطة الإدارة وحل المشاكل، وعلى الرغم من ارتفاع درجة التبنى التنظيمى للشبكات الاجتماعية للمؤسسات، فقد لوحظ أن هناك تدنى لتبنى مثل هذا النظام من قِبَل الموظفين وعدم مشاركتهم بشكل هادف ومنتظم، لذا فلتحقيق المأمول من الشبكات الاجتماعية للمؤسسات، يلزم فهم العوامل والمتطلبات التى تزيد من تحفيز العاملين على المشاركة فى مثل هذه النظم واستخدام طرق أخرى مثل التمهيد التدريجى [52]، على سبيل المثال البدأ بالتجريب على مجموعة محددة حيث أن ذلك يؤدى إلى النجاح، ويوضح شكلى (8)،(9) كلاً من مفهوم الشبكات الاجتماعية للمؤسسات وتطبيقاتها.

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

شكل (8) مفهوم الشبكات الاجتماعية للمؤسسات



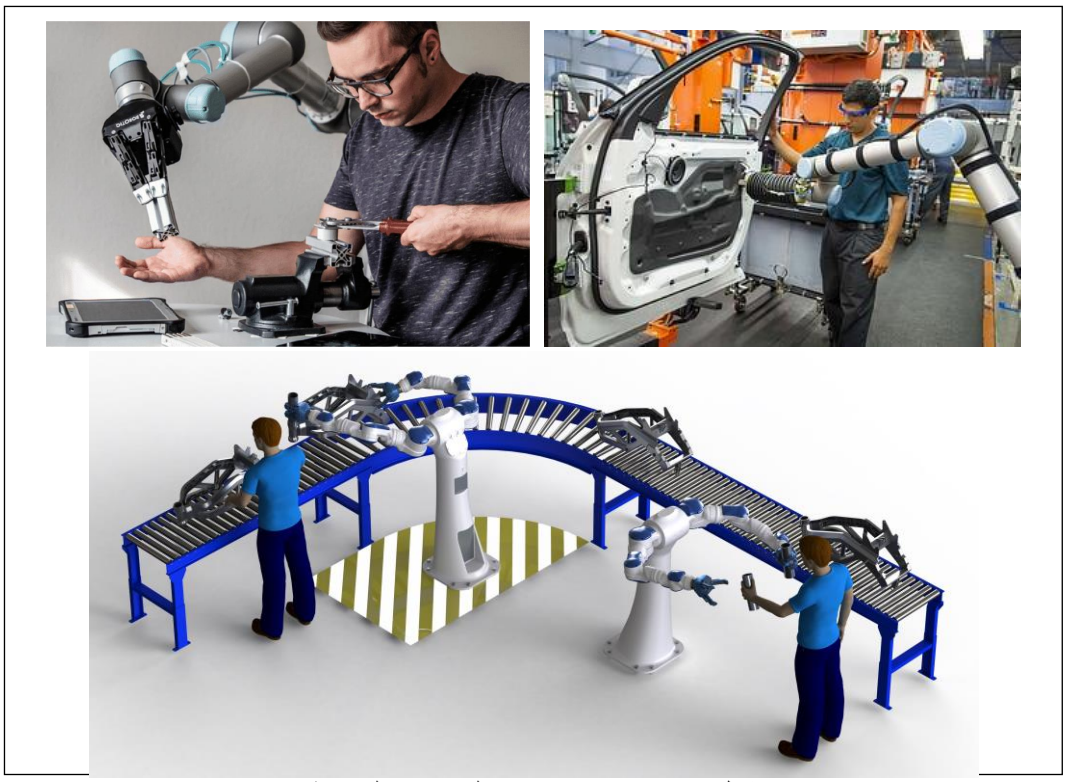
شكل (9) تطبيقات الشبكات الاجتماعية للمؤسسات

6-4- المشغل والروبوت التعاونى : collaborative robot

تعرف الروبوتات التعاونية إختصاراً باسم (Cobots) وهى جيل جديد من الروبوتات التى تقوم مهمتها على مساعدة البشر لأداء المهام بفعالية أكبر عن طريق مساعدتهم وليس أخذ مكانهم وتتعاون مع البشر إما كمساعد فى مهمة أو عملية، أو كدليل، وهى على عكس الروبوتات المستقلة [53، 54]، التى تعمل وحدها إلى حد كبير ودون إشراف، ويتم برمجة الروبوتات التعاونية وتكون مصممة للعمل وفقاً لتعليمات المشغل البشرى، أى تستجيب للسلوكيات والإجراءات البشرية [12].

وتعتمد فكرة تصميم الروبوت التعاونى على تقدم الأتمتة الصناعية وتطورها، حيث أن الروبوتات ليست مجرد كائنات ميكانيكية توفر حركة متكررة، ولكن يمكنها محاكاة الأداء البشرى والتعلم و التفكير والتصرف مع المشغل البشرى بالمعنى الحقيقى، وقد أصبحت العديد من الوظائف ممكنة بفضل التقنيات الجديدة والتطورات فى أنظمة التعلم القائمة على أجهزة الاستشعار، والذكاء الاصطناعى[13]، والتحكم لتحسين قدرة هذه الروبوتات التعاونية على المناولة والعمل بكفاءة فى بيئات متغيرة، سواء كانت تقوم بمناولة طبيب معدات الجراحة فى غرفة عمليات، أو بجانب مهندس يتأكد من مطابقة المنتج لمواصفات الجودة، أو تساعد كبار السن على التنقل من مكان لآخر أو صعود السلالم، أو تعليم الأطفال الموسيقى أو...الخ [55].

