تَحْلِيلَاتُ تَعَلُّمِ الرِّيَاضِيَّاتِ فِي عَصْرِ الذَّكَاءِ الْاِصْطِنَاعِيِّ الْمَعْرِفِيِّ

Mathematics Learning Analytics in the Era of Artificial Cognitive Intelligence

إعداد

أ.د/ وائل عبد الله محمد علي

أستاذ المناهج وتعليم الرياضيات

كلية الدراسات العليا للتربية – جامعة القاهرة

drwaelabdallah@gmail.com

ملخص:
تقدم الورقة الحالية توضيحاً لأهمية استخدام التقنيات الرقمية المتقدمة في تعليم الرياضيات وتعلمها، واستشراف مستقبل تعلم الرياضيات من خلال استخدم الذكاء الاصطناعي الذي سوف يحدث تغييراً شبه كامل في منظومة تعليم الرياضيات، فضلا عن أهمية مدخل تحليلات التعلم وعلاقته الوثيقة بالذكاء الاصطناعي المعرفي، وبيئات التعلم الذكي الفردية.
الكلمات الدلالية: تحليلات تعلم الرياضيات، الذكاء الاصطناعي المعرفي، تعلم الكمبيوتر، بيئة التعلم الذكي للرياضيات.

مقدمة:

مرت التكنولوجيا بمراحل متعاقبة، ومتسارعة من التطور، وفى الحقبة الأخيرة حدثت ثورة تكنولوجية غير مسبوقة، أحدثت تغيرات شاملة في كل أنشطة الحياة اليومية بصفة عامة، وبصفة خاصة في ثقافة التعليم والتعلم. في الوقت الذى أصبحت فيه تكنولوجيا الكمبيوتر أكثر ذكاءً واستقلالية، واعتمدت على أساليب ذكية يمكن توظيفها في العملية التعليمية مثل: الشبكات العصبية الاصطناعية (*) (Artificial Neural Networks) ، والمنطق الضبابي (الغائم) Fuzzy Logic، والخوارزمية الجينية (Genetic Algorithm) (*) .

وكان أحد أهم نتاجات الثورة التكنولوجية المعاصرة الذكاء الاصطناعي " Artificial Intelligence"، الذي كان من سنوات قريبة أقرب إلى أفلام الخيال العلمي؛ لكنه أصبح الآن جزءا من الحياة اليومية.

(*) **الشبكات العصبية الاصطناعية Artificial Neural Networks:** نموذج العصبون البيولوجي(Spike) هو توصيف رياضياتي لخصائص خلايا معينة في الجهاز العصبي التي تولد كمونات عمل كهربائية حادة عبر غشاء الخلية، خلال ميللي ثانية واحدة تقريبًا. بينما الشبكات العصبية الاصطناعية هي مجموعة مترابطة من عصبونات افتراضية تنشئها برامج حاسوبية لتشابه عمل العصبون البيولوجي مع بنى إلكترونية تستخدم النموذج الرياضي لمعالجة المعلومات بناء على الطريقة الاتصالية في الحوسبة. وتتألف الشبكات العصبونية بشكل عام من عناصر معالجة بسيطة تقوم بعمل بسيط لكن السلوك الكلي للشبكة يتحدد من خلال الاتصالات بين مختلف هذه العناصر التي تدعى هنا بالعصبونات ومؤشرات هذه العناصر.Element Parameters.

(*) **الخوارزمية الجينية: Genetic Algorithms** الخوارزميات الوراثية تصنف على أنها من طرق البحث الشامل الاستدلالي التي تستخدم تكنولوجيا مستوحاة من البيولوجيا التطورية مثل: الوراثة، والطفرات، والاختيار، والتهجين.

