دورُ شبكة عصبيَّة اصطناعيَّة في التنبؤِ بالتحصيلِ الدِّراسي، في ضوءِ مهاراتِ المعرفةِ الإجرائية الرياضيَّة لدى طلبة الصف الرابع الابتدائي

ثريا جبير محمد الطلحي
أستاذ مساعد - قسم علم النفس - كلية الآداب - جامعة الطائف

(تاريخ الاستلام: 30-08-2026؛ **تاريخ القبول:** 26-04-2026)

مستخلص البحث: هدف البحث إلى التعرف على دور شبكة عصبية اصطناعية في التنبؤ بالتحصيل الدراسي في ضوء مهارات المعرفة الإجرائية الرياضية، تكونت عينة البحث من (900) طالب وطالبة من الصف الرابع الابتدائي، وتمثلت أداة البحث في اختبار تحصيلي لقياس المهارات المعرفية الإجرائية الرياضية من اعداد الباحثة. وأوضحت نتائج البحث: أن مؤشرات الدقة التنبؤية أظهرت انخفاضًا ملحوظًا في قيم الخطأ لدى الشبكة العصبية، حيث بلغ جذر متوسط مربع الخطأ (5.20) (RMSE) مقارنة بـ(8.15) في الانحدار المتعدد، وكذلك انخفض متوسط الخطأ المطلق (MAE) من (6.70) إلى (4.10)، والمتوسط النسبي للخطأ المطلق (MAPE) من (11.2 ٪) إلى (6.5 ٪)، وجميع الفروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى (0.01). كما ارتفعت قيمة معامل التحديد (R^2) بشكل كبير في نموذج الشبكة العصبية إلى (0.92) مقابل (0.78) في الانحدار، مما يدل على قدرة أعلى للنموذج في تفسير التباين في التحصيل الدراسي. هذه النتائج توضح فاعلية نموذج الشبكة العصبية الاصطناعية، وتبرز أهميتها كأداة دقيقة للتنبؤ بالمتغيرات التربوية الهامة كمهارات التفكير الرياضي والتحصيل الدراسي. كما أظهرت الشبكة العصبية الأهمية النسبية لكل مهارة من مهارات المعرفة الإجرائية الرياضية في التنبؤ بالتحصيل الدراسي، وفي ضوء ما توصل إليه البحث من نتائج قدمت الباحثة عددًا من التوصيات منها دمج خوارزميات الذكاء الاصطناعي لتقييم الطلبة والتنبؤ بمستوياتهم التحصيلية، للكشف عن الفجوات التعليمية مبكرًا، لتقديم الدعم التربوي المناسب

الكلمات المفتاحية: تحليلات التعلم - خوارزميات - الذكاء الاصطناعي.

***

The role of an artificial neural network in predicting academic achievement, in light of the mathematical procedural knowledge skills of fourth-grade elementary students.

Thuraia Jbair M. Altalhi
Assistant Professor - Department of Psychology - College of Arts - Taif University.

(**Received:** 30-08-2026; **Accepted**: 26-04-2026)

Abstract: The study aimed to identify the role of an artificial neural network in predicting academic achievement in light of procedural mathematical knowledge skills. The study sample consisted of (900) fourth-grade elementary students. The research instrument was an achievement test designed by the researcher to measure procedural mathematical knowledge skills. The results indicated that the predictive accuracy indicators showed a noticeable reduction in error values for the neural network model, where the Root Mean Square Error (RMSE) was (5.20) compared to (8.15) for multiple regression. Similarly, the Mean Absolute Error (MAE) decreased from (6.70) to (4.10), and the Mean Absolute Percentage Error (MAPE) dropped from (11.2%) to (6.5%), with all differences being statistically significant at the (0.01) level. Moreover, the coefficient of determination (R^2) significantly increased in the neural network model to (0.92), compared to (0.78) in the regression model, indicating a higher capability of the model in explaining the variance in academic achievement. These findings demonstrate the effectiveness of the artificial neural network model and highlight its value as an accurate tool for predicting important educational variables such as mathematical thinking skills and academic achievement. The neural network also revealed the relative importance of each procedural mathematical knowledge skill in predicting achievement. Based on these results, the researcher offered several recommendations, including integrating artificial intelligence algorithms to assess students and predict their achievement levels, to identify learning gaps early and provide appropriate educational support.

Keywords: Learning analytics - Algorithms - Artificial intelligence.

(*) للمراسلة:
ثريا جبير محمد الطلحي
أستاذ مساعد - قسم علم النفس - كلية الآداب - جامعة الطائف - المملكة العربية السعودية

البريد الإلكتروني: thorya.t@tu.edu.sa

(*) **Corresponding Author**:
Thuraia Jbair M. Altalhi
Assistant Professor - Department of Psychology - College of Arts - Taif University - Kingdom of Saudi Arabia.

Email: thorya.t@tu.edu.sa

DOI: 10.12816/0062588

1 مُقدِّمة:

مع تسارع المستحدثاتِ التحليليَّة التكنولوجية، لاسيما في مجال تطبيقاتِ الذكاء الاصطناعي وتقنياتها الناشئة، ازدادت قدرة النُظُم التقنية الخبيرة المعنية بمعالجة المشكلات التربويَّة والتعليميَّة على محاكاة قدراتِ الخبراءِ في شتى المجالات العلمية والبحثية، والتي منها مجالات التربية والتعليم والتعلُّم (Miao, Shiohira, & Lao, 2024). وبشكلٍ أكثر تحديداً، شَهِدَ الميدانُ التربوي والتعليمي خلال السنوات الخمس الماضية، العديد من التطورات على مستوى المفاهيم والتطبيقات الذكية القادرة على تحليل البيانات الضخمة المرتبطة بعملياتِ التدريس والتعليم والتعلُّم، لاسيما في ضوء اعتبارها بيانات كمية ضخمة قابلة للتحليل؛ وذلك لاستخراج واستخلاصِ الأنماطِ البنائيَّة والاجتماعية والسلوكية الفعَّالة وغير الفعَّالة التي تُنشِّطُ أو تعيقُ العمليات التربوية (السعيد، 2023).

وظهر من خلال مراجعة الباحثة للعديد من الأدبيات التربويَّة (Smith & Lee, 2024)، (He, 2023)، (Gushchin, Dudkina, & Nikitina, 2024) القائمة على استخدام التقنيات الناشئة من الذكاء الاصطناعي، أنَّ نماذج الشبكات العصبية أسهمت في تقديم رؤًى وتصورات وحلول إجرائية وتحسينية واقعية ومنطقية، قائمة على تدريب تلك النماذج على تحليل الخصائص والبيانات التعليمية المدخلة فيها. كما جرى استخلاصُ أنَّ تلك النماذج كانت قادرةً على الاستجابة السريعة لمتطلبات الممارسات التعليمية أو الأوضاع المحيطة بها؛ بما يُعزِّزُ من دقة اتخاذ القرارات التربوية، وضمان فعاليتها في تحسين نواتج التعليم والتعلُّم وممارستها المختلفة

ومع تنامي الجهود الوطنيَّة التي أطلقتها وزارة التعليم في المملكة العربية السعودية ممثلةً بأذرعها الإستراتيجية المسؤولة عن تحديث الهياكل التنظيمية للتشكيلات المدرسية ولجانها، وتطوير المناهج الدراسية، وتطوير النُظُم والتقنيات التعليميَّة، وتزَايُد عدد البرامج التدريبية المقدَّمة للمعلمين والمعلمات التي يطلقها المعهد الوطني للتطوير المهني التعليمي؛ إلا أنَّ نتائج عددٍ من البحوث التي تناولت مستوى التحصيل لدى طلبة السعوديين في المرحلة الابتدائية على اختبار TIMSS (المهيدلي وآخرون، 2024) والاختبارات الوطنية "نافس" (الحيسوني والحربي، 2025)، كشفت عن تواضع مستوى إتقانهم لنواتج التعليم والتعلُّم في الرياضيات على نحوٍ غير ملائمٍ تربويًّا وتعليميًّا؛ ومن ثَمَّ أسهمَ هذا التَّدني في توليد فجوةٍ تعليمية وفاقدٍ تعليمي كبيرٍ مقارنة بالمؤشرات الدولية(الغامدي، 2021)

1-1 مشكلةُ البحث وأسئلته:

تبلورت مشكلةُ البحث الحالي من عدة مصادر علمية كتقرير (هيئة تقويم التعليم والتدريب، 2020)، و(المهيدلي وآخرين، 2024)، ومستخلصات بحثية ودولية وإقليمية و وطنية ك(Davier et al., 2024)، و(بوخطوه وآخرين، 2023)، و(الحيسوني والحربي، 2025) التي خلُصت منها الباحثة تدنّي مؤشرات مستوى التحصيل الدراسي في مقرر الرياضيات، وأنَّ المعلمين والمعلمات يواجهون مشكلات وتحديات تربوية وتعليمية مع طلبة الصف الرابع الابتدائي تحديدًا، فغالبًا ما ترتبطُ تلك المشكلات التعليمية بعدم قدرتهم على التنبؤ بالمستويات التحصيلية الضمنية والصريحة لطلبتهم. ويمكن تحديد معالم هذه الفجوة لواقع هذه المشكلة البحثية في البيئتين العربية والسعودية بالنقاط الآتية:

