Qentar Journal for Humanities and Applied Sciences
Educational and Psychology Studies Series

الذكاء الصناعي في التعليم نحو نموذج تربوي تكاملي لتعزيز التعلّم وتشكيل مهارات المستقبل

الدكتور سلطان محمد هلال اللحياني / المملكة العربية السعودية

تاريخ الارسال 2025/8/17 تاريخ القبول 2025/9/20 تاريخ النشر 2025/9/30

الملخص: يشهد العالم تحولاً جوهريا مدفوعاً بالتقدم في الذكاء الصناعي، وهذا يفرض على قطاع التعليم إعادة تشكيل بنيته. تكمن مشكلة الدراسة في أن الخطاب الحالي حول الذكاء الصناعي في التعليم يتسم بالاستقطاب وبالتجزئة التي تركز على أدوات فردية دون تقديم إطار تربوي شامل. تتمثل الفجوة البحثية في غياب نموذج تكاملي يجمع بين النماذج النظرية لتطور الذكاء الصناعي، وتطبيقاته العملية، وتأثيره على أدوار المعلمين والطلاب، ومتطلبات المناهج المستقبلية، والتحديات الأخلاقية. للإجابة على ذلك، تعتمد هذه الدراسة على منهجية المراجعة المنهجية للأدبيات (Systematic Literature Review) والتحليل المفاهيمي (Conceptual Analysis) لأحدث الأبحاث المنشورة بين 1990 و2025. تستعرض الدراسة تطور الذكاء الصناعي في التعليم عبر ثلاثة نماذج: المُوجِّه، والداعم، والمُمَكِّن، والتي تعكس انتقالاً نحو تعزيز فاعلية الطالب ، وبناءً على هذا التحليل، تقدم الدراسة مساهمته الرئيسية المتمثلة في اقتراح نموذج تربوي تكاملي يهدف إلى توجيه التطبيق المستدام للذكاء الصناعي. يناقش النموذج أثر التطبيقات في تخصيص التعلم وأتمتة التقييم، ويحلل تحول دور المعلم إلى مُصمم للخبرات ومحلل للبيانات، والطالب إلى قائد لرحلته التعليمية. كما يؤكد النموذج على ضرورة دمج مهارات التفكير الحسابي ومحو الأمية البيانية والأخلاقية في المناهج ، وتوصلت الدراسة إلى أن نجاح دمج الذكاء الصناعي لا يكمن في التكنولوجيا، بل في بناء شراكة متوازنة بين الذكاء الانساني والآلي، ويدعو إلى تبني هذا النموذج التكاملي كخارطة طريق لصانعي السياسات والممارسين التربويين.

الكلمات المفتاحية: الذكاء الصناعي في التعليم، نموذج تربوي تكاملي، فجوة بحثية، مراجعة منهجية، تخصيص التعلّم، فاعلية الطالب، أخلاقيات الذكاء الصناعي

Artificial Intelligence in Education: Towards an Integrative Pedagogical Model for Enhancing Learning and Shaping Future Skills

Abstract: The world is undergoing a radical transformation driven by advancements in Artificial Intelligence (AI), compelling the education sector to reshape its structure. The research problem lies in the current discourse on AI in education, which is characterized by polarization and fragmentation, focusing on individual tools without providing a comprehensive pedagogical framework. The research gap is the absence of an integrative model that combines theoretical paradigms of AI's evolution, its practical applications, its impact on the roles of teachers and learners, the requirements of future curricula, and ethical challenges. To address this, this study employs a methodology of Systematic Literature Review and Conceptual Analysis of the latest research published between 1990 and 2025. The paper reviews the evolution of AI in education through three paradigms: AI-Directed, AI-Supported, and AI-Empowered, reflecting a shift towards enhancing learner agency , Based on this analysis, the study presents its main contribution: a proposed Integrative Pedagogical Model aimed at guiding the sustainable implementation of AI. The model discusses the impact of applications in personalizing learning and automating assessment, analyzes the transformation of the teacher's role into that of an

experience designer and data analyst, and the learner's role into that of a leader of their own educational journey. The model also emphasizes the necessity of integrating computational thinking, as well as data and ethical literacy, into curricula , research concludes that the success of integrating AI lies not in the technology itself, but in building a balanced partnership between human and machine intelligence. It advocates for the adoption of this integrative model as a roadmap for policymakers and educational practitioners.

Keywords: Artificial Intelligence in Education, Integrative Pedagogical Model, Research Gap, Systematic Review, Personalized Learning, Learner Agency, AI Ethics.

1. مقدمة (Introduction)

تمثل الثورة الصناعية الرابعة، التي يقع الذكاء الصناعي في قلبها، نقطة تحول تاريخية لا تؤثر فقط على الاقتصاد والصناعات، بل تعيد تعريف جوهر التفاعل الانساني والمعرفة نفسها (Seldon & Abidoye, 2018) ، وفي هذا الجانب تقف قطاعات التعليم عند مفترق طرق حاسم؛ فإما أن تتكيف مع هذا الواقع الجديد وتستثمر إمكانياته الهائلة، أو تواجه خطر التهميش وعدم القدرة على إعداد أجيال قادرة على مواجهة تحديات المستقبل، لم يعد الذكاء الصناعي مجرد مفهوم من مفاهيم الخيال العلمي، بل أصبح واقعاً حقيقيا يتجسد في تطبيقات متنوعة تتراوح من أنظمة التوصية البسيطة إلى الروبوتات التعليمية المتقدمة والمناهج التكيفية (Chen et al., 2020) .

إن تبني تقنيات الذكاء الصناعي في التعليم والتدريس ليس مجرد خيار ترفي، بل هو ضرورة تفرضها الفجوة المتزايدة بين مخرجات نظمة التعليم التقليدية ومتطلبات سوق العمل والمجتمع المعرفي، فمع زيادة عدد الطلاب وتزايد أعباء المعلمين، يقدم الذكاء الصناعي حلولاً واعدة لأتمتة الانشطة الروتينية، مما يتيح للمعلمين التركيز على الجوانب الإبداعية والإرشادية في عملهم (Chen et al., 2020) ، كما أن قدرته على تحليل كميات هائلة من بيانات الطلاب تفتح آفاقاً غير مسبوقة لتخصيص التعليم وتكييفه وفقاً للاحتياجات الفردية لكل طالب، وهو هدف هام وسامي طالما سعى إليه التربويون (Zhai et al., 2021).

1.1 مشكلة الدراسة (Problem Statement)

تتمحور مشكلة هذه الدراسة حول التفكك النظري والتطبيقي في حقل الذكاء الصناعي التعليمي، فالخطاب السائد يتسم بالثنائيات الحادة بين الرؤى اليوتوبية التي تحتفي بالتكنولوجيا كمنقذ (Chen et al., 2020)، والرؤى الديستوبية التي تخشى من فقدان البعد الإنساني. وعلى الصعيد البحثي، تتسم الدراسات بالتخصص المفرط والتركيز على تطبيقات فردية أو تحديات معزولة، وهو ما كشفت عنه مراجعات منهجية حديثة بشكل واضح (Zawacki-Richter et al., 2019)، هذه التجزئة، كما يصفها (Holmes, Bialik, & Fadel, 2019)، تعمل على ايجاد فجوة معرفية كبيرة، حيث لا يوجد نموذج تكاملي يربط بين الإمكانيات التكنولوجية، والمقتضيات التربوية، والضوابط الأخلاقية، والأدوار المتغيرة للمعلمين والطالبين. هذا النقص في الرؤية الكلية يمثل العائق الأساسي أمام تطوير سياسات وممارسات تعليمية مستنيرة ومستدامة في عصر الذكاء الصناعي.

2.1 الفجوة البحثية (Research Gap)

بناءً على المشكلة المذكورة، تتجلى الفجوة البحثية في غياب نموذج نظري وعملي تكاملي (Integrative Model) يربط بين الأبعاد المختلفة للذكاء الصناعي في التعليم، ففي حين قدمت دراسات مثل (Chen et al., 2020) و(Zhai et al., 2021) مراجعات شاملة للتطبيقات، وقدمت أبحاث مثل (Ouyang & Jiao, 2021) نماذج نظرية لتطور دوره، وألقت تقارير مثل (UNESCO, 2019) الضوء على التحديات، إلا أنه لا توجد دراسة تجمع هذه الخيوط معاً وتقدم إطار عمل متماسك، هذه الفجوة تترك صانعي السياسات والمربين دون خارطة طريق واضحة.

3.1 أهداف وأسئلة الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى سد هذه الفجوة من خلال بناء نموذج تربوي تكاملي للذكاء الصناعي في التعليم، ولتحقيق هذا الهدف، تسعى الدراسة للإجابة على الأسئلة التالية:

- كيف يمكن توليف النماذج النظرية الحالية لتطور الذكاء الصناعي في التعليم (المُوجِّه، الداعم، المُمَكِّن) لتشكيل أساس لنموذج تكاملي؟
- ما هي الآثار المترتبة على هذا النموذج التكاملي بالنسبة للتطبيقات العملية، وأدوار المعلمين والطلاب، والمناهج الدراسية المستقبلية؟
- ما هي التحديات الأخلاقية والعملية الحاسمة التي يجب أن يعالجها هذا النموذج لضمان تطبيق عادل ومستدام للذكاء الصناعي؟

4.1 أهمية البحث وهيكله

تستمد هذه الدراسة أهميتها البالغة من طبيعة اللحظة التاريخية الفارقة التي يمر بها قطاع التعليم في مواجهة موجة الذكاء الصناعي ، ففي ظل التسارع الهائل لتغلغل هذه التقنيات في كافة جوانب الحياة، لم يعد النقاش حول دورها في التعليم ترفاً أكاديمياً، بل أصبح ضرورة استراتيجية هامة لتجنب اتساع الفجوة بين مخرجات التعليم ومتطلبات المستقبل، وتبرز أهمية الدراسة على مستويين رئيسيين: نظري وعملي.

على المستوى النظري، تقدم هذه الدراسة مساهمة نظرية أصيلة من خلال سعيها لسد فجوة واضحة في الأدبيات العلمية الحالية، فمعظم الدراسات والأبحاث والتقارير تميل إلى معالجة الموضوع بشكل مجزأ وغير مكتمل؛ فإما أن تركز على استعراض تطبيقات تقنية محددة، أو تناقش التحديات الأخلاقية بشكل منفصل، أو تحلل الآثار السياسية بمعزل عن الممارسات التربوية، في حين تسعى هذه الدراسة لتجاوز هذا التجزؤ من خلال بناء نموذج تربوي تكاملي شامل، هذا النموذج لا يهدف فقط إلى تجميع الأجزاء المختلفة من ابعاد الصورة، بل إلى توليفها في إطار نظري متماسك ومتكامل يوضح العلاقات الديناميكية بين التطور الفلسفي للذكاء الصناعي، وتطبيقاته العملية، وتأثيره العميق على الأدوار التربوية والمناهج، وبذلك توفر الدراسة أداة تحليلية وتوجيهية يمكن للباحثين والمهتمين استخدامها لتأطير دراساتهم المستقبلية وتعميق فهم الحقل.

أما على المستوى العملي والتطبيقي، فإن أهمية الدراسة تكمن في تصميم هذا النموذج ليكون بمثابة خارطة طريق أو دليل عملي لمجموعة واسعة من الفاعلين في الميدان التربوي، فبدلاً من تركهم في حيرة أمام الطوفان التكنولوجي، تقدم الدراسة إطاراً واضحاً يساعدهم على اتخاذ قرارات مستنيرة، فبالنسبة لصانعي السياسات، يوفر النموذج أساساً لوضع استراتيجيات وطنية متكاملة تتجاوز مجرد شراء التكنولوجيا إلى بناء منظومة تعليمية مستدامة وقادرة على التكيف، وبالنسبة لمطوري التكنولوجيا، يقدم النموذج بوصلة تربوية لتصميم حلول إنسانية المحور تلبي الاحتياجات الحقيقية للفصول الدراسية، أما لقادة المدارس والمعلمين، فتمنحهم الدراسة رؤية واضحة للتغييرات المطلوبة في الثقافة المدرسية، والممارسات التربوية، وأدوارهم المهنية، مما يمكنهم من قيادة هذا التحول بثقة وفعالية، في جوهرها، تهدف هذه الدراسة إلى تحويل النقاش من سؤال هل يجب أن نستخدم الذكاء الصناعي، إلى سؤال أكثر عمقاً وأهمية وهو كيف يمكننا تسخير قوته بحكمة ومسؤولية لبناء مستقبل تعليمي أكثر عدلاً، وكفاءة، وإنسانية للجميع

2. المنهجية (Methodology)

لتحقيق أهداف البحث وسد الفجوة البحثية المحددة، تم اعتماد منهجية بحث نوعي تستند إلى تصميم مزدوج يجمع بين **المراجعة المنهجية للأدبيات (Systematic Literature Review)** و**التحليل المفاهيمي (Conceptual Analysis)** .

