آليات تطوير التعليم والتعلم في سلطنة عمان وفق متطلبات الثورة الصناعية الرابعة

Mechanisms for developing teaching and learning in the Sultanate of Oman according to the requirements of the Fourth Industrial Revolution

د. أمينة بنت راشد الراسبية

المُلخص

تتنوع التحديات العالمية التي تواجه عمليتي التعليم والتعلم ومن أهم هذه التحديات الثورة الصناعية الرابعة والتي تفرض تغيرات عميقة يجب التكيف معها بمنظومة تعليمية متكاملة، وبإطار مؤهلات مرن، بحيث يفتح الآفاق أمام الأجيال القادمة نحو التعليم المستمر، ومؤسسات تعليمية قادرة على مواكبة التطور التكنولوجي، وقيادة ومعلمون قادرون على إعداد طلابهم لمواكبة الثورة الصناعية الرابعة.

سعت البحث إلى مناقشة جوانب التطوير التي ينبغي أن تحدث في المنظومة التعليمية بسلطنة عمان وذلك من خلال تناول المقصود بالثورة الصناعية الرابعة وأبرز خصائصها وانعكاساتها على منظومة التعليم ومدى تفاعل دول الوطن العربي مع متطلباتها، وطبيعة تفاعل سلطنة عمان معها من خلال رؤية عمان 2040 لمواكبة متطلبات الثورة الصناعية الرابعة.

وقد توصلت الدراسة إلى أن الثورة الصناعية الرابعة كما اخترقت جميع مجالات الحياة، فإنها ستحدث تغيرات عميقة في المنظومة التعليمية بجميع عناصرها، الأمر الذي يفرض على المعنيين بالتعليم في سلطنة عمان أدوار ومسئوليات وبالتالي آليات جديدة لتطوير منظومة التعليم من حيث تصميم إطار مؤهلات مرن ييسر الانتقال لسوق العمل ويعترف بالتعليم اللانظامي، وتطوير المؤسسات التعليمية من حيث البنية التحتية التكنولوجية، وبناء قدرات العاملين بها، وتطوير أدوار القيادات التعليمية وأدوار المعلمين وفق مفاهيم ومتطلبات الثورة الصناعية الرابعة، وتطوير المناهج بما يواكب مستجدات الثورة الصناعية الرابعة والخاصة بمجالات: الروبوتات، والذكاء الاصطناعي، وتكنولوجيا النانو، والحوسبة الكمومية، والتكنولوجيا الحيوية، وانترنت الأشياء (IoT)، والطباعة ثلاثية الأبعاد، والمركبات المستقلة.

الكلمات المفتاحية: الثورة الصناعية الرابعة.

Abstract

The global challenges facing the teaching and learning process are varied, and the most important of these challenges is the Fourth Industrial Revolution, which imposes profound changes that must be adapted to an integrated educational system, and with a flexible qualifications framework, so as to open horizons for future generations towards continuing education, and educational institutions capable of keeping pace with technological development, leadership and teachers Are able to prepare their students for the Fourth Industrial Revolution.

The research sought to discuss aspects of development that should occur in the educational system in the Sultanate of Oman by addressing what is meant by the Fourth Industrial Revolution and its most prominent characteristics and implications on the education system, the extent of the interaction of the countries of the Arab world with its requirements, and the nature of the interaction of the Sultanate of Oman with it through Oman Vision 2040 to keep pace with the requirements of The Fourth Industrial Revolution.

The study concluded that the Fourth Industrial Revolution, as it penetrated all areas of life, will bring about profound changes in the educational system with all its elements, which imposes on those concerned with education in the Sultanate of Oman roles and responsibilities and thus new mechanisms to develop the education system in terms of designing a flexible qualifications framework that facilitates the transition to the market. Work and recognizes informal education, developing educational institutions in terms of technological infrastructure, building the capabilities of their employees, developing the roles of educational leaders and the roles of teachers in accordance with the concepts and requirements of the fourth industrial revolution, and developing curricula in line with the developments of the fourth industrial revolution in the fields of: robotics, artificial intelligence, and nanotechnology , Quantum computing, biotechnology, Internet of Things (IoT), 3D printing, and autonomous vehicles.

Keywords: Fourth Industrial Revolution

ISSN : 2410-1818

مقدمة

تتعدد التحديات العالمية التي تواجه عمليتي التعليم والتعلم ومن أهم هذه التحديات الثورة الصناعية الرابعة والتي تفرض تغيرات عميقة يجب التكيف معها بمنظومة تعليمية متكاملة، وبإطار مؤهلات مرن، بحيث يفتح الآفاق أمام الأجيال القادمة نحو التعليم المستمر، ومؤسسات تعليمية قادرة على مواكبة التطور التكنولوجي، وقيادة ومعلمون قادرون على إعداد طلابهم لمواكبة الثورة الصناعية الرابعة.

وتتميز الثورة الصناعية الرابعة التي نعيش تحولاتها اليوم باندماج مجموعة من التكنولوجيات الحديثة والمترابطة مثل انترنت الأشياء، والحوسبة السحابية، وتحليل البيانات الكبيرة، والذكاء الاصطناعي، والروبوتات، والطباعة ثلاثية الأبعاد، التي ستعمل بدورها على إحداث تغيرات جذرية في أسواق العمل. إذ من المتوقع أن يشهد قطاع العمل تغيرات في المهن، كاختفاء بعضها، وظهور مهن جديدة تعتمد على تكنولوجيات هذه الثورة، إضافة إلى تزايد الطلب على القوى العاملة المعرفية القادرة على البحث والابتكار، وامتلاكها مهارات التجديد والإبداع والتعلم الفعال؛ الأمر الذي يفرض على التعليم والتعلم حتمية التطوير والتغيير وتوظيف تقنيات الثورة الصناعية الرابعة وتأهيل الأجيال القادمة لمواجهة تحديات هذه الثورة.

أولاً: منطلقات البحث

ينطلق البحث من المنطلقات الآتية:

- ضرورة مواكبة الثورة الصناعية الرابعة بما تحدثه من تغيير كبير في النظام الاقتصادي والاجتماعي في سلطنة عمان.
- إسهام تقنيات الثورة الصناعية الرابعة في تطور الصناعات في مجالات الرعاية الصحية، والنقل، والطاقة، والزراعة، والتعليم والتعلم، والتصنيع والتجارة. حيث يمكن لهذه التقنية توفير كفاءات متزايدة، وتقليص التكاليف، وتوفير أدوات ملائمة.
- إمكانية توظيف تقنيات الثورة الصناعية الرابعة في العملية التعليمية وخاصة في المناهج وطرق التدريس وبيئة التعليم والتعلم حيث ستتحول المدارس تدريجيا من البيئة المدرسية التقليدية إلى بيئة مختلفة لمواكبة متطلبات هذه الثورة.
- التعليم هو المحور الرئيس المنوط به تأهيل الأجيال لسد الفجوات الرقمية والتكنولوجية وتطوير مهاراتهم لمواجهة تحديات الثورة الصناعية الرابعة.

ISSN : 2410-1818

ثانياً: مرتكزات البحث

يرتكز البحث حول المرتكزات الآتية:

- الثورات الصناعية أثرت في تطوير حياة البشرية وخاصة الثورة الصناعية الرابعة حيث اخترقت التكنولوجيا الناشئة في العديد من المجالات الاقتصادية والاجتماعية والتعليمية.
- انعكاسات الثورة الصناعية الرابعة على منظومة التعليم في سلطنة عمان يتطلب وضع آليات تطوير التعليم والتعلم وفق متطلبات هذه الثورة.
- أهمية التكامل بين دول الوطن العربي في مواجهة تحديات الثورة الصناعية الرابعة.

ثالثًا: المفاهيم الأساسية:

الثورة الصناعية الرابعة: يُقصد بها الموجة الصناعية الجديدة التي ترتكز على الصناعة في طورها الرابع من حيث استخدامها للتقنية، لاسيما التكنولوجيا الحديثة في مجالات جديدة مثل: الروبوتات، والذكاء الاصطناعي، وتكنولوجيا النانو، التحكم في الجينات، والحوسبة الكمية، والتكنولوجيا الحيوية، وانترنت الأشياء، والطباعة ثلاثية الأبعاد، والمركبات المستقلة، والتقنية الحيوية.

رابعًا: الإطار العام للبحث:

يتناول الإطار العام للبحث الثورات الصناعية، وخصائص الثورة الصناعية الرابعة، وانعكاساتها على منظومة التعليم، وتفاعل دول الوطن العربي مع متطلباتها، وتفاعل سلطنة عمان معها من خلال رؤية عمان 2040 ، وآليات تطوير التعليم والتعلم في سلطنة عمان في ضوء متطلباتها، وفيما يلي تفصيل القول في ذلك:

الثورات الصناعية:

يصنف الخبراء الثورات الصناعية التي حدثت خلال المائتي عام السابقة، وأثرت على طرق التصنيع والانتقال والاتصالات، كما أثرت على المجتمعات كالآتي:

- **الثورة الصناعية الأولى:** بدأت بانتشار وإحلال العمل اليدوي بالمكننة، حيث شهدت بلدان أوروبا الغربية خلال القرن الثامن عشر نهضة علمية شاملة فتنوعت الأبحاث والتجارب لتشمل مختلف فروع العلم ولتؤدي إلى اختراعات واكتشافات مهمة كانت السبب المباشر في قيام الثورة الصناعية خلال القرن التاسع عشر، وهي ثورة كان لها الأثر البالغ على الحياة الاقتصادية والاجتماعية والسياسية سواء في أوروبا أو خارجها، ففي عام 1784 تم اختراع الآلة البخارية، حين بدأت ميكنة الإنتاج، وميكنة الانتقال بواسطة الطاقة البخارية، وشمل التطور الصناعي العديد من الميادين فازدهرت صناعة الغزل والنسيج وظهرت المصانع والأفران عالية الحرارة لصهر الحديد. وأصبحت الآلات بحاجة إلى مصادر جديدة للطاقة فاستخدم الفحم الحجري ثم البخار في القرن التاسع

عشر، ثم الكهرباء في القرن العشرين التي انتشرت في تشغيل المحركات والآلات وفي تسيير البواخر والقاطرات. أما بالنسبة إلى الجانب الثقافي والتربوي فقد رافقت الثورة الصناعية نهضة ثقافية وتربوية كبيرة كان من ثمارها الإيمان بقدرة العقل البشري وبأهمية العلم والتقدم. وقد نشطت الحياة الثقافية والتربوية في وجود الطباعة كوسيلة اتصال عبر المدارس والمراكز العلمية التي انتشرت في كل مكان من أوروبا. وأثرت المدينة على حياة الفرد الذي أخذ ينهل مما توفر له من أسباب التعلم والثقافة. فأسهم ذلك في رفع مستوى الوعي (ويكبيديا، 2021).