1. وفقًا للمراجعات النظرية للبحوث والدِّراسات(السريحي، 2023)، و(الزهراني وآخرين، 2020)، و(الشبل، 2021)، تبيَّن أنَّ طلبةَ الصف الرابع الابتدائي يعانون من ضعفٍ ملحوظٍ في التحصيل الدراسي الرياضي؛ إذ اتفقت نتائجها على أنَّ الأدوات والإجراءات المستخدمة في تحليل السياقات التعليمية المعنية بدراسة الضعف التحصيلي الرياضي لدى طلبة الصف الرابع لم تنجحْ في حصرِ العوامل والأوضاع غير الملائمة التربوية المسؤولة عن ضعف مؤشرات التحصيل الرياضي، ولم تنجح بالدرجة في معالجة الفجوات بين المدخلات الدِّراسية وعمليات التعليم الفعلية ونواتجها.
2. وفقًا للمراجعات النظرية للبحوث والدراسات (بوخطوه وآخرون، 2023)، (الشبل، 2021)، و(الشهري، 2024)، تبيَّن عدم التوافق بين المدخلات الدراسية وعمليات المعالجة الوسيطة والمخرجات التعليمية– بما يشملُ أساليب وإستراتيجيات التعليم المستخدمة من قبل المعلمين، وأساليب وإستراتيجيات التعلُّم المنظمة ذاتيًا أو المفضلة أو المستخدمة من طلبة الصف الرابع الابتدائي أنفسهم. وذهبت توصيات تلك البحوث إلى ضرورة الارتكاز على فرضية أنَّ دراسة هذه الفجوة البحثية يجب أن تنطلقَ من حتمية وجود علاقة ارتباطية عالية بين إستراتيجيات التعليم للمعلمين، وإستراتيجيات التعلُّم لدى طلبتهم"؛ ومن ثَمَّ مثَّلت دافعًا لاستقصاء هذه الفجوة البحثية النظرية والتطبيقية، على نحوٍ يقوم على ضرورة القيام بمراجعة شاملة لتحسين فعالية العمليات التربوية.
3. وفقًا للمراجعات النظرية للبحوث والدِّراسات (Yang, 2024) (Lopanova & Savina, 2024) (Eshbayev, 2023)، تبيَّن وجود قصورٍ منهجي تمثَّلَ في عدم الالتزام بمحكّاتٍ معيارية واضحة، يتم الاستنادُ لها في عملية الضبط والمقارنة التربوية بين أداءاتِ الطلبة، خصوصًا وأنَّ إغفال وتجاهل دمج المنهجيات البحثية المستندة على مفاهيم وتطبيقات الابتكار التعليمي القائم على تطوير واستخدام برمجيات النُظُم الخبيرة "كنماذج الشبكات

العصبية"، قد يحدُّ من توفير الوصفِ والفهمِ العميق لجوهر مشكلة الضعف التحصيلي لدى طلبة المرحلة الابتدائية في المقررات الدراسية. خصوصًا وأنَّ أغلبَ البحوثِ التربويَّة استندت على استخدام طرقٍ تقليدية وغير هدفية بشكلٍ تربوي غير مثمر. فاستخدامها للإحصاءاتِ الوصفية (فقط) في حساب طريقة تعامل الطلبة مع محتويات المنصَّات الرقمية بحاجة إلى أبعادٍ تحليلية أكثر عمقًا من الناحية التربوية والمنهجية، لاسيما وأنَّ الاستنادَ على استخدام المعايير التنبؤية من شأنه أن يُسهمَ في تحسين عمليات التنبؤ بمستوياتِ الأداءات التحصيليَّة للطلبة، وتحديد الطلبة المعرضين للخطر الأكاديمي، بالإضافة لقدرتها على تحديد الطلبة الذين هم في حاجةٍ ضرورية للدعم التعليمي الإضافي، وتعزيز فعالية الآليات التحسينيَّة التي يمكنُ من خلالها مواجهة مشكلة ضعف وتدني التحصيل الرياضي لدى طلبة المرحلة الابتدائية.

4. وفقًا للمراجعات النظرية للبحوث والدراسات(وزارة التعليم، 2025أ)، و(وزارة التعليم، 2025ب)، و(وزارة التعليم، 2023)التي تناولت دراسة مشكلة ضعف التحصيل الرياضي لطلبة المرحلة الابتدائية، بالإضافة لدراسة واقع الميدان التربوي أنَّ التطوراتِ والمستحدثاتِ التربوية القائمة على خوارزميات التعلُّم الآلي أضحت مجالًا منهجيًا حديثًا وأصيلاً، يمكن من خلالها تشكيل استجابات بحثية داعمة للتوجهات الوطنية في مجال تحسين العمليات التعليمية، وتطوير القدرات البشرية بوجهٍ عام، وفي تحسين إستراتيجيات التعليم والتعلُّم الرياضي لدى معلمي وطلبة الصف الرابع بوجهٍ خاص.

5. وفقًا للمراجعات النظرية للبحوث والدِّراسات (السريحي، 2023)، (Yang, 2024)، و(Lopanova & Savina, 2024) التي تناولت استخدام خوارزميات التعلُّم الآلي في تحليل المشكلات التربوية والتعليمية، أن التعليم في عصرنا الحاضر بحاجة ضرورية لدمج مفاهيم وتطبيقات الابتكار التعليمي، خصوصًا وأنَّ هذه الطريقة التي تقومُ على استخدام مرتكزات التحليل العميق للقدرات والمهارات التعليمية لدى المعلمين والطلبة، التي تشكلُ بدورها إطارًا نظريًّا وعمليّا، يُسهم في تأطير إجراءات القرارات التنظيمية والتعليمية لتحسين إستراتيجيات التعليم والتعلُّم وفقًا لأسسٍ علميّة متينة. فهي تمثلُ ضرورةً تربوية، وأولوية إستراتيجية تعليمية كبرى، وممارسة بحثية وأداة منهجية تتسمُ بالموضوعية والموثوقية العلمية العالية في مجال تحليل بيانات الأداء الدراسي، خصوصًا وأنَّها تتناسبُ وبدرجةٍ كبيرة مع خصائص وممارسات التعليم لدى المعلمين وممارسات التعلُّم لدى الطلبة. وتتوافقُ أيضًا مع مستهدفات تعزيز فهم الأنماط والسلوكيات التعليمية، وتوجيه التدخلات التعليمية.

استنادًا على ما سبق؛ تبلورت مشكلة البحث الحالي في الإجابة عن الأسئلة الفرعية الآتية:

- **السؤال الأول:** ما مدى جودة نموذج الشبكة العصبية في التنبؤ بالتحصيل الدِّراسي في ضوءِ مهارات المعرفة الإجرائية الرياضية لدى طلبة الصف الرابع الابتدائي؟
- **السؤال الثاني:** هل يوجدُ فروقٌ في القيمة التنبؤية المستخلصة من نموذج الشبكة العصبية والأساليب الإحصائية التقليدية؟

1-2 أهدافُ البحث:

سعى البحثُ الحالي إلى التعرُّف على مدى جودة نموذج الشبكة العصبية الاصطناعية في التنبؤِ بالتحصيل الدراسي في ضوء مهارات المعرفة الإجرائية الرياضية ، وكذلك دراسة الفروقِ في القيمة التنبؤية المستخلصة من نموذج الشبكة العصبية والأساليب الإحصائية التقليدية

1-3 أهميةُ البحث:

1. إنَّه يواكبُ التوجهات العالمية والإقليمية والوطنية المنادية بضرورة معالجة التحديات التعليمية المرتبطة بضعف مهارات التحصيل الرياضي، بوصفها أحدَ دعائم تنمية مهارات القرن الواحد والعشرين لدى طلبة المرحلة الابتدائية.
2. إنَّه قد يُسهم بإحداث نقلةٍ نوعية بمعايير دراسة التحديات والمشكلات التربوية والتعليمية القائمة على تحليلات التعلُّم الذكية، باستخدام برمجيات الشبكية العصبية، بما يُعزِّزُ دور الهيئات والقطاعات والمراكز التربوية المعنيّة بتطوير القدرات البشرية لدى الطلبة.
3. إنَّه يتناول دراسة ضعف التحصيل الرياضي استنادًا على إطارٍ نظري متين، يرتبطُ بخصائص نمط مهارات تعلُّم المعرفة الرياضية الإجرائية لدى طلبة الصف الرابع؛ بما يُسهم بتقديم صورةٍ واقعية عن الأسباب التعليمية لتعثر التحصيل، لاسيما في ضوء ندرةِ الدراسات العربية والمحلية.
4. إنَّه قد يُسهم في تسليط الضوء على تطوير مهارات التدريس لدى معلمي المراحل التعليمية المختلفة وطلبتهم بوجهٍ عام، ومعلمي الرياضيات في المرحلة الابتدائية بوجهٍ خاص، على نحوٍ يسمحُ بمواجهة التحديات التعليمية.
5. إنَّه يركزُ على شريحة طلبة المرحلة الابتدائية الذين يُشكِّلون الشريحة التعليمية الأكبر، من حيث النِّسب المئوية الممثلة لطلبة مراحل التعليم العام؛ بما يُعزِّز من قدراتهم التمكينية لاستدامة مهارات تعلُّم المعرفة الرياضية الإجرائية، ونواتج تعلُّمها.

4-1 مصطلحاتُ البحث:

- **أولًا: مهاراتُ المعرفة الإجرائية الرياضية:**

تُعرَّفُ بأنَّها فهم الخطوات اللازمة لحل المشكلات الرياضية، بما في ذلك القدرة على تنفيذ الخطوات المناسبة بشكلٍ صحيح، والقدرة على تفعيل المعارف التي يكتسبها الطالب أثناء عملية التعلُّم في المواقف المماثلة (Dorner, Ableitinger, & Krammer, 2025).

وتُعرَّفُ إجرائيًا بأنَّها: قدرةُ الطالب على إجراءِ الخوارزميات العددية والرياضية، وقراءة وتفسير المصطلحات الرياضية، والتعبير بالرسوم والصور عن التعبيرات والإحصاءات العلمية، كذلك استخدام القواعد والقوانين، والقدرة على التقدير والحساب الذهني، وإدراك الترابطات وإجراء التعميمات، وإجراء الاستدلالات في الموقف الرياضي.

