ورقة عمل بعنوان: الثورة الصناعية الرابعة والجاهزية التكنولوجية في التعليم الإعدادي في ألمانيا وإمكانية الإفادة منها في تطوير الجاهزية التكنولوجية في التعليم الإعدادي في مصر

إعداد

د/ أحمد محمد نبوي حسب النبي

أستاذ مساعد باحث بشعبة بحوث التخطيط التربوي

المركز القومي للبحوث التربوية والتنمية– مصر

ورقة عمل بعنوان: الثورة الصناعية الرابعة والجاهزية التكنولوجية في التعليم الإعدادي في ألمانيا وإمكانية الإفادة منها في تطوير الجاهزية التكنولوجية في التعليم الإعدادي في مصر

د/ أحمد محمد نبوي حسب النبي *

مقدمة:

تسعي الدول المتقدمة إلى توظيف تكنولوجيا المعلومات والاتصالات بصورة فعالة داخل المدارس. وتتباين خبرات الدول المتقدمة من دولة لأخرى. وتؤثر عدة عوامل مثل: مستوى ثقة المعلمين في قدرتهم على استخدام تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في العملية التربوية، وطبيعة اتجاهات المعلمين نحو توظيف التكنولوجيا الرقمية في عملية التدريس، ودرجة جودة البنية التحتية التكنولوجية، ومقدار الدعم الفني المقدم للمعلمين، وجودة برامج التدريب في أثناء الخدمة. وتوضح الأدبيات خلال العقود الثلاثة الأخيرة أن دمج تكنولوجيا المعلومات والاتصالات ليست عملية فنية فقط. وتعد تكنولوجيا المعلومات والاتصالات أداة لتدريس المناهج التعليمية بطريقة أفضل بناء على أفضل الممارسات في مجال المناهج وطرق التدريس. وليست الخصائص الكمية هي المهمة فحسب عند توظيف التكنولوجيا الرقمية في العملية التعليمية، فمن الضروري أن نأخذ في الاعتبار الجوانب الكيفية لهذا التوظيف. ولهذا، يشير التربويون إلى تكنولوجيا المعلومات والاتصالات باعتبارها أداة تحسن من كفاءة العملية التعليمية.

ونظرًا لأن تكنولوجيا المعلومات والاتصالات هي مجرد أداة واحدة من بين عدة أدوات لتحسين العملية التربوية؛ فإنها تتنافس مع الأدوات الأخرى البديلة من حيث مؤشر الكلفة/ الفاعلية، ومؤشر الكلفة/ المنفعة. ويجب على صانعي السياسات عند تنفيذ الإصلاحات التربوية القائمة على توظيف تكنولوجيا المعلومات والاتصالات أن يأخذوا في الاعتبار تكلفة شراء الأجهزة الرقمية، وتكلفة تطبيقات الحاسب الآلي، وتكلفة تدريب المعلمين، وتكلفة شراء وإعداد الوسائط التعليمية، والتكاليف الجارية لإدارة المنظومة التعليمية الرقمية. ويسعي البحث الراهن إلى تحليل تداعيات الثورة الصناعية الرابعة على النظم التعليمي، ثم استعراض خبرات ألمانيا في دمج التكنولوجيا الرقمية في المدارس الإعدادية. كما يسعي أيضًا إلى صياغة عدد من الآليات التي يمكن الاستفادة منها في تطوير الجاهزية التكنولوجية في التعليم الإعدادي في مصر.

* **د/ أحمد محمد نبوي حسب النبي:** أستاذ مساعد باحث بشعبة بحوث التخطيط التربوي– المركز القومي للبحوث التربوية والتنمية– مصر.

Abstract:

Advanced Countries seek to utilize information technology and communication (ICT) effectively in the learning processes inside schools. However, the experiences of various nations differ. There are a number of factors influencing the usage of ICT in teaching and learning. Such factors include: the level of teachers' trust in their abilities of using ICT in teaching, the nature of teachers' attitudes towards exploiting digital technologies in teaching, the quality oftechnological infrastructure inside schools, the level of technical support offered to teachers, and the quality of in-service training programs. Literature published during the last three decades assure that integrating ICT in teaching and learning is not only a technical issue. ICT is an effective tool for teaching curricula in a better way based upon the best practices in the area of curricula and teaching methodology. The literature also show that the quantitative aspects alone are not enough for integrating ICT in teaching and learning, as we need to take into consideration the qualitative aspects also. Thus, educationalists refer to ICT as a useful tool capable of improving the efficiency of the educational process.

As we all know that ICT is just one tool among many tools aiming at improving the excellence of the educational processes, it competes with the other alternative tools in terms of the indictor of cost/effectiveness, and the indictor of cost/benefit. Therefore, the policy-makers need to take into consideration the following factors: the cost of buying the digital technologies, the cost of equipping schools with computer software, the cost of training teachers, the cost of buying and designing teaching aids and media, and the running cost of managing thedigital educational system. The current piece of research investigates the influences of the fourth industrial revolution on the educational system, and analyzes the experiences of Germany in integrating digital technologies within the boundaries of junior secondary schools. It ends with formulating a number of mechanisms that can be utilized to reform technological readiness of junior secondary schools in Egypt.

مشكلة البحث:

تلعب شبكة الإنترنت دورًا محوريًا في حياة المليارات من البشر في الوقت الحاضر. ويستخدم ٣ مليارات من الأفراد الحاسبات الشخصية المتصلة بالإنترنت في التواصل الاجتماعي، والمعاملات التجارية، وشراء السلع على مستوى العالم. وقد بلغت قيمة الاقتصاد الرقمي (Digital Economy) في الدول العشرين الكبرى ٢.٣ تريليون دولار في عام ٢٠١٠، ثم ٤ تريليون دولار في عام ٢٠١٦. وتبلغ نسبة نمو الاقتصاد الرقمي في الدول العشرين العظمي اقتصاديًا ١٠% سنويًا؛ وهي نسبة تفوق نمو باقي قطاعات الاقتصاد في هذه الدول الصناعية الكبرى. كما تصل نسبة نمو الاقتصاد الرقمي في الدول النامية إلى ما يتراوح بين ١٥% إلى ٢٥% (World Economic Forum, 2015a, p. 7).

وفي المملكة المتحدة يمثل الاقتصاد القائم على استخدام شبكة الإنترنت ١٠% من الناتج المحلي الإجمالي. وتتمتع الدانمارك وإستونيا باقتصاد رقمي قوي يقوم على رقمنة العديد من القطاعات بما في ذلك الخدمات الحكومية، وتأسيس تجارة إلكترونية وفقًا لأرقي المعايير العالمية. وبالإضافة إلى هذا، يمثل الاقتصاد الرقمي ٨% من الناتج المحلي الإجمالي، وتتمتع السويد بميزة تنافسية عالية في الخدمات والمنصات الرقمية (World Economic Forum, 2014, p. 29).

وفي عام ٢٠١٧ بدأت وزارة التربية والتعليم في مصر في إمداد المدارس الثانوية العامة الحكومية بشبكة للإنترنت فائق السرعة. وقد أوضح ''وزير الاتصالات أنه في نهاية شهر أغسطس من عام ٢٠١٨ تم توصيل الإنترنت فائق السرعة إلى ٧٧% من المدارس الثانوية العامة الحكومية؛ حيث أصبحت ١٨٣٧ مدرسة ثانوية عامة من بين ٢٣٧٨ مدرسة متصلة بشبكة الإنترنت. وأوضح وزير الاتصالات أن تأخر توصيل البنية الأساسية التكنولوجية للمدارس الثانوية العامة في مصر يرجع إلى تأخر الحصول على التصاريح اللازمة من المحليات. وأشار وزير الاتصالات إلى استمرار العمل في تنفيذ الشبكة الداخلية للإنترنت بالمدارس الثانوية الحكومية'' (جريدة الأهرام، ٢٠١٨، أغسطس ٢٦، ص ٥).

وبعد أن قامت وزارة التربية والتعليم بتسليم ٦٥٠ ألف تابلت لتلاميذ الصف الأول الثانوي في العام الدراسي ٢٠١٧/٢٠١٨، تسعي الوزارة إلى تسليم ٦٥٠ ألف تابلت لتلاميذ الصف الأول الثانوي في العام الدراسي ٢٠١٨/٢٠١٩. وأعلنت وزارة التربية والتعليم أنها تهدف إلى ''تسليم الدفعة الجديدة من طلاب الصف الأول الثانوي التابلت بدءًا من نوفمبر ٢٠١٩ إلى نهاية ديسمبر ٢٠١٩. كما أنها تعمل

على استكمال تجهيز البنية التحتية التكنولوجية لـ ٢٥٠٠ مدرسة لعقد الاختبارات الإلكترونية بها، وأن جميع المدارس الثانوية العامة سوف تستخدم البنية التكنولوجية والسبورات الذكية، وأنها سوف تقوم بتدريب الطلاب عل استخدام أجهزة التابلت''(جريدة الأهرام، ٢٠١٩، أكتوبر ٢٣، ص٨).

وأشارت وزارة التربية والتعليم إلى أنه ''تم تزويد جميع المدارس الثانوية العامة الحكومية بشاشات ذكية. وأكدت الوزارة أن العام الدراسي الحالي سوف يشهد امتحانات إلكترونية للصفين الأول والثاني الثانوي بعد انتهاء تجهيز باقي المدارس الثانوية بشبكات الواي فاي، وأن أول الامتحانات الإلكترونية سيتم أول يناير ٢٠٢٠. وكشفت الوزارة عن أنه جار تجهيز المدارس الثانوية بالبنية التكنولوجية'' (جريدة الأهرام، ٢٠١٩، أكتوبر ٢، ص٨). وأوضحت وزارة التربية والتعليم أن امتحانات الصف الأول الثانوي الإلكترونية سوف يتم عقدها في الفترة الصباحية، في حين أن امتحانات الصف الثاني الثانوي الإلكترونية سوف يتم عقدها في الفترة المسائية. وأكدت الوزارة أن جميع الامتحانات ستكون إلكترونية تتم عبر أجهزة التابلت (جريدة المصري اليوم، ٢٠١٩، أكتوبر ٢٩، ص١).

وأوضح الدكتور مصطفي مدبولي–رئيس مجلس الوزراء– أن مصر تسعي لتوطين صناعة ''التابلت''، وأن عددًا من الوزراء المعنيين قد قاموا بالتعاون مع كبري الشركات العالمية بهدف توطين هذه الصناعة في مصر. وكلف رئيس مجلس الوزراء وزيري الإنتاج الحربي والتربية والتعليم والتعليم الفني بتقديم مذكرة مشتركة إلى مجلس الوزراء بنتائج المفاوضات مع هذه الشركات، وباسم الشركة التي وقع عليها الاختيار لتصنيع التابلت في مصر. وأوضح رئيس مجلس الوزراء أن مصر تسعي لأن يشهد العام المقبل بدء استخدام الطلاب للتابلت المصنوع في مصر. كما كلف رئيس مجلس الوزراء وزير التربية والتعليم والتعليم الفني بتقديم مذكرة بشأن أي احتياجات أو متطلبات له من قبل الوزارات والجهات الأخرى حتي يتسنى إجراء أعمال الامتحانات الإلكترونية هذا العام على الوجه الأكمل. وصرح المستشار نادر سعد المتحدث الرسمي باسم مجلس الوزراء إلى انتهاء مركز المعلومات من حصر الطلاب في المدارس الحكومية والخاصة المستهدفين من توزيع التابلت عليهم (جريدة الأهرام، ٢٠١٩، نوفمبر ١٧، ص٨).

وأشارت وزارة التربية والتعليم والتعليم الفني إلى أن ''فصول الصف الثاني الثانوي جاهزة بالبنية التكنولوجية والشاشات التفاعلية، وإلى أن بعض المدارس تفعل الشاشات الذكية من خلال فلاشات عليها المقررات الدراسية، وأن بعضها يعمل من خلال شبكة الإنترنت الداخلية للمدرسة. وأوضحت الوزارة أنه تم تدريب المعلمين على استخدام التابلت والشاشة التفاعلية في الفصول، وأن التدريبات تتم بشكل عملي داخل الفصول'' (جريدة الأهرام، ٢٠١٩، نوفمبر ٢٨، ٨). وقد أوضح وزير التربية والتعليم والتعليم الفني أن موازنة الوزارة للعام المالي الحالي تتضمن تكلفة شراء ٦٥٠ ألف تابلت وتوزيعهم على طلاب الصف الأول الثانوي، وتكلفة استكمال البنية التحتية لجميع المدارس الثانوية العامة، وتكلفة إتاحة ٢٦ ألف شاشة ذكية تفاعلية لفصول الصفين الأول والثاني الثانوي (جريدة الأهرام، ٢٠١٩، أكتوبر ٢٨، ص٣).

ونظرًا لتطبيق التابلت في المدارس الثانوية العامة يصبح من الضروري دراسة مدي إمكانية توظيف التكنولوجيا الذكية والحاسبات اللوحية في التعليم والتعلم بالمرحلة الإعدادية. ولما كانت مخرجات التعليم الإعدادي هي مدخلات التعليم الثانوي، فمن الضروري تأهيل تلاميذ المرحلة الإعدادية لاستخدام الحاسبات اللوحية في التعلم. ونتيجة للمشكلات التي شابت تطبيق التابلت في المرحلة الثانوية، يصبح من اللازم التخطيط لكيفية تجنب هذه الإشكاليات في حالة ما إذا رغبت المدارس الإعدادية في مصر في تدريب التلاميذ بها على التعلم من خلال الحاسبات اللوحية والسبورات التفاعلية.

ومن ثم تتخلص مشكلة البحث في السؤال الرئيسي التالي:

- **ما تأثير الثورة الصناعية الرابعة على النظام التعليمي؟**

ويتفرع من هذا السؤال الأسئلة الفرعية التالية:

١) ما واقع الجاهزية التكنولوجية في المدارس الإعدادية الألمانية؟
٢) ما آليات تطوير الجاهزية التكنولوجية في المدارس الإعدادية في مصر في ضوء خبرات ألمانيا؟

أهمية البحث:

على الرغم من التقدم الهائل في الابتكارات التكنولوجية خلال العقدين الأخيرين، إلا أن قطاع التعليم مازال مترددًا في توظيف التكنولوجيا في عمليتي التدريس والتعلم. وعلى الرغم من قيام الدول الصناعية المتقدمة بتوظيف الروبوتات الآلية في التعلم وخاصة في تدريس العلوم والتكنولوجيا والعلوم الهندسية

والرياضيات منذ الثمانينيات من القرن العشرين، إلا أن توظيف التكنولوجيا كان مقتصرًا إلى حد كبير على تسهيل نقل المعارف للتلاميذ من خلال استخدام الحاسبات الآلية وتوظيف مصادر التعلم الإلكترونية في التدريس. وقد تجاهلت محاولات تطوير التعليم في العديد من الدول النامية الإمكانات الهائلة التي توفرها التكنولوجيا الرقمية المتصلة بالثورة الصناعية الرابعة لتحسين جودة التدريس والتعلم. فالتكنولوجيا الرقمية المرتبطة بالثورة الصناعية الرابعة تتجاوز بكثير مجرد استخدام الحاسبات الآلية وتوظيف مصادر التعلم الإلكترونية في التدريس لأنها تضع المتعلم في قلب العملية التعليمية، وتسعي إلى تحسين جودة خبرات التعلم لدي التلاميذ. وفي ظل التزايد المتسارع للابتكارات التكنولوجية المتصلة بالثورة الصناعية الرابعة، فإن لهذه الثورة الصناعية الرابعة آثار عميقة وطويلة المدي ليس فقط على الاقتصاد، ولكن أيضًا على مختلف مناحي الأوضاع الاجتماعية والفردية، وعلى آليات التواصل والتفاعل بين الأفراد والمجتمعات. فمن ناحية سوف تقلل التكنولوجيا الرقمية والاختراعات الذكية (مثل الحواسب اللوحية والحواسب المحمولة والهواتف النقالة الذكية وغيرها) من أهمية التعلم وجهًا لوجه داخل المؤسسات التربوية، ومن ناحية أخري سوف تحسن من فاعلية اكتساب المتعلمين للمعارف والمهارات. وتشير الأدبيات إلى أن الثورة الصناعية الرابعة سوف تعمل على تقليل الطلب على بعض أنواع الوظائف مثل تلك المهن المرتبطة بالجهد العضلي والحرف اليدوية، في حين أنها سوف تزيد من الطلب على الوظائف المتصلة بالأتمتة والابتكارات الرقمية. وبعبارة أخري، فإن الثورة الصناعية الرابعة سوف تخلق طلبًا متزايدًا على كفايات مهنية ومتطلبات وظيفية جديدة. ويعني هذا، أن الثورة الصناعية الرابعة سوف تغير من معني ''القابلية للتوظف'' (Employability)، ومن متطلبات أرباب الأعمال تجاه مهارات القوي العاملة، كما أنها سوف تزيد من درجة تعقيد الكفايات المهنية ومن الأبعاد المتعددة للكفايات المرتبطة بكل وظيفة. ومن ثم، يجب تحليل آثار هذه الثورة الصناعية الرابعة على النظم التعليمية، وخاصة بعدالتأثير القويللثورة الصناعية الرابعة على الجامعات والمدارس في الصين وكوريا الجنوبية وإنجلترا وألمانيا والولايات المتحدة الأمريكية.

ويعتقد عدد من أساتذة الذكاء الاصطناعي والعلوم الهندسية أن التكنولوجيا الرقمية سوف تغير من طبيعة عمليتي التدريس والتعلم من خلال استخدام

الحاسبات اللوحية والهواتف المحمولة الذكية والتطبيقات الجديدة للتكنولوجية الرقمية. ويعني هذا أن''الجامعات ومراكز البحث العلمي سوف تلعب دورًا بالغ الأهمية في ارتقاء مجالات الذكاء الاصطناعي مثل: الذكاء الاصطناعي القائم على النظام متعدد الوكلاء (Distributed Artificial Intelligence)، والتعلم القائم على استخدام الآلات، والعلوم العصبية، والروبوتات القائمة على استخدام العلوم العصبية (Neurorobotics). وتشكل المؤسسات الصينية ١٧ مؤسسة عالمية من بين أفضل ٢٠ جامعة رائدة في مجال الذكاء الاصطناعي، كما تضم ١٠ مؤسسات من بين أفضل ٢٠ جامعة في مجال النشر الدولي في علوم الذكاء الاصطناعي. وتتميز الجامعات ومراكز البحث الصينية بتميزها الفائق في مجال ''التعلم العميق'' (Deep Learning). وفي مقدمة المؤسسات التعليمية الصينية ''الأكاديمية الصينية للعلوم'' (Chinese Academy of Sciences)بابتكارها لأكثر من ٢٥٠٠ اختراعًا وأكثر من ٢٠ ألف بحث منشور في دوريات علمية محكمة في مجال الذكاء الاصطناعي، و٢٣٥ اختراعًا في مجال التعلم العميق. وقد زاد معدل تقدم الجامعات ومراكز البحث الصينية لبراءات الاختراع بنسبة تزيد عن ٢٠% في خلال الفترة من ٢٠١٣ إلى ٢٠١٦؛ مما يجعلها تتفوق على المؤسسات البحثية الأخرى في دول العالم المتقدم'' (World International Property Organization, 2019, p. 16).

ويحتل ''معهد بحوث الإلكترونيات والاتصالات اللاسلكية'' (Electronics and Telecommunications Research Institute) في كوريا الجنوبية المرتبة الثانية على مستوى الجامعات في العالم من حيث عدد براءات الاختراعات والأبحاث الدولية المنشورة في مجال الذكاء الاصطناعي، كما يعد من بين أفضل ٣٠ مؤسسة من بين الجامعات والشركات متعدية الجنسيات العاملة في مجال الذكاء الاصطناعي. وهناك ١٦٧ جامعة ومركز بحثي من أفضل ٥٠٠ مؤسسة عالمية من حيث عدد براءات الاختراع في مجال الذكاء الاصطناعي. ومن بين أفضل ١٦٧ جامعة ومركز بحثي على مستوى العالم، يوجد ١١٠ جامعة ومركزًا بحثيًا في الصين، و٢٠ في الولايات المتحدة الأمريكية، و١٩ في كوريا الجنوبية، و٤ في اليابان، و٤ في أوروبا. ويحتل ''معهد فرونهوفر'' (Fraunhofer Institute) في ألمانيا و''لجنة المصادر البديلة للطاقة والطاقة النووية'' في فرنسا المرتبتين ١٥٩ و١٨٥ على الترتيب (World International Property Organization, 2019, p. 16).

وبالإضافة إلى الذكاء الاصطناعي تقوم الصناعة في الدول المتقدمة على ''الأتمتة''(Automation)؛ حيث تلعب أتمتة الآلات المدارة بواسطة برامج الحاسب الآلي أدوارًا متنوعة في خطوط الإنتاج. ومن خلال الذكاء الاصطناعي، والأتمتة، والروبوتات الذكية تزيد الإنتاجية، وتقل تكاليفها، وتتحسن جودة المنتجات، وتنخفض الفترات الزمنية اللازمة للإنتاج. ''وتدفع التكنولوجيا العلماء في الوقت الحاضر إلى اختراع حاسبات آلية ذات مستوى ذكاء يقارب مستوى الذكاء البشري، وحاسبات آلية تستطيع فهم الحوار البشري الطبيعي، كما تستطيع أيضًا اتخاذ القرارات بصورة مستقلة عن تدخل البشر. وبالإضافة إلى الحاسبات الآلية المتقدمة، سوف تسهم الحوسبة السحابية والأدوات التكنولوجية المتقدمة لتخزين البيانات الرقمية الضخمة في تحسن فاعلية العمليات الإنتاجية. ويعني هذا، أن الحوسبة السحابية سوف تسمح للشركات والمصانع بتخزين ومعالجة كميات ضخمة من البيانات، وبالتكيف مع متطلبات توفير الخدمات القائمة على البيانات الهائلة. ومن خلال علوم الحاسب الآلي، والرياضيات، والحاسبات الآلية الضخمة يستطيع علماء الحاسوب في الوقت الحاضر إجراء عمليات حسابية وحاسوبية شديدة التعقيد. ونتيجة لذلك ازدهر مجال التعلم العميق القائم على محاكاة الآلات لأنشطة النيوترونات في ''القشرة المخية الحديثة'' (Neocortex) التي يحدث فيها التفكير البشري. ومن ثم، سوف تستطيع برامج الحاسب الآلي التعرف على النماذج الرقمية للصوت والصورة بصورة آنية. وبالتالي، سوف تستطيع الآلات الذكية التصرف بصورة طبيعية مثل البشر. وسوف تؤثر هذه الآلات الذكية بعمق على مجالات الصناعة، والمواصلات، والخدمات المالية، والرعاية الصحية'' (Sage Group PLC, 2018, pp. 3-6).

ولهذا، فإن التحدي الذي تواجهه النظم التعليمية في الدول النامية– ومن بينها مصر– هو تخريج تلاميذ قادرين على إنتاج أفكار إبداعية، وإعداد متعلمين يمتلكون المهارات اللازمة للعمل والنجاح في عالم الغد الرقمي، وتأهيل قوي عاملة تستطيع تحديث الوظائف التنظيمية لمؤسسات الإنتاج، وزيادة العائد الاقتصادي للشركات والمصانع التي يعملون بها، وإكساب التلاميذ المهارات الرقمية المرتبطة بالثورة الصناعية الرابعة. ولهذا، سوف يحلل البحث الراهن الجهود التي قامت بها ألمانيا لتغيير الجوهر الأساسي للتعليم والتعلم في المدارس الإعدادية في ضوء

تحديات الثورة الصناعية الرابعة. ويقوم البحث الراهن على مسلمة جوهرها أن تطوير التعليم لا يقتصر فقط على توظيف الحاسبات اللوحية في التدريس والتعلم، بل إنه يجب أن يشمل أيضًا تغييرًا جذريًا في فلسفة التربية، وفي أدوار المعلم والمتعلم، وفي طبيعة الكفايات المهنية المستحدثة الواجب على المتعلمين اتقانها. ويوضح البحث الراهن كيفية نجاح ألمانيا في زيادة الاستثمارات المالية المخصصة لتمويل ابتكارات الخوارزميات، وتحليل البيانات الضخمة، وإنترنت الأشياء، وتكنولوجيا الواقع الافتراضي والواقع المعزز لتفريد العملية التعليمية. ويتميز البحث الحالي عن غيره من البحوث العربية السابقة القليلة في هذا المجال، باستعراضه للأبعاد المختلفة الثورة الصناعية الرابعة، وبتوضيحه لأهمية البنية التحتية التكنولوجية في المدارس، وأهمية وجود مراكز لتقديم الاستشارات التكنولوجية للمعلمين. كما يتميز البحث الراهن عن غيره من البحوث العربية السابقة بتحديده لآليات تطوير الجاهزية التكنولوجية في المدارس الإعدادية المصرية. وبالإضافة إلى هذا، يوضح البحث الحالي المبادرات التي نفذتها الحكومة الألمانية لتطوير الجاهزية التكنولوجية للمدارس الإعدادية بحيث ترتكز على ''مدخل التعلم المتمركز على تمكين المتعلم باستخدام التكنولوجيا'' (Technology-Enabled Learner-Centered Approach).

ومما سبق يتضح أن الذكاء الاصطناعي يقوم على تصميم أجهزة للحاسب الآلي تقوم بأداء المهام التي يقوم بها البشر والتي تعتمد على التفكير البشري وحل المشكلات. وقد أسهم الذكاء الاصطناعي في ظهور مجالات جديدة مثل: التعلم باستخدام الحاسبات الآلية، والتعلم باستخدام الشبكات العصبية الصناعية (Artificial Neural Networks)؛ حيث يتعلم الحاسوب من خلال التفكير في الأمثلة وليس من خلال البرمجة المباشرة. وسوف تعتمد الصناعة في المستقبل على الذكاء الاصطناعي، والأتمتة، والرياضيات، وعلوم الحاسب الآلي. وتتطلب هذه العلوم إعداد قوي عاملة عالية التأهيل تتقن هذه المهارات. ولهذا فلابد من تأسيس نظم تعليمية قادرة على إعداد المتعلمين وتأهليهم للنجاح في أسواق العمل. وسوف يبرز البحث الراهن الدور الذي تلعبه المدرسة الإعدادية في ألمانيا في إعداد التلاميذ لإتقان مهارات الحاسب الآلي. وبالإضافة إلى هذا، سوف يقوم البحث الراهن مدى تأثرالجاهزية التكنولوجية فيالمدارس بتداعيات الثورة الصناعية الرابعة. ويعد البحث الراهن من البحوث القليلة التي تصيغ آليات واقعية لاستفادة

المدرسة الإعدادية المصريةمن خبرات الدول الصناعية المتقدمة مثل ألمانيا في اكتساب الكفايات الرقمية.

ويوضح البحث الراهن أن قلة الاستثمارات المخصصة لجعل التكنولوجيا الرقمية عنصرًا أساسيًا لا يمكن الاستغناء عنه من عناصر العملية التربوية تعني تخريج تلاميذ من المنظومة التعليمية يفتقرون إلى الحد الأدنى من الكفايات الرقمية اللازمة لدخول سوق العمل المستقبلي. ويتميز البحث الراهن عن غيره من البحوث العربية السابقة بتأكيده على أهمية وجود أعداد كافية من المعلمين الذين يمتلكون المهارات الرقمية اللازمة للتدريس باستخدام التكنولوجيا الذكية. ويشير البحث الحالي إلى أن عدم امتلاك المعلمين للكفايات الرقمية، وعدم توافر شبكات الإنترنت بالمدارس، وعدم وجود الكهرباء والتوصيلات الكهربائية في المدارس يقلل من فرص نجاح توظيف الحاسبات اللوحية في التدريس والتعلم داخل المؤسسات التعليمية. ومما يميز البحث الراهن عن غيره من البحوث العربية السابقة في هذا المجال تأكيده على أهمية قيام كليات التربية والعلوم والآداب بإعداد طلابها وتأهيلهم لتوظيف الحاسبات اللوحية وبرامج الحاسب الآلي في التعليم والتعلم. ويوضح البحث الراهن أهمية جعل التكنولوجيا الرقمية فلسفة دائمة– لا وقتية أو طارئة– للتدريس والتعلم. ونتيجة لهذا يؤكد البحث الحالي على أهمية توفير مراكز لصيانة الحاسبات اللوحية في الإدارات التعليمية، ومراكز لتقديم الاستشارات التكنولوجية وللدعم الفني للمعلمين. ومما يميز البحث الراهن عن غيره من البحوث السابقة التي أجريت في المجتمع المصري تأكيده على أن التوظيف الأمثل للحاسبات اللوحية والحاسبات المحمولة في المدارس يرتبط بقوة بقيام مؤسسات إعداد المعلم قبل الخدمة ومؤسسات تدريب المعلم في أثناء الخدمة بتدريب الطلاب/المعلمين والمعلمين حديثي التعيين على اتقان المهارات الرقمية والكفايات التكنولوجية، وبقيام الدولة بتوفير شبكات الإنترنت والسبورات الذكية وأجهزة العرض الإلكترونية ومراكز صيانة الحاسبات اللوحية في المدارس والإدارات التعليمية. ولهذا فإن البحث الراهن يعد من البحوث العربية القليلة التيتوضح كيفية الاستفادة من الثورة الصناعية الرابعة في تطوير المناهج الدراسية لكي تقوم على الكفايات التكنولوجية الذكية. وبعبارة أخري، فإن مما يميز البحث الراهن عن غيره من البحوث العربية السابقة في هذا المجال، هو توضيحه بصورة أكثر تفصيلاً لأهمية دمج المهارات الرقمية

في تدريس المهارات المتصلة بتنمية التفكير الناقد والمهارات المتصلة بتنمية المرونة العقلية والمهارات المتصلة بحل المشكلات المعقدة في المناهج الدراسية بالمدارس الإعدادية.

إن عمليتي التدريس والتعلم سوف تتغيران بصورة جذرية في السنوات القليلة المقبلة، كما إن التفاعل بين التكنولوجيا الرقمية وابتكارات الذكاء الاصطناعي وبين الإنسان سوف يصل إلى آفاق غير مسبوقة. ولهذا يجب على النظم التعليمية أن تتكيف مع هذه التغيرات شديدة التسارع، وأن توظف تكنولوجيا الواقع الافتراضي والواقع المعزز والتعلم القائم على استخدام الآلات وابتكارات الذكاء الاصطناعي في التعلم داخل المدارس والجامعات. وسوف تفرض الثورة الصناعية الرابعة بأبعادها المتنوعة تحولات عميقة الآثار على سوق العمل. وعلى هذا، سوف يحدث التعلم القائم على توظيف التكنولوجيا الرقمية تغييرات جوهرية في أدوار المعلم والمتعلم، وفي طبيعة العملية التعليمية، وفي أنماط التفاعل بين المعلم والطالب. ويتطلب هذا، إعادة هيكلة شاملة لبنية النظام التعليمي، وفلسفته وأهدافه، ومناهجه وطرق تدريسه. وسوف تزداد أهمية التعلم عن بعد، والتعلم الإلكتروني، و''التعلم الهجين'' (Hybrid Learning)، والتعلم باستخدام الحاسبات اللوحيةفي الظروف المعتادة بصفة عامة وفي أثناء الأوبئة بصفة خاصة. وقد أوضحت جائحة مرض ''الكورونا'' (COVID-19) الأهمية الشديدة للتعلم باستخدام التكنولوجيا الرقمية في أزمنة الحجر الصحي والحظر الكامل للتجول المصاحب للأوبئة.

''وقد قام 'هانشوك ووسمان'(Hanushek&Woessman) بحساب تأثير إغلاق المدارس لمدة تصل إلى ثلث العام الدراسي نتيجة لمرض كوفيد-١٩ (COVID-19)على الاقتصاد. وخلص 'هانشوك ووسمان' إلى أن هذا الإغلاق سوف يؤدي إلى فقدان التلاميذ للمعارف والمهارات ومن ثم إلى انخفاض في إنتاجية هؤلاء التلاميذ بعد دخولهم سوق العمل، وإلى انخفاض الناتج المحلي الإجمالي للدولةالواحدة بنسبة ١.٥% منذ بداية إغلاق المدارس في عام ٢٠٢٠ حتى عام ٢٠٩٩. وأوضح هذان الباحثان أن انخفاض مهارات ومعارف التلاميذ في الولايات المتحدة الأمريكية نتيجة لإغلاق المدارس في أثناء جائحة كوفيد-١٩ بمقدار عشر (١٠/١) انحراف معياري يعني انخفاض الناتج المحلي الإجمالي الأمريكي حتى بعد إعادة افتتاح المدارس بمقدار ١.٥%، وهو ما يعادل خسارة ١٥.٣ تريليون دولار أمريكي. أما فيما يتصل بالوقت الذي خسره التلاميذ نتيجة لإغلاق المدارس، توضح دراسة أجرتها منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية أنه

بنهاية شهر يونيو من عام ٢٠٢٠، قامت دولتان من ٤٦ دولة أجريت عليها الدراسة بإغلاق المدارس بها لمدة ٧ أسابيع على الأقل، كما قامت ٦ دول بإغلاق المدارس بها لمدة تراوحت بين ٨ إلى ١٢ أسبوعًا، كما قامت ٢٤ دولة بإغلاق المدارس بها لمدة تراوحت بين ١٢ إلى ١٦ أسبوعًا، كما قامت ١٣ دولة بإغلاق المدارس بها لمدة تراوحت بين ١٦ إلى ١٨ أسبوعًا، في حين أغلقت الصين بإغلاق المدارس بها لمدة زادت عن ١٨ أسبوعًا (OECD, 2020a, pp. 4-15).

وتزداد أهمية هذا البحث الراهن بعد انتشار جائحة الكوفيد- ١٩ في أكثر من ٢٠٠ دولة. ويوضح البحث الراهن أن تطبيق الحاسبات اللوحية والتعلم الإلكتروني في المؤسسات التعليمية لن يكتب له النجاح في ظل عدم إعداد كليات التربية والآداب والعلوم لطلابها لاستخدام التكنولوجيا الرقمية في التدريس والتعلم. ويوضح البحث الراهن أن إدخال التكنولوجيا الرقمية في المناهج الدراسية يلقي أعباءً متزايدة على كاهل المعلمين وأولياء الأمور. ومما يزيد من أهمية البحث الراهن احتياج النظم التعليمية إلى التحول إلى نظام للتعليم الإلكتروني والتعليم الهجين في خلال فترة زمنية قصيرة للغاية، وإلى تصميم نظم إلكترونية جديدة للتقويم والاختبارات. وبعبارة أخري، فإن جائحة الكوفيد- ١٩ قد أثرت على النظم التعليمية بصور سلبية متنوعة. وتدعو هذه الجائحة المؤسسات التربوية إلى توظيف الحاسبات اللوحية والتعليم الإلكتروني والتكنولوجيا الرقمية في العلمية التعليمية، وإلى تأسيس بنية تحتية تكنولوجية بها، وربطها بشبكة الإنترنت في غضون فترة زمنية قصيرة جدًا. ومما يميز البحث الحالي استعراضه لآليات تطوير الجاهزية التكنولوجية في المدارس الإعدادية في ألمانيا، وسبل توظيف هذه الآليات في المدارس المصرية.

أهداف البحث:

استهدف هذا البحث تحقيق الأهداف التالية:

أ) تحليل تأثير الثورة الصناعية الرابعة على النظام التعليمي.

ب) ودراسة واقع الجاهزية التكنولوجية في المدارس الإعدادية الألمانية.