الذكاء الاصطناعي Artificial Intelligence:

من الأهمية بمكان في السياق الحاضر معرفة ماهية الذكاء الاصطناعي؟ وأبسط تفسير له أنه يدرب الآلة على القيام بمهمات تحاكي ما يمكن أن يفعله الدماغ البشري . هذا يعني أنه يمكنه تعلم القيام بأشياء تحاكي ما يفعله الإنسان، مثل التعرف على الوجوه، والأصوات، وفهم اللغة الطبيعية، وحتى تقديم التوصيات. وفى هذا الصدد عرف (Moraru, et al., 2020, 3469) الذكاء الاصطناعي بأنه " علم إنشاء آلات ذكية تكرر السلوك البشري"

ويوضح فايز مينا (٣٥، ٢٠٢٠) أن الذكاء الاصطناعي يعرف بأنه " قدرة النظام على تفسير بيانات خارجية بصورة صحيحة، للتعلم منها - من هذه البيانات-؛ ولاستخدام هذا التعلم في تحقيق أهداف معينة، ومهمات من خلال التبني المرن لها"

وقد تتبع (Moraru, et al., 2020, 3469) نشأة الذكاء الاصطناعي Artificial Intelligence (AI) كما يلي:

- تم وصف الذكاء الاصطناعي (AI) لأول مرة في عام ١٩٥٦ كتقنية قادرة على التفكير بشكل مستقل، واستنساخ السلوك البشري بعد التدريب، وكان تورينج Turingالأب المؤسس له ، كما اقترح Turing اختباراً ووضعه كمعيار لتعرف إذا كان الكمبيوتر يفكر.
- نتيجة لتطور علم الذكاء الاصطناعي ظهر مفهوم جديد هو "تعلم الآلةMachine Learning"(*)، كفرع من علم الذكاء الاصطناعي. وتم تقديم تعلم الآلة (Machine learning: ML) في عام ١٩٥٩ كخوارزمية، بعد التعرض لمدخلات متعددة يمكن من خلالها تعديل سلوك بيئة التعلم الرقمية تلقائيا.
- وفقا لتطور القوة الحسابية والشبكات العصبية، ودراسة التعلم العميق، تبين أن تعلم الآلة يوظف آليات التعلم العميق (Deep Learning :DL)، حيث يعد شبكة عصبية قابلة للبرمجة تمكن الكمبيوتر من اتخاذ قراراته الخاصة ، دون مساعدة بشرية كما تلعب الشبكات العصبية التلافيفية (Convolutional Neural Networks: CNNs) دوراً مهماً في تطوير هذه التقنيات والآليات. ويتضح ذلك من خلال التعلم العميق، حيث إن

(*) تعلم الآلة (Machine learning: ML): يقصد به في الورقة الحالية تعلم الكمبيوتر من خلال استجابات المتعلم التي يتعلمها الكمبيوتر باستخدام خوارزميات خاصة، تعمل على تعديل وتكيف بيئة التعلم الفردية للمتعلم، وتساعد على تفريد التعلم.

الشبكة العصبية التلافيفية (CNN, or ConvNet) هي فئة من الشبكات العصبية العميقة، وهي الأكثر شيوعًا في تحليل الصور المرئية. والشبكات التلافيفية في الكمبيوتر مستوحاة من العمليات البيولوجية في الإنسان من حيث إن نمط الاتصال بين الخلايا العصبية يشبه تنظيم القشرة البصرية . حيث تستجيب الخلايا العصبية القشرية الفردية للمنبهات فقط في منطقة محدودة من المجال البصري تُعرف باسم المجال الاستقبالي .وتتداخل الحقول الاستقبالية للخلايا العصبية المختلفة جزئيًا بحيث تغطي المجال البصري بأكمله.

وتعلم الآلة (Machine learning: ML) هو دراسة خوارزميات (Algorithms) (*) الكمبيوتر التي تتحسن تلقائيًا من خلال التجربة، حيث تبني خوارزميات الكمبيوتر نموذجًا يعتمد على عينات البيانات، والمعروفة باسم "بيانات التدريب Training Data"؛ من أجل وضع تنبؤات أو قرارات دون أن تتم برمجتها بشكل صريح للقيام بذلك.

