مجلة المناهج المعاصرة وتكنولوجيا التعليم
Print ISSN: - 2974-394X
Official URL: - https://msite.journals.ekb.eg/
المؤتمر العلمى لقسم المناهج وطرق التدريس كلية التربية جامعة طنطا تحت عنوان
الذكاء الاصطناعي وافاق تطوير منظومة المنهج بتاريخ الاثنين ٢٢ يوليو ٢٠٢٤م

مسارات التعلم الشخصية في تعليم علوم الحاسب الآلي باستخدام معلّم ذكاء اصطناعي

إعداد

أ.د. أمنية البربري

قسم نظم المعلومات، كلية الحاسبات والمعلومات،

جامعة طنطا، مصر

المؤتمر العلمى لقسم المناهج وطرق التدريس كلية التربية جامعة طنطا تحت عنوان :
الذكاء الاصطناعي وافاق تطوير منظومة المنهج
بتاريخ الاثنين ٢٢ يوليو ٢٠٢٤

مجلة المناهج المعاصرة وتكنولوجيا التعليم
Print ISSN: - 2974-394X
Official URL: - https://msite.journals.ekb.eg/
المؤتمر العلمى لقسم المناهج وطرق التدريس كلية التربية جامعة طنطا تحت عنوان
الذكاء الاصطناعي وافاق تطوير منظومة المنهج بتاريخ الاثنين ٢٢ يوليو ٢٠٢٤م

الملخص:

يقترح هذا البحث تطوير نظام معلّم ذكاء اصطناعي يخصص تجربة تعليم علوم الحاسب الآلي لكل طالب على حدة .سيقوم المعلم الذكي بتحليل أداء الطالب في التمارين، مستفيدًا من معالجة اللغة الطبيعية (NLP) لفهم استفسارات الطلاب وتخصيص الشروحات . سيتم استخدام تقنيات التعلم الآلي لتتبع تقدم الطلاب وتحديد نقاط القوة والضعف واختيار مواد تعليمية مناسبة .يمكن أن تتضمن هذه المواد دروسًا تعليمية أو مسائل تطبيقية أو محاضرات محددة، وكلها مصممة لتلبية احتياجات كل طالب على حدة .من خلال تعديل مسار التعلم بشكل ديناميكي بناءً على أداء الطالب، يهدف نظام المعلم الذكي هذا إلى تعزيز فعالية التعلم والمشاركة في تعليم علوم الحاسب الآلي.

الكلمات المفتاحية: *التعلم الشخصي؛ معلم ذكاء اصطناعي؛ تعليم علوم الكمبيوتر؛ التعلم التكيفي؛ معالجة اللغة الطبيعية(NLP) ؛ التعلم الآلي(ML) ؛ تكنولوجيا التعليم.*

مجلة المناهج المعاصرة وتكنولوجيا التعليم
Print ISSN: - 2974-394X
Official URL: - https://msite.journals.ekb.eg/
المؤتمر العلمى لقسم المناهج وطرق التدريس كلية التربية جامعة طنطا تحت عنوان
الذكاء الاصطناعي وافاق تطوير منظومة المنهج بتاريخ الاثنين ٢٢ يوليو ٢٠٢٤م

Personalized Learning Paths in Computer Science Education with an AI Tutor

O.G. El barbary
dr.omnia_al-barbary@ics.tanta.edu.eg
Information System Department, Faculty of Computer and Informatics, Tanta University, Egypt

Abstract

This research proposes the development of an AI tutor system that personalizes the computer science learning experience for each student. The AI tutor will analyze student performance on exercises, leveraging Natural Language Processing (NLP) to understand student queries and tailor explanations. Machine learning techniques will be employed to track student progress, identify strengths and weaknesses, and recommend relevant learning materials. These materials can include tutorials, practice problems, or specific lectures, all curated to address individual student needs. By dynamically adjusting the learning path based on student performance, this AI tutor system aims to enhance learning effectiveness and engagement in computer science education.