ج) والاستفادة من تأثيرات الثورة الصناعية الرابعة ومن التجربة الألمانية في تطوير الجاهزية التكنولوجية بالمدارس الإعدادية في صياغة آليات لتطوير الجاهزية التكنولوجية في المدارس الإعدادية في مصر.

مصطلحات البحث:

الجاهزية التكنولوجية (Technological Readiness):

سوف يستخدم البحث الراهن التعريف التالي للجاهزية التكنولوجية: ''امتلاك المعرفة العلمية اللازمة للاستفادة من برامج الحاسب الآلي ومن تقنيات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، وتوظيفها في تصميم نظام إلكتروني للتعلم من خلال توفير البنية التحتية الرقمية وتقديم التدريب التقني الكافي للمعلمين وتوفير فرق الصيانة'' (ENCQOR Quebec, 2018, p. 1).

منهجية البحث:

يستخدم هذا البحث المقارنة المرجعية (Benchmarking)؛ ''والمقارنة المرجعية هي طريقة لتحديد وتبني أفضل الممارسات ترتكز على التقويم الجماعي للخدمات والعمليات بهدف محاكاة هذه الممارسات المتميزة. وبعبارة أخري فإن المقارنة المرجعية هي عملية للمقارنة والقياس المستمرين لأداء مؤسسة رائدة على المستوي العالمي بهدف تحسين الأداء. وبالتالي يتميز مفهوم المقارنة المرجعية بكونه عملية لقياس ومقارنة أداء مؤسسة معينة بهدف الحصول على معلومات تساعد مؤسسات أخري مماثلة على تنفيذ إصلاحات بها (Achim, Moise Ioan, Cabulea, Lucia, Popa,Maria, and Mihalache, Silvia – Stefania, 2009, p. 853). وسوف يتبني البحث الراهن التعريف التالي للمقارنة المرجعية ''هي عملية لجمع وتحليل البيانات القابلة للمقارنة بين الدول من خلال قياس مهارات التلاميذ ومخرجات النظم التعليمية، ومن خلال تحديد أهم التطورات في المؤسسات التعليمية، وتعزيز الحوار الجماعي الهادف إلى التعلم من خبرات الدول الناجحة، والسعي لتطوير السياسات التربوية. ويتطلب التنفيذ الدقيق للمقارنة المرجعية تطبيق ما يلي: أ) الاتفاق على معايير ومؤشرات المقارنة بين النظم التعليمية في الدول موضوع المقارنة. ب) تحديد نقاط القوة ونقاط الضعف الموجودة في كل نظام تعليمي. ج) السعي لاستخلاص الدروس المستفادة من النظم التعليمية فائقة التميز على المستوي العالمي. د) جعل هذه الدروس المستفادة أساسًا لصياغة استراتيجيات للتطوير والإصلاح التعليمي في الدول الأقل تقدمًا في المؤشرات التعليمية'' (OECD, 2017b, p. 55).

حدود البحث:

اقتصر هذا البحث على تحليلتأثير الثورة الصناعية الرابعة على النظام التعليمي، ودراسة واقع الجاهزية التكنولوجية في المدارس الإعدادية الألمانية،

والسعي إلى الاستفادة من تأثيرات الثورة الصناعية الرابعة ومن التجربة الألمانية في تطوير الجاهزية التكنولوجية بالمدارس الإعدادية في صياغة آليات لتطوير الجاهزية التكنولوجية في المدارس الإعدادية في مصر.

دراسات سابقة:

دراسات عربية سابقة:

ومن أهم الدراسات العربية: **دراسة بغدادي، منار محمد أسماعيل (٢٠١٩) بعنوان تصور مقترح لتحسين الجاهزية التكنولوجية في المدارس الثانوية**''[١]، **ودراسة نوار، أحمد زينهم (٢٠١٩) بعنوان ''التخطيط لدمج التابلت في مدارس التعليم الثانوي المصري: دراسة استشرافية**''[٢].حيث استهدفت دراسة بغدادي، منار محمد إسماعيل (٢٠١٩) بحث مدي توافر الجاهزية التكنولوجية لتوظيف تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في العملية التعليمية بمدارس التعليم الثانوي العام المصرية وبخاصة المدارس الثانوية في المناطق النائية والمهمشة. وقد توصلت دراسة بغدادي، منار محمد إسماعيل إلى النتائج التالية: ''أ) وجود ضعف لدي الطلاب في مهارات الاستفادة من بنك المعرفة. ب) يشكل ارتفاع رسوم الإنترنت عائقًا لدي الطلاب يقلل من استخدامهم للتكنولوجيا. ج) وجود ضعف لدي المعلمين في مهارات الاستفادة من مهارات الاستفادة من بنك المعرفة. د) ضرورة تكوين فرق لصيانة الحاسبات اللوحية والآلية داخل المدارس الثانوية العامة. هـ) عدم توافر بيئة التعلم التفاعلي داخل فصول مدارس التعليم الثانوي العام في مصر. و) ضرورة إنشاء منصات تفاعلية للتنمية المهنية للمعلمين، وكذلك منصات تفاعلية لصقل القدرات التكنولوجية ولتحسين الكفايات الرقمية لتلاميذ المدارس الثانوية العامة المصرية''(بغدادي، منار محمد إسماعيل، ٢٠١٩، ص ص. ٦٩٩-٧٠٧) .

واستهدفت دراسة نوار، أحمد زينهم (٢٠١٩) تحقيق الأهداف التالية:

---

[١] بغدادي، منار محمد إسماعيل. (٢٠١٩). تصور مقترح لتحسين الجاهزية التكنولوجية في المدارس الثانوية. ***المجلة التربوية الصادرة عن كلية التربية- جامعة سوهاج، العدد ٥٩، مارس ٢٠١٩***، ص ص.٦٩٩-٧٠٧.

[٢] نوار، أحمد زينهم. (٢٠١٩). التخطيط لدمج التابلت في مدارس التعليم الثانوي المصري: دراسة استشرافية. ***المجلة التربوية الصادرة عن كلية التربية- جامعة سوهاج، العدد ٦٤، الجزء الثاني، أغسطس ٢٠١٩***، ص ص. ٨٥٣-٨٦١.

- طرح رؤية مستقبلية لدمج التابلت في مدارس التعليم الثانوي المصري.
- رصد أهمية دمج التابلت في مدارس التعليم الثانوي المصري.
- التعرف على تجارب تايلاند وأمريكا وكندا وتركيا والكويت والبرازيل في مجال دمج التابلت في المدارس.
- الوقوف على أهداف دمج التابلت في مدارس التعليم الثانوي المصري.
- استكشاف التحديات التي تواجه دمج التابلت في مدارس التعليم الثانوي المصري.
- تحديد مقومات نجاح التابلت في مدارس التعليم الثانوي المصري.
- تعرف آليات تسلم الطلاب للتابلت في مدارس التعليم الثانوي المصري.

وقد توصلت دراسة نوار، أحمد زينهم (٢٠١٩) إلى النتائج التالية:''أ) خوف المعلمين–وبخاصة كبار السن منهم– من دمج التابلت في التدريس لأن ذلك يتطلب منهم بذل جهد إضافي وحضور دورات تدريبية مكثفة على كيفية دمج التابلت في التعليم والتعلم، كما يتطلب منهم أيضًا تنفيذ استراتيجيات للتدريس تتوافق مع عملية الدمج هذه. ب) الافتقار إلى المعلمين الذين يمكنهم توظيف التابلت في التدريس بفاعلية. ج) تتصف غالبية المناهج الدراسية المصرية بكونها تقليدية، ولا تتبني التطبيقات التكنولوجية الحديثة. د) عدم احتواء المناهج الدراسية المصرية على تطبيقات تيسر استثمار التابلت في عملية التدريس. هـ) لا تتيح المناهج الدراسية في المدارس الثانوية المصرية مساحة للمعلمين لتجريب أساليب تربوية جديدة. و) مقاومة مديري ونظار المدارس الثانوية المصرية لفكرة دمج التابلت في التدريس والتعلم. ز) تفضيل مديري ونظار المدارس لاعتماد المعلمين على الأساليب التقليدية في التدريس. ح) عدم حصول مديري ونظار المدارس على دورات تدريبية في مجال استخدام تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في التعليم. خ) قلة وعي مديري ونظار المدارس المصرية بماهية وأهداف دمج التابلت التعليمي في التدريس في المدارس الثانوية المصرية (نوار، أحمد زينهم، ٢٠١٩، ص ص. ٨٥٣–٨٦١).

ويختلف البحث الراهن عن بحث بغدادي، منار محمد إسماعيل وبحث نوار، أحمد زينهم في تركيز البحث الحالي على تحليل واقع الجاهزية التكنولوجية في التعليم الإعدادي، في حين يركز بحث بغدادي، منار محمد إسماعيل وبحث نوار، أحمد زينهم على تحليل الجاهزية التكنولوجية في المدارس الثانوية العامة. وفي حين يتناول البحث الراهن تأثير الثورة الصناعية الرابعة وخبرة ألمانيا في مجال

الجاهزية التكنولوجية ثم كيفية الاستفادة منها في تطوير الجاهزية التكنولوجية بالمدارس الإعدادية في مصر، يركز بحث بغدادي، منار محمد إسماعيل على تحليل الواقع المصري. وفي حين يتناول بحث نوار، أحمد زينهم جهود تايلاند وأمريكا وكندا وتركيا والكويت والبرازيل في توظيف الحاسبات الآلية في المدارس بدون أي تحليل للتأثيرات القوية للثورة الصناعية الرابعة على النظم التعليمية، يتناول البحث الراهن تداعيات الثورة الصناعية الرابعة على المؤسسات التربوية ثم يتناول الخبرة الألمانية في تطوير الجاهزية التكنولوجية بقدر أكبر من العمق. وقد تبني البحث الراهن عددًا أكبر من المؤشرات للحكم على مدي الجاهزية التكنولوجية للمدارس في ألمانيا. حيث تناول البحث الراهن مبادرة تحسين البنية التحتية، ومبادرة احضر جهاز الحاسب الآلي المملوك لك إلى المدرسة، ومبادرة ضمان أمان شبكات الاتصال اللاسلكية، ومبادرة توفير وتأسيس نظام للدعم الفني لأجهزة الحاسب الآلي، ومبادرة توفير التدريب والتنمية المهنية للمعلمين، ومبادرة استخدام التكنولوجيا في تدريس المناهج الدراسية في المدارس الألمانية. وبهذا يتبني البحث الراهن مؤشرات أكثر دقة وشمولاً من المؤشرات القليلة التي تبناها نوار، أحمد زينهم في بحثه.

دراسات أجنبية سابقة:

١) **دراسات تناولت دور التكنولوجيا في التعلم الذكي في كوريا الجنوبية:** ومن أهم هذه الدراسات **دراسة ''بودهاراني كيران وجي ياإيون وليم جاي هون'' (٢٠١٨) بعنوان ''تحليل العناصر المفاهيمية للتعلم الذكي في الأدبيات الكورية المنشورة في الدوريات المتخصصة''[٣]، ودراسة ''ها تشهيون ولي سو-يانج'' (٢٠١٩) بعنوان ''معتقدات ومناظير معلمي المرحلة الابتدائية المرتبطة بالتعلم الذكي في كوريا الجنوبية''[٤]، ودراسة ''بارك إيونهيونج ولي جي-وان'' (٢٠١٥) بعنوان دراسة حول معرفة المواطنين بالسياسات**

[3]Budhrani, Kiran, Ji, Yaeeun and Lim, Jae Hoon. (2018). Unpacking Conceptual Elements of Smart Learning in The Korean Scholarly Discourse. ***Smart Learning Environments, 5(23)***, 1-26. doi:10.1186/s40561-018-0069-7

[4]Ha, Cheyeon, and Lee, Soo-Young. (2019). Elementary Teachers' Beliefs and Perspectives Related to Smart Learning in South Korea. ***Smart Learning Environments, 6(3)***, 1-15. doi:10.1186/s40561-019-0082-5

واتجاهاتهم نحو الابتكار الحكومي في مجال الحكومة الرقمية''[٥].حيث تناولت دراسة ''بودهاراني كيران وجي ياإيون وليم جاي هون''تحليل المحتوي للبحوث التي نشرها باحثون من كوريا الجنوبية في الفترة من ٢٠١٠ إلى ٢٠١٨ حول مفهوم التعلم الذكي. واستهدفت هذه الدراسة تحليل العناصر المفاهيمية الرئيسة التي تناولت مدخل التعلم الذكي لفهم كيفية تناول الباحثين الكوريين لبيئة التعلم، ومفهوم التربية وطرق التدريس، وأدوار المتعلم، وتوضيح التطور التاريخي لهذه العناصر الثلاثة. وقد وظفت الدراسة ''قاعدة بيانات الباحثين في جوجل'' (Google Scholar)، و''مؤشر الاستشهادات البحثية في كوريا الجنوبية'' (Korean Citation Index) في تحليل ٣٧ بحثًا منشورًا في الدوريات الكورية والدوريات المنشورة باللغة الإنجليزية لتفكيك مفهوم التعلم الذكي. وقد خلصت الدراسة إلى تركيز هذه الأدبيات على تناول ٥ موضوعات محورية هي: أهمية بيئات التعلم الذكية في تسهيل عملية التعلم، والاستكشاف المفاهيمي الثري لطرق التدريس القائمة على التعلم الذكي، وقلة الأبحاث التي تناولت أدوار المتعلم الذي يتعلم من خلال مدخل التعلم الذكي، ووجود غموض في بعض الأبحاث حول طبيعة مفهوم التعلم الذكي، وتباين بؤرة التركيز في الأدبيات؛ حيث يركز بعضها على تحليل بيئة التعلم في حين يركز البعض الآخر على تحليل طرق التدريس (Budhrani, Kiran, Ji, Yaeeun and Lim, Jae Hoon, 2018, pp. 1-5). في حين تناولت دراسة ''ها تشهيون ولي سو–يانج'' (٢٠١٩)تصورات معلمي المرحلة الابتدائية في كوريا الجنوبية حول التعلم الذكي بهدف تطوير برامج تدريب المعلمين، وتحسينها لتمكين المعلمين من تعزيز التعلم الذكي لدي التلاميذ. وتناولت الدراسة الأدوار التي يجب أن يقوم بها المعلمون في القرن الحادي والعشرين لتدريب التلاميذ على التكيف مع التحديات التكنولوجية متزايدة التعقيد. وأشارت الدراسة إلى تزايد استخدام الوسائط الذكية ووسائل التواصل الاجتماعي في المدارس الكورية، وإلى ضرورة تحسين البنية التحتية التكنولوجية وطرق التدريس لتتناسب بدرجة أكبر مع مفهوم التعلم الذكي. وقد

[5]Park, EunHyung, and Lee, Jea-Wan. (2015). A Study on Policy Literacy and Public Attitudes Toward Government Innovation-focusing on Government 3.0 in South Korea. ***Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, 1(23)***, 1-11.doi:10.1186/s40852-015-0027-3

خلصت الدراسة إلى أن الاتجاهات الإيجابية للمعلمين تجاه التكنولوجيا الرقمية، واتقانهم للكفايات المرتبطة بهذه التكنولوجيا تحسن من التعلم القائم على استخدام الحاسبات الآلية. وأوضحت الدراسة أيضًا أن الدعم الفني الذي توفره المدارس للمعلمين يزيد من درجة تأييد المعلمين لاستخدام التكنولوجيا الرقمية في العملية التعليمية (Ha, Cheyeon, and Lee, Soo-Young, 2019, pp. 1-13). وتناولت دراسة ''بارك إيونهيونج ولي جي-وان''العلاقة بين معرفة المواطنين بالسياسات وبين اتجاهاتهم نحو الابتكار الحكومي في مجال الحكومة الرقمية. وقد وظفت الدراسة تحليل الانحدار المتعدد لنتائج استبيان تم توزيعه على ٢٠٣٩ من العاملين في الدواوين الحكومية ومن المواطنين لدراسة اتجاهات المواطنين نحو الحكومة الرقمية. وخلصت الدراسة إلى وجود تأثير قوي لمعرفة المواطنين بطبيعة السياسات الحكومية على اتجاهاتهم نحو الحكومة الرقمية في كوريا الجنوبية. واستنتجت الدراسة أن العاملين في الدواوين الحكومية يعتقدون أن الشفافية يمكن تحسينها، وأن السعادة يمكن زيادتها من خلال زيادة المعلومات الحكومية التي يجري تداولها (Park, EunHyung, and Lee, Jea-Wan, 2015, pp. 1-11).

٢) **دراسات تناولت دور التكنولوجيا في التعلم الذكي في اليابان:** ومن أهم هذه الدراسات **دراسة ''ساكاموتو أكيرا'' (٢٠١٨) بعنوان ''تأثير استخدام تكنولوجيا المعلومات والاتصالات على اتقان التلاميذ للجوانب المعلوماتية''**[٦]**، ودراسة ''ناكامورا كوجي وكايهاتسو سوهي وياجي تومويوكي''(٢٠١٨) بعنوان ''زيادة الإنتاجية ومعدلات النمو الاقتصادي''**[٧]**، ودراسة مركز الاتحاد الأوروبي-اليابان للتعاون الصناعي (2015) بعنوان ''الاقتصاد الرقمي في اليابان والاتحاد الأوروبي: دراسة**

---

[6] Sakamoto, Akira. (2018). The Influence of Information and Communication Technology Use on Students' Information Literacy. In Voogt, J., Knezek, G., Christensen, R., and Lai KW. . (Eds.), ***Second Handbook of Information Technology in Primary and Secondary Education*** (pp. 271-291). Cham, Switzerland: Springer International Handbooks of Education.

[7] Nakamura, Koji, Kaihatsu, Sohei, and Yagi Tomoyuki. (٢٠١٨). ***Productivity Improvement and Economic Growth***. Tokyo, Japan: Bank of Japan.

تقويمية للتحديات المشتركة وإمكانيات التعاون''[٨]. حيث تناولت دراسة''ساكاموتو أكيرا'' مفهوم اتقان التلاميذ للجوانب المعلوماتية، وتأثير استخدام التلاميذ لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات على اتقان التلاميذ لهذه الجوانب في المدارس اليابانية. وقد خلصت الدراسة إلىالنتائج التالية: أ) تحسن تكنولوجيا المعلومات والاتصالات من الكفايات المعلوماتية وبخاصة قدرة التلاميذ على جمع وتقويم المعلومات. ب) أن تأثير استخدام تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في المدارس أعلى من تأثير استخدامها في المنازل. وإن كان لاستخدام التلاميذ هذه التكنولوجيا في المنازل آثار إيجابية عديدة. وأوصت الدراسة بإجراء المزيد من الأبحاث التجريبية وشبه التجريبية حول فاعلية تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في المدارس اليابانية (Sakamoto, Akira, 2018, pp.). كما تناولت دراسة ''ناكامورا كوجي وكايهاتسو سوهي وياجي توموبوكي''أحدث الأدبيات التي حللت إنتاجية العمالة وتأثيرها على معدلات النمو الاقتصادي على المديين المتوسط والبعيد، والأدوات الإحصائية التي تناولت هذين المتغيرين. وأوضحت الدراسة الأسباب وراء تباطؤ معدلات النمو الاقتصادي في الدول الصناعية المتقدمة في العقدين الماضيين. وأشارت الدراسة إلى وجود سببين وراء هذا التباطؤ هما: عدم الاستفادة المثلي من نتائج البحث العلمي، وعدم التخصيص الأمثل للموارد. وأوصت الدراسة بضرورة إعادة تخصيص الموارد بقدر أكبر من المرونة، وتغيير العمليات الإنتاجية بحيث تواكب التكنولوجيا الحديثة، وتحسين كفاءة العمالة، وزيادة فاعلية إدارة رؤوس الأموال (Nakamura, Koji, Kaihatsu, Sohei, and Yagi, Tomoyuki, 2018, pp. 1-23). وحللت دراسة مركز الاتحاد الأوروبي–اليابان للتعاون الصناعيالأدوار التي يلعبها الاقتصاد الرقمي في زيادة معدلات النمو الاقتصادي في الاتحاد الأوروبي وفي اليابان. وأوضحت الدراسة أن الاقتصاد الرقمي يقوم على استخدام التكنولوجيا الرقمية في تعزيز التجارة الإلكترونية. وأشارت الدراسة إلى أن الاقتصاد الرقمي يستلزم أيضًا وجود بنية تحتية تكنولوجية قوية. وأوضحت

[8] EU-Japan Centre for Industrial Cooperation. (2015). ***Digital Economy in Japan and The EU: An Assessment of The Common Challenges and The Collaboration Potential***. Tokyo, Japan: Author.

الدراسة أن معدل استخدام شبكة الإنترنت في اليابان قد بلغ ٩٩.٩% في عام ٢٠١٣، وأن ١٦% من الشركات والمصانع اليابانية تستخدم تكنولوجيا المعلومات والاتصالات لزيادة أرباحها، وأن الاستخدام الأكثر شيوعًا لهذه التكنولوجيا في اليابان هو تقليل التكاليف. وأشارت الدراسة إلى أن حجم التجارة الإلكترونية في اليابان قد بلغ ١٠٤ مليار يورو في عام ٢٠١٤، وأن متوسط نصيب الفرد الياباني من التجارة الإلكترونية قد بلغ ١٦٣٣ يورو في عام ٢٠١٣، ويتوقع أن يصل إلى ١٨٤٦ يورو في عام ٢٠١٦. ويعتبر التسوق الإلكتروني هو ثاني أكثر الاستخدامات شيوعًا لشبكة الإنترنت في اليابان. وأوصت الدراسة بتعزيز التعاون بين اليابان والاتحاد الأوروبي لتعظيم العائد من استخدام شبكات الإنترنت (EU-Japan Centre for Industrial Cooperation, 2015, pp. 1-42).

٣) **دراسات تناولت دور التكنولوجيا في الصين:** ومن أهم هذه الدراسات **دراسة ''باي يوومو ديوزاهانجلينشيو وبوسويل ماثيو وسكوت روزيل'' (٢٠١٦) بعنوان ''تأثير دمج تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في التدريس: شواهد من عينة عشوائية من المدارس الريفية في الصين''[٩]، ودراسة ''ليو شيا وتوكي إيوجينيا وبانج جيني'' (٢٠١٤) بعنوان ''استخدام تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في رياض الأطفال في اليونان والصين: دراسة مقارنة''[١٠]، ودراسة ''هو شيانجوجونج يانج ولاي تشون وليونج فريديرك كيه إس'' (٢٠١٨) بعنوان ''العلاقة بين تكنولوجيا المعلومات والاتصالات وبين تحصيل التلاميذ في الرياضيات والقراءة والعلوم في ٤٤ دولة: تحليل**

[9] Bai, Yu, Mo, Di, Zhang, Linxiu, Boswell, Matthew, and Rozelle, Scott. (2016). The Impact of Integrating ICT with Teaching: Evidence from A Randomized Controlled Trial in Rural Schools in China. ***Computers & Education, 96(2016)***, 1-14. doi:10.1016/j.compedu.2016.02.005

[10] Liu, Xia, Toki, Eugenia I., and Pange, Jenny. (2014). The Use of ICT in Preschool Education in Greece and China: A Comparative Study. ***Procedia-Social and Behavioral Sciences, 112(2014)***, 1167-1176. doi:10.1016/j.sbspro.2014.01.128

متعدد العوامل''[11]. حيث تناولت دراسة ''باي يوومو دي وزاهانجلينشيو وبوسويل ماثيو وسكوت روزيل'' التأثيرات الإيجابية لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات على نواتج التعلم. وتشير الأدبيات النظرية إلى وجود تأثيرات إيجابية لتوظيف تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في العملية التربوية. وقد قارنت الدراسة بين نواتج تعلم التلاميذ في المدارس التي وظفت تكنولوجيا المعلومات والاتصالات وتلك التي لم توظفها. واشتملت عينة الدراسة على ٦٣٠٤ تلميذًا من تلاميذ الصف الخامس الابتدائي الذين يدرسون اللغة الإنجليزية في ١٢٧ من المدارس الريفية في الصين. وخلصت الدراسة إلى ارتفاع التحصيل الدراسي للتلاميذ في المجموعة التجريبية عنه في المجموعة الضابطة (Bai, Yu, Mo, Di, Zhang, Linxiu, Boswell, Matthew, and Rozelle, Scott, 2016, pp. 1-14). وتناولت دراسة ''ليو شيا وتوكي إيوجينيا وبانج جيني''استخدام تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في رياض الأطفال في اليونان والصين في خلال العقد الأول من القرن الحادي والعشرين. وحللت الدراسة استخدام تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في رياض الأطفال في الدولتين، وتأثير تكنولوجيا المعلومات والاتصالات على التلاميذ، وتأثير هذه التكنولوجيا على المعلمين. وخلصت الدراسة إلى أن تعرض الأطفال لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات منذ سن مبكرة يؤدي إلى ارتفاع تحصيلهم الدراسي، وإلى تأييد غالبية المعلمين لاستخدام تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في الأنشطة التربوية، وإلى تركيز غالبية برامج التدريب في أثناء الخدمة على الجوانب الفنية بصورة تفوق تركيزها على الجوانب التربوية، وإلى ضعف جودة بعض برامج التدريب في أثناء الخدمة (Liu, Xia, Toki, Eugenia I., and Pange, Jenny, 2014, pp. 1167-1176). وتناولت دراسة ''هو شيانج وجونج يانج ولاي تشون وليونج فريديرك كيه إس''تحليل نتائج التلاميذ في الاختبارات الدولية المقارنة لسنة ٢٠١٥ في ٤٤ دولة. وخلصت الدراسة إلى أن مهارات التلاميذ في تكنولوجيا المعلومات والاتصالات لها تأثير إيجابي على تحصيل التلاميذ الدراسي في

[11] Hu, Xiang, Gong, Yang, Lai, Chun, and Leung, Frederick K.S. (2018). The Relationship Between ICT and Student Literacy in Mathematics, Reading, and Science Across 44 Countries: A Multilevel Analysis. ***Computers & Education, 125(2018)***, 1-13. doi:10.1016/j.compedu.2018.05.021

الرياضيات والعلوم والقراءة، وإلى أن وجود شبكات الاتصالات وتكنولوجيا المعلومات في المدارس له تأثير إيجابي على تحصيل التلاميذ الدراسي، في حين أن وجودها في المنازل فقط له تأثير سلبي على تحصيل التلاميذ الدراسي. وأوصت الدراسة بزيادة كفاءة الاستفادة من تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في العملية التعليمية (Hu, Xiang, Gong, Yang, Lai, Chun, and Leung, Frederick K.S., 2018, pp. 1-13).

تعليق على الدراسات السابقة:

استفاد الباحث من الدراسات الأجنبية السابقة في فهم طبيعة التعلم الذكي في كوريا الجنوبية واليابان والصين. كما أدرك الباحث طبيعة توظيف تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في هذه الدول الآسيوية المتقدمة. ويختلف البحث الراهن عن البحوث السابقة في توظيفه لخبرات دولتينصناعيتين أوروبيتين غربيتين هما ألمانيا وإنجلترا في مجال توظيف التكنولوجيا الرقمية في العملية التعليمية. وفي حين تركز غالبية الدراسات على فهم خبرة الولايات المتحدة الأمريكية أو خبرة أستراليا في مجال التكنولوجيا الرقمية في المدارس، يركز البحث الراهن على خبرة ألمانيافي هذا الصدد. وبالإضافة إلى هذا، يسعي البحث الراهن إلى صياغة تصور مستقبلي لتوظيف هذه الخبرات الأوروبية في تطوير الجاهزية التكنولوجية بالمدارس المصرية. كما يختلف البحث الراهن عن غيره من البحوث المصرية في تركيزه على تقويم واقع الجاهزية التكنولوجية في المدارس الإعدادية بدلاً من التركيز على تحليل الجاهزية التكنولوجية في المدارس الثانوية. وبهذا يسد البحث الراهن فجوة في الأدبيات التربوية المكتوبة باللغة العربية. ومما يميز البحث الراهن مزجه بين تحليل الخبرات الأوروبية المتقدمة في ألمانيا وبين تحليل الواقع المصري. وبهذا يوضح البحث الراهن الاشتراطات الواجب تنفيذها في المدارس الإعدادية المصرية لكي تستطيع توظيف التكنولوجيا الذكية والحاسبات اللوحية في التعليم والتعلم.

<u>الأسباب وراء اختيار الجاهزية التكنولوجية في التعليم الإعدادي كموضوع للبحث:</u>

١) سعي العديد من الدول الصناعية المتقدمة إلى تحسين الجاهزية التكنولوجية في مرحلة التعليم قبل الجامعي بها. ''ففي عام ٢٠١١ قامت وزارة التربية والتعليم والعلوم والتكنولوجيا في كوريا الجنوبية بتدشين مبادرة 'التعليم الذكي' (SMART Education). وتمثل هذه المبادرة تحولا جذريًا في النموذج الحاكم

للممارسات التربوية في كوريا الجنوبية؛ حيث تسعي هذه المبادرة إلى تحسين قدرات المتعلمين، وإعدادهم للقرن الحادي والعشرين من خلال دمج العديد من جوانب تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في ممارسات التدريس والتعلم. وتنظر وزارة التربية والتعليم والعلوم والتكنولوجيا في كوريا الجنوبية إلى التعلم الذكي باعتباره تعليمًا قائمًا على الإدارة الذاتية لعملية التعلم، ويتسم بالدافعية العالية، ويتصف بالقدرة على التكيف مع الظروف المختلفة، وبالاعتماد على مصادر التعلم الثرية، وبتوظيف التكنولوجيا في طرق التدريس والتعلم. وتهدف هذه المبادرة إلى إصلاح أولويات المدارس، وتطوير السياسات التربوية. وبالإضافة إلى ما سبق، تقوم هذه المبادرة على تغيير جذري في أدوار المعلمين والمتعلمين، وتطوير طرق التدريس، وتحسين بيئة التعلم، وتفريد التعلم بحيث يتناسب مع الاحتياجات المختلفة للمتعلمين'' (Budhrani, Kiran, Ji, Yaeeun and Lim, Jae Hoon, 2018, p. 4).

٢) يسعي الاتحاد الأوروبي إلى توفير خدمة الإنترنت لجميع المواطنين في دول الاتحاد بسرعة ٣٠ ميجا بايت في الثانية الواحدة؛ على أن يتمتع ٥٠% من المواطنين بسرعة تزيد عن ١٠٠ ميجا بايت في الثانية الواحدة. ويخطط الاتحاد الأوروبي لزيادة الاستثمارات المخصصة لتحسين البنية التحتية لشبكات الاتصالات والإنترنت في المناطق الريفية في جميع دوله. وقد صمم الاتحاد الأوروبي مقياسًا رقميًا لتقويم جودة البنية التحتية الرقمية لمساعدة الدول الأعضاء على تحسين كفاءة هذه البنية (Oughton, Edward, Tyler, Peter, and Alderson, David, 2015,p. 3).

٣) خصصت الصين ٣٢٣ مليار دولار أمريكي لتحسين جودة شبكات الاتصال واسع النطاق (Broadband) وشبكات الاتصال اللاسلكي (Wireless) بشبكة الإنترنت، ولتطوير قطاع الاتصالات والشبكات بها.

٤) خصص الرئيس الأمريكي الأسبق ''باراك أوباما'' ٧.٢ مليار دولار أمريكي لزيادة نسبة تغطية المناطق النائية والريفية والأحياء الفقيرة بشبكات الاتصال واسعة النطاق (Oughton, Edward, Tyler, Peter,and Alderson, David, 2015, p. 3).

٥) يستطيع المعلمون تقديم التغذية الراجعة للتلاميذ، وتغيير سرعة تعلم التلاميذ، وتقويم التحصيل الدراسي للتلاميذ من خلال استخدام ''نظام إدارة التعلم'' (Learning Management System). كما تسهم التكنولوجيا التعليمية في

زيادة فاعلية التفاعلات بين المعلمين وبين التلاميذ. وتقلل التكنولوجيا الذكية من الفجوة بين ما يتعلمه التلاميذ داخل المدرسة وبين العالم الحقيقي المعاش. ومن ثم تزيد التكنولوجيا الذكية من التناغم بين المناهج المدرسية وبين العالم الحقيقي، وتسهل على التلاميذ الحصول على البيانات، والمعلومات، وتساعد التلاميذ على التواصل مع الخبراء. ويمنح استخدام الوسائط التعليمية الذكية التلاميذ فرصًا عديدة لصقل معارفهم، وتنمية فهمهم العميق للظواهر التي يدرسونها، ورفع مستوى تحصيلهم الدراسي (Ha, Cheyeon, and Lee, Soo-Young, 2019, pp. 4-5).

وبعد أن حللنا الأسباب وراء اختيار الجاهزية التكنولوجية في التعليم الإعدادي كموضوع للبحث، سوف نتناول بالتحليل تأثيرات الثورة الصناعية الرابعة على الجاهزية التكنولوجية في التعليم الإعدادي.

أولاً– الإطار الفكري المرجعي: الثورة الصناعية الرابعة والجاهزية التكنولوجية في التعليم الإعدادي:

ويتكون الإطار النظري من محورين أساسيين هما: تأثيرات الثورة الصناعية الرابعة على النظم التعليمية، وأهمية الجاهزية التكنولوجية في التعليم الإعدادي.

تأثيرات الثورة الصناعية الرابعة على النظم التعليمية:

عبر ٤٤% من رؤساء الشركات العالمية الكبرى عن قلقهم من عدم امتلاك العاملين لديهم للمهارات الرقمية بصورة تؤثر سلبًا على إنتاجية هذه الشركات. ويعتقد المديرون التنفيذيون لهذه الشركات أن ٢٥% فقط من العاملين لديهم هم القادرون على استخدام التكنولوجيا الذكية. كما أشار أقل من ٥٠% من المديرين التنفيذيون للشركات العالمية الكبرى إلى أنهم يمتلكون المهارات والقدرات التي تؤهلهم لقيادة شركاتهم في ظل الاقتصاد الرقمي. وقد عبر ''جيم هيجمان سناب'' (Jim Hagemann Snabe)– رئيس شركة سيمنز الألمانية– عن هذه المخاوف قائلاً: ''إن الاقتصاد الرقمي الجديد يتطلب أنماطًا جديدة من القادة؛ قادة يفهمون قواعد العصر الرقمي، ويعيدون هيكلة الشركات والمصانع، ويفكرون وفقًا لمتوالية هندسية وليس متوالية حسابية، ويستطيعون تنمية قدرات ومهارات مرؤوسيهم لأقصي قدر ممكن تسمح به استعداداتهم'' (World Economic Forum, 2019, p. 9).

ويشير علماء تكنولوجيا المعلومات إلى حدوث ثورة في الوقت الراهن في مجال التكنولوجيا الذكية، وإلى التأثير الهائل لهذه الثورة الرقمية على النمو الاقتصادي والابتكار. فحتى الآن يتم استخدام الروبوتات الذكية و''أدوات تحليل البيانات الضخمة'' (Big Data Analytics) بالتوازي معالأفراد بصورة آلية منفصلين عن بعضهم البعض. وكان الهدف من توظيف الروبوتات الذكية وأدوات تحليل البيانات الضخمة هو تحسين العمليات الإنتاجية، وزيادة كفاءة المؤسسات والمصانع. وتستثمر الشركات متعدية الجنسيات أموالاً ضخمة في نظم الذكاء الاصطناعي التي تستطيع الإحساس والتواصل وتفسير الأشياء والتعلم. وبهذا يمكن الذكاء الاصطناعي المؤسسات والمصانع من تجاوز مرحلة ''الأتمتة'' (Automation) لترقية قدرات الإنسان، ولإضفاء قيم جديدة أرقي على ما ينتجه البشر (Shook, Ellyn, and Knickrehm, Mark, 2018, p. 4).