- **ثانيًا: الشبكاتُ العصبية الاصطناعية:**

تُعرَّفُ بأنَّها نموذجٌ حاسوبي يحاكي عمل الدماغ البشري في معالجة المعلومات، من خلال بناء نماذج تعلُّمٍ آلي قادرة على التعلُّم من البيانات واكتشاف الأنماط. تتكوَّن من شبكة متعددة الطبقات ومترابطة بمجموعة من العُقد تُسمَّى (الوحدات العصبية) تعملُ بشكلٍ مشابهٍ للخلايا العصبية في الدماغ، وتُستخدم في مهام: التصنيف، التنبؤ، التجزئة، واتخاذ القرار (Paluszek & Thomas, 2024)

وتُعرَّفُ إجرائيًا بأنَّها: برمجية قائمة على نماذج شبكات عصبية متعددة الطبقات (MLP)، تُبْنَى باستخدام أدوات لغة البرمجة Python، ثم تُدَرَّب باستخدام بياناتٍ فعلية تشمل: المدخلات(المهارات المعرفة الإجرائية الرياضية) والمخرجات (التحصيل الدراسي)، وعددًا من الطبقات المخفية اللازمة لتعلُّم الشبكة العصبية وفهم العلاقات المعقدة بين البيانات، وفهم العلاقات المباشرة وغير المباشرة بين المدخلات والمخرجات؛ ومن ثَمَّ التنبؤ بمستوى التحصيل الدراسي في مادة الرياضات لدى طلاب وطالبات الصف الرابع؛ بهدف تحسين ممارسات التعليم والتعلُّم الرياضي

5-1 الإطارُ النظري والبحوث السابقة:

- **أولاً: نواتجُ التعلُّم الرياضي في الصف الرابع الابتدائي:**

يشيرُ مصطلحُ نواتج التعلُّم الرياضي لمجموعة المعارف والمهارات والاتجاهات والقِيم التي تتدرجُ في عمقها واتّساعها التعليمي في مناهج ومقررات الرياضيات، بحسب اختلاف خصائص المراحل التعليمية للطلبة. واستنادًا على الإطار الوطني للمؤهلات (هيئة تقويم التعليم والتدريب، 2023)، فإنَّ نواتجَ التعلُّم في المرحلة الابتدائية التي تقعُ في المستوى الأول من مستويات التصنيف التعليمي تشمل(3) مجالات تتمثل في:(1) مجال المعرفة والفهم بما يشمل: المعرفة الأساسية العامة، والمعرفة الواقعية والإجرائية الأساسية للموضوعات العامة واللازمة للحياة ولمواصلة التعلُّم، والمعرفة والفهم للحقائق والأفكار والمفاهيم البسيطة (2) مجال المهارات الإدراكية والعمليَّة والبدنيَّة، بما يشمل: تطبيق المعرفة الأساسية، وتوظيف التفكير الناقد الأساسي، وإجراء العمليات الحسابية البسيطة، واستخدام أدوات تقنية أساسية مألوفة وتطبيقاتها، وتحديد المشكلات وحلها في سياقاتٍ مألوفة وعالية التنظيم (3) مجال القِيم والمسؤولية والاستقلالية، بما يشمل: إظهارُ الوعي والفهم بالقيم والأخلاق الحميدة، وإظهار الرغبة في التعلُّم باستقلالية محدودة، والمشاركة في الأنشطة الروتينية الأساسية تحت إشرافٍ مباشر، وتنفيذ المهام أو الأنشطة المألوفة ضمن فريق عملٍ صغير.

ووفقًا للمنظومة المركزية للمناهج الدراسية بالمملكة العربية السعودية (وزارة التعليم، 2025أ) تستهدفُ نواتج التعلُّم الرياضي في المرحلة الابتدائية إكساب الطلبة ما يلي: (1) المعرفة الأساسية في الموضوعات الحسابية والرياضية العامة اللازمة للحياة اليومية، مثل: العملياتُ الحسابية البسيطة والمفاهيم الرئيسة للهندسة، وفهم الحقائق والأفكار البسيطة (2) ممارسة المهارات الإدراكية والعمليَّة والبدنيَّة كاستخدام المسطرة للقياس والأدوات الهندسية، ومهارات الاتصال وتقنية المعلومات للبحث والحصول على المعرفة (3) إظهار الوعي والفهم للقِيم والمسؤولية الشخصية، وإظهار الرغبة في التعلُّم والاستقلالية ومشاركة الزملاء، والتعاون معهم في تنفيذ المهام المشتركة.

ويهدفُ تدريس مادة الرياضيات لطلبة الصف الرابع الابتدائي: لتوسيع القاعدة المعلوماتية للمعارف والمفاهيم الرياضية كالقيم المنزلية للأرقام، وإجراء العمليات الحسابية كالجمع والطرح والضرب والقسمة، واستخدام طرق تنظيم البيانات وعرضها وتفسيرها، وفهم الأنماط واكتشاف القواعد العددية، وحلّ المسائل اللفظية، والتعرُّف على الأشكال الهندسية البسيطة وخصائصها، وفهم وحدات القياس كالطول والكتلة والسعة، وقياس الزمن؛ لذلك تُوصي العديد من أدبيات البحث (Dorner, Ableitinger, & Krammer, 2025)(Puspayanti, 2023) بضرورة أن تتمركزَ الممارسات التعليمية لإكساب الطلاب المعرفة الرياضية حول (المعرفة الإدراكية)لنواتج التعلُّم الرياضي داخل الصف الدراسي؛ بناءً على مرتكزات المعرفة المفاهيمية (ماذا نعرفُ؟)، والمعرفة الإجرائية للطلبة(كيف نعرفُ؟).

- **ثانيًا: مهاراتُ المعرفة الإجرائية الرياضية كخصائص معيارية للطلبة:**

من الناحية التعليمية والتربوية، يرتكزُ مفهوم المعرفة الرياضية الإجرائية على قدرة الطلاب للقيام بتنفيذ الخوارزميات الرياضية بشكلٍ صحيح، ويشمل

ذلك: فهم الخطوات الحسابية، والقدرة على تنفيذها دون أخطاء(Tada & Takagi, 2024)، وعلى استخدام المهارات الحسابية والجبرية التي تُمكِّنهم من التعامل مع الأرقام والتعبيرات الجبرية (Tada & Takagi, 2024)، وعلى القيام بخطوات حلِّ المشكلات الرياضية اللازمة لمعالجة المسائل الرياضية بطريقةٍ منهجية (Barumbun & Kharisma, 2022). ومن خلال تتبع مستويات وسمات مهارات المعرفة الرياضية الإجرائية يمكن للمعلمين تحديد مواطن القوة والضعف والتغذية الراجعة، في مجال اكتساب نواتج التعلُّم الرياضية المخصَّصة(Barumbun & Kharisma, 2022)(Ilham, Marchy, Elmawati, & Samosir, 2023)؛ بما يضمن تقديم الدعم التعليمي الفردي والجماعي للطلبة منخفضي ومتوسطي القدرة الرياضية، وكذلك الموازنة بينها وبين المعرفة المفاهيمية؛ لضمان التحقق من قدرة الطلاب على تنفيذ المعرفة الإجرائية، وليس فقط مجرد الإلمام بالمفاهيم النظرية(Kobusiingye, 2024).

وفي ضوء مؤشرات الضعف التحصيلي في مقررِ الرياضيات لدى طلبة الصف الرابع الابتدائي، اتفقت توصياتُ العديد من أدبيات البحث كـ(المهيدلي وآخرين، 2024)، و(الحيسوني والحربي، 2025)، و(هيئة تقويم التعليم والتدريب، 2020)، على اعتبار مهارات المعرفة الرياضية الإجرائية أداةً فعّالة، في عمليات استكشاف أو التنبؤ بالطلبة المعرَّضين للخطرِ التعليمي في مادة الرياضيات.

- **ثالثًا: الشبكاتُ العصبية الاصطناعية:**

وفي مجال البحوث التعليمية والتربوية، يشيرُ استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي إلى وصفِ وفهمِ السلوكيات والممارسات التعليمية، استنادًا على خوارزميات ذكية مُتقدِّمة تجمعُ البيانات وتُحللها وتُعَدّ التقارير لتحسين عمليات التعليم والتعلُّم. وتكمنُ أهمية وأهداف استخدام تحليلات التعلُّم الذكية في فهم مراحل النمو التعليمي للطلاب، ورسم مسارات تعلُّمهم الشخصي لتحسين التجارب التعليمية(Barumbun & Kharisma, 2022)، ومعالجة نقاط القوة والضعف، وتخفيض الفروق التعليمية بينهم، وتحديد مستوى إتقان الطلاب للمعرفة، وتخصيص التعلُّم من خلال بِنية المعرفة، وخصائص المتعلم وتقييم الموارد التعليمية (Han & Li, 2023)

وتجمعُ العديد من أدبياتِ البحث على تصنيف تحليلات التعلُّم الذكية في خمس فئات بناءً على الهدفِ منها، وتتمثل في: (1) نماذجُ الأداء، وتُركز على تتبع وتحليل نتائج الطلاب الأكاديمية (2) النماذجُ فوق المعرفية، وتهدفُ لتحليل سلوكيات وعي المتعلمين وتنظيمهم لعمليات التعلُّم الخاصة بهم (3) نماذج التفاعل، فهي تُركّز على تحليل التفاعل بين المتعلمين والمحتوى أو الأنظمة التعليمية (4) نماذجُ التواصل، وتُعنى بتحليل البيانات المستخلصة من أنشطة التعاون والنقاش بين المتعلمين، نماذج البيانات: وهي الأكثرُ شيوعًا وتركزُ على جمع البيانات التعليمية وتحليلها وتفسيره (Quadir, Chang, & Yang, 2021)

وتذهبُ العديدُ من أدبيات البحث إلى اعتبار نموذج الشبكات العصبية من أهم البرمجيات الذكية القائمة على خوارزميات التعلُّم العميق في مجال تحليلات التعلُّم ذات الطابعِ التعليمي؛ إذ توفر إمكانات مُتقدِّمة لتحليل البيانات التعليمية تُسهم في تعلُّم الأنماط، والتنبؤ بمستويات الأداءات التعليمية المستقبلية، وتُعزِّزُ تجارب التعلُّم، وتتيحُ خصائصها القدرة على معالجة كمياتٍ كبيرة من المعلومات المساهمة في فهم أداء الطلاب، وسلوكيات التعلُّم، وتحسين المسارات التعليمية المخصَّصة والمناسبة لهم (Zubairi, 2023).