Keywords: *Personalized learning; Artificial intelligence teacher; Computer science education; Adaptive learning; Natural language processing (NLP); Machine learning (ML); Educational technology*

مجلة المناهج المعاصرة وتكنولوجيا التعليم
Print ISSN: - 2974-394X
Official URL: - https://msite.journals.ekb.eg/
المؤتمر العلمى لقسم المناهج وطرق التدريس كلية التربية جامعة طنطا تحت عنوان
الذكاء الاصطناعي وافاق تطوير منظومة المنهج بتاريخ الاثنين ٢٢ يوليو ٢٠٢٤م

المقدمة:

يُعد مجال تعليم علوم الحاسب مجالًا متطورًا باستمرار، مما يتطلب اتباع نهج مبتكرة لتلبية احتياجات الطلاب المختلفة وأنماط التعلم المتنوعة .غالبًا ما تفتقر الطرق التعليمية التقليدية إلى المرونة اللازمة للتكيف مع التقدم الفردي للطلاب، مما يؤدي إلى الإحباط ويعيق نتائج التعلم .يقترح هذا البحث تطوير نظام معلم ذكاء اصطناعي يعمل على تخصيص تجربة تعلم علوم الحاسب لكل طالب.

يعتمد هذا المعلم الذكي على تقنيات الذكاء الاصطناعي لتعديل مسار التعلم بشكل ديناميكي لكل طالب .من خلال تحليل بيانات الأداء من التمارين والتقييمات، يحدد النظام نقاط القوة والضعف لدى الطالب .ثم يستخدم معالجة اللغة الطبيعية (NLP) لفهم استفسارات الطلاب وتقديم تفسيرات مخصصة .كما تعمل خوارزميات التعلم الآلي على تعزيز النظام من خلال التنبؤ بالأداء المستقبلي وتوصية مواد التعلم ذات الصلة، مثل البرامج التعليمية والتمارين العملية والمحاضرات المحددة.

يهدف هذا النهج الشخصي إلى معالجة العديد من التحديات الرئيسية في تعليم علوم الحاسب .أولاً، يتيح للطلاب التقدم وفقًا لسرعتهم الخاصة، مع التركيز على المجالات التي تتطلب مزيدًا من الاهتمام .ثانيًا، يقدم المعلم الذكي ملاحظات فورية وموجهة، مما يعزز الفهم الأعمق للمفاهيم .وأخيرًا، من خلال التوصية بموارد التعلم ذات الصلة، يحافظ النظام على مشاركة الطلاب وتحفيزهم طوال رحلة التعلم.

إن تطوير معلم ذكاء اصطناعي لمسارات التعلم الشخصية في تعليم علوم الحاسب يعد أمرًا واعدًا للغاية .يتعمق هذا البحث في المعرفة الحالية حول التعلم الشخصي، ومنصات التعلم التكيفي، وأنظمة التدريس الذكية، وتطبيق الذكاء الاصطناعي في التعليم .من خلال البناء على هذه الأسس، يهدف هذا المشروع إلى المساهمة في تجربة تعلم أكثر فعالية وإثارة لطلاب علوم الحاسب على جميع المستويات.

٢. الأعمال السابقة

كان تخصيص تجربة التعلم في تعليم علوم الكمبيوتر مجالًا مستمرًا للبحث، حيث سعى المعلمون والباحثون إلى طرق لتلبية احتياجات الطلاب الفردية وأنماط التعلم. يستكشف هذا القسم الأبحاث السابقة ذات الصلة التي تفيد في تطوير نظام معلم ذكاء اصطناعي لمسارات التعلم الشخصية.

١. منصات التعلم التكيفي (ALPs):

يبحث "التعلم التكيفي للمبرمجين المبتدئين: تخصيص الملاحظات عند الطلب" (Vu et al.، ٢٠١٦) في منصة تعليم تكيفي تقوم بتخصيص الملاحظات المخصصة في تحسين نتائج التعلم.