وتوجد ثلاثة مراحل لاستخدام الذكاء الاصطناعي في المؤسسات والشركات متعدية الجنسيات. وتقوم المرحلة الأولي على توظيف الذكاء الاصطناعي في تحسين العمليات الإنتاجية والإدارية، وزيادة كفاءة هذه المؤسسات. وترتبط المرحلة الأولي بتخصيص ميزانيات ضخمة للإنفاق على البحوث والتطوير. وتقوم المرحلة الثانية على توظيف الذكاء الاصطناعي في تصميم نماذج أولية وتجريبية. وقد طبقت العديد من المؤسسات العالمية الذكاء الاصطناعي في مرحلته الثانية، أما المرحلة الثالثة فلم يصل إليها إلا عدد قليل من المؤسسات متعددة الجنسيات. وتقوم المرحلة الثالثة على توظيف الذكاء الاصطناعي بصورة واسعة النطاق بهدف حل المشكلات المعقدة، وبيع المنتجات في أسواق جديدة، واختراع منتجات جديدة تمامًا، وتوليد مصادر شديدة الجدة للدخل (Shook, Ellyn, and Knickrehm, Mark, 2018, p. 4).

وقد أوضحت إحدى الدراسات أن الروبوتات الذكية والذكاء الاصطناعي سوف يسهمان في اختفاء مهن يعمل بها ٧٥ مليون فرد على مستوى العالم، وفي خلق ١٣٣ مليون فرصة عمل في مهن جديدة مستحدثة بحلول عام ٢٠٢٢. ويستدعي اختفاء بعض المهن وظهور مهن أخرى مستحدثة زيادة الطلب على التدريب وصقل المهارات؛ فبحلول عام ٢٠٢٢ سوف يحتاج ٥٤% من العاملين إلى إعادة التدريب بهدف اكتساب مهارات جديدة. ومن بين هؤلاء الذين سوف يحتاجون إلى إعادة التدريب، سوف يحتاج ٣٥% منهم إلى تدريب إضافي يصل إلى ٦ شهور، و٩% إلى تدريب إضافي لمدة تتراوح بين ٦ أشهر و١٢ شهرًا،

و١٠% إلى تدريب إضافي لمدة تزيد عن السنة (The National Association of State Chief Administrators and Accenture PLC, 2019, p. 13).

وتشير شركة''أكسنتشرللاستشارات'' (Accenture) أن الذكاء الاصطناعي وحده سوف يضاعف معدلات النمو الاقتصادي ويزيد إنتاجية العمالة بنسبة ٤٠% بحلول عام ٢٠٣٥ في ١٢ دولة صناعية. وأشارت نفس الدراسة إلى أن زيادة أيام التدريب المقدم للعمالة بنسبة ١% في الدول الأوروبية سوف يؤدى إلى زيادة معدلات النمو الاقتصادي بنسبة ٣% (Shook, Ellyn, and Knickrehm, Mark, 2017, p. 9).

وسوف يسهم الذكاء الاصطناعي في تطور إنترنت الأشياء، والطباعة ثلاثية الأبعاد، وتحسين وظائف الروبوتات الذكية. وقد وظفت الشركات متعدية الجنسيات الذكاء الاصطناعي في تعميق الابتكارات الصناعية من خلال تحسين عمليات الأتمتة، وتقليل تكاليف الإنتاج، وتقليل فترات التصنيع، وزيادة القيمة المضافة للمنتجات. وفي مجال الخدمات المالية سوف يؤدى الذكاء الاصطناعي إلى اختراع تكنولوجيا جديدة تستطيع التنبؤ بالمخاطر الاقتصادية، وزيادة كفاءة هذه الخدمات. وبالإضافة إلى هذا، يسهم الذكاء الاصطناعي في التقويم الفعال لاحتياجات العملاء، وفي تقويم البدائل الاستثمارية واختيار الاستراتيجيات الاستثمارية الأكثر عائدًا والأقل تكلفة. وسوف تزداد استفادة الذكاء الاصطناعي من بحوث العمليات بهدف توظيف النماذج الرياضية في تحديد أفضل المسارات وأسرعها من حيث الاستغلال الأمثل للموارد وتحقيق الأهداف. كما سوف يوظف الذكاء الاصطناعي بحوث العمليات في البحث عن حلول غير تقليدية للمشكلات الأكثر تعقيدًا.

''وبالإضافة إلى هذا، سوف تيسر الثورة الصناعية الرابعة من استخدام النماذج الرياضية القائمة على المحاكاة، ومن المقارنة بين البدائل المختلفة، ومن تقويم كل بديل قبل تنفيذه، ومن تأسيس نظم إنتاجية أكثر تعقيدًا. وتعد محاكاة كيفية تأثير التغيرات على العمليات الإنتاجية ذات فائدة كبيرة تساعد على التنبؤ بتداعيات الموارد والخدمات على القيمة المضافة للمنتجات، وعلى رضا العملاء. ويوفر الذكاء الاصطناعي أداة للمحاكاة في كل مرحلة من مراحل الإنتاج. ويعني هذا أن الذكاء الاصطناعي يساعد على ابتكار أدوات أحدث لنمذجة المنتجات تقوم على ''هندسة المواد المتكاملة باستخدام الحاسب الآلي'' (Integrated

(Computational Materials Engineering؛ حيث يتم تجريب فاعلية التصميمات الهندسية المختلفة للمنتجات. كما يساعد الذكاء الاصطناعي أيضًا على استخدام التكنولوجيا الافتراضية في تأسيس مصانع رقمية تقوم بمحاكاة العمليات الإنتاجية بأكملها بهدف التصميم الأمثل للمنتجات. ولا تقتصر فائدة الذكاء الاصطناعي على تأسيس مصانع رقمية فقط، ولكنها تشمل أيضًاالتوظيف الأمثل للمصانع القائمة في انتاج منتجات جديدة من خلال المحاكاة والتحليل لتأثيرات التفاعلات بين العاملين وبين الآلات، واختيار البديل الأفضل، وتحديد المسار الأكثر عائدًا للعملية الإنتاجية، وتصميم برامج للحاسب الآلي تقوم على المصفوفات الرياضية، ثم تحميل هذه البرامج الحاسوبية في آلات المصانع للتحكم في خصائص العملية الإنتاجية'' (Dopico, M., Gomez, A., De la Fuente, D., Garcia, N., Rosillo, R. and, Puche, J., 2016, p. 411).

ولا تقتصر الثورة الصناعية الرابعة فقط على استخدام الذكاء الاصطناعي وتأسيس المصانع الرقمية بل تشمل أيضًا توظيف ''الخدمات القائمة على الإنترنت'' (The Internet of Services). وتمكن الخدمات القائمة على الإنترنت البائعين من تقديم خدماتهم باستخدام الإنترنت. وتتكون الخدمات القائمة على الإنترنت من منظومة تتكون من الأفراد، والبنية التحتية المتصلة بتوفير الخدمات، والنماذج الرياضية، والخدمات. ويتم توفير الخدمات بواسطة عدد من الموردين الذين يتواصلون مع بعضهم البعض ومع العملاء من خلال عدة قنوات بهدف توفير خدمات ذات قيمة مضافة عالية. ويسمح هذا النوع من الخدمات بتنوع ديناميكي لتوزيع الخدمات عالية القيمة من خلال شبكة من المصانع الذكية (Hermann, M., Pentek, T., and Otto, B. , 2016, p. 9).

وسوف تسهم الثورة الصناعية الرابعة في تعزيز ''التعلم واسع النطاق باستخدام الآلات'' (Large-Scale Machine Learning)، و''التعلم العميق'' (Deep Learning)، و''التعلم المعزز القائم على استخدام الآلات والحاسبات الآلية'' (Reinforcement Learning)، و''الروبوتات الذكية'' (Robotics)، و''الرؤية الحاسوبية'' (Computer Vision)، و''معالجة اللغات الطبيعية'' (Natural Language Processing)، و''النظم الحاسوبية التعاونية'' (Collaborative Systems)، و''التعهيد الجماعي بغرض تحقيق هدف بأقل تكلفة ممكنة'' (Crowdsourcing)، و''الحوسبة البشرية'' (Human Computation)، و''نظرية الألعاب القائمة على اللوغاريتمات''

(Algorithmic Game Theory)، و''الاختيارات الاجتماعية الحاسوبية'' (Computational Social Choice)، و''الهندسة العصبية'' (Neuromorphic Computing)، و''نظم التعلم الذكية'' (Intelligent Tutoring Systems)، و''تحليل التقارير حول التعلم'' (Learning Analytics). وسوف نتناول بصورة مفصلة تأثير الثورة الصناعية الرابعة على هذه المحاور المهمة في الجزء التالي.

أ) الثورة الصناعية الرابعة والذكاء الاصطناعي:

قامت حكومة كوريا الجنوبية في مارس ٢٠١٦ بنشر تقرير بعنوان ''استراتيجية تطوير صناعات المعلومات الذكية''، كما أعلنت عن تخصيص ٩٤٠ مليون دولار أمريكي من الميزانية الحكومية لتمويل مجال الذكاء الاصطناعي وتكنولوجيا المعلومات المرتبطة به وإنترنت الأشياء والحوسبة السحابية بحلول عام ٢٠٢٠. واستهدفت الحكومة الكورية تأسيس مناخ موات لازدهار الصناعات الجديدة للمعلومات الذكية، وتشجيع القطاع الخاص على توفير ٢.٣ مليار دولار لتمويل هذه الصناعات المعلوماتية بحلول عام ٢٠٢٠. وخططت الاستراتيجية الحكومية لتحقيق ثلاث أهداف رئيسة هي: تدشين مشروعات رائدة في مجال الذكاء الاصطناعي من خلال الاهتمام بمجالات تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي المرتبطة بمحاكاة الجوانب اللغوية والبصرية والمكانية والوجدانية عند البشر، وتنمية مهارات القوي العاملة المتصلة بالذكاء الاصطناعي، ونشر وتوسيع نطاق استفادة الحكومة الكورية والشركات والمؤسسات البحثية من تطبيقات الذكاء الاصطناعي. وفي ديسمبر من عام ٢٠١٦ نشرت حكومة كوريا الجنوبية ''الخطة متوسطة المدي وطويلة المدي للاستعداد لمجتمع المعلومات القائم على الذكاء الاصطناعي''. وتتضمن الخطة شرحًا للسياسات القومية التي سوف تنفذها الدولة استجابة لمتطلبات الثورة الصناعية الرابعة. وتهدف هذه الخطة إلى تأسيس مجتمع يراعي الأبعاد الإنسانية لاستخدامات الذكاء الاصطناعي، ووضع الأسس لتكنولوجيا معلومات فائقة الذكاء وذات مستوى عالمي من الجودة.، وتوظيف تكنولوجيا المعلومات فائقة الذكاء في تطوير السياسات الاجتماعية. ويتطلب تحقيق أهداف هذه الخطة تأسيس مختبرات علمية كبيرة الحجم تساعد على ابتكار خدمات ومنتجات جديدة، وتطوير الخدمات الحكومية. كما قامت الحكومة الكورية بنشر

خطة قومية تهدف لاستثمار ٢ مليار دولار إضافية بحلول عام ٢٠٢٢ لتنمية القدرات الوطنية في مجال بحوث الذكاء الاصطناعي من خلال تأسيس ٦ معاهد بحثية للذكاء الاصطناعي، وتقديم ٤٥٠٠ منحة دراسية لدرجتي الماجستير والدكتوراه وبرامج تدريبية قصيرة المدي لتنمية مهارات الباحثين الكوريين في مجال الذكاء الاصطناعي، وتسريع جهود ابتكار الشرائح الحاسوبية المتقدمة المرتبطة بتطبيقات الذكاء الاصطناعي (OECD, 2019, pp. 131-132, The Ministry of Science, ICT and Future Planning. South Korea, 2017, pp. 1-65). وهكذا يتضح أن حكومة كوريا الجنوبية قد خصصت ٢.٩ مليار دولار أمريكي لتمويل الأبحاث المتصلة بالذكاء الاصطناعي في الفترة من مارس ٢٠١٦ إلى نهاية عام ٢٠٢٢، كما دفعت الشركات والمصانع الكورية الخاصة لتخصيص أكثر من ٢.٣ مليار دولار لتدشين مشروعات وأبحاث رائدة في مجال الذكاء الاصطناعي وتكنولوجيا المعلومات الذكية وتطبيقاتهما. وتوضح هذه الميزانيات الضخمة اهتمام الحكومة والشركات الكورية بتطوير مجال الذكاء الاصطناعي وفقًا لأرقي المعايير العالمية المتقدمة.

ونتيجة لاهتمام الدولة الكورية القوي قام الرئيس الكوري الجنوبي بتأسيس ''اللجنة الرئاسية للاستفادة من الثورة الصناعية الرابعة'' في نوفمبر من عام ٢٠١٨. وتضم اللجنة الرئاسية هذه قادة الشركات الصناعية الكورية التابعة للقطاع الخاص، وأساتذة الجامعات، وكبار المسئولين من ٥ وزارات كورية، والمستشار العلمي لرئيس الجمهورية، بإجمالي ٢٥ فردًا يساعدهم ٣٠ فردًا آخرين من العاملين في وزارة العلوم وتكنولوجيا المعلومات والاتصالات. وقد أصدرت ''اللجنة الرئاسية للاستفادة من الثورة الصناعية الرابعة'' وثيقة بعنوان ''الخطة القومية للتعامل مع الثورة الصناعية الرابعة لتحقيق النمو الابتكاري بما يراعي احتياجات الشعب''. وتقدم هذه الخطة القومية عدة استراتيجيات شاملة لتشجيع البحث العلمي والتطوير المتصل بتكنولوجيا الثورة الصناعية الرابعة. وقد استفادت هذه الخطة الكورية الجنوبية من الخطط التي وضعتها اليابان في هذا الصدد؛ حيث تراعي هاتان الدولتان ضرورة تحفيز تكنولوجيا الثورة الصناعية الرابعة للنمو الاقتصادي، وأهمية إسهامها في حل المشكلات الاجتماعية. وتسعي ''الخطة القومية للتعامل مع الثورة الصناعية الرابعة لتحقيق النمو الابتكاري بما يراعي احتياجات الشعب'' إلى تشجيع مشروعات الابتكار التكنولوجي الذكي في ١٢ قطاعًا مختلفًا، وزيادة معدلات البحوث والتطوير في المجالات التكنولوجية الرائدة، وتحسين البنية التحتية

الصناعية، وتطوير النظم الاقتصادية والبيئية الكورية، وتهيئة المجتمع الكوري الجنوبي للتغيرات الاجتماعية المستقبلية القائمة على توظيف التكنولوجيا المستحدثة عميقة التأثير. وتقوم ''اللجنة الرئاسية للاستفادة من الثورة الصناعية الرابعة'' بالتنسيق بين سياسات الوزارة المختلفة بحيث تتناغم مع سياسات وزارة العلوم وتكنولوجيا المعلومات والاتصالات. وتسعي ''الخطة القومية للتعامل مع الثورة الصناعية الرابعة لتحقيق النمو الابتكاري بما يراعي احتياجات الشعب'' إلى تطبيق هذه الإصلاحات لمدة ٥ سنوات في الفترة من ٢٠١٨ إلى ٢٠٢٢ في مجالات: التصنيع، والسيارات، والطاقة، والتمويل، والخدمات اللوجستية، والزراعة والثروة السمكية، والشؤون الدفاعية والعسكرية، والأمان، والبيئة، ورفاهية المواطنين، والمواصلات، والتخطيط العمراني، والرعاية الصحية (Asia Pacific Foundation of Canada, 2109, pp. 24-26).

وفي يونيو ٢٠١٩ قام رئيس كوريا الجنوبية بالإعلان عن ''استراتيجية لنهضة قطاع الصناعة'' بتكلفة قدرها ٧.١ مليار دولار أمريكي في القطاعات الصناعية المحورية مثل شرائح الحاسب الآلي، ووسائل المواصلات في المستقبل، والتكنولوجيا الحيوية في قطاع الصحة، وتطوير الصناعات الوطنية من خلال توظيف الذكاء الاصطناعي. وتتشابه ''استراتيجية لنهضة قطاع الصناعة'' في كوريا الجنوبية مع ''استراتيجية صنع في الصين بحلول عام ٢٠٢٥''. وتسعي هذه الاستراتيجية إلى تحسين ترتيب كوريا الجنوبية في جودة الصناعات والتنافسية الصناعية بين الدول المتقدمة، وإلى احتلال مرتبة من بين أفضل ٤ دول على مستوي العالم في مجال الصناعة، وتحسين القيمة المضافة لقطاع الصناعة من ٢٥% في الوقت الراهن إلى ٣٠% بحلول عام ٢٠٣٠. وتتكامل ''استراتيجية لنهضة قطاع الصناعة'' مع ''الخطة القومية للتعامل مع الثورة الصناعية الرابعة لتحقيق النمو الابتكاري بما يراعي احتياجات الشعب''، وإن كانت هذه الاستراتيجية تركز بقوة على تحديث قطاع الصناعة في كوريا الجنوبية. وبالإضافة إلى هذا، تسعي ''استراتيجية لنهضة قطاع الصناعة'' إلى بناء ٣٠ ألف مصنع جديد قائم على التكنولوجيا الذكية، وتأسيس ٢٠٠٠ مصنع جديد يوظف تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي بحلول عام ٢٠٣٠، وتأسيس مركز لمعالجة بيانات الثلاثين ألف مصنع الجدد، وتطوير القوانين القائمة المنظمة للشركات والمصانع وللبيئة

التصنيعية في كوريا الجنوبية. ولا تقتصر جهود توظيف الذكاء الاصطناعي على ''الخطة القومية للتعامل مع الثورة الصناعية الرابعة لتحقيق النمو الابتكاري بما يراعي احتياجات الشعب'' أو ''استراتيجية لنهضة قطاع الصناعة'' فقط بل تشمل أيضًا قيام وزارة الصناعة بوضع استراتيجية قومية لتعميق استخدامات الذكاء الاصطناعي في الدولة الكورية بنهاية عام ٢٠١٩ (Asia Pacific Foundation of Canada, 2109, p. 27).

ومما سبق يتضح أن الدولة الكورية سعت حلال العقد الأخير إلى تنفيذ عدة خطط قومية لدمج الذكاء الاصطناعي ضمن المجتمع بقوة. وقد طبقت الحكومة الكورية سياسات متنوعة لدمج تحليل البيانات الكبرى في القطاع الصناعي، وزيادة الاستثمارات في البحوث والتطوير المتصلة بالذكاء الاصطناعي، وزيادة الاستثمارات في بحوث العلوم الأساسية والعلوم التطبيقية في الجامعات والمؤسسات البحثية، وتطوير البنية التحتية الصناعية، وتأسيس شبكات لاتصالات الجيل الخامس تقوم بنقل البيانات بسرعات فائقة، وتوظيف تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي في تقديم الخدمات العامة مثل المواصلات، والضمان الاجتماعي، والدفاع، وتأسيس بيئة اقتصادية مشجعة للاستثمارات المالية وللابتكارات والإبداع، وتطوير النظام التعليمي بحيث يسهم بفعالية أكبر في تأهيل القوي العاملة، وتوظيف تطبيقات الذكاء الاصطناعي في حل المعضلات الاجتماعية. ولتحقيق كل هذه الأهداف تسعي الدولة الكورية إلى الانتقال بعيدًا عن الحفظ الآلي والاستظهار وصياغة نظام تعليمي يقوم على تدريب التلاميذ على حل المشكلات والتفكير الناقد. وقد وضعت وزارة العلوم وتكنولوجيا المعلومات والاتصالات وعدة وزارات خططًا قومية لترسيخ مكانة الذكاء الاصطناعي في المجتمع، ولتأسيس منصات ذكية تدرب التلاميذ على توظيف تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في تنمية مهاراتهم واستعداداتهم العقلية. كما تقوم وزارة التربية والتعليم برعاية التلاميذ الموهوبين وتشجيعهم على الالتحاق بالجامعات في تخصصات ابتكار برامج الحاسب الآلي، وتكنولوجيا المعلومات، وتحليل البيانات، كما تقدم الجامعات الكورية منحًا دراسية لتشجيع طلاب الجامعات على الحصول على درجتي الماجستير والدكتوراه في تخصصات إنترنت الأشياء، ونظم التحكم الذكية، وتكنولوجيا المعلومات القائمة على الذكاء الاصطناعي. وتسعي وزارة الصناعة بالتعاون معوزارة العلوم وتكنولوجيا المعلومات والاتصالات إلى بناء ٣٠ ألف مصنع جديد قائم على التكنولوجيا الذكية.وبعد أن تناولنا الاستراتيجية الكورية

الجنوبية في مجال تشجيع تطبيقات وأبحاث الذكاء الاصطناعي، سوف نتناول استراتيجية ألمانيا في هذا الصدد.

وقد دشنت الحكومة الفيدرالية الألمانية استراتيجيتها القومية للذكاء الاصطناعي في ديسمبر من عام ٢٠١٨. واستهدفت الحكومة الألمانية أن تصبح ألمانيا مركزًا عالميًا متقدمًا لأبحاث وتطبيقات الذكاء الاصطناعي من خلال تشجيع البحوث الابتكارية والاختراعات الشاملة في فترة زمنية وجيزة، وتعزيز المنتجات المصنوعة في ألمانيا بناءً على تطبيقات الذكاء الاصطناعي، وزيادة حجم هذه الصادرات التكنولوجية، وتحسين جودتها بقوة على المستوي العالمي. ولتحقيق هذه الأهداف قامت الحكومة الألمانية بتأسيس مراكز بحثية جديدة، وتعميق مستويات التعاون بين الجامعات والشركات والمصانع الألمانية والفرنسية، وزيادة التمويل الحكومي المقدم للجامعات والمصانع الألمانية كبيرة ومتوسطة وصغيرة الحجم. كما تقوم الحكومة الألمانية أيضًا بتحديث البيئة التحتية الصناعية والبحثية، وتحسين الاستفادة من البيانات، وتنمية مهارات القوي العاملة في المصانع وقدرات الباحثين في الجامعات والمؤسسات البحثية العاملة في مجال الذكاء الاصطناعي، وتطوير الإجراءات الأمنية لمنع الاستخدامات السيئة أو غير الأخلاقية لتطبيقات الذكاء الاصطناعي. وفي يونيو من عام ٢٠١٧ قامت وزارة النقل والبنية التحتية الرقمية الفيدرالية في ألمانيا بصياغة موجهات أخلاقية للتطبيقات المتصلة بالسيارات ذاتية القيادة. وتشتمل هذه الموجهات على ١٥ قاعدة تتصل بالقرارات الخاصة بصناعة السيارات ذاتية القيادة بهدف حماية سائقي هذه السيارات وحماية المشاة، وتقليل احتمالات وقوع الحوادث (OECD, 2019, p. 130).

وبالإضافة إلى هذا، سوف تنشأ الحكومة الفيدرالية الألمانية مرصدًا لتكنولوجيا الذكاء الاصطناعي، كما سوف تمول إنشاء مراصد مماثلة في دول الاتحاد الأوروبي، وسوف تحلل التداعيات المترتبة على الابتكارات الذكية ونظم التحكم المستقلة على عالم العمل. وسوف يسعي المرصد الألماني لتكنولوجيا الذكاء الاصطناعي إلى تقويم الآثار الناجمة عن تطبيقات الذكاء الاصطناعي على الشركات والمصانع بصفة خاصة وعلى المجتمع بصفة عامة، وإلى إجراء بحوث متعدية التخصصات حول تعظيم العائد المجتمعي من بحوث الذكاء الاصطناعي، وإجراء بحوث دولية مقارنة. وفي إطار جهود الدولة لتطوير استراتيجية التعلم مدي

الحياة والتدريب المستمر سوف تطبق الحكومة الفيدرالية مجموعة من الإصلاحات الهادفة إلى تحسين مهارات القوي العاملة. وتعتقد الحكومة الألمانية أن النظم الذكية ونظم التحكم المستقلة سوف تزداد معدلات استخدامها في المصانع والشركات في المستقبل، وأن الوظائف التي يقوم بها البشر سوف تتغير بصورة جذرية وبوتيرة مستمرة ومتسارعة. ولهذا فمن الواجب على المخططين الألمان أن يتصرفوا بصورة استباقية تحسبًا لهذه التطورات المستقبلية، وأن يستعدوا لتحسين مهارات العمال الألمان. ولتحقيق ذلك وافق مجلس الوزراء الفيدرالي في ١٩ سبتمبر من عام ٢٠١٨ على إصدار ''قانون الفرص الدراسية لتنمية المؤهلات العلمية'' (Opportunities for Qualifications Act). ويتيح القانون الجديد للعمال الألمان الذين يعملون في وظائف عرضة للإلغاء أو للتأثر بصورة سلبية نتيجة للتقدم التكنولوجي، أو العمال الذين يتعرضون لتغيرات جذرية عميقة الأثر، أو العمال الراغبين في الحصول على تدريب أفضل أو مؤهلات علمية أعلى للعمل في مهن نادرة، تحديث مهاراتهم المهنية والحصول على مؤهلات دراسية أرقي. وبالتالي يسمح هذا القانون للعمال الذين سوف يتأثرون بصورة سلبية من تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي بالدراسة للحصول على مؤهلات دراسية أعلى أو بالتدريب بصرف النظر عن عمرهم أو مستواهم التعليمي، ويقدم لهم تمويلا حكوميًا لمساعدتهم على تغطية تكاليف الدراسة والتدريب العملي (The Federal Government of Germany, 2018, pp. 25-27).

وبالإضافة إلى ما سبق، سوف تقوم الحكومة الفيدرالية الألمانية بتشجيع تبادل المعلومات بين الشركات والمصانع والجامعات العاملة في مجال الذكاء الاصطناعي، وبزيادة التمويل الحكومي المقدم للشركات والمصانع لرعاية الابتكارات في هذا المجال. وسوف ترعي الحكومة الفيدرالية الحضانات التكنولوجية الخاصة بالذكاء الاصطناعي داخل الشركات والمصانع الألمانية، وتشجعها على إجراء الأبحاث في مجال ''التعلم باستخدام الآلات'' (Machine Learning)، ومحفزات الابتكار، وتوظيف التكنولوجيا الرقمية في الاختراعات الصناعية، وتأسيس منصة إلكترونية لتبادل الخبرات بين المصانع الألمانية، وزيادة أعداد الحضانات التكنولوجية الخاصة بالذكاء الاصطناعي داخل الشركات والمصانع وبخاصة تلك التي تركز على التفاعل بين الإنسان وبين الآلات وعلى تحسين مستويات الصحة والأمان البشري وعلى حماية سرية البيانات الإلكترونية. ولزيادة فاعلية هذه المبادرات سوف تقوم الحكومة الألمانية بتطوير المناهج الدراسية في

مدارس التعليم الثانوي الصناعي، وبتدريب التلاميذ على كيفية التعامل مع الجوانب الأخلاقية والاجتماعية والمجتمعية للذكاء الاصطناعي والثورة الصناعية الرابعة، وكيفية اتقان المهارات المتصلة بالتصميم الصناعي، وكفايات التفكير الناقد والتفكير الإبداعي والذكاء الوجداني والقدرة على التواصل مع الآخرين والتعاون معهم، وكيفية تحسين اتقان التلاميذ للمهارات الاجتماعية والمهارات الابتكارية (The Federal Government of Germany, 2018, pp. 28-29).

وتسعي الحكومة الفيدرالية إلى جعل ألمانيا واحدة من أهم مراكز الأبحاث على مستوي العالم في مجال الذكاء الاصطناعي. وقد تعاونت وزارة التعليم والبحث العلمي الفيدرالية، ووزارة الاقتصاد والطاقة الفيدرالية، ووزارة العمل والشئون الاجتماعية الفيدرالية، ووزارة الدولة للشئون الرقمية، والمجلس الرقمي لرئيسة الوزراء الألمانية، ووزارة النقل والبنية التحتية الرقمية الفيدرالية، ووزارة الداخلية الفيدرالية، ووزارة العدل وحماية المستهلك الفيدرالية في صياغة استراتيجية قومية للذكاء الاصطناعي في ألمانيا. كما ركزت وزارة النقل والبنية التحتية الرقمية الفيدرالية، ووزارة الداخلية الفيدرالية، ووزارة العدل وحماية المستهلك الفيدرالية على تحديد التحديات المرتبطة بالسيارات ذاتية القيادة، ومعضلات تحديث النظم الإدارية. وتخطط الحكومة الألمانية لإنفاق ٣ مليار يورو على أبحاث الذكاء الاصطناعي بحلول عام ٢٠٢٥. وتزيد هذه المخصصات الألمانية على قيمة المخصصات البريطانية، كما تبلغ ضعف المخصصات الفرنسية لتمويل أبحاث الذكاء الاصطناعي خلال السنوات الأربع القادمة. وتحتل ألمانيا المرتبة الثالثة على مستوي العالم من حيث أعداد الروبوتات في المصانع حيث يوجد ٦٣١ روبوت آلي و٤٨٨ روبوت آلي و٣٠٩ روبوت آلي لكل ١٠ آلاف عامل في كوريا الجنوبية وسنغافورة وألمانيا على الترتيب في عام ٢٠١٦. وتتفوق ألمانيا على سنغافورة وكوريا الجنوبية في تصنيع الروبوتات الآلية. وتحتل ألمانيا المرتبة الثانية–بعد الولايات المتحدة الأمريكية– من حيث أعداد المصانع التي تنتج وتصنع الروبوتات الآلية على مستوي العالم. وتستخدم ربع المصانع الألمانية الذكاء الاصطناعي أو تخطط لاستخدامه في المستقبل القريب في خطوط إنتاجها (Groth, Olaf, and Straube, Tobias, 2019, pp. 12-20).

وتتشابه استراتيجية ألمانيا في مجال الذكاء الاصطناعي مع الاستراتيجية العامة للاتحاد الأوروبي ومع استراتيجية فرنسا لترسيخ الذكاء الاصطناعي في المجتمع. وتتبني ألمانيا مدخلا شاملا لتوظيف الذكاء الاصطناعي. ويهدف هذا المدخل إلى ضمان احتلال ألمانيا لمكانة متقدمة بين الدول الصناعية العظمي التي توظف الذكاء الاصطناعي، وضمان تعزيز التنافسية الدولية للصناعات الألمانية. وتركز استراتيجية ألمانيا في مجال الذكاء الاصطناعي على تحقيق الاستفادة القصوى من قواعد البيانات، ومراعاة قوانين حماية الخصوصية المطبقة في الاتحاد الأوروبي وبخاصة ''النظام الأوروبي العام لحماية البيانات'' (General Data Protection Regulation)، وتطبيق المعايير الأخلاقية عند توظيف تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي. وقد خصصت الحكومة الفيدرالية الألمانية ٣ مليارات يورو لتمويل مجال الذكاء الاصطناعي حتي نهاية عام ٢٠٢٥. وتري الحكومة أن تخصيص هذه الميزانيات سوف يؤثر بصورة إيجابية على الاقتصاد والمؤسسات البحثية والجامعات. وتسعي الحكومة الفيدرالية إلى تأسيس مراكز عالية الجودة لأبحاث الذكاء الاصطناعي، ومعامل بحثية، وبرامج لتمويل أبحاث الباحثين الشباب الواعدين، وزيادة رواتب ومكافآت الباحثين وأساتذة الجامعات، وتشجيع المؤسسات الصناعية الكبرى على التعاون مع مراكز البحث والجامعات الألمانية في مجال تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي. وبعد أن تناولنا الاستراتيجية الألمانية في مجال تشجيع تطبيقات وأبحاث الذكاء الاصطناعي، سوف نتناول استراتيجية المملكة المتحدة في هذا الصدد.

وتنظر الاستراتيجية الرقمية الوطنية في المملكة المتحدة والمنشورة في مارس عام ٢٠١٧ إلى الذكاء الاصطناعي باعتباره محورًا بالغ الأهمية لتنمية الاقتصاد الرقمي للدولة. وقد خصصت هذه الاستراتيجية ٢٢ مليون جنيه إسترليني لتمويل الجامعات في المملكة المتحدة لإجراء بحوث حول تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي وتطبيقات الروبوتات. وتهدف الحكومة البريطانية إلى زيادة الاستثمارات المخصصة لتمويل بحوث الذكاء الاصطناعي خلال الفترة من ٢٠١٧ إلى ٢٠٢١، وتعزيز الشراكة بين الجامعات وبين قطاع الصناعة في تطبيقات الذكاء الاصطناعي. كما قامت الحكومة في المملكة المتحدة في أكتوبر عام ٢٠١٧ بنشر تقرير لتقويم جهود المؤسسات البحثية والصناعية البريطانية في مجال الذكاء الاصطناعي. وقد أثني التقرير على جهود المملكة المتحدة كمركز عالمي لبحوث الذكاء الاصطناعي، وتطبيقات علوم الحاسب الآلي. وقد قدرت الحكومة البريطانية

المساهمة الإضافية لتطبيقات الذكاء الاصطناعي للاقتصاد البريطاني بمبلغ قدره ٨١٤ مليون دولار أمريكي. وتوظف المؤسسات البريطانية الذكاء الاصطناعي في تقديم خدمات الرعاية الصحية، وتقديم الخدمات المصرفية لعملاء البنوك، ومساعدة التلاميذ والمعلمين على التعلم والتدريس، وعلى تفريد العملية التعليمية. وأوصي التقرير بتطبيق ١٨ مقترحًا مثل: تحسين سبل الاستفادة من البيانات وسبل تبادل البيانات من خلال تأسيس وقفيات لذلك، وتحسين رأس المال البشري في تطبيقات الذكاء الاصطناعي من خلال زيادة أعداد المنح الدراسية التي تقدمها الشركات والمصانع البريطانية لطلاب الماجستير في هذا المجال، وتعميق البحوث في مجال الذكاء الاصطناعي، وتعزيز التعاون بين المؤسسات البحثية والجامعات العاملة في مجال الذكاء الاصطناعي، وتعميق التعاون بين الجامعات والمصانع، ونشر تطبيقات الذكاء الاصطناعي من خلال تفعيل جهود المجلس القومي لأبحاث الذكاء الاصطناعي في المملكة المتحدة، وصياغة إطار عمل رصين لتحسين الشفافية والمحاسبية المتصلة بقرارات بحوث وتطبيقات الذكاء الاصطناعي (OECD, 2019, pp. 134-135).