- **الثورة الصناعية الثانية:** كانت الثورة الصناعية الثانية في عام 1870 أي نحو 100 عام بعد تقنية الآلة البخارية، وتعرف أيضًا باسم الثورة التكنولوجية، وهي مرحلة ضمن الثورة الصناعية الكبرى وتوافق النصف الثاني من القرن التاسع عشر حتى الحرب العالمية الأولى. وقد بدأت مع طريقة بسمر لتصنيع الصلب في ستينيات القرن التاسع عشر وبلغت ذروتها في إنتاج كميات كبيرة والوصول إلى خط الإنتاج. وقد شهدت الثورة الصناعية الثانية تطورًا صناعيًا سريعًا في أوروبا الغربية (بريطانيا وألمانيا وفرنسا والبلدان المنخفضة) وكذلك الولايات المتحدة الأمريكية واليابان. وقد جاءت هذه الثورة بعد الثورة الصناعية الثانية التي بدأت في بريطانيا في أواخر القرن الثامن عشر والتي انتشرت فيما بعد في جميع أرجاء أوروبا الغربية وأمريكا الشمالية مؤكدة على أهمية النفط في تبني التقنيات الجديدة خاصة الكهرباء ومحرك الاحتراق الداخلي والخامات والمواد الجديدة بما في ذلك السبائك والمواد الكيميائية وتطور تقنيات الاتصالات مثل التلغراف والراديو، وبينما تمركزت الثورة الصناعية الأولى حول الحديد وتقنيات البخار وإنتاج الأنسجة، فإن الثورة الصناعية الثانية تدور حول صناعة الصلب والسكك الحديدية والكهرباء والمواد الكيميائية ومشتقات البترول، ويطلق "فاتسلاف سميل" على هذه الفترة 1867–1914 "عصر التآزر" حيث تطورت خلاله غالبية الابتكارات الكبرى. وعلى خلاف الثورة الصناعية الأولى، فإن الاختراعات والابتكارات كانت تقوم على العلم (ويكبيديا، 2020).
- **الثورة الصناعية الثالثة:** بدأت الثورة الصناعية الثالثة عام 1969 مع اختراع الحاسوب ونقل أول رسالة عن طريق الانترنت، ودخول الحواسيب في معظم مناحي التصنيع والاتصالات والتعليم، وتعتبر الثورة الصناعية الثالثة من الثورات الصناعية العظيمة، حيث تندمج تقنية الانترنت مع الطاقة المتجددة من الشمس والرياح وموج البحر وحرارة جوف الأرض لإبداع "ثورة صناعية ثالثة" موازية وجبارة. حيث يمكن أن نتخيّل مئات الملايين من البشر ينتجون طاقتهم الخضراء في بيوتهم ومكاتبهم ومصانعهم، ويشاركون بعضهم بعضاً فيها عبر "شبكة طاقة"، تماماً كما نحضر معلوماتنا ونتشارك فيها مع الآخرين عبر "شبكة الانترنت" (جيريمي رفكين، 2017، 43). إن أعمدة "الثورة الصناعية الثالثة" الخمس والمتمثلة في: التحول إلى الطاقة المتجددة، وتحول المباني إلى محطات صغيرة للطاقة لاستخلاص الطاقة المتجددة، ونشر تكنولوجيا الهيدروجين لتخزين الطاقة،

ISSN : 2410-1818

واستخدام تكنولوجيا الانترنت لتحول إلى شبكة دولية للطاقة، وتحويل اسطول النقل الى مركبات تعمل بالكهرباء، ستطلق آلاف الشركات، وملايين الوظائف، وتمهدُ لإعادة تنظيم أساسية للعلاقات الإنسانية، من القوة الهرمية إلى القوة الموازية، والتي ستؤثر على أسلوبنا في التجارة، وحكم الشعب، وتعليم الأطفال، والمشاركة في الحياة الاجتماعية. وهذه الثورة لاقت استحسان المجتمع الدولي. ولقد أصدر برلمان الاتحاد الأوروبي إعلاناً رسمياً يدعو إلى تطبيقها، كما أن دولاً عديدة أخرى في آسيا وأفريقيا والأمريكيتين، تقوم بتحضير سريع لمبادراتها للانتقال إلى النموذج الاقتصادي الجديد (الحناوي، حمدي، 2016، 50).

- **الثورة الصناعية الرابعة:** وهي المرحلة المبتدئة حاليًا، الثورة الصناعية الرابعة (4IR) تتميز بدمج التقنيات التي تطمس الخطوط الفاصلة بين المجالات المادية والرقمية والبيولوجية، ويتميز هذا البرنامج باختراق التكنولوجيا الناشئة في عدد من المجالات، بما في ذلك الروبوتات، والذكاء الاصطناعي، وتكنولوجيا النانو، التحكم في الجينات، والحوسبة الكمية، والتكنولوجيا الحيوية، وانترنت الأشياء، والطباعة ثلاثية الأبعاد، والمركبات المستقلة، والتقنية الحيوية.. وقد ربطت مع "العصر الثاني للآلة" من حيث آثار الرقمنة والذكاء الاصطناعي (AI) على الاقتصاد، وتبشر اتساع وعمق هذه التغييرات بتحويل أنظمة الإنتاج والإدارة والحكم بأكملها (ويكبيديا، 2021).

من خلال هذا العرض يتوقع أن يشـهد العالم ثورات صـناعية عديدة خلال العقود القادمة نظرا لتسارع التقدم التكنولوجي والتقني .

خصائص الثورة الصناعية الرابعة

تمتاز الثورة الصناعية الرابعة عن غيرها من الثورات بالتالي (النجار، أسامة، 2020):

- **سرعة تطورها**، فغالبا ما تدفع التكنولوجيا الحديثة إلى ظهور المزيد من التقنيات التكنولوجية الأخرى والتي تعتمد على الحداثة في النتائج والمميزات فلن تتوقف التكنولوجيا عند حد معين من ظهور التقنيات واختراع الآلات
- **زيادة حجم الفوائد بالنسبة للفرد**، فمع انتشار الاتجاه الرقمي دائمًا تحتاج الشركات إلى عدد قليل من الموظفين وحجم صغير من المواد الخام لإنتاج منتجات ذات فوائد كبيرة.
- **خفض التكاليف**، تُساعد الثورة الصناعية الرابعة الشركات الرقمية في خفض تكاليف التخزين والنقل وإعادة إنتاج منتجاتها إلى الصفر، فضلًا عن تطور بعض الشركات القائمة على التكنولوجيا بدون رأس مال كبير.

ISSN : 2410-1818

- **رفع مستويات الدخول العالمية**، تُسهم في رفع مستويات الدخول العالمية وتحسين نوعية الحياة للسكان في جميع أنحاء العالم؛ من خلال تقديم خدمات تكنولوجية جديدة.
- **مكاسب طويلة الأجل**، من المتوقع أن تؤدي الثورة الصناعية الرابعة إلى تحقيق مكاسب طويلة الأجل، سواء على مستوى الكفاءة أو الإنتاجية؛ حيث ستنخفض تكاليف النقل والتجارة والاتصالات.

كما تتميز الثورة الصناعية الرابعة باختراق التكنولوجيا الناشئة في عدد من المجالات، بما في ذلك:

الروبوتات Robotics: علم الروبوتات أو الـ Robotics هو العلم الذي يدرس جميع جوانب الصناعة المرتبطة بهندسة وبناء وتشغيل الروبوتات. ينطوي مجال الروبوتات بشكل عام على النظر في كيفية قيام أي نظام تكنولوجي مادي بأداء مهمة معيّنة تختصر الوقت والجهد. وتتنوع طبيعة الروبوتات، منها ما يُستعمل في القطاع الصناعي، وهي تكون عبارة عن أجهزة أوتوماتيكية يمكن تطويعها وإعادة برمجتها، وتتحرك على ثلاثة محاور أو أكثر، ويُستعمل السواد الأعظم من هذه الروبوتات في الشركات الصناعية الكبرى لغرض لحم المعادن والصباغة والكوي والالتقاط ونقل الأجسام ومراقبة جودة أو صلاحية المنتجات النهائية، كما تُستخدم في تجميع أجزاء السيارات في المصانع. وهذه الروبوتات مبرمجة عادةً لتنفيذ مهامها بصورة سريعة مكررة ودقيقة، وقد تمت إضافة ما يسمى بالرؤية الحاسوبية Computer vision لهذه الروبوتات خلال السنوات الأولى من العقد الأول للقرن الحادي والعشرين، الأمر الذي جعلها تتمتع بنوع من الاستقلالية والمرونة في تنفيذ المهام المبرمجة، وذلك عن طريق فهمها وتحليلها للصور التي تستقبلها في حاسوب خاص مثبت بداخلها.