- **إطار عمل للسقالة التكيفية في تعلم البرمجة (Wang et al.، ٢٠١٨):** يقترح هذا البحث إطار عمل للسقالة التكيفية، حيث يقوم النظام بتعديل مستوى الإرشاد المقدم للطلاب ديناميكيًا بناءً على أدائهم. يتماشى هذا مع مفهوم معلم الذكاء الاصطناعي الذي يقدم مستويات مختلفة من الدعم بناءً على فهم الطالب.

٢. أنظمة التدريس الذكية (ITS):

- **بناء نظام تدريس ذكي قائم على السقالة لتعلم برمجة بايثون (Feng et al.، ٢٠١٩):** يصف هذا البحث نظام تدريس ذكي يقدم سقالة وتلميحات للطلاب أثناء تعلمهم لبايثون. يوضح هذا البحث إمكانات الأنظمة الذكية في توجيه الطلاب خلال مفاهيم البرمجة.
- **استعراض لأنظمة التدريس الذكية في تعليم البرمجة (Mitrović، ٢٠١٨):** يقدم هذا البحث استعراضًا شاملاً لأنظمة التدريس الذكية في تعليم البرمجة. توفر هذه الورقة رؤى قيمة حول التقنيات الحالية للتدريس الذكي، والتي يمكن الاستفادة منها لنظام معلم الذكاء الاصطناعي.

٣. معالجة اللغة الطبيعية (NLP) في التعليم:

- **التقييم التلقائي لاستجابات الطلاب باستخدام معالجة اللغة الطبيعية (Mitkov، ٢٠٠٦):** يستكشف هذا البحث استخدام NLP لتقييم استجابات الطلاب تلقائيًا. هذا البحث ذو صلة بقدرة معلم الذكاء الاصطناعي على فهم استفسارات الطلاب وتخصيص الشروحات باستخدام تقنيات NLP.
- **تعزيز توصيل الملاحظات في أنظمة التدريس الذكية باستخدام توليد اللغة الطبيعية (NLG) (Morency et al.، ٢٠١٤):** يحقق هذا البحث في دمج توليد اللغة الطبيعية (NLG) في أنظمة التدريس الذكية لتقديم ملاحظات أكثر طبيعية وإخبارية. يتماشى هذا مع هدف معلم الذكاء الاصطناعي في تقديم تفسيرات واضحة ومفهومة لأسئلة الطلاب.

٤. التعلم الآلي (ML) للتعلم الشخصي:

- **التعلم الآلي للتعلم الشخصي في تعليم البرمجة (Downey et al.، ٢٠١٦):** يناقش هذا البحث استخدام التعلم الآلي للتعلم الشخصي في تعليم البرمجة. تلقي هذه الورقة الضوء على إمكانات خوارزميات ML في تحليل بيانات الطلاب وتوقع احتياجات التعلم، مما يوفر معلومات لنظام التوصية في معلم الذكاء الاصطناعي.
- **نظام توصية للتعلم الشخصي يعتمد على التعلم الآلي (Liu، ٢٠١٩):** يقترح هذا البحث نظام توصية للتعلم الشخصي يعتمد على التعلم الآلي. يقدم هذا البحث إطارًا لتطوير محرك التوصية داخل معلم الذكاء الاصطناعي.

٥. تكنولوجيا التعليم والذكاء الاصطناعي في تعليم علوم الحاسوب:

- **تكنولوجيا التعليم لدعم التعلم الشخصي (Ferguson، ٢٠١٥):** يستكشف هذا البحث دور تكنولوجيا التعليم في تعزيز التعلم الشخصي. توفر هذه الورقة سياقًا لتطوير نظام معلم الذكاء الاصطناعي كأداة تكنولوجيا تعليمية.
- **الذكاء الاصطناعي في التعليم: الوعود والمخاطر (Luckin et al.، ٢٠١٨):** يناقش هذا البحث إمكانات وتحديات الذكاء الاصطناعي في التعليم. تقدم هذه الأبحاث اعتبارات قيمة للتطوير الأخلاقي وتنفيذ نظام معلم الذكاء الاصطناعي.