وفي نوفمبر ٢٠١٧ قامت الحكومة في المملكة المتحدة بنشر استراتيجيتها لتعميق وتطوير قطاع الصناعة. ونظرت هذه الاستراتيجية الصناعية إلى مجال الذكاء الاصطناعي باعتباره واحدًا من أهم أربع تحديات تواجه المملكة المتحدة، وتشكل مستقبل الصناعات البريطانية، وتحدد مكانة المملكة المتحدة في الاقتصاد العالمي. وفي إبريل ٢٠١٨ نشرت الحكومة البريطانية ''استراتيجية تمويل قطاع الذكاء الاصطناعي''؛ وهي مبادرة لاستثمار ١.٢ مليار دولار أمريكي لتقوية نقاط تميز المملكة المتحدة في بحوث وتطبيقات الذكاء الاصطناعي، وللحفاظ على مستواها العالمي المتقدم في هذا المجال. وتقوم هذه الاستراتيجية على ثلاثة محاور هي: تحسين مهارات الباحثين والقوي العاملة في مجال الذكاء الاصطناعي، وزيادة محفزات الابتكارات في مجال الذكاء الاصطناعي، وتحسين البنية التحتية في مجال الذكاء الاصطناعي. ولتطبيق هذه الاستراتيجية أسست الحكومة البريطانية ''هيئة الذكاء الاصطناعي'' (Office for Artificial Intelligence)، و''مركز أخلاقيات التعامل مع البيانات وأخلاقيات الابتكار'' (Centre for Data Ethics and Innovation). ويهدف ''مركز أخلاقيات التعامل مع

البيانات وأخلاقيات الابتكار'' إلى تدعيم الممارسات المتصلة بإدارة الابتكار العلمي، وزيادة مستوي ثقة المجتمع في الاختراعات الجديدة، وتقديم مشورات مستقلة حول الاحتياطات الواجب اتباعها عند ابتكار اختراعات بالغة الأهمية في مجال تكنولوجيا المعلومات والذكاء الاصطناعي. ويخطط ''مركز أخلاقيات التعامل مع البيانات وأخلاقيات الابتكار'' لتأسيس وقفية مالية لتحسين الاستفادة من البيانات (OECD, 2019, p. 135).

ويحلل ''مركز أخلاقيات التعامل مع البيانات وأخلاقيات الابتكار'' أفضل الممارسات المتصلة بكيفية التعامل مع تكنولوجيا المعلومات والذكاء الاصطناعي، ويدرس كيفية توظيفها في اختراعات تفيد المجتمع البريطاني، كما يسعي إلى توضيح الاشكاليات الأخلاقية والإدارية المتصلة باستخدام الذكاء الاصطناعي وتوظيف البيانات، وتقديم حلول لهذه الإشكاليات، وتعزيز التعاون مع المؤسسات البحثية الدولية المرموقة وخزانات الفكر (Think-Tanks) من أجل التوظيف الأمثل لتكنولوجيا الذكاء الاصطناعي، وترسيخ التعاون مع مراكز البحث والجامعات والمصانع البريطانية لإيجاد آليات أكثر فاعلية للتوظيف الأخلاقي لتكنولوجيا المعلومات وتطبيقات الذكاء الاصطناعي، ونشر التقارير العلمية وتقديم الاستشارات للحكومة حول كيفية توفير المناخ الأخلاقي للمؤسسات العاملة في مجال الذكاء الاصطناعي والابتكارات التكنولوجية (Department for Digital, Culture, Media, & Sport. U.K., 2018, pp. 10-23).

وقد عززت جهود الحكومة البريطانية من مكانة المملكة المتحدة كثاني أفضل دولة على مستوي العالم من حيث مؤشرات تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي. وقد نشرت الحكومة عدة تقارير رسمية حول سياسات ترسيخ الذكاء الاصطناعي وتكنولوجيا المعلومات الذكية في المملكة المتحدة. ففي إبريل من عام ٢٠١٨ نشرت الحكومة البريطانية تقريرًا حول السياسة القطاعية لتكنولوجيا الذكاء الاصطناعي، وآليات الحفاظ على التفوق البريطاني في هذا المجال. ودعت التقارير إلى زيادة الاستثمارات البريطانية المخصصة لتمويل أبحاث الذكاء الاصطناعي لتصل إلى ٢.٤% من الناتج المحلي الإجمالي بحلول عام ٢٠٢٧، وتقديم منح لألف (١٠٠٠) طالب بريطاني للحصول على درجة الدكتوراه في مجال تطبيقات الذكاء الاصطناعي من كلية لندن الإمبراطورية (International Development Research Centre, and Oxford Insights, 2019, pp. 24-25).

وفي عام ٢٠١٥ قامت جامعات كامبريدج وإدنبرة وأكسفورد وكلية لندن الجامعية وجامعة وريك و''مجلس بحوث العلوم الطبيعية والعلوم الهندسية'' (The Engineering and Physical Sciences Research Council) بتأسيس ''معهد آلان تورنج'' (The Alan Turing Institute) بهدف تشجيع الأبحاث في مجالات الرياضيات والإحصاء وعلوم الحاسب الآلي وهندسة برامج الحاسب الآلي والتعلم باستخدام الآلات والذكاء الاصطناعي وعلوم البيانات. ويطبق هذا المعهد أبحاثه لحل المشكلات الواقعية، ولتعزيز الشراكة العلمية بينه وبين الصناعة والهيئات الحكومية والمنظمات التطوعية. كما يتعاون ''معهد آلان تورنج'' مع ''مكتب الاتصالات الحكومية البريطانية'' (Government Communications Headquarters) في مجالات الأمن والدفاع والشئون العسكرية، ومع عدد من الشركاء في مجالات الرعاية الصحية، ومع ''مؤسسة لويد الخيرية'' في مجال أبحاث هندسة البيانات، ومع ''شركة إنتل'' في مجال تكنولوجيا الحاسبات الآلية، ومع ''بنك إتش إس بي سي'' في مجال تمويل والاستثمار. ويعقد ''معهد آلان تورنج'' جلسات نقاشية وورش عمل أسبوعية منظمة يتناقش فيها الباحثون مع العاملين في المؤسسات الصناعية والتجارية الدولية العملاقة لإيجاد حلول للمشكلات الكبرى المتصلة بالبيانات الضخمة. ومن أمثلة الشركات التي تتعاون مع المعهد ''شركة شل''، و''سيمنز''، و''ناشيونال جريد''، و''معمل تكنولوجيا الأمن والدفاع'' (Defence and Security Technology Laboratory)، و''تاتا للصلب''، و''تومسون رويترز'' (Hall, Wendy, and Pesenti, Jerome, 2017, pp. 36-37).

أما على مستوي العالم فقد بلغت قيمة الاستثمارات في الشركات والمصانع الجديدة التي تم تأسيسها وتعمل في مجال الذكاء الاصطناعي في عام ٢٠١٠ مبلغًا قدره ١.٣ مليار دولار أمريكي، ثم زادت في عام ٢٠١٨ لتصل إلى ٤٠.٤ مليار دولار أمريكي، وبلغت في خلال الشهور العشرة الأول فقط من عام ٢٠١٩ (حتى الرابع من نوفمبر من عام ٢٠١٩) ٣٧.٤ مليار دولار أمريكي. وفي الفترة من الأول من يناير من عام ٢٠١٤ إلى الرابع من نوفمبر من عام ٢٠١٩ كان هناك ١٥٧٩٨ مشروعًا استثماريًا تزيد قيمة الواحد منه عن ٤٠٠ ألف دولار في مجال الذكاء الاصطناعي في الشركات حديثة التأسيس على مستوي العالم، وكان

متوسط الاستثمار في الشركة الواحدة ٨.٦ مليون دولار أمريكي. وقد حصلت السيارات ذاتية القيادة على نصيب الأسد من الاستثمارات المخصصة للذكاء الاصطناعي على مستوي العالم في عام ٢٠١٨، يليها قطاع الدواء ومكافحة السرطان والعلاج، ثم مجال التعرف على الأشخاص من وجوههم، ثم مجال أفلام الفيديو المرئية، ثم مجال تجنب الاحتيال والنصب المالي. وقد احتل مجال ابتكارات الروبوتات على المركز الأول من حيث أسرع قطاعات الذكاء الاصطناعي نموًا على مستوي كوكب الأرض (باستثمارات بلغت أكثر من مليار دولار)، تلاه مجال إدارة سلاسل الإمداد (باستثمارات بلغت أكثر من ٥٠٠ مليون دولار)، ثم مجال أتمتة الإنتاج في المصانع، ثم مجال شرائح الحاسب الآلي وأشباه الموصلات، ومجال التعرف على الأشخاص من وجوههم، ومجال حوسبة الكوانتم، والعمليات التجارية (Perrault, Raymond et al., 2019, pp. 88-90).

وكانت هناك ١٩٧ جامعة أوروبية تقدم ٤٠٦ برنامجًا للماجستير في الذكاء الاصطناعي في عام ٢٠١٨، ويشمل هذا العدد ٨٥ جامعة أوروبية تقدم برنامجين اثنين على الأقل للماجستير في مجال الذكاء الاصطناعي. ويعد تخصص الذكاء الاصطناعي أكثر تخصصات علوم الحاسب الآلي شعبية من حيث أعداد طلاب الدكتوراه الملتحقين به في الجامعات الأمريكية والكندية. وتوضح الإحصاءات أن ٢١% من الحاصلين على درجة الدكتوراه في علوم الحاسب الآلي في الجامعات الأمريكية والكندية يتخرجون بعد تخصصهم في مجال الذكاء الاصطناعي في عام ٢٠١٨ (Perrault, Raymond et al., 2019, pp. 114-115).

وإذا أخذنا في الاعتبار عدد السكان ، سوف نلاحظ أن إيطاليا والسويد وألمانيا تعد محاضن للتكنولوجيا المحورية؛ حيث تبلغ الشركات حديثة التأسيس في مجال التكنولوجيا المحورية للذكاء الاصطناعي ٢٠% من إجمالي عدد الشركات حديثة التأسيس في مجال الذكاء الاصطناعي، في حين تبلغ هذه النسبة ١٢.٥% في المتوسط في بقية دول الاتحاد الأوروبي. وتتميز الدول الإسكندنافية بخبراتها في مجال التكنولوجيا العميقة. ففي فنلندا والدانمارك والنرويج توجد شركة من كل ٧ شركات حديثة التأسيس تعمل في مجال التكنولوجيا المحورية للذكاء الاصطناعي. وتستفيد الدول الأوروبية ذات البنية التحتية القوية في مجال الذكاء الاصطناعي مثل المملكة المتحدة من وجود عدد كبير من الجامعات ذات المستوي العالمي الفائق من الجودة التعليمية، وأعداد كبيرة من المهندسين والمتخصصين في تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، ومن زيادة حجم الاستثمارات المخصصة. أما

الدول الأوروبية صغيرة الحجم فتتميز بوجود أعداد لا بأس بها من القوي البشرية عالية التأهيل، ومن مراكز البحث العلمي ومراكز البحوث الهندسية شديدة التميز كما هو الحال في ألمانيا، والمحاضن التكنولوجية الفعالة كما هو الحال في فنلندا، ومعامل الذكاء الاصطناعي المتخصصة في شبكات الإنترنت العملاقة مثل فرنسا، والتأثير الإيجابي للشركات حديثة التأسيس الناجحة في تخصصات علمية أخري تختلف عن الذكاء الاصطناعي مثل السويد. وتزداد قيمة الاستثمارات المالية التي توجهها الشركات متعدية الجنسيات المرموقة لتمويل محاضن التكنولوجيا المحورية في الدول الأوروبية ذات الكثافة السكانية المنخفضة؛ الأمر الذي يخلق دائرة إيجابية من الاستثمارات المالية والابتكارات الصناعية (MMC Ventures and Barclays Bank UK PLC, 2019, p. 105).

ويوجد في الوقت الراهن ١٦٠٠ شركة حديثة التأسيس تعمل في مجالات الذكاء الاصطناعي في القارة الأوروبية. وتوجد غالبية هذه الشركات في المملكة المتحدة؛ حيث تم تأسيس قرابة ٥٠٠ شركة حديثة متخصصة في الذكاء الاصطناعي. وتبلغ أعداد الشركات حديثة التأسيس العاملة في مجالات الذكاء الاصطناعي في المملكة المتحدة ضعف ما هو موجود في أي دولة أوروبية أخري. كما تزدهر الأبحاث والشركات العاملة في مجالات الذكاء الاصطناعي أيضًا في ألمانيا وفرنسا. وقد أدي وجود خريجي الجامعات المؤهلين في التخصصات الهندسية وتخصصات الحاسب الآلي والفيزياء والعلوم الطبية، وزيادة الاستثمارات التي تخصصها الحكومة لتمويل أبحاث الذكاء الاصطناعي، إلى زيادة أعداد الشركات حديثة التأسيس في مجالات الذكاء الاصطناعي في ألمانيا وفرنسا في السنوات الأخيرة (MMC Ventures and Barclays Bank UK PLC, 2019, p. 97). وبعد أن حللنا تداعيات الثورة الصناعية الرابعة على الذكاء الاصطناعي، سوف نستعرض العلاقة بين الثورة الصناعية الرابعة وبين ''التعلم واسع النطاق باستخدام الآلات'' (Large-Scale Machine Learning).

ب) الثورة الصناعية الرابعة والتعلم واسع النطاق باستخدام الآلات:

أصبح التعلم بواسطة الآلات والنظم الذكية وبرامج الحاسب الآلي القائمة على التعرف على الأوامر الصوتية المسموعة والأوامر المرئية جزءًا لا يتجزأ من عالمنا المعاصر. وتعتمد تقنيات التعلم بواسطة الآلات على علم الإحصاء، وعلى

كفاءة اللوغاريتمات الحسابية، وقواعد البيانات الضخمة. ونتيجة لتزايد أعداد المستفيدين من مجال التعلم بواسطة الآلات وتطبيقاته المختلفة مثل الحوسبة السحابية، تزايد التأثير القوي لتداعياته المجتمعية والاقتصادية والعلمية (Bottou, Leon, Curtis, Frank, and Nocedal, Jorge, 2016, pp. 223-225).

والتعلم بواسطة الآلات هو مجموعة من تقنيات الذكاء الاصطناعي تقوم على تمكين نظم الحاسب الآلي من التعلم من الملاحظات والخبرات السابقة، وعلى تحسين سلوك هذه النظم الحاسوبية المتصل بمهمة معينة. وتتضمن تقنيات التعلم بواسطة الآلات ما يلي: ''الآلات متجه الدعم'' (Support Vector Machines)، وأشجار القرار، و''التعلم باستخدام إحصاء بايز'' (Bayes Learning)، والخوارزميات التصنيفية'' (K-means Clustering)، و''تعلم قواعد الارتباط'' (Association Rule Learning)، والانحدار، والشبكات العصبية، وغيرها. وتوجد أعداد كبير للوغاريتمات المتصلة بالتعلم بواسطة الآلات ولبرامج الحاسب الآلي المتعلقة بها. وقد شهدت الخمس والعشرين سنة الأخيرة اختراع العديد من برامج الحاسب الآلي المتعلقة بالتعلم بواسطة الآلات وبالتنقيب عن البيانات. وتهدف برامج الحاسب الآلي هذه إلى تسهيل عمليات تحليل البيانات المعقدة وتطوير لغات البرمجة. كما تهدف برامج الحاسب الآلي هذه إلى تطوير منصات لتحليل البيانات بصورة متقدمة، وتصميم نظم للتنبؤ المستقبلي، و''نظم التوصية التي تهدف إلى التنبؤ المسبق باحتمالات إعجاب المستهلكين بمنتج معين'' (Recommender Systems)، ومعالجات الصور ومعالجات الأصوات ومعالجات اللغة، ومعالجة البيانات بسرعات فائقة، وتصنيف البيانات الضخمة، وتطبيق لوغاريتمات التعلم بواسطة الآلات في الشبكات العصبية والتعلم العميق (Nguyen, Giang et al., 2019, pp. 77-87).

وقد أصبح التعلم بواسطة الآلات واحدًا من أهم أدوات التنبؤ بالمستقبل، وتحليل المشكلات المستعصية في خطوط الإنتاج الصناعي. ويوظف التعلم بواسطة الآلات عدة برامج للحاسب الآلي لتوظيف البيانات الكبرى والذكاء الحاسوبي. كما يستخدم التعلم بواسطة الآلات اللوغاريتمات لتعظيم الاستفادة من البيانات. وفي مجال الصناعة يسهم التعلم بواسطة الآلات ''في صيانة وإصلاح خطوط الإنتاج والتخطيط للعمليات الإنتاجية بالمصانع، وصياغة توصيات وقائية تتصل باكتشاف الأعطال في خطوط الإنتاج، وتحليل قضايا الجودة الصناعية، وأتمتة العمليات الإنتاجية بالمصانع وأتمتة خطوات الصيانة باستخدام برامج

الحاسب الآلي والروبوتات والطائرات المسيرة، وتفسير وتقديم البيانات لفرق العمل المختصة بتصميم الآلات وخطوط الإنتاج، وتفسير وتبادل البيانات المتصلة بالأداء الصناعي، وتقديم البيانات المتصلة بآراء المستهلكين لفرق التصنيع. ويشجع التعلم بواسطة الآلات القطاعات الصناعية على تعظيم معدلات الابتكار، وزيادة جودة العمليات الإنتاجية، وتعميق نسبة الأتمتة في خطوط الإنتاج، وزيادة الأرباح، وتصميم نظم لمراقبة خطوط الإنتاج، ونظم لاكتشاف الأعطال، وابتكار نظم حاسوبية متقدمة لتحليل العمليات الإنتاجية والأعطال المرتبطة بها وللتنبؤ المستقبلي بنظم الصيانة، وتحديد مسارات التغذية الراجعة، وتقليل تكلفة العمليات الإنتاجية، وتقليل الهدر، وتقليل معدلات استبدال المنتجات المعيبة وذات الأعطال'' (DassaultSystemes, The 3D EXPERIENCE Company, n.d., pp. 1-5).

ويبدأ مصممو تطبيقات التعلم باستخدام الآلات بجمع البيانات، ثم المعالجة المبدئية لهذه البيانات وتحديد الخصائص الإضافية لها، ثم بناء النموذج اللوغاريتمي الرياضي، ثم الاستخدام الفعلي. فبعد أن يتم جمع البيانات وقبل أن يتم توظيف هذه البيانات كمدخلات للوغاريتمات الرياضية يجب تحويل هذه البيانات من صورتها الخام إلى ''متجة للخصائص الحسابية التي تمثل الشيء'' (Feature Vector). ويعد ''متجة الخصائص الحسابية التي تمثل الشيء'' المدخل التقليدي للوغاريتمات التعلم. ويهتم التعلم باستخدام الآلات بصورة أساسية بكيفية تدريب الآلات على بناء نموذج رياضي يمكنها من التنبؤ بالمستقبل أو من اتخاذ القرارات بصورة أفضل. وعلى الرغم من وجود عدد كبير من اللوغاريتمات والتقنيات الهادفة إلى التنبؤ المستقبلي، إلا أنها تشترك جميعًا في خاصية واحدة هي تصميم النموذج الرياضي بناء على طبيعة البيانات. ويركز التعلم باستخدام الآلات على نوعين من أنواع التعلم هما: التعلم المراقب، والتعلم غير المراقب (Sparks, Evan Randall, 2016, pp. 11-13).

ويتم توظيف التعلم واسع النطاق باستخدام الآلات في تقليل تكاليف الإنتاج، ومعرفة آراء المستهلكين، وتحسين خبرات المستهلكين، وزيادة مستويات الأتمتة بهدف تحسين كفاءة التنظيم الداخلي للمؤسسات، واكتشاف حالات الاحتيال المالي والتجاري. كما يتم توظيف التعلم واسع النطاق باستخدام الآلات أيضًا في تحديد

الأسعار المثلي للسلع والمنتجات، وتحليل حجم المشتريات السابقة. وتتيح تطبيقات تحديد الأسعار من خلال الحوسبة السحابية مرونة كبيرة للشركات لتحديد أسعار منتجاتها من خلال التوظيف الأمثل للوغاريتمات التعلم واسع النطاق وللتطبيقات المختلفة للذكاء الاصطناعي. ونتيجة لتزايد حاجة الشركات متعدية الجنسيات لآليات أكثر كفاءة لتسعير منتجاتها، ازداد الطلب في العقدين الأخيرين على توظيف التعلم واسع النطاق باستخدام الآلات.

ت) الثورة الصناعية الرابعة والتعلم العميق:

إن التعلم العميق (Deep Learning) هو أحد فروع التعلم بواسطة الآلات، وبالتالي، فهو أحد التخصصات الفرعية للذكاء الاصطناعي. ويستخدم التعلم العميق اللوغاريتمات المسماة ''بالشبكات العصبية'' (Neural Networks) في تحسين التنبؤات المستقبلية القائمة على استخدام البيانات. ويفيد التعلم العميق في تصميم السيارات ذاتية القيادة، وتحليل المشاعر في الحالات المزاجية البشرية المختلفة، وفي غالبية التقنيات الأخرى للذكاء الاصطناعي التي تتعامل مع البيانات الحقيقية لاتخاذ قرارات ديناميكية. وتؤثر أدوات الذكاء الاصطناعي التي تستخدم تقنيات التعلم العميق على العديد من جوانب الممارسات التجارية تأثيرات عميقة وغير متوقعة. فمن ناحية تعتمد العمليات التصنيعية الحديثة بقوة على الذكاء الاصطناعي والتعلم بواسطة الآلات. وتحلل نظم التعرف على الصور المرئية المنتجات على خطوط الإنتاج لتحديد العيوب الموجودة بها، كما تساعد نظم التعلم بواسطة الآلات في التحليلات التنبؤية التي تستشرف وجود الأخطاء في المنتجات من خلال متابعة المستشعرات الموجودة في المصانع، ومن خلال تحديد الأنماط التي تؤدي على وقوع الأخطاء. وبالإضافة إلى هذا، يستخدم التعلم بواسطة الآلات أيضًا في توجيه القرارات المتصلة بسلاسل تدفق مستلزمات الإنتاج، وتحسين كفاءة الإنتاج عند الطلب من خلال توظيف آليات المناقصات واللوجستيات الذكية (McDowell, Steve, 2019, pp. 2-3). وبالإضافة إلى تحسين كفاءة العمليات التصنيعية في خطوط إنتاج المصانع يفيد التعلم العميق في صناعات المركبات والنقل، وفي تطوير طرق تفكير البشر في طبيعة وسائل المواصلات. ويزيد التعلم العميق من سرعة السباق نحو تحقيق الهدف النهائي وهو تصنيع سيارات ذاتية القيادة آمنة. ويشهد العالم الآن ظهور تطبيقات واقعية تتمثل في نظم ذكية تتحكم في مسار رحلات السيارات وتغيرها وفقًا لتغير الظروف، وتصنيع السيارات ذات القيادة شبه الذاتية، وتحليل العيوب في خطوط إنتاج

المصانع، ومتابعة سلوك قائدي السيارات من خلال الحاسب الآلي، وزيادة وعي السائق بما يحدث داخل السيارة أثناء قيادتها. ويفيد التعلم العميق في تصميم خزانات للبيانات الضخمة، وتحديد أدوات تحليل هذه البيانات، وتنويع آليات توظيف هذه البيانات، وتحسين سبل إدارة قواعد البيانات الكبيرة، وتعظيم العائد الاقتصادي من توظيف ومعالجة هذه البيانات الهائلة والمتنوعة، وتحديد سبل حفظ هذه البيانات بناء على حجم أعباء العمل، وتمكين المؤسسات والشركات من تغيير بيئات حفظ ومعالجة البيانات وفقًا لتغير الظروف (McDowell, Steve, 2019, pp. 4-10).

ويفيد التعلم العميق والذكاء الاصطناعي في تحسين العملية التعليمية بصورة متنوعة. ومن بين هذه الصور ما يلي:

- ''السماح بتفريد التعلم وفقًا لقدرات واحتياجات كل متعلم.
- زيادة معدلات نجاح التلاميذ.
- استخدام أدوات التقويم الإلكترونية؛ الأمر الذي يقلل من الأعباء الملقاة على عاتق المعلمين لتصحيح إجابات التلاميذ في الاختبارات التقويمية، ويتيح لهم أوقاتًا أكبر لأداء مهام تربوية أخري.
- سهولة استخدام التقويم التراكمي المستمر، وسهولة تتبع مقدار التقدم في تحصيل التلاميذ الدراسي.
- سهولة تعديل أساتذة الجامعات والمعلمين للمقررات الدراسية التي يقومون بتصميمها، وإمكانية تحميل هذه المقررات الدراسية الإلكترونية على منصات على شبكة الإنترنت مثل ''كورسيرا'' (Karsenti, Thierry, 2019, pp. 108-109).
- إمكانية التعلم عن بعد.
- تسهم تكنولوجيا التعلم العميق والذكاء الاصطناعي في تسهيل سبل التعامل مع المعلومات. حيث تتيح شبكة 'جوجل' إمكانية البحث عن المعلومات من خلال أخذ الموقع الجغرافي للمستفيدين في الاعتبار، ومراعاة المرات السابقة لاستخدام محركات البحث. ويقوم موقع شركة ''أمازون'' (Amazon) بتقديم خيارات للبحث على موقعه على شبكة الإنترنت في ضوء المشتريات السابقة.

- سهولة تقديم التغذية الراجعة للمتعلمين، وتفريد التغذية الراجعة المقدمة لكل متعلم، وسرعة هذه التغذية الراجعة، وتقديم تقديرات لجودة إجابات المتعلمين، وتقديم برامج علاجية لتحسين تعلم التلاميذ.
- توفير فرص ثرية لتفاعل المتعلمين مع أقرانهم.
- تحسين كفاءة المعلمين ومساعدتهم على الانتقال من نقل المعارف إلى تيسير التعلم، وتدريب المعلمين على تدريس المحتويات المعرفية الرقمية بالغة التعقيد (Karsenti, Thierry, 2019, p. 109).
- جعل التعلم أكثر بهجة.
- سهولة توظيف بيئات التعلم الافتراضية والواقع الافتراضي؛ حيث تتيح الألعاب التعليمية القائمة على الواقع الافتراضي للمتعلمين أن يمروا بخبرات حية وشبة واقعية تزيد من دافعيتهم للتعلم.
- تقليل معدلات تسرب التلاميذ.
- سهولة تخزين ومعالجة وتحليل أحجام كبيرة من البيانات مع الحفاظ على سرية بيانات المتعلمين (Karsenti, Thierry,2019, pp. 109-110).

ويفيد التعلم العميق في تقديم التغذية الراجعة للتلاميذ في الوقت المناسب، وفي تبصير المعلمين بمدي فاعلية شرحهم للمحتوي المعرفي. كما يوجه المعلمين إلى أنماط التلاميذ السلوكية غير المرغوب فيها، ونقاط الضعف في التحصيل الدراسي التي تحبط التلاميذ، وسبل تعزيز المنافسة بين التلاميذ، وكيفية استخدام طرق التدريس المختلفة، وكيفية زيادة دافعية التلاميذ للتعلم. وبالإضافة إلى هذا، يساعد التعلم العميق التلاميذ على اختيار أقرانهم من المتعلمين الذين يستطيعون تقديم الإرشادات والنصح التعليمي لهم، كما يساعد المعلمين على تصنيف التلاميذ وتوزيعهم على جماعات للتعلم التعاوني، وعلى تحديد قدرات التلاميذ التعليمية ونقاط تميزهم المعرفية. كما يفيد التعلم العميق في تحديد مجالات استقلال التلاميذ، وتوقيتات التمتع بالاستقلال في التعلم، وتوقيتات التعلم تحت إشراف المعلم، وإخبار المعلمين بالتلاميذ الذين لم يتابع المعلمون أدائهم في الفترة الأخيرة، وتقديم التشجيع للتلاميذ الذين يعانون من التأخر الدراسي أو التعثر في دراسة بعض جوانب التخصص التعليمية. وبعد أن حللنا طبيعة العلاقة بين الثورة الصناعية الرابعة وبين التعلم العميق، سوف نستعرض تأثيرات الثورة الصناعية الرابعة على التعلم المعزز القائم على استخدام الآلات والحاسبات الآلية.

ث) الثورة الصناعية الرابعة والتعلم المعزز القائم على استخدام الآلات والحاسبات الآلية:

والتعلم المعزز القائم على استخدام الآلات والحاسبات الآلية (Reinforcement Learning) عبارة عن مجال يحلل مجموعة من الحلول لمجموعة من المشكلات. ويتضمن التعلم المعزز القائم على استخدام الآلات والحاسبات الآلية تحليل المشكلات المتصلة بتعلم أداء المهام المختلفة، وكيفية تحديد مسارات التصرف في المواقف المختلفة، وآليات تعظيم إشارات الحوافز الحسابية. وتعد هذه المشكلات مشكلات مغلقة لأن أفعال نظام التعلم تؤثر على مدخلات النظام اللاحقة. وبالإضافة إلى هذا، فإن المتعلم لا يتم إخباره عن الأفعال التي يجب عليه أن يقوم بها وذلك على العكس مما يحدث في حالات التعلم بواسطة الآلات. فالتعلم المعزز القائم على استخدام الآلات والحاسبات الآلية يقوم على ضرورة اكتشاف المتعلم للأفعال التي تؤدي إلى أفضل النتائج من خلال المحاولة والخطأ. وفي أكثر الحالات صعوبة تؤثر الأفعال على أفضل النتائج الفورية وعلى النتائج اللاحقة. وهناك ثلاثة خصائص رئيسة للتعلم المعزز القائم على استخدام الآلات والحاسبات الآلية. وهذه الخصائص الثلاثة هي: تحليل مشكلات مغلقة من خلال عدم وجود تعليمات مباشرة للمتعلم حول الأفعال التي يجب عليه أن يقوم به، ووجود آليات لتعظيم إشارات الحوافز الحسابية، وتأثير أفعال المتعلم على النتائج لفترة زمنية طويلة (Sutton, Richard S., and Barto, Andrew G., 2018, p. 2).

ويختلف التعلم المعزز القائم على استخدام الآلات والحاسبات الآلية عن ''التعلم المراقب'' (Supervised Learning). فالتعلم المراقب عبارة عن تعلم من مجموعة تدريبية من الأمثلة المصنفة يقدمها خبير خارجي ذو معارف عميقة. وكل مثال عبارة عن وصف لموقف معين له خصائص وعنوان يحددون التصرف المناسب الذي يجب على النظام القيام به، والتصرف المناسب يقوم على تحديد التصنيف الذي ينتمي إليه الموقف. وهدف هذا النوع من التعلم هو إمكانية التنبؤ المستقبلي وتعميم استجابات النظام بحيث يمكنه التصرف بصورة صحيحة في المواقف غير الموجودة في المجموعة التدريبية. والتعلم المراقب نوع مهم من أنواع التعلم، ولكنه ليس كافيًا للتعلم من المشكلات القائمة على التفاعلات. وتتصف

المشكلات القائمة على التفاعلات بعدم واقعية الحصول على أمثلة من الأنماط السلوكية المرغوب فيها بحيث تكون هذه الأمثلة صحيحة وممثلة لجميع المواقف التي يجب أن يتصرف فيها المتعلم. كما يختلف التعلم المعزز القائم على استخدام الآلات والحاسبات الآلية أيضًا عن ''التعلم غير المراقب'' (Unsupervised Learning). ويركز التعلم غير المراقب على إيجاد البني الخفية في مجموعات البيانات غير المصنفة (Sutton, Richard S., and Barto, Andrew G., 2018, pp. 2-3). وعلى الرغم من أن بعض المحللين قد يعتقدون أن التعلم المعزز القائم على استخدام الآلات والحاسبات الآلية عبارة عن نوع من أنواع التعلم غير المراقب لأنه لا يعتمد على أمثلة للسلوك الصحيح، إلا أن التعلم المعزز القائم على استخدام الآلات والحاسبات الآلية يحاول تعظيم العائد من إشارات الحوافز الحسابية بدلاً من إيجاد البني الخفية في البيانات غير المصنفة. وفي حين يفيد الكشف عن البني الخفية في حدوث التعلم المعزز القائم على استخدام الآلات والحاسبات الآلية، إلا أن الكشف عن البني الخفية لا يتناول مشكلة تعظيم العائد من إشارات الحوافز الحسابية. ولهذا يعتقد المتخصصون في الذكاء الاصطناعي أن التعلم المعزز القائم على استخدام الآلات والحاسبات الآلية عبارة عن نوع ثالث من أنواع ''التعلم بواسطة الآلات'' (Machine Learning). وأحد التحديات المرتبطة بالتعلم المعزز القائم على استخدام الآلات والحاسبات الآلية هي المفاضلة بين التنبؤ المستقبلي وبين الاستفادة منه. فالحصول على عدد كبير من الحوافز يتطلب تفضيل المتعلم لأفعال معينة نفذها في الماضي ووجد أنها أفعال فعالة تؤدي للحصول على أفضل النتائج. ويتطلب اكتشاف هذه الأفعال قيام المتعلم بتجريب أفعال لم يقم بها في الماضي، واستفادة المتعلم مما يعرفه بالفعل لكي يحصل على أفضل فائدة، وقيامه باستكشاف البدائل المختلفة لكي يستطيع اختيار أفضل الأفعال. وتكمن المعضلة في صعوبة التنبؤ المستقبلي والاستفادة من الحوافز بدون الفشل في أداء بعض المهام، وبدون تجريب مجموعة من الأفعال ثم مقارنة نتائج كل فعل (Sutton, Richard S., and Barto, Andrew G., 2018, p. 3). وبعد أن تناولنا طبيعة الارتباطات بين الثورة الصناعية الرابعة وبين التعلم المعزز القائم على استخدام الآلات والحاسبات الآلية، سوف نحلل في الجزء التالي واقع العلاقة بين الثورة الصناعية الرابعة وبين الروبوتات الذكية.

ج) الثورة الصناعية الرابعة والروبوتات الذكية:

وتستخدم الروبوتات الذكية في تأدية المهام المتكررة داخل المصانع من خلال توظيف برامج الحاسب الآلي. وتوظف الروبوتات الذكية الرؤية الحاسوبية والتعلم بواسطة الآلات وغيرها من تقنيات الذكاء الاصطناعي في تنفيذ المهام الصناعية المعقدة. وقد شهدت العقود الثلاثة الأخيرة تزايد استخدام الروبوتات الذكية في خطوط الإنتاج نظرًا لقدرتها على التغلب على الملل الذي يصيب العمالة البشرية، وعلى توفير الوقت، وزيادة دقة العمليات الإنتاجية. وتستخدم الروبوتات الذكية في تعبئة ونقل المنتجات، ولصق الملصقات على العبوات، وزيادة مستويات الأتمتة داخل خطوط الإنتاج، وفحص المنتجات، والرقابة على الجودة، وتصنيع الآلات (Viejo, Claudia Gonzalez, Torrico, Damir D., Dunshea, Frank R., and Fuentes, Sigfredo, 2019, p. 2). وسوف يتناول الجزء التالي طبيعة العلاقة بين الثورة الصناعية الرابعة وبين الرؤية الحاسوبية.

ح) الثورة الصناعية الرابعة والرؤية الحاسوبية:

وتعد الاختراعات المتصلة بالرؤية الحاسوبية (Computer Vision) أكثر الاختراعات التطبيقية في مجال الذكاء الاصطناعي في الشركات العالمية الكبرى في أثناء الفترة من عام ٢٠١٣ إلى عام ٢٠١٦ من حيث العدد الإجمالي. وتوظف غالبية الشركات متعدية الجنسيات العاملة في مجال الذكاء الاصطناعي ''التعلم بواسطة الآلات'' (Machine Learning) في اختراعاتها التطبيقية. وتعد الاختراعات المتصلة بالتعلم العميق أكثر التطبيقات التي يتم ابتكارها في مجال التعلم بواسطة الآلات. وتحتل الأكاديمية الصينية للعلوم المرتبة الأولي على مستوي العالم من حيث العدد الإجمالي للاختراعات في مجال ''التعلم العميق'' (Deep Learning)، ويليها الجامعات ومراكز البحث الصينية المرموقة. ويركز التخصص الفرعي للرؤية الحاسوبية على دراسة أربعة تخصصات رئيسة هي: ''التعرف على الشخصيات'' (Character Recognition)، و''المعايير البيولوجية للأفراد'' (Biometrics)، و''فهم المواقف المختلفة'' (Scene Understanding)، و''الواقع المعزز'' (Augmented Reality). وقد ركزت غالبية الاختراعات في مجال الرؤية الحاسوبية على التطبيقات المتصلة بالتعرف على الشخصيات في الفترة من ١٩٨١ إلى ٢٠١٦. كما شهدت الفترة من ٢٠١٢

إلى ٢٠١٦ تفوق أعداد الاختراعات المتصلة بتطبيقات ''المعايير البيولوجية للأفراد'' على أعداد الاختراعات المتصلة بتطبيقات ''التعرف على الشخصيات''. وعلى الرغم من تأخر ظهور الاختراعات المتصلة ''بفهم المواقف المختلفة''، إلا أن أعدادها هي الأخرى تتزايد. وقد ظلت أعداد الاختراعات المتصلة بتطبيقات الواقع المعزز ثابتة في أثناء الفترة من عام ٢٠١٤ إل عام ٢٠١٦.
(World Intellectual Property Organization, 2019, pp. 32-47).

