

<https://doi.org/10.25559/SITITO.020.202402.388-393>
УДК 004.8

Обзорная статья

Мониторинг метапредметных результатов обучения младших школьников с использованием искусственного интеллекта

И. Ф. Астахова^{1*}, Е. И. Киселева²

¹ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж, Российская Федерация
Адрес: 394018, Российская Федерация, г. Воронеж, Университетская площадь, д. 1

² ФГБОУ ВО «Воронежский государственный педагогический университет», г. Воронеж, Российская Федерация

Адрес: 394043, Российская Федерация, г. Воронеж, ул. Ленина, д. 86

* astachova@list.ru

Аннотация

В данной статье представлена разработка модели формализации процесса мониторинга метапредметных результатов обучения младших школьников. В требованиях Федеральных государственных образовательных стандартов начального общего образования помимо требований к усвоению содержательной части курса определяют требования к результату метапредметной подготовки обучающихся, предполагающие освоение межпредметных понятий и универсальных учебных действий. Целенаправленная деятельность по формированию таких умений требует проведения систематического мониторинга, отличного от контроля предметных знаний и умений.

Для диагностики метапредметных результатов разработаны различные процедуры: оценка выполнения учащимися заданий, разработанных с целью определения уровня сформированности каждого учебного действия; в ходе выполнения предметных задач; выполнения комплексных межпредметных заданий. Обработка результатов диагностики, исследование их динамики для каждого учащегося сопряжено со значительными трудозатратами учителя. Требуется универсальное средство автоматизирующее процесс мониторинга метапредметных результатов обучения.

Разработка системы мониторинга метапредметных результатов обучения младших школьников осуществлялась на основе дидактической системы деятельностного метода Л.Г. Петерсон. Задача оценки уровня сформированности метапредметных результатов обучения рассматривалась как задача классификации обучающихся на группы, внутри каждой из которых обучающиеся получают одинаковую оценку (уровень сформированности универсальных учебных действий). Использование нейросетевых технологий позволяет автоматизировать процесс. Для решения задачи используется сеть Кохонена

Ключевые слова: метапредметные результаты обучения, искусственный интеллект, искусственная нейронная сеть, нейронная сеть Кохонена

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Астахова И. Ф., Киселева Е. И. Мониторинг метапредметных результатов обучения младших школьников с использованием искусственного интеллекта // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2024. Т. 20, № 2. С. 388-393. <https://doi.org/10.25559/SITITO.020.202402.388-393>

© Астахова И. Ф., Киселева Е. И., 2024



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.



Monitoring Metasubject Results of Teaching Junior School Children Using Artificial Intelligence

I. F. Astachova^a, E. I. Kiseleva^b

^a Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation

Address: 1 Universitetskaya pl., Voronezh 394018, Russian Federation

^b Voronezh State Pedagogical University, Voronezh, Russian Federation

Address: 86 Lenin St., Voronezh 394043, Russian Federation

* astachova@list.ru

Abstract

This article presents the development of a model for formalizing the process of monitoring meta-subject learning results for junior schoolchildren. The requirements of the Federal State Educational Standards for Primary General Education, in addition to the requirements for mastering the content of the course, define the requirements for the result of meta-subject training of students, which involve mastering interdisciplinary concepts and universal educational actions. Purposeful activities to develop such skills require systematic monitoring, different from monitoring subject knowledge and skills.

To diagnose meta-subject results, various procedures have been developed: assessing students' performance of tasks designed to determine the level of formation of each educational action; during the implementation of subject tasks; performing complex interdisciplinary tasks. Processing diagnostic results and studying their dynamics for each student involves significant labor costs for the teacher. A universal tool is required that automates the process of monitoring meta-subject learning outcomes.

The development of a system for monitoring meta-subject learning outcomes for junior schoolchildren was carried out on the basis of the didactic system of the activity method of L.G. Peterson.

The task of assessing the level of formation of meta-subject learning outcomes was considered as a task of classifying students into groups, within each of which students receive the same assessment (the level of formation of universal learning actions). The use of neural network technologies allows you to automate the process. To solve the problem, the Kohonen network is used.

Keywords: metasubject results of teaching, artificial neural network, Kohonen neural network, artificial intelligence in education

Conflict of interests: The authors declares no conflict of interest.