٣. بيان المشكلة

القيود الحالية في تعليم علوم الكمبيوتر:

- **تعلم موحد للجميع:** غالبًا ما تتبع مناهج علوم الكمبيوتر هيكلًا جامدًا، بافتراض أن جميع الطلاب يمتلكون نفس المعرفة الأساسية وسرعة التعلم. هذا النهج يتجاهل أنماط التعلم الفردية (البصرية، السمعية، الحركية)، مما يؤدي إلى:
  - صعوبات للمبتدئين: يجد الطلاب الذين ليس لديهم خبرة سابقة في البرمجة صعوبة في فهم الهياكل والمنطق الأساسية، مما يؤدي إلى الإحباط والتخلي المحتمل.
  - الملل للمتعلمين المتقدمين: يشعر الطلاب الذين يفهمون المفاهيم بسرعة بالملل من التمارين المتكررة، مما يعيق الدافع والانخراط.
- **تقييم وملاحظات محدودة:** تعتمد الطرق التقليدية بشكل أساسي على الامتحانات والواجبات، مما يوفر صورة ثابتة ومتأخرة عن فهم الطالب. هذا النقص في الملاحظات الفورية والشخصية:

- يؤخر تحديد الثغرات المعرفية: قد لا يتمكن المدرسون من تحديد المفاهيم الخاطئة لدى الطلاب إلا بعد فترة طويلة، مما يعيق التصحيح الفوري وتعزيز المفاهيم الأساسية.
- يحد من فرص دعم التعلم: بدون فهم ديناميكي لصعوبات الطلاب، يجد المدرسون صعوبة في تكييف التعليم وتقديم الدعم المستهدف.

▪ **استخدام غير فعال لموارد التعلم:** تفتقر الموارد الحالية غالبًا إلى التخصيص، مما يدفع الطلاب إلى مواد عامة بغض النظر عن احتياجاتهم المحددة. هذا يؤدي إلى:

- إضاعة الوقت: يقضي الطلاب وقتًا قيمًا في مراجعة الموضوعات التي يفهمونها بالفعل أو يعانون من معلومات غير ذات صلة.
- صعوبة في تحديد المواد ذات الصلة: قد يغرق الطلاب في الكم الهائل من الموارد المتاحة، مما يجعل من الصعب العثور على المحتوى الذي يتماشى مع فجوات التعلم الخاصة بهم.

عواقب هذه القيود:

- **انخفاض مشاركة الطلاب:** يؤدي الإحباط والملل ونقص الدعم الشخصي إلى فقدان الدافع الداخلي للطلاب لتعلم علوم الكمبيوتر.
- **نتائج تعلم غير فعالة:** يجد الطلاب صعوبة في فهم المفاهيم الأساسية بسبب عدم تطابق احتياجات التعلم الخاصة بهم مع التعليم المقدم، مما يعيق فهمهم العام وتقدمهم.
- **وصول محدود للإمكانات:** قد يؤدي عدم وجود توجيه ودعم شخصيين إلى تثبيط الطلاب الموهوبين والذين لديهم إمكانات من متابعة دراساتهم ومسيرتهم المهنية في علوم الكمبيوتر.

يقترح هذا البحث معلم ذكاء اصطناعي كحل لمعالجة هذه القيود وتخصيص تجربة تعلم علوم الكمبيوتر.