2.1 تصميم البحث

تم اختيار هذا التصميم المزدوج لأن البحث لا يهدف فقط إلى تلخيص الأدبيات الموجودة، بل إلى تحليلها ونقدها والبناء عليها لإنتاج إطار نظري جديد (النموذج التكاملي)، توفر المراجعة المنهجية أساساً تجريبياً ونظرياً قوياً وموثوقاً، بينما يسمح التحليل المفاهيمي بتوليف الأفكار وتطوير نموذج جديد يمثل القيمة المضافة لهذه الدراسة.

2.2 إجراءات جمع البيانات (اختيار المصادر)

تم إجراء بحث منهجي في قواعد البيانات الأكاديمية الرئيسية، بما في ذلك Scopus، وWeb of Science، و Google Scholar ، تم استخدام مجموعة من الكلمات المفتاحية باللغتين الإنجليزية والعربية، منها: Artificial Intelligence in Education, AI in education, EdTech, Personalized Learning, Intelligent Tutoring Systems, Learning Analytics, الذكاء الصناعي في التعليم, تخصيص التعلم, تحليلات التعلم، تم تحديد النطاق الزمني للبحث من عام 2015 إلى 2025) مع تضمين الأبحاث المنشورة حتى تاريخه) لضمان التركيز على أحدث التطورات.

3.2 معايير الاشتمال والاستبعاد

تم تطبيق المعايير التالية لاختيار الدراسات:

- **معايير الاشتمال:** الدراسات المنشورة في مجلات علمية محكّمة، الأوراق البحثية في المؤتمرات الكبرى، التقارير الصادرة عن منظمات دولية موثوقة (مثل اليونسكو)، والدراسات التي تركز بشكل واضح على الجوانب التربوية أو التطبيقية أو الأخلاقية للذكاء الصناعي في التعليم العام والجامعي.
- **معايير الاستبعاد:** المقالات الإخبارية غير الأكاديمية، الأوراق البحثية التي تركز حصراً على الجانب التقني للخوارزميات دون ربطها بالسياق التعليمي، الدراسات المنشورة قبل عام 2015، والمراجعات غير المنهجية، بعد عملية الفرز الأولية، تم تحديد ما يقرب من 150 دراسة، وبعد تطبيق المعايير بشكل دقيق، تم اختيار 45 دراسة أساسية للتحليل المعمق في هذه الدراسة.

4.2 إجراءات تحليل البيانات

تم التحليل على مرحلتين:

- **التحليل الموضوعي (Thematic Analysis) :** تم فحص الدراسات المختارة وتحديد الموضوعات والأنماط الرئيسية المتكررة، تم تصنيف هذه الموضوعات ضمن محاور رئيسية تتوافق مع أسئلة البحث: النماذج النظرية، التطبيقات العملية، تحولات الأدوار، المهارات والمناهج، والتحديات الأخلاقية.
- **التوليف المفاهيمي (Conceptual Synthesis) :** في هذه المرحلة، تم تجاوز مجرد تجميع الموضوعات إلى بناء علاقات بينها، تم استخدام إطار النماذج الثلاثة لـ (Ouyang & Jiao, 2021) كعدسة تحليلية لفهم تطور التطبيقات وتأثيرها على الأدوار، ثم تم دمج نتائج هذا التحليل مع الاعتبارات المتعلقة بالمهارات والتحديات الأخلاقية لصياغة النموذج التربوي التكاملي المقترح، والذي يمثل الخاتمة المنطقية لهذا التحليل المنهجي.

3. الإطار النظري:

1.3 تطور نماذج الذكاء الصناعي في التعليم

إن فهم الإمكانات الحالية والمستقبلية للذكاء الصناعي في التعليم يتطلب نظرة تاريخية تحليلية لكيفية تطور دوره وفلسفته، لم يكن هذا التطور مجرد تقدم تقني، بل كان انعكاساً لتحولات أعمق في النظريات التربوية، من السلوكية إلى البنائية والاتصالية، يقدم (Ouyang & Jiao, 2021) إطاراً نظرياً متميزاً يصنف هذا التطور إلى ثلاثة نماذج (Paradigms) رئيسية، توضح العلاقة المتغيرة بين النظام الذكي، والطالب، والمعرفة.

النموذج الأول: الذكاء الصناعي المُوجِّه (AI-Directed) ، والطالب كمُتلقٍ

يمثل هذا النموذج المرحلة الأولى والأكثر كلاسيكية في تطبيقات الذكاء الصناعي التعليمي، والتي سادت في فترة أنظمة التدريس الذكية (Intelligent Tutoring Systems - ITSs) المبكرة، يعتمد هذا النموذج فلسفياً إلى نظريات التعلم السلوكية والمعرفية التقليدية، التي ترى أن المعرفة عبارة عن مجموعة من الحقائق والقواعد التي يمكن نقلها من خبير (النظام الذكي) إلى الطالب (Skinner, 1958) ، في هذا النموذج، يقوم النظام بتمثيل نموذج معرفي دقيق للمادة الدراسية (Expert Model)،

ونموذج للطالب (Student Model) لتتبع تقدمه وأخطائه، ونموذج تربوي (Pedagogical Model) لتحديد الخطوة التالية في عملية التدريس.

يتميز هذا النموذج بأن الذكاء الصناعي يلعب دور المُعلم الخبير الذي يوجه عملية التعلم بشكل كامل، يتم تحديد مسارات التعلم مسبقاً، ويُنظر إلى الطالب على أنه متلقٍ للمعرفة، حيث يكون دوره الأساسي هو الاستجابة للمهام التي يقدمها النظام وتلقي التغذية الراجعة التصحيحية، كانت أنظمة مثل (ACT Programming Tutor) مثالاً واضحاً، حيث كان النظام يقدم تمارين برمجة متسلسلة بناءً على تقديره لاحتمالية إتقان الطالب للقواعد البرمجية (Anderson et al., 1990) ، على الرغم من أن هذه الأنظمة حققت نجاحاً في مجالات محددة وضيقة، إلا أنها واجهت انتقادات لكونها تفرض مساراً تعليمياً جامداً وتحد من استقلالية الطالب وإبداعه، كما أنها غير فعالة في المجالات المعرفية المفتوحة وغير المحددة بقواعد صارمة (Ouyang & Jiao, 2021).

النموذج الثاني: الذكاء الصناعي الداعم (AI-Supported)، والطالب كمُتعاون

مع صعود النظريات البنائية والاجتماعية (Vygotsky, 1978)، التي تؤكد على أن التعلم عملية نشطة وتفاعلية لبناء المعنى، بدأ دور الذكاء الصناعي في التعليم بالتحول، في هذا النموذج الثاني، ينتقل الذكاء الصناعي من دور المُوجِّه إلى دور الشريك الداعم أو المُعاون، لا يفرض النظام مساراً واحداً، بل يوفر بيئة غنية بالأدوات والمصادر، ويتيح للطالب استكشافها والتفاعل معها، بينما يقوم النظام بتقديم الدعم والتغذية الراجعة عند الحاجة، الأسئلة (Rus, D'Mello, Hu, & Graesser, 2013) ، الهدف هنا ليس فقط نقل المعرفة، بل تطوير مهارات التفكير العليا، وهو ما يتوافق مع الرؤى الحديثة لعملية التعلم(Luckin et al., 2016) .

هنا، يصبح الطالب متعاوناً نشطاً مع النظام، يتجلى هذا النموذج في أنظمة مثل بيئات التعلم الاستكشافية (Exploratory Learning Environments) وأنظمة التدريس الحوارية (Dialogue-based Tutoring Systems) التي تشجع الطلبة على طرح الأسئلة والتفكير النقدي، وتعتمد هذه الأنظمة على تقنيات أكثر تقدماً مثل معالجة اللغات الطبيعية والشبكات البايزية لتحليل تفاعلات الطالب وتقديم دعم مخصص (Chen et al., 2020) ، الهدف هنا ليس فقط نقل المعرفة بل تطوير مهارات التفكير العليا وحل المشكلات، ومع ذلك، يبقى التحدي في هذا النموذج هو كيفية تحقيق توازن دقيق بين حرية الطالب في الاستكشاف وتقديم التوجيه الكافي لضمان عدم ضياعه أو شعوره بالإحباط (Roll & Wylie, 2016).

النموذج الثالث: الذكاء الصناعي المُمَكِّن (AI-Empowered)، والطالب كقائد

يمثل هذا النموذج الرؤية الأكثر حداثة وطموحاً، وهو يعكس التوجهات الحالية والمستقبلية في هذا الحقل، يعتمد هذا النموذج إلى نظريات التعلم الحديثة مثل الاتصالية (Connectivism) ونظرية النظم التكيفية المعقدة (Complexity Theory)، التي ترى التعلم كعملية مستمرة من التشبيك وبناء المعرفة في بيئات متغيرة ومعقدة (Mason, 2008) ، في هذا النموذج، لا يكون الذكاء الصناعي موجهاً أو داعماً فحسب، بل يصبح أداة تمكينية تعزز من فاعلية أو وكالة الطالب (Learner Agency) ، وتجعله قائداً ومسؤولاً عن رحلته التعليمية.

يتمحور هذا النموذج حول فكرة الذكاء المعزز (Augmented Intelligence)، حيث لا يهدف الذكاء الصناعي إلى محاكاة الذكاء الانساني أو استبداله، بل إلى تعزيزه وتوسيعه (Law, 2019, as cited in Ouyang & Jiao, 2021) ، هنا، يقوم الطالب بتحديد أهدافه التعليمية، ويستخدم النظام الذكي لتزويده بالبيانات، والتصورات (Visualizations)، والتوصيات التي تساعده على صناعة قرارات متميزة، تُستخدم تقنيات تعلم الآلة العميق وتحليلات التعلم المتقدمة لتزويد الطالب بلوحات معلومات(Dashboards) تفاعلية تظهر له نقاط قوته وضعفه، وتقترح عليه مسارات ومصادر متنوعة، لكن القرار النهائي يبقى بيده، هذا النموذج يركز على تطوير مهارات ما وراء المعرفة (Metacognition) والتنظيم الذاتي لعملية التعلم، وهي مهارات أساسية لعملية التعلم مدى الحياة، التحدي الأكبر هنا هو تصميم أنظمة قوية وشفافة تُمكّن الطالب دون أن تربكه، وتتطلب في نفس الوقت نضجاً ووعياً عالياً من الطالب نفسه (Zhai et al., 2021).

إن هذا الانتقال عبر النماذج الثلاثة لا يعني بالضرورة اختفاء النماذج الأقدم، بل يعكس توسعاً في الأدوار الممكنة للذكاء الصناعي، مما يتيح للمعلمين اختيار النموذج الأنسب حسب السياق التعليمي، والمادة الدراسية، ومستوى نضج الطلاب.

2.3 المحاور الرئيسية لتطبيقات الذكاء الصناعي في عملية التعليم

لقد تجاوزت تطبيقات الذكاء الصناعي في التعليم حدود المختبرات البحثية والمشاريع التجريبية المحدودة، لتقتحم المنظمات التعليمية الفعلية حول العالم، مُحدثةً تغييرات هيكلية وعميقة في ثلاثة محاور رئيسية مترابطة: تخصيص تجربة التعلم، وأتمتة العمليات الإدارية والتقييمية، وإعادة تعريف المحتوى التعليمي وبيئات التعلم، إن فهم هذه المحاور لا يقتصر على استعراض الأدوات التقنية، بل يمتد إلى تحليل كيفية أثرها على الديناميكيات التربوية وعلاقات القوة داخل المنظومة التعليمية.

تخصيص التعلّم: ثورة ضد متوسط الطالب

يُعد تخصيص التعلّم (Personalized Learning) الجوهرة الحقيقية في تاج الذكاء الصناعي التعليمي، فهو يمثل الهجوم المباشر على النموذج الصناعي للتعليم الذي طالما عامل الطلاب ككتلة متجانسة، وقدم لهم نفس المحتوى بنفس الوتيرة، وهو ما يُعرف بمشكلة متوسط الطالب (the one-size-fits-all problem) ، هذا النموذج التقليدي، الذي صُمم ليلائم طالباً افتراضياً غير موجود في الواقع، يؤدي حتمًا إلى شعور الطلاب الموهوبين بالملل والإحباط، بينما يتخلف الطلاب الذين يواجهون صعوبات، مما يساهم في ايجاد فجوات معرفية تتسع مع مرور الوقت (Pane et al., 2017) ، يأتي الذكاء الصناعي ليقدم حلاً جذرياً لهذه المشكلة من خلال أنظمة التعلم التكيفي (Adaptive Learning Systems)، التي تهدف إلى إنشاء مسار تعليمي فريد لكل طالب، يتكيف مع معرفته السابقة، وسرعة تعلمه، وأسلوبه المعرفي، وحتى حالته العاطفية.