وتحتل الشركات اليابانية والكورية الجنوبية العاملة في مجال الإلكترونيات والتصوير والهواتف وبرامج الحاسب الآلي (مثل توشيبا، وسامسونج، وكانون، و''فوجيتسو'' (Fujitsu)، و''إن إي سي'' (NEC) الصدارة على مستوى العالم من حيث عدد الاختراعات في مجال الرؤية الحاسوبية. وتمتلك الأكاديمية الصينية للعلوم و''معهد أبحاث الاتصالات اللاسلكية والإلكترونيات'' في كوريا الجنوبية (Electronics and Telecommunications Research Institute) أكثر من ١٠٠٠ اختراع رئيسي في مجال الرؤية الحاسوبية. وتتصدر شركة سامسونج الشركات العالمية في ٤ مجالات فرعية من بين ٦ مجالات من مجالات الرؤية الحاسوبية؛ حيث تتفوق شركة سامسونج في مجالات المعايير البيولوجية للأفراد، وتجزئة الصور وأفلام الفيديو المرئية، والواقع المعزز، و''تتبع الأشياء'' (Object Tracking) على العديد من الشركات العالمية العاملة في مجال الرؤية الحاسوبية. وفي حين تتفوق شركة ''تويوتا'' (Toyota) في مجال فهم المواقف المختلفة بابتكارها لـ ٦٤٠ اختراعًا، تتفوق شركة ''توشيبا'' (Toshiba) في مجال تعرف الشخصيات بامتلاكها لـ ١٩٨٨ اختراعًا (World Intellectual Property Organization, 2019, p. 67).

وتستخدم الرؤية الحاسوبية في العديد من الصناعات ومن بينها صناعات الأغذية والمشروبات والعصائر. وتقلل الرؤية الحاسوبية من تكلفة تشغيل خطوط الإنتاج وتعظم من فاعليتها، وتوفر الوقت، وتحسن من دقة وجودة ومصداقية المنتجات. وتقوم الرؤية الحاسوبية على توظيف الصور وأفلام الفيديو المرئية باستخدام اللوغاريتمات، وتوظيف الروبوتات الذكية، والاستفادة من نمذجة التعلم باستخدام الآلات، في التنبؤ بجودة المنتجات النهائية بناء على عدد من المعايير الحاسوبية. وتتكون هذه المعايير من نظم متعددة الحساسات (Multisensory Systems) المدمجة مع مجموعة من تقنيات الذكاء الاصطناعي الهادفة إلى تقويم جودة المنتجات الصناعية، وتحديد العيوب فيها، وتحسين عمليات الإنتاج

(Viejo, Claudia Gonzalez, Torrico, Damir D., Dunshea, Frank R., and Fuentes, Sigfredo, 2019, p. 2).

ويشتمل توظيف الرؤية الحاسوبية على ثلاث خطوات رئيسة هي: تجميع الصور ومقاطع الفيديو المصورة، والمعالجة الأولية لهذه الصور والمقاطع المصورة، وتحليل وتفسير هذه الصور والمقاطع المصورة. ويتكون تجميع الصور ومقاطع الفيديو من توظيف كاميرا لالتقاط الصور وماسح ضوئي ومصدر دائم وثابت للإضاءة. وتشتمل مرحلة المعالجة الأولية للصور ومقاطع الفيديو المصورة من استخدام الحاسبات الآلية وبرامجها في التحليل المبدئي لهذه الصور والمقاطع المصورة. وتوظف المرحلتان الأولي والثانية برامج متخصصة مثل: ''برنامج مطلب'' (Matlab) الذي صممته شركة ''ماثوركس في ولاية ماساتشوستس الأمريكية'' (MathWorks Inc.)، و''برنامجإيميديج جيه'' (ImageJ) الذي صممه ''المعهد القومي الأمريكي للصحة في مدينة بيشيدا بولاية ميريلاند'' (U.S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland)، و''برنامج إيميديجبرو بلس'' (Image-Pro Plus) الذي صممته شركة ''ميديا سيبرناطيقيا في مدينة روكفيل بولاية ميرلاند'' (Media Cybernetics, Inc., Rockville, Maryland). كما توظف الرؤية الحاسوبية اللوغاريتمات في تقويم الصور ومقاطع الفيديو المرئية، وتقوم بتحسين جودة هذه الصور والمقاطع المصورة، وبتجزئتها، وبتفسيرها. ويشتمل تحسين الصور على زيادة دقة التفاصيل بها، وزيادة درجة الإضاءة بها، وتقليل مستوي الضوضاء في مقاطع الفيديو. كما تقوم تجزئة الصور والمقاطع المصورة على تقسيمها وفقًا للموضوعات أو لتدرج الأحداث. ويقوم التعرف على الأشياء على توظيف معادلات رياضية أو دمج مجموعة من اللوغاريتمات لتعريف خصائص الأشياء وللتعرف عليها، في حين يرتكز تفسير الأشياء على استخدام التحليل الإحصائي والتعلم باستخدام الآلات في تصنيف المنتجات في فئات أو للتنبؤ بنوع معين من أنواع المعلومات (Viejo, Claudia Gonzalez, Torrico, Damir D., Dunshea, Frank R., and Fuentes, Sigfredo, 2019, p. 4).

وتستخدم تقنيات الرؤية الحاسوبية في العديد من القطاعات الصناعية مثل الصناعات الطبية، والصناعات الزراعية، وصناعة العصائر والمشروبات، وفي

التسويق، وعلم النفس. كما توجد تطبيقات متنوعة لها مثل: تقويم درجة نظافة أيدي العمال في خطوط الإنتاج، والتعرف على أوجه الأفراد، وتتبع الأشياء، والتعرف على النصوص المكتوبة، وتحليل الألوان. وتعد الصناعات الغذائية من أكثر الصناعات نموًا في توظيف الرؤية الحاسوبية في تقويم جودة المنتجات الصناعية. وتشير ''المعايير البيولوجية للأفراد'' (Biometrics) إلى الأساليب المستخدمة في التعرف على الخصائص السلوكية والفسيولوجية المميزة للأفراد أو الحيوانات. وترتكز ''المعايير البيولوجية للأفراد'' على التحقق من هويات الأفراد من خلال التعرف على الأوجه، والتعرف على بصمات الأفراد، والتعرف على الأصوات، والتعرف على الأفراد من خلال مسح قزحية العين، وتحديد درجات حرارة الأجساد البشرية، واستخدام المعايير البيولوجية للأفراد في جمع المعلومات عن المستهلكين، وتقويم جودة المنتجات. وبالإضافة إلى هذا، تستخدم المعايير البيولوجية للأفراد أيضًا في التنبؤ بالاستجابات غير الواعية للنظام العصبي الآلي، وتحديد ردود الأفعال الوجدانية والعقلية للأفراد، وتحديد اتجاهات المستهلكين نحو درجة قبولهم لمنتج معين ونحو مستوي جودة هذا المنتج وتحسين صناعة القرارات في المصانع. ومن أمثلة تطبيقات المعايير البيولوجية للأفراد ما يلي: ''برنامج قارئ الوجة'' (FaceReader) الذي صممته ''شركة نولدوس لتكنولوجيا المعلومات في مدينة واجينإينجين في هولندا'' (Noldus Information Technology, Wageningen, Netherlands)، و''برنامجأفكتيفا'' (Affectiva) الذي صممته ''شركة أفكتيفا في مدينة بوسطن بولاية ماساتشوستس الأمريكية''؛ وهما برنامجان يستخدمان ''لوغاريتم محس فيولا–جونز'' (Viola-Jones Cascade Detector) في تعرف وجوة الأفراد وتتبعها، وفي تحديد التحركات الكبيرة والصغيرة للأفراد باستخدام نموذج المظهر النشط في ''برنامج قارئ الوجة'' وباستخدام المضلع التكراري المتدرج في ''برنامج أفكتيفا''. ويوظف هذان البرنامجان نظامًا للتصوير التكامل يتكون من كاميرا حرارية للأشعة تحت الحمراء متصلة بحاسب لوحي به ''تطبيق جديد للمحسات البيولوجية'' (Novel Bio-Sensory App) قامت جامعة ملبورن بتطويره. ويتضمن نظام التصوير المتكامل هذا استبيانًا وتطبيقًا لتصوير مقاطع فيديو باستخدام كاميرا حرارية تعمل بالأشعة تحت الحمراء (Viejo, Claudia Gonzalez, Torrico, Damir D., Dunshea, Frank R., and Fuentes, Sigfredo, 2019, pp. 4-13).

وقد نشأت تطبيقات المعايير البيولوجية للأفراد في بداية الأمر في قطاع السجونفي الولايات المتحدة الأمريكية في النصف الأخير من القرن العشرين. وكان الهدف منها هو تسهيل السيطرة والتعرف على المسجونين. وقد أسهمت أحداث الحادي عشر من سبتمبر في عام ٢٠٠١ في ازدهار الصناعات المرتبطة بتطبيقات المعايير البيولوجية للأفراد. ومن ثم أخذ استخدام المعايير البيولوجية للأفراد في تحقيق أهداف الأمن القومي يتزايد، وتزايدت معه أرباح شركات القطاع الخاص العاملة في هذا المجال. وبحلول عام ٢٠١٧ بلغت قيمة أصول الاستثمارات الموجهة لقطاع المعايير البيولوجية للأفراد ١٤.٤ مليار دولار، كما يتوقع أن تزيد قيمة هذه الأصول في عام ٢٠٢٣ لتصبح ثلاثة أمثال ما كانت عليه في عام ٢٠١٧. وتقوم هذه المعايير البيولوجية على مقارنة الخصائص الفسيولوجية للأفراد بما هو موجود في قاعدة ضخمة للبيانات البيولوجية، وعلى التحقق من عينات بشرية حديثة ونسبها لفرد معين. وتزيد احتمالات الخطأ في مقارنة الخصائص الفسيولوجية للأفراد بما هو موجود في قاعدة ضخمة للبيانات البيولوجية عن احتمالات الخطأ في حالة التحقق من العينات البشرية الحديثة. وبالإضافة إلى السجون، وقطاع الأمن، تستخدم منظمات الإغاثة الدولية المعايير البيولوجية للأفراد في مقارنة الخصائص الفسيولوجية للأفراد بما هو موجود في قاعدة ضخمة للبيانات البيولوجية (Madianou, Mirca, 2019, pp. 583-584).

مما سبق يتضح أن هناك استخدامات متنوعة للمعايير البيولوجية للأفراد. ففي مجال الأمن العام يمكن توظيف المعايير البيولوجية للأفراد في نظم المراقبة، وتتبع المجرمين، وتحديد الهاربين من السجون. كما يمكن استخدامها أيضًا في محاربة الإتجار بالبشر، وتتبع المختطفين، والمساعدة في العثور على الأطفال المفقودين منذ فترات زمنية طويلة. أما في مجالات التجارة والتمويل فيتم استخدامها في دفع ثمن السلع، وتعظيم كفاءة الأمن التجاري، وتقليل حالات النصب. وتستخدم الدول الصناعية المتقدمة المعايير البيولوجية للأفراد في قطاع المواصلات في التعرف على الأفراد في المطارات ومحطات القطارات لتقليل أوقات صعود الركاب لوسائل النقل، ولمساعدة المسافرين على دفع رسوم التنقل والسفر، وللتعرف على سائقي السيارات الذين يقودون مركباتهم بدون رخصة قيادة سارية، والتعرف على من يخالفون إشارات المرور. وبالإضافة إلى هذا، يتم استخدام

المعايير البيولوجية للأفراد في المجال الطبي في التعرف على المرضي، ومتابعتهم، وتحليل مشاعر الأفراد، وتشخيص الاضطرابات الجينية. كما تساعد هذه المعايير في مجال التعليم في تحسين كفاءة أمن الحرم الجامعي، ومكافحة التنمر داخل المدارس، وتسجيل حضور وغياب التلاميذ.

''كما تستخدم الرؤية الحاسوبية في 'تعرف الأشياء' (Object Detection)، و'التجزئة الدلالية' (Semantic Segmentation). ويستخدم المهندسون آليات تعرف الأشياء في تحديد الأضرار في الهندسة المدنية. وبدلا من تصنيف مكونات صورة كاملة، تقوم آليات تعرف الأشياء على خلق مربع محيط بالمنطقة الموجود بها الضرر. ولا تستطيع آليات تعرف الأشياء أن تحدد بدقة شكل الأضرار التي يتم عزلها وتحديدها لأنها تهدف فقط إلى تظليل المنطقة المرغوب في تحديد الأضرار بها بمربع. ولهذا يستخدم المهندسون المدنيون تقنية أخري من تقنيات الذكاء الاصطناعي، وهذه التقنية الجديدة هي التجزئة الدلالية. والتجزئة الدلالية عبارة عن تصنيف كل ''بيكسيل''(Pixel) في الصورة ضمن عدد محدد من الفئات. وينتج عن هذا التصنيف صورة دلالية يتم تصنيف كل مكون من مكوناتها ضمن فئة معينة. ومن ثم، يمكن التعرف على موقع وشكل الضرر بدقة عند استخدام التجزئة الدلالية في تحديد الأضرار. وتستخدم الرؤية الحاسوبية أيضًا في تحديد ''تشظي الخرسانة المسلحة'' (Concrete Spalling)، و''تشقق الخرسانة المسلحة'' (Concrete Cracks)، و''التشققات الناجمة عن الإجهاد في الحديد الصلب'' (Fatigue Cracks in Steel)، و''تآكل الحديد الصلب'' (Steel Corrosion)، و''العيوب في طبقات الأسفلت المرصوف'' (Asphalt Defects). وتوظف الرؤية الحاسوبية اللوغاريتمات والروبوتات الذكية في تحديد الأضرار من خلال تحليل الصور'' (Spencer Jr., Billie F., Hoskere, Vedhus, and Narazaki, Yasutaka, 2019, pp. 202-205). وبعد أن حللنا علاقة الثورة الصناعية الرابعة بالرؤية الحاسوبية، سوف نحلل العلاقة بين هذه الثورة وبين ''معالجة اللغات الطبيعية'' (Natural Language Processing).

خ) الثورة الصناعية الرابعة ومعالجة اللغات الطبيعية:

أدي التقدم في مجال الذكاء الاصطناعي ومجال التعلم باستخدام الآلات إلى اختراع روبوتات ذكية تقوم ببعض الوظائف البشرية، وتستطيع التعرف على الأشخاص الآخرين. وهذه الروبوتات الذكية التي تقوم ببعض المهام البشرية أطلق عليها اسم ''الروبوتات البشرية'' (Humanoids). وتستطيع هذه الروبوتات

البشرية تقليد الحركات البشرية، وتعبيرات الوجه التي يقوم بها الإنسان. حيث ابتكرت ''شركة هانسون'' (Hanson Robotics) الروبوت البشري ''صوفيا'' (Sophia). وتستطيع الروبوت البشري ''صوفيا'' استخدام تكنولوجيا التعرف على الأصوات، كما يمكن تطويرها بمرور الوقت. ومن حيث إمكانية ''معالجة اللغات الطبيعية'' (Natural Language Processing) يعد الروبوت البشري ''صوفيا'' إنسانًا آليًا قادرًا على الحوار مع الأفراد. كما يعد الروبوت البشري ''صوفيا'' تطويرًا لجهود عالم الذكاء الاصطناعي المشهور ''جوزيف ويزينبوم'' (Joseph Weizenbaum) الذي طور نموذجًا أوليًا للروبوتات البشرية في عام ١٩٩٦ أطلق عليه اسم ''إليزا'' (Eliza). وكان ''إليزا'' أول روبوت ذكي قادر على محاورة البشر، وتقديم عدة نصائح منطوقة للمرضي في المستشفيات. وقد أدي اختراع الروبوت الذكي ''إليزا'' إلى تطوير مسابقات ''تورينج'' للذكاء الاصطناعي (Turing) بحيث تتضمن اختراعات قادرة على توظيف تطبيقات التعلم باستخدام الآلات في التحدث، وإصدار أصوات منطوقة بصورة تحاكي الحديث البشري واللغات الطبيعية، وتقليد البشر في طريقة تفكيرهم (Przegalinska,Aleksandra, 2019, p. 4).

وتشارك هذه الروبوتات الذكية الشبيهة بالبشر مثل ''إليزا'' و''صوفيا'' في مسابقات ''تورينج'' للذكاء الاصطناعي. وقد نجحت شركة ''جوجل'' في ابتكار روبوت ذكي بشري أطلقت عليه اسم ''دوبليكس'' (Duplex). ويصعب التفريق بين الروبوت الذكي ''دوبليكس'' وبين البشر عند التحدث وبصفة خاصة عند إجراء حوارات لفترة زمنية قصيرة. وتعد هذه الروبوتات القادرة على التحدث مع البشر اختراعات تتجاوز المستويات البسيطة للأتمتة وللذكاء الاصطناعي وبين الصور المعقدة للتواصل البشري. وقد نجحت هذه الروبوتات الذكية القادرة على التحدث مع البشر في إجراء الصفقات التجارية باستخدام الحاسبات الآلية، وفي توجيه مسار البحث العلمي المتصل بالابتكارات التكنولوجية في مجال الروبوتات الذكية. ويتنبأ ''جارتينار'' (Gartner) بأنه بنهاية عام ٢٠٢٠ سوف يتمكن الأفراد من إجراء حوارات مع الروبوتات الذكية لمدد زمنية تزيد عن تلك المدد التي يتحاور فيها الأفراد مع زوجاتهم. وتشير ''كريستي أولسون'' (Christi Olson) إلى أن الروبوتات الذكية القادرة على التحدث مع البشر لن تكون قادرة في

المستقبل على مجرد الرد على الأسئلة البشرية، بل على التفكير، واستنباط المعلومات من رؤية الرسوم البيانية، وإقامة علاقات وجدانية مع الأفراد (Przegalinska,Aleksandra, 2019, p. 5).

وتفيد معالجة اللغات الطبيعية في تحليل رسائل البريد الإلكتروني، والتقارير القانونية، والتسجيلات الصوتية، وأفلام الفيديو المصورة، والتعليقات المنشورة على وسائل التواصل الاجتماعي بسرعة أكبر، وفي اكتشاف مغزي هذه الوثائق المكتوبة والمنطوقة والمصورة، وتعظيم العائد من هذه الوثائق، وتحسين عملية صناعة القرار في المؤسسات التجارية والصناعية الضخمة. وتسهل معالجة اللغات الطبيعية تحليل كميات ضخمة من البيانات بسهولة ويسر. ومن ثم تسهم في زيادة الأرباح المالية لهذه المؤسسات، وفي ترسيخ مزاياها التنافسية. ويتوقع أن تصل قيمة الابتكارات المتصلة بمعالجة اللغات الطبيعية إلى ١٦ مليار دولار أمريكي بنهاية عام ٢٠٢١. كما تفيد معالجة اللغات الطبيعية أيضًا في استخلاص البيانات، وتحديد آراء العاملين والزبائن المتصلة بجودة منتجات معينة أو جودة العمليات الإنتاجية، وتحسين فهم المؤسسات التجارية والصناعية لآراء مشتريي السلع، والتوظيف الأمثل للبيانات المتفرقة ذات الطبيعة المختلفة (المكتوبة والمنطوقة والمرئية). وتوجد عدة تطبيقات لمجال معالجة اللغات الطبيعية مثل: الروبوتات الذكية القادرة على التحدث مع البشر، والتطبيقات المسموعة في الهواتف المحمولة الذكية، والتطبيقات الصناعية في خطوط الإنتاج (Accenture Plc, 2019, pp. 1-2).

ويمكن الحصول على الابتكارات المتصلة بمعالجة اللغات الطبيعية من خلال المصادر المفتوحة على شبكة الإنترنت مثل: ''بيثون إن إل تي كيه'' (Python NLTK)، و''بيثونبيسي'' (Python PacY)، و''بيثونجينسيم'' (Python GenSim)، و''يو أي إم إيه'' (UIMA)، و''جي إيه تي إي'' (GATE)، و''آباتشي لمعالجة اللغات الطبيعية مفتوحة المصدر'' (Apache OpenNLP). كما يمكن أيضًا الحصول على الابتكارات المتصلة بمعالجة اللغات الطبيعية من خلال المنصات الصناعية مثل ''منصة كويد'' لتحقيق التنافسية الذكية والتنافسية في الأسواق (Quid)، و''منصة تويجيل'' للتجارة الإلكترونية (Twiggle)، وكذلك من خلال الشركات العاملة في مجال الحاسبات الآلية والسحابات الذكية. ومن أمثلة تطبيقات الشركات العاملة في الحاسبات الآلية والسحابات الذكية ما يلي: ''تطبيق جوجل لمعالجة اللغات الطبيعية'' (Google

(Natural Language API، و''تطبيق إفهم الذي صممته شركة أمازون'' (Amazon Comprehend)، و''تطبيق خدمة الفهم الذكي للغات الذي صممته شركة ميكروسوفت'' (Microsoft Language Understanding Intelligent Service). وعلى الرغم من حداثة عهد الابتكارات المتصلة بمعالجة اللغات الطبيعية، إلا أنها تتطور بسرعة هائلة بمرور الوقت. وتوضح الأدبيات أن اللوغاريتمات الرياضية وتطبيقات التعلم باستخدام الآلات التي يتم توظيفها في الابتكارات المتصلة بمعالجة اللغات الطبيعية تزداد دقتها يومًا بعد يوم. كما تشير الإحصاءات إلى زيادة حجم الاستثمارات المالية التي تخصصها المؤسسة متعدية الجنسيات مثل جوجل وميكروسوفت وأمازون لتمويل الأبحاث والتطوير في مجال معالجة اللغات الطبيعية (Accenture Plc, 2019, p. 3).

ومما سبق يتضح أن معالجة اللغات الطبيعية تفيد في فهم وتحليل النصوص المكتوبة والرسائل المسموعة والأفلام المرئية، وتحديد الأنماط اللغوية المتكررة في هذه النصوص والرسائل المطبوعة والمنطوقة والمنظورة، ودراسة أحجام هائلة من البيانات بقدر أكبر من الشفافية والكفاءة، وتقليل المخاطر المالية، وتخزين هذه البيانات داخل الحاسبات الآلية، وتحسين عمليات اتخاذ القرار داخل المؤسسات الصناعية والتجارية متعدية الجنسيات، وزيادة مستوي الكفاءة الاقتصادية والفاعلية الإدارية داخل هذه المؤسسات الكوكبية.

وبعد استعراض طبيعة العلاقة المتشابكة بين الثورة الصناعية الرابعة وبين معالجة اللغات الطبيعية، سوف نستعرض العلاقة بين الثورة الصناعية الرابعة وبين التعهيد الجماعي بغرض تحقيق هدف بأقل تكلفة ممكنة (Crowdsourcing).

د) الثورة الصناعية الرابعة والتعهيد الجماعي بغرض تحقيق هدف بأقل تكلفة ممكنة:

تفيد منصات التعهيد الجماعي بغرض تحقيق الأهداف بأقل تكلفة ممكنة في إمداد المصانع بالأعداد الكافية من العمال، وفي منع الانخفاض المفاجئ في أعداد العاملين. وتشبه منصات التعهيد الجماعي بغرض تحقيق الأهداف بأقل تكلفة ممكنة الشركات المحلية التي تقوم بتوظيف العمال بصورة مؤقتة، إلا أن منصات التعهيد الجماعي هذه تتميز بقدرتها الفائقة على توظيف وتسريح أعداد كبيرة جدًا من العمال بصورة تفوق قدرات شركات التوظيف المحلية. وتزداد أهمية تطبيقات

الذكاء الاصطناعي ومنصات التعهيد الجماعي بشدة في الشركات متعدية الجنسيات المصنعة للسيارات؛ حيث تحتاج هذه الشركات العالمية إلى أعداد متغيرة من العمال في المواسم المختلفة للإنتاج. وتستطيع المنصات الإلكترونية الضخمة للتعهيد الجماعي توفير أعداد كبيرة من العمال لعدد كبير من الشركات في نفس الوقت، وبصورة ثابتة ومنتظمة. ونتيجة للمرونة في توقيتات توظيف هذه العمالة، يمكن توفير تكلفة رواتب هؤلاء العمال في الأوقات التي لا يعملون بها. كما يستطيع هؤلاء العمال التوظف في أكثر من مؤسسة برواتب مختلفة؛ الأمر الذي يزيد من دخولهم (Schmidt, Florian Alexander, 2019, p. 21).

كما يفيد التعهيد الجماعي أيضًا في جمع الآراء من الأفراد والجماعات من خلال ''التفاعل بين الإنسان وبين الحاسبات الآلية'' (Human-Computer Interaction) . وقد صمم ''شو وزملاؤه'' (Xu et al.) تطبيقًا ذكيًا رائعًا يسمح لشركات التعهيد الجماعي بتقديم التغذية الراجعة حول التصميمات المرئية الاحترافية. وتقدم هذه التغذية الراجعة للمصممين آراء مفيدة تساعدهم على مقارنة تصوراتهم بتصورات المستهلكين. ويفيد التعهيد الجماعي في تحقيق ''الأمان النفسي'' (Psychological Safety) لمن يتم استطلاع آرائهم؛ حيث تتيح لهم هذه المنصات الإلكترونية الفرصة للتعبير عن ذواتهم بدون التخوف من الآثار السلبية للتعبير عن الذات، أو الآثار السلبية لذلك على صورة الفرد أو مكانته لدي الآخرين أو مستقبله المهني. كما صمم ''صالحي وزملاؤه'' (Salehi et al.) تطبيقًا ذكيًا يتيح لشركات التعهيد الجماعي تكليف العاملين بتكوين فرق عمل مكونة من الأفراد الذين يشعرون بالراحة من خلال العمل سويًا. وبالإضافة لهذا صمم ''كريبلين وزملاؤه'' (Kriplean et al.) منصة إلكترونية منصة إلكترونية لتشجيع المناقشات السياسية بين الأفراد من خلال توفير المعلومات السياقية، وإمكانية التحقق من صحة المعلومات، وتسهيل تفهم الآراء المخالفة المتصلة بالقضايا الخلافية. ويوجد عدد متزايد من الأبحاث حول توظيف شركات التعهيد الجماعي للوغاريتمات الرياضية في صناعة القرارات. وقد ابتكر ''نوثيجاتو وزملاؤه'' (Noothigattu et al.) منصة إلكترونية عبارة عن آلة أخلاقية تسمح لمستخدميها بتحليل القرارات الأخلاقية المتصلة باستخدام السيارات ذاتية القيادة، وكيفية تجنب الاصطدام بالمشاة، وتكلفة إيذاء ركاب هذه السيارات في أثناء القيادة. ويعتقد ''نوثيجاتو وزملاؤه'' أن البيانات المستقاه من هذه المنصة الإلكترونية يمكن استخدامها في بناء نموذج للتفضيلات المجتمعية التي يمكن

الاختيار من بينها لحل المعضلات الاجتماعية (Berkel, Van Niels, Goncalves, Jorge, Hettiachchi, Danula, Wijenayake, Senuri, Kelly, Ryan M., and Kostakos, Vassilis, 2019, pp. 4-6).

ويساعد التعهيد الجماعي سلاسل المحلات الكبرى على توفير الأعداد الكافية من العمال في أثناء فترات إقبال الزبائن الشديد على شراء السلع، ومواسم جرد المخازن، وإشباع احتياجات العمال بدرجة أفضل. ففي الصين يتم استخدام تطبيق ''ألجوكراود'' (AlgoCrowd) كأحد تطبيقات الذكاء الاصطناعي الهادفة إلى إمداد المصانع والشركات بالأعداد الكافية من العمالبأقل تكلفة ممكنة. ويتم تحميل هذا التطبيق على الهواتف المحمولة الذكية لتحقيق التناغم بين مهارات القوي العاملة وبين احتياجات المصانع. ويسهم هذا التطبيق في حصول العمال أصحاب القدرات والإنتاجية المتساوية على دخول متساوية على المدي الطويل. ويعتمد هذا التطبيق على ''تقنية ليابونوف لتحقيق العائد الأمثل'' (Lyapunov Optimization Technique). ويتيح هذا التطبيق لمديري الشركات تحميل بيانات كل عامل، وتحميل المهام التي يستطيع كل عامل القيام بها، والبدء في تشغيل لوغاريتم الذكاء الاصطناعي. ويتم عرض رسوم بيانية توضح قدرات كل عامل، والأجور السابقة التي كان يحصل عليها، ومقدار إنتاجيته. ثم بعد ذلك يتم إسناد الوظائف المناسبة لكل عامل في صورة توزيع شجري على شاشة الحاسب الآلي. ويمكن زيادة الخيارات المتاحة لتعظيم العائد الاقتصادي من تطبيق هذا اللوغاريتم. ومن خلال الضغط على أيقونة المهام الوظيفية يحصل المدير على تفسير وشرح للأسباب التي تقف وراء إسناد وظيفة معينة لعامل بعينه. ويقدم التطبيق نظامًا آليًا للتشغيل يقوم على ربط المهام الوظيفية بقدرات كل عامل، وعلى تحديث المعلومات المتصلة بكل عامل (Yu, Han et al., 2019, pp. 6575-6576).

وقد تزايد الاهتمام بمنصات التعهيد الجماعي القائمة على تطبيقات الذكاء الاصطناعي في العقدين الأخيرين. وتوضح الإحصاءات أن مصطلح التعهيد الجماعي قد ظهر في أقل من ١٠٠٠ بحث علمي محكم في عام ٢٠٠٨، ثم ازداد ظهوره ليصبح موجودًا ضمن ٢٠ ألف بحث علمي محكم في عام ٢٠١٦. وتوضح الأدبيات الأهمية المتزايدة التي اكتسبتها منصاتالتعهيد الجماعي القائمة على

تطبيقات الذكاء الاصطناعي في السنوات الأخيرة. ومن أبرز هذه المنصات الإلكترونية ما يلي: ''ميكانيكال تورك'' (Mechanical Turk)، و''كراودفلاور'' (Crowdflower)، و''ميكروركار'' (Microworker)، و''كليك وركار'' (Clickworker). كما أخذت الشركات العالمية توظف منصات التعهيد في تحليل النصوص المكتوبة والصور الموجودة علي منصات التواصل الاجتماعي (Whittaker, Meredith, 2018, pp. 32-35). وسوف نحلل في الجزء التالي العلاقة بين الثورة الصناعية الرابعة وبين الحوسبة البشرية.

ذ) الثورة الصناعية الرابعة والحوسبة البشرية:

يصمم العلماء نظم تحكم تكمل وتحسن قدرات الأفراد بحيث يصبح الأفراد وتطبيقات الذكاء الاصطناعي شركاء بدرجات متفاوتة. ويسهم التعاون بين الأفراد وبين التطبيقات المختلفة للذكاء الاصطناعي في تغيير عالم العمل وطبيعة الصناعة بصورة جذرية تشتمل على العديد من التحديات والإشكاليات. وقد شهدت الفترة من عام ٢٠١٦ إلى عام ٢٠١٩ عقد عدة مؤتمرات دولية مرموقة، وورش عمل عالمية، وتشكيل لجان تخطيطية في عدد كبير من الدول بهدف ترسيخ وتعميق التعاون بين الإنسان وبين تطبيقات الذكاء الاصطناعي. وعلى سبيل المثال تحولت ''ورشة الحوسبة البشرية والتعهيد الجماعي بغرض تحقيق هدف بأقل تكلفة ممكنة''(Human Computation and Crowdsourcing Workshop) إلى مؤتمر دولي مرموق يناقش أفضل الأبحاث الهادفة إلى تحسين إمكانات تطبيقات الذكاء الاصطناعي على التفاعل الفعال مع الأفراد في خطوط الإنتاج والمصانع والشركات. كما شهد عام ٢٠١٨ اختيار ''اتحاد تقدم الذكاء الاصطناعي'' (The Association for The Advancement of Artificial Intelligence) لتعزيز التعاون بين الذكاء الاصطناعي وبين الأفراد كموضوع لمؤتمره السنوي المنعقد في هذا العام. وفي شهر مايو من عام ٢٠١٩ خصص أكبر مؤتمر في العالم حول تفاعل الأفراد مع الحاسبات الآلية ورشة عمل بعنوان ''تجسير الفجوة بين الذكاء الاصطناعي وبين التفاعل بين الأفراد وبين الحاسبات الآلية''. وبالإضافة إلى هذا، خصصت ''مجلة التفاعل بين الإنسان وبين الحاسبات الآلية'' (Human-Computer Interaction Journal) عددها الصادر في مارس من عام ٢٠١٩ لتلقي أبحاث تركز على ترسيخ التعاون بين تطبيقات الذكاء الاصطناعي وبين الأفراد وبين الحاسبات الآلية (The Select

Committee On Artificial Intelligence of The National Science & Technology Council. U.S.A., 2019, p. 14).

وفي الولايات المتحدة الأمريكية قامت ''المؤسسة الوطنية للعلوم'' (National Science Foundation) بنشر تقرير بعنوان ''مستقبل أماكن العمل في ظل ابتكارات الحوسبة البشرية''. وتشجع قواعد البيانات الكبرى الباحثين على إجراء أبحاث اجتماعية/تقنية ترتكز على التعاون الوثيق بين التكنولوجيا الذكية وبين الأفراد، وعلى زيادة نسبة الروبوتات والحاسبات الآلية في خطوط الإنتاج، وعلى تعزيز الفوائد الاجتماعية والاقتصادية والبيئية في المصانع والشركات. وتقوم ''الإدارة القومية لبحوث المحيطات والغلاف الجوي'' (National Oceanographic and Atmospheric Administration) بإجراء أبحاث لزيادة مستويات التعاون بين الإنسان وبين تطبيقات الذكاء الاصطناعي في مجالات دراسة الأعاصير والتنبؤ بالكوارث الطبيعية، وتحسين التنبؤات الجوية، وتطوير نظم الإنذار المبكر بهذه الكوارث. كما تقوم هذه الإدارة بالسعي لتحسين دقة التنبؤات البشرية بهذه التغيرات المناخية المدمرة قبل وقوعها بوقت كاف. وفي عام ٢٠١٩ قامت وزارة الطاقة الأمريكية بتنظيم ورشة عمل حول توظيف التعلم باستخدام الآلات في تحديد الأولويات البحثية، وتحسين جودة التعاون بين الأفراد وبين تطبيقات الذكاء الاصطناعي (The Select Committee On Artificial Intelligence of The National Science & Technology Council. U.S.A., 2019, p. 14).