كما شهد حقل علم الروبوتات تقدّمًا مذهلاً في السنوات الأخيرة، ويعود الفضل في ذلك إلى التطوّر الملحوظ في باقي مجالات العلوم والتكنولوجيا، إذ ساهم ظهور علم البيانات الضخمة Big Data في تزويد أنظمة الروبوتات بكفاءات عالية لم يكن بالإمكان الوصول إليها في الماضي. كما أن اختراع أنواع حديثة من أجهزة الاستشعار وظهور انترنت الأشياء IoT الذي ربط مختلف الأجهزة في شبكة واحدة قادرة على مراقبة جميع الظروف البيئية المحيطة والاستجابة بناءً على المعلومات التي جمعها، كلّ هذه الأمور أدّت إلى بناء جيل من الروبوتات أكثر تعقيدًا من أيّ وقت مضى واستخدامها في كافة مجالات الحياة، كالصناعة والصحة والأمن ومساعدة البشر (موقع فرصة، 2019).

الذكاء الاصطناعي Artificial Intelligence (AI): يعرف الذكاء الاصطناعي بأنه أحد فروع علم الحاسوب، وهو ذلك السلوك وتلك الخصائص التي تعتمد عليها البرامج الحاسوبية المختلفة، وتتماشى مع القدرات الذهنية البشرية في الأعمال المختلفة، ومن أهم تلك القدرات قدرة الآلة

ISSN : 2410-1818

على التعليم واتخاذ القرارات الصحيحة، وقد وجد العديد من التطبيقات العمليّة للذكاء الاصطناعي، ومن أبرز هذه التطبيقات ما يأتي:

- **الألعاب:** يتم استخدام أنظمة الذكاء الاصطناعي في العديد من الألعاب الالكترونيّة؛ التي تتطلب بُعداً وتفكيراً استراتيجياً، كلعبة البوكر ولعبة الشطرنج على سبيل المثال.
- **التفاعُل مع النظام المرئي:** يُمكن لبعض تطبيقات الذكاء الاصطناعي تفسير وتحليل ما يتم إدخاله لها من صور؛ كبرامج التعرف على الوجه، وتحليل الصور لتحديد الموقع، وغيرها من التطبيقات المماثلة.
- **التفاعُل مع الكتابة اليدويّة:** وذلك من خلال تطبيقات التعرف إلى الخط المكتوب باليد سواءً كانت عمليّة الكتابة على الورق أو على شاشة الجهاز نفسه.
- **الروبوتات الذكيّة:** تقوم الروبوتات بالكثير من الأعمال المُختلفة، إذ تستطيع القيام بالأعمال التي يقوم بها البشر، وذلك لقدرتها على الإحساس بالعوامل المحيطة كالضوء، والحرارة، والصوت، أو الحركة، وذلك عبر مُستشعرات خاصة، كما أن هذه الروبوتات قادرة على التعلُم من تجاربها السابقة والاستفادة من الأخطاء.
- **التفاعُل مع الصوت المنطوق:** إذ يُمكن استخدام بعض أنظمة الذكاء الاصطناعي للاستماع إلى الكلام وفهم معانيه، حتى لو تم النُطق به في ظل وجود بعض الضوضاء أو تم نطقه باللهجة العامية أو لغة الشارع.
- **تقديم النصح والإرشاد:** تستطيع بعض تطبيقات الذكاء الاصطناعي تقديم المشورة والنُصح لمُستخدميها من البشر بمجالات معينة، كالمجال الطبي مثلاً، وذلك بتحليل أعراض مرض ما للوصول إلى المرض وعلاجه على سبيل المثال.

تكنولوجيا النانو Nanotechnology: تكنولوجيا النانو هي تقنية تعمل على دراسة المادة وفهمها ومراقبتها بأبعاد تتراوح ما بين 1 و100 نانومتر، والتي يمكن استخدامها في جميع المجالات العلمية المختلفة، مثل: الفيزياء، والكيمياء، والبيولوجيا، وعلوم المواد، والهندسة. ومصطلح تقنية النانو أو تكنولوجيا النانو يتعلق بالفهم الأساسي للخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية على المقاييس الذرية والجزيئية، والتحكم بهذه الخصائص الخاضعة للرقابة لإنشاء مواد وأنظمة وظيفية ذات قدرات فريدة.

إن تقنية النانو هي حقلُ العلومِ التطبيقيةِ المتخصصُ بدراسة المواد في المقياس بين 1-100 نانومتر، والتحكم فيها. إن التطور السريع لتقنية وعلوم النانو أدى إلى تقدم وتطور تقنيات وصناعات أخرى؛ منها على سبيل المثال صناعات الأدوية والأنسجة والطلاء وغيرها. وهذا التطور والتقدم كان نتاج استخدام مواد مبتكرة، لها خصائص متميزة، نتيجة التحكم في حجم وترتيب الجسيمات المكونة لها.

ISSN : 2410-1818

إن الحجم الصغير والمساحة السطحية الكبيرة لهذه المواد يزيد من فرصة اجتيازها لأغشية الخلايا. كما أن تشابه حجم الجسيمات النانوية مع مكونات الخلية (مثل الريبوسوم) قد يؤدي إلى تداخلها فراغيًّا مع البروتينات والأحماض النووية. إن هذه التداخلات يمكن أن تعرقل العمليات الحيوية في الجسم، كما أن زيادة النشاطية الكيميائية، الناتجة عن المساحة السطحية الهائلة للمواد النانوية، يمكن أن تجعل من هذه المواد ناقلةً للملوثات.

إن التطور الحديث في تقنية النانو أدى أيضًا إلى الانتشار السريع لهذه المواد في البيئة، كما أن التأثيرات المتوقعة لهذه المواد على البيئة مازالت مجهولة حتى الآن. فبالرغم من التطبيقات والاستخدامات العديدة لتقنية النانو في المجالات المختلفة، فما زالت المعلومات تفقد عن مسار وسلوك هذه المواد، بالإضافة إلى تأثيراتها المختلفة على صحة الإنسان وبيئته (Ohmed H. S. Ahmeda, Nagwa H. S. Ahmida and Aziza A. Ahmeida., 2017, PP 12-26).

البلوك تشين Blockchain: سلسلة الكتل أو بلوك تشين هي قاعدة بيانات موزعة تمتاز بقدرتها على إدارة قائمة متزايدة باستمرار من السجلات المسماة كُتلا.(blocks) تحتوي كل كتلة على الطابع الزمني ورابط إلى الكتلة السابقة. صُممت سلسلة الكتل بحيث يمكنها المحافظة على البيانات المخزنة بها والحيلولة دون تعديلها، أي أنه عندما تخزن معلومة ما في سلسلة الكتلة لا يمكن لاحقاً القيام بتعديل هذه المعلومة.

إن سلسلة الكتل آمنة حسب التصميم وهي مثال على توزيع نظام حوسبة موزع ذو سماحية خطأ بيزنطية عالية. وبالتالي تسمح سلسلة الكتلة بتحقيق نظام توافق في الآراء لامركزي. تسمح هذه الميزات باستخدام سلسلة الكتلة في تسجيل الأحداث والعناوين والسجلات الطبية وسائر ذلك من سجلات إدارة الأنشطة وإدارة الهوية ومعالجة المعاملات والتحقق من مصدرها. إن نظاما كهذا له تداعيات عميقة على النظام الاقتصادي العالمي بما فيها استغناء عن الوسطاء واسع النطاق وإتمام المعاملات التجارية دون وسيط (كالبنوك مثلاً) مما يؤثر أيضاً على مجريات التجارة العالمية كما تعرف اليوم.

في عام 2008 طرح ساتوشي ناكاموتو مفهوم سلسلة الكتل ثم كتب في السنة اللاحقة جزءاً أساسياً من الشفرة المصدرية للعملة الرقمية بيتكوين، والتي تقوم بدور دفتر حسابات عمومي لكافة المناقلات النقدية. تُدار قاعدة بيانات سلسلة الكتلة بطريقة مستقلة بسبب اعتمادها على شبكة الند-للند وخوادم طوابع زمنية موزعة حول العالم. إن استخدام سلسلة الكتل في تصميم نظام عملة البيتكوين جعلها أول عملة نقدية رقمية تتفادى مشكلة الإنفاق المزدوج (إنفاق المبلغ النقدي ذاته في إجراء معاملتين مختلفتين).

الحوسبة الكمية Quantum Computing: الحساب الكمي هو أي وسيلة تعتمد على مبادئ ميكانيكا الكم وظواهره، مثل حالة التراكب الكمي والتشابك الكمي، للقيام

ISSN : 2410-1818

بمعالجة البيانات .في الحواسيب التقليدية، تكون كمية البيانات مقاسة بالبت : أما في الحاسوب الكمي فتقاس كمية البيانات بالكيوبت qubit اختصارا لـ .Quantum bits المبدأ الأساسي للحوسبة الكمية هي القدرة على الاستفادة من الخواص الكمية للجسيمات لتمثيل البيانات ومعالجتها، إضافة لاستخدام قواعد ميكانيكا الكم لبناء وتنفيذ التعليمات والعمليات على هذه البيانات (Neil Gershenfeld ; Isaac L. Chuang, 2020)

إن الفوائد من استغلال تكنولوجيا الكم غير محدودةٍ بالحوسبة الكمية، على أي حال، إن كانت الحوسبة الكمية ستدفع أو ستحد من الحوسبة الرقمية، فإن نفس التأثيرات الكمية ممكن استغلالها لأغراض أخرى، والمثال الأكثر نضجاً على ذلك هو الاتصالات الكمية. وقد اقتُرحت فيزياء الكم كوسائل لمنع التلاعب وتزوير الأشياء النفيسة، كالأوراق المصرفية والألماس، كما هو موضح في الصورة أدناه، هنا تكون المبادئ الاستثنائية السلبية المتضمنة في فيزياء الكم ذات فائدةٍ كبيرة، حيث لا يمكن تصنيع نسخ متوافقة تماماً لحالات غير معروفة، كما أن عملية القياس تغير النظام الذي يتم قياسه، وهذين الحدين يعملان جنباً إلى جنب لمكافحة التزييف في هذا النهج.