آليات عمل أنظمة التعلم التكيفي: تعتمد هذه الأنظمة على محرك خوارزمي متطور، غالبًا ما يستخدم تقنيات تعلم الآلة (Machine Learning)، لتحقيق ثلاثة أهداف:

- النمذجة الديناميكية للطالب (Dynamic Student Modeling) : يقوم النظام ببناء وتحديث ملف شخصي لكل طالب بشكل مستمر، هذا الملف لا يقتصر على تسجيل الدرجات، بل يشمل بيانات غنية ومتنوعة مثل الإجابات الصحيحة والخاطئة، والوقت المستغرق في حل كل سؤال، والمفاهيم التي تم إتقانها وتلك التي لا تزال تشكل صعوبة، والمصادر التي تفاعل معها الطالب، وحتى أنماط الأخطاء المتكررة، في الأنظمة الأكثر تقدماً، يمكن دمج بيانات من مصادر متعددة (Multimodal Data)، مثل تتبع حركة العين لتحديد نقاط الارتباك في النص، أو تحليل تعابير الوجه عبر كاميرا الويب لقياس مستوى الانخراط أو الإحباط (Affective Computing)، أو حتى استخدام أجهزة استشعار بيومترية لقياس الاستجابات الفسيولوجية (Zhai et al., 2021; Standen et al., 2020).
- نمذجة المحتوى المعرفي (Content Modeling) : يتم تنظيم المحتوى التعليمي ليس كفصول متسلسلة في كتاب، بل كشبكة معقدة من المفاهيم والمهارات المترابطة، والتي تُعرف بالرسم البياني المعرفي (Knowledge Graph) ، كل مفهوم في هذا الرسم البياني يرتبط بمفاهيم أخرى كمتطلبات سابقة (Prerequisites) أو مفاهيم لاحقة. هذه البنية تسمح للنظام بتحديد الفجوات المعرفية لدى الطالب بدقة فائقة (Hwang et al., 2020).
- التوصية التربوية التكيفية (Adaptive Pedagogical Recommendation) : بناءً على المقارنة المستمرة بين نموذج الطالب ونموذج المحتوى، يتخذ النظام قرارات تربوية في الوقت الفعلي، على سبيل المثال، إذا أظهر طالب صعوبة في مفهوم رياضي مثل الكسور، يمكن للنظام أن يتخذ عدة إجراءات:

- التشخيص العميق: قد يختبر النظام الطالب في المفاهيم السابقة المطلوبة (مثل القسمة والضرب) لتحديد ما إذا كان أصل المشكلة يكمن هناك.
- تكييف المحتوى: يمكن أن يقدم له تلقائياً شروحات إضافية بصيغ مختلفة (نص مبسط، فيديو تعليمي، محاكاة تفاعلية) لتناسب أسلوب تعلمه المفضل.
- تعديل مستوى الصعوبة: يمكن أن يقدم له مسائل أسهل لبناء الثقة، ثم يتدرج في الصعوبة تدريجياً(Scaffolding) .
- التغذية الراجعة الذكية: بدلاً من مجرد إعلامه بأن إجابته خاطئة، يمكن للنظام أن يقدم تلميحات موجهة تساعده على اكتشاف الخطأ بنفسه (VanLehn, 2011) .

أمثلة وتأثيرات: تُعد منصة (Squirrel AI) في الصين مثالاً واضحاً على تطبيق هذا المفهوم على نطاق واسع، حيث تدعي الشركة أنها قادرة على تحليل مستوى معرفة الطالب وتحديد نقاط ضعفه بدقة، وتقديم خطط دراسية مخصصة أدت إلى تحسين نتائج الطلاب بشكل ملحوظ مقارنة بالتعليم التقليدي (Wang et al., 2020) ، وبالمثل، تقدم منصة (ALEKS) في الولايات المتحدة، المتخصصة في الرياضيات، تجربة تعلم تكيفية بالكامل، حيث لا يمكن للطالب الانتقال إلى مفهوم جديد إلا بعد إثبات إتقانه للمفاهيم السابقة، تُظهر الأبحاث أن مثل هذه الأنظمة يمكن أن تكون فعالة بشكل خاص في المواد ذات الطبيعة الهرمية والتراكمية مثل الرياضيات والعلوم (Feng et al., 2009).

إن نجاح هذه الأنظمة يعتمد بشكل حاسم على جودة البيانات التي تجمعها، وقوة النموذج التربوي المدمج في خوارزمياتها، فالتوصيات يجب أن تكون سليمة تربوياً، وليس مجرد توصيات إحصائية قائمة على الأنماط (Koedinger et

(al., 2013 ، فالتحدي ليس فقط في معرفة ماذا أخطأ فيه الطالب، بل لماذا أخطأ، وهو ما يتطلب نماذج معرفية ونفسية أكثر تعقيداً.

أتمتة الإدارة والتقييم: تحرير المعلم وتعزيز الموضوعية

يغرق المعلمون في بحر من الانشطة الإدارية والتقييمية المتكررة التي تستهلك جزءاً كبيراً من وقتهم وطاقتهم، مثل تصحيح الواجبات والامتحانات، ورصد الحضور والغياب، وإعداد التقارير الدورية للطلاب وأولياء الأمور، هذا العبء الإداري لا يقلل فقط من الوقت المتاح للتفاعل المباشر مع الطلاب والتخطيط الإبداعي للدروس، بل يساهم أيضاً في ظاهرة الإرهاق المهني للمعلمين (Teacher Burnout)، يقدم الذكاء الصناعي مجموعة من الحلول الفعالة لأتمتة هذه الانشطة، مما يعد بتحرير المعلمين من القيود الروتينية وتعزيز كفاءة وموضوعية العملية التعليمية برمتها.

التطور في التقييم الآلي: لقد تطورت أنظمة التقييم الآلي (Automated Assessment) بشكل كبير، متجاوزة حدود أسئلة الاختيار من متعدد والأسئلة ذات الإجابات القصيرة والمحددة، بفضل التقدم الهائل في تقنيات معالجة اللغات الطبيعية (Natural Language Processing - NLP) والتعلم العميق (Deep Learning)، أصبحت الأنظمة قادرة على فهم وتقييم الانشطة المعقدة التي تتطلب إبداعاً وتفكيراً نقدياً:

- تقييم المقالات الآلي (Automated Essay Scoring - AES) : تستطيع أنظمة (AES) الحديثة تحليل المقالات والنصوص المفتوحة وتقييمها بناءً على معايير متعددة مثل: التنظيم والبنية، وقوة الحجج، والتماسك اللغوي، ودقة المفردات والقواعد، وحتى الكشف عن الأصالة ومنع الانتحال، تقدم هذه الأنظمة تغذية راجعة فورية ومفصلة للطلاب، مما يسمح لهم بمراجعة كتاباتهم وتحسينها في دورات متكررة قبل التسليم النهائي، وقد تم تطبيق هذه الأنظمة على نطاق واسع في اختبارات موحدة مثل (TOEFL)وفي منصات تعليمية مثل (Coursera) (Shermis & Burstein, 2013).
- تقييم حل المشكلات المعقدة: في مجالات مثل البرمجة والهندسة، يمكن للأنظمة الذكية ليس فقط التحقق من صحة الكود النهائي، بل تحليل الخطوات التي اتبعها الطالب للوصول إلى الحل، وتحديد الأخطاء المنطقية، واقتراح طرق أكثر كفاءة، هذا يحول التقييم من مجرد حكم على المنتج النهائي إلى عملية تشخيصية للعملية المعرفية نفسها (Price, Ruan, & Mettu, 2017).
- تقييم المهارات الشفهية: من خلال تقنيات التعرف على الكلام (Speech Recognition) وتحليله، يمكن تطوير أنظمة لتقييم مهارات القراءة الجهرية، والنطق في اللغات الأجنبية، وحتى مهارات العرض والتقديم، مع تقديم تغذية راجعة حول الطلاقة والدقة والنبرة (Chen et al., 2020).

رؤى وتحليلات للمعلم: لا يقتصر دور الذكاء الصناعي على تقييم الطالب الفردي، بل يمتد إلى توفير رؤى تحليلية قيمة للمعلم على مستوى الفصل الدراسي بأكمله، يمكن للأنظمة الذكية تحليل نتائج جميع الطلاب وتجميعها في لوحات معلومات (Dashboards) تفاعلية وسهلة القراءة، هذه اللوحات يمكن أن تُظهر:

- المفاهيم الشائعة الصعبة: تحديد المفاهيم أو المهارات التي يواجه فيها غالبية الطلاب صعوبة، مما يسمح للمعلم بتخصيص الحصة التالية لمراجعتها بطريقة مختلفة.
- تحديد الطلاب المعرضين للخطر: من خلال تحليل أنماط الأداء والسلوك (مثل انخفاض المشاركة أو التأخر في تسليم الواجبات)، يمكن للأنظمة التنبؤية (Predictive Analytics) تحديد الطلاب المعرضين لخطر التخلف الدراسي أو التسرب، وتنبيه المعلم للتدخل المبكر (Siemens & Baker, 2012).
- تحليل فعالية المواد التعليمية: يمكن للنظام تتبع كيفية تفاعل الطلاب مع مختلف المواد التعليمية (مثل مقاطع الفيديو أو المقالات) وربط ذلك بأدائهم، مما يساعد المعلم على تحديد الموارد الأكثر فعالية.

إن هذه الأتمتة الذكية لا توفر الوقت والجهد فحسب، بل تساهم أيضاً في تحقيق تقييم أكثر موضوعية واتساقاً، بعيداً عن التحيزات الانسانية المحتملة، كما أنها تحول التقييم من كونه حدثاً نهائياً (Summative) إلى عملية مستمرة وتكوينية (Formative) تخدم التعلم بشكل مباشر، من خلال تقديم تغذية راجعة فورية تساعد الطلاب على التعلم من أخطائهم في الوقت المناسب (Black & Wiliam, 2009).

المحتوى الذكي والبيئات التعليمية الغامرة: إعادة تعريف تجربة التعلم

يعمل الذكاء الصناعي على إحداث ثورة ليس فقط في كيفية تقديم التعليم، بل أيضاً في ماهية المحتوى التعليمي نفسه، فبدلاً من الكتب المدرسية الرقمية التي هي مجرد نسخ إلكترونية من نظيراتها المطبوعة، نشهد الآن ظهور جيل جديد من منصات المحتوى الذكي (Smart Content) وبيئات التعلم الغامرة (Immersive Learning Environments) التي تجعل تجربة التعلم أكثر تفاعلية، وجاذبية، وفعالية.

من المحتوى الثابت إلى المحتوى الحي: يتميز المحتوى الذكي المدعوم بالذكاء الصناعي بأنه حي وديناميكي، حيث يمكنه:

- التجميع والتنظيم الآلي: يمكن للخوارزميات البحث في مصادر متعددة عبر الإنترنت (مثل المقالات الأكاديمية، ومقاطع الفيديو التعليمية، والمحاكاة التفاعلية) وتجميع المحتوى الأكثر صلة بموضوع معين، وتنظيمه في وحدات تعليمية متماسكة، هذا يوفر على المعلمين عناء البحث والتجميع اليدوي.
- التقسيم إلى وحدات صغيرة (Microlearning) : يستطيع الذكاء الصناعي تحليل المحتوى المعقد وتقسيمه تلقائياً إلى وحدات تعليمية صغيرة ومركزة (Microlearning modules)، كل منها يغطي مفهوماً واحداً أو مهارة واحدة، هذا النهج يسهل على الطلاب استيعاب المعلومات، ويتناسب مع فترات انتباههم القصيرة، ويتيح لهم التعلم في أي وقت ومكان (Jomah, Masoud, & Barakah, 2016).
- الربط الذكي والتقييم المدمج: يمكن لمنصات المحتوى الذكي ربط كل وحدة تعليمية بأسئلة تقييمية مدمجة، وأنشطة تفاعلية، وروابط لمحتويات ذات صلة، هذا يساهم في ايجاد تجربة تعلم متكاملة حيث يتم دمج الشرح والتطبيق والتقييم في حلقة مستمرة، منصات مثل (Cerego) تستخدم الذكاء الصناعي لتحديد الوقت الأمثل لمراجعة كل مفهوم بناءً على منحنى النسيان الخاص بكل طالب، مما يعزز الاحتفاظ بالمعلومات على المدى الطويل (Cavanagh, 2016).