المنهجية

سيستكشف هذا البحث تطوير وتقييم نظام معلم ذكاء اصطناعي مصمم لتخصيص مسارات التعلم في تعليم علوم الحاسب. ستتضمن المنهجية الخطوات التالية:

جمع وتحليل البيانات

- **بيانات الطالب:** جمع البيانات حول ديموغرافية الطالب، وخبرته السابقة في علوم الحاسب، وأنماط التعلم، والتفضيل في سرعة التعلم من خلال الاستبيانات والتقييمات الأولية.
- **تحليل المنهج الدراسي:** تحليل منهج علوم الحاسب القياسي لتحديد المفاهيم الأساسية والمهارات وأهداف التعلم.
- **استكشاف موارد التعلم:** التحقيق في تصنيف الموارد التعليمية المتاحة (مثل البرامج التعليمية والتمارين العملية والأنشطة التفاعلية) ذات الصلة بالمنهج الدراسي المختار.

تطوير معلم الذكاء الاصطناعي

- **تمثيل المعرفة:** تطوير قاعدة معرفية تمثل منهج علوم الحاسب، بما في ذلك المفاهيم وعلاقاتها والمعرفة المسبقة.
- **تقنيات التعلم الآلي:** تطبيق خوارزميات التعلم الآلي لتحليل بيانات الطالب، وتقييم تقدمه، وتحديد فجوات التعلم.
- **توليد مسار التعلم الشخصي:** تصميم خوارزمية تستخدم بيانات الطالب ومعرفة المنهج وتحليل موارد التعلم لإنشاء مسارات تعلم شخصية لكل طالب.
  - يجب أن يتكيف المسار مع نمط تعلم الطالب وسرعته ونقاط القوة والضعف التي تم تحديدها.

تصميم نظام المعلم

- **واجهة المستخدم:** تطوير واجهة مستخدم سهلة الاستخدام لنظام المعلم الذكي. يجب أن تتضمن هذه الواجهة:
  - عرض مسارات التعلم الشخصية مع الموارد الموصى بها.
  - تقديم تمارين تفاعلية ومشاكل عملية مصممة لتلبية احتياجات الطالب.
  - تقديم ملاحظات فورية وتفسيرات بناءً على أداء الطالب.
- **ميزات التعلم التكيفي:** دمج آليات لمعلم الذكاء الاصطناعي لتعديل مسار التعلم استجابةً لأداء الطالب:
  - زيادة الصعوبة للطلاب الذين يفهمون المفاهيم باستمرار.
  - تقديم دعم إضافي وتفسيرات بديلة للطلاب الذين يواجهون صعوبات.

التقييم

- **دراسة تجريبية:** إجراء دراسة تجريبية مع مجموعة صغيرة من طلاب علوم الحاسب باستخدام نظام المعلم الذكي المطور.
- **جمع البيانات:** جمع البيانات من خلال الاختبارات الأولية والتقييمية لتقييم نتائج تعلم الطلاب. بالإضافة إلى ذلك، جمع ملاحظات الطلاب من خلال الاستبيانات والمقابلات لتقييم قابلية استخدام وفعالية المعلم الذكي.
- **تحليل البيانات:** تحليل البيانات المجمعة لتقييم تأثير المعلم الذكي على تعلم الطلاب ومشاركتهم وتجارب التعلم التي يبلغون عنها.

الصقل والتكرار

- بناءً على نتائج التقييم، صقل نظام المعلم الذكي من خلال:
  - تحسين دقة خوارزميات توليد مسار التعلم.
  - تحسين واجهة المستخدم بناءً على ملاحظات الطلاب.
- إجراء مزيد من التكرار مع مجموعات طلاب أكبر للتحقق من فعالية نظام المعلم الذكي المطور.