فعلى سبيل المثال يتم إستخدام الروبوتات التعاونية فى المصانع وخطوط التجميع، حيث يقوم الروبوت التعاونى بمسك القطعة وتعديل زاويتها على سير التجميع، ومن ثم وضع قطعة أخرى وتثبيتها عليها، أو أحكام إغلاق البراغى أو قطع الأسلاك،..، الخ، بينما يكون هناك مشغل بشرى يقوم بعمل آخر بجانبه على نفس سير التجميع، ويوضح شكل (10) بعض إستخدامات الروبوتات التعاونية [56].



شكل (10) بعض إستخدامات الروبوتات التعاونية

7-4 -المشغل وتحليل البيانات الضخمة: big data analytics

يطلق مصطلح البيانات الضخمة على البيانات ذات الحجم الهائل والتى تختلف أنواعها ومصادرها ويصعب معالجتها بالطرق التقليدية، ويزيد حجم هذه البيانات باستمرار وتتنقل بسرعة بين الأنظمة المختلفة والإنترنت، وتساعد البيانات الضخمة الشركات والمؤسسات على اتخاذ القرار وتحسين الخدمات.

وتتعدد مصادر البيانات الضخمة فمنها الناشئة عن إدارة أحد البرامج، كالسجلات الطبية الإلكترونية وزيارات المستشفيات... الخ، ومنها التجارية مثل معاملات البطاقات الائتمانية والمعاملات عن طريق الإنترنت...الخ، ومنها مصادر شبكات أجهزة الاستشعار مثل التصوير بالأقمار الصناعية [57]، وأجهزة استشعار المناخ... الخ، ومنها مصادر البيانات السلوكية مثل عدد مرات البحث على الإنترنت عن منتج أو خدمة ما أو أى نوع آخر من المعلومات... الخ.

وتحليلات البيانات الضخمة تتيح تصور البيانات للمستخدمين استكشاف وتحليل البيانات بشكل تفاعلى، لذا يجب أن يتم توفير آلية لمساعدة المستخدم مع الأخذ فى الإعتبار لتفضيلات المستخدمين وسلوكهم وكذلك مجال الاستخدام والمهام التى تؤدى، ويهدف تحليل البيانات الضخمة إلى تسهيل الاستفادة من البيانات الغير منظمة والغير مترابطة فى مجالات مختلفة وعديدة فمثلاً فإن المجال الطبى يستفيد من البيانات الضخمة من خلال تحليل سلاسل الحمض النووى ومعرفة علاجات جديدة للأمراض وتوقع حدوث الأوبئة، كذلك تستخدم البيانات الضخمة فى تحسين أداء الآلات والأجهزة وجعلها أكثر ذكاءً فعلى سبيل المثال سيارة القيادة الذاتية من جوجل Google's self-driving car والتى تحتوى على أجهزة مختلفة مثل كاميرات ومستشعرات ونظام ملاحة عالمى، فبإستخدام تحليل البيانات الواردة من هذه الأجهزة يمكن المساعدة فى تحسين أداء السيارة لتجنب مناطق الازدحامات المرورية أو التكيف مع حالة الطريق[58]، ويوضح شكل (11) سيارة جوجل ومميزاتها المختلفة.

شكل (11) سيارة جوجل ومميزاتها المختلفة

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

8-4 -المشغل والمساعد الشخصى الذكى intelligent personal assistant (IPA):

المساعد شخصى ذكى (IPA)هو عبارة عن مجموعة من البرمجيات أو التطبيقات تساعد المستخدمين على تحقيق أهدافهم بفاعلية، ومساعدتهم، والقيام بالعديد من المهام التنظيمية والإدارية، عن طريق التعرف على أصوات المستخدمين وتحليل طلباتهم التى ينطقوها وتنفيذها داخل النطاق الحالى للمستعمل والبيئة، فمن خلال المساعد الشخصى يمكن للمستخدم وبمجرد النداء على المساعد الشخصى أن يقوم بتذكيره بالمواعيد[59]، أو البحث فى المتصفحات أو الاتصال بأحد وغيرها من المهام، دون تدخل من المستخدم ولكن فقط إصدار الأوامر الصوتية.

وللمساعد الشخصى نوعين، النوع الأول خاص بالهواتف الذكية، مثل سيرى Siriالخاص بأبل، وكورتانا Cortana الخاص بمايكروسوفت، وكذلك جوجل ناو google now الخاص بنظام أندرويد وغيرهم، ويوضحها شكل (12)، أما النوع الثانى هو المساعدات المنزلية التى توجد بشكل مدمج داخل جهاز يوجد بالمنزل للتحكم فى الأجهزة الأخرى بسهولة مثل اليكسا من أمازون وجوجل هوم Google Home وغيرها، حيث يمكن طلب من المساعد المنزلى إغلاق الأضواء أو التحكم فى الثلاجة الذكية عن بعد ويوضحها شكل (13).