وتجمعُ العديدُ من أدبيات البحث على تصنيف الشبكات العصبية (ANNs) لعدة أنواع تختلف باختلاف وظيفتها والغرض من استخدامها؛ منها: نموذج Feedforward Neural Networks ، وهو من أبسطِ أنواعِ الشبكات العصبية الاصطناعية؛ إذ تقوم بمهام التصنيف وفقًا لنموذج تحليل الانحدار غير الخطي، ونموذج Convolutional Neural Networks الذي يقومُ باستخراج السمات وتقليل الأبعاد المراد تحليلها، وتصنيفها وفقًا لتطبيقات الانحدار الخطي للتعامل مع البيانات ذات البِنية الشبكية كمعالجة الصور والفيديو، ثم نموذج Recurrent Neural Networks ، والذي يقوم على معالجة البيانات المتسلسلة؛ ممَّا يجعلها مثالية للمهام التي تتضمنُ السلاسل الزمنية ومعالجة اللغة الطبيعية، بالإضافة لنموذج Long Short-Term Memory، الذي يُستخدم في تحليل السياق والتعرُّف على الكلام، ونموذج Gated Recurrent Unit الذي يقوم بمعالجة البيانات المصنَّفة فئويًا التتبعية المرتبطة بالسلاسل الزمنية طويلة المدى(Manasa et al., 2024).

6-1 البحوثُ السابقة:

أشارت نتائج بحث (المهيدلي وآخرين، 2024)، و(الحيسوني والحربي، 2025)، و(هيئة تقويم التعليم والتدريب، 2020) إلى بروز الضعف التحصيلي في مقرر الرياضيات كتحدٍّ إنمائي لدى طلبة المرحلة الابتدائية، فهو يُعَدُّ تحديًّا تعليميًّا مهمًّا، ويمثل دالة إجرائية للمستوى التحصيلي العام لطلبة هذه المرحلة في مختلف النُظُم التعليمية الدولية والوطنية، كما أنَّه يُعَدُّ دلالةً على كفاءة مؤشرات التقويم والتميُّز والاعتماد المدرسي، ويُعَدُّ دلالةً على كفاءة مستويات مهارات القرن الواحد والعشرين.

كما اتفقت نتائجُ بحث (Tada & Takagi, 2024) (Barumbun & Kharisma, 2022) (Ilham, Marchy, Elmawati, & Samosir, 2023) على أنَّ الضعفَ

التحصيلي في مقررات الرياضيات لطلبة المرحلة الابتدائية يتسمُ بخصائص سببيَّة مباشرة ترتبطُ بمهارات المعرفة الإجرائية التي يمتلكها الطلبة، ويمكن من خلالها تتبع وتحديد مواطن الضعف والقوة؛ ممَّا يمكِّن المعلم من تقديم التغذية الراجعة المناسبة لكلِّ طالب

وعلى نحوٍ وثيقِ الصلة بالطرقِ والأدواتِ والمنهجيات القائمة على تحليلات التعلُّم الذكية، أشارت نتائج بحث(Zubairi,)(Quadir, Chang, & Yang, 2021) (2023 (Manasa et al., 2024) أنَّ نماذجَ الشبكات العصبية القائمة على التكامل، بين النماذج فوق المعرفية والنماذج التفاعلية تُسهم بدرجةٍ كبيرةٍ في التنبؤ بمستويات التحصيل الدراسي للطلبة في شتى مراحلهم التعليمية، وأنَّ خصائصها التقنية تُسهم بدرجةٍ عالية في تحليل سلوكيات وعي المعلمين والمتعلمين، وتنظيمهم لعمليات التعليم والتعلُّم التي يستخدمونها، كما أنَّها تُعزِّزُ بدرجةٍ كبيرة كفاءة نُظُم تحليلات التعلُّم لتحديد مسارات التفاعل بين المعلمين والمتعلمين والمحتويات التعليمية؛ لذلك أكدت توصياتُ تلك البحوث على ضرورة التأكيد على حيوية استخدام التكامل بين النماذج فوق المعرفية والنماذج التفاعلية كطريقة ومنهجية ذكية، قادرة على الاستيعاب البياني والرقمي للاحتياجات التعليمية للطلبة، وتُسهم بقدرتها على التنبؤ عالي الدقة بالطلبة المعرَّضين للخطر التحصيلي.

هذا واتفقت نتائجُ بحثِ كلٍّ من: (Zubairi, 2023) (Darecan, 2025)(Manasa et al., 2024) على أنَّ من أهم عوامل ضعف القدرة التنبؤية لنماذج الشبكات العصبية بالمستويات التحصيلية للطلبة بوجهٍ عام، وطلبة المرحلة الابتدائية بوجهٍ خاص، تُعزى إلى غياب الإطار المفاهيمي والإجرائي عند هندسة الأوامر البرمجية لتحليلات التعلُّم باستخدام نماذج الشبكات العصبية، خصوصًا وأنَّ الاعتمادَ على هندسة الأوامر القائمة على الإحصاءات الوصفية لا يمكن الوثوقُ بها في تحديد الطلبة المعرَّضين للخطر التعليمي في المقررات الدراسية بالمرحلة الابتدائية، وهو ما يدفعُ بالباحثة إلى افتراضِ أنَّ مخرجات تلك البحوث لا تراعي أنماطًا وإستراتيجيات التعليم والتعلُّم الرياضي.

لذلك؛ اتفقت نتائج بحث كلٍّ من: (Darecan, 2025) (Arvind, 2024)على أنَّ استقصاءَ التحصيلِ الرياضي باستخدام تحليلات التعلُّم الذكية، يجب أن يستندَ على إطارٍ مفاهيمي يتوافقُ مع طبيعة إجراءات التعلُّم الرياضي، وتفضيلات التعلُّم، وطبيعة نواتج التعلُّم الرياضي، والأساليب المعرفية، التي تُعَدُّ بدورها ممكنّات تعليمية، يمكن من خلالها التعرّف التنبؤي بالمستويات التحصيلية للطلبة، وبما يُسهم في ردمِ الفجوة التعليمية بين مهارات المعرفة الإجرائية الرياضية السائدة لدى الطلبة وبين مستويات تحصيلهم الدراسي

أوجهُ استفادة البحث الحالي من البحوث السابقة:

تبيَّن للباحثة من العرض السابق أنَّ تحسين إستراتيجيات التعليم والتعلُّم الرياضي لدى معلمي الصف الرابع الابتدائي وطلبتهم، استنادًا على استخدام تحليلات التعلُّم الذكية، يجب أن تتبعَ البروتكولات التكنولوجية والمفاهيمية الآتية:

1. التحديدُ الدقيق للخصائصِ المعيارية التقنية لهندسة الأوامر البرمجية للشبكية العصبية التكاملية، القائمة على تحليلات التعلُّم الذكية عند تحليل خصائص إستراتيجيات التعليم والتعلُّم الرياضي لدى معلمي وطلبة المرحلة الابتدائية.
2. اختبارُ درجة المطابقة بين نتائج البرمجية الشبكية العصبية الذكية المطوّرة والأساليب الإحصائية التقليدية في درجة القدرة التنبؤية بمستوى التحصيل الدراسي.

7-1 الطريقةُ والإجراءات:

منهجُ البحث: استخدمت الباحثةُ المنهجَ الوصفي – التحليلي المقارن لقياس جودة نموذج الشبكة العصبية في التنبؤ بالتحصيل الدراسي، استنادًا إلى مهارات المعرفة الإجرائية الرياضية. كما اعتمدت على المقارنة الإحصائية بين أداء النموذج الذكي والأساليب الإحصائية التقليدية للكشفِ عن الفروق في القيمة التنبؤية

مجتمع البحث: وفقًا لإحصائية العام الدراسي 1446هـ -2025م (إدارة التعليم بمحافظة الطائف، 1446هـ)، انحصرَ مجتمعُ البحثِ في طلاب وطالبات الصف الرابع الابتدائي بمحافظة الطائف، والذي بلغ عددهم (6702) طالب، و(14123) طالبة موزَّعين على (690) مدرسةً ابتدائية تتبعُ إشرافيًا لـ(9) مكاتب تعليمية بمحافظة الطائف

عينةُ البحث: استُخدِمَ أسلوبُ المعاينة العشوائية الطبقية، وهي طريقةٌ تضمن إلى حدٍّ كبير في تقليل انحياز العينة ولزيادة دقة النتائج، لاسيما في ضوء الالتزام بمعيار أن تكونَ عينة البحث ممثلة لكل الفئات أو الطبقات الموجودة في مجتمع طلبة الصف الرابع الابتدائي، وتكوَّنت عينةُ البحث من (879) طالبٍ وطالبة، يدرسون في (31) مدرسةً ابتدائية.

أدواتُ البحث: وفقًا لأسئلة البحث وأهدافه، قامت الباحثةُ ببناءِ وتصميمِ الأدوات الآتية:

- **(أولًا): القاعدةُ المعياريَّة لمؤشراتِ مهارات المعرفة الرياضية الإجرائية السائدة لدى طلبة الصف الرابع الابتدائي:**

في ضوء أسئلة البحث وطبيعته وعينته؛ ونظرًا لعدم وجود أداة بحثية فعَّالة تفي بأهداف البحث؛ قامت الباحثة بتكوين قاعدة بحثية مرجعية للبحوث التربوية" السعودية"، المنشورة خلال الفترة من 2022-2025م التي تناولت

مهارات المعرفة الرياضية الإجرائية. والجدول (1)يوضح نتائج التحليل النوعي لمسمَّى وعدد المؤشرات الإجرائية لمهارات المعرفة الرياضية الإجرائية السائدة لدى طلبة الصف الرابع الابتدائي.