إن نُظم الاتصالات الكمية متاحة تجارياً من شركاتٍ مثل توشيبا Toshiba وشركة الهوية الكمية ID Quantique ، في حين أن تنفيذ هذه الأنظمة صعب ومكلف الآن، ولكنها ستصبح مبسطةً ومصغرة، تماماً كما تم تصغير الترانزستورات في السنوات الستين الأخيرة. إن التحسينات في تقنيات تصنيع النانوية ستُسرع من تطور التكنولوجيا ذات الأساس الكمي بشكلٍ كبير، وفي حين أن الحوسبة الكمية ما تزال تبدو بعيدةً بعض الشيء، لكنها ذات مستقبلٍ مثير حقاً (D-Wave, 2015).

التكنولوجيا الحيوية Biotechnology : التقانة الحيوية هي استخدام تطبيقات التقنية الحديثة في معالجة الكائنات الحية. وتعريفها في المجمل هو: التعامل مع الكائنات الحية على المستوى الخلوي وتحت الخلوي من أجل تحقيق أقصى استفادة منها صناعيًا وزراعيًا وبالتالي اقتصاديًا وذلك عن طريق تحسين خواصها وصفاتها الوراثية، وهذا الفرع يركز على دراسة الجانب الجيني للكائن وعلى طرق وتقنيات نقل الجينات من كائن إلى آخر لتعديل صفة ما أو تحسين عيب (ويكبيديا، 2021).

انترنت الأشياء IoT Internet of Things: يعرّف انترنت الأشياء ويشار له اختصارًا بـ IoT بأنه مفهوم حاسوبي يعبّر عن فكرة اتصال مختلف الأجهزة المادية بشبكة الانترنت وقدرة كلّ جهاز على التعريف بنفسه للأجهزة الأخرى. إنها شبكة افتراضية تجمع بين مختلف الأشياء المصنفة ضمن الإلكترونيات، البرمجيات، أجهزة الاستشعار، المحرّكات وتصل بينها عن طريق الانترنت، الأمر الذي يتيح لهذه الأشياء إمكانية تبادل البيانات فيما بينها. من الجدير بالذكر أنّ مصطلح "الأشياء" في انترنت الأشياء لا يقتصر على الجمادات والأجهزة الصغيرة وحسب، فقد يكون

ISSN : 2410-1818

"الشيء" شخصًا يحمل معه جهازًا لمراقبة نبضات القلب مثلاً، أو طفلاً يحمل جهاز تتبّع، سيارة مزوّدة بأجهزة استشعار، أنظمة الإضاءة في المنازل ومراكز التسوّق الكبرى، ماكينات البيع وغيرها، باختصار يشمل المصطلح كلّ شيء قد يخطر على البال!

يوضّح مفهوم انترنت الأشياء مدى تأثير الشبكة العنكبوتية على العالم في المستقبل القريب. بفضل انترنت الأشياء، ستصبح أغلب الأجهزة الإلكترونية مستقلّة بذاتها ولا تحتاج لأي تدخّل بشري، ستتمكّن هذه الأجهزة من الإبلاغ عن أعطالها بنفسها وإصلاحها بمفردها، ويتوسّع المفهوم ليشمل كلّ ما يخطر ومالا يخطر على البال، بدءًا من السيارات التي تقود نفسها بنفسها، نظام الإضاءة في المنزل، ووصولاً حتى إلى خزانتك التي ستقترح عليك أيّ الثياب ستلبس اعتمادًا على درجة حرارة الجو ومدى تأثرك بالبرد أو الحرّ!

انترنت الأشياء، ليس برنامجًا حاسوبيًا أو جهازًا واحدًا أو نوعًا محددًا من التكنولوجيا، إنه مفهوم شامل يتضمّن دمج عدّة أجهزة، وبرمجيات وشبكات معًا للحصول على النتائج المرجوة، حيث يشتمل نظام IoT متكامل على أربع مكوّنات رئيسية كالتالي: أجهزة استشعار (أو أي نوع من الأجهزة المادية الأخرى). اتصال بشبكة الانترنت. برنامج لمعالجة البيانات. واجهة مستخدم.

أمّا عن آلية عمل انترنت الأشياء، فتبدأ بأجهزة الاستشعار التي تبدأ بجمع البيانات من بيئتها المتواجدة فيها، ثمّ يتمّ إرسال هذه البيانات إلى السحابة Cloud وهي شبكة ضخمة من الخوادم الخارقة التي تقدّم خدمات مختلفة للأفراد والشركات، حيث ترتبط أجهزة الاستشعار بالخوادم بطرق مختلفة قد تشكل: الهواتف الذكية، الأقمار الصناعية، الانترنت اللاسلكي WiFi ، البلوتوث وغيرها (موقع فرصة، 2021).

الطباعة ثلاثية الأبعاد 3D printing : هي إحدى تقنيات التصنيع، حيث يتم تصنيع القطع عن طريق تقسيم التصاميم ثلاثية الأبعاد لها إلى طبقات صغيرة جدا باستخدام برامج الحاسوبية ومن ثم يتم تصنيعها باستخدام الطابعات ثلاثية الأبعاد عن طريق طباعة طبقة فوق الأخرى حتى يتكون الشكل النهائي (نمذجة، 2021). ويختلف هذا النظام عن نظامي القولبة والنّحت اللذين يبددان أكثر من 90% من المادة المستخدمة في التصنيع والطابعات ثلاثية الأبعاد في العادة أسرع وأوفر وأسهل في الاستعمال من التكنولوجيات الأخرى للتصنيع. وتتيح الطابعات ثلاثية الأبعاد للمطورين القدرة على طباعة أجزاء متداخلة معقدة التركيب، كما يمكن صناعة أجزاء من مواد مختلفة وبمواصفات ميكانيكية وفيزيائية مختلفة ثم تركيبها مع بعضها البعض. التكنولوجيات المتقدمة للطباعة ثلاثية الأبعاد تنتج نماذج تشابه كثيراً منظر وملمس ووظيفة النموذج الأولي للمنتج.

ISSN : 2410-1818

وقد أصبح من الممكن مالياً تطبيق الطباعة ثلاثية الأبعاد على مستوى المشاريع الصغيرة-المتوسطة، بذلك انتقلت النمذجة من الصناعات الثقيلة إلى البيئة المكتبية، وبأسعار مقبولة للطابعة ثلاثية الأبعاد. كما أنه يمكن تطبيقها الآن في نفس الوقت على مجموعات مختلفة من المواد.

وكذلك تقدم الطباعة ثلاثية الأبعاد عروضا هائلة لتطبيقات الإنتاج، وتستخدم هذه التقنية في المجوهرات، والأحذية، والتصميم الصناعي، والعمارة، والهندسة، والإنشاءات، والسيارات، والطائرات، وطب الأسنان، والصناعات الطبية (نمذجة، 2021).

المركبات المستقلة .Autonomous Vehicles: هي مركبات قادرة على استشعار البيئة المحيطة بها والملاحة دون تدخل بشري، ويجري تطوير العديد من المركبات الذاتية القيادة، لكن حتى فبراير/شباط 2017 فإن تلك المركبات المصرح لها بالسير في الطرقات العامة ليست ذاتية القيادة تماما، فتصنيع واستخدام هذه المركبات أمامه عقبات وتحديات تقنية عديدة.

تعتمد السيارات الذاتية القيادة على خوارزميات رسم الخرائط والبيانات التي تحصل عليها من أجهزة استشعار متعددة مدمجة بها لتحديد مسار الطريق، وتتضمن أجهزة الاستشعار النموذجية نظام "ليدار"، وهو أشبه بالرادار، ونظام رؤية مجسمة، ونظام تحديد المواقع الجغرافية (جي بي أس)، ونظام التعرف البصري على الأشياء، ونظام تحديد الموقع في الوقت الحقيقي.

وتعتبر غوغل من أبرز الشركات التي تخوض غمار تقنيات السيارات الذاتية القيادة، وقد بدأت العمل في هذا المجال منذ 2009 وأنفقت فيه أموالا طائلة كان من ثمارها إطلاق نموذج جديد لسيارة ذاتية القيادة في مايو 2014 لا تتضمن عجلة قيادة أو دواسة بنزيل أو مكابح، وذاتية بالكامل.

متطلبات الثورة الصناعية الرابعة

ترتبط الثورة الصناعية الرابعة بالعديد من المتطلبات التي تضمن سهولة التكيف معها، ونجاح المؤسسات في القيام بالوفاء بهذه المتطلبات حتى تلحق بركب التقدم التكنولوجي والازدهار، ومن هذه المتطلبات ما يلي (الذبياني، 2020):

- **التكنولوجيا المستجدة والبنية التحتية للمعلومات والاتصالات الموثوق بها:** فالتكنولوجيا هي أحد المحركات الحاسمة للثورة الصناعية الرابعة التي تتمثل في العديد من التقنيات، مثل: الحوسبة السحابية وانترنت الأشياء وانترنت الخدمات، وانترنت الطاقة ويجب أن تعمل هذه التقنيات في ظل بنية تحتية للاتصالات موثوق بها وهو ما سوف يدعم الاتصال الرقمي الفعال الذي يحقق التواصل والتعاون والتكامل بين الناس والأنظمة والآلات.
- **سياسات مبتكرة:** تحتاج الحكومات الى تطوير السياسات الاقتصادية والصناعية وسوق العمل المستجيبة لدعم التحول الرقمي الذي فرضته الثورة الصناعية الرابعة حيث تتيح هذه السياسات المبتكرة وضع التدابير والموارد من اجل الاستجابة للتحديات والفرص التي يوفرها العصر الرقمي،

ISSN : 2410-1818

كما انها تضع تشريعات توضح المعايير والأسس التي يتم بناء عليها التبادل التجاري وكيفية المحافظة على امن بيانات المؤسسة وخصوصية البيانات الشخصية للعاملين.