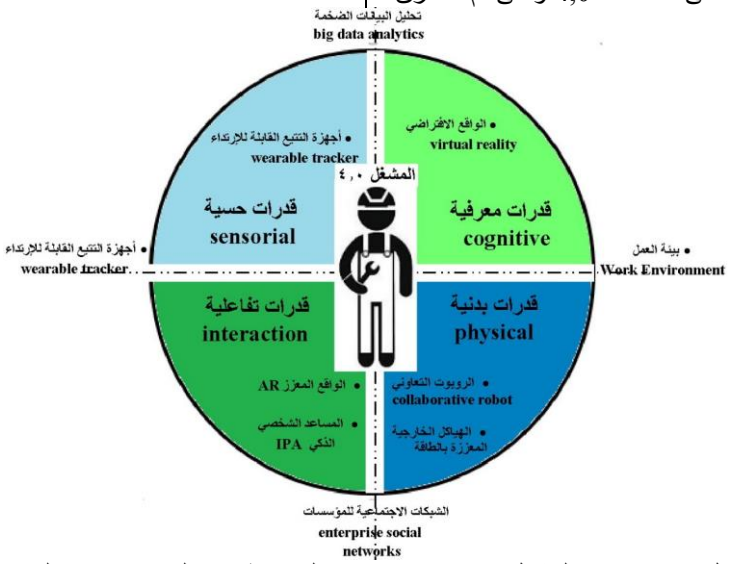
شكل (12) النوع الأول من المساعدات الشخصية خاصة بالهواتف الذكية لشركات مختلفة

شكل (13) النوع الثانى من المساعدات الشخصية للتحكم فى الأجهزة الأخرى

5- قدرات المشغل 4,0 وتقنيات الثورة الصناعية الرابعة 4,0:

يمكن إعتبار المشغل 4,0 عاملًا هجينًا وهو بمثابة علاقة تكافلية بين الإنسان والآلة، حيث ينظر إلى التعامل مع الأتمتة بشكل عام على أنها تعزيز إضافى لقدرات الإنسان المختلفة، مثل البدنية والحسية والمعرفية، والتفاعلية [60].

وبالنظر إلى التقنيات المستخدمة فى الصناعة 4,0 والتى تم التطرق إلى بعض منها والتى يستخدمها ويتعامل معها المشغل 4,0، نجد أن هذه التقنيات يمكن تقسيمها وفقاً لكيفية تعزيزها لقدرات المشغل المعرفيه cognitive والحسيه sensorial والبدنيةphysical والتفاعلية interaction [63، 64]، ويوضحها شكل (14)، كما يوضح جدول (1) شرحاً لهذه العلاقة.



شكل (14) قدرات المشغل 4.0 وبعض تقنيات الصناعة 4.0 التى تعزز هذه القدرات

جدول (1) شرح علاقة تقنيات الصناعة 4.0 بتطوير قدرات المشغل المعرفيه والحسيه والبدنية والتفاعلية [61]

قدرات المشغل 4.0	التقنية المستخدمة	علاقة التقنية بقدرة المستخدم
المعرفية cognitive	تقنية الواقع الافتراضى virtual reality	تمكن المشغل من التدريب والتعلم بشكل أسرع مقارنة بالطرق التقليدية، وتتيح هذه التقنية للمشغل التفاعل والمشاركة بإندماج مع مشاهد خيالية.
الحسية sensorial	أجهزة التتبع القابلة للإرتداء wearable tracker	تراقب مستوى نشاط المشغل، وموقعه ومدى التقدم فى المهمة التى يؤديها، وبالتالى توفر رؤية واضحة لتقدم العمل وتسمح بإجراء تعديلات سريعة فى الوقت الفعلى.
البدنية physical	الروبوت التعاونى collaborative robot	يتفاعل الروبوت التعاونى بشكل مباشر مع المشغل لتنفيذ مهمة معقدة داخل مساحة عمل تعاونية محددة
	الهياكل الخارجية المعززة بالطاقة powered exoskeleton	تعمل الهياكل الخارجية على دعم المشغل بقدرات بدنية أكبر (قوة، خفة الحركة، والسرعة، والقوة،...، الخ) وهى بذلك تعتبرنوعًا من العضلات الاصطناعية musculature artificial
التفاعلية interaction	الواقع المعزز augmented reality(AR)	يمنح المشغل القدرة على التفاعل مع العالم المادى بطريقة أكثر سهولة حيث يتم تعزيز الأشياء الحقيقية بالمعلومات إدراكية يتم إنشاؤها بواسطة الكمبيوتر
	المساعد الشخصى الذكى IPA	يمثل واجهة بينية interface من نوع جديد، تمكن المشغل من التعامل مع العالم السيبرانى من خلال التفاعل الصوتي
المعرفية والبدنية	بيئة العمل Work Environment	يقصد بها مجموعة ظروف مكان العمل، والتعرضات exposures والإعتبارات الإرجونومية، ويمكن وضعها بين التقنيات التى تعزز من القدرات المعرفية للمشغل وقدراته البدنية، حيث يجب تضمين هذه التقنيات المستخدمة داخل مكان العمل لخلق بيئة عمل مناسبة للمشغل تمكنه من أداء عمله بكفاءة،
المعرفية والحسية	تحليل البيانات الضخمة big data analytics	يمكن وضعها بين التقنيات التى تعزز القدرات المعرفية والحسية للمشغل، حيث أن مستشعرات إنترنت الأشياء تعطى بيانات ضخمة عن المشغل نفسه (مثل البيانات المتعلقة بالصحة) أو حول البيئة التى يعمل بها (مثل درجة حرارة تشغيل الماكينة) والتى لا يمكن تحليلها حسابياً إلا من خلال ذكاء أكبر مدعوم بالذكاء الاصطناعى.
البدنية والتفاعلية	الشبكات الاجتماعية للمؤسسات enterprise social networks	يمكن أن تتواجد بين التقنيات التى تعزز القدرات البدنية والتفاعلية للمشغل، حيث يمكن إعتبارها طريقة جديدة للمشغلين 4.0 للتفاعل مع بعضهم البعض داخل قاعة الإنتاج، للحصول على تحديثات مستمرة حول عملهم (وبالتالى تعزيز التواصل بينهم) وطلب الدعم وتنشيط أنماط التعاون فى حالة الحاجة وذلك يعنى مشاركة عبء العمل إلى حد ما وتنفيذ المهام بسرعة أكبر.