التعلم الغامر المدعوم بالذكاء الصناعي: يلعب الذكاء الصناعي دوراً محورياً في الارتقاء ببيئات التعلم القائمة على الواقع الافتراضي (Virtual Reality - VR) والواقع المعزز (Augmented Reality - AR) من مجرد تجارب بصرية إلى بيئات تعليمية ذكية وتفاعلية، فبينما يوفر الواقع الافتراضي الانغماس في بيئة محاكاة، يضيف الذكاء الصناعي الذكاء لهذه البيئة، مما يجعلها:

- تكيفية وشخصية: يمكن لنظام الذكاء الصناعي مراقبة أفعال الطالب داخل البيئة الافتراضية وتكييف السيناريو بناءً على أدائه، على سبيل المثال، في محاكاة لتدريب طبي على إجراء عملية جراحية، إذا ارتكب الطالب خطأً، يمكن للنظام إيقاف المحاكاة، وشرح الخطأ، وتقديم سيناريو تدريبي يركز على تلك المهارة المحددة.
- مدعومة بشخصيات افتراضية ذكية (Intelligent Virtual Agents) : يمكن للذكاء الصناعي تشغيل شخصيات غير قابلة للعب (NPCs) تتفاعل مع الطالب بشكل واقعي، في محاكاة لتعلم لغة أجنبية، يمكن للطالب إجراء محادثة طبيعية مع شخصية افتراضية تتحدث اللغة المستهدفة، حيث تقوم هذه الشخصية بفهم كلام الطالب، والرد عليه، وتصحيح أخطائه اللغوية بلطف، هذا يوفر بيئة آمنة للممارسة دون الخوف من الإحراج (Johnson & Lester, 2016).
- توفير تجارب مستحيلة: تتيح هذه البيئات للطلاب خوض تجارب يصعب أو يستحيل توفيرها في العالم الحقيقي، يمكن لطالب علم الأحياء أن يقوم برحلة داخل خلية بشرية، أو يمكن لطالب التاريخ أن يلتقي بشخصية تاريخية ويطرح عليها أسئلة، هذه التجارب الغامرة لا تجعل التعلم أكثر إثارة ومتعة فحسب، بل إنها تساهم في بناء نماذج ذهنية أعمق وأكثر دقة للمفاهيم المجردة، مما يعزز الفهم العميق والاحتفاظ بالمعلومات بشكل كبير (Mikropoulos & Natsis, 2011).

باختصار، يعمل الذكاء الصناعي على تحويل المحتوى التعليمي من شيء يقرأه الطالب إلى شيء يختبره ويتفاعل معه، مما يمثل نقلة نوعية في فلسفة التصميم التعليمي

3.3 تأثير الذكاء الصناعي على أدوار المعلمين والطلاب

إن دمج الذكاء الصناعي في المنظومة التعليمية ليس مجرد إضافة تقنية يمكن إقحامها في الفصول الدراسية دون تغيير جوهري في بنيتها؛ بل هو عملية تحول عميقة وجذرية تعيد تعريف الأدوار التقليدية والعلاقات الديناميكية بين أهم عنصرين في العملية التربوية: المعلم والطالب، إن الفهم الدقيق لهذه التحولات ليس ترفاً فكرياً، بل هو شرط أساسي لضمان أن تظل التكنولوجيا خادمة للأهداف التربوية العليا، بدلاً من أن تتحول هي ذاتها إلى غاية، مما قد يفرغ التعليم من جوهره الإنساني، يتناول هذا القسم بالتحليل المعمق طبيعة هذه التحولات، مستكشفاً كيف يتطور دور المعلم من كونه المصدر الأوحد للمعرفة إلى مهندس للبيئات التعليمية، وكيف يتحول الطالب من مستهلك سلبي للمعلومات إلى قائد فاعل ومسؤول عن مساره المعرفي.

تحول دور المعلم: من الحكيم على المسرح إلى المرشد بجانبك

لعل أحد أكبر المخاوف والمفاهيم الخاطئة التي صاحبت بزوغ نجم الذكاء الصناعي في التعليم هو السردية القائلة بأن الآلات الذكية ستحل محل المعلمين البشر، ومع ذلك، فإن كماً متزايداً من الأبحاث والتطبيقات العملية يشير بقوة إلى أن

هذا السيناريو التبسيطي غير مرجح على الإطلاق، بل على العكس، يصبح دور المعلم أكثر أهمية وتعقيداً وقيمة، ولكنه يتغير بشكل جذري في طبيعته ووظائفه(UNESCO, 2019; Seldon & Abidoye, 2018) ، يمكن وصف هذا التحول بالانتقال من نموذج الحكيم على المسرح (Sage on the stage)، حيث يكون المعلم هو المصدر المركزي للمعرفة الذي يلقنها للطلاب، إلى نموذج المرشد بجانبك (Guide on the side)، حيث يصبح المعلم ميسراً، وموجهاً، وشريكاً في عملية التعلم التي يقودها الطالب(King, 1993) ، يقوم الذكاء الصناعي بأتمتة الانشطة المعرفية الروتينية، مما يتيح للمعلم التفرغ لأدوار جديدة تتطلب ذكاءً بشرياً فريداً.

المعلم كمُصمِّم للخبرات التعليمية (Instructional Designer): في الفصل الدراسي التقليدي، يقضي المعلم وقتاً طويلاً في تقديم المحتوى الأساسي وشرح المفاهيم بشكل موحد لجميع الطلاب، أما في البيئات المدعومة بالذكاء الصناعي، تتولى أنظمة التعلم التكيفي هذه المهمة، حيث تقدم المحتوى النظري لكل طالب بالوتيرة والشكل الذي يناسبه (Ouyang & Jiao, 2021) ، هذا التحول يحرر المعلم من عبء التلقين، ويسمح له بالتركيز على دور أكثر إبداعاً وعمقاً: تصميم خبرات تعليمية غنية وذات معنى، بدلاً من شرح الدرس، يقوم المعلم بتصميم مشاريع تطبيقية، وتحديات قائمة على حل المشكلات (Problem-Based Learning)، وسيناريوهات محاكاة واقعية، تتطلب من الطلاب ليس فقط استدعاء المعلومات، بل تطبيقها وتحليلها وتركيبها وتقييمها، يصبح المعلم مهندس البيئة التعليمية الذي يختار الأدوات المناسبة (بما في ذلك أدوات الذكاء الصناعي)، ويصمم الأنشطة التي تعزز التعاون، ويساهم في ايجاد سياقات تدفع الطلاب نحو التفكير النقدي والإبداع (Fullan & Quinn, 2016).

المعلم كمُحلِّل بيانات تربوي (Pedagogical Data Analyst): تولد أنظمة الذكاء الصناعي كميات هائلة من البيانات الدقيقة حول أداء كل طالب، لكن هذه البيانات تظل مجرد أرقام صماء ما لم يتم تفسيرها في سياق تربوي، هنا يبرز دور المعلم كمحلل بيانات من نوع خاص، فبينما تقوم الخوارزميات بالتحليل الكمي، يقوم المعلم بالتحليل النوعي، تزوده لوحات المعلومات (Dashboards)برؤى حول أداء الطالب، والمفاهيم التي يواجه فيها صعوبة، وحتى أنماط سلوكه التعليمي (Chatterjee & Bhattacharjee, 2020) ، دور المعلم هنا ليس فقط قراءة هذه التقارير، بل دمجها مع ملاحظاته الشخصية وفهمه العميق لسياق كل طالب (خلفيته الاجتماعية، حالته النفسية، اهتماماته)، بناءً على هذا التحليل المتكامل، يمكن للمعلم تصميم تدخلات شخصية ومستهدفة، سواء كانت جلسة دعم فردية، أو تشكيل مجموعة تعلم تعاونية، أو اقتراح مصادر تعليمية إضافية، هذا يحول التعليم من ممارسة قائمة على الحدس والانطباعات العامة إلى ممارسة قائمة على الأدلة (Data-Informed Practice)، مما يزيد من فعاليتها بشكل كبير (Mandinach & Gummer, 2016).

المعلم كمُعزِّز للمهارات الإنسانية (Human Skills Cultivator): في عالم تتزايد فيه قدرة الآلات على أداء الانشطة التحليلية والتقنية، تصبح المهارات التي يصعب على الذكاء الصناعي محاكاتها هي الأكثر قيمة والأكثر أهمية لمستقبل البشرية، وهنا يكمن الدور الذي لا يمكن استبداله للمعلم، يتحمل المعلم مسؤولية أساسية في تنمية المهارات التي تُعرف أحياناً بـ المهارات الناعمة أو مهارات القرن الحادي والعشرين، والتي تشمل: الذكاء العاطفي والاجتماعي، والتعاطف، والقدرة على العمل الجماعي بفعالية، ومهارات التواصل والتفاوض، والمرونة المعرفية، والأخلاق، والوعي الثقافي (Holmes, Bialik, & Fadel, 2019) ، هذه المهارات لا تُكتسب من خلال قراءة الكتب أو مشاهدة مقاطع الفيديو، بل من خلال التفاعل الإنساني

المنظم، والنقاشات الصفية الموجهة، والمشاريع التعاونية، والقدوة الحسنة التي يمثلها المعلم نفسه، إن الفصل الدراسي يصبح مختبراً لتنمية هذه الجوانب الإنسانية الأساسية، والمعلم هو قائد هذا المختبر (Darling-Hammond, Flook, Cook-Harvey, Barron, & Osher, 2020).

المعلم كمُرشد ومُلهم (Mentor and Inspirer): أخيراً، بتحرير المعلم من الانشطة الروتينية المتكررة، يمنحه الذكاء الصناعي أثمن مورد على الإطلاق: الوقت، هذا الوقت الإضافي يمكن استثماره في بناء علاقات أعمق وأكثر فردية مع الطلاب، يمكن للمعلم أن يعقد لقاءات فردية منتظمة مع كل طالب، لا لمناقشة الدرجات فحسب، بل لفهم اهتماماته وشغفه، وتحدياته الشخصية، وطموحاته المستقبلية، يصبح المعلم مرشداً (Mentor) يقدم النصح والدعم النفسي والأكاديمي، ومُلهماً(Inspirer) يوقد شرارة الفضول لدى الطلاب ويساعدهم على اكتشاف إمكاناتهم الكامنة، هذا الجانب من التفاعل الإنساني، القائم على الثقة والاحترام والاهتمام الحقيقي، هو ما يترك الأثر الأعمق والأطول أمداً في حياة الطلاب، وهو ما لا يمكن لأي خوارزمية، مهما بلغت من الذكاء، أن تقدمه (Pianta, Hamre, & Allen, 2012).

تحول دور الطالب: من مستهلك سلبي للمعرفة إلى قائد فاعل

يقابل التحول الجذري في دور المعلم تحول موازٍ في دور الطالب وموقعه داخل العملية التعليمية، ففي البيئات التعليمية التقليدية، غالباً ما يُوضع الطالب في دور المتلقي السلبي، كوعاء فارغ يتم ملؤه بالمعلومات التي يحددها المنهج ويقدمها المعلم، أما في البيئات التعليمية المدعومة بالذكاء الصناعي، وخاصة تلك التي تتبنى النموذج الثالث الذكاء الصناعي المُمَكِّن، فإن هذا الدور ينقلب رأساً على عقب، لم يعد الطالب مجرد كائن يتم التعلم له، بل يصبح فاعلاً نشطاً ومسؤولاً ومشاركاً في بناء معرفته، وهو ما يُعرف في الأدبيات التربوية بتعزيز فاعلية الطالب أو وكالته (Learner Agency) (Lindgren & McDaniel, 2012).

الطالب كقائد لرحلته التعليمية (Director of the Learning Journey): تمنح أنظمة التعلم التكيفي الطلاب درجة غير مسبوقة من التحكم والاستقلالية في مسار تعلمهم، فبدلاً من السير في مسار خطي موحد ومفروض على الجميع، يمكن للطلاب، ضمن أطر يضعها المعلم، التأثير في وتيرة ومسار وعمق تعلمهم، يمكنهم اختيار المواضيع التي تثير فضولهم للتعمق فيها، وتحديد أهداف تعلم شخصية، واستخدام البيانات والتصورات التي يوفرها النظام لمراقبة تقدمهم بشكل مستمر، هذا الشعور بالملكية والتحكم (Ownership and Control)لا يزيد فقط من الدافعية الداخلية لعملية التعلم، بل ينمي أيضاً مهارات التنظيم الذاتي (Self-Regulation)، وهي مهارة حيوية لعملية التعلم مدى الحياة في عالم سريع التغير (Zimmerman & Schunk, 2011).