- **التعليم والتدريب:** إن التحول الرقمي والابتكارات في الثورة الصناعية الرابعة تتطلب نوعية جديدة من العمالة الماهرة التي تتميز بالابتكار والدهاء التكنولوجي، حيث إن الاتمتة في الثورة الصناعية الرابعة سوف تستلزم توفير فرص التعلم مدى الحياة والتدريب المستمر.

وقد توصلت دراسة القمشوعية، سامية (2020) إلى تحديد متطلبات الثورة الصناعية الرابعة التي تعزز إدارة البرامج التربوية وتتمثل في:

- وجود استراتيجية مشتركة بين وزارة التربية والتعليم والقطاعات الحكومية والخاصة تواكب التغيّرات المتوقعة في مختلف المجالات وتسعى لتطوير عناصر المنظومة التربوية في ظل توجهات الثورة الصناعية الرابعة.
- تطوير برامج إعداد العاملين في المؤسسات التعليمية بما يتماشى ومتطلبات الثورة الصناعية الرابعة.
- تبنّي وزارة التربية والتّعليم خطّة تدريبية متكاملة تهدف إلى تصميم البرامج والمنصات التعليمية والتدريبية لخدمة كافة العاملين والمستفيدين من التعليم.
- توجيه العاملين في جميع الوزارات والهيئات على التنمية الذاتية المستدامة، بما يؤهلهم لمواكبة العمل بمتطلبات هذه الثورة.
- تزويد بيئة العمل بتقنيات ومحركات الثورة الصناعية الرابعة وتدريبهم عليها، وتنمية وعي العاملين والمستفيدين بمتطلبات التعلم في عصر الثورة الصناعية الرابعة من خلال مختلف الفعاليات التربوية.
- دعم العاملين بتزويدهم بأدوات الابتكار والبحث العلمي للارتقاء بمهاراتهم في تطبيقات الثورة الصناعية الرابعة.
- إعداد برامج إعلامية هادفة لنشر ثقافة الثورة الصناعية الرابعة، والتركيز على البعد القيمي والاجتماعي والأخلاقي لمواجهة آثارها.
- تركيز مؤسسات التعليم العالي على المهارات التي تواكب متطلبات الثورة الصناعية الرابعة، ومواءمة مخرجات التعليم العالي مع حاجة سوق العمل.

ISSN : 2410-1818

مما سبق يتضح أن من أهم متطلبات الثورة التكنولوجية الرابعة البنية التحتية التكنولوجية المعززة بالتقنيات الحديثة والتي تعتبر الأساس نحو الاندماج في تلك الثورة، ومن ثم يأتي دور التشريعات القانونية والسياسية التي تقنن الوضع وتحدد الممارسات السليمة التي يجب أن نكسب مهاراتها للعاملين والأجيال القادمة.

انعكاسات الثورة الصناعية الرابعة على منظومة التعليم

انعكست آثار الثورة الصناعية الرابعة في استحداث العديد من الوظائف في المستقبل القريب حيث ستكون مختلفة تمامًا عن الوظائف المتوفرة اليوم، مما يتطلب إعداد قوى عاملة متمكنة من تكنولوجيات الثورة الصناعية الرابعة وقادرة على استغلالها على الوجه الأمثل؛ لذلك يحتاج الطلاب اليوم إلى مهارات رقمية جيدة وقدرات على التأقلم وتطويع التكنولوجيات المستجدة، كما يحتاجون إلى تعليم يرتكز على الابتكار والمشاركة والإبداع والتجديد والتفكير الناقد والمتطور وحل المشكلات حتى يتمكنوا من التكيف مع عالمهم المتغير. وهذا ما يميز ما أُصْطُلح على تسميته بالجيل الرابع من التعليم أو اختصارًا "التعليم 4.0". إن من أهم التطورات التكنولوجية التي يرتكز عليها التعليم 4.0 هو استخدام الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي وتحليلات التعلم والتعلم المفتوح والدائم، بغية تقديم تعلّمٍ مُستمرٍ ومرن ومشخَّص ومُخصّص ومُفصّل للطلاب، وذلك حسب احتياجاتهم واهتماماتهم وخصائصهم ومستوياتهم وفهمهم، مما يجعل التعلّم أكثر فعاليةً وتحفيزًا ومتعة (الخريبي، 2021).

ويُمكّن استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي في التعليم، بالاستفادة من القدرات الحاسوبية الهائلة وتوفر البيانات الضخمة، من خلق فرص جديدة لتعزيز التعليم وإحداث سبل أكثر مرونة وتكييف للمعلم والمتعلم على حد السواء. ونجد اليوم العديد من الأمثلة لأدوات الذكاء الاصطناعي المتوفرة والمستخدمة في التعليم كأدوات الترجمة الآلية للمحتويات التعليمية، وأدوات المرافقة الذكية للطلاب، وأنظمة التوصية الآلية، إلخ.

كما يتميز الجيل الرابع من التعليم بسهولة الوصول للتعلم وديمومته Ubiquitous learning ، حيث يُمْكن التعلّم سواء داخل المؤسسات التعليمية أو خارجها، أي حينما وكلما وأينما وكيفما يشاء المتعلم BYOT Bring Your Own Technology & BYOD Bring Your Own Device، مما من شأنه أن يساعد على تطوير القدرات بشكل مستمر وتشاركي من قبل الجميع مدى الحياة. كما ساهم بروز تيار التعلم المفتوح في تحقيق انتشار المعارف والوصول للتعليم الجيد والمرن والشامل للجميع، لاسيما عبر الموارد التعليمية المفتوحة OER Open Educational Resources المتاحة عبر المنصات المتخصصة. والموارد التعليمية المفتوحة هي موارد التعليم والتعلّم والبحث والتي تندرج في الملك العام أو تم إصدارها بموجب ترخيص مفتوح يتيح للآخرين الانتفاع المجاني بها واستخدامها وتكييفها وإعادة توزيعها بدون أي قيود أو بقيود محدودة. وتمثّل الموارد التعليمية المفتوحة فرصة استراتيجية لتعزيز تبادل

ISSN : 2410-1818

المعارف وبناء القدرات والوصول الشامل إلى موارد جيّدة للتعلم والتعليم، وبالتالي دعم عملية التحوّل الرّقمي في مجال التعليم (الخريبي، 2021).

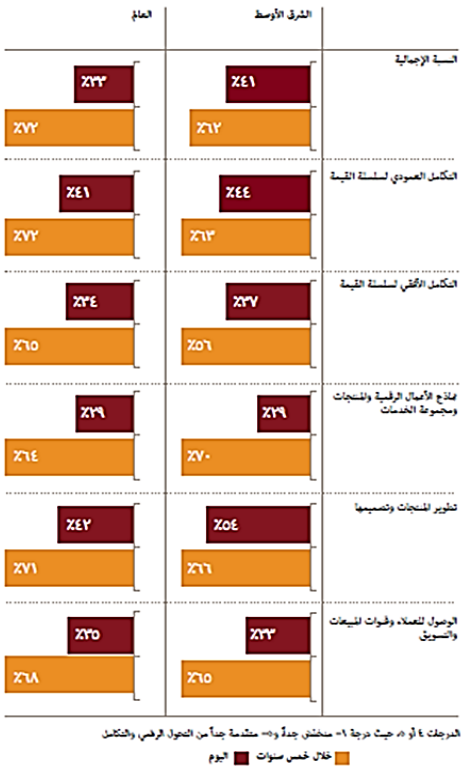
كما مهدت حركة التعلم المفتوح والموارد التعليمية المفتوحة والطلب المتزايد للتعلم مدى الحياة والعابر للحدود والمدعم بالتكنولوجيات الحديثة، في ظهور نمط تعلمي حديث أُطلق عليه اسم دروس الانترنت المفتوحة عالية الاستقطاب أو ما يُعبر عنه اختصارا بالموك MOOC Massive Open Online Courses، وقد انتشر هذا النوع من التعليم في جميع أنحاء العالم وأصبح محبذا ومطلوبا لدى جميع الفئات العمرية باختلاف مشاربهم وأهدافهم التعليمية. ويُنظر إلى دروس الموك على أنها مفتوحة وتشاركية، تُقدَّم عبر شبكة الانترنت، وتستهدف أعدادًا كبيرةً من المشاركين، ويمكن الوصول إليها من قبل أي شخص من أي مكان، دون مؤهلات مسبقة الالتحاق، وتُقدَّم غالبًا مجاناً. لذلك يمكن أن توفر دروس الموك فرصًا هائلةً للتعلم مدى الحياة وكذلك للدخول إلى التعليم دون تكلفة أو بتكلفة محدودة، مما سيساهم حتمًا في زيادة فرص الوصول إلى التعليم لجميع أنواع المتعلمين (الرسميين وغير الرسميين).

وفي ظل التطور المتزايد والسريع في أنماط التعليم المعزز بتكنولوجيات الثورة الصناعية الرابعة، بات من الضروري إكساب المعلمين المهارات المطلوبة لمواكبة المستجدات التكنولوجية وحسن استخدامها وتوظيفها في ممارساتهم التعليمية، مما من شأنه أن يدعم تحقيق التعليم الجيّد والشامل ويعزز فرص الوصول إلى اقتصاد المعرفة. ومن هذا المنطلق، تم التأكيد خلال المنتدى العالمي للتعليم الذي عقد في إنشيون 2015 على أهمية تدريب المعلمين على استخدام تكنولوجيا المعلومات والاتصال في التعليم، كما أكد إعلان تشيغنداو 2015 على أهمية تنمية مهارات المعلمين المهنية بغية إدماج تكنولوجيات المعلومات والاتصال في عملهم بفعالية. وبهذا الخصوص، وضعت منظمة اليونسكو إطارًا دوليًا مرجعيًّا يحدد الكفاءات اللازمة لضمان التعليم بفعالية بالاستفادة القصوى من تكنولوجيات الثورة الصناعية الرابعة، وهو ما يعرف بإطار عمل اليونسكو لتنمية كفاءات المعلمين في مجال تكنولوجيات المعلومات والاتصال (الخريبي، 2021).