وعلى ذلك فإن المشغل 4.0 هو عامل ذكى يستخدم المعلومات المعرفية للاتصال بالأنظمة السيبرانية الفيزيائية البشرية H-CPS (human cyber-physical systems)، ويتيح لها التعاون مع الروبوتات والآلات المساعدة حسب الحاجة فى بيئة الصناعة، وبجانب الأتمتة التكيفية adaptive automation [9]، فهى أيضًا تستخدم تقنيات التفاعل التدريجى بين الإنسان والآلة لتحقيق ذلك وبذلك يمكن أن يقوم المشغل 4.0 بالواجبات التالية جدول (2).

جدول (12) تصنيف المشغل 4.0 وواجباته [62]

م	نوع المشغل	الوصف / المهمة
1	محلل دقيق للبيانات Analytical	التحليل الدقيق لمعلومات البيانات الضخمة للإنتاج الصناعى المتنامى
2	داعم ومعزز Augmented	تحسين حالة المصنع باستخدام تقنيات الواقع المعزز مثل تبادل البيانات بين العالم الحقيقى والعالم الرقمى المتقدم digital
3	متعاون Cooperative	يتم إستخدام الروبوتات التعاونية (CoBots) وتعاون المشغل لإكمال المهام اليومية غير الإرجونومية non-ergonomic
4	أداء المهام الصحية Hygienic	أجهزة التتبع Wearable trackers القابلة للارتداء والتى تقوم بقياس مدى الرفاهية well-being وتقوم بحساب الأداء والنبض والبيانات الشخصية الأخرى
5	الذكاء والفطنة Intelligent	الذكاء الصناعى الذى يقوم بتشغيل المساعد الشخصى الذكى intelligent personal assistant (IPA)
6	إجتماعى Social	خدمات الشبكات الاجتماعية للمؤسسات والتى تهدف لدمج المشغلين الأذكياء مع تسهيلات المنشآت الصناعية الذكية فى مكان العمل باستخدام طرق بسيطة تعاونية اجتماعية وقابلة للتعديل
7	قوى Powerful	الهياكل الخارجية القابلة للإرتداء تكون متحركة وخفيفة الوزن ويمكن أن تعمل كأجهزة بيوميكانيكية biomechanical متعددة الإستعمالات
8	افتراضى Virtual	الواقع الافتراضى (VR) هو محاكاة حاسوبية يمكنها محاكاة التخطيط الرقمى الواقعى، أو خط التجميع أو خط الإنتاج مع السماح للمشغل بالتفاعل بشكل إفتراضى مع بيئة العمل وتجربتها

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

النتائج: Results

لقد خلقت التقنيات الجديدة للصناعة 4.0 العديد من الفرص والتهديدات لأهداف بيئة العمل، تتمتع هذه التقنيات بالقدرة على تقليل الأخطاء، وزيادة السلامة، وتحسين الراحة، وتعزيز الإنتاجية، وإحداث ثورة فى التفاعل بين الإنسان والآلة، ونذكر منها التالى:

- تعزيز الإنتاجية نتيجة اعتماد التقنيات المساعدة المتقدمة فى عمليات التصنيع.
- زيادة فهم وظائف وتطبيقات أدوات الواقع الافتراضى والمعزز المختلفة داخل الصناعات التحويلية.
- اكتشاف الفجوات المحتملة فى اعتماد وتنفيذ التقنيات المساعدة بين المشغلين.
- تحديد المخاطر والتحديات المريحة المحتملة المرتبطة باستخدام التقنيات المساعدة فى الصناعة.
- رؤى جديدة حول التأثيرات المعرفية والحسية والجسدية لدمج التقنيات المتقدمة فى بيئة العمل.
- تحسين فهم وتعزيز قدرات المشغل 4.0.
- اقتراحات للتحسينات المريحة لتعزيز سلامة المشغل ورفاهيته.