وبناءً على هذه المؤشرات قامت الباحثة ببناءِ اختبارٍ تحصيلي يتكوَّن من (24) سؤالًا، هَدُفَ هذا الاختبار إلى قياس مدى تمكُّن طلاب الصف الرابع الابتدائي من تطبيق المهارات الرياضية في مواقف عملية مبنيّة على مفاهيم: القِسمة، التقدير، الأنماط، والاستدلال الرياضي، مع تضمين عناصر بصرية لفهم التعبير بالرموز والصور

تُغطِّي كل (3) عبارات بُعْدًا محدَّدًا من المهارات المعرفية الإجرائية الرياضية الآتية: (1) إجراءُ الخوارزميات العددية والرياضية، (2) قراءةُ وتفسيرُ المصطلحات الرياضية، (3) التعبيرُ بالرسوم والصور، (4) الإنشاءاتُ الهندسية والقياسات والإحصاءاتُ العملية، (5) استخدامُ القواعد لحل المشكلات، (6) القدرةُ على الاستدلال، (7) التقديرُ

والحساب الذهني، و(8) إدراكُ الأنماط والعلاقات الرياضية. صُحِّحَت وفق نظام ترميز ثنائي(1 في حالة الإجابة الصحيحة-0 في حالة الإجابة الخاطئة) ليسهلَ إدخال النتائج إلى نموذج الشبكة العصبية المقترح

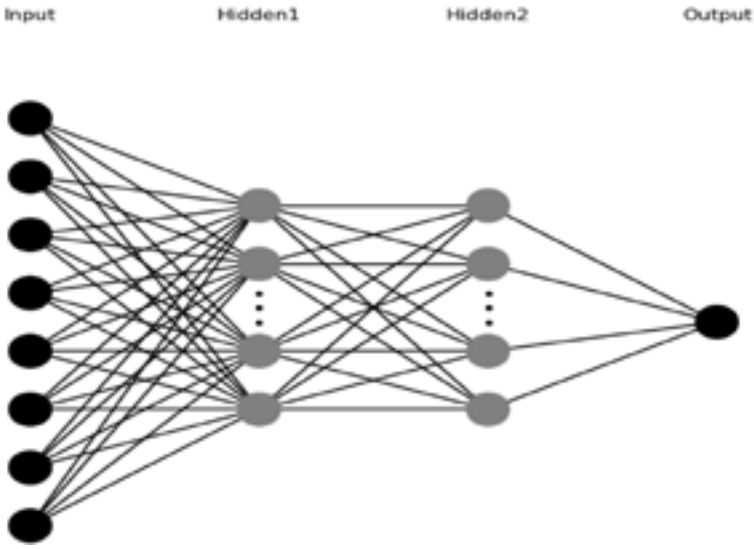
وللتحقق من الخصائص السيكومترية قامت الباحثة، ثم قامت بعرض المقياس على 5 من المحكمين المتخصّصين في مجال مناهج وطرق التدريس الرياضيات وعلم النفس؛ للإدلاء بآرائهم حول العبارات. وللتأكد من ثبات الاختبار تم حساب معامل ثبات ألفا-كرونباخ والذي بلغ (0.84)، وهي قيمة ثبات مقبولة ومرتفعة

جدول (1): نتائجُ التحليل النوعي لمسمَّى وعدد المؤشرات الإجرائية لمهارات المعرفة الرياضية الإجرائية.

مهارات المعرفة الرياضية الإجرائية	النسبة الشيوع	عدد المؤشرات الإجرائية الدالة على المهارات الرياضية
إجراء الخوارزميات العددية والرياضية.	% 16.67	5
قراءة وتفسير المصطلحات الرياضية.	% 16.67	5
التعبيرُ بالرسوم والصور.	% 10	3
االانشاءات الهندسية والقياساتُ والإحصاءات العملية.	% 13.33	4
استخدامُ القواعد لحلِّ المشكلات.	% 13.33	4
القدرةُ على الاستدلال.	% 10	3
التقديرُ والحساب الذهني.	% 10	3
إدراكُ الأنماط والعلاقات الرياضية	% 10	3
المجموع العام	% 100	30

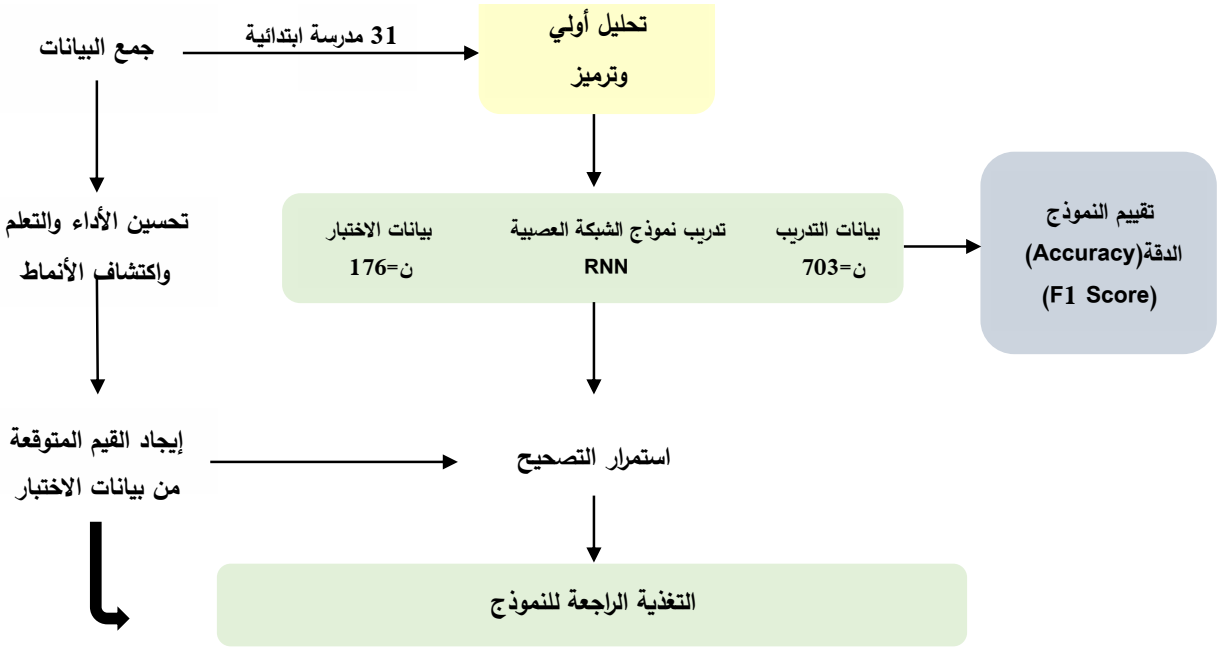
- **(ثانيًا): نموذجُ الشبكة العصبية الاصطناعية:**

تتكوَّن البِنية المعمارية للنموذج من الشبكة العصبية الاصطناعية متعددة الطبقات (Multilayer Perceptron - MLP) والتي تُعدّ أحد أنواع (Artificial Neural Networks - ANN)، وقد صُمِّمت لغرض التنبؤ بالتحصيل الدراسي، من خلال 8 مؤشرات تُمثل مهارات المعرفة الرياضية الإجرائية السائدة لدى طلبة الصف الرابع الابتدائي. تتكوَّن الشبكة من أربع طبقات رئيسة: طبقة إدخال (Input Layer)،وطبقتان مخفيتان (Hidden Layers)، وطبقة إخراج (Output Layer). تتضمن طبقة الإدخال عددًا من الخلايا العصبية التي تمثلُ مدخلات النموذج، تتبعُ طبقةُ الإدخال طبقتين مخفيتين متتاليتين تحتوي كلٌّ منهما على عددٍ من الخلايا العصبية، ترتبطُ كلُّ خليةٍ عصبية في كلِّ طبقةٍ بجميع الخلايا العصبية في الطبقة التالية عبر أوزان ارتباط قابلة للتعلُّم. وتعتمدُ الشبكة في عملية التدريب على تقنيات الانتشار العكسي (Backpropagation) لضبط الأوزان؛ بهدف تقليل دالة الخطأ. أمَّا طبقةُ الإخراج فتتكوَّن من خليةٍ عصبيةٍ واحدة مسؤولة عن التنبؤ بالقيمة المتوقعة للتحصيل الدراسي بناءً على البيانات المدخلة. يهدفُ اختيارُ هذا التصميم إلى التقاط العلاقات غير الخطية المعقدة بين المتغيرات التفسيرية والتحصيل الدراسي المستهدف، بما يُعزِّزُ دقة التنبؤ وموثوقية النموذج، ويوضح الشكل (1) بِنية معمارية الشبكة العصبية الاصطناعية



شكل (1) بنيةُ معمارية الشبكة العصبية الاصطناعية.

ولتدريب الشبكة العصبية واختبارها بعد ذلك، قامت الباحثة بتصميم منهجية تحليلية تنبؤية، تبدأُ بتوفير قاعدة بيانات ، خضعت هذه البيانات لعملية تحليل أوَّلي تتضمن تنظيف البيانات من السجلات الناقصة والقيم المفقودة؛ ومن ثمَّ ترميزها بشكلٍ يسهلُ للشبكة العصبية التعامل معها، ثم تقسيم البيانات إلى مجموعتين: الأولى لتدريب الشبكة العصبية بنسبة 80 % (ن = 703)، والمجموعة الثانية لاختبار كفاءة وجودة نموذج الشبكة العصبية بنسبة 20 % (ن = 176)، ويستمرُّ التصحيح التلقائي للنموذج عبر دورة تغذية راجعة؛ حيث استُخدِمَت بيانات الاختبار لإيجاد القِيم المتوقعة وتحليل الفروقات؛ ممَّا سَاعَد على تحسين الأداء والتعلُّم الآلي المستمر للنموذج، والشكل (2) يوضح منهجية عمل الشبكة العصبية الاصطناعية



شكل (2): منهجية عمل الشبكة العصبية الاصطناعية.

وقد قُيِّم أداء النموذج بناءً على مؤشرات الدقة (Accuracy) والتي بلغت 87.5٪؛ ممَّا يدل على أنَّ النموذجَ استطاع التنبؤ بالتحصيل الدراسي للطلبة بشكلٍ صحيح بنسبة مرتفعة، كما تم حساب متوسط معامل (F1 Score) وبلغت قيمته 0.85؛ ممَّا يُظهر أنَّ هناك توازنًا بين الدقة (Precision) والاسترجاع (Recall) في تصنيف جميع الفئات

8-1 نتائجُ البحث:

- السؤال الأول: ما مدى جودة نموذج الشبكة العصبية في التنبؤ بالتحصيل الدراسي، في ضوء مهارات المعرفة الإجرائية الرياضية لدى طلبة الصف الرابع الابتدائي؟

للإجابة على السؤال قامت الباحثة بحساب مؤشرات الحكم على جودة نموذج الشبكة العصبية الاصطناعية في التنبؤ بالتحصيل الدراسي، في ضوء مهارات المعرفة الإجرائية الرياضية لدى طلبة الصف الرابع الابتدائي، ويتضح ذلك في جدول (2) على النحو الآتي:

جدول(2) مؤشراتُ جودة النموذج باستخدام الشبكة العصبية الاصطناعية.