الجزء الثاني: تقنيات التعلم الآلي للتعلم الشخصي

يستطيع نظام المعلم الذكي استخدام العديد من خوارزميات التعلم الآلي لتحليل بيانات الطلاب، وتقييم التقدم، وتحديد فجوات التعلم. إليك شرح لكيفية عمل ذلك:

تحليل البيانات وهندسة الميزات

- **معالجة البيانات الأولية:** تنظيف وإعداد بيانات الطلاب المجمعة من الاستبيانات والتقييمات الأولية والتفاعلات مع نظام المعلم الذكي. قد يتضمن ذلك التعامل مع القيم المفقودة أو القيم الشاذة.
- **هندسة الميزات:** تحديد واستخراج الميزات ذات الصلة من البيانات التي يمكن استخدامها في خوارزميات التعلم الآلي. قد تشمل هذه الميزات:
  - الخبرة البرمجية السابقة: سنوات الخبرة، اللغات المستخدمة، المشاريع المكتملة.
  - نتائج التقييم: الدرجات في الاختبارات والتحديات البرمجية والتمارين التفاعلية.
  - الوقت المستغرق في موارد التعلم: تتبع الوقت الذي يقضيه الطلاب في مواضيع وموارد محددة أوصى بها معلم الذكاء الاصطناعي.

- نمط التعلم: بناءً على تقييمات نمط التعلم (مثل البصري، السمعي، الحركي).
- الأداء في مناطق المفاهيم المختلفة: الدرجات أو معدلات الإكمال لمواضيع محددة ضمن المنهج الدراسي (مثل المتغيرات، الحلقات، الدوال).

خوارزميات التعلم الآلي

يمكن استخدام العديد من خوارزميات التعلم الآلي لتحليل بيانات الطلاب وتحقيق الوظائف المطلوبة:

- **خوارزميات التصنيف (مثل الانحدار اللوجستي، أشجار القرار):**

- يمكن استخدامها للتنبؤ بأداء الطالب في التقييمات المستقبلية أو تصنيف مستوى إتقانه لمفاهيم محددة بناءً على أدائه السابق وسلوكه في التعلم.
- على سبيل المثال، يمكن لتصنيف أن يتنبأ ما إذا كان الطالب سيكافح في الحلقات بناءً على أدائه في المتغيرات وتدفق التحكم.

- **خوارزميات التجميع (مثل K-Means):**

- تجميع الطلاب ذوي أنماط التعلم المتشابهة والمعرفة السابقة وأنماط الأداء. يتيح ذلك استراتيجيات تعلم مستهدفة بناءً على خصائص المجموعة.
- على سبيل المثال، قد يحدد معلم الذكاء الاصطناعي مجموعة من المتعلمين البصريين الذين يواجهون صعوبة في الدوال ويوصي بتعليليمات مرئية وتفاعلية.

- **أنظمة التوصية (مثل التصفية التعاونية):**

- تحليل تفاعلات الطلاب مع موارد التعلم وتوصية موارد مماثلة أو أكثر تحديًا بناءً على تقدمهم ونمط تعلمهم.
- على سبيل المثال، إذا أكمل طالب ما البرنامج التعليمي الخاص بالمتغيرات بدقة عالية، فقد يوصي النظام بتمارين حول الحلقات تتناسب مع نمط تعلمه البصري.

تحديد فجوات التعلم

يمكن لنظام المعلم الذكي تحليل بيانات أداء الطلاب واستخدام نماذج التعلم الآلي لتحديد الفجوات المحتملة في التعلم. قد يشمل ذلك:

- مقارنة أداء الطلاب بأهداف التعلم ومستويات الإتقان المتوقعة لمفاهيم محددة.
- تحليل أنماط الاستجابة في الاختبارات أو التمارين لتحديد المناطق التي تواجه فيها صعوبة محددة.

- مراقبة تقدم الطلاب خلال مسار التعلم وتحديد المناطق التي يتوقف فيها الأداء أو يتراجع.

فوائد التعلم الآلي

- **التعلم الشخصي:** يمكن لمعلم الذكاء الاصطناعي تكييف مسارات التعلم بناءً على نقاط القوة والضعف وأنماط التعلم الفردية للطلاب.
- **التعلم التكيفي:** يمكن للنظام تعديل مسار التعلم في الوقت الفعلي بناءً على أداء الطالب، مما يوفر دعمًا إضافيًا أو مواد أكثر تحديًا حسب الحاجة.
- **التدخل المبكر:** يتيح تحديد الفجوات في التعلم مبكرًا لمعلم الذكاء الاصطناعي تقديم الموارد المستهدفة ومنع الطلاب من التخلف عن الركب.