وتمكن الابتكارات الحديثة في مجال الذكاء الاصطناعي الباحثين في مجال الحاسب الآلي ومجال تكنولوجيا المعلومات من دمج مجموعة متنوعة من قدرات الذكاء الاصطناعي ضمن نظم الحوسبة البشرية. فعلي سبيل المثال أدي تزايد دقة التعرف على الأنماط المتشابهة إلى تزايد أعداد التطبيقات المتصلة بالتعرف على الأصوات البشرية، والترجمة، والتعرف على الأشياء، والتعرف على وجوة الأفراد. ونظرًا لأن الاستنتاجات التي يتوصل إليها الحاسب الآلي تتسم بشيء من اللايقين والأخطاء الحاسوبية سعي الباحثون إلى تصميم نظم للذكاء الاصطناعي تدمج الخصائص البشرية ضمن هذه النظم القائمة على الحاسبات الآلية. وبالتالي تسعي

هذه النظم القائمة على الحوسبة البشرية إلى تفادي الأنماط السلوكية المضللة والعنيفة والخطرة والتي لا يمكن التنبؤ بها.

''وتشير زيادة أعداد البحوث المتصلة بالتعلم باستخدام الآلات المتمحور حول الأفراد إلى قدم تاريخ الأبحاث في مجال الذكاء الاصطناعي ومجال التفاعل بين الإنسان وبين الحاسبات الآلية، وإلى تزايد السعي لحل المشكلات البحثية المرتبطة بهذين المجالين. وقد وصف 'جرودين' (Grudin) تاريخمجال الذكاء الاصطناعي ومجال التفاعل بين الإنسان وبين الحاسبات الآلية، وكيف كان الازدهار في أحد هذين المجالين مرتبطًا بانخفاض التمويل المخصص للمجال الثاني. كما حلل ''وينوجراد'' (Winograd) نقاط قوة ونقاط ضعف ومعايير العقلانية المتصلة بالذكاء الاصطناعي والتعلم القائم على استخدام الآلات وعلوم البيانات ومجال التفاعل بين الإنسان وبين الحاسبات الآلية، وطبيعة العلاقة بين هذه المجالات البحثية وبين المشكلات البشرية المعقدة. وقد تحققت فروض ''جرودين'' المتصلة بالعلاقة التبادلية بين مجال التفاعل بين الإنسان وبين الحاسبات الآلية وبين مجال الذكاء الاصطناعي بعد ذلك. ويركز التعلم باستخدام الآلات المتمركز حول البشر على رغبة الباحثين في إيجاد حلول للمشكلات البشرية المعقدة مثل تحديد المواد المضرة بالآخرين على شبكة الإنترنت، وكيفية تحديد الأخبار المضللة والزائفة، وكيفية التعامل مع الكوارث المعلوماتية. وقد كان ازدياد أعداد الأبحاث في مجال الذكاء الاصطناعي ومجال التفاعل بين الإنسان وبين الحاسبات الآلية مصحوبًا بتعمق مفهوم العلاقة الراسخة بين الحاسبات الآلية وبين البشر. ويدعو مفهوم العلاقة الراسخة بين الحاسبات الآلية وبين البشر إلى دمج الأبعاد الشخصية والاجتماعية والثقافية في الابتكارات التكنولوجية، وإلى أخذ مصالح الأطراف المشاركة في هذه الابتكارات التكنولوجية في الاعتبار. ويعتقد ''كلينج وستار'' (Kling & Star) أنه لا يوجد حل بسيط لاستخدام الحوسبة البشرية. ويعترف ''بانون'' (Bannon) بوجود مسارات مختلفة للحوسبة البشرية مثل المسار المباشر أو مسار التخصصات البينية أو المسار العميق القائم على مجموعة مشتركة من القيم (Chancellor, Stevie, Baumer, Eric, P.S., and De Choudhury, Munmun, 2019, p. 3).

وأحد أوجه الحوسبة البشرية توظيف استراتيجيات التنقيب عن البيانات لتحقيق مكاسب اقتصادية. ومن الأمثلة على ذلك قيام شركات التأمين الصحي الخاصة بتقديم خصم مالي للعملاء الذين يضعون حول معصمهم سوار إلكتروني

لتتبع حركاتهم، أو يدخلون بياناتهم الشخصية في تطبيق حاسوبي حول أنواع الطعام التي يقومون بتناولها وذلك لمتابعة وتحليل عاداتهم الغذائية. كما تقدم شركات التأمين على السيارات ضد الحوادث بتقديم خصم مالي للعملاء الذين يسمحون بتركيب جهاز للتتبع المكاني الدولي وجهاز لتحديد السرعة داخل سياراتهم. وتستفيد شركات التأمين على السيارات من ذلك في تحديد أساليب قيادة السائقين، وفي ربط قيمة التعويض المقدم لمالكي السيارات في حالة وقوع حوادث بتاريخ السائق في القيادة بسرعة معينة، وفي التنبؤ المستقبلي بإصابة بعض الأفراد بأمراض معينة، وفي تحديد معدلات الحوادث التي تقع في طرق مرورية بعينها. ومن ثم تقوم الحوسبة البشرية بتصنيف البيانات الشخصية، وبربطها بحوافز مالية (Muhlhoff, Rainer, 2019, p. 10).

وينظر ''لويس فون آهين'' (Luis Von Ahn) إلى الأفراد في الحوسبة البشرية كأدوات مثلها مثل الحاسبات الآلية تستطيع أداء مهام محددة بدقة وشديدة التنظيم. وترتكز الحوسبة البشرية على قيام الأفراد بتنفيذ مهام فرعية محددة ضمن منظومة لوغاريتمية أشمل يشترك في تنفيذها عدد كبير من الأفراد والحاسبات الآلية. وينظر ''فون آهين'' إلى الحوسبة البشرية كنموذج معرفي يستند على الاستفادة من القدرات البشرية في حل المشكلات بالغة التعقيد والتي لا تستطيع الحاسبات الآلية وحدها حلها. ويشير بعض علماء القدرات العقلية إلى الحوسبة البشرية باعتبارها مجال يقوم على تصميم نماذج حاسوبية تهدف إلى تفسير كيفية تفكير العقول البشرية في العالم. ومن ثم تسهم الحوسبة البشرية في تجاوز التفكير البشري للتركيز الراهن على الهياكل المعروفة مسبقًا. ويساعد التفكير الجماعي في تحليل المشكلات المعقدة، وإيجاد حلول أفضل لها. وترتكز عمليات التفكير الجماعي هذه على الحوار بين الأفراد بصورة تحسن من التعلم من بعضهم البعض، وتحسن من قدرتنا على مواجهة التحديات الصعبة. وبالتالي، فإن منع الحوار بين الأفراد يقلص من قدرتنا على التعلم الجماعي والتفكير الجماعي (Nagar, Yiftach, 2011, pp. 800-804). وبعد أن حللنا الارتباط بين الثورة الصناعية الرابعة وبين الحوسبة البشرية، سوف نحلل العلاقة القوية بين الثورة الصناعية الرابعة وبين نظرية الألعاب القائمة على اللوغاريتمات.

ر) الثورة الصناعية الرابعة ونظرية الألعاب القائمة على اللوغاريتمات:

تدرس بحوث ''نظرية الألعاب القائمة على اللوغاريتمات'' (Algorithmic Game Theory) المشكلات المتصلة بتعظيم العائد من سلعة ما عندما تكون البيانات المتصلة بتكلفة أداء مهمة معينة أو هذه السلعة مجهولة، وعندما يجب تقدير قيمة هذه التكلفة من الأفراد المهتمين بذلك. وتعد المزادات أصدق مثال على هذا النوع من البحوث؛ حيث تتصل البيانات الخاصة برغبة المزايدين في دفع ثمن سلعة معينة معروضة للبيع، وعندما تكون المشكلات المتصلة بتعظيم العائد من بيع السلعة ترتبط بزيادة حجم الأرباح أو القيمة الكلية بالنسبة للمجتمع. وبالتالي تسعي بحوث هذه النظرية إلى تقديم آلية تسهل التفاعل بين المشاركين، وتضع حلا لهذه المشكلات (Roughgarden, Tim, 2009, pp. 1-2).

وكانت ''نظرية الألعاب'' (Game Theory) في بداياتها فرعًا من فروع الرياضيات يهتم بدراسة التفاعلات بين الأطراف العقلانية والأطراف المهتمة بتحقيق مصالحها الشخصية. وظهر هذا التخصص في الأربعينيات والخمسينيات من القرن العشرين. ومنذ أواخر التسعينيات من القرن العشرين بدأت ''نظرية الألعاب'' تجذب انتباه الباحثين في علوم الحاسب الآلي. وبمرور الوقت بدأ علماء الاقتصاد في الاهتمام بالنظم ذات الخصائص الحاسوبية التي تمثل عوائق خطيرة للممارسات العملية، وأخذوا يتعاونون مع علماء الحاسب الآلي في دراسة المزادات التوافقية. وهناك عدة مزايا لأبحاث ''نظرية الألعاب القائمة على اللوغاريتمات''. ومن بين هذه المزايا أن استخدام هذا التخصص الفرعي يؤكد على أوجه التشابه بين بحوث الذكاء الاصطناعي وبين بحوث علماء الحاسب الآلي، وأن ''النظم متعددة الوكلاء'' (Multi-agent Systems) تعد مجالا بحثيًا كبيرًا أشمل من نظرية الألعاب. وبالتالي، فمن المنطقي أن يوجد مجال بحثي لدراسات النظم متعددة الوكلاء التي تتبني مدخلا يقوم على توظيف بحوث الألعاب. ومن الخصائص المميزة لبحوث ''نظرية الألعاب القائمة على اللوغاريتمات'' اهتمامها بتحليل النظم العملية متعددة الوكلاء. ومن الخصائص الأخرى لها تأكيدها على أهمية توضيح النماذج النظرية، وأهمية جعلها أكثر واقعية، والاهتمام بالمشكلات الكبرى، واستخدام التقنيات الحاسوبية المواقف الأكثر تعقيدًا، وإيجاد حلول لكيفية تصرف الوكلاء في ظل المنافسة (Elkind, Edith, and Leyton-Brown, Kevin, 2010, pp. 9-10).

ز) الثورة الصناعية الرابعة والاختيارات الاجتماعية الحاسوبية:

ويعد الاختيارات الاجتماعية الحاسوبية مجالا قائمًا على التخصصات البينية يرتكز على دمج ''نظرية الخيار الاجتماعي'' (Social Choice Theory) مع علوم الحاسب الآلي. ويهتم مجال الاختيارات الاجتماعية الحاسوبية بتطبيق التقنيات المبتكرة في علوم الحاسب الآلي مثل تحليل المعقدات والتصميم اللوغاريتمي في دراسة آليات الاختيار الاجتماعي مثل إجراءات التصويت في الانتخابات و''لوغاريتمات التوزيع العادل للموارد'' (Fair Division Algorithms). كما يهتم مجال الاختيارات الاجتماعية الحاسوبية أيضًا بالاستفادة من مفاهيم نظرية الخيار الاجتماعي في دراسة القضايا الحاسوبية. ''وتتناول نظرية الخيار الاجتماعي قضية كيفية حساب تفضيلات مجموعة من الأفراد للوصول إلى تفضيل جماعي كافي يعمل كأساس لصناعة قرارات جماعية مقبولة. ونتيجة لأهمية نظرية الخيار الاجتماعي حصل أبرز منظروها مثل العالم ''كينيث أرو'' (Kenneth Arrow)، و''أمارتيا سين'' (AmartyaSen) على جائزة نوبل. ومن أبرز الاستخدامات الحديثة لنظرية الخيار الاجتماعي توظيفها في بحوث الإنترنت، و''نظم دعم القرار'' (Decision Support Systems)، والشبكات الاجتماعية، والتجارة الإلكترونية، ونظم الحكم الإلكترونية. وتسهم نظرية الخيار الاجتماعي بصور متعددة في بحوث الإنترنت. فمن ناحية يمكن استخدامها في تصنيف ترتيب المواقع ومحركات البحث على شبكة الإنترنت، كما يمكن تقدير نظرة الجماهير إلى موقع بعينه تم ذكره في عدة صفحات على شبكة الإنترنت، ومن ثم التصويت على جودته. ويستخدم تطبيق ''التصويت على جودة المواقع على شبكة الإنترنت'' (PageRank) الذي صممته شركة جوجل في هذا. كما تستخدم نظرية الخيار الاجتماعي أيضًا في نظم دعم القرار لمساعدة مجموعة من الأفراد على اتخاذ قرارات أكثر عقلانية مثل تحديد المشروعات التي يجب منحها الأولوية في التمويل، أو اختيار أفضل المرشحين لشغل وظيفة معينة'' (Endriss, Ulle, 2011, pp. 68-70). وبالإضافة إلى ما سبق يتم توظيف نظرية الخيار الاجتماعي في اتخاذ القرارات الجماعية في مجالات الشبكات الاجتماعية، والتجارة الإلكترونية، ونظم الحكم الإلكترونية. وتساعد هذه النظرية في إرساء أسس عمليات تجنب النواتج المعادية للحدس، وفي ضمان احترام الظروف المتصلة بالعدالة. ويتم

الاستفادة من الاختيارات الاجتماعية الحاسوبية في دراسة ''نظرية المعقدات'' (Complexity Theory)، و''علم اللوغاريتمات'' (Algorithmics)، و''تمثيل المعرفة'' (Knowledge Representation)، و''علم المنطق الحاسوبي'' (Computer Logic). ومن أشهر الأمثلة على الاختيارات الاجتماعية الحاسوبية استخدام نظرية المعقدات في منع التلاعب في الانتخابات. ونتيجة للصعوبة الشديدة التي تكتنف تطبيق آليات الخيار الاجتماعي المعقدة يحتاج الباحثون إلى تقنيات معقدة ترتكز على اللوغاريتمات الرياضية. وتعتمد بدائل السيناريوهات التي يتم المفاضلة بينها على ''تراكيب توافقية'' (Combinatorial Structures). وبالتالي توجد أعداد كبيرة جدًا من المتغيرات؛ الأمر الذي يتطلب وجود تقنيات متقدمة لتمثيل المعرفة وللتعبير الدقيق عن تفضيلات الأفراد. ويوظف الباحثون علم المنطق الحاسوبي في تحديد سلوكيات نظم الحاسب الآلي، وفي التحقق من وجود خصائص مرغوبة معينة لهذه النظم، وفي تحليل آليات الاختيار الاجتماعي (Endriss, Ulle, 2011, pp. 70-71).

ونتيجة لتزايد استخدام اللوغاريتمات الرياضية في العقدين الأخيرين في مجال نظرية الخيار الاجتماعي، ظهر إلى حيز الوجود مجال ''الاختيارات الاجتماعية الحاسوبية'' (Computational Social Choice) كمجال بحثي قائم على التخصصات البينية، وتوظيف علوم الرياضيات والاقتصاد وعلم المنطق الحاسوبي وعلوم الحاسب الآلي معًا في دراسة الظواهر. ويستخدم مجال الاختيارات الاجتماعية الحاسوبية في تحليل الجوانب الحاسوبية لتصويت الأفراد في الانتخابات وتفضيلاتهم السياسية في الانتخابات أو استطلاعات الرأي. كما يوظف الباحثون مجال الاختيارات الاجتماعية الحاسوبية أيضًا في تحديد الاحتمالات الأكيدة والمحتملة لفوز مرشحين بعينهم في ظل تغيير قواعد التصويت في الانتخابات (Kimelfeld, Benny, Kolaitis, Phokion G., and Stoyanovich, Julia, 2018, p. 317). وبعد أن تناولنا بالشرح الاختيارات الاجتماعية الحاسوبية، سوف نحلل تداعيات الثورة الصناعية الرابعة على الهندسة العصبية.

س) الثورة الصناعية الرابعة والهندسة العصبية:

تهدف منصات ''الهندسة العصبية'' (Neuromorphic Computing) إلى محاكاة ''الشبكات العصبية الاصطناعية غير المسبوقة'' (Spiking Neural Networks) من خلال توزيع العمليات الحاسوبية وعمليات الذاكرة على

عدد كبير من الوحدات الحاسوبية صغيرة الحجم؛ حيث تقوم الخلايا العصبية بنقل المعلومات من خلال الموجات الكهربائية السريعة غير المتزامنة إلى مئات أو آلاف الخلايا العصبية الأخرى عن طريق الوصلات العصبية. وقد أدت خصائص الحدث المقادة للشبكات العصبية الاصطناعية غير المسبوقة إلى تراكيب حاسوبية عالية الكفاءة تقوم على شغل وحدات الذاكرة ووحدات معالجة البيانات لنفس الحيز المكاني، وإلى تقليل المهام التي ينفذها الحاسب الآلي في نفس الوقت، وإلى تقليل تكاليف الطاقة. ومن أبرز الأمثلة العالمية على تطبيقات الهندسة العصبية ''منصة الشراع الضخم التي صممتها جامعة مانشستر'' (SpiNNaker)، و''منصة الشمال الحقيقي التي صممتها شركة آي بي إم'' (TrueNorth)، و''منصة لوهي التي صممتها شركة إنتل'' (Loihi)، و''منصة المقاييس الذكية التي صممتها جامعة هيدلبيرج'' (BrianScales)، و''منصة الشبكة العصبية التي صممتها جامعة ستانفورد'' (NeuroGrid)، و''منصةداياناب التي صممها معهد المعلوماتية العصبية بجامعة زيورخ'' (DYNAP)، و''منصة أودين التي صممتها الجامعة الكاثوليكية في مدينة لوفين'' (ODIN). وقد أسهمت الابتكارات الحديثة في مجال الأجهزة العصبية التي توظف تكنولوجيا النانو إلى زيادة مستويات الكفاءة في استخدام الطاقة والوصلات العصبية (Rajendran, Bipin, Sebastian, Abu, Schmuker, Michael, Srinivasa, Narayan, and Eleftheriou, Evangelos, 2019, p. 2).

وتعمد هذه المنصات على تطبيقات ''نظم الإلكترونيات البلاستيكية العصبية القابلة للتطوير'' (Systems of Neuromorphic Adaptive Plastic Scalable Electronics) التي مولت أبحاثها ''هيئة مشروعات الأبحاث المتقدمة التابعة لوزارة الدفاع الأمريكية'' في عام ٢٠٠٨. واستهدفت تطبيقات ''نظم الإلكترونيات البلاستيكية العصبية القابلة للتطوير'' تصميم نظام حاسوبي عصبي يحاكي وظائف المخ البشري. وقد وظفت شركة ''آي بي إم'' هذه التطبيقات في تصميم ''منصة الشمال الحقيقي'' باستخدام ٥ مليارات صمام ثنائي ''ترانسيستور'' يشكلون ٢٥٦ مليون خلية عصبية اصطناعية في عام ٢٠١٤. وتستهلك ''منصة الشمال الحقيقي'' طاقة قدرها ٦٨ مليون وات بمدخلات مرئية تبلغ 240 X 400 بيكسيل في ٣٠ جهاز للحاسب الآلي في الثانية الواحدة. كما

وظفت جامعة مانشستر هذه التطبيقات في تصميم ''منصة الشراع الضخم'' التي ترتكز على حاسب آلي عصبي عملاق يستخدم أكثر من مليون معالج بيانات (Processor) بهدف محاكاة سلوك مليون خلية عصبية؛ وهو عدد يزيد عن ١٠ أمثال الخلايا العصبية الموجودة لدي حيوان الفأر. وبالإضافة إلى ما سبق نفذت شركة ''آي بي إم'' مشروع ''المخ الأزرق'' (Blue Brain) الهادف إلى محاكاة أجزاء من مخ الفأر باستخدام الحاسب الآلي العملاق الذي نفذته الشركة وأطلقت عليه اسم ''الجين الأزرق'' (BlueGene). ولما كانت محاكاة العمليات العصبية المعقدة التي يقوم بها العقل البشري تتطلب استهلاك كميات ضخمة من الطاقة، فمن الضروري ابتكار تطبيقات العصبية قابلة للتطوير تستهلك مقادير أقل من الطاقة. وتوظف ''منصة المقاييس الذكية التي صممتها جامعة هيدلبيرج'' 'الدوائر المتناظرة' (Analog Circuits) نظرًا لأن هذه الدوائر أسرع وتستهلك قدرًا أقل من الطاقة. وتستخدم ''منصة الشبكة العصبية التي صممتها جامعة ستانفورد'' 'حوسبة الدوائر المتناظرة' (Analog Computation) لمحاكاة قنوات نقل الأيونات في العقل البشري ومحاكاة التواصل الرقمي لنقل الرسائل من خلال الخلايا العصبية. ويؤدي توظيف 'حوسبة الدوائر المتناظرة' إلى تقليل حجم الطاقة المستخدم بنسبة ٥٠٠% مقارنة باستخدام الحاسبات الآلية العملاقة. وعلى الرغم من التقدم الهائل في محاكاة تطبيقات الهندسة العصبية للجهاز العصبي للإنسان، إلا أن الجهاز العصبي البشري يتفوق على مثيله الاصطناعي في صغر حجمه وقدرته على أداء عدد أكبر من المهام على التوازي في نفس الوقت (Upadhyay, Navnidhi K., Joshi, Saumil, Yang, J. Joshua, 2016, pp. 3-5).

وتوجد تطبيقات كثيرة للهندسة العصبية في مجال المدن الذكية، والمعالجة فائقة السرعة للمعلومات في السيارات ذاتية القيادة، والتعرف الأكثر دقة على تفاصيل الوجوه البشرية. واستخدمت شركة ''آي بي إم'' ''منصة الشمال الحقيقي'' في تحديد المشاة والسيارات المتحركة في الشوارع بقدر منخفض من الطاقة، وفي التعرف على أصوات الأشخاص وعلى صورهم. وتسعي الشركات التكنولوجية الضخمة إلى توظيف الهندسة العصبية في الأنشطة التعليمية. وقد خلص الباحثون إلى أن ''منصة لوهي التي صممتها شركة إنتل'' تزيد من سرعة التعلم بمقدار مليون مرة عن السرعة في ''الشبكات العصبية الاصطناعية غير المسبوقة''، كما تفوق سرعتها في حل المشكلات المتصلة بالتعرف الرقمي على الأشياء سرعة ''قاعدة بيانات المعهد القومي الأمريكي المعدلة للمعايير

والتكنولوجيا'' (Modified National Institute of Standards and Technology Database). وتفيد الهندسة العصبية أيضًا في رسم تصورات أكثر تعقيدًا للوصلات العصبية في أمخاخ الحيوانات، وتحليل آليات عمل هذه الأمخاخ، والتفسير الأكثر دقة للصور، وكيفية محاكاة المخ البشري باستخدام الحاسبات الآلية فائقة الضخامة (Beijing Innovation Center For Future Chips at Tsinghu University, 2018, pp. 39-40).

وتقوم الهندسة العصبية على التعلم من المخ البشري في تصميم شرائح الحاسب الآلي بحيث تدمج هذه الشرائح المستحدثة الذاكرة مع عمليات معالجة البيانات. ففي المخ البشري تقوم الوصلات العصبية بتوفير ذاكرة مباشرة للخلايا العصبية التي تقوم بدورها بمعالجة المعلومات. ويبذل الباحثون جهودًا ضخمة لفهم كيفية الاستفادة من لوغاريتمات جديدة في تصميم تراكيب حاسوبية مستحدثة تتعلم من خصائص الجهاز العصبي البشري، وتنفذ مهام أكبر وأفضل في الحاسبات الآلية. وتتجاوز الهندسة العصبية التكنولوجيا الراهنة للحاسبات الآلية، وتسعي لتصميم أنواع جديدة من الذاكرة الحاسوبية تمزج بين الدوائر المتناظرة وبين العناصر الرقمية لمعالجة البيانات. كما يسعي الباحثون في مجال الهندسة العصبية أيضًا إلى بناء نظم حاسوبية عالية الكفاءة تستطيع معالجة أحجام أضخم من المعلومات بقدرة أعلى من الكفاءة وباستخدام مستويات أقل من الطاقة. وتقوم هذه النظم الحاسوبية عالية الكفاءة بتقليد طريقة عمل المخ البشري، وتستطيع معالجة أحجام أكثر ضخامة من المعلومات من خلال سقالات إلكترونية (Scaffoldings) تحاكي طريقة عمل الوصلات العصبية في المخ وتوظف تكنولوجيا النانو متناهية الصغر. وتتصف هذه النظم الحاسوبية المستحدثة برخص ثمنها، وباعتمادها على المزج بين تكنولوجيا النانو وتكنولوجيا الحاسبات الآلية (Strukov, Dmitri, Indiveri, Giacomo, and Grollier, Julie, 2019, pp. 1-5).

وبعد أن حللنا العلاقة بين الثورة الصناعية الرابعة وبين الهندسة العصبية، سوف نتناول تداعيات الثورة الصناعية الرابعة على نظم التعلم الذكية.

ش) الثورة الصناعية الرابعة ونظم التعلم الذكية:

نشأت ''نظم التعلم الذكية'' (Intelligent Tutoring Systems) نتيجة لمعامل الأبحاث الضخمة مثل ''مشروع الأسباب وراء حدوث الظواهر–أطلس ٢''

(Why-2 Atlas) التي قامت ساندت الحوار بين الإنسان وبين الآلات لحل المشكلات في مجال الفيزياء. وكان الانتقال السريع لنظم التعلم الذكية من المعامل البحثية إلى المجالات التطبيقية تطورًا يثير الدهشة. وقد ابتكرت الشركات التكنولوجية عدة تطبيقات مثل ''تطبيق كارنيجي للتحدث'' (Carnegie Speech)، و''تطبيق اللغة الثنائية'' (Duolingo) لتدريب التلاميذ على نطق الكلمات في اللغات الأجنبية من خلال تقنية ''التعرف على النطق بصورة آلية'' (Automatic Speech Recognition) وتقنيات معالجة اللغات الطبيعية. وتفيد تقنيات معالجة اللغات الطبيعية في تحديد الأخطاء اللغوية، وفي تصحيحها. ويتم استخدام نظم التعلم الذكية مثل ''نظام كارنيجي للتدريس'' (Carnegie Cognitive Tutor) في المدارس الثانوية الأمريكية في تعلم الرياضيات. كما قامت شركات أخري بتصميم نظم ذكية للتعلم لتدريس الجغرافيا، والدوائر المتكاملة، وتشخيص الأمراض في التخصصات الطبية، وتدريس مفاهيم الحاسب الآلي ومفاهيم البرمجة، وتدريس علوم الوراثة، والكيمياء. وتقلد هذه النظم المعلمين من خلال تقديم المساعدة للتلاميذ عندما يواجهون صعوبات في فهم بعض المفاهيم والمصطلحات. كما تقدم التغذية الراجعة للتلاميذ، وتساعدهم على تصحيح أخطائهم (Stanford University, 2016, pp. 31-32).

وتقوم نظم التعلم الذكية على إجراء حوار بين الحاسب الآلي وبين المتعلم. ومن الأمثلة على ذلك تطبيق ''المعلم الآلي'' (AutoTutor) الذي يرتكز على إجراء حوارات باللغات الطبيعية بين الحاسب الآلي وبين الطلاب، ومحاورات لغوية شفوية غير دقيقة، ومستوي يتراوح بين المنخفض والمتوسط في المستوي المعرفي الخاص بالتخصص، وإجابات حرفية محددة. كما تقوم نظم التعلم الذكية أيضًا على ''تتبع النموذج'' (Model Tracing). ويرتكز تتبع النموذج على نظرية التعلم والتفكير البشري التي طورها ''أندرسون'' (Anderson) بعنوان ''التحكم المتكيف مع التفكير والعقلانية'' (Adaptive Control of Thought-Rational). وقد طبقت جامعة ''كارنيجي ميلون'' (Carnegie Mellon) الأمريكية نظام تتبع النموذج في تصميم معلم آلي يقوم بتدريب الطلاب على المهارات من خلال مجموعة من القواعد المتصلة بحل المشكلات. وتتكون هذه القواعد من العمليات والظروف التي يتم اختيارها بهدف المحاكاة الواقعية لكيفية قيام الأفراد بحل المشكلات. وهناك نوع ثالث لنظم التعلم الذكية يسمي ''النمذجة القائمة على القيود'' (Constraint-based Modeling). وتقوم النمذجة القائمة

على القيود على نمذجة سلوك التلاميذ؛ وهي تختلف عن تطبيقات تتبع النموذج. وترتكز ''النمذجة القائمة على القيود'' على ''نظرية أوهلسون للتعلم من أخطاء الأداء'' (Ohlsson's theory of Learning From Performance Errors). ويتم تقديم المعرفة في النمذجة القائمة على القيود في صورة قيود منطقية بحيث يرتبط كل قيد بالحالات التي يمكن أن توجد عند حل مشكلة معينة (Ma, Wenting, Adesope, Olusola O., Nesbit, John C., and Liu, Qing, 2014, pp. 901-904).

ومن الأمثلة الأخرى على نظم التعلم الذكية ''نظام بنية البيانات المتحركة للتعلم الذكي'' (Animated Data Structure Intelligent Tutoring System). وهو نظام للتعلم على برنامج جافا لتحسين فهم الطلاب لهياكل البيانات مثل ''القوائم الخطية المتصلة'' (Linkedlists)، و''المكدسات'' (Stacks)، و''الصفوف'' (Queues)، و''شجرة البيانات'' (Trees)، والأشكال البيانية. وقد تم ابتكار ''نظام بنية البيانات المتحركة للتعلم الذكي'' في ''جامعة نانيانج التكنولوجية'' (Nanyang Technological University) في سنغافورة في عام ١٩٩٧ لتدريب الطلاب على عرض هياكل البيانات بصورة بيانية على شاشة الحاسب الآلي، وعلى تعلم كيفية استخدام اللوغاريتمات المتصلة بذلك. ومن الأمثلة الكندية لنظم التعلم الذكية ''نظام بايزي للتعلم الذكي'' (Bayesian Intelligent Tutoring System). وهو نظام ابتكره الباحثون في قسم علوم الحاسب الآلي بجامعة ''ريجينا'' الكندية (University of Regina) في عام ٢٠٠٤. ويساعد ''نظام بايزي للتعلم الذكي'' الطلاب على تصفح المواد العلمية على شبكة الإنترنت، وتحديد أهداف التعلم، وتحديد الوقت المحدد لتعلم كل جزء من أجزاء المنهج الدراسي، وتحديد الحد الأدنى من المعارف اللازمة لفهم كل محور من محاور المنهج الدراسي، ويقدم قائمة بالقراءات المتعمقة لأجزاء المنهج الدراسي (Dasic, Predrag, Dasic, Jovan, Crvenkovic, Bojan, and Serifi, Veis, 2016, pp. 86-87).

وبعد أن حللنا العلاقات المتشابكة بين الثورة الصناعية الرابعة وبين نظم التعلم الذكية، سوف نتناول بالتحليل انعكاسات الثورة الصناعية الرابعة على تحليل التقارير حول التعلم.

ص) الثورة الصناعية الرابعة وتحليل التقارير حول التعلم:

ويشير ''تحليل التقارير حول التعلم باستخدام الحاسب الآلي'' (Computer- supported Learning Analytics) إلى استخدام تقنيات التنقيب في البيانات لاستخلاص معلومات عن علاقة الطلاب بنظم إدارة التعلم. ونظرًا لاحتياج المعلمين إلى المتابعة الدائمة لأنشطة تعلم التلاميذ، وإلى تقويم تحصيل التلاميذ الدراسي وتحديد مدي تأثرهم بالعوامل التعليمية، يجب صياغة تقارير تحدد فاعلية أداء المعلمين التدريسي وفاعلية طرق التدريس ومدي جودة المناهج الدراسية. ويتم تطبيق تقنيات التنقيب عن البيانات وتحليل التقارير حول التعلم في تحديد المشكلات التي تواجه تعلم التلاميذ. وتساعد التقارير الناتجة عن هذه التقويمات في تحديد مقدار المساعدة التربوية التي يجب تقديمها للتلاميذ ضعاف التحصيل الدراسي، وفي تحديد نقاط قوة ونقاط ضعف التلاميذ في تعلم المناهج الدراسية المختلفة. وبالتالي تسهم البيانات الناجمة عن نظم إدارة التعلم في تحديد درجة تفضيل التلاميذ لدراسة مقررات دراسية بعينها، وفي تحديد درجة اتقان الطلاب لأجزاء معينة من المحتوي المعرفي، وفي تطوير المناهج الدراسية. وبالتالي يستطيع المعلمون تحديد مستوي اتقان التلاميذ لنواتج التعلم، وتحديد الأجزاء الصعبة في المناهج الدراسية، وتحليل أساليب تعلم التلاميذ، وتحديد سبل زيادة فاعلية التحصيل الدراسي، وتطوير طرق التدريس المستخدمة في تنمية المهارات العقلية للتلاميذ، وتحديث الوسائط التعليمية. وبعبارة أخري تسهم تقنيات التنقيب في البياناتوتحليل التقارير حول التعلم في تحديد المجالات التي تميز التعلم التعاوني، وتحديد نقاط قوة الشبكات الاجتماعية، وزيادة فاعلية التعلم الذاتي والتقويم الذاتي، وتحسين بيئة التعلم (Aldowah, Hanan, Al-Samarraie, Hosam, and Fauzy,Wan Mohamad, 2019, p. 17).

فقد استخدم ''روس وزملاؤه'' (Rus et al.) تحليل التقارير لتقويم النصوص التي يكتبها التلاميذ لقياس تحصيل التلاميذ الدراسي لمادة العلوم باستخدام قاعدة بيانات أعدها الخبراء المتخصصون في تدريس العلوم. وابتكر ''بيك وسيسون'' (Beck and Sison) أسلوبًا لتقويم درجة اتقان التلاميذ لمهارات القراءة باستخدام تقنيات التعرف على العبارات المنطوقة واحتمالات الخطأ في قراءة بعض النصوص. وبالإضافة إلى هذا، صمم ''ديميلو وزملاؤه'' (D'Mello et al.) تطبيقًا على الحاسب الآلي يستخدم الحوارات المنطوقة في تحديد درجة الملل

والإحباط والارتباك عند التلاميذ. ويستخدم الباحثون أفلام الفيديو المصورة وتقنيات تتبع حركات التلاميذ في دراسة قدرة طلاب الجامعات على التصميم الهندسي وبناء تراكيب هندسية عالية الارتفاع. وتفيد أفلام الفيديو المصورة في تحديد تصورات الطلاب المتصلة بالهندسة الميكانيكية والفيزياء، وقياس درجة تقدم الطلاب في تنفيذ المهام الموكلة إليهم (Blikstein, Paulo, 2013, pp. 102-105).

وفي الولايات المتحدة الأمريكية تستخدم ''جامعة ولاية أريزونا'' (Arizona State University) تقنيات تحليل التعلم التي أنتجتها شركة ''نيوتون'' (Knewton) منذ عام ٢٠١١ في تصميم مسارات للتعلم الفردي لآلاف الطلاب لتحسين تحصيلهم الدراسي في مادة الرياضيات. كما تستخدم ''جامعة ولاية جورجيا'' (Georgia State University) في تقليل الفجوة في التحصيل الدراسي بين الطلاب البيض والطلاب الذين ينتمون للأقليات، وبين الطلاب الأغنياء والطلاب الفقراء. وتستخدم ''جامعة بورديو'' (Purdue) تقنيات تحليل التعلم وتطبيقات التنقيب في البيانات في تحسين طرق التدريس وتحصيل الطلاب الدراسي. وقد أصدرت وزارة التربية والتعليم الأمريكية في عام ٢٠١٢ تقريرًا موجزًا حول كيفية استخدام المعلمين لتقنيات تحليل التعلم، وسبل تشجيع الجامعات والمدارس على استخدام هذه التقنيات الذكية الحديثة. ويقوم صانعو السياسات التعليمية في وزارات التربية والتعليم في الولايات المختلفة وفي الجامعات المرموقة بتوظيف تقنيات تحليل التعلم في تحليل نقاط قوة ونقاط ضعف المتعلمين مع الحفاظ على خصوصية المتعلمين (Ferguson, R., Brasher, A., Clow, D., Cooper, A., Hillaire, G., Mittelmeier, J., Rienties, B., Ullmann, T., and Vuorikari, R., 2016, p. 19).