مؤشر جودة النموذج.	القيمة
جذر متوسط مربع الخطأ RMSE.	5.20
متوسط القيمة المطلقة للخطأ MAE.	4.10
المتوسط النسبي للخطأ المطلق MAPE.	% 6.5
جذر متوسط مربع الخطأ RMSLE.	0.18
معامل التحديد (التباين المفسَّر) R^2.	0.92

أظهرت القيمُ الواردة في جدول (2) نتائج تقييم أداء نموذج الشبكة العصبية الاصطناعية في التنبؤ بالتحصيل الدراسي، في ضوء مهارات المعرفة الإجرائية لدى طلبة الصف الرابع الابتدائي أنَّ جذرَ متوسط مربع الخطأ (RMSE) قد بلغ (5.20)، وهي قيمةٌ منخفضةٌ نسبيًا؛ ممَّا يدل على أنَّ متوسطَ الفروق بين القِيم الحقيقية والقِيم المتنبَّأ بها محدود. كما بلغ متوسط القيمة المطلقة للخطأ (MAE) (4.10)، وهو مؤشرٌ إضافي على صغر حجم الأخطاء المطلقة في التنبؤات. كذلك، أظهرت نتائج المتوسط النسبي للخطأ المطلق نسبة بلغت (6.5 %)، وهي نسبةٌ منخفضةٌ جدًا مقارنة بالمعايير البحثية المتعارف عليها (Statology, 2022)؛ ممَّا يُظهر دقةً تنبؤية مرتفعة للنموذج

أمَّا عن جذرِ متوسط مربع الخطأ اللوغاريتمي (RMSLE)، فقد بلغت قيمته (0.18)؛ ممَّا يدلُ على أنَّ الفروقَ النسبية بين القِيم الفعلية والمتوقعة ضئيلة، ويُعزِّزُ من قدرة النموذج على التعامل مع البيانات ذات النطاقات المختلفة دون التأثر بالقِيم الشاذة. والأهم من ذلك؛ بلغَ معاملُ التحديد (R^2) للنموذج (0.92)؛ ممَّا يعني أنَّ 92 % من التباين في التحصيلِ الدراسي يمكن تفسيره بوساطة المدخلات المستخدمة في النموذج، وهي نسبةٌ مرتفعةٌ جدًا تشير إلى أنَّ النموذجَ تدرَّبَ على التعرُّف على العلاقة الحقيقية بين المتغيرات بدقةٍ عالية

وهذا يعني أن نموذج الشبكة العصبية قد قدّم دقة تنبؤية مرتفعة مقارنةً بالحدود المقبولة في الدراسات التربوية والإنسانية؛ إذ إن انخفاض مؤشرات الخطأ المقاسة مع ارتفاع معامل التحديد يعكس قدرة النموذج على التمثيل الفعال للعلاقات المعقدة وغير الخطية بين مهارات المعرفة الإجرائية والتحصيل الدراسي. وهذه النتيجة تتسق مع الأدبيات التي تؤكد أن نماذج الذكاء الاصطناعي تفوق الأساليب التقليدية في تفسير العلاقات المتشابكة بين المتغيرات التربوية، ولا سيما في البيانات التي تتضمن تباينات فردية واسعة بين المتعلمين.كما يمكن تفسير هذه النتيجة بأن طبيعة مهارات المعرفة الإجرائية ذات طابع تتابعي هرمي وتراكمي، مما يجعل نظام التعلم العميق أكثر ملاءمة لاكتشاف الأنماط الدقيقة في الأداء؛ فالنموذج لا يتنبأ بناءً على قيمة المهارة فقط، بل يتعلم وزن أثرها وتفاعلها مع المهارات الأخرى؛ وهو ما يؤكد فائدة الشبكات العصبية كأداة داعمة لاتخاذ القرار التربوي، خصوصًا في تقييم الاحتياجات الأكاديمية المبكرة وتوجيه التدخلات التعليمية الفردية

- السؤال الثاني: هل يوجدُ فروقٌ في القيمة التنبؤية المستخلصة من نموذج الشبكة العصبية والأساليب الإحصائية التقليدية؟

للإجابة على هذا السؤال قامت الباحثة بدراسة الفروق بين القيمة التنبؤية المستخلصة من نموذج الشبكة العصبية الاصطناعية، وقيمة التنبؤ المستخلصة من أسلوب الانحدار المتعدد التقليدي باستخدام برنامج SPSS23، استُخدِمَ اختبارُ دلالة الفروق بين المتوسطات (Paired Samples t-Test).، ويوضح جدول (3) الفروق بين مؤشرات الخطأ لكلٍّ من النموذجين؛ بناءً على نتائج عينة الاختبار

جدول (3): الفروقُ بين مؤشرات الخطأ لكلٍّ من النموذجين؛ بناءً على نتائج عينة الاختبار.

المؤشر	متوسط الخطأ - للشبكة العصبية	متوسط الخطأ - للانحدار المتعدد	T	df	Sig.
جذرُ متوسط مربع الخطأ .(RMSE)	5.20	8.15	-6.34	175	0.01
متوسطُ الخطأ المطلق .(MAE)	4.10	6.70	-5.82	175	0.01
المتوسطُ النسبي للخطأ المطلق (MAPE).	٪ 6.5	٪ 11.2	-7.01	175	0.01
معاملُ التحديد .(R^2)	0.92	0.78	9.45	175	0.01

أظهرت مؤشرات الدقة التنبؤية انخفاضًا ملحوظًا في قِيم الخطأ لدى الشبكة العصبية؛ حيث بلغ جذر متوسط مربع الخطأ (5.20) (RMSE) مقارنة بـ(8.15) في الانحدار المتعدد، وكذلك انخفضَ متوسطُ الخطأ المطلق (MAE) من (6.70) إلى (4.10)، والمتوسط النسبي للخطأ المطلق (MAPE) من (11.2٪) إلى (6.5٪)، وجميع الفروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى (0.01). كما ارتفعت قيمة معامل التحديد (R^2) بدرجةٍ كبيرة في نموذج الشبكة العصبية إلى (0.92) مقابل (0.78) في الانحدار؛ ممَّا يدل على قدرة أعلى للنموذج في تفسير التباين في التحصيل الدراسي. هذه النتائجُ توضح فاعلية نموذج الشبكة العصبية الاصطناعية، وتبرزُ أهميتها كأداة دقيقة للتنبؤ بالمتغيرات التربوية المهمة كمهاراتِ التفكير الرياضي والتحصيل الدراسي (Miao, Shiohira, & Lao, 2024) (السعيد، 2023) (Smith & Lee, 2024) (He, 2023). كما أظهرت الشبكة العصبية الأهمية النسبية لكلِّ مهارةٍ من مهاراتِ المعرفة الإجرائية الرياضية في التنبؤ بالتحصيل الدراسي، وجدول (4) يوضح ذلك:

جدول (4): الأهميةُ النسبية للمتغيرات المستقلة (مهارات المعرفة الإجرائية الرياضية).

مهارات المعرفة الإجرائية الرياضية.	الأهمية النسبية
إجراءُ الخوارزميات العددية والرياضية.	% 25
استخدامُ القواعد لحل المشكلات.	% 20
القياساتُ والإحصاءات العلمية.	% 15
القدرةُ على إجراء الاستدلالات.	% 12
إدراكُ الترابطات وإجراء التعميمات.	% 10
التقديرُ والحساب الذهني.	% 8
قراءةُ وتفسيرُ المصطلحات الرياضية.	% 5
والتعبيرُ بالرسوم والصور.	% 5
المجموع	% 100

تشير النتائج في الجدول السابق على أنَّ إجراءَ الخوارزميات الرياضية والعددية، واستخدام القواعد لحلِّ المشكلات جاءت الأعلى أهمية من بين مهارات المعرفة الإجرائية الأخرى ؛ حيث حصلت كلٌّ منهما على 25 % و20 %على التوالي، وتُعزى هذه النتيجة إلى أنَّ هاتين المهارتين تمثلان جوهر الأداء الرياضي في المرحلة الابتدائية تحديًا؛ حيث يركزُ منهج الرياضيات للصف الرابع على إتقان العمليات الحسابية الأساسية؛ ممَّا يجعلها مؤشرًا قويًا للتحصيل الدراسي للطلبة، كما أنَّ استخدامَ قواعد حلّ المشكلات يتطلبُ القدرة على فهم العلاقات الرياضية، وتطبيق القوانين النظرية في مواقف مألوفة، وهذا يتطلبُ الانتقال من المعرفة السطحية إلى الفهم التطبيقي العميق

وهذا يعني أن نتائج مقارنة الشبكة العصبية بالانحدار المتعدد التقليدي تفوق أسلوب التعلم العميق في خفض مستويات الخطأ ورفع القدرة التنبئية للتفسير، وهو ما يشير إلى أن العلاقات بين مهارات المعرفة الإجرائية والتحصيل ليست خطية محضة، بل تتضمن تفاعلات متداخلة لا تستطيع النماذج الإحصائية الخطية التقاطها بدقة. ويُعزى ذلك إلى أن الانحدار يفترض ثباتًا في اتجاه العلاقة، في حين أن الشبكة العصبية تتعامل مع الأنماط متعددة الأبعاد، وتعلّم العلاقات باختلاف مستويات المتعلمين وخصائصهم وأساليب تعلمهم.كما تعزز نتائج الدلالة الإحصائية عند مستوى (0.01) موثوقية الفروق، بما يعني أن الأداء المتفوق للشبكة ليس ناتجًا عن صدفة إحصائية، بل يعكس تقدماً حقيقياً في القدرة على التنبؤ. ومن منظور تربوي، فإن ذلك يسهم في بناء أنظمة إنذار مبكر لتوقع الضعف الأكاديمي، وتوجيه الدعم بشكل فردي قائم على تحليل البيانات لا مجرد الانطباعات التربوية، مما ينسجم مع توجهات التعليم الرقمي المعزز بالذكاء الاصطناعي