الخلاصة: Conclusion

إرتبطت الصناعة 4.0 بالتطور التكنولوجى وإستخدام الأتمتة والإنترنت والإتجاه نحو التصنيع الرقمى والعديد من التقنيات الحديثة فى عمليات التصنيع، وبرغم ذلك مازال المشغل البشرى يلعب دوراً اساسياً فى الصناعة، حيث تنقسم مهامه لقسمين هما مهام ووظائف فى التصنيع وفى تكنولوجيا المعلومات، وقد ظهرت الحاجة لدراسة الجوانب الإرجونومية بشكل أكثر عمقاً والمرتبطة بتصميم تلك التقتيات الجديدة المستخدمة فى الصناعة 4.0 التى يتعامل معها المشغل فى بيئات التصنيع المختلفة، ويتعين على متخصصى الإرجونوميكس حل المشاكل المتزايدة المرتبطة بالبيئة الرقمية، والناتجة عن سرعة تدفق ونقل المعلومات فى بيئات الصناعة 4.0، والتى تتطلب أنشطة ذهنية و سرعة اتخاذ القرارات، وكذلك العمل على تعزيز ودراسة الجوانب المعرفية والمهارات الاجتماعية والعاطفية وكذلك لجوانب الحسية والبدنية، والتفاعلية للمشغل 4.0، لإحداث مواءمة فعالة بين المشغل البشرى وتلك التقنيات والأنظمة الفيزيائية الإلكترونية ؛ فعلى سبيل المثال يجب على متخصصى الإرجونوميكس التناول بمزيد من الدراسة والعمل على دمج خبرة المستخدم فى تصميم وتقييم الهياكل الخارجية المعززة بالطاقة، وتحديد المهام المعرفية الصحيحة التى يجب أن تدعمها تقنية الواقع المعزز، ودراسة مدى قبول وتبنى المشغل لأجهزة التتبع القابلة للإرتداء، ودراسة اعتبارات الموائمة فى توزيع المهام بين المشغل والروبوتات التعاونية، مع توفير التدخلات الإرجونومية اللازمة لتصميم أنظمة تشغيل آلى تركز على الإنسان والمعقدة وإدارتها مع مراعاة السلامة والثقة والاتصالات وتوزيع الوظائف داخل بيئات الصناعة 4.0 وفقاً لاعتبارات للقدرات البشرية والقدرات الروبوتية.

المراجع: References

1- Ahmed, ElSamany AbdElmoteleb, Dawood, Mina Eshaq Tawfilis, & Ebrahim, Omar Mohamed Ahmed ،(2022) ،Ergonomics For Upgrading User Experience and Improve Usability ،Alqulzum Scientific Journal, 13 ، Article 5 ،93-110.

2- Aiello, G., Catania, P., Vallone, M., & Venticinque, M ،(2022, February) ،Worker safety in agriculture 4.0: A new approach for mapping operator's vibration risk through Machine Learning activity recognition ، Computers and Electronics in Agriculture, 193, 106637 ،doi:10.1016/j.compag.2021.106637

3- Amer, Ayman Mouhamed Afifi, & Dawood, Mina Eshaq Tawfilis ،(2020) ،Robot Ergonomics: A cognitive scenario of the new Behavioral Objects ،International Design Journal, 10 (3) ،Article 26 ،319-331 ،DOI: 10.21608/idj.2020.96353

4- Arkouli, Z., Michalos, G., & Makris, S ، (2022) ،On the selection of ergonomics evaluation methods for human centric manufacturing tasks ،Procedia CIRP, 107, 89-94 ،doi:10.1016/j.procir.2022.04.015

5- Baker, J ،D ،(1994, July) ،Effects of Industry 4.0 on Human Factors/Ergonomics Design in 21st Century ،Ergonomics in Design: The Quarterly of Human Factors Applications, 2, 6-38 ،doi:10.1177/106480469400200303

6- Bortolini, M., Faccio, M., Galizia, F ،G., Gamberi, M., & Pilati, F ،(2021, January) ، Adaptive automation assembly systems in the industry 4.0 era: A reference framework and full–scale prototype ،Applied Sciences, 11, 1256 ،doi:10.3390/app11031256

7- Broday, E ،E ،(2021, August) ،Participatory Ergonomics in the context of Industry 4.0 ، Theoretical Issues in Ergonomics Science, 22, 237-250 ،doi:10.1080/1463922x.2020.1801886

8- Cimini, C., Lagorio, A., Romero, D., Cavalieri, S., & Stahre, J ،(2020) ،Smart logistics and the logistics operator 4.0 ،IFAC-PapersOnLine, 53, 10615-10620 ، doi:10.1016/j.ifacol.2020.12.2818

9- Cunha, L., Silva, D., & Maggioli, S ،(2022, September) ،Exploring the status of the human operator in Industry 4.0: A systematic review ، Frontiers in Psychology, 13 ، doi:10.3389/fpsyg.2022.889129

10- Dawood, Mina Eshaq Tawfilis ،(2017) ،4D Ergonomics Modeling in the Interaction Design field ،Unpublished Master Thesis ، Arab Republic of Egypt: Faculty of Applied Arts, Helwan University.