هذا، وتعد الإحصاءات الحاسوبية (Computational Statistics) مجموعة فرعية من تعلم الكمبيوتر، حيث تركز على إجراء تنبؤات باستخدام أجهزة الكمبيوتر، كما يعد التنقيب عن البيانات مجالًا ذا صلة بالدراسة، مع التركيز على تحليل البيانات الاستكشافية. ويُشار أيضًا إلى تطبيق تعلم الكمبيوتر في حل مشكلات التعلم، باسم التحليلات التنبؤية.

مدخل تحليلات التعلم Learning Analytics Approach (LAA).

يفتح الذكاء الاصطناعي في مجال تعليم الرياضيات وتعلمها العديد من القضايا المهمة حول أدوار المعلمين وكفاءاتهم وأدوار الطلاب كمتعلمين مستقلين وذاتين التوجيه، وتدعم بيئات التعلم التكيفية الحالية للذكاء الاصطناعي التدريس الموجه نحو العملية، حيث يمكن للذكاء الاصطناعي أن يستشعر عملية التعلم، والحالات النفسية للمتعلم في

(*) الخوارزميات (Algorithms):هي مجموعة من القواعد التي تحدد بدقة تسلسل العمليات، بمعني آخر مجموعة من الخطوات الرياضية والمنطقية والمتسلسلة اللازمة لحل مشكلة ما. وسميت الخوارزمية بهذا الاسم نسبة إلى العالم أبو جعفر محمد بن موسى الخوارزمي الذي ابتكرها في القرن التاسع الميلادي. وتعد الخوارزمية في الرياضيات وعلوم الكمبيوتر سلسلة محدودة من التعليمات المحددة جيدًا والقابلة للتنفيذ بواسطة الكمبيوتر؛ وتستخدم عادةً لحل فئة من المشكلات أو لإجراء عملية حسابية.

كل خطوة من العملية، ويقدم تغذية راجعة ذات صلة بالعمليات المعرفية، والنفس حركية، والوجدانية، والتفاعل الاجتماعي.

والذكاء الاصطناعي هو أداة قوية لاستكشاف عملية التعلم البشري وجعلها أكثر وضوحًا، حيث إنه أداة قوية لجمع البيانات المتعلقة بالمتعلم وتحليلها، كما يدعم الطلاب عملية التعلم من خلال التغذية الراجعة في بيئات التعلم المتنوعة القائمة على الذكاء الاصطناعي ببيانات معقدة حول المتعلم وسياق التعلم. (Starcic,2019)

ويعد الذكاء الاصطناعي بصفة عامة، والروبوت التعليمي (Educational Robot) بصفة خاصة تقنيات واعدة في مجال التنمية المهنية المستدامة لمعلم الرياضيات، حيث يمكن من خلالها التغلب على العديد من مشكلات التنمية المهنية المستدامة لمعلم الرياضيات.

ويتم ذلك من خلال مدخل التحليلات متعدد الوسائط، حيث يمتلك هذا المدخل القدرة على توفير الفهم؛ بناءً على جمع البيانات من خلال نظم الوسائط المتعددة باستخدام الإيماءات والأفعال الجسدية للمتعلم، ودمج تتبع حركة العين، وتعبيرات الوجه، وبيانات الانهماك في تعلم الرياضيات كتنبؤ للجهد والأداء.

هذا، ويتضح دور المعلم في هذا النوع من بيئات التعلم القائمة على الذكاء الاصطناعي في استراتيجيات التعلم المستندة إلى: التغذية الراجعة، والتقييم، وتحليلات التعلم.