وقد أخذت النسخة الثالثة لإطار الكفاءات في الاعتبار خطة التنمية المستدامة بمراعاة المبادئ الشاملة المتعلقة بعدم التمييز والانتفاع المنصف بالمعلومات والمساواة بين الجنسين، وكذلك بمراعاة التقدم الحاصل على صعيد تكنولوجيات الثورة الصناعية الرابعة واستخداماتها في التعليم مثل الذكاء الاصطناعي وتكنولوجيات الجوال والموارد التعليمية المفتوحة، وذلك من أجل تعزيز بناء مجتمعات المعرفة الشاملة للجميع.

ISSN : 2410-1818

تفاعل دول الوطن العربي مع متطلبات الثورة الصناعية الرابعة



انتقل الصخب الذي دار حول الثورة الصناعية الرابعة، من الحالة التي نظر إليها البعض على أنها مجرد حماسة ودعاية، إلى استثمارات ونتائج ملموسة على أرض الواقع. وقد أفادت العديد من الشركات في الشرق الأوسط أنها تستثمر أموالاً كبيرة في هذا المجال، وهذا ما يُترجم من خلال مستويات التحول الرقمي والتكامل التي ما تنفك تزداد. فقد أفاد 41 % من المشاركين في الاستطلاع من المنطقة أنهم وصلوا بالفعل إلى مستوى متقدم من التحول الرقمي والتكامل، فيما يتوقع ما يزيد على 62 % من المشاركين أن يحققوا هذا الهدف في غضون خمس سنوات فقط (أنظر الشكل المجاور) (بي دبليو سي، 2016)

وتواجه دول الوطن العربي تحديات الثورة الرابعة بتأثيرها الاقتصادي والاجتماعي والثقافي والسياسي بما لم تشهده البشرية من قبل، وتقدّم في الوقت نفسه فرصة ممكنة الاغتنام من قبل الدول العربية حيث تواجه الحكومات وواضعو سياسات التنمية فرصا وتحديات في استعدادها للتعامل مع هذه الثورة الصناعية الرابعة ومنها: إمكانية التعاون مع الشركات الأخرى عالمياً والشراكة في الأخطار والعوائد المحتملة في الاستثمار في تكنولوجيات هذه الثورة، وإمكانية إيجاد بيئة مواتية لاستيعاب واكتساب تكنولوجيات هذه الثورة، وتقدم هذه الثورة فرصة لبناء قاعدة صناعية منافسة عالمياً بقفزات سريعة انطلاقاً من الأصول الصناعية الموجودة (في حال وجود صناعة في الدولة)، وإمكانية الاستثمار في تكنولوجيات هذه الثورة ووجود مستقبل واعد فيها، ووجود فرص للتكامل بين المؤسسات الصغيرة والمتوسطة والشركات الناشئة المبتَكِرة، ومن الفرص المهمة أمام الدول العربية أن هذه الثورة الصناعية الرابعة تقدم تغيرات وتكنولوجيات وصناعات وأنشطة محددة ممكنة الاكتساب من قبل الدول العربية لا تتطلب القواعد الصعبة التي تطلبتها الثورات الصناعية السابقة، وهناك أيضاً تحد عام أمام كل الدول، ويشمل الدول العربية، وهو في مستقبل أطفالنا وفرص العمل التي ستكون متاحة لهم عند دخولهم لسوق العمل، فحسب البنك الدولي فإن 65 % من أطفالنا في

ISSN : 2410-1818

المدارس الابتدائية حاليا سيطلب منهم أن يعملوا في مهن غير موجودة الآن وكثير من مهن اليوم ستختفي (مراياتي، 2018، 16: 22).

وضعت العديد من الدول العربية "رؤية"، وخططاً ومبادرات لتنفيذها، فقد أطلقت الإمارات العربية المتحدة استراتيجيتها للثورة الصناعية الرابعة، التي تهدف إلى تعزيز الابتكار والتكنولوجيات المستقبلية "لتصبح الإمارات منصة عالمية لهذه الثورة" ولزيادة مدخلات الاقتصاد، وقد أنشأت مجلساً للثورة الصناعية الرابعة للتنسيق بين مختلف جهات وقطاعات الدولة في تحقيق ذلك بالشراكة مع المنتدى الاقتصادي العالمي. وتركز هذه الاستراتيجية على عدد محدد من الحقول مثل التعليم للابتكار، والذكاء الاصطناعي وقطاع الرعاية الصحية، وخاصة الطب الجينومي وتطبيقات الروبوتات في الرعاية الصحية، وتكنولوجيا النانو للتطبيقات الطبية عن بعد والعناية والخدمات الصحية عن بعد، يضاف إلى ذلك التكنولوجيات الملبوسة أو المدخلة في جسم الإنسان. كما تركز على تكنولوجيات الصناعات الغذائية اللازمة للأمن الغذائي والمائي كالتكنولوجيا الحيوية والهندسة الحيوية. يضاف إلى ذلك التركيز على تكنولوجيا بلوك شين "سلسلة قواعد السجلات المستقلة" Block Chain. ومن بين ما تركز عليه الاستراتيجية أيضاً استعمال البيانات الضخمة وبيانات الأقمار الصناعية في تخطيط المدن، إضافة إلى تركيزها على الصناعات العسكرية الدفاعية ولاسيما في الآليات ذات التسيير الذاتي. كما أعلنت إمارة دبي عن استهداف 25 % من المباني عن طريق الطباعة الثلاثية الأبعاد بحلول عام 2030.

وهناك مقترح لاستراتيجية للثورة الصناعية الرابعة في السعودية ضمن أحد برنامج تحقيق رؤية المملكة 2030 وهو "برنامج تطوير الصناعة الوطنية والخدمات اللوجستية" بالتعاون مع مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية والجهات الأخرى ذات العلاقة (مراياتي، 2018، 16: 22).

كما تكاتفت جهود جميع الوزارات في دولة قطر للعمل معا من اجل الإسراع بمبادرات الحكومة الرقمية، سعيا لزيادة كفاءة وفاعلية الحكومة وجعلها أكثر قربا من الجمهور افرادا ومؤسسات وأكثر تركيزا على راحته وخدمته، وترتكز استراتيجية الحكومة الالكترونية 2020 على ركائز أساسية تتسق مع الأهداف العامة للرؤية الوطنية لقطر 2030 والاستراتيجية الوطنية للتنمية والخطة الوطنية للاتصالات وتكنولوجيا المعلومات والخطة الوطنية للبرودباند وخطط الاتصالات وتكنولوجيا المعلومات الخاصة بالقطاعات، وتشمل: اتاحة خدمات حكومية مكتملة الكترونيا، وزيادة الاقبال على الخدمات الالكترونية، وزيادة كفاءة العمليات الحكومية، وتعزيز الشفافية والمشاركة المجتمعية (عبد العزيز، 2019).

كما بدأت مصر طريق الثورة الصناعية الرابعة، كي تنخرط فيها وتحتل مركزا متقدما في دليل التنافسية العالمية والدولية في مجال الذكاء الاصطناعي، حيث خططت للتحول إلى المجتمع الرقمي وتحقيق العدالة الرقمية بما يسهم في تحقيق الإصلاح الإداري، وتطوير الخدمات الحكومية،

ISSN : 2410-1818

وتحسينها ومكافحة الفساد، وهناك جهود كبيرة لتطوير البنية المعلوماتية المصرية، والتي تشارك فيها وزارة الاتصالات مع عدد من الوزارات الأخرى، واتجهت الدولة حاليا لتوطين التكنولوجيا بأحدث المعايير العلمية في مختلف المدن والمحافظات والمجتمعات العمرانية الجديدة الجاري تشييدها لجعلها مجتمعات رقمية، وجرت ميكنة الخدمات الحكومية المقدمة للجماهير. وفي هذا الإطار، جاءت المبادرة الرئاسية الخاصة بدعم الابتكار والإبداع، وتدشين صندوق لدعم المبتكرين بمساهمة مشتركة بين القطاع الخاص ومؤسسات المجتمع المدني، بالإضافة إلى تعاظم جهود وزارة الاتصالات المكثفة على طريق الثورة الصناعية الرابعة عبر تنظيم دورات تدريبية للشباب في هذا المجال (صحيفة الوطن، 2019).

وتتنافس الدول العربية على تبني تطبيقات ومبتكرات الثورة الصناعية الرابعة، نظرا لما تجنيه من فوائد في مجالات زيادة الإنتاج الصناعي والزراعي وتحسين جودته، وتطوير الخدمات الحكومية، وزيادة التصدير، وتطوير نظام التعليم، بما يشجع قيم الابتكار، وتحقيق الشمول المالي والاجتماعي بحيث تتوافر صورة رقمية عن كل هيئة ومؤسسة ومواطن.

تفاعل سلطنة عمان مع الثورة الصناعية الرابعة من خلال رؤية عمان 2040

ونظرا لأهمية الكبيرة للتعليم باعتباره الركيزة الأساسية للتنمية فقد قضت التوجيهات السامية لصاحب الجلالة السلطان قابوس بن سعيد المعظم – طيب الله ثراه – بضرورة مراجعة سياسات التعليم وخططه وبرامجه وأهمية الربط بين مخرجات التعليم ومتطلبات سوق العمل، ومع استعداد السلطنة للثورة الصناعية الرابعة جاءت رؤية عمان 2040 التي تركزت في أربعة محاور رئيسية هي: "مجتمع إنسانة مبدع" و"اقتصاد بنيته تنافسية" و"دولة أجهزتها مسؤولة" و"بيئة عناصرها مستدامة"، وتستند الرؤية المستقبلية عُمان 2040على الأولويات الوطنية للسلطنة والتي تتمثل في (سلطنة عمان، 2019):

- التعليم والتعلم والبحث العلمي والقدرات الوطنية.
- الصحة.
- المواطنة والهوية والتراث والثقافة الوطنية.
- الرفاه والحماية الاجتماعيَّة.
- القيادة والإدارة الاقتصادية.
- التنويع الاقتصادي والاستدامة المالية.
- سوق العمل والتشغيل.
- القطاع الخاص والاستثمار والتعاون الدولي.
- تنمية المحافظات والمدن المستدامة.
- الموارد الطبيعية والاستدامة البيئية.