11- Dawood, Mina Eshaq Tawfilis ،(2021a) ،The Impact of Interaction Design in Innovating a Scenario of Robot Ergonomics ،Unpublished Ph.D ،Thesis ،Arab Republic of Egypt: Faculty of Applied Arts, Damietta University.

12- Dawood, Mina Eshaq Tawfilis ،(2021b) ، Robot Ergonomics: Giving the Behavioral Objects a dynamic presence ،International Design Journal, 11(5) ،Article 23 ،293-304 ، DOI: 10.21608/idj.2021.191705.

13- de Bono, J ،S., Adjei, A., Attard, G., Pollak, M., Fong, P., Haluska, P.,.. ،Gualberto, A ، (2007, June) ،Evaluation methods of

industry 4.0 with cognitive work analysis ، IFAC-PapersOnLine, 52, 73-78 ، doi:10.1016/j.ifacol.2019.12.111

23- Kaasinen, E., Schmalfuß, F., Özturk, C., Aromaa, S., Boubekeur, M., Heilala, J.,.. ، Walter, T ،(2020, January) ،Empowering and engaging industrial workers with Operator 4.0 solutions ،Computers {\&}amp$\mathsemicolon$ Industrial Engineering, 139, 105678 ، doi:10.1016/j.cie.2019.01.052

24- Kadir, B ،A., & Broberg, O ،(2020, March) ، Human well-being and system performance in the transition to industry 4.0 ،International Journal of Industrial Ergonomics, 76, 102936 ، doi:10.1016/j.ergon.2020.102936

25- Kadir, B ،A., & Broberg, O ،(2021, April) ، Human-centered design of work systems in the transition to industry 4.0 ،Applied Ergonomics, 92, 103334 ،doi:10.1016/j.apergo.2020.103334

26- Kadir, B ،A., Broberg, O., & da Conceição, C ، S ،(2019, November) ،Current research and future perspectives on human factors and ergonomics in Industry 4.0 ،Computers {\&}amp$\mathsemicolon$ Industrial Engineering, 137, 106004 ، doi:10.1016/j.cie.2019.106004

27- Kheiri, S ،K., Vahedi, Z., Sun, H., Megahed, F ،M., & Cavuoto, L ،A ،(2023, September) ، Human reliability modeling in occupational environments toward a safe and productive operator 4.0 ،International Journal of Industrial Ergonomics, 97, 103479 ، doi:10.1016/j.ergon.2023.103479

28- Lanzotti, A., Tarallo, A., Carbone, F., Coccorese, D., D'Angelo, R., Gironimo, G ، D.,.. ،Papa, S ،(2019, August) ،Interactive tools for safety 4.0: virtual ergonomics and serious games in tower automotive ،270-280 ، doi:10.1007/978-3-319-96077-7_28

29- Lanzotti, A., Vanacore, A., Tarallo, A., Nathan-Roberts, D., Coccorese, D., Minopoli, V.,.. ،Papa, S ،(2020, November) ،Interactive tools for safety 4.0: Virtual ergonomics and serious games in real working contexts ، Ergonomics, 63, 324-333 ، doi:10.1080/00140139.2019.1683603

30- Laudante, E ،(2017, July) ،Industry 4.0, Innovation and Design ،A new approach for ergonomic analysis in manufacturing system ، The Design Journal, 20, S2724-S2734 ، doi:10.1080/14606925.2017.1352784

31- Laudante, E., & Caputo, F ،(2016, June) ، Design and Digital Manufacturing: an ergonomic approach for Industry 4.0 ، doi:10.4995/ifdp.2016.3297

ergonomics constraints in manufacturing operations for a sustainable job balancing in industry 4.0 ،Journal of Clinical Oncology, 25, 3507-3507 ، doi:10.1200/jco.2007.25.18_suppl.3507

14- Elfar, Mayssa Ahmad Ali, & Dawood, Mina Eshaq Tawfilis ،(2023) ،Using Artificial Intelligence for enhancing Human Creativity ، Journal of Art, Design and Music, 2(2) ،Article 3 ،106-120 ،DOI: https://doi.org/10.55554/2785-9649.1017.

15- Elgazzar, Mahmoud Ahmed Gouda, & Dawood, Mina Eshaq Tawfilis ،(2023) ، Usability: Improving UI/UX in Design by challenges of Materials Innovations ، International Design Journal, 13(1) ،Article 3 ، 37-56 ،DOI: 10.21608/IDJ.2023.276010.

16- Enrique, D ،V., Druczkoski, J ،C., Lima, T ، M., & Charrua-Santos, F ،(2021) ،Advantages and difficulties of implementing Industry 4.0 technologies for labor flexibility ،Procedia Computer Science, 181, 347-352 ، doi:10.1016/j.procs.2021.01.177

17- Evangelista, A., Manghisi, V ،M., Romano, S., Giglio, V ،D., Cipriani, L., & Uva, A ،E ، (2023) ،Advanced visualization of ergonomic assessment data through industrial Augmented Reality ،Procedia Computer Science, 217, 1470-1478 ،doi:10.1016/j.procs.2022.12.346