وتأسيسا على ما سبق فقد طرحت جمعية البحوث التربوية البريطانية مصطلح **(تحليلات التعلم والذكاء الاصطناعي في التعليم)**

Learning Analytics (LA) and Artificial Intelligence in Education (AIED) (Shum, S. B.& Luckin, R., 2019)

ويتضمن التعامل مع هذا المصطلح الجديد ثلاثة جوانب هي:

- **السياسة التعليمية:** وتتضمن أخلاقيات التعامل مع البيانات الضخمة من خلال الذكاء الاصطناعي، وكذلك التعامل مع مجموعات البيانات التعليمية، والتطبيقات الشخصية.
- **علم أصول تدريس الرياضيات:** يتعلق هذا الجانب بمتطلبات تحليلات التعلم من خلال الذكاء الاصطناعي، لنمذجة مهارات تدريس الرياضيات، وتعرف مدى كون تحليلات التعلم القائمة على الذكاء الاصطناعي ستقوم بتقديم طرق تدريس أكثر تنوعاً.
- **الممارسات التدريسية:** يتعلق هذا الجانب بتصميم الممارسات التدريسية الخاصة بتحليلات التعلم القائمة على الذكاء الاصطناعي.

ومن الأهمية بمكان في هذا الصدد توضيح أنه لا يمكن تقسيم السياسة التعليمية، وعلم أصول التدريس، والممارسات التدريسية بدقة إلى عناصر تحليلية منفصلة، فهي مترابطة بشكل متبادل.

بنية نموذج بيئة التعلم الذكي للرياضيات (MILE):

يوضح (Sereati, et al., 2020) أنه تم اكتشاف المعالج (Processor) ذو القدرة المعرفية الاصطناعية في عام ٢٠١٦. وتم تصميم بنية المعالج المعرفي، وهو جهاز ذكي لنظام ذكي يقوم على خوارزمية نظام تنمية المعرفة (Knowledge Growing System Algorithm: KGS)، وهو مفهوم جديد في الذكاء الاصطناعي(AI) يركز على محاكاة عملية نمو المعرفة في الدماغ البشري بعد الحصول على معلومات جديدة من الأعضاء الحسية البشرية. وتعد خوارزمية نظام تنمية المعرفة منظور جديد في الذكاء الاصطناعي يسمى الذكاء الاصطناعي المعرفي (Cognitive Artificial Intelligence: CAI).

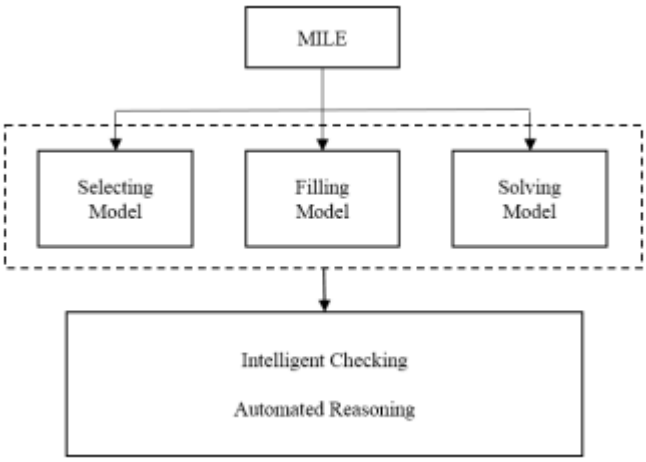
ويستخدم الذكاء الصناعي المعرفي في بيئات التعلم الذكي للرياضيات Mathematics Intelligent Learning Environment (MILE) ، ويشير مصطلح بيئة التعلم الذكي للرياضيات إلى "فئة من البرامج التعليمية التي يتم فيها وضع المتعلم في موقف لحل المشكلات، فضلا عن أنه واحد أو أكثر من العوامل التي تساعد المتعلم في مهمته، وتراقب تعلمه"، كما أن بيئات التعلم الذكي للرياضيات تمكن الطالب من أداء العديد من المهمات بسهولة مثل: الواجبات المنزلية للطالب، والتأكد من أنها صحيحة خطوة بخطوة، كما لا يحدد النظام مدى صحة كل خطوة فحسب ، بل يوفر أيضًا المساعدة في كل خطوة إذا اختار الطالب خيارًا للمساعدة، فضلا عن مساعدة الطالب على أداء الأنشطة، وإثبات النظريات الهندسية، وحل المعادلات الجبرية، وأداء الاختبارات عبر الإنترنت. لذلك فهي أداة تعليمية قوية للطلاب تعمل كمدرس شخصي.