ISSN : 2410-1818

- منظومة التشريع والقضاء والرقابة.
- الشراكة وتكامل الأدوار.
- حوكمة الجهاز الحكومي والموارد والمشاريع.

وقد ركزت رؤية عمان 2040م على التعليم والتعلم والبحث العلمي والقدرات الوطنية كأولوية أولى وحددت له توجها استراتيجيا يتمثل في "تعليم شامل وتعلم مستدام وبحث علمي يقود إلى مجتمع معرفي وقدرات تنافسية منافسة" (البوسعيدي، 2019)، وتمثلت أهداف التوجه الاستراتيجي فيما يلي:

- نظام تعليمي يتسم بالجودة العالية والشراكة المجتمعية.
- نظام متكامل ومستقل لحوكمة المنظومة التعليمية وتقييمها وفق المعايير الوطنية والعالمية.
- مناهج تعليمية معززة للقيم ومراعية لمبادئ الدين الإسلامي والهوية العمانية ومستلهمة من تاريخ عمان وتراثها ومواكبة لمتطلبات التنمية المستدامة ومهارات المستقبل وتدعم تنوعا في المسارات التعليمية.
- نظام ممكن للقدرات البشرية في قطاع التعليم
- منظومة وطنية فاعلة للبحث العلمي والابداع والابتكار تسهم في بناء اقتصاد المعرفة ومجتمعها.
- مصادر تمويل متنوعة ومستدامة للتعليم والبحث العلمي والابتكار.
- كفاءات وطنية ذات قدرات ومهارات ديناميكية منافسة محليا وعالميا.

وفي سلطنة عمان، فإن مختبرات تنفيذ لتقنية المعلومات والاتصالات التي أقيمت في عام 2017م بالتعاون بين وزارة التقنية والاتصالات ووزارة النقل ووحدة دعم التنفيذ والمتابعة، خرجت بتوصيات أهمها: إنشاء مركز ساس للثورة الصناعية الرابعة، الذي أُنشئ في عام 2020م. إذ تتمثل رؤيته في العمل على تنفيذ رؤية وزارة التقنية والاتصالات لتحويل السلطنة إلى مجتمع معرفي مستدام من خلال الاستفادة من تقنية المعلومات والاتصالات، وخاصة تقنيات الثورة الصناعية الرابعة، لتعزيز الخدمات الحكومية، والقيمة المضافة للشركات وتمكين الأفراد (الحبسية، 2021، 145: 158) .

وعلى مستوى وزارة التربية والتعليم، فقد وقعت الوزارة مع شركة بي. بي.، مذكرة لتمويل مشروع رقمنة المناهج الدراسية في السلطنة، والذي يهدف إلى تحويل المناهج الدراسية إلى قوالب رقمية تفاعلية وجاذبة. ويتضمن مشروع الاتفاقية التركيز على رقمنة مناهج الرياضيات والعلوم، قبل الانتقال إلى المواد الدراسية الأخرى، من خلال إنشاء منصة رقمية سهلة الاستخدام لجميع مناهج وزارة التربية والتعليم لجميع الصفوف من الأول وحتى الصف الثاني عشر (جريدة عمان، 2020).

إن السلطنة خطت خطوات جادة لتبني تقنيات الثورة الصناعية الرابعة من خلال توفير البنية التحتية الرقمية، التي تعد مُمكّناً أساسياً للدخول إلى الثورة الصناعية الرابعة، وذلك لبناء أنشطة

ISSN : 2410-1818

صناعية متطورة، ولجذب رواد الأعمال الرقميين، ولتحسين تنافسية الاقتصاد الوطني. لذلك تعمل السلطنة على تطوير البنية التحتية الخاصة بالاتصالات وتقنية المعلومات، وخاصة تقنيات النطاق العريض-من خلال الشركة العمانية للنطاق العريض- عالي السرعة لزيادة نسبة التغطية وتحسين جودة الاتصال. كما تقوم وزارة النقل والاتصالات وتقنية المعلومات بجهود فعالة لتذليل الصعاب من خلال توفير بنية تحتية رقمية قوية ومسرعات للأعمال في مركز ساس التابع لهذه الوزارة. فضلا عن مشروع توفير الانترنت السريع إلى المناطق النائية بالسلطنة التي لا تتوفر بها بنية تحتية قوية، ومن المتوقع أن تستفيد السلطنة من تكنولوجيا هذه الثورة في قطاع التعليم، فيمكن توظيف تقنية النانو في العملية التعليمية وخاصة في المناهج وطرق التدريس وبذلك ستتحول المدارس تدريجيا من البيئة المدرسية التقليدية إلى بيئة مختلفة لمواكبة متطلبات هذه الثورة (الريامية، 2020).

النتائج

وقد توصلت الباحثة من خلال العرض السابق إلى أن الثورة الصناعية الرابعة كما اخترقت جميع مجالات الحياة، فإنها ستحدث تغيرات عميقة في المنظومة التعليمية بجميع عناصرها، الأمر الذي يفرض على المعنيين بالتعليم في سلطنة عمان في ضوء رؤية سلطنة عمان 2040 أدواراً ومسئوليات وبالتالي آليات جديدة لتطوير منظومة التعليم والتعلم وفق متطلبات الثورة الصناعية الرابعة وتعرضها الباحثة وفق المحاور المقترحة التالية:

المحور الأول: تطوير حوكمة المدرسة وأدائها: تتم عملية تطوير حوكمة المدرسة الكترونيا وأدائها بما يدعم تطبيق رؤية عمان 2040، من خلال تعزيز ممارسة إدارات المدارس للحوكمة الالكترونية من خلال ما يلي:

- تصميم إطار مؤهلات مرن ييسر الانتقال لسوق العمل ويعترف بالتعليم اللانظامي.
- إدراك أفراد المجتمع المدرسي لماهية ركائز الحوكمة ودور الحكومة الالكترونية في تيسير الإجراءات الإدارية.
- الربط الإلكتروني بين المدارس والمديريات التعليمية وديوان وزارة التربية والتعليم.
- منح إدارات المدارس صلاحيات للإدارة الذاتية والمحاسبية، وتوظيف الميزانية المدرسية بفاعلية وفقاً لخطة التحسين المؤسسي الرقمي.
- إدارة المعرفة الرقمية في المجتمع المدرسي بما يضمن التحسين المستمر، ودعم الأنشطة المدرسية التي تحقق الريادة في التفاهم والتعايش والسلام.
- تمكين ذوو الإعاقات وتقديم خدمات اجتماعية وتكنولوجية للفئات الأكثر احتياجا.

ISSN : 2410-1818

- دراسة القيادة العليا لديناميكية السوق والتوقعات المستقبلية من الوظائف المستحدثة والتغيرات المتسارعة نتيجة الثورة الصناعية الرابعة.
- ضمان تحقق مبدأ تكافؤ الفرص وتوفير التنمية المهنية التكنولوجية لجميع الفئات الموجودة بالمجتمع المدرسي.
- تعزيز التكامل التقني بين المؤسسات التعليمية المناظرة، واتخاذ الإجراءات التي تدعم بناء وعي بيئي وصحي في المجتمع المدرسي.
- العمل على تطوير البنية التحتية التكنولوجية وتوفير قاعات تعليم مجهزة بانترنت الأشياء.

المحور الثاني: تطوير عمليتي التعليم والتعلم: تتم عملية تطوير عمليتي التعليم والتعلم بما يدعم تطبيق رؤية عمان 2040 في إطار الثورة الصناعية الرابعة، من خلال ما يلي:

- تمكين القدرات البشرية من طلاب ومعلمين وإداريين تكنولوجيا ورقميا.
- دعم الطلاب لتحقيق نواتج التعلم المستهدفة وتوفير فرص تعلم حقيقية وافتراضية متنوعة.
- ممارسة مهارات التفكير وتوظيف التقنيات التكنولوجية الحديثة ومهارات السلامة العامة والأمان والتعامل مع الأزمات.
- اتباع طرق التغذية والعادات الصحية السليمة للمحافظة على الصحة في البيئة المدرسية، وامتلاك الطلاب والمعلمون مهارات التعامل والحفاظ على البيئة.
- اتقان أساسيات التعامل مع تكنولوجيا المعلومات والاتصال وتقنيات التعليم .
- الالتزام بالقيم الاجتماعية والأعراف، والاهتمام بالبحث العلمي والابداع والابتكار.
- الحرص على مواكبة المتغيرات الاقتصادية والتقنية لتلبية احتياجات سوق العمل في ظل عالم متغير.
- مراعاة الأبعاد الاجتماعية والبيئية عند تنفيذ عمليتي التعليم والتعلم، والاستخدام المستدام للموارد التقنية والتكنولوجية المتاحة واستثمارها لتحقيق القيمة المضافة في التعليم.

المحور الثالث: ضمان جودة المدارس: تتم عملية ضمان جودة أداء المدارس بما يدعم تطبيق رؤية عمان 2040، من خلال ما يلي:

- توفير نظم الكترونية تيسر تقييم المدارس الحكومية وفق المعايير الوطنية والعالمية، وتصنيف المدارس الخاصة وفق معايير الجودة.

ISSN : 2410-1818

- الاهتمام بتفعيل جائزة السلطان قابوس للتنمية المستدامة، وتبني معايير تنافسية واضحة لشغل المناصب القيادية تراعي متطلبات الثورة الصناعية الرابعة، وكفالة حق الوصول للمعلومات من خلال الشفافية والإفصاح المؤسسي.