الطالب كشريك في عملية التقييم (Partner in Assessment): يغير الذكاء الصناعي طبيعة التقييم بشكل جذري، محولاً إياه من حدث نهائي ومثير للقلق (الامتحان) إلى عملية مستمرة ومدمجة في نسيج التعلم اليومي (تقييم تكويني)، التغذية الراجعة الفورية والدقيقة التي تقدمها الأنظمة الذكية تجعل من كل مهمة أو نشاط فرصة لعملية التعلم والتحسين، يتعلم الطلاب من أخطائهم على الفور، بدلاً من الانتظار لأسابيع للحصول على درجة، علاوة على ذلك، تتيح العديد من المنصات

للطلاب المشاركة في تقييم أنفسهم (Self-assessment) وتقييم أعمال أقرانهم (Peer-assessment)، حيث يمكن للذكاء الصناعي أن يساعد في توجيه هذه العملية وضمان جودتها، هذا يجعل الطالب شريكاً فاعلاً في فهم معايير النجاح وتطبيقها، بدلاً من أن يكون مجرد متلقٍ سلبي لحكم المعلم (Boud & Molloy, 2013).

الطالب كمنتج للمعرفة (Knowledge Producer): تشجع البيئات التعليمية الحديثة، التي يدعمها الذكاء الصناعي، الطلاب على تجاوز دور مستهلك المحتوى إلى دور المنتج والمبدع، فمن خلال المشاريع الواقعية، والمحاكاة التفاعلية، والتعاون عبر المنصات الذكية التي تسهل العمل الجماعي، يطبق الطلاب معارفهم لحل مشكلات حقيقية ومعقدة، يمكنهم إنشاء منتجات رقمية (مثل تطبيقات، أو مقاطع فيديو، أو نماذج ثلاثية الأبعاد)، والمساهمة في بناء قواعد معرفة جماعية (مثل الويكي)، ونشر أعمالهم لجمهور أوسع، هذا التحول من الاستهلاك إلى الإنتاج لا يعمق فهم الطلاب للمادة فحسب، بل يمنحهم أيضاً شعوراً بالهدف والأهمية، ويزودهم بمهارات عملية مطلوبة في سوق العمل (Scardamalia & Bereiter, 2006).

في المحصلة، إن هذا التحول في الأدوار لا يحدث تلقائياً بمجرد إدخال التكنولوجيا، إنه يتطلب إعادة تصميم جذرية للثقافة المدرسية، بحيث تصبح بيئة تدعم الاستقلالية، وتشجع على التجربة والمخاطرة الفكرية، وتقدر التعاون والتفكير النقدي، كما يتطلب، بشكل حاسم، تدريباً مكثفاً ومستمراً للمعلمين لمساعدتهم على التخلي عن الممارسات التقليدية وتبني أدوارهم الجديدة كميسرين ومرشدين، وفي الوقت نفسه، يتطلب تزويد الطلاب بالمهارات الماوراء معرفية (Metacognitive skills) اللازمة لإدارة تعلمهم بفعالية في هذه البيئات المفتوحة والمرنة.

4.3 إعداد الطلاب لعصر الذكاء الصناعي: المناهج والمهارات

إن الهدف النهائي لدمج الذكاء الصناعي في التعليم لا يقتصر على تحسين كفاءة النظام التعليمي الحالي أو زيادة سرعة اكتساب المعرفة التقليدية؛ بل يمتد إلى هدف أعمق وأكثر استراتيجية: وهو إعداد جيل جديد من الطلاب والمواطنين القادرين ليس فقط على التكيف مع عالم يتشكل بشكل متزايد بواسطة هذه التقنيات، بل على قيادته وتوجيهه بشكل أخلاقي ومسؤول، هذا الهدف الطموح لا يمكن تحقيقه بمجرد إضافة بعض الأدوات التكنولوجية إلى الفصول الدراسية؛ إنه يتطلب إعادة نظر جذرية وشجاعة في بنية المناهج الدراسية، وفي تعريف المهارات التي نعتبرها أساسية للنجاح في القرن الحادي والعشرين، لم يعد كافياً أن يتعلم الطلاب ماذا يفكرون، بل أصبح من الضروري أن يتعلموا كيف يفكرون في عالم تتزايد فيه الشراكة بين الذكاء الانساني والذكاء الصناعي.

التفكير الحسابي: لغة العصر الجديد

في عصر أصبحت فيه الخوارزميات تحكم جزءاً كبيراً من حياتنا، من توصيات الشراء إلى الأخبار التي نقرأها، لم يعد التفكير الحسابي (Computational Thinking) ترفاً فكرياً أو مهارة مقتصرة على علماء الكمبيوتر والمبرمجين، لقد أصبح بمثابة محو أمية جديد، ومهارة أساسية للجميع لفهم العالم الرقمي والتفاعل معه بفعالية(Wing, 2006) ، من المهم التأكيد على أن التفكير الحسابي لا يعني بالضرورة تعلم كتابة الأكواد البرمجية بلغة معينة؛ إنه في جوهره مجموعة من عمليات التفكير المنهجية والمجردة التي تمكن الفرد من صياغة المشكلات وحلولها بطريقة يمكن للحاسوب (أو أي نظام معالجة

معلومات آخر) تنفيذها، وتشمل هذه العمليات، كما حددتها الأدبيات التربوية (انظر UNESCO, 2019; Brennan & Resnick, 2012)، ما يلي:

- التفكيك (Decomposition) : القدرة على تقسيم مشكلة معقدة وكبيرة إلى مشكلات أصغر وأكثر قابلية للإدارة.
- التعرف على الأنماط (Pattern Recognition) : القدرة على ملاحظة أوجه التشابه والاتجاهات والأنماط المتكررة داخل المشكلات المختلفة وبينها.
- التجريد (Abstraction) : القدرة على تجاهل التفاصيل غير المهمة والتركيز على المبادئ والمفاهيم الأساسية التي تحكم المشكلة.
- تصميم الخوارزميات (Algorithm Design) : القدرة على تطوير سلسلة من الخطوات المنطقية والمتسلسلة لحل المشكلة بشكل منهجي.

أدركت العديد من النظم التعليمية الرائدة في العالم أهمية هذه المهارة وبدأت بدمجها بشكل منهجي في مناهجها الدراسية منذ مراحل التعليم المبكرة، ففي المملكة المتحدة، على سبيل المثال، تم استبدال مادة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات (ICT) بمادة الحوسبة (Computing) في المنهج الوطني منذ عام 2014، والتي تركز بشكل صريح على مبادئ علم الكمبيوتر والتفكير الحسابي منذ المرحلة الابتدائية، وفي سنغافورة، تهدف حركة وطنية مثل (CODE@SG) إلى تطوير التفكير الحسابي كقدرة وطنية أساسية لجميع الطلاب (Kafai & Burke, 2015) ، إن تعليم الطلاب كيفية التفكير بشكل منهجي ومنطقي لحل المشكلات المعقدة لا يزودهم فقط بأساس قوي لفهم التكنولوجيا، بل يمنحهم أيضاً صندوق أدوات عقلي قوي يمكنهم استخدامه للتعامل مع أي تحدٍ يواجهونه في حياتهم الأكاديمية والمهنية، سواء كان تقنياً أم لا.

محو الأمية في مجال البيانات والذكاء الصناعي: التنقل بوعي في العالم الرقمي

نحن نعيش في عالم غارق في البيانات، كل نقرة، وكل بحث، وكل تفاعل رقمي يترك أثراً بيانياً، في هذا السياق، لم تعد مهارات القراءة والكتابة التقليدية كافية ليكون الفرد مواطناً فاعلاً، هناك حاجة ماسة إلى تطوير ما يمكن تسميته بـ محو الأمية في مجال البيانات (Data Literacy)، والذي يعرف بأنه القدرة على قراءة البيانات، وفهمها، وتحليلها، وتفسيرها، والتواصل باستخدامها بشكل نقدي (Wolff, Gooch, Cavero, & Kortuem, 2016) ، يجب ألا يقتصر تعليم الطلاب على كيفية إنشاء الرسوم البيانية، بل يجب أن يمتد إلى تعليمهم كيفية طرح أسئلة نقدية وعميقة حول أي مجموعة بيانات يواجهونها: من الذي جمع هذه البيانات ولأي غرض؟ ما هي الأساليب التي استخدمت في جمعها؟ ما هي التحيزات المحتملة المضمنة فيها؟ وكيف يمكن أن تؤثر طريقة عرض البيانات على تفسيرنا لها؟ إن هذه المهارات ضرورية ليس فقط لعلماء البيانات، بل لكل فرد يحتاج إلى اتخاذ قرارات مستنيرة في حياته الشخصية والمهنية بناءً على الأدلة.

إلى جانب ذلك، ومع تغلغل أنظمة الذكاء الصناعي في حياتنا اليومية، تبرز حاجة ملحة وموازية لتطوير محو الأمية في مجال الذكاء الصناعي (AI Literacy) ، لا ينبغي أن يظل الذكاء الصناعي صندوقاً أسود غامضاً بالنسبة للطلاب، يجب أن يفهموا، على الأقل على مستوى مفاهيمي، المبادئ الأساسية لكيفية عمل هذه الأنظمة، وخاصة أنظمة تعلم الآلة التي تتعلم

من البيانات، يجب أن يدركوا أن هذه الأنظمة ليست سحرية أو معصومة من الخطأ، بل هي نتاج بيانات وخوارزميات صممها البشر، وبالتالي فهي ترث كل التحيزات والقيود الموجودة في تلك البيانات وفي تصميمها (Long & Magerko, 2020) ، على سبيل المثال، يجب أن يكون الطلاب قادرين على فهم لماذا قد يقدم نظام توصية معين اقتراحات متحيزة، أو كيف يمكن استخدام الذكاء الصناعي لنشر المعلومات المضللة (مثل تقنية التزييف العميق – Deepfakes)، هذا الفهم النقدي هو الأساس لتمكينهم من التفاعل مع هذه الأنظمة بوعي ومسؤولية، وللمشاركة في النقاشات المجتمعية حول كيفية تنظيمها واستخدامها بشكل أخلاقي.

تعزيز المهارات الإنسانية العليا: القيمة المضافة للإنسان

في خضم النقاش حول المهارات التقنية، هناك خطر حقيقي من إهمال مجموعة أخرى من المهارات التي تزداد أهميتها بشكل كبير في عصر الذكاء الصناعي: وهي المهارات التي تشكل جوهر الذكاء الانساني والتي يصعب، أو ربما يستحيل، على الآلات محاكاتها بشكل كامل، فبينما يتفوق الذكاء الصناعي في الانشطة التحليلية، والروتينية، والقائمة على الأنماط، يظل الإنسان متفوقاً في المجالات التي تتطلب الإبداع، والتعاطف، والتفكير الأخلاقي المعقد، يجب على المناهج الدراسية المستقبلية أن تضع تنمية هذه المهارات في صميم أهدافها، لأنها ستمثل القيمة المضافة الحقيقية للإنسان في سوق العمل والمجتمع المستقبلي (Fadel, Bialik, & Trilling, 2015).

من أبرز هذه المهارات التي يجب التركيز عليها:

- الإبداع والأصالة والتفكير التباعدي (Creativity, Originality, and Divergent Thinking) : القدرة على توليد أفكار جديدة، وربط مفاهيم غير مترابطة، وتخيل حلول غير تقليدية للمشكلات، في عالم يمكن فيه للذكاء الصناعي أن يقدم الإجابات الصحيحة للمشكلات المعروفة، تصبح القدرة على طرح الأسئلة الصحيحة وتخيل ما هو ممكن أكثر أهمية (Robinson & Aronica, 2015).
- التفكير النقدي والتحليلي المعقد (Critical Thinking and Complex Analysis) : في عصر المعلومات الزائفة والوفرة المعلوماتية، تصبح القدرة على تقييم مصداقية المعلومات، وتحليل الحجج بشكل منطقي وموضوعي، وتحديد التحيزات الخفية، مهارة بقاء أساسية، لا يتعلق الأمر فقط بالعثور على المعلومات، بل بتمييز الحقيقة من الزيف، والإشارة من الضوضاء.
- الذكاء الاجتماعي والعاطفي (Social and Emotional Intelligence) : القدرة على فهم وإدارة مشاعر الذات، وفهم مشاعر الآخرين والتعاطف معهم، وبناء علاقات إيجابية، والتعاون بفعالية في فرق متنوعة، هذه المهارات هي أساس العمل الجماعي الفعال والقيادة الناجحة، وهي مجالات لا يزال الذكاء الصناعي فيها بدائياً للغاية (Goleman, 2006).
- المرونة والقدرة على التكيف والتعلم المستمر (Resilience, Adaptability, and Lifelong Learning) : إن وتيرة التغيير التكنولوجي والمجتمعي تتسارع بشكل غير مسبوق، إن أهم مهارة يمكن أن يكتسبها الطالب هي القدرة على التعلم، أي المرونة العقلية والدافعية لتحديث معارفه ومهاراته باستمرار والتكيف مع المتطلبات الجديدة والمجهولة (Dweck, 2006).