ويعرف Fu, H. et al., (2015) بيئة التعلم الذكي للرياضيات بأنها " مزيج من نظام المعلم الخصوصي الذكي، ونظام تعلم يعتمد على نموذج تعلم مفتوح خاص بالطالب، يستطيع التحكم فيه وفقا لقدراته واحتياجاته الفردية"

هذا، وتوجد ثلاثة أنواع مهمة من المعرفة للتعلم الذكي، فضلا عن أنها أساسية لبيئة التعلم الذكي للرياضيات، هي المعرفة:

- بمجال الرياضيات.
- حول تعليم الرياضيات وتعلمها.
- حول الطالب ونموذجه الخاص في التعلم.

والشكل (١) يوضح إطار نموذج بيئة التعلم الذكي للرياضيات.



الشكل ١
إطار نموذج (MILE)

وتتمثل مراحل النموذج فيما يلى:

- **اختيار النموذج:** وفقا لمعطيات التمرين، ومن خلال محاكاة عملية حل المشكلات الرياضياتية التي يستخدمها الإنسان، يبني النظام مسارًا لحل المشكلات من الشروط إلى الاستنتاجات استنادًا إلى القواعد، وتحويل عملية الإثبات والحل المعقد إلى شكل الاختيار من متعدد. ويمكن عرض المزيد من الخيارات، بحيث يمكن للطلاب الاختيار منها، كما يقدم النموذج تغذية راجعة للطالب عن اختياراته.
- **تعبئة النموذج:** وهي عملية توليد للاستجابات والخيارات كما في اختيار النموذج. ويتم احتساب جميع الاستنتاجات الممكنة .علاوة على ذلك، يتم إدراج المزيد من الخيارات، ويمكن للطلاب اختيار أحدها ثم يقدم النموذج تغذية راجعة للطالب توضح صحة / خطأ خياراته.
- **حل النموذج:** في هذه المرحلة، يمكن للطلاب إدخال عملية حل المشكلات بحرية خطوة بخطوة، وفقًا لطرق التفكير وحل المشكلات الخاصة بهم. ويعتمد اختيار النموذج وملئه على التعلم التفاعلي المعرفي، ويمكن التحقق من إجابة الطالب من خلال دليل الفحص الذكي التفاعلي.

هذا، ويمكن من خلال هذا النموذج إنشاء بيئات تعلم تتمحور حول الطالب. حيث تسهل بيئات تعلم الرياضيات القائمة على الويب على الطلاب تطوير مهارات التعلم

الخاصة بهم. حيث يشير (Yazlik& Erdogan, 2019) إلى أنه يجب التركيز على بيئات التعلم الفردية القائمة على الويب؛ حيث إنها لها تأثير إيجابي على تعلم الرياضيات للطلاب، وتعمل على حل مشكلات التعلم الناتجة من الفروق الفردية بين الطلاب.

كما يمكن تطبيق الذكاء الاصطناعي المعرفي أيضاً في تعليم الرياضيات وتعلمها من خلال:

- الحصول على التغذية الراجعة من الطلاب في نظام/ بيئة تعلم متكاملة، ومعالجتها للحصول على معلومات تمكن من تعديل بيئة التعلم وفقا لقدرات المتعلم.
- استخدام بيئات التعلم الذكي في تفريد تعلم الرياضيات من خلال بيئات التعلم الشخصية.
- استخدام بيئات التعلم الذكي في التنمية المهنية المستدامة لمعلم الرياضيات.
- التنسيق بين استخدام الروبوت التعليمي الاحتمالي، ومعلم الرياضيات.
- دراسة العديد من البيانات، والإحصاءات، والاحتمالات، والنماذج الإحصائية الخاصة بالأمراض والأوبئة مثل: **(COVID-19).**
- قياس كفاءة الأنظمة الذكية التي تستخدم في تعلم الرياضيات.
- إنتاج وتطوير تقنيات الأنظمة الذكية؛ لتماثل الذكاء البشري لمعلم الرياضيات.