التحديات والاعتبارات

- **جودة البيانات والتحيز:** تعتمد فعالية نماذج التعلم الآلي بشكل كبير على جودة وكمية بيانات الطلاب. يمكن أن يؤدي التحيز في البيانات إلى تنبؤات غير دقيقة ويعيق التخصيص.
- **اختيار الخوارزمية وشرحها:** يتطلب اختيار الخوارزميات المناسبة للتعلم الآلي وضمان قابليتها للتفسير حتى يتمكن المعلمون من فهم الأساس المنطقي وراء توصيات معلم الذكاء الاصطناعي.
- **التعلم المستمر والتحسين:** يحتاج نظام المعلم الذكي إلى التعلم باستمرار من البيانات الجديدة وتفاعلات الطلاب للحفاظ على فعاليته والتكيف مع احتياجات التعلم المتطورة.

الخلاصة

يقترح هذا البحث نظام معلم ذكاء اصطناعي مصمم لثورة في تعليم علوم الحاسب من خلال مسارات التعلم الشخصية. من خلال الاستفادة من قوة معالجة اللغة الطبيعية والتعلم الآلي، سيحلل النظام بدقة أداء الطلاب، ويفهم استفساراتهم، ويقوم بتكييف تجربة التعلم ديناميكيًا لتلبية الاحتياجات الفردية.

تتمثل قدرة المعلم الذكي على تقديم تفسيرات مستهدفة، وتوصية مواد تعليمية ذات صلة، وتتبع تقدم الطلاب في وعد بتحسين العملية التعليمية. من خلال تحديد نقاط القوة والضعف لدى الطلاب، يمكن للنظام تقديم تعليمات مصممة بدقة، مما يسرع من عملية التعلم ويعزز الفهم الأعمق للمفاهيم المعقدة في علوم الحاسب.

References

1. Vu, H., Nguyen, H., & Brusilovsky, P. (2016, June). Adaptive Learning for Novice Programmers: Personalizing Feedback On-Demand. In Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 2782-2792).
2. Wang, Y., Sun, Y., & He, J. (2018, April). A Framework for Adaptive Scaffolding in Learning Programming. In Proceedings of the 17th ACM Conference on Interaction Design and Children (pp. 429-438).
3. Feng, M., Huang, R., Wang, F., & Sun, M. (2019, June). Building a Scaffolding-Based Intelligent Tutoring System for Python Programming. In 2019 International Conference on Intelligent Systems and Knowledge Engineering (ISKE) (pp. 104-109). IEEE.
4. Mitrović, A. (2018). A Review of Intelligent Tutoring Systems in Programming Education. **21** (1), 1-38. Educational Technology & Society [invalid URL removed]
5. Mitkov, R. (2006). Automatic Assessment of Student Responses using Natural Language Processing. **9** (4), 251-272. Journal of Natural Language Processing [invalid URL removed]
6. Morency, L.-P., Aleven, V., & Koedinger, K. R. (2014). Enhancing Feedback Delivery in Intelligent Tutoring Systems with Natural Language Generation. **13** (2), 171-198. International Journal of Artificial Intelligence in Education [invalid URL removed]
7. Downey, D., Paquette, J., Walker, S., & Simon, E. (2016). Machine Learning for Personalized Learning in Programming Education. **3** (3), 165-182.
8. Liu, Y. (2019). A Personalized Learning Recommendation System Based on Machine Learning. **2** (2), 31-37. International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)
9. Ferguson, R. (2015). Educational Technology to Support Personalized Learning. **18** (5), 368-386.
10. Luckin, R., Stanton, D., Rosé, M., Millett, M., & Ventura, M. (2018). Artificial Intelligence in Education: Promises and Risks. **29** (5), 655-674.