2 التوصيات:

في ضوء ما توصَّل إليه البحثُ من نتائج: تؤكد فاعلية الشبكات العصبية الاصطناعية في التنبؤ بالتحصيل الدراسي، تُوصِي الباحثة بما يلي:

- **أولاً: توصياتٌ موجَّهة للقائمين على إعداد المناهج الدراسية:**

1. دمجُ خوارزميات الذكاء الاصطناعي: ضمن نُظُم تقييم الطلبة والتنبؤ بمستوياتهم التحصيلية؛ بهدف اكتشاف الفجوات التعليمية مبكرًا، وتوجيه الدعم التربوي المناسب.
2. إنشاءُ وحدةٍ مركزية لتحليلات التعلُّم: تُعنى بجمع وتحليل بيانات أداء الطلبة، وتقديم توصيات مبنيَّة على الذكاء الاصطناعي لتحسين جودة التعليم.
3. تحفيزُ تطوير أدوات قياس رقمية: تفاعلية لقياس مهارات المعرفة الرياضية الإجرائية؛ بحيث يجري تخصيصُ اختباراتٍ إلكترونية قصيرة ترتبطُ مباشرةً بمهارات الطلاب، وتُغذّي نُظُم دعم القرار التربوي.

- **ثانيًا: توصياتٌ موجَّهةٌ للمراكز البحثية والتربوية:**

1. إعدادُ دليلٍ مرجعي وطني؛ لتطبيق الشبكات العصبية في تحليل بيانات التحصيل الدراسي، يتضمن المعاييرُ الفنية والتربوية لاستخدامها في بيئات التعليم العام.
2. تصميمُ برامج تدريبية مكثّفة للمعلمين والمشرفين التربويين حول استخدام أدوات التحليل الذكية لفهم سلوك الطلبة، والتنبؤ بمواطن الضعف، وتصميم تدخلات تعليمية مخصَّصة.

3. تشجيعُ الدِّراسات الميدانية التطبيقية التي تربطُ بين مهارات المعرفة الرياضية الإجرائية، و(نتائج الاختبارات الوطنية والدولية (لقياس أثر التعليم الفعلي.

- **ثالثًا: توصياتٌ موجَّهة لقادةِ المدارس ومكاتب التعليم:**

1. تفعيلُ استخدام تحليلات الأداء التنبؤية على مستوى المدرسة عبر منصات التعلُّم الرقمية، وتحليلها بشكلٍ دوري؛ لتحديد الطلبة الذين يحتاجون إلى تدخلاتٍ تربويَّة مبكرة.
2. ربطُ تقارير الأداء التحصيلي للطلبة بمصفوفات المهارات الرياضيات الإجرائية؛ بهدف إعادة تصميم الخطط العلاجية للطلبة ذوي التحصيل المتدني.
3. تشجيعُ المعلمين على استخدام نتائج التحليلات الذكية في التخطيط للدروس، خصوصًا من خلال الربط بين مستوى الطالب الفعلي ومتطلباته التعليمية الخاصة.

- **رابعًا: توصياتٌ للمعلمين والممارسين التربويين:**

1. استخدامُ أدوات تقييم متنوعة تُغطِّي أبعادَ المعرفة الرياضية المفاهيمية والإجرائية، وتجنب الاقتصار على التمارين التقليدية التي تفتقدُ للبُعد التطبيقي.
2. الاهتمامُ بقياس مؤشرات المهارات الإجرائية بشكلٍ مباشر ضمن التقييمات الصفية، ومراعاة أنَّ كلَّ مهارة تُعَدُّ مؤشرًا مبكرًا لمستوى التحصيل المتوقع.
3. توظيفُ نتائج التحليلات التنبؤية لتعديل أساليب التدريس، وتقديم التغذية الراجعة الفورية والمناسبة لأداء الطلبة خلال سير العملية التعليمية.

- **خامسًا: توصياتٌ موجَّهَة للباحثين التربويين:**

1. التركيزُ على تطوير نماذج الذكاء الاصطناعي الخاصة بالبيئة التعليمية السعودية، بما يُظهر طبيعة المنهج والمتعلم والمعلم المحلي.
2. اقتراحُ مقاييس معيارية وطنية لمهارات المعرفة الرياضية الإجرائية، تكون قابلة للتطبيق في مختلف المدارس والمناطق.
3. العملُ على تكامل التحليلات الذكيَّة مع المعايير الوطنية للتقويم والتقارير المدرسية، وربط نتائجها مع خطط تحسين الأداء.

3 البحوثُ المقترحة:

1. تصميمُ بيئةِ تعلُّمٍ ذكية تتضمن أدوات تقييم تكيفية مبنيَّة على تحليل مهارات المعرفة الرياضية الإجرائية باستخدام الشبكات العصبية.
2. تحليلُ الفروق بين مهارات المعرفة المفاهيمية والإجرائية، باستخدام تحليلات التعلُّم الذكية وتأثيرها في نتائج الاختبارات الوطنية.
3. دراسةُ مقارنة بين نماذج التعلُّم الآلي (الشبكات العصبية – شجرة القرار – الانحدار العشوائي)، في التنبؤ بالطلبة المعرضين للخطر التحصيلي في مادة الرياضيات.
4. فعاليةُ نموذج الشبكات العصبية في التنبؤ بمستوى التحصيل الدراسي في مقررات أخرى، كالعلوم لدى طلبة المرحلة الابتدائية .

4 المراجع العربية:

إدارة التعليم بمحافظة الطائف. (1446هـ). الملخص الإحصائي للعام الدراسي 1446هـ – قطاع البنين والبنات إدارة التخطيط والتطوير، وحدة المعلومات، وزارة التعليم بالمملكة العربية السعودية

بوخطوه، ابتسام رجب ، مفتاح، عائشة أحمد& النايض، نسرين عمران. (2023). أسباب تدني مستوى التحصيل الدراسي في مادة الرياضيات لدى تلاميذ المرحلة الأساسية (الإعدادية) من وجهة نظر المعلمين والمشرفين التربويين في مدينة بنغازي (ليبيا). مجلة جامعة بني وليد للعلوم الإنسانية والتطبيقية، 8(5)، 466–484. https://doi.org/10.26389/AJSRP.C260924

الحيسوني، محمد حميدان &الحربي، محمد صنت (2025). بعض العوامل المؤثرة في مستوى تحصيل الرياضيات لدى طلبة المملكة العربية السعودية بالمقارنة بالدول ذات الأداء الإيجابي في الاختبارات الدولية TIMSS. مجلة المناهج وطرق التدريس، 4(2)، 1-17. https://doi.org/10.26389/AJSRP. C260924

الزهراني، ريم، والعواجي، إنعام، والخليفة، مروة & الجوهري، أسماء.(2020). مدى توافق معلمات المرحلة الابتدائية في المملكة العربية السعودية مع استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في الرياضيات. المجلة العلمية لجامعة الأميرة نورة ، 23(1)، 325-381.

السريحي، أحمد حمدان. (2023).الممارسات الأدائية لمعلمي رياضيات المرحلة الابتدائية ضمن المعايير التخصُّصية لهيئة تقويم التعليم والتدريب من وجهة نظر المشرفين بمنطقة المدينة المنورة. المجلة العربية للنشر العلمي، (42)، 821–853.

السعيد، رضا مسعد.(2023). تطبيقات نماذج الذكاء الاصطناعي "Chat GPT" في المناهج وطرق التدريس: الفرص والتهديدات المحتملة. مجلة تربويات الرياضيات، 26(4)، 10-23.

الشبل، منال عبدالرحمن.(2021). تصورات معلمات الرياضيات نحو تعلُّم وتعليم الرياضيات وفق مدخل الذكاء الاصطناعي في التعليم العام بالمملكة العربية السعودية. مجلة تربويات الرياضيات، 24(4)،278-310.

الشهري، علي بن صالح بن علي. (2024). برنامج تدريبي مقترح لمعلمي الرياضيات لتحسين نتائج طلابهم في اختبارات نافس الوطنية. مجلة جامعة تبوك للعلوم الإنسانية والاجتماعية، مج4, ع4 ، 1137 – 1164.

العنزي، متعب بن زعزوع(2023).العوامل المؤثرة في التحصيل الرياضي لطلاب الصف الرابع الابتدائي في ضوء نتائج الدراسة الدولية TIMSS 2019: دراسة مقارنة بين دول مجلس التعاون الخليجي. مجلة الشمال للعلوم الإنسانية، 8(2)، 2053–2080.

الغامدي، محمد سعيد صالح. (2021). الفجوة الرقمية وأثرها في الفاقد التعليمي بمدارس التعليم الابتدائي. مجلة كلية التربية، مج83، ع3 ، 53 - 69.

المهيدلي، ريم، اليامي هادية ، الخلف البندري، الرشيد، بدرية& المطيري، إنصاف(2024). أسباب تدني نتائج طلاب وطالبات المرحلتين الابتدائية والمتوسطة في الاختبارات الوطنية (نافس) من وجهة نظر المعلمات. مجلة الفنون والأدب وعلوم الإنسانيات والاجتماع، كلية الإمارات للعلوم التربوية، (107)، 151-175. . https://doi.org/10.33193/JALHSS.107.2024.1144

هيئة تقويم التعليم والتدريب. (2023). الإطار الوطني للمؤهلات (الإصدار الثاني). المملكة العربية السعودية.