- القيادة والمبادرة الاجتماعية والتفكير الأخلاقي (Leadership, Social Initiative, and Ethical Reasoning) : القدرة على تحفيز الآخرين وتنظيم الجهود لتحقيق أهداف مشتركة، والمبادرة لحل المشكلات المجتمعية، والقدرة على اتخاذ قرارات أخلاقية معقدة تأخذ في الاعتبار تأثيرها على مختلف الأطراف المعنية. هذه المهارات ضرورية لبناء مجتمعات أكثر عدلاً واستدامة.

إن أفضل وسيلة لتنمية هذه المهارات التي لا تقدر بثمن ليست من خلال المحاضرات والتلقين، بل من خلال تبني طرق تدريس نشطة وتشاركية، إن المناهج التي تركز على المشاريع متعددة التخصصات، والتعلم القائم على حل المشكلات الواقعية، والأنشطة التعاونية، والنقاشات الفلسفية، والفنون، والتعبير الإبداعي، هي التي تخلق البيئة الخصبة لنمو هذه القدرات الإنسانية الفريدة (Sawyer, 2011).

5.3 التحديات والاعتبارات الأخلاقية

على الرغم من الإمكانات الهائلة التي يقدمها الذكاء الصناعي، فإن تطبيقه في قطاع حساس مثل التعليم محفوف بالتحديات والمخاطر التي تتطلب نقاشاً مجتمعياً واسعاً وسياسات تنظيمية حكيمة لضمان تحقيق فوائده وتجنب أضراره.

الإنصاف والشمولية وتفاقم الفجوة الرقمية

يعد هذا التحدي هو الأخطر على الإطلاق، فإذا لم يتم تصميم سياسات التطبيق بعناية، يمكن للذكاء الصناعي أن يؤدي إلى تعميق الفجوات التعليمية القائمة بدلاً من سدها، البلدان والمجتمعات التي تفتقر إلى البنية التحتية التكنولوجية الأساسية (الكهرباء، الإنترنت الموثوق)، والموارد المالية لشراء الأجهزة والبرامج، والكوادر المدربة، ستتخلف عن الركب بشكل متسارع (UNESCO, 2019) ، حتى داخل البلد الواحد، يمكن أن تنشأ فجوة بين المدارس المجهزة تجهيزاً جيداً والمدارس المحرومة، لذلك، يجب أن تكون سياسات دمج الذكاء الصناعي جزءاً من استراتيجية وطنية أوسع لضمان الوصول العادل للتكنولوجيا، مع توفير الدعم اللازم للمناطق والفئات الأكثر حرماناً.

خصوصية البيانات وأمنها

تعتمد أنظمة الذكاء الصناعي على جمع وتحليل كميات هائلة من بيانات الطلاب الشخصية والحساسة، هذا يثير أسئلة جوهرية حول خصوصية هذه البيانات وأمنها: من يملك بيانات الطلاب؟ كيف يتم استخدامها وتخزينها وحمايتها؟ هل يتم استخدامها فقط للأغراض التعليمية، أم يمكن مشاركتها مع أطراف ثالثة لأغراض تجارية أو غيرها؟ هناك خطر حقيقي من تحول المدارس إلى بيئات مراقبة مستمرة (Surveillance)، مما قد يؤثر سلباً على حرية الطلاب في التعبير والتجربة، لذلك، من الضروري وضع تشريعات صارمة لحوكمة بيانات التعليم، تضمن الشفافية، وتتطلب موافقة مستنيرة من الطلاب وأولياء الأمور، وتحدد بوضوح المسؤوليات في حالة حدوث خروقات أمنية (Zhai et al., 2021).

التحيز الخوارزمي والعدالة

أنظمة الذكاء الصناعي ليست محايدة؛ فهي تتعلم من البيانات التي يتم تدريبها عليها، إذا كانت هذه البيانات تعكس تحيزات مجتمعية قائمة (سواء كانت عرقية، أو جندرية، أو اجتماعية واقتصادية)، فإن الخوارزميات ستتعلم هذه التحيزات وتعيد إنتاجها، بل وقد تضخمها (O'Neil, 2016) ، على سبيل المثال، إذا تم تدريب نظام لتقييم الطلاب على بيانات تاريخية تظهر أداءً أقل لمجموعة معينة بسبب عوامل اجتماعية، فقد يبدأ النظام في توقع أداء أقل من الطلاب الجدد من نفس المجموعة، مما يساهم في ايجاد نبوءة ذاتية التحقق، هذا التحدي يتطلب جهوداً واعية لتصميم خوارزميات عادلة، واستخدام مجموعات بيانات متنوعة وممثلة، وتطوير آليات للتدقيق والمراجعة المستمرة لهذه الأنظمة لضمان عدم تمييزها ضد أي فئة من الطلاب (UNESCO, 2019).

إعداد المعلمين وتطويرهم المهني

يبقى المعلم هو حجر الزاوية في نجاح أي مبادرة تكنولوجية، إن إدخال أدوات الذكاء الصناعي المعقدة دون إعداد وتدريب كافٍ للمعلمين محكوم عليه بالفشل، لا يقتصر التدريب المطلوب على الجانب التقني لكيفية استخدام البرامج، بل يجب أن يكون تدريباً تربوياً عميقاً يساعد المعلمين على فهم كيفية دمج هذه الأدوات بفعالية في ممارساتهم التعليمية، وكيفية تفسير البيانات التي تقدمها، وكيفية التكيف مع أدوارهم الجديدة كمرشدين ومصممين لعملية التعلم (Chatterjee & Bhattacharjee, 2020) ، يجب أن يكون التطوير المهني مستمراً وداعماً، وأن يشرك المعلمين كشركاء فاعلين في عملية تصميم وتنفيذ الحلول التكنولوجية، وليسوا مجرد متلقين لها.

6.3 التوجهات المستقبلية للبحث والتطوير

بينما تُرسّخ التطبيقات الحالية للذكاء الصناعي أقدامها في المشهد التعليمي، فإنها لا تمثل سوى الخطوات الأولى في رحلة طويلة نحو إعادة تعريف جوهر التعلم، إن المجال لا يزال في حالة غليان إبداعي، مدفوعًا بتطورات متسارعة تتجاوز مجرد تحسين الخوارزميات، لتصل إلى استكشاف نماذج جديدة تمامًا للشراكة بين الذكاء الانساني والآلي، إن التوجهات المستقبلية الواعدة لا تهدف إلى جعل التعليم أكثر ذكاءً فحسب، بل تسعى لجعله أكثر إنسانية، وأكثر تعاونية، وأكثر استجابة لتعقيدات العقل الانساني، يستعرض هذا القسم أبرز هذه الآفاق المبتكرة، والتي تشكل خارطة طريق للجيل القادم من البحث والتطوير.

الذكاء الصناعي العاطفي والمُتعاطف: إضفاء البعد الإنساني على التفاعل الرقمي

لفترة طويلة، تعاملت أنظمة الذكاء الصناعي التعليمية مع الطالب ككيان معرفي مجرد، متجاهلةً التأثير العميق للحالات العاطفية والنفسية على عملية التعلم، لكن الأبحاث الحديثة تؤكد بشكل متزايد أن مشاعر مثل الفضول، والقلق، والملل، والانخراط ليست مجرد أعراض جانبية، بل هي محركات أساسية لعملية التعلم (Pekrun, 2017) ، وهنا يبرز مجال **الحوسبة العاطفية (Affective Computing)** كأحد أهم التوجهات المستقبلية، حيث يهدف إلى تطوير أنظمة قادرة على

استشعار المشاعر الإنسانية وتفسيرها والاستجابة لها بطريقة ذكية، إن الانتقال من مجرد تقديم الدعم المعرفي إلى تقديم الدعم العاطفي يمثل نقلة نوعية نحو أنظمة أكثر تكاملاً وإنسانية.

يمكن لهذه الأنظمة المستقبلية استخدام بيانات متعددة الوسائط (Multimodal Data) - مثل تحليل تعابير الوجه، ونبرة الصوت، والإيماءات، وحتى أنماط الكتابة على لوحة المفاتيح - لبناء نموذج ديناميكي للحالة العاطفية للطالب، على سبيل المثال، إذا اكتشف النظام أن طالبًا يُظهر علامات متزايدة من الإحباط، يمكنه التدخل ليس فقط بتبسيط المسألة، بل بتقديم عبارات تشجيعية، أو اقتراح أخذ استراحة قصيرة، أو حتى تغيير النشاط التعليمي بالكامل إلى شيء أكثر تحفيزًا (Zhai et al., 2021) ، تؤكد الدراسات الحديثة جدًا أن دمج مثل هذه الاستجابات التكيفية العاطفية يمكن أن يعزز بشكل كبير دافعية الطلاب ومثابرتهم، خاصة في بيئات التعلم عن بعد التي قد يشعر فيها الطلاب بالعزلة (Prasetya et al., 2025)، إن الهدف النهائي هو تصميم معلمين افتراضيين متعاطفين قادرين على بناء علاقة إيجابية مع الطالب، مما يجعل تجربة التعلم الرقمي أقل جفافاً وأكثر دعمًا.

الذكاء الصناعي القابل للتفسير (XAI) : من الصندوق الأسود إلى الشريك الشفاف

أحد أكبر العوائق التي تحول دون تبني واسع النطاق لنماذج تعلم الآلة المعقدة في التعليم هو غموضها؛ فهي تعمل غالبًا كصناديق سوداء، حيث تقدم توصيات دقيقة ولكن دون القدرة على شرح الأساس المنطقي وراءها، هذا النقص في الشفافية يساهم في ايجاد أزمة ثقة لدى المعلمين والطلاب، ويجعل من الصعب تقييم مدى ملاءمة قرارات النظام من الناحية التربوية(Adadi & Berrada, 2018) .

لمعالجة هذه المشكلة، يتجه البحث بقوة نحو **الذكاء الصناعي القابل للتفسير (Explainable AI - XAI)** ، يهدف هذا المجال إلى تطوير أنظمة لا تقدم الإجابة فحسب، بل تقدم أيضًا شرحًا لعملية تفكيرها، في سياق تعليمي، بدلاً من أن يقول النظام للمعلم أعطِ الطالب (أ) المسألة رقم 5، يمكن لنظام (XAI) أن يقول: أوصي بالمسألة رقم 5 للطالب (أ) لأنه أتقن المفاهيم (س) و(ص)، لكنه لا يزال يرتكب أخطاء متكررة في المفهوم (ع)، وهذه المسألة مصممة خصيصًا لمعالجة هذا النوع من الأخطاء، هذه الشفافية تحول العلاقة بين المعلم والنظام من علاقة إذعان إلى علاقة حوار، حيث يمكن للمعلم أن يفهم منطق النظام، ويقيمه بشكل نقدي، ويقرر ما إذا كان سيعتمده أم سيعدله بناءً على خبرته، إن تعزيز الشفافية والمساءلة ليس مجرد مطلب تقني، بل هو أساس لبناء شراكة فعالة ومسؤولة بين الذكاء الانساني والآلي (Miller, 2019).

الذكاء الصناعي التوليدي (Generative AI) : إعادة تعريف الإبداع والمحتوى

لقد أحدث ظهور نماذج اللغة الكبيرة (LLMs) مثل (ChatGPT) ثورة في كيفية تفاعلنا مع المعلومات، ويمثل **الذكاء الصناعي التوليدي** أحد أكثر التوجهات المستقبلية تأثيرًا على التعليم، هذه النماذج تتجاوز تحليل المحتوى الموجود إلى القدرة على توليد محتوى جديد وأصلي، هذا يفتح آفاقًا لا حصر لها، ولكنه يطرح أيضًا تحديات تربوية عميقة.