18- Forsythe, C., Bernard, M., Xavier, P., Abbott, R., Speed, A., & Brannon, N ،(2003) ،Using psychologically plausible operator cognitive models to enhance operator performance ، Using psychologically plausible operator cognitive models to enhance operator performance ،American Psychological Association (APA) ،doi:10.1037/e577042012-011

19- Gašová, M., Gašo, M., & Štefánik, A ،(2017) ، Advanced industrial tools of ergonomics based on Industry 4.0 concept ،Procedia Engineering, 192, 219-224 ، doi:10.1016/j.proeng.2017.06.038

20- Gazzaneo, L., Padovano, A., & Umbrello, S ، (2020) ،Designing smart operator 4.0 for human values: a value sensitive design approach ،Procedia Manufacturing, 42, 219-226 ،doi:10.1016/j.promfg.2020.02.073

21- Gualtieri, L., Rauch, E., Vidoni, R., & Matt, D ، T ،(2020) ،Safety, ergonomics and efficiency in human-robot collaborative assembly: design guidelines and requirements ،Procedia CIRP, 91, 367-372 ،doi:10.1016/j.procir.2020.02.188

22- Guerin, C., Rauffet, P., Chauvin, C., & Martin, E ،(2019) ،Toward production operator 4.0: modelling human-machine cooperation in

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

S ،(2019, June) ،Virtual reality: A possibility for training operator 4.0 ،Virtual Reality, 23, 293-311 ،doi:10.1007/s10055-018-0354-3
43- Paul, G., & Briceno, L ،(2022, June) ،A conceptual framework of DHM enablers for ergonomics 4.0 ،403-406 ،doi:10.1007/978-3-030-74614-8_50
44- Pouyakian, M ،(2022, November) ، Cybergonomics: Proposing and justification of a new name for the ergonomics of Industry 4.0 technologies ،Frontiers in Public Health, 10 ، doi:10.3389/fpubh.2022.1012985
45- Protasenko, O., & Mygal, G ،(2023, May) ، Ergonomics 4.0: digitalization problems and overcoming them ،Municipal economy of cities, 3, 182-188 ،doi:10.33042/2522-1809-2023-3-177-182-188
46- Rapitsenyane, Y., Erick, P., Sealetsa, O ،J., & Moalosi, R ،(2023, April) ،The Impact of Organizational Ergonomics on Teaching Rapid Prototyping ،319-348 ، doi:10.1002/9781119836780.ch13
47- Rauch, E., Linder, C., & Dallasega, P ،(2020, January) ،Anthropocentric perspective of production before and within Industry 4.0 ، Computers {\&}amp$\mathsemicolon$ Industrial Engineering, 139, 105644 ، doi:10.1016/j.cie.2019.01.018
48- Rocha, M ،F., de Oliveira, K ،F., Munhoz, I ، P., & Akkari, A ،C ،(2019) ،Industry 4.0: technology mapping and the importance of cognitive ergonomics ،International Journal of Advanced Engineering, Management and Science, 5, 296-303 ،doi:10.22161/ijaems.5.5.1
49- Romero, D., Bernus, P., Noran, O., Stahre, J., & Fast-Berglund, Å ،(2016) ،The operator 4.0: Human cyber-physical systems & adaptive automation towards human-automation symbiosis work systems ،677-686 ، doi:10.1007/978-3-319-51133-7_80
50- Romero, D., Stahre, J., Wuest, T., Noran, O., Bernus, P., Fast-Berglund, Å., & & Gorecky, D ،(2015) ،Towards a Human-Centred Reference Architecture for Next Generation Balanced Automation Systems: Human-Automation Symbiosis ،556-566 ، doi:10.1007/978-3-319-22759-7_64
51- Romero, D., Wuest, T., Stahre, J., & Gorecky, D ،(2017) ،Social factory architecture: Social networking services and production scenarios through the social internet of things, services and people for the social operator 4.0 ،265-273 ،doi:10.1007/978-3-319-66923-6_31
52- Rothrock, L ،(2001, March) ،Operator 4.0 and cognitive ergonomics ،International Journal of Cognitive Ergonomics, 5, 1-21 ، doi:10.1207/s15327566ijce0501_1
32- Löcklin, A., Jung, T., Jazdi, N., Ruppert, T., & Weyrich, M ،(2021) ،Architecture of a human-digital twin as common interface for operator 4.0 applications ،Procedia CIRP, 104, 458-463 ،doi:10.1016/j.procir.2021.11.077
33- Manghisi, V ،M., Evangelista, A., & Uva, A ، E ،(2022) ،A Virtual Reality Approach for Assisting Sustainable Human-Centered Ergonomic Design: The ErgoVR tool ، Procedia Computer Science, 200, 1338-1346 ، doi:10.1016/j.procs.2022.01.335
34- Manghisi, V ،M., Uva, A ،E., Fiorentino, M., Gattullo, M., Boccaccio, A., & Evangelista, A ، (2020) ،Automatic ergonomic postural risk monitoring on the factory shopfloor–the ergosentinel tool ،Procedia Manufacturing, 42, 97-103 ،doi:10.1016/j.promfg.2020.02.091
35- Mark, B ،G., Gualtieri, L., Rauch, E., Rojas, R., Buakum, D., & Matt, D ،T ،(2019, December) ،Analysis of user groups for assistance systems in production 4.0 ، doi:10.1109/ieem44572.2019.8978907
36- Mattsson, S., Fast-Berglund, Å., Li, D., & Thorvald, P ،(2020, January) ،Forming a cognitive automation strategy for Operator 4.0 in complex assembly ،Computers {\&}amp$\mathsemicolon$ Industrial Engineering, 139, 105360 ، doi:10.1016/j.cie.2018.08.011
37- Munoz, L ،M ،(2017) ،Ergonomics in the industry 4.0: Exoskeletons ،Journal of Ergonomics, 08 ،doi:10.4172/2165-7556.1000e176
38- Munoz, L ،M ،(2018) ،Ergonomics in the industry 4.0: virtual and augmented reality ، Journal of Ergonomics, 08 ،doi:10.4172/2165-7556.1000e181
39- Nada, Osama Ali ElSayed, & Dawood, Mina Eshaq Tawfilis ،(2022) ،Digital Twin: Methodologies for modeling the Work Environment during the Design and Development processes ،International Design Journal, 12(5) ،Article 22 ،225-242 ،DOI: 10.21608/IDJ.2022.260602.
40- Nada, Osama Ali ElSayed, & Dawood, Mina Eshaq Tawfilis ،(2023) ،Designing an adjustable electricity extension plug board to enhance the concept of Usability ،Journal of Heritage and Design, 3(14) ،Article 1 ،1-23 ، DOI: 10.21608/JSOS.2022.131531.1195.
41- Nada, Osama Ali ElSayed, & Dawood, Mina Eshaq Tawfilis ،(2023) ،Usability: A proposed framework to verify the effectiveness of GUIs design ،International Design Journal, 13(5) ، Article 26 ،383-400 ،DOI: 10.21608/idj.2023.312648.
42- Patle, D ،S., Manca, D., Nazir, S., & Sharma,