وفي عام ٢٠١٢ قامت ''مؤسسة إيدكوز'' (Educasue) بنشر تقرير بعنوان ''فهم وإدارة مخاطر تقارير تحليل التعلم في مؤسسات التعليم العالي''. ويتناول هذا التقرير التحديات المصاحبة لتوظيف تحليل التقارير حول التعلم، ومخاطر إدارة بيانات الطلاب، وسبل حماية البيانات من الناحية القانونية، وكيفية جمع البيانات، وطرق حفظ هذه البيانات، وكيفية تنظيم إطلاع أعضاء هيئة التدريس والإداريين على بيانات التلاميذ. ويحلل تقرير ''مؤسسة إيدكوز'' آليات تحسين جودة البيانات، وكيفية التعامل مع البيانات المنقوصة، وسبل تصحيح البيانات

الخاطئة، وآليات تنظيم إطلاع أطراف خارجية على بيانات الطلاب. وفي عام ٢٠١٤ نشر ''تحالف تحقيق الامتياز في التعليم'' (The Alliance for Excellent Education) تقريرًا رصينًا بعنوان ''محفزات ومعوقات استخدام تحليل التقارير حول التعلم''. وتناول هذا التقرير آثار توظيف تحليل التقارير حول التعلم في المؤسسات التعليمية، وكيفية الاستفادة من هذه التقرير في تحسين التحصيل الدراسي للفئات المهمشة، وتقليل معدلات تسرب التلاميذ من المدارس الثانوية، وزيادة معدلات تخرج التلاميذ من المدارس الثانوية، والدواعي وراء استخدام هذه التقارير، وسبل تحسين قدرات من يستخدمون هذه التقارير، وأهمية تأسيس ثقافة الاستنارة في صنع القرارات وتحديث البنية التحتية التكنولوجية في المؤسسات التعليمية، وضرورة تطوير قدرات المعلمين وأساتذة الجامعات. كما تناول التقرير الصادر عن ''تحالف تحقيق الامتياز في التعليم'' أيضًا آليات تمويل النظم الذكية لتقارير تحليل التعلم (Ferguson, R., Brasher, A., Clow, D., Cooper, A., Hillaire, G., Mittelmeier, J., Rienties, B., Ullmann, T., and Vuorikari, R., 2016, pp. 19-20).

وتوجد عدد كبير من الأبحاث التي خلصت إلى أن ''تحليل التقارير التنبؤية حول التعلم'' (Predictive Learning Analytics) تساعد المعلمين والمؤسسات التعليمية على تحديد التلاميذ الذين يعانون من انخفاض تحصيلهم الدراسي. فعلي سبيل المثال خلص ''شيفيل وزملاؤه'' (Scheffel et al.) إلى أن توظيف تحليل التقارير التنبؤية حول التعلم يحسن من أساليب الاستذكار لدي التلاميذ، ومن طرق التدريس لدي المعلمين. كما أشار ''كونيجين وزملاؤه'' (Conijn et al.) إلى أهمية تحليل التقارير التنبؤية حول التعلم في تحديد مستوي مشاركة الطلاب في الأنشطة التعليمية، وتحديد أوقات تقديم الرعاية الإضافية للتلاميذ أصحاب التحصيل الدراسي المتدني، وسبل تطوير طرق التدريس التي يستخدمها المعلمون. وبصورة إجمالية فإن تحليل التقارير التنبؤية حول التعلم يمكن المعلمين وأساتذة الجامعات من تحقيق الأهداف التالية: أ) جمع ومقارنة البيانات حول تحصيل الطلاب الدراسي في عدة أعوام دراسية مختلفة. ب) المتابعة الدورية لتحصيل التلاميذ الدراسي، والمراقبة المنتظمة لمستويات دافعيتهم للتعلم. ج) تحديد التلاميذ الذين يحتاجون إلى مساعدة تعليمية عاجلة لكي لا يرسبوا. د) تحديد التلاميذ الأكثر تفوقًا الذين يحتاجون إلى تكليفهم بواجبات منزلية أكثر صعوبة لتحفيزهم

على بذل قصاري جهدهم وتنمية استعداداتهم العقلية لأقصي مدي ممكن. هـ) مساعدة المعلمين على تطوير طرق تدريسهم وأساليب التقويم (Herodotou, Christothea, Hlosta, Martin, Boroowa,Avinash, Rienties, Bart, Zdrahal,Zdenek and Mangafa,Chrysoula, 2019, pp. 3064–3077).

وقد شهد عامي ٢٠١٨ و٢٠١٩ قيام وزارة التعليم والبحث العلمي الفيدرالية في ألمانيا بتمويل عدة مشروعات بحثية تركز على كيفية دمج التكنولوجيا الذكية وتقنيات تحليل التقارير حول التعلم في المؤسسات التربوية. وعلى سبيل المثال يهدف مشروع ''الاستفادة من تحليل التقارير حول التعلم في زيادة معدلات نجاح الطلاب'' إلى التقويم الدوري لتحصيل الطلاب الدراسي، وتطوير سياسات الجامعات والكليات الألمانية، وتشجيع مؤسسات التعليم العالي الألمانية على تطبيق تقنيات تحليل التقارير حول التعلم، والاستفادة من هذه التقنيات الذكية في تطوير المناهج الدراسية وطرق التدريس في الجامعات الألمانية. كما يهدف المشروع أيضًا إلى زيادة معدلات تخرج الطلاب من مؤسسات التعليم العالي، والاستفادة من الخبرات العالمية الرائدة في توطين تقنيات تحليل التقارير حول التعلم داخل الجامعات الألمانية (Nouri, Jalal et al. 2019, pp. 6-8).

وبعد استعراض العلاقة بين الثورة الصناعية الرابعة وبين تحليل التقارير حول التعلم، سوف نتناول في الجزء التالي أهمية الجاهزية التكنولوجية في التعليم الإعدادي.

أهمية الجاهزية التكنولوجية في التعليم الإعدادي:

تلعب المهارات الرقمية دورًا مهماً في تسهيل الحصول على وظائف. فمن ناحية يرتفع التحصيل الدراسي للتلاميذ الأكثر اتقانًا للمهارات الرقمية؛ ومن ناحية أخرى تساعد هذه المهارات في تنفيذ التلاميذ والمعلمين للمهام التربوية الأكثر تعقيداً. وتسهم المهارات الرقمية الفنية في تشغيل أجهزة الحاسوب للبحث عن الوظائف، وفي تحليل المعلومات من خلال العثور على الوظائف الأعلى دخلا، وفي التواصل الاجتماعي مع الآخرين، كما تسهم مهارات كتابة النصوص باستخدام الحاسب الآلي في صياغة السير المهنية الذاتية. وتوضح الدراسات التي أجريت عن المهمشين في الولايات المتحدة الأمريكية والمملكة المتحدة أن الفقراء والمحرومين قد يستطيعون استخدام المهارات الرقمية في البحث عن الوظائف،

ولكن احتمالات حصولهم على تلك الوظائف ضعيفة (International Telecommunication Union, 2018, p. 28).

وتحسن المهارات الرقمية من اندماج المتقنين لها في أماكن عملهم وترفع من مستوى رضاهم المهني من خلال توفير فرص أفضل لديهم لتحليل المعلومات وللتعلم، وكذلك من خلال زيادة كفاءة وسرعة اتصالهم مع الآخرين. وتسهل المهارات الرقمية على الأفراد التكيف مع ثقافات العمل المختلفة، كما تسير لهم أيضًا إمكانية تأسيس مشروعاتهم التجارية الخاصة بهم، وتزيد من فرص تواصلهم مع أقرانهم، وتتيح لهم متابعة أحدث التطورات في تخصصاتهم. وبالإضافة إلى ما سبق تساعد المهارات الرقمية الأفراد على تحقيق التوازن الصحيح بين العمل والأسرة، وعلى الاستخدام الصحيح لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات في الشئون المهنية لا الشخصية (International Telecommunication Union, 2018, p. 29).

ويعد توافر الإنترنت فائق السرعة في المدارس شرطًا أساسيًا لتنفيذ المهام التربوية، ولتحسين الإدارة التربوية. فوجود الإنترنت يرفع من كفاءة استخدام الموارد المالية من خلال أتمتة الأنشطة اليدوية، وتقليل التكاليف المصاحبة لطباعة وتوزيع الكتب المدرسية. وبالإضافة إل هذه الفوائد؛ يسهم وجود الإنترنت فائق السرعة في المدارس في تمكين التلاميذ في المدارس من التعلم الإلكتروني في المناطق النائية (International Telecommunication Union, 2014, p. 21).

وفي الولايات المتحدة الأمريكية تستخدم بعض المدارس روبوت ذكي يعلم التلاميذ كيفية تكويد الأفكار، وكيفية ممارسة التفكير الاستنباطي، وكيفية برمجة الحاسب الآلي لتدريب التلاميذ على ممارسة الرقص. وبالإضافة إلى هذا، تستخدم المدارس الأمريكية الروبوتات الذكية (Cubelets) في مساعدة الأطفال على تعلم التفكير المنطقي من خلال تجميع الألعاب الروبوتيك الذكية لكي تفكر وتنفذ بعض المهام أو تمارس الإحساس بناء على وظيفة كل روبوت ذكي. ويوجد تطبيق آخر يسمي ''منصة التعجب والرسم'' (Wonder Workshop's Dash and Dot) يمكن الأطفال في سن الثامنة فأكبر من تنفيذ مهام باستخدام لغة البرمجة المرئية أو ابتكار عدد من تطبيقات الهاتف المحمول الذكي باستخدام لغة السي أو لغة جافا. وقد ابتكرت إحدى الشركات الأمريكية روبوت ذكي في صورة حيوان أليف يساعد الأطفال على تعلم مفاهيم علم الأحياء، وعلى تكليف الروبوت بتنفيذ مهام تتصل بالجوانب البيئية المختلفة. وتسهم هذه الروبوتات الذكية في جعل التعلم أكثر بهجة وإمتاعًا للتلاميذ (Stanford University, 2016, p. 31).

وبعد أن استعرضنا تأثير الثورة الصناعية الرابعة على النظم التعليمية ثم أهمية الجاهزية التكنولوجية في التعليم الإعدادي، سوف نتناول خبرة أحد الدول الصناعية المتقدمة في تضمين التكنولوجيا الرقمية في مناهج المرحلة الإعدادية. ويحلل الجزء التالي المبادرات التي نفذتها الحكومة الألمانية في العقدين الأخيرين لتحسين الجاهزية التكنولوجية بالمدارس الإعدادية.

ثانيًا- الجاهزية التكنولوجية في المدارس الإعدادية في ألمانيا:

واقع الجاهزية التكنولوجية في ألمانيا:

أشار ٦٨% من الألمان في عام ٢٠١٧ إلى امتلاكهم للمهارات الرقمية الأساسية؛ الأمر الذ ي يضع ألمانيا في الرتبة السابعة من بين دول الاتحاد الأوروبي في مؤشر امتلاك السكان للمهارات الرقمية. وقد شهد العقدان الاخيران اهتمام صانعو السياسات الألمان بنشر الرقمنة (Digitalisation)، وإنشاء البني التحتية التكنولوجية، وتحسين مهارات السكان الرقمية. وقد تجلي هذا الاهتمام في إنشاء منصب وزاري جديد يختص بنشر الرقمنة في المجتمع الألماني. وفي عام ٢٠١٦ دشنت وزارة التربية والتعليم الفيدرالية مبادرة ''المدرسة الرقمية''، وخصصت الحكومة الفيدرالية ٥ مليار يورو لتحسين البنية التحتية التكنولوجية في المدارس الألمانية في الفترة من ٢٠١٦ إلى ٢٠٢٠. كما قامت وزارة التربية والتعليم في المقاطعات الستة عشر بتنفيذ عدد من المبادرات لتطوير المناهج الدراسية، وتحسين برامج التنمية المهنية في أثناء الخدمة (European Union, 2018a,p. 117).

وقد قامت الحكومة بتنفيذ المبادرات التالية لتحسين الجاهزية التكنولوجية في ألمانيا:

١) مبادرة تحسين البنية التحتية:

شهد عام ٢٠١٣ قيام الحكومة الألمانية بوضع عدة أهداف لتحسين البنية التحتية التكنولوجيا في مختلف مقاطعات الدولة. ومن بين هذه الأهداف ما يلي:

- يجب نشر شبكة للاتصال واسع النطاق بسرعة ٥٠ ميجا بايت في الثانية الواحدة في جميع المقاطعات الألمانية بحلول عام ٢٠١٨.
- اتفقت الحكومة الألمانية مع ''التحالف الشبكي لألمانيا الرقمية'' (Network Alliance for A Digital Germany) في عام ٢٠١٧ على نشر شبكة

إنترنت للاتصال واسع النطاق بسرعة واحد جيجا بايت في الثانية الواحدة في البلاد.

- يجب أن تصبح ألمانيا واحدة من الأكثر الدول تقدماً في مجال البنية التحتية الرقمية.
- بحلول عام ٢٠١٩ يجب أن يتم إمداد الأحياء التجارية ذات البنية التحتية الضعيفة بشبكة قوية للألياف الضوئية.
- بنهاية عام ٢٠٢٠ يجب البدء في تنفيذ شبكة قومية للاتصال من الجيل الخامس.
- بنهاية عام ٢٠٢٥ يجب الانتهاء من تأسيس شبكة قومية للإنترنت بسرعة واحد جيجا بايت في الثانية الواحدة (Heymann, Eric, and Korner, Kevin, 2018, p. 4).

وفي منتصف عام ٢٠١٧ نجحت الحكومة الألمانية في رفع نسبة المستفيدين من شبكة الإنترنت بسرعة ٥٠ ميجا بايت في الثانية الواحدة في البلاد لتصبح ٧٧%. وبالإضافة إلى هذا، فإن ٦٥% من الشعب الألماني هم من المستفيدين من شبكة الإنترنت بسرعة فائقة تبلغ ١٠٠ ميجا بايت في الثانية الواحدة في منتصف عام ٢٠١٧. وبهذا تتفوق ألمانيا على متوسط ما هو قائم في الاتحاد الأوروبي من حيث سرعة استخدام شبكة الإنترنت بسرعة ١٠٠ ميجا بايت في الثانية الواحدة (Heymann, Eric, and Korner, Kevin, 2018, p. 7).

وتشير إحدى الدراسات الصادرة عن منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية إلى أهمية تأسيس شبكات للإنترنت تستخدم الألياف الضوئية في ألمانيا، وإلى اعتماد الصناعات ذات التكنولوجيا العالية على شبكات الألياف الضوئية. وتنادي هذه الدراسة بزيادة أعداد المواطنين الألمان المشتركين في شبكة الاتصال واسع النطاق، وزيادة أعداد المواطنين الذين يستخدمون الهواتف المحمولة المتصلة بالإنترنت، وزيادة أعداد الألمان الذين يستخدمون التكنولوجيا الرقمية (OECD, 2018a, p. 2).

٢) <u>مبادرة احضر جهاز الحاسب الآلي المملوك لك إلى المدرسة:</u>

تشير دراسة حديثة إلى أن استخدام الحواسب اللوحية في المرحلة الابتدائية يحسن من مهارات القراءة والكتابة والعد وحل المشكلات لدي التلاميذ، كما تشير دراسة ثانية إلى أن استخدام التلاميذ للحواسب المحمولة يرفع من التحصيل الدراسي للتلاميذ في المدارس الثانوية (Haßler, B., Major, L. , and Hennessy, S., 2016,p. 151).

وتوضح الإحصاءات أن ٣٥% و١٩% من تلاميذ المرحلة الإعدادية في ألمانيا يحضرون حواسبهم المحمولة وحواسبهم اللوحية الشخصية المملوكة لهم إلى المدرسة لكي يتعلموا بواسطتها (Holmes, Wayne, Anastopoulou, Stamatina, Schaumburg, Heike, and Mavrikis, Manolis, 2018, p. 46). وتوضح دراسة حديثة أجرتها مؤسسة ''فوجيتسو'' أن المدارس والجامعات الألمانية تخطط لتوزيع استثماراتها المالية في الفترة من ٢٠١٧ إلى ٢٠١٩ لتحقيق ثلاث أولويات رئيسة هي: إنشاء شبكة للاتصالات اللاسلكية في المؤسسات التعليمية، وشراء الحواسب المحمولة (Laptops)، وشراء أجهزة وشاشات العرض الذكية (Fujitsu, 2018, p. 19).

٣) <u>مبادرة ضمان أمان شبكات الاتصال اللاسلكية:</u>

ركزت الأبحاث في ألمانيا لعدة عقود على كيفية تحقيق التوازن بين استخدام التكنولوجيا وبين تحمل المسئولية عند استخدام التكنولوجيا والتوظيف الناقد لهذه التكنولوجيا. وأشار تقرير حديث لوزارة التربية والتعليم والشؤون الثقافية الفيدرالية إلى ضرورة حماية التلاميذ عند استخدام شبكة الإنترنت والتعليم الرقمي، وكيفية التعامل مع الأخطار الناجمة عن استخدام شبكة الإنترنت، وسبل خلق فضاء رقمي آمن للتلاميذ في داخل المدارس. وتركز السياسة التعليمية في ألمانيا على استخدام الدروس في المناهج الدراسية لمناقشة الأخطار والإشكاليات المرتبطة باستخدام تكنولوجيا التعليم والتعليم الرقمي (Holmes, Wayne, Anastopoulou, Stamatina, Schaumburg, Heike, and Mavrikis, Manolis, 2018, p. 51).

وقد حذرت إحدى الدراسات من أن التنمر عن طريق شبكة الإنترنت يتسبب في حدوث العديد من المشكلات النفسية لضحايا التنمر. ومن أمثلة هذه المشكلات ما يلي: الاكتئاب، واللجوء إلى تناول المواد المخدرة، والاضطرابات السلوكية، وتزايد الأفكار المرتبطة بالانتحار، وبعض الأمراض الجسدية الناجمة عن الاضطرابات النفسية (Livingstone, Sonia, and Smith, Peter K., 2014, p. 642-643).

وأوضحت دراسة أجريت في المملكة المتحدة أن وزارة التربية والتعليم يجب أن تركز على تحقيق الأمان الإلكتروني من خلال المناهج الدراسية، وإمداد المعلمين والإخصائيين النفسيين ومديري المدارس بالمهارات والمعارف التي يحتاجونها عند

التعامل مع المشكلات المتصلة بشبكة الإنترنت، والتواصل مع التلاميذ، ومع أولياء الأمور. كما يجب على المدارس أن تنظم ورش العمل، وأن تدعو ضباط من جهاز الشرطة ومن المؤسسات المهتمة بحماية الأطفال لإلقاء محاضرات بداخلها، وأن تنظم ندوات يتم فيها عرض الأفلام التي تحذر من مخاطر التنمر الإلكتروني والمشكلات المرتبطة بالتحرش الجنسي من خلال شبكات التواصل الاجتماعي. وأكدت الدراسة على أهمية تنمية المدارس للقدرة على الفرز والانتقاء من بين ما يعرض على الفرد، وتنمية مهارات التفكير الناقد والقدرة على التصرف بمسئولية ووفقاً للمعايير الأخلاقية داخل وخارج أسوار المدارس، وتنمية كفايات التلاميذ المتصلة بالتعامل مع المخاطر بإيجابية وعقلانية (Livingstone, Sonia et al., 2017,pp. 68-69).

وفي هولندا قامت عدة مؤسسات بتدشين حملة في أكتوبر من عام ٢٠١٧ بهدف نشر الوعي بأهمية الاستخدام الآمن لشبكة الإنترنت بين الأطفال الهولنديين. وتهدف هذه الحملة إلى تحسين مهارات المعرفة الرقمية وتوظيف شبكة الإنترنت في التعلم لدي تلاميذ المرحلة الابتدائية وبخاصة في المناطق الفقيرة. وبالإضافة إلى هذا، قام مكتب الشباب والإعلام بتصوير عدة أفلام كارتون تقوم بتوعية أولياء الأمور والمعلمين والإخصائيين النفسيين بالمشكلات المتصلة بإرسال مواد إباحية لتلاميذ المدارس، وتبصرهم بكيفية التعامل مع هذه المشكلات بطرق تربوية، وتقوم بتدريبهم على كيفية التعامل مع الأطفال صغار السن الذين يوجهون مشكلات من هذا النوع (Safer Internet Center. Netherlands, 2015, pp. 4-9).

وتقوم وزارة التربية والتعليم في كل مقاطعة ألمانية بالتعاون مع المنظمات التطوعية بتنظيم حملات لتوعية الأطفال وتلاميذ المدارس بأهمية الاستخدام الآمن والأخلاقي لشبكة الإنترنت، وبكيفية التعامل مع المشكلات التي تنجم عن التنمر الإلكتروني والتحرش الجنسي عن طريق شبكة الإنترنت وتلقي رسائل إباحية من خلال الهواتف المحمولة.

٤) <u>مبادرة توفير وتأسيس نظام للدعم الفني لأجهزة الحاسب الآلي:</u>

تقوم فنلندا بتوظيف متخصصين في الدعم الفني لصيانة أجهزة الحاسب الآلي في المدارس، ولمساعدة المعلمين على استخدام التكنولوجيا الرقمية في التدريس وبخاصة في المرحلتين الإعدادية والثانوية (European Schoolnet and University of Liege, 2012, pp. 18-19).

وقد خلصت دراسة أجريت في المقاطعات الناطقة باللغة الهولندية في بلجيكا إلى ضرورة الاهتمام ببرامج التنمية المهنية المقدمة للمعلمين في أثناء الخدمة، وأهمية وجود محتوي معرفي بها يتصل بكيفية تأهيل المعلمين لاستخدام تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في التدريس. ويرتبط ذلك بآراء ''فاندرليند وفان براك'' (Vandrlinde and van Braak) التي تشير إلى ارتباط الإصلاح التربوي في المدارس بعدة عوامل مثل: وجود أعداد كافية من فرق الدعم الفني لأجهزة الحاسب الآلي، ووجود البنية التحتية التكنولوجية الممتازة، والتحاق المعلمين ببرامج عالية الجودة للتدريب في أثناء الخدمة. ويؤكد ''فاندرليند وفان براك'' أن إدخال التكنولوجيا الجديدة في المدارس يتطلب توفير برامج للتنمية المهنية للمعلمين. ويشير هذان الباحثان إلى أن نجاح المدارس في الاستفادة من التكنولوجيا الجديدة يتطلب إمدادهم بعدد من الكفايات التكنولوجية/المهنية، وتدريبهم على التوظيف الفعال لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات، وتوفير مصادر المعرفة، وشراء الحاسبات الآلية. وبعبارة أخرى فإن نجاح الإصلاحات التعليمية مرهون بتحقيق هذه الشروط (Montrieux, Hannelore, Vanderlinde, Ruben, Schellens, Tammy, and De Marez, Lieve, 2015, pp. 14-15).

وقد دعت إحدى الدراسات الحديثة إلى زيادة عدد فرق الصيانة والدعم الفني في المدارس الألمانية، وتعيين منسقين لتدريب المعلمين في المدارس الألمانية على كيفية توظيف تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في التدريس. كما شددت الدراسة ايضاً على أهمية قيام هؤلاء المنسقين بتدريب المعلمين على كيفية استخدام التكنولوجيا الحديثة في التدريس والتعلم داخل الفصول الألمانية (Gerick, Julia,Eickelmann, Birgit, and Bos,Wilfried, 2017, pp. 10-11).

٥) <u>مبادرة توفير التدريب والتنمية المهنية للمعلمين:</u>

خلصت دراسة تم نشرها في عام ٢٠١٧ إلى أن ٤١% من المعلمين الألمان يلاحظون زملائهم المعلمين بهدف تعلم كيفية استخدام تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في التدريس، وإلى أن ١٢% من المعلمين في ألمانيا يتعاونون مع زملائهم المعلمين في التخطيط لشرح الدروس باستخدام تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، وإلى أن ٣٠% منهم يتعاونون مع أقرانهم المعلمين لتحسين توظيف تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في شرح الدروس داخل الفصول (Drossel,

Kerstin, and Eickelmann, Birgit, 2017, pp. 4-5). كما خلصت دراسة ثانية إلى أن التحاق غالبية المعلمين في المدارس الألمانية بمقررات دراسية في الجامعات لتنمية كفايتهم المرتبطة بتكنولوجيا المعلومات والاتصالات يعد مؤشراً على ارتفاع التحصيل الدراسي للتلاميذ. ومن ثم، فإن نجاح مبادرات إدخال التكنولوجيا الرقمية في المدارس الألمانية مرهون بالكفايات الموجودة لدي المعلمين قبل الخدمة وبالكفايات التي يكتسبونها من خلال برامج التنمية المهنية في أثناء الخدمة. ولهذا يجب أن تتضمن خطط الإصلاح التربوي على وزن كاف لبرامج التدريب في أثناء الخدمة، وبرامج فعالة لتنمية الكفايات التكنولوجية والمهارات التربوية للمعلمين. وكلما ازدادت فاعلية برامج التنمية المهنية في أثناء الخدمة، كلما زادت ثقة المعلمين وخاصة في المرحلة الثانوية بأنفسهم وبقدرتهم على توظيف التكنولوجيا الرقمية في التدريس وباستطاعتهم تطويع كفاياتهم لتدريس تكنولوجيا المعلومات والاتصالات. وعلى هذا، تعد برامج التنمية المهنية عالية الجودة أحد السبل الأكثر فاعلية في نجاح المعلمين في إكساب التلاميذ مهارات القرن الحادي والعشرين الرقمية/التكنولوجية (Gerick, Julia,Eickelmann, Birgit, and Bos,Wilfried, 2017, pp. 6-10).

٦) <u>مبادرة استخدام التكنولوجيا في تدريس المناهج الدراسية:</u>

حيث قامت شركة سيسكو العالمية بتنفيذ ''برنامج أكاديمية سيسكو للتواصل الشبكي'' (The Cisco Networking Academy Programme) بعقد شراكة مع أكثر من ٤٠٠ مؤسسة تعليمية في ١٦ مقاطعة ألمانية بهدف تدريب طلاب التعليم الثانوي الفني على مهارات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات. وقد نجحت هذه الشراكة في تدريب أكثر من ٣٣ ألف تلميذ حتى الآن. وبالإضافة إلى شركة سيكسو قامت شركة أوراكل بتنفيذ ''مبادرة شركة أوراكل الأكاديمية'' (Oracle Academic Initiative) لتدريب تلاميذ التعليم الثانوي الفني وطلاب الجامعات الألمانية، كما نفذت شركة لينوكس بتنفيذ ''شراكة معهد لينوكس المهنية'' (Linux Professional Institute Partnership Programme) لتدريب تلاميذ المدارس الثانوية الصناعية وطلاب الجامعات الألمانية على الكفايات المتصلة بتكنولوجيا المعلومات والمهارات الرقمية (Empirica, 2014, pp. 10-11).

وفي عام ٢٠١٢ قام الوزير الفيدرالي للاقتصاد والتكنولوجيا بتدشين مبادرة لتعزيز قدرة التلاميذ على الابتكار. وتقوم مبادرة ''المفهوم الجديد للابتكار'' (New Innovation Concept) على تصميم موديولات جديدة للمناهج الدراسية

في التعليم الثانوي الفني الألماني بهدف تعميق المكون التكنولوجي/الرقمي في هذه المناهج، وتحسين جودة تكنولوجيا الاتصالات بها (Empirica, 2014, p. 9-10).

وبعد أن حللنا المبادرات التي نفذتها الحكومة الألمانية في العقدين الأخيرين لتحسين الجاهزية التكنولوجية بالمدارس الإعدادية، سوف نتناول بالشرح الآليات التي يمكن أن تطبقها مصر للاستفادة من تجربة ألمانيا في مجال تطوير الجاهزية التكنولوجية بالمدارس الإعدادية.

ثالثًا- آليات استفادة مصر من تجربة ألمانيا في مجال تطوير الجاهزية التكنولوجية بالمدارس الإعدادية:

١) الاستفادة من تكنولوجيا المعلومات في الأنشطة التعليمية بهدف زيادة ثقة التلاميذ في أنفسهم، وتنمية مهاراتهم المتصلة بالكتابة، ورفع مستوى دافعيتهم للتعلم، وتحسين كفاياتهم المتصلة بتعلم القراءة والرياضيات والدراسات الاجتماعية، وتنمية مهارات التعلم الجماعي والتعلم بواسطة الأقران (McPherson, Keith, 2011, pp. 37-38).

٢) استخدام آلية القيمة المضافة في تحديد درجة فاعلية برامج التنمية المهنية، وقياس أثر التدريب على أداء المعلمين (Kennedy, Aileen, 2015, pp. 183-194).

٣) يجب تطوير المناهج الدراسية في كليات التربية بحيث تتضمن مقررات عن تكنولوجيا المعلومات والاتصالات والتكنولوجيا الرقمية (Kara, Mehmet et al., 2018, pp. 1023-1024).

٤) يجب تأسيس بيئات تعلم شديدة الثراء التكنولوجي تمكن المعلمين من التفاعل مع أقرانهم المعلمين ومع التلاميذ، وتيسير للتلاميذ التعلم التعاوني.

٥) يجب أن تركز طرق التدريس على تنمية التفكير الناقد والتفكير التقويمي، وتوظيف تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في تدريب التلاميذ على حل المشكلات (OECD, 2017a, p. 84).

٦) يجب تخصيص تمويل حكومي للمدارس لكي يتم تصمم مصادر إلكترونية مفتوحة للمعرفة يتم تحميلها على شبكة الإنترنت.

٧) يجب الاستفادة من التكنولوجيا الرقمية في تنمية مهارات القرن الحادي والعشرين لدي التلاميذ (European Union, 2016, pp. 14-21).
٨) يجب الاستفادة من تجارب الدول المتقدمة في تحديث البنية التحتية التكنولوجية داخل المؤسسات التعليمية، وتوفير الحواسب المحمولة والحواسب اللوحية للتلاميذ، وربط الحاسبات الآلية في المدارس بشبكة الإنترنت بصورة تحقق أقل قدر من الكلفة وأعلى مستوي من الكفاءة (Kennisnet, n.d., p. 26).
٩) ضرورة التنسيق بين وزارة التربية والتعليم وبين شركات الحاسب الآلي والهيئات المهتمة بتكنولوجيا المعلومات والاتصالات لتوفير فرق الدعم الفني والصيانة للحواسب المحمولة والحواسب اللوحية.
١٠) تدريب المعلمين على تحويل المدارس إلى منظمات للتعلم تقوم على تنفيذ ثقافة التطوير المستمر (Kennisnet, n.d., p. 28).
١١) يجب وضع لائحة لكيفية التعامل بصورة أخلاقية مع المشكلات المتصلة بارتياد التلاميذ للمواقع الإباحية، أو المرتبطة بالتنمر الإلكتروني، أو بتسلم صور جنسية من خلال حواسبهم المحمولة أو هواتفهم المحمولة
١٢) يجب تحديد الحد الأدنى من المعارف والمهارات الذي يجب على المعلمين اتقانه بهدف تبصير التلاميذ بكيفية التصفح الآمن لشبكة الإنترنت.
١٣) يجب تدريب المعلمين على كيفية التعاون مع المنظمات التطوعية والمؤسسات الدينية بهدف إقامة ورش عمل مشتركة داخل المدارس لزيادة وعي التلاميذ وأولياء الأمور حول كيفية التعامل مع المشكلات الأخلاقية المتصلة باستخدام شبكة الإنترنت (Spiering,Arjan, 2018, pp. 43-64).
١٤) يجب إقامة مراكز لتقديم الاستشارات الرقمية للمعلمين حول كيفية التعامل مع التكنولوجيا الرقمية. حيث يتوجب على وزارة التربية والتعليم إقامة شراكات مع الشركات التكنولوجية المرموقة بهدف تقديم التدريب في أثناء الخدمة للمعلمين في مجال التكنولوجيا الرقمية، وتصميم مصادر المعرفة الرقمية، وتوفير التطبيقات التكنولوجيا التربوية التي يمكن استخدامها بواسطة الهواتف الذكية والحواسب المحمولة والحواسب اللوحية، وعقد الشراكات مع كليات الحاسب الآلي في الجامعات، وتطوير محتوي برامج التنمية المهنية الخاصة بتكنولوجيا المعلومات، وتصميم منصات إلكترونية

يمكن للمعلمين والتلاميذ تحميل المصادر الرقمية منها واستخدامها في العملية التعليمية (Spiering,Arjan, 2018, p. 42).

١٥) يجب أن تدرب المناهج الدراسية التلاميذ على كيفية التعامل مع مصادر التعلم الرقمية، وأن تنمي لديهم حب التجريب والاستقصاء والبحث عن العلاقات بين الأشياء، وأن تدربهم على كيفية الربط بين تكنولوجيا المعلومات والاتصالات وبين الأبعاد التربوي لعملية التعلم، وأن تساعدهم على فهم طبيعة المصادر الرقمية للمعرفة (European Schoolnet, 2017, p. 16).

الخلاصة:

استهدف البحث الراهن تحليل الآثار الناجمة عن الثورة الصناعية الرابعة على النظام التعليمي. وتناول البحث الراهن العلاقة المتشابكة بين الثورة الصناعية الرابعة وبين التعلم واسع النطاق باستخدام الآلات، والتعلم العميق، والتعلم المعزز القائم على استخدام الآلات والحاسبات الآلية، والروبوتات الذكية، والرؤية الحاسوبية، ومعالجة اللغات الطبيعية، والنظم الحاسوبية التعاونية، والتعهيد الجماعي بغرض تحقيق هدف بأقل تكلفة ممكنة، والحوسبة البشرية، ونظرية الألعاب القائمة على اللوغاريتمات، والاختيارات الاجتماعية الحاسوبية، والهندسة العصبية، ونظم التعلم الذكية، وتحليل التقارير حول التعلم.ثم حلل البحث الحالي الخبرة الألمانيةفي تطوير الجاهزية التكنولوجية بقدر أكبر من العمق. وقد تبني البحث الراهن عددًا أكبر من المؤشرات للحكم على مدي الجاهزية التكنولوجية للمدارس في ألمانيا. حيث تناول البحث الراهن مبادرة تحسين البنية التحتية، ومبادرة احضر جهاز الحاسب الآلي المملوك لك إلى المدرسة، ومبادرة ضمان أمان شبكات الاتصال اللاسلكية، ومبادرة توفير وتأسيس نظام للدعم الفني لأجهزة الحاسب الآلي، ومبادرة توفير التدريب والتنمية المهنية للمعلمين، ومبادرة استخدام التكنولوجيا في تدريس المناهج الدراسية في المدارس الإعدادية الألمانية. وبهذا يتبني البحث الراهن مؤشرات أكثر دقة من المؤشرات التي تبنتها الدراسات العربية القليلة السابقة في تناول هذا الموضوع.