هيئة تقويم التعليم والتدريب.(2020)، تقرير تيمز 2019 نظرة أوليّة في تحصيل طلاب الصفين الرابع والثاني المتوسط في الرياضيات والعلوم بالمملكة العربية السعودية في سياقٍ دولي. الرياض

وزارة التعليم- عام. (2023). تطبيق دراسات الاتجاهات الدولية في التحصيل الدراسي للرياضيات والعلوم (2023) TIMSS(. https://www.moe.gov.sa/ar/mediacenter/MOEnews/Pages/Trends-studies.aspx

وزارة التعليم. (2023). الرياضيات: الصف الرابع الابتدائي. المملكة العربية السعودية: وزارة التعليم.

وزارة التعليم. (2025). إستراتيجية وزارة التعليم. https://moe.gov.sa/ar/aboutus/aboutministry/Pages/MinistryStrategy.aspx

وزارة التعليم. (2025). الأهداف والركائز الإستراتيجية لوزارة التعليم المرتبطة برؤية السعودية 2030. https://moe.gov.sa/ar/aboutus/sectors/vro/Pages/vro-goals.aspx

المراجعُ الأجنبية:

Arvind, T. (2024). Leveraging technology for enhanced connectedness and student engagement. *Practice, Progress, and Proficiency in Sustainability*, 233–258. https://doi.org/10.4018/979-8-3693-7989-9.ch013

Barumbun, M., & Kharisma, D. (2022). Procedural knowledge or conceptual knowledge? Developing the so-called proceptual knowledge in mathematics learning. *Beta: Jurnal Tadris Matematika, 15(2).* https://doi.org/10.20414/betajtm.v15i2.472

Darecan, Ş. (2025). Artificial intelligence in education and its importance. *Advances in Educational Technologies and Instructional Design Book Series*, 91–116. https://doi.org/10.4018/979-8-3693-7949-3.ch004

Davier, M., Kennedy, A. M., Reynolds, K. A., Fishbein, B., Khorramdel, L., Aldrich, C. E. A., Bookbinder, A., Ummugal, B., & Yin, L. (2024). *TIMSS 2023 international results in mathematics and science. TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education and Human Development, Boston College, and International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA).*

Dorner, C., Ableitinger, C., & Krammer, G. (2025). Revealing the nature of mathematical procedural knowledge by analysing students' deficiencies and errors. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 1–22. https://doi.org/10.1080/0020739x.2024.2445666

Eshbayev, O. A. (2023). Innovating higher education by using education technology and expert systems: Pathways to educational innovation. *International Journal of Social Science Research and Review, 6*(6), 112–120. https://doi.org/10.47814/ijssrr.v6i6.1217

Gushchin, A. V., Dudkina, S. Yu., & Nikitina, N. A. (2024). Application of neural networks in the educational process. *The Tidings of the Baltic State Fishing Fleet Academy: Psychological and Pedagogical Sciences (Theory and Methods of Professional Education), 3*(69), 174–176. https://doi.org/10.46845/2071-5331-2024-3-69-174-176

Han, J., & Li, L. (2023). Research on the construction of intelligent learning analysis system based on big data. https://doi.org/10.1109/icaibd57115.2023.10206376

He, X. (2023). Predicting and analyzing educational data using neural networks. https://doi.org/10.1145/3635175.3635202

Ilham, M., Marchy, F., Elmawati, E., & Samosir, C. M. (2023). Bibliometric analysis: Learning outcomes research in mathematics learning (1992–2023). *Jurnal Kajian Pembelajaran Matematika, 7*(1), 13. https://doi.org/10.17977/um076v7i12023p13-23

Kobusiingye, F. (2024). Educational strategies for enhancing student outcomes: Insights from secondary schools in Mbarara Municipality. *Journal of Education and Practice.* https://doi.org/10.47941/jep.2342

Lopanova, E. V., & Savina, N. (2024). Neural networks in students' learning activities. *Advances in Educational Technologies and Instructional Design Book Series*, 259–282. https://doi.org/10.4018/979-8-3693-5518-3.ch013

Manasa, M., Jain, V., Khandelwal, P., Kataruka, K., & Shah, Y. (2024). Intelligent learning analytics

Al-Ghamdi, Mohammed Saeed Saleh. (2021). The digital divide and its impact on learning loss in primary education schools. Majallat Kulliyat Al-Tarbiyah, 83(3), 53–69.

Al-Haisouni, Mohammed Humaidan, & Al-Harbi, Mohammed Sanat. (2025). Some factors influencing mathematics achievement levels among students in Saudi Arabia compared to high-performing countries in TIMSS. Majallat Al-Manahij wa Turuq Al-Tadrees, 4(2), 1–17. https://doi.org/10.26389/AJSRP.C260924

Al-Mehaidli, Reem, Al-Yami, Hadiyah, Al-Khalaf, Al-Bandari, Al-Rasheed, Badriyyah, & Al-Mutairi, Insaf. (2024). Causes of students' low performance in national assessments (NAFS) at elementary and intermediate levels from teachers' perspectives. Majallat Al-Funun wal-Adab wa Uloom Al-Insaniyat wal-Ijtima, 107, 151–175. https://doi.org/10.33193/JALHSS.107.2024.1144

Al-Saeed, Reda Masad. (2023). Applications of artificial intelligence models "ChatGPT" in curricula and teaching methods: Opportunities and potential threats. Majallat Tarbawiyyat Al-Riyadhiyyat, 26(4), 10–23.

Al-Serihi, Ahmed Hamdan. (2023). The performance practices of elementary mathematics teachers according to the specialization standards of the Education and Training Evaluation Commission from the perspective of supervisors in Medina. Al-Majallah Al-Arabiyyah lil-Nashr Al-Ilmi, (42), 821–853.

Al-Shibl, Manal Abdulrahman. (2021). Mathematics teachers' perceptions of learning and teaching mathematics using artificial intelligence in general education in Saudi Arabia. Majallat Tarbawiyyat Al-Riyadhiyyat, 24(4), 278–310.

Al-Shahri, Ali bin Saleh bin Ali. (2024). A proposed training program for mathematics teachers to improve their students' results in the national NAFS tests. Majallat Jamiat Tabuk lil-Uloom Al-Insaniyah wal-Ijtima'iyah, 4(4), 1137–1164.

Al-Zahrani, Reem, Al-Awaji, Ena'am, Al-Khalifah, Marwah, & Al-Johari, Asma. (2020). The extent of primary school female teachers' alignment with using AI techniques in teaching mathematics. Al-Majallah Al-Ilmiyyah li-Jamiat Al-Amirah Noura, 23(1), 325–381.

Ministry of Education. (2023). Mathematics: Grade 4. Kingdom of Saudi Arabia: Ministry of Education.

Ministry of Education. (2025). Strategic goals and pillars of the Ministry of Education related to Saudi Vision 2030. https://moe.gov.sa/ar/aboutus/sectors/vro/Pages/vro-goals.aspx

Ministry of Education. (2025). Strategy of the Ministry of Education. https://moe.gov.sa/ar/aboutus/aboutministry/Pages/MinistryStrategy.aspx

through e-learning. 1–4. https://doi.org/10.1109/icetcs61022.2024.10543572

Miao, F., Shiohira, K., & Lao, N. (2024). AI competency framework for students. UNESCO.

Paluszek, M., & Thomas, S. (2024). Introduction to neural nets (pp. 229–255). Apress. https://doi.org/10.1007/978-1-4842-9846-6_8

Puspayanti, P. (2023). Problem-solving models using procedural knowledge in solving mathematics problems of junior high school students. European Journal of Mathematics and Science Education, 4(2), 95–109. https://doi.org/10.12973/ejmse.4.2.95

Quadir, B., Chang, M., & Yang, J. C. (2021). Categorizing learning analytics models according to their goals and identifying their relevant components: A review of the learning analytics literature from 2011 to 2019. Computers and Education: Artificial Intelligence, 2, 100034. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100034

Smith, J., & Lee, A. (2024). Big data analytics in education: Transforming student learning and institutional practices. Journal of Educational Technology, 18(2), 123–140.

Statology. (2022). How to interpret MAPE (Mean Absolute Percentage Error). Retrieved from https://www.statology.org/how-to-interpret-mape

Tada, M., & Takagi, M. (2024). Identifying personalized support methods toward mathematical learning. 1–8. https://doi.org/10.1109/tale62452.2024.10834325

Yang, K. (2024). Predicting student performance using artificial neural networks. https://doi.org/10.69610/j.ases.20240515

رومنة المراجع العربية:

Zubairi, Z. (2023). Strategi dan metode pebelajaran akidah akhlak. TARQIYATUNA Jurnal Pendidikan Agama Islam Dan Madrasah Ibtidaiyah, 2(1), 38–47. https://doi.org/10.36769/tarqiyatuna.v2i1.312

Al-Anzi, Muteb bin Zaazou. (2023). The factors affecting mathematical achievement of fourth-grade students in light of the results of the TIMSS 2019 International Study: A comparative study among Gulf Cooperation Council countries. Majallat Al-Shamal lil-Uloom Al-Insaniyah, 8(2), 2053–2080.

Al-BoKhotoah, Ebtisam Rajab, Meftah, Aisha Ahmed, & Al-Nayed, Nasreen Omran. (2023). Causes of low academic achievement in mathematics among basic (middle) stage students from the perspective of teachers and educational supervisors in Benghazi (Libya). Majallat Jamiat Bani Walid lil-Uloom Al-Insaniyah wa Al-Tatbiqiyah, 8(5), 466–484. https://doi.org/10.26389/AJSRP.C260924

Ministry of Education – General. (2023). Application of international trends studies in student achievement in mathematics and science (2023) TIMSS. https://www.moe.gov.sa/ar/mediacenter/MOEnews/Pages/Trends-studies.aspx

Saudi Authority for Education and Training Evaluation. (2020). TIMSS 2019 report: An initial look at the achievement of fourth and eighth grade students in mathematics and science in the Kingdom of Saudi Arabia in an international context. Riyadh.

Saudi Authority for Education and Training Evaluation. (2023). National Qualification Framework (2nd ed.). Kingdom of Saudi Arabia.

Taif Education Directorate. (1446 AH). Statistical summary for the academic year 1446 AH – Boys and Girls Sector. Planning and Development Department, Information Unit, Ministry of Education, Kingdom of Saudi Arabia.