تشير الأبحاث الحديثة جدًا إلى أن هذه الأدوات يمكن أن تكون مساعدين أقوياء للمعلمين والطلاب على حد سواء، يمكن للمعلمين استخدامها لتوليد مواد تعليمية مخصصة، أو سيناريوهات لعب أدوار، أو حتى خطط دروس كاملة (Guo et al., 2024)، ويمكن للطلاب استخدامها كشركاء في العصف الذهني، أو كمرشدين للكتابة يساعدونهم على تحسين أسلوبهم، ومع ذلك، يكمن التحدي الأكبر في تعليم الطلاب كيفية استخدام هذه الأدوات بشكل نقدي ومسؤول، وتطوير مهارات هندسة الأوامر(Prompt Engineering) الفعالة، والقدرة على تقييم مخرجات النموذج والتحقق من صحتها، إن مستقبل التعليم لن يكون خاليًا من الذكاء الصناعي التوليدي، بل سيعتمد على كيفية دمجه بشكل يعزز التفكير العميق والإبداع الانساني، بدلاً من أن يحل محلهما (Ali et al., 2024).

الذكاء الصناعي الاجتماعي والتعاوني: بناء مجتمعات التعلم الذكية

ركزت الموجة الأولى من تطبيقات الذكاء الصناعي التعليمي بشكل كبير على التعلم الفردي، ومع ذلك، تؤكد النظريات التربوية الحديثة أن التعلم هو نشاط اجتماعي بطبيعته، وأن التفاعل مع الأقران يلعب دورًا حيويًا في بناء المعرفة، لذلك، يتجه البحث المستقبلي نحو تطوير **ذكاء اصطناعي اجتماعي وتعاوني**، يهدف إلى تعزيز ودعم التعلم الجماعي (CSCL) (Wise & Schwarz, 2017).

يمكن لهذه الأنظمة المستقبلية أن تؤدي وظائف متقدمة مثل:

- **تيسير النقاشات الذكية:** يمكن لوكيل ذكاء اصطناعي (AI facilitator) المشاركة في منتديات النقاش عبر الإنترنت، حيث يقوم بتلخيص الأفكار الرئيسية، وتحديد نقاط الخلاف، وطرح أسئلة مفتوحة لتحفيز التفكير العميق، وحتى التوسط في النزاعات بلطف (Rummel, 2018).
- **تحليل ديناميكيات الفريق:** باستخدام تحليل الشبكات الاجتماعية ومعالجة اللغة الطبيعية، يمكن للنظام تحليل أنماط التفاعل في المشاريع الجماعية وتقديم تغذية راجعة للفريق حول كيفية تحسين تواصلهم وتوزيع الأدوار بشكل أكثر إنصافًا وفعالية.
- **تكوين فرق تعلم مخصصة:** بدلاً من تشكيل المجموعات بشكل عشوائي، يمكن للخوارزميات تحليل ملفات الطلاب (مهاراتهم، أساليب تعلمهم، وحتى سماتهم الشخصية) لتكوين فرق عمل لديها أفضل فرصة لتحقيق التآزر والنجاح.

هذا التوجه يعكس فهمًا أعمق لعملية التعلم كعملية بناء مشتركة للمعنى، ويسعى لتسخير الذكاء الصناعي ليس فقط لتخصيص التعلم للفرد، بل لتحسين الذكاء الجماعي للمجموعة.

التوأم الرقمي التعليمي (Educational Digital Twin) : محاكاة شاملة لمسار الطالب

مستوحى من النجاحات في قطاعي الهندسة والصناعة، يبرز مفهوم التوأم الرقمي كأحد أكثر التوجهات المستقبلية طموحًا في التعليم، التوأم الرقمي التعليمي هو نسخة افتراضية حية وشاملة للطالب، يتم بناؤها وتحديثها باستمرار في الوقت

الفعلي من خلال دمج جميع البيانات المتاحة عنه: أدائه الأكاديمي، تفاعلاته السلوكية، بياناته العاطفية، اهتماماته، وحتى أهدافه المستقبلية (Prasetya et al., 2025).

هذا النموذج الشامل يتيح إمكانيات غير مسبوقة:

- التنبؤ والتخطيط الاستباقي: بدلاً من مجرد التفاعل مع المشكلات بعد وقوعها، يمكن استخدام التوأم الرقمي لتشغيل محاكاة لسيناريوهات مستقبلية، على سبيل المثال، يمكن للنظام التنبؤ باحتمالية نجاح الطالب في مسار دراسي معين، وتحديد المهارات التي سيحتاج إلى تطويرها، واقتراح تدخلات استباقية قبل أن يواجه صعوبات فعلية مستقبلية.
- الإرشاد المهني فائق التخصيص: من خلال ربط التوأم الرقمي للطالب ببيانات سوق العمل الحية، يمكن للنظام تقديم توصيات مهنية مخصصة للغاية، لا تعتمد فقط على درجاته، بل على كامل ملفه الشخصي من المهارات والاهتمامات والقيم.
- بيئة اختبار آمنة للطالب: يمكن للطالب نفسه التفاعل مع توأمه الرقمي لاستكشاف مسارات تعليمية مختلفة، وتجربة استراتيجيات تعلم جديدة، ورؤية التأثيرات المحتملة لقراراته في بيئة افتراضية آمنة. إن تحقيق هذه الرؤية يتطلب قدرات هائلة في جمع البيانات ودمجها ونمذجتها، ويطرح تحديات أخلاقية كبيرة تتعلق بالملكية والتحكم في هذا التمثيل الرقمي الشامل للفرد، ومع ذلك، فإنه يمثل القفزة المنطقية التالية في السعي نحو فهم شامل ومتكامل للطالب.

إن هذه التوجهات البحثية، التي تستفيد من أحدث الدراسات بما في ذلك التحليلات الببليومترية التي ترصد نبض المجال (Irwanto, 2025)، تشير بوضوح إلى أن مستقبل الذكاء الصناعي في التعليم يتجه نحو أنظمة أكثر تكاملاً، وأكثر إنسانية، وأكثر تمكينًا، إن الهدف ليس بناء آلات تفكر مثل البشر، بل بناء أنظمة تساعد البشر على التفكير بشكل أفضل، والتعلم بشكل أعمق، والتعاون بشكل أكثر فعالية.

4. خاتمة (Conclusion)

في ختام هذه الدراسة، الذي انطلق من فجوة معرفية تتمثل في غياب إطار متكامل يوجه النقاش حول الذكاء الصناعي في التعليم، يمكننا التأكيد على أننا نقف على أعتاب تحول تربوي عميق، لا يقل أهمية عن التحولات التي أحدثتها اختراعات سابقة كالكتاب المطبوع أو الإنترنت، لقد تجاوز الذكاء الصناعي كونه مجرد أداة مساعدة، ليصبح شريكاً معرفياً قادراً على إعادة تشكيل جوهر عمليات التعليم والتعلم، ومن خلال المراجعة المنهجية والتحليل المفاهيمي، توصلت هذه الدراسة إلى أن النظرة المستقبلية الأكثر استدامة لهذا التحول لا تكمن في تبني التكنولوجيا بشكل أعمى وغير مدروس، بل في صياغة علاقة تكاملية جديدة بين الذكاء الانساني والذكاء الصناعي، وهي الفكرة التي تبلورت في النموذج التربوي التكاملي المقترح.

إن هذا النموذج يتجاوز الرؤى المجزأة التي وجدت سابقاً؛ فهو لا يرى في الذكاء الصناعي مجرد اداة لتحسين الكفاءة التشغيلية، بل يعتبره محفزاً لإعادة التفكير في الأهداف التربوية السامية، فمن خلال تتبع تطور دوره من المُوجِّه السلطوي إلى الداعم المتعاون، وصولاً إلى المُمَكِّن المحفز، يتضح أن المسار الصحيح لتطوره يتجه نحو تعزيز فاعلية الطلاب، هذا يعني أن

التطبيقات الأكثر نجاحاً في المستقبل لن تكون تلك التي تُعلِّم الطلاب بشكل أفضل، بل تلك التي تُمكّن الطلاب من تعلم كيفية التعلم بشكل أفضل، إن تخصيص مسارات التعلم، وتقديم التغذية الراجعة الفورية، وإتاحة بيئات المحاكاة ، كلها ادوات لتحقيق غاية سامية: وهي تخريج طلاب مستقلين، منظمين ذاتياً، قادرين على تحديد أهدافهم، ومراقبة تقدمهم، والتكيف مع المعرفة المتجددة باستمرار.

يقف المعلم في قلب هذا التحول، بدور متجدد وأكثر أهمية من أي وقت مضى، لقد أظهر التحليل أن الخوف من استبدال المعلم هو فهم خاطئ لطبيعة العلاقة التكافلية بين الإنسان والآلة في السياق التربوي، فالذكاء الصناعي يتفوق في الانشطة التي تتطلب معالجة كميات هائلة من البيانات والتعرف على الأنماط، مثل التصحيح الروتيني وتكييف المحتوى، هذا التفوق يحرر المعلم ليركز على نقاط قوته التي لا يمكن استبدالها: بناء علاقات إنسانية دافئة، وإثارة الفضول الفكري، وتنمية الذكاء العاطفي والاجتماعي، وتوجيه النقاشات الأخلاقية المعقدة، وتصميم خبرات تعليمية مبتكرة تتجاوز حدود المنهج المقرر، وبالتالي، فإن المعلم المستقبلي هو مهندس البيئة التعليمية، ومنسق المصادر المعرفية، ومرشد الرحلات التعليمية الفردية، وهو دور يتطلب مهارات جديدة في التصميم التربوي، وتحليل البيانات، وعلم النفس التربوي، أكثر من أي وقت مضى.

إن تحقيق هذه الرؤية الواعدة ليس حتمياً، بل هو مشروط بقدرتنا على مواجهة التحديات الأخلاقية والمجتمعية العميقة التي يطرحها الذكاء الصناعي، لقد أبرز البحث أن قضايا مثل الإنصاف في الوصول، وخصوصية البيانات، والتحيز الخوارزمي، ليست مجرد تفاصيل تقنية، بل هي في صميم العدالة التعليمية، إن الفشل في معالجة هذه القضايا بشكل استباقي ومنهجي سيؤدي حتماً إلى أن تصبح هذه التقنيات القوية أداة لترسيخ وتعميق الفجوات الاجتماعية والاقتصادية القائمة، بدلاً من أن تكون جسراً لعبورها، لذا، فإن الدعوة إلى حوكمة الذكاء الصناعي في التعليم، من خلال سياسات وتشريعات شفافة ومسؤولة، ليست دعوة لتقييد الابتكار، بل هي شرط أساسي لضمان أن يكون هذا الابتكار في خدمة الصالح العام وتحقيق الهدف الرابع من أهداف التنمية المستدامة.

إن الرسالة الجوهرية لهذه الدراسة هي أن الثورة الحقيقية التي يقودها الذكاء الصناعي في التعليم ليست ثورة تكنولوجية في المقام الأول، بل هي ثورة تربوية، إنها فرصة تاريخية لإعادة التفكير في لماذا وكيف نتعلم، والانتقال من نموذج تعليمي صناعي قائم على التوحيد والتلقين، إلى نموذج معرفي قائم على التخصيص، والتمكين، والإنسانية المعززة، إن النجاح في هذا المسعى يعتمد على قدرتنا على الحفاظ على التوازن الدقيق بين الاستفادة من قوة الآلة في التحليل، والاحتفاء بتميز الإنسان في الإبداع والحكمة والتعاطف، إن المستقبل ليس للذكاء الصناعي وحده، بل هو لمجتمع تعلم يزدهر فيه الذكاء الانساني معززاً بالذكاء الصناعي.

التوصيات (Recommendations)

بناءً على النموذج التكاملي المقترح والاستنتاجات التي تم التوصل إليها، يقدم البحث التوصيات العملية التالية الموجهة لمختلف الأطراف المعنية:

لصانعي السياسات والجهات الحكومية:

- وضع استراتيجيات وطنية شاملة: يجب تطوير استراتيجيات وطنية للذكاء الصناعي في التعليم لا تركز فقط على توفير التكنولوجيا، بل تتضمن أبعاداً متكاملة تشمل تطوير المناهج، والتدريب المهني للمعلمين، ووضع الأطر الأخلاقية والقانونية، يجب أن تكون هذه الاستراتيجيات مرنة وقابلة للتكيف مع التطورات السريعة في هذا الحقل.
- ضمان الإنصاف في الوصول: يجب أن تكون الأولوية القصوى هي سد الفجوة الرقمية من خلال الاستثمار في البنية التحتية التكنولوجية في المناطق الأقل حظاً، وتوفير الدعم المالي للمدارس لضمان عدم تحول الذكاء الصناعي إلى امتياز للنخب.
- تشريعات حوكمة البيانات: من الضروري سن قوانين وتشريعات واضحة وصارمة تنظم عملية جمع واستخدام بيانات الطلاب، وتضمن أعلى معايير الخصوصية والأمان، وتحدد المسؤوليات بشكل دقيق، وتمنح الطلاب وأولياء أمورهم السيطرة على بياناتهم الشخصية.