المناقشة:

- يري الكاتب أهمية استخدام التكنولوجيا بكثافة في تعليم الرياضيات وتعلمها بصفة عامة، وبصفة خاصة التقنيات المعاصرة القائمة على الذكاء الاصطناعي المعرفي، وتعلم الكمبيوتر.
- التأكيد على أهمية التنمية المهنية التكنولوجية/ الرقمية المستدامة لمعلم الرياضيات.
- استشراف مستقبل تعليم الرياضيات وتعلمها وفقا لتقنية الذكاء الاصطناعي المعرفي وتطبيقه في تحليلات التعلم.
- الدعوة إلى استخدام المنهج النوعي Qualitative Method، والمنهج المختلط Mixed Method؛ لدراسة التحليلات والمناقشات الرسمية، وغير الرسمية في بيئات التعلم الذكي للرياضيات، ودراسة الاستراتيجيات الشخصية لتعلم الطلاب.
- الاهتمام بدراسة النمذجة الرياضياتية، والرياضيات الغائمة (Fuzzy Mathematics).

- استخدام الروبوتات التعليمية Educational Robotics في تعليم الرياضيات وتعلمها، وتحليل التفاعل بين المعلم والطلاب، وبين الطلاب وبعضهم البعض.
- استخدام الروبوتات التعليمية Educational Robotics في التنمية المهنية المستدامة لمعلم الرياضيات.
- استخدام بيئات التعلم الذكي القائمة على الذكاء الاصطناعي المعرفي في برامج التنمية المهنية لمعلم الرياضيات.
- استخدام برامج تعلم الرياضيات الديناميكية. مثل: Math XP، MATHia، Maple ،Mathematica.

المراجع:

- فايز مراد مينا. (٢٠٢٠). مراجعات وتأكيدات لأفكار تربوية ومقترحات متدرجة لتطوير التعليم. القاهرة: مكتبة الأنجلو المصرية.
- Fu, H. Zhong, X. & Liu, Z. (2015). Mathematics Intelligent Learning Environment. *The Electronic Journal of Mathematics and Technology*, Volume 9, Number 4, ISSN 1933-2823. P297-307.
- Moraru, A. A., Costin, D., Moraru, R. & Branisteanu, D. C. (2020). Artificial intelligence and deep learning in ophthalmology - present and future (Review). *Experimental and Therapeutic Medicine 20*: 3469-3473. https:// DOI: 10.3892/etm.2020.9118.
- Sereati, C. O., Sumari, A. D. W., Adiono, T. & Ahmad, A. S. (2020). Towards cognitive artificial intelligence device: an intelligent processor based on human thinking emulation. *TELKOMNIKA Telecommunication, Computing, Electronics and Control.* 18 (3): pp. 1475~1482. June 2020. https:// DOI: 10.12928/TELKOMNIKA.v18i3.14835.
- Shum, S. B.& Luckin, R. (2019). Learning analytics and AI: Politics, pedagogy and practices. *British Journal of Educational Technology.* 50 (6): 2785–2793. https:// doi:10.1111/bjet.12880.
- Starcic, A. I. (2019). Human learning and learning analytics in the age of artificial intelligence. *British Journal of Educational*

Technology. 50 (6): 2974–2976. https:// doi:10.1111/bjet.12879.

- Yazlik, D. O.& Erdogan, A. (2019). The Effect Of Individualized Web Based Mathematics Learning Environment Developed Based On Problem Solving Steps On The Students' Academic Achievements. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 23 (4). 1693-1706.