المحور الرابع: اتجاهات التغيير: تتم عملية تبني اتجاهات التغيير بما يدعم تطبيق رؤية عمان 2040 وفق متطلبات الثورة الصناعية الرابعة، من خلال ما يلي:

- السماح للمدارس بإدارة مشاريع تشغيلية بربح يعود على تطوير العملية التعليمية وتدعم توفير التقنيات التكنولوجية.
- توفر المؤسسة ثقافة داعمة للمشاركة المجتمعية لبناء منظومة تكنولوجية تعليمية.
- تستخدم المؤسسة إمكاناتها: البشرية والمادية في خدمة المجتمع المحلي وتنمية أفراده لمواجهة تحديات الثورة الصناعية الرابعة.
- عقد شراكات فعالة بين المدارس ومؤسسات القطاع الخاص والمجتمع المدني بما يدعم العملية التعليمية، وتنفيذ أنشطة من شأنها ترسيخ الثقافة الرقمية والتكنولوجية.
- الاهتمام بريادة الأعمال وبرامج الارشاد والتوجيه من خلال منصات وزارة التربية والتعليم.
- تبني الإعلام التربوي المعزز للوعي المجتمعي، وتنفيذ أنشطة تحث على الاهتمام بحماية البيئة والتعامل مع المتغيرات المناخية.
- العمل بقواعد التنمية المستدامة، وتعزيز أنشطة الاقتصاد الأخضر.
- تحديث المكتبات المدرسية بكافة التقنيات التكنولوجية الحديثة لتهتم بالإرث الوطني التاريخي المرتبط بالسلطنة والولايات والمدن.
- تبني مبادرات تبث روح التكافل والتطوع والروح الوطنية في تنفيذ المناهج الدراسية وتصميم الأنشطة التربوية.

ISSN : 2410-1818

التوصيات

في ضوء النتائج التي توصل إليها البحث توصى الباحثة بما يلي:

- إجراء دراسات وبحوث تسعى إلى تصميم إطار مؤهلات مرن ييسر الانتقال لسوق العمل ويعترف بالتعليم اللانظامي.
- إجراء دراسة منهجية على المستوى المتوسط وبعيد المدى لتطوير المؤسسات التعليمية من حيث البنية التحتية التكنولوجية وتوظيف انترنت الأشياء.
- العمل على توفير منصات الكترونية تدعم بناء قدرات العاملين بالمؤسسات التعليمية، وتطوير أدوار القيادات التعليمية وأدوار المعلمين وفق مفاهيم ومتطلبات الثورة الصناعية الرابعة.
- إجراء دراسات لتطوير المناهج بما يواكب مستجدات الثورة الصناعية الرابعة والخاصة بمجالات: الروبوتات، والذكاء الاصطناعي، وتكنولوجيا النانو، والحوسبة الكمومية، والتكنولوجيا الحيوية، وانترنت الأشياء (IoT)، والطباعة ثلاثية الأبعاد، والمركبات المستقلة.

ISSN : 2410-1818

المراجع

أولاً: المراجع العربية

- النجار، إسلام (2020). ماذا تعرف عن الثورة الصناعية الرابعة وما مميزاتها؟، مجلة رواد الأعمال، عبر الرابط التالي: https://www.rowadalaamal.com ماذا-تعرف-عن-الثورة-الصناعية-الرابعة-و/ ، تم الاطلاع عليه في 20 ديسمبر 2020.
- بي دبليو سي (2016). الثورة الصناعية الرابعة: بناء المؤسسات الصناعية الرقمية، استطلاع الثورة الصناعية الرابعة (Industry 4.0) في الشرق الأوسط لعام 2016.
- جريدة عمان (2020) .التربية توقع اتفاقية لرقمنة المناهج الدراسية وايجاد محتوى تفاعلي، عبر الرابط التالي: https://alroya.om/post/273157، تم الاطلاع عليه في 22 يناير 2021
- جيريمي، رفكين (2017). الثورة الصناعية الثالثة، الدار العربية للعلوم ناشرون، بيروت.
- البوسعيدي، حمد (2019). الثورة الصناعية وانعكاساتها على التعليم. جريدة الرؤية، سلطنة عمان، مسقط.
- الحناوي، حمدي (2016). تحديث النمو اللحاق بالثورة الصناعية الثالثة، دار ومكتبة الحرية، القاهرة
- الحبسية، رضية (2021). متطلبات الثورة الصناعية الرابعة في وزارة التربية والتعليم بسلطنة عمان، المجلة الدولية للدراسات الاقتصادية، العدد الرابع عشر/ يناير 2021م، المركز الديمقراطي العربي – برلين، ألمانيا.
- القمشوعية، سامية (2020). واقع إدارة برامج التربية الخاصة بسلطنة عمان في ضوء متطلبات الثورة الصناعية الرابعة من وجهة نظر مديريها، المجلة العربية لعلوم الإعاقة والموهبة، العدد 14، المؤسسة العربية للتربية والعلوم والآداب، ص 53 – 84.
- سلطنة عمان (2019). رؤية عمان 2040 - وثيقة الرؤية الأولية، اللجنة الرئيسية للرؤية المستقبلية 2040.
- الريامية، شمسه (2020) .الثورة الصناعية الرابعة.. الطريق نحو التنويع الاقتصادي وتحسين دخل الفرد، جريدة عمان، https://www.omandaily.om/?p=823750، تم الاطلاع عليه في 11 مارس2021.

ISSN : 2410-1818

- صحيفة الوطن (2019). مصر بدأت الطريق.. "الثورة الصناعية الرابعة" في مناقشات منتدى الشباب، 15 يناير 2019م، عبر الرابط التالي: https://www.elwatannews.com/news/details/4482298، تم الاطلاع عليه في 15 يناير 2021.
- عبد العزيز، محمد (2019). قطر جاهزة للثورة الصناعية الرابعة بالخدمات الالكترونية، مجلة أملاك الاقتصادية، عبر الرابط التالي: https://www.amlakqatar.qa/Article/Id/38، تم الاطلاع عليه في 30 ديسمبر 2020.
- الخريبي، محمد (2021). التعليم المعزز بتكنولوجيات الثورة الصناعية الرابعة، مجلة نفاذ، عبر الرابط التالي: https://mip.qa/nafath-article/التعليم-المعزز-بتكنولوجيات-الثورة-ال/?lang=ar، تم الاطلاع عليه في 15 فبراير 2021.
- مراياتي، محمد (2018). الثورة الصناعية الرابعة: آفاقها ومستلزماتها في الوطن العربي، مجلة التقدم العلمي، العدد 103، أكتوبر 2018م، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، الكويت.
- الذبياني، منى (2020). تطوير مؤسسات التعليم الجامعي بالمملكة العربية السعودية في ضوء متطلبات الثورة الصناعية الرابعة، مجلة الفنون والأدب وعلوم الإنسانيات والاجتماع، العدد 60، كلية الامارات للعلوم التربوية، ص ص 245- 271.
- موقع فرصة (2019). علم الروبوتات وتخصصاته الحالية ومجالاته المستقبلية، عبر الرابط التالي: https://www.for9a.com/learn، تم الاطلاع عليه في 12 مارس 2021.
- موقع فرصة (2019). تعرف على تخصصات انترنت الأشياء وأشهر وظائفه ومجالاته، عبر الرابط التالي: https://www.for9a.com/learn/ تعرف-على-تخصصات-انترنت-الأشياء-وأشهر-وظائفه-ومجالاته ، تم الاطلاع عليه في 16 مارس 2021.
- موقع واي باك مشين (2014). نهج الطباعة ثلاثية الأبعاد – دليل المبتدئين، صناعة الطباعة ثلاثية الأبعاد، عبر الرابط التالي: http://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics- free-beginners-guide/processes/ ، تم الاطلاع عليه في 22 فبراير 2021.
- ويكيبديا (2021). الثورة الصناعية، عبر الرابط التالي: https://ar.wikipedia.org/wiki/الثورة_الصناعية ،

ISSN : 2410-1818

- ويكيبيديا (2020). الثورة الصناعية الرابعة، عبر الرابط التالي:
https://ar.wikipedia.org/wiki/الثورة_الصناعية_الرابعة ، تم الاطلاع عليه في 13 يناير 2021.
- ويكيبيديا (2021). تقانة حيوية، عبر الرابط التالي:
https://ar.wikipedia.org/wiki/تقانة_حيوية#:~:text=التقانة%20الحيوية%20هي%20ترجمة%20مصطلح،طريق%20تحسين%20خواصها%20وصفاتها%20الوراثية.، تم الاطلاع عليه في 24 فبراير 2021.
- ويكيبيديا (2020). الثورة الصناعية الثانية، عبر الرابط التالي: https://ar.wikipedia.org/wiki الثورة_الصناعية_الثانية، تم الاطلاع عليه في 25 مارس 2021.

ثانياً: المراجع الأجنبية:

- ERATO Macroscopic Quantum Machines Project (2017). Superconducting Quantum Circuits, Via the following: link: https://www.jst.go.jp/erato/nakamura_mqm/english/project_overview/p01.html, see in 28 February 2021
- Neil Gershenfeld & Isaac L. Chuang (2007). Quantum Computing with Molecules, a generally accessible overview of quantum computing and so on, Via the following link: http://www.media.mit.edu/physics/publications/papers/98.06.sciam/0698gershenfeld.html, see in 4 February 2021
- Ohmed H. S. Ahmeda, Nagwa H. S. Ahmida and Aziza A. Ahmeida (2017). Introduction to nanotechnology: definition, terms, occurrence and applications in environment. LIMUJ, Volume 2, PP 12-26 2017
- **Robert Young (2015). Quantum computing will bring immense processing possibilities, Via the following link: https://phys.org/news/2015-09-quantum-immense-possibilities.html, see in 2 January 2021**