واقترح البحث الراهن تنفيذ عدد من الآليات لتحسين استفادة مصر من تداعيات الثورة الصناعية الرابعة ومن تجربة ألمانيا في الجاهزية التكنولوجية في

المدارس الإعدادية. حيث أوصي البحث الحالي بالاستفادة من الحاسبات اللوحية المزودة بتطبيقات ''الواقع المعزز'' (Augmented Reality) في تعميق فهم التلاميذ لمفاهيم تخصص الفيزياء، وبتوظيف الحاسبات اللوحية المزودة بتطبيقات ''الواقع المعزز'' في تحسين نواتج تعلم التلاميذ المعرفية/العقلية والوجدانية في تخصصات العلوم والتكنولوجيا والعلوم الهندسية والرياضيات. حيث تحسن تطبيقات الواقع المعزز و''الواقع الافتراضي'' (Virtual Reality) من اتجاهات التلاميذ الإيجابية نحو دراسة هذه التخصصات العلمية، وتزيد من دافعيتهم للالتحاق بها، كما تساعد على تصميم وسائط تعليمية مبهجة تزيد من متعة تعلم التلاميذ. وتساعد الحاسبات اللوحية المزودة بتطبيقات الواقع المعزز التلاميذ على رؤية التفاعلات الكيميائية، وتركيب أجهزة الجسد البشري من منظور البعد الثالث، وبنية الذرات، والروابط الكيميائية. كما دعا البحث الراهن إلى توظيف الحاسبات اللوحية في تفريد التعلم بحيث تصبح جزءًا من منظومة ''نظم إدارة التعلم'' (Learning Management Systems)؛ حيث يسهم تفريد التعلم في تحسين قدرة التلاميذ على كتابة المقالات وموضوعات التعبير من خلال استخدام ''برنامج اكتب لكي تتعلم'' (Write To Learn)، وفي تدريبهم على التأمل في جودة مقالاتهم من خلال استخدام ''برنامج كاتب المقالات المتميز'' (OpenEssayist). وتسهم نظم إدارة التعلم في تقديم التغذية الراجعة للتلاميذ، وتتيح للمعلمين أوقات أكبر يمكنهم تخصيصها للتركيز على جوانب أكثر من العملية التربوية (مثل الجوانب الاجتماعية للتعلم). ومن ثم، يغير تفريد التعلم القائم على توظيف تكنولوجيا المعلومات والحاسبات اللوحية من عملية التعلم، ويحولها إلى عملية أكثر شمولية تعتمد على التعلم القائم على المشروعات، وترتكز على ممارسة التفكير الناقد وحل المشكلات وإيجاد حلول متعددة للمشكلة الواحدة، وتسمح بالمزج بين التعلم وجهًا لوجه والتعلم عن بعد. ودعا البحث الراهن إلى قيام وزارة التربية والتعليم المصرية باستخدام آلية القيمة المضافة في تحديد درجة فاعلية برامج التنمية المهنية، وقياس أثر التدريب على أداء المعلمين. حيث تفيد برامج التنمية المهنية في أثناء الخدمة في تحديث معارف ومهارات المعلمين، وتربط هذه المعارف بكيفية تحسين أدائهم التدريسي، كما تتيح للمدارس الاحتفاظ بأفضل المعلمين المؤهلين من خلال مزجها بين التدريب والبقاء على رأس العمل. وتفيد آلية القيمة المضافة في جعل برامج التنمية المهنية في أثناء الخدمة أكثر تركيزًا على المهام التدريسية الواقعية، والممارسات التدريسية العملية، وأكثر ارتباطًا باحتياجات المتدربين، وأكثر اعتمادًا

على التعلم من خلال التعلم التعاوني في مجموعات صغيرة العدد. وطالب البحث بتطوير المناهج الدراسية في كليات التربية بحيث تتضمن مقررات عن تكنولوجيا المعلومات والاتصالات والتكنولوجيا الرقمية، وتأسيس بيئات تعلم شديدة الثراء التكنولوجي تمكن المعلمين من التفاعل مع أقرانهم المعلمين ومع التلاميذ، وتيسير للتلاميذ التعلم التعاوني، وأن تركز طرق التدريس المطورة في المدارس المصرية على تنمية التفكير الناقد والتفكير التقويمي، وتوظيف تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في تدريب التلاميذ على حل المشكلات، وزيادة الميزانيات الحكومية المخصصة للمدارس لتصميم مصادر إلكترونية مفتوحة للمعرفة يتم تحميلها على شبكة الإنترنت، وبالتوظيف الأكثر فاعلية للتكنولوجيا الرقمية في تنمية مهارات القرن الحادي والعشرين لدي التلاميذ. وأكد البحث الراهن على ضرورة قيام المدارس الإعدادية المصرية بتحديث البنية التحتية التكنولوجية داخل المؤسسات التعليمية، وتوفير الحواسب المحمولة والحواسب اللوحية للتلاميذ، وربط الحاسبات الآلية في المدارس بشبكة الإنترنت بصورة تحقق أقل قدر من الكلفة وأعلى مستوي من الكفاءة، وضرورة التنسيق بين وزارة التربية والتعليم وبين شركات الحاسب الآلي والهيئات المهتمة بتكنولوجيا المعلومات والاتصالات لتوفير فرق الدعم الفني والصيانة للحواسب المحمولة والحواسب اللوحية، وتدريب المعلمين على تحويل المدارس إلى منظمات للتعلم تقوم على تنفيذ ثقافة التطوير المستمر. وأوصي البحث الحالي بوضع لائحة لكيفية التعامل بصورة أخلاقية مع المشكلات المتصلة بارتياد التلاميذ للمواقع الإباحية، أو المرتبطة بالتنمر الإلكتروني، أو بتسلم صور جنسية من خلال حواسبهم المحمولة أو هواتفهم المحمولة، وبتحديد الحد الأدنى من المعارف والمهارات الذي يجب على المعلمين اتقانه بهدف تبصير التلاميذ بكيفية التصفح الآمن لشبكة الإنترنت، وبتدريب المعلمين على كيفية التعاون مع المنظمات التطوعية والمؤسسات الدينية بهدف إقامة ورش عمل مشتركة داخل المدارس لزيادة وعي التلاميذ وأولياء الأمور حول كيفية التعامل مع المشكلات الأخلاقية المتصلة باستخدام شبكة الإنترنت. وبالإضافة إلى هذا، دعا البحث الراهن إلى إقامة مراكز لتقديم الاستشارات الرقمية للمعلمين حول كيفية التعامل مع التكنولوجيا الرقمية. حيث يتوجب على وزارة التربية والتعليم إقامة شراكات مع الشركات التكنولوجية المرموقة بهدف تقديم التدريب في أثناء الخدمة للمعلمين في

مجال التكنولوجيا الرقمية، وتصميم مصادر المعرفة الرقمية، وتوفير التطبيقات التكنولوجيا التربوية التي يمكن استخدامها بواسطة الهواتف الذكية والحواسب المحمولة والحواسب اللوحية، وعقد الشراكات مع كليات الحاسب الآلي في الجامعات المصرية، وتطوير محتوي برامج التنمية المهنية الخاصة بتكنولوجيا المعلومات، وتصميم منصات إلكترونية يمكن للمعلمين والتلاميذ تحميل المصادر الرقمية منها واستخدامها في العملية التعليمية. كما طالب البحث الراهن بتطوير المناهج الدراسية في المرحلة الإعدادية، ودعا إلى قيام المناهج الدراسية المصرية بتدريب التلاميذ على كيفية التعامل مع مصادر التعلم الرقمية، وأن تنمي لديهم حب التجريب والاستقصاء والبحث عن العلاقات بين الأشياء، وأن تدربهم على كيفية الربط بين تكنولوجيا المعلومات والاتصالات وبين الأبعاد التربوي لعملية التعلم، وأن تساعدهم على فهم طبيعة المصادر الرقمية للمعرفة.

المراجـع

أولاً– المراجع العربية:

جريدة الأهرام (٢٠١٨، أغسطس٢٦). **رئيس الوزراء يتابع استعدادات العام الدراسي الجديد. شوقي: النظام الجديد لرياض الأطفال يستفيد منه ٢.٥ مليون تلميذ. وزير الاتصالات: الانتهاء من توصيل الإنترنت فائق السرعة لـ ١٨٣٧ مدرسة.** جريدة الأهرام، السنة ١٤٣، العدد ٤٨١١٠، الأحد ٢٠١٨/٩/٢٦، ص٥.

جريدة الأهرام (٢٠١٩، أكتوبر٢). **تسليم التابلت لأولي ثانوي في نوفمبر المقبل.. والامتحانات الإلكترونية أول يناير.** جريدة الأهرام، السنة ١٤٣، العدد ٤٨٥١٢، الأربعاء ٢٠١٩/١٠/٢، ص٨.

جريدة الأهرام (٢٠١٩، أكتوبر ٢٣). بدء **تسليم التابلت لطلاب أولي ثانوي نوفمبر المقبل.** جريدة الأهرام، السنة ١٤٤، العدد ٤٨٥٣٣، الأربعاء ٢٠١٩/١٠/٢٣، ص٨.

جريدة المصري اليوم (٢٠١٩، أكتوبر٢٩). **التعليم: تسليم التابلت لطلاب التراكمية أول نوفمبر. الوزارة تحدد امتحانات إلكترونية صباحية لطلاب الصف الأول ومسائية للثاني.** جريدة المصري اليوم، السنة ١٦، العدد ٥٦١٥، الثلاثاء ٢٠١٩/١٠/٢٩، ص١.

جريدة الأهرام (٢٠١٩، نوفمبر ١٧). **مدبولي يستعرض إجراءات توطين صناعة ''التابلت'' في مصر.** جريدة الأهرام، السنة ١٤٤، العدد ٤٨٥٥٨، الأحد ٢٠١٩/١١/١٧، ص. ٨.

جريدة الأهرام (٢٠١٩، نوفمبر ٢٨). **المديريات التعليمية تنشط التابلت بالصف الثاني الثانوي.** جريدة الأهرام، السنة ١٤٤، العدد ٤٨٥٦٩، الخميس ٢٠١٩/١١/٢٨، ص ٨.

جريدة الأهرام (٢٠١٩، أكتوبر ٢٨). **رئيس الوزراء يتابع الموقف التنفيذي لخطة تطوير التعليم وإعادة هيكلة موازنة الوزارة. التعاقد على ٦٥٠ ألف تابلت.. وإتاحة ٢٦ ألف شاشة تفاعلية.** جريدة الأهرام، السنة ١٤٤، العدد ٤٨٥٣٨، الاثنين ٢٠١٩/١٠/٢٨، ص٣.

نوار، أحمد زينهم.(٢٠١٩). التخطيط لدمج التابلت في مدارس التعليم الثانوي المصري: دراسة استشرافية. ***المجلة التربوية الصادرة عن كلية التربية– جامعة سوهاج، العدد ٦٤، الجزء الثاني، أغسطس ٢٠١٩***، ص ص. ٨٥٣–٨٦١.

بغدادي، منار محمد إسماعيل. (٢٠١٩). تصور مقترح لتحسين الجاهزية التكنولوجية في المدارس الثانوية. ***المجلة التربوية الصادرة عن كلية التربية– جامعة سوهاج، العدد ٥٩، مارس ٢٠١٩***، ص ص. ٦٩٩–٧٠٧.

ثانيًا– المراجع الأجنبية:

Accenture, Plc. (2019). ***Top Natural Language Processing Applications in Business: Unlocking Value From Unstructured Data***. Dublin, Ireland: Author.

Achim, Moise Ioan, Cabulea, Lucia, Popa, Maria, and Mihalache, Silvia – Stefania. (2009). On The Role of Benchmarking in The Higher Education Quality Assessment. ***Annales Universitatis Apulensis Series Oeconomica, 11(2)***, 853.

Aldowah, Hanan, Al-Samarraie, Hosam,and Fauzy, Wan Mohamad. (2019). Educational Data Mining and Learning Analytics for 21st Century Higher Education: A Review and Synthesis. ***Telematics and Informatics, 37(2019)***, 17. doi:10.1016/j.tele.2019.01.007

Asia Pacific Foundation of Canada. (2109). ***Artificial Intelligence Policies In East Asia: An Overview From The Canadian Perspective***. Vancouver, Canada: Author.

Bai, Yu, Mo, Di, Zhang, Linxiu, Boswell, Matthew, and Rozelle, Scott. (2016). The Impact of Integrating ICT with Teaching: Evidence from A Randomized Controlled Trial in Rural Schools in China. ***Computers & Education, 96(2016)***, 1-14. doi:10.1016/j.compedu.2016.02.005

Bai, Yu, Mo, Di, Zhang, Linxiu, Boswell, Matthew, and Rozelle, Scott. (2016). The Impact of Integrating ICT with Teaching: Evidence from A Randomized Controlled Trial in Rural Schools in China. ***Computers & Education, 96(2016)***, 1-14. doi:10.1016/j.compedu.2016.02.005

Beijing Innovation Center For Future Chips at Tsinghu University. (2018). ***White Paper on AI Chip Technologies***. Beijing, China: Author.

Berkel, Van Niels, Goncalves, Jorge, Hettiachchi, Danula, Wijenayake, Senuri, Kelly, Ryan M., and Kostakos, Vassilis. (2019). Crowdsourcing Perceptions of Fair Predictors for Machine Learning: A Recidivism Case Study. ***Proceedings of The ACM on Human-Computer Interaction, 3(CSCW, Article 28)***, 4-6. doi:10.1145/3359130

Blikstein, Paulo. (2013). ***Multimodal Learning Analytics***. Stanford, CA: Stanford University.

Bottou, Leon, Curtis, Frank, and Nocedal, Jorge. (2016). Optimization Methods for Large-Scale Machine Learning. ***SIAM Review 60(2),*** 223-225. doi:10.1137/16M1080173

Budhrani, Kiran, Ji, Yaeeun and Lim, Jae Hoon. (2018). Unpacking Conceptual Elements of Smart Learning in The Korean Scholarly Discourse. ***Smart Learning Environments, 5(23)***, 4. doi:10.1186/s40561-018-0069-7

Budhrani, Kiran, Ji, Yaeeun and Lim, Jae Hoon. (2018). Unpacking Conceptual Elements of Smart Learning in The Korean Scholarly Discourse. ***Smart Learning Environments, 5(23)***, 4. doi:10.1186/s40561-018-0069-7

Chancellor, Stevie, Baumer, Eric, P.S., and De Choudhury, Munmun. (2019). Who Is The ‘‘Human’’ In Human-Centered Machine Learning: The Case of Predicting Mental Health From Social Media. ***Proceedings of The ACM on Human-Computer Interaction, 3(CSCW, Article 147)***, 3. doi:10.1145/3359249

Dasic, Predrag, Dasic, Jovan, Crvenkovic, Bojan, and Serifi, Veis. (2016). A Review of Intelligent Tutoring Systems In E-learning. ***Annals of The University of Oradea, 3(2016)***, 86-87.

DassaultSystemes, The 3D EXPERIENCE Company. (n.d.). ***Artificial Intelligence In Industrial markets***. Waltham, MA: Author.

Department for Digital, Culture, Media, & Sport. U.K. (2018). ***Centre for Data Ethics and Innovation Consultation***. London, U.K.: Author.

Dopico, M., Gomez, A., De la Fuente, D., Garcia, N., Rosillo, R. and, Puche, J. (2016, July). A Vision of Industry 4.0 From An Artificial Intelligence Point of View. In ***Proceedings of The 18th International Conference on Artificial Intelligence ICAI 2016*** (pp. 407-413). San Diego, CA: CSREA Press.

Drossel, Kerstin, and Eickelmann, Birgit. (2017). Teachers' Participation in Professional Development Concerning The Implementation of New Technologies in Class: A Latent Class Analysis of Teachers and The Relationship With The Use of Computers, ICT Self-efficacy and Emphasis on Teaching ICT Skills. ***Large-Scale Assessments in Education, 5(19)***, 4-5.doi:10.1186/s40536- 017- 0053- 7

Elkind, Edith, and Leyton-Brown, Kevin. (2010). Algorithmic Game Theory and Artificial Intelligence. ***AI Magazine, 31(4)***, 9-10. doi:10.1609/aimag.v31i4.2310

Empirica. (2014). ***E-skills in Europe. Germany: Country Report***. Bonn, Germany: Author.

ENCQOR Quebec. (2018). ***Technology Readiness Level Definitions***. Quebec City, Canada: Author.

ENCQOR Quebec. (2018). ***Technology Readiness Level Definitions***. Quebec City, Canada: Author.

Endriss, Ulle. (2011). Computational Social Choice: Prospects and Challenges. ***Procedia Computer Science 7(2011)***, 68-71. doi:10.1016/j.procs.2011.12.022

EU-Japan Centre for Industrial Cooperation. (2015). ***Digital Economy in Japan and The EU: An Assessment of The Common Challenges and The Collaboration Potential***. Tokyo, Japan: Author.

EU-Japan Centre for Industrial Cooperation. (2015). ***Digital Economy in Japan and The EU: An Assessment of The Common Challenges and The Collaboration Potential***. Tokyo, Japan: Author.

European Schoolnet and University of Liege. (2012). ***Survey of Schools: ICT in Education. Country Profile: Finland***. Brussels, Belgium: European Schoolnet.

European Schoolnet. (2017). ***Denmark: Country Report on ICT in Education***. Brussels, Belgium: Author.

European Union. (2016). ***Survey on Policies and Practices of Digital and Online Learning in Europe***. Luxembourg City, Luxembourg: Publications Office of the European Union.

European Union. (2018). ***Education and Training Monitor 2018. Country Analysis***. Luxembourg City, Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Favoreu, Christophe, Carassus, David, and Maurel, Christophe. (2016). Strategic Management in The Public Sector: A Rational, Political or Collaborative Approach?. ***International Review of Administrative Sciences, 82(3)***, 438-441. doi:10.1177/0020852315578410

Favoreu, Christophe, Carassus, David, and Maurel, Christophe. (2016). Strategic Management in The Public Sector: A Rational, Political or Collaborative Approach?. ***International Review of Administrative Sciences, 82(3)***, 438-441. doi: 10.1177/0020852315578410

Ferguson, R., Brasher, A., Clow, D., Cooper, A., Hillaire, G., Mittelmeier, J., Rienties, B., Ullmann, T., and Vuorikari, R. (2016). ***Research Evidence on The Use of Learning Analytics- Implications for Education Policy***. Luxembourg, Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Fujitsu. (2018). ***Research Report: UK The Road to Digital Learning***. London, England: Author.

Gerick, Julia, Eickelmann, Birgit, and Bos, Wilfried. (2017). School-level Predictors for The Use of ICT in Schools and Students' CIL in International Comparison. ***Large-Scale Assessments in Education, 5(5)***, 6-10. doi:10.1186/s40536- 017- 0037- 7

Groth, Olaf, and Straube, Tobias. (2019). ***Evaluation of The German AI Strategy***. Berlin, Germany: The Konrad-Adenauer-Stiftunge.V.

Ha, Cheyeon, and Lee, Soo-Young. (2019). Elementary Teachers' Beliefs and Perspectives Related to Smart Learning in South Korea. ***Smart Learning Environments, 6(3)***, 4-5.doi:10.1186/s40561-019-0082-5

Ha, Cheyeon, and Lee, Soo-Young. (2019). Elementary Teachers' Beliefs and Perspectives Related to Smart Learning in South Korea. ***Smart Learning Environments, 6(3)***, 4-5. doi:10.1186/s40561-019-0082-5

Hall, Wendy, and Pesenti, Jerome. (2017). ***Growing The Artificial Intelligence Industry In The UK***. London, U.K.: The Department For Digital, Culture, Media, & Sport.

Haßler, B., Major, L., and Hennessy, S. (2016). Tablet Use in Schools: A Critical Review of The Evidence for Learning Outcomes. ***Journal of Computer Assisted Learning, 2016 (32)***, 151. doi:10.1111/jcal.12123

Hermann, M., Pentek, T., and Otto, B. (2016, January 5-8). Design principles for industrie 4.0 Scenarios. *Proceedings of The Hawaii International Conference on System Sciences*, IEEE, Koloa, HI, USA, 49.doi:10.1109/HICSS.2016.488

Hermann, M., Pentek, T., and Otto, B. (2016, January 5-8). Design principles for industrie 4.0 Scenarios. *Proceedings of The Hawaii International Conference on System Sciences*, IEEE, Koloa, HI, USA, 49.doi:10.1109/HICSS.2016.488

Herodotou, Christothea, Hlosta, Martin, Boroowa, Avinash, Rienties, Bart, Zdrahal, Zdenek and Mangafa, Chrysoula. (2019). Empowering Online Teachers Through Predictive

Learning Analytics. ***British Journal of Educational Technology, 50(6)***, 3064–3077. doi:10.1111/bjet.12853

Heymann, Eric, and Korner, Kevin. (2018). ***Digital Infrastructure Bottlenecks Hamper Europe's Progress***. Frankfurt, Germany: Deutsche Bank AG.

Holmes, Wayne, Anastopoulou, Stamatina, Schaumburg, Heike, and Mavrikis, Manolis. (2018). ***Technology-enhanced Personalised Learning: Untangling The Evidence***. Stuttgart, The Federal Republic of Germany: Robert Bosch Stiftung.

Hu, Xiang, Gong, Yang, Lai, Chun, and Leung, Frederick K.S. (2018). The Relationship Between ICT and Student Literacy in Mathematics, Reading, and Science Across 44 Countries: A Multilevel Analysis. ***Computers & Education, 125(2018)***, 1-13. doi:10.1016/j.compedu.2018.05.021

Hu, Xiang, Gong, Yang, Lai, Chun, and Leung, Frederick K.S. (2018). The Relationship Between ICT and Student Literacy in Mathematics, Reading, and Science Across 44 Countries: A Multilevel Analysis. ***Computers & Education, 125(2018)***, 1-13. doi:10.1016/j.compedu.2018.05.021

International Development Research Centre, and Oxford Insights. (2019***). Government Artificial Intelligence Readiness Index 2019***. Ottawa, Canada: Author.

International Telecommunication Union. (2014). ***Measuring The Information Society Report 2014***. Geneva, Switzerland: Author.

International Telecommunication Union. (2014). ***Measuring The Information Society Report 2014***. Geneva, Switzerland: Author.

International Telecommunication Union. (2018). ***Measuring The Information Society Report. Vol. 1***. Geneva, Switzerland: Author.

International Telecommunication Union. (2018). ***Measuring The Information Society Report. Vol. 1***. Geneva, Switzerland: Author.

Kara, Mehmet et al. (2018). Validation of An Instrument for Preservice Teachers and An Investigation of Their New Media Literacy. ***Journal of Educational Computing Research, 56(7)***, 1023-1024. doi:10.1177/0735633117731380

Karsenti, Thierry. (2019). Artificial Intelligence In Education: The Urgent Need to Prepare Teachers for Tomorrow's Schools***. Formation et profession, Revue ScientifiqueInternationale en Education, 27(1)***, 108-110. doi:10.18162/fp.2019.a166

Kennedy, Aileen. (2015). What Do Professional Learning Policies Say About Purposes of Teacher Education?.***Asia-Pacific Journal of Teacher Education,43 (3)***, 183-194.http://dx.doi.org/10.1080/1359866X.2014.940279

Kennisnet. (n.d.). ***Let ICT Work for Education Kennisnet Strategic Plan 2015-2018***. Zoetermeer, The Netherlands: Author.

Kimelfeld, Benny, Kolaitis, Phokion G., and Stoyanovich, Julia. (2018, July). Computational Social Choice Meets Databases. In ***Proceedings of the Twenty-Seventh International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-18)*** (p. 317). Linkoping, Sweden: Linkoping University.

Liu, Xia, Toki, Eugenia I., and Pange, Jenny. (2014). The Use of ICT in Preschool Education in Greece and China: A Comparative Study. ***Procedia-Social and Behavioral Sciences, 112(2014)***, 1167-1176. doi:10.1016/j.sbspro.2014.01.128

Liu, Xia, Toki, Eugenia I., and Pange, Jenny. (2014). The Use of ICT in Preschool Education in Greece and China: A Comparative Study. ***Procedia-Social and Behavioral Sciences, 112(2014)***, 1167-1176. doi:10.1016/j.sbspro.2014.01.128

Livingstone, Sonia et al. (2017). ***Children's Online Activities, Risks and Safety: A Literature Review By The UKCCIS Evidence Group***. London, England: London School of Economics and Political Science.

Livingstone, Sonia, and Smith, Peter K. (2014). Annual Research Review: Harms Experienced By Child Users of Online and Mobile Technologies: The Nature, Prevalence and Management of Sexual and Aggressive Risks in The Digital Age. **Journal of Child and Psychology of Psychiatry, 55(6)**, 642-643. doi:10.1111/jcpp.12197

Ma, Wenting, Adesope, Olusola O., Nesbit, John C., and Liu, Qing. (2014). Intelligent Tutoring Systems and Learning Outcomes: A Meta -Analysis. ***Journal of Educational Psychology, 106(4)***, 901-904.doi:10.1037/a0037123

Madianou, Mirca. (2019). The Biometric Assemblage, Profit, and The Measuring of Refugee Bodies. ***Television & New Media, 20(6)***, 583-584. doi:10.1177/152747476419857682

McDowell, Steve. (2019). ***Enterprise Machine and Deep Learning with Intelligent Storage***. Austin, TX: Moor Insights & Strategy.

McPherson, Keith. (2011). ***Young Children Learning With New Literacies*** (Doctoral dissertation, University of Victoria, Victoria, Canada). Retrieved from file:///C:/Users/ADMIN/AppData/Local/Packages/Microsoft.MicrosoftEdge_8wekyb3d8bbwe/TempState/Downloads/McPherson_Keith_PhD_2011%20(3).pdf

MMC Ventures and Barclays Bank UK PLC. (2019). ***The State of AI 2019: Divergence***. London, U.K.: Author.

Montrieux, Hannelore, Vanderlinde, Ruben, Schellens, Tammy, and De Marez, Lieve. (2015). Teaching and Learning With Mobile Technology: A Qualitative Explorative Study About The Introduction of tablet Devices in Secondary Education. ***PLoS ONE, 10(12): e0144008***, 14-15. doi:10.1371/journal.pone.0144008

Muhlhoff, Rainer. (2019). Human-aided Artificial Intelligence: Or, How To Run Large Computations In Human Brains? Toward A Media Sociology of Machine Learning. ***New Media & Society,21***, 10. doi:10.1177/1461444819885334

Nakamura, Koji, Kaihatsu, Sohei, and YagiTomoyuki. (٢٠١٨). ***Productivity Improvement and Economic Growth***. Tokyo, Japan: Bank of Japan.

Nakamura, Koji, Kaihatsu, Sohei, and YagiTomoyuki. (٢٠١٨). ***Productivity Improvement and Economic Growth***. Tokyo, Japan: Bank of Japan.

Nguyen, Giang et al. (2019). Machine Learning and Deep Learning Frameworks and Libraries for Large-scale Data Mining: A Survey. ***Artificial Intelligence Review, 52(1)***, 77-87. doi:10.1007/s10462-018-09679-z

Nouri, Jalal et al. (2019). Efforts In Europe For Data-Driven Improvement of Education: A Review of Learning Analytics Research In Seven Countries. *International Journal of Learning Analytics and Artificial Intelligence for Education, 1(1)*, 6-8.**doi:10.3991/ijai.v1i1.11053**

OECD. (2017a). ***The OECD Handbook for Innovative Learning Environments***. Paris, France: OECD Publishing.

OECD. (2017b). Benchmarking Higher Education System Performance: Conceptual Framework and Data, Enhancing Education System Performance. Paris, France: OECD Publishing.

OECD. (2018a).***Germany Policy Brief. Digitalisation: Leveraging The Opportunities of Digitalisation in Germany***. Paris, France: OECD Publishing.

OECD. (2019). ***Artificial Intelligence In Society***. Paris, France: OECD Publishing.

OECD. (2020a). ***The Impact of COVID-19 on Education: Insights from Education At A Glance 2020***. Paris, France: OECD Publishing.

Oughton, Edward, Tyler, Peter, and Alderson, David. (2015). Who's Superconnected and Who's Not? Investment in The

UK's Information and Communication Technologies (ICT) Infrastructure.**Infrastructure Complexity, 2(6)**, 3. doi:10.1186/s40551-015-0006-7

Oughton, Edward, Tyler, Peter, and Alderson, David. (2015). Who's Superconnected and Who's Not? Investment in The UK's Information and Communication Technologies (ICT) Infrastructure. **Infrastructure Complexity, 2(6)**, 3. doi:10.1186/s40551-015-0006-7

Park, EunHyung, and Lee, Jea-Wan. (2015). A Study on Policy Literacy and Public Attitudes Toward Government Innovation-focusing on Government 3.0 in South Korea. ***Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, 1(23)***, 1-11.doi:10.1186/s40852-015-0027-3

Park, EunHyung, and Lee, Jea-Wan. (2015). A Study on Policy Literacy and Public Attitudes Toward Government Innovation-focusing on Government 3.0 in South Korea. ***Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, 1(23)***, 1-11. doi:10.1186/s40852-015-0027-3

Perrault, Raymond et al. (2019). ***Artificial Intelligence Index Report 2019***. Stanford, CA: Stanford University.

Przegalinska, Aleksandra. (2019). ***State of The Art and Future of Artificial Intelligence***. Brussels, Belgium: European Parliament.

Rajendran, Bipin, Sebastian, Abu, Schmuker, Michael, Srinivasa, Narayan, and Eleftheriou, Evangelos. (2019). ***Low-Power Neuromorphic Hardware For Signal Processing Applications***. Ithaca, NY: Cornell University.

Roughgarden, Tim. (2009). ***Algorithmic Game Theory***. Stanford , CA: Stanford University.

Safer Internet Center. Netherlands. (2015). ***Better Internet for Kids: How It's Done in The Netherlands***. Leidschendam, The Netherlands: Author.

Sage Group PLC. (2018). ***Artificial Intelligence in 2019: A Handbook for Business Leaders***. Newcastle upon Tyne, United Kingdom: Author.

Sage Group PLC. (2018). ***Artificial Intelligence in 2019: A Handbook for Business Leaders***. Newcastle upon Tyne, United Kingdom: Author.

Sakamoto, Akira. (2018). The Influence of Information and Communication Technology Use on Students' Information Literacy. In Voogt, J., Knezek, G., Christensen, R., and Lai KW. (Eds.), ***Second Handbook of Information Technology in Primary and Secondary Education*** (pp. 271-291). Cham, Switzerland: Springer International Handbooks of Education.

Sakamoto, Akira. (2018). The Influence of Information and Communication Technology Use on Students' Information Literacy. In Voogt, J., Knezek, G., Christensen, R., and Lai KW. (Eds.), ***Second Handbook of Information Technology in Primary and Secondary Education*** (pp. 271-291). Cham, Switzerland: Springer International Handbooks of Education.

Schmidt, Florian Alexander. (2019). ***Crowdsourced Production of AI Training Data: How Human Workers Teach Self-Driving Cars How To See***. Dusseldorf, Germany: Hans-Bockler-Stiftung.

Shook, Ellyn, and Knickrehm, Mark. (2017). ***Harnessing Revolution: Creating The Future Workforce***. Dublin, Republic of Ireland: Accenture PLC.

Shook, Ellyn, and Knickrehm, Mark. (2017). ***Harnessing Revolution: Creating The Future Workforce***. Dublin, Republic of Ireland: Accenture PLC.

Shook, Ellyn, and Knickrehm, Mark. (2018). ***Reworking The Revolution***. Dublin, Republic of Ireland: Accenture PLC.

Shook, Ellyn, and Knickrehm, Mark. (2018). ***Reworking The Revolution***. Dublin, Republic of Ireland: Accenture PLC.

Sparks, Evan Randall. (2016). ***End-to-End Large Scale Machine Learning with Keystone ML***(Doctoral dissertation,

University of California, Berkeley, The U.S.A.)Retrieved from https://www2.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2016/EECS-2016-200.pdf

Spiering, Arjan. (2018). ***Improving Cyber Safety Awareness Education at Dutch Elementary Schools*** (Master thesis, Cyber Security Academy in The Hague, The Hague, The Netherlands). Retrieved from https://www.csacademy.nl/images/scripties/2018/Thesis-Arjan-Spiering-Improving-Cyber-Safety-Awareness-Education-of-Elementary-School-Children.pdf

Stanford University. (2016). ***One Hundred Year Study on Artificial Intelligence: Report of The 2015 Study Panel***. Stanford, CA: Author.

Strukov, Dmitri, Indiveri, Giacomo, and Grollier, Julie. (2019). Building Brain-inspired Computing. ***Nature Communications, 10:4838(2019)***, 1-5. doi:10.1038/s41467-019-12521-x

Sutton, Richard S., and Barto, Andrew G. (2018). ***Reinforcement Learning: An Introduction. 2nd Edition***. Cambridge, MA: The MIT Press.

The Federal Government of Germany. (2018). ***Artificial Intelligence Strategy***. Berlin, Germany: Author.

The Ministry of Science, ICT and Future Planning. South Korea. (2017). ***Mid-to Long-Term Master Plan In Preparation for The Intelligent Information Society. Managing The Fourth Industrial Revolution***. Seoul, South Korea: Author.

The National Association of State Chief Administrators and Accenture PLC. (2019). ***Job One: Reimagine Today's State Government Workforce***. Dublin, Republic of Ireland: Author.

The National Association of State Chief Administrators and Accenture PLC. (2019). ***Job One: Reimagine Today's State***

Government Workforce. Dublin, Republic of Ireland: Author.

The Select Committee On Artificial Intelligence of The National Science & Technology Council. U.S.A. (2019). ***The National Artificial Intelligence Research and Development Strategic Plan: 2019 Update***. Washington, D.C.: Author.

Upadhyay, Navnidhi K., Joshi, Saumil, Yang, J. Joshua. (2016). Synaptic Electronics and Neuromorphic Computing. ***Science China. Information Science, 59(2016)***, 3-5. doi:10.1007/s11432-016-5565-1

Viejo, Claudia Gonzalez, Torrico, Damir D., Dunshea, Frank R., and Fuentes, Sigfredo. (2019). Emerging Technologies Based on Artificial Intelligence To Assess the Quality and Consumer Preference of Beverages. ***Beverages, 5(62)***, 2-13. doi:10.3390/beverages5040062

Whittaker, Meredith. (2018). ***AI Now Institute Report***. New York, NY: New York University.

World Economic Forum. (2014). ***Delivering Digital Infrastructure Advancing The Internet Economy***. Geneva, Switzerland: Author.

World Economic Forum. (2014). ***Delivering Digital Infrastructure Advancing The Internet Economy***. Geneva, Switzerland: Author.

World Economic Forum. (2015a). ***Expanding Participation and Boosting Growth: The Infrastructure Needs of the Digital Economy***. Geneva, Switzerland: Author.

World Economic Forum. (2015a). ***Expanding Participation and Boosting Growth: The Infrastructure Needs of the Digital Economy***. Geneva, Switzerland: Author.

World Economic Forum. (2019). ***Leading Through The Fourth Industrial Revolution Putting People at The Centre***. Geneva, Switzerland: Author.

World Economic Forum. (2019). ***Leading Through The Fourth Industrial Revolution Putting People at The Centre***. Geneva, Switzerland: Author.

World Intellectual Property Organization. (2019). ***WIPO Technology Trends 2019: Artificial Intelligence***. Geneva, Switzerland: Author.

World International Property Organization. (2019). ***WIPO Technology Trends 2019: Artificial Intelligence***. Geneva, Switzerland: Author.

World International Property Organization. (2019). ***WIPO Technology Trends 2019: Artificial Intelligence***. Geneva, Switzerland: Author.

Yu, Han et al. (2019). Fair and Explainable Dynamic Engagement of Crowd Workers. In ***Proceedings of The Twenty-Eighth International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-2019)*** (pp. 6575-6576). Macao, China: University of Macao, China.