doi:10.1007/978-3-030-57997-5_5
59- Torrecilla-García, J ،A., del Carmen Pardo-Ferreira, M., & & Rubio-Romero, J ،C ،(2014, August) ،Human-centred Innovations for Cognitive Ergonomics in Industry 4.0 ،13-26 ، doi:10.1201/9781482295207-3
60- Torrecilla-García, J ،A., Pardo-Ferreira, M ،C., & Rubio-Romero, J ،C ،(2023) ،Cognitive Ergonomics Perspective to Boost Human-centered Innovations in Industry 4.0 ،271-279, doi:10.1007/978-3-031-29382-5_27
61- Virmani, N., & Salve, U ،R ،(2023, November) ،Significance of human factors and ergonomics (HFE): mediating its role between industry 4.0 implementation and operational excellence ،IEEE Transactions on Engineering Management, 70, 3976-3989, doi:10.1109/tem.2021.3091398
62- Wanasinghe, T ،R., Trinh, T., Nguyen, T., Gosine, R ،G., James, L ،A., & Warrian, P ،J ، (2021) ،Human centric digital transformation and operator 4.0 for the oil and gas industry ، IEEE Access, 9, 113270-113291 ، doi:10.1109/access.2021.3103680
63- Zizic, M ،C., Mladineo, M., Gjeldum, N., & Celent, L ،(2022, July) ،From industry 4.0 towards industry 5.0: A review and analysis of paradigm shift for the people, organization and technology, Energies, 15, 5221, doi:10.3390/en15145221
64- Zuehlke, D ،(2012, July) ،Ergonomics 4.0: the role of human operator in the future smart production environment, 59-68, doi:10.1201/b12322-9
53- Salmon, P ،M., Stanton, N ،A., Walker, G ،H., Hulme, A., Goode, N., Thompson, J., & Read, G ،J ،(2022, June) ،Agent-Based Modelling (ABM) ،Agent-Based Modelling (ABM), 253-269 ،CRC Press ،doi:10.1201/9780429281624-17
54- Salmon, P ،M., Walker, G ،H., Read, G ،J., Goode, N., & Stanton, N ،A ،(2017, January) ، Fitting methods to paradigms: are ergonomics methods fit for systems thinking? Ergonomics, 60, 194-205 ، doi:10.1080/00140139.2015.1103385
55- Scheffer, S., Martinetti, A., Damgrave, R., Thiede, S., & van Dongen, L ،(2021, March) ، How to make augmented reality a tool for railway maintenance operations: operator 4.0 perspective ،Applied Sciences, 11, 2656 ، doi:10.3390/app11062656
56- Segura, Á., Diez, H ،V., Barandiaran, I., Arbelaiz, A., Álvarez, H., Simões, B.,.. ، Ugarte, R ،(2020, January) ،Visual computing technologies to support the Operator 4.0 ، Computers {\&}amp$\mathsemicolon$ Industrial Engineering, 139, 105550 ، doi:10.1016/j.cie.2018.11.060
57- Stacey, L ،(2021, March) ،A sociotechnical perspective of the Operator 4.0 factory: A literature review and future directions ، Sociology Compass, 15 ، doi:10.1111/soc4.12864
58- Tarrar, M., Thorvald, P., Fast-Berglund, Å., & Romero, D ،(2020) ،Challenges for the Operator 3.0 addressed through the enabling technologies of the Operator 4.0 ،37-45 ،

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