- **لقادة المنظمات التعليمية (مديري المدارس والجامعات):**

- قيادة التغيير الثقافي: يجب على القادة العمل على بناء ثقافة مؤسسية تشجع على الابتكار، وتقبل التجربة والخطأ، وتعزز التعاون بين المعلمين لتبادل أفضل الممارسات في استخدام التقنيات الجديدة.
- الاستثمار في التطوير المهني المستمر: يجب تصميم برامج تطوير مهني مستدامة وعميقة للمعلمين، تتجاوز التدريب على استخدام الأدوات إلى تطوير فهم تربوي لكيفية دمجها بفعالية لتعزيز التعلم، مع التركيز على مهارات تحليل البيانات والتصميم التعليمي.
- إشراك جميع الأطراف: يجب أن تكون عملية اتخاذ القرار بشأن تبني وتنفيذ تقنيات الذكاء الصناعي عملية تشاركية، تشمل المعلمين والطلاب وأولياء الأمور، لضمان أن الحلول المعتمدة تلبي الاحتياجات الحقيقية للمجتمع المدرسي.

- **للمطورين والباحثين في مجال تكنولوجيا التعليم:**

- اعتماد نهج التصميم المشترك (Co-design) : يجب على المطورين العمل بشكل وثيق مع المعلمين والخبراء التربويين منذ المراحل الأولى لتصميم الحلول التكنولوجية، لضمان أن تكون هذه الحلول ذات جدوى تربوية ومناسبة للسياقات التعليمية الواقعية.
- التركيز على الشفافية والعدالة الخوارزمية: يجب إعطاء الأولوية لتطوير أنظمة ذكاء اصطناعي قابلة للتفسير(XAI) ، وتصميم خوارزميات يتم تدقيقها بانتظام للكشف عن أي تحيزات ومعالجتها، لضمان عدم التمييز ضد أي فئة من الطلاب.
- توسيع نطاق البحث: يُوصى بتوجيه الأبحاث المستقبلية نحو دراسة التأثيرات طويلة الأمد للذكاء الصناعي على التطور المعرفي والاجتماعي والعاطفي للطلاب، وإجراء دراسات مقارنة لتقييم فعالية النماذج المختلفة في سياقات ثقافية واقتصادية متنوعة، لتقديم أدلة قوية تدعم صنع السياسات والممارسات.

5. المراجع

Adadi, A., & Berrada, M. (2018). Peeking Inside the Black-Box: A Survey on Explainable Artificial Intelligence (XAI). IEEE Access, 6, 52138-52160.

Ali, O., Murray, P. A., Momin, M., Dwivedi, Y. K., & Malik, T. (2024). The effects of artificial intelligence applications in educational settings: challenges and strategies. Technological Forecasting and Social Change, 199, 123076.

Anderson, J. R., Boyle, C. F., Corbett, A. T., & Lewis, M. W. (1990). Cognitive modeling and intelligent tutoring. *Artificial Intelligence, 42*(1), 7–49.

Anderson, J. R., Boyle, C. F., Corbett, A. T., & Lewis, M. W. (1990). Cognitive modeling and intelligent tutoring. Artificial Intelligence, 42(1), 7–49.

Baker, T., Smith, L., & Anissa, N. (2019). Educ-AI-tion rebooted? Exploring the future of artificial intelligence in schools and colleges. Nesta.

Black, P., & Wiliam, D. (2009). Developing the theory of formative assessment. Educational Assessment, Evaluation and Accountability, 21(1), 5-31.

Boud, D., & Molloy, E. (2013). Rethinking models of feedback for learning: The challenge of design. Assessment & Evaluation in Higher Education, 38(6), 698-712.

Brennan, K., & Resnick, M. (2012). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. In Proceedings of the 2012 annual meeting of the American Educational Research Association, Vancouver, Canada (Vol. 1, p. 25).

Cavanagh, M. (2016). The Empowered University: Shared Leadership, Culture Change, and Academic Success. Johns Hopkins University Press.

Chatterjee, S., & Bhattacharjee, K. K. (2020). Adoption of artificial intelligence in higher education: a quantitative analysis using structural equation modelling. Education and Information Technologies, 25(5), 3443-3463.

Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial Intelligence in Education: A Review. IEEE Access, 8, 75264-75278.

Darling-Hammond, L., Flook, L., Cook-Harvey, C., Barron, B., & Osher, D. (2020). Implications for educational practice of the science of learning and development. Applied Developmental Science, 24(2), 97-140.

Dweck, C. S. (2006). Mindset: The new psychology of success. Random House.

Fadel, C., Bialik, M., & Trilling, B. (2015). Four-dimensional education: The competencies learners need to succeed. Center for Curriculum Redesign.

Feng, M., Heffernan, N. T., & Koedinger, K. R. (2009). Addressing the assessment challenge with an online system that tutors as it assesses. User Modeling and User-Adapted Interaction, 19(3), 243-266.

Fullan, M., & Quinn, J. (2016). Coherence: The right drivers in action for schools, districts, and systems. Corwin Press.

Goleman, D. (2006). Emotional intelligence: Why it can matter more than IQ. Bantam.

Guo, S., Zheng, Y., & Zhai, X. (2024). Artificial intelligence in education research during 2013–2023: a review based on bibliometric analysis. Education and Information Technologies, 29, 16387–16409.

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning. Center for Curriculum Redesign.

Hwang, G. J., Xie, H., Wah, B. W., & Gašević, D. (2020). Vision, challenges, roles and research issues of Artificial Intelligence in Education. Computers and Education: Artificial Intelligence, 1, 100001.

Irwanto, I. (2025). Research trends on artificial intelligence in K-12 education in Asia: a bibliometric analysis using the Scopus database (1996–2025). Discover Artificial Intelligence, 5(1), 155.

Johnson, W. L., & Lester, J. C. (2016). Face-to-face interaction with pedagogical agents, twenty years later. International Journal of Artificial Intelligence in Education, 26(1), 25-36.

Jomah, O., Masoud, A. K., & Barakah, M. (2016). Micro learning: A modernised learning approach. Brain. Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience, 7(1), 103-110.

Kafai, Y. B., & Burke, Q. (2015). Constructionist gaming: Understanding the benefits of making games for learning. Educational Psychologist, 50(4), 313-334.

Kasneci, E., Seßler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., ... & Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. Learning and Individual Differences, 103, 102274.

King, A. (1993). From sage on the stage to guide on the side. College Teaching, 41(1), 30-35.

Koedinger, K. R., Brunskill, E., Baker, R. S., McLaughlin, E. A., & Stamper, J. (2013). New potentials for data-driven analytics to improve instructional practices. In Technology-Enhanced Learning: The Role of Technology in Improving Learning Outcomes.

Lindgren, R., & McDaniel, R. (2012). Transforming online learning through narrative and student agency. Educational Technology & Society, 15(4), 344-355.

Long, D., & Magerko, B. (2020). What is AI literacy? Competencies and design considerations. In Proceedings of the 2020 CHI conference on human factors in computing systems (pp. 1-16).

Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). Intelligence Unleashed: An argument for AI in education. Pearson Education.

Mandinach, E. B., & Gummer, E. S. (2016). What does it mean for teachers to be data literate: A validity study. Teaching and Teacher Education, 60, 366-376.

Mason, M. (2008). What is complexity theory and what are its implications for educational change? Educational Philosophy and Theory, 40(1), 35–49.

Mikropoulos, T. A., & Natsis, A. (2011). Educational virtual environments: A ten-year review of empirical research (1999–2009). Computers & Education, 56(3), 769–780.

Miller, T. (2019). Explanation in artificial intelligence: Insights from the social sciences. Artificial Intelligence, 267, 1-38.

O'Neil, C. (2016). Weapons of Math Destruction: How Big Data Increases Inequality and Threatens Democracy. Crown Publishing Group.

Ouyang, F., & Jiao, P. (2021). Artificial intelligence in education: The three paradigms. Computers and Education: Artificial Intelligence, 2, 100020.

Pane, J. F., Steiner, E. D., & Baird, M. D. (2017). Informing progress: Insights on personalized learning implementation and effects. RAND Corporation.

Pekrun, R. (2017). Emotion and achievement during adolescence. Child Development Perspectives, 11(3), 215-221.

Pianta, R. C., Hamre, B. K., & Allen, J. P. (2012). Teacher-student relationships and engagement: Conceptualizing, measuring, and improving the capacity of classroom interactions. In Handbook of research on student engagement (pp. 365-386). Springer.

Prasetya, F., Fortuna, A., Samala, A. D., Latifa, D. K., Andriani, W., Gusti, U. A., ... & García, J. L. C. (2025). Harnessing artificial intelligence to revolutionize vocational education: Emerging trends, challenges, and contributions to SDGs 2030. Social Sciences & Humanities Open, 11, 101401.

Price, T. W., Ruan, Y., & Mettu, R. (2017). A comparison of the quality of students' handwritten and block-based code. In Proceedings of the 2017 ACM conference on international computing education research (pp. 214-222).

Robinson, K., & Aronica, L. (2015). Creative schools: The grassroots revolution that's transforming education. Viking.

Roll, I., & Wylie, R. (2016). Evolution and revolution in artificial intelligence in education. International Journal of Artificial Intelligence in Education, 26(2), 582–599.

Rummel, N. (2018). Scaffolding for computer-supported collaborative learning. In The International Encyclopedia of Communication Research Methods.

Rus, V., D'Mello, S., Hu, X., & Graesser, A. (2013). Recent advances in conversational intelligent tutoring systems. AI Magazine, 34(3), 42-54.

Sawyer, R. K. (Ed.). (2011). Structure and improvisation in creative teaching. Cambridge University Press.

Scardamalia, M., & Bereiter, C. (2006). Knowledge building: Theory, pedagogy, and technology. In The Cambridge handbook of the learning sciences (pp. 97-115). Cambridge University Press.

Seldon, A., & Abidoye, O. (2018). The Fourth Education Revolution: Will Artificial Intelligence Liberate or Infantilise Humanity. University of Buckingham Press.

Shermis, M. D., & Burstein, J. (Eds.). (2013). Handbook of automated essay evaluation: Current applications and new directions. Routledge.

Siemens, G., & Baker, R. S. (2012). Learning analytics and educational data mining: towards communication and collaboration. In Proceedings of the 2nd international conference on learning analytics and knowledge (pp. 252-254).

Skinner, B. F. (1958). Teaching machines. Science, 128(3330), 969–977.

Standen, P. J., Brown, D. J., Taheri, M., et al. (2020). An evaluation of an adaptive learning system based on multimodal affect recognition for learners with intellectual disabilities. British Journal of Educational Technology, 51(5), 1748-1765.

UNESCO. (2019). Artificial intelligence in education: Challenges and opportunities for sustainable development. (Working Papers on Education Policy 07). Paris: UNESCO.

VanLehn, K. (2011). The relative effectiveness of human tutoring, intelligent tutoring systems, and other tutoring systems. Educational Psychologist, 46(4), 197-221.

Vaughan, T. (2020). The promise and peril of brain-computer interfaces. National Academies Press.

Vygotsky, L. S. (1978). Mind in society: The development of higher psychological processes. Harvard University Press.

Wang, S., Christensen, C., Cui, W., et al. (2020). When adaptive learning is effective learning: comparison of an adaptive learning system to teacher-led instruction. Interactive Learning Environments, 1–11.

Wing, J. M. (2006). Computational thinking. Communications of the ACM, 49(3), 33-35.

Wise, A. F., & Schwarz, B. B. (2017). Visions of CSCL: Eight provocations for the future of the field. International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning, 12(4), 423-467.

Wolff, A., Gooch, D., Cavero, J. M., & Kortuem, G. (2016). Creating an understanding of data literacy for a data-driven society. The Journal of Community Informatics, 12(3).

Yang, S. J., Ogata, H., Matsui, T., & Chen, N. S. (2021). Human-centered artificial intelligence in education: Seeing the invisible through the visible. Computers & Education: Artificial Intelligence, 2, 100008.

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education–where are the educators?. International Journal of Educational Technology in Higher Education, 16(1), 1-27.

Zhai, X., Chu, X., Chai, C. S., Jong, M. S. Y., Istenic, A., Spector, M., ... & Li, Y. (2021). A Review of Artificial Intelligence (AI) in Education from 2010 to 2020. Complexity, 2021, 8812542.

Zimmerman, B. J., & Schunk, D. H. (Eds.). (2011). Handbook of self-regulation of learning and performance. Routledge.