For citation: Astachova I.F., Kiseleva E.I. Monitoring Metasubject Results of Teaching Junior School Children Using Artificial Intelligence. *Modern Information Technologies and IT-Education*. 2024;20(2):388-393. <https://doi.org/10.25559/SITITO.020.202402.388-393>



Введение

В требованиях Федеральных государственных образовательных стандартов начального общего образования помимо требований к усвоению содержательной части курса определяют требования к результату метапредметной подготовки обучающихся, предполагающие освоение межпредметных понятий и универсальных учебных действий. Целенаправленная деятельность по формированию таких умений требует проведения систематического мониторинга, отличного от контроля предметных знаний и умений.

Для диагностики метапредметных результатов разработаны различные процедуры: оценка выполнения учащимися заданий, разработанных с целью определения уровня сформированности каждого учебного действия; в ходе выполнения предметных задач; выполнения комплексных межпредметных заданий. Обработка результатов диагностики, исследование их динамики для каждого учащегося сопряжено со значительными трудозатратами учителя. Кроме того, поскольку по своей природе такие результаты носят комплексный характер, требуется разработки принципиально новых средств сбора, хранения и обработки информации о достижениях учащихся. С этой целью исследователями предлагается разработка различных цифровых технологий мониторинга, обработки и хранения информации. В литературе описаны как информационные системы, предназначенные для обработки поступающей информации, так и системы анализа предметных результатов обучения, накапливающихся в электронных системах. Недостатком данных систем является локальный характер, так как применимость ограничена либо предметной областью (диагностика учебных действий на материале конкретного предмета), либо возрастными ограничениями. Таким образом, требуется универсальное средство автоматизирующее процесс мониторинга метапредметных результатов обучения.

Цель работы. Целью работы является разработка и исследование модели формализации процесса мониторинга метапредметных результатов обучения с использованием методов искусственного интеллекта.

Материалы и методы

Современные обучающие системы представляют сложные программные комплексы, функционирование которых требует обработки больших массивов данных в режиме реального времени. Это требование обусловило необходимость применения нетрадиционных технологий, прежде всего технологий с использованием искусственного интеллекта.

Технологии искусственных нейронных сетей относятся технологиям искусственного интеллекта в основе которых лежит имитация принципов функционирования человеческого мозга. Современные нейронные сети широко применяются для решения задач классификации, распознавания, предсказания, управления процессом в тех случаях, когда условие задачи трудно или невозможно формализовать [1-5].

В обучающих системах нейросетевые технологии используются для создания программных продуктов, в основе которых лежит технология нейронных сетей, для автоматизации создания и оптимизации функционирования различных составляющих образовательного процесса. Нейронные сети применяются для оценки результатов тестирования студентов. Применение нейронных сетей позволяет получить более точную картину знаний обучающихся, выявить пробелы в знаниях обучающихся, повысить объективность тестирования [6-14].

Нейронные сети в образовании так же используются для решения задач, близких к задачам классификации, в которых необходимо выполнить анализ большого числа трудно формализуемых факторов. К числу таких задач относится задача составления достоверного рейтинга преподавателей на основе опроса студентов [15], задача оценки деятельности и классификации учреждений высшего образования [16].

Другим классом задач, в решении которых нейросети показали свою эффективность, является управление процессом обучения. Нейронная сеть имеет возможность агрегировать данные о процессе обучения и на их основе определять очередное событие в генерируемом сценарии процесса обучения [17]. При обучении сети в качестве входных сигналов рассматриваются данные о текущем состоянии процесса обучения, выходные данные представляют информацию о следующем состоянии системы. Успешность применения нейронных сетей в процессе обучения зависит от многих факторов: выбора оптимальной архитектуры нейронной сети [18-21], определения структуры и размерности входных и выходных параметров сети и обучающей выборки, выбор эффективного алгоритма обучения сети. Разработка системы мониторинга метапредметных результатов обучения младших школьников осуществлялась на основе дидактической системы деятельностного метода Л.Г. Петерсон¹. В основе данного подхода лежит система комплексного мониторинга метапредметных результатов с помощью различных диагностических процедур: тестов, практических работ учащихся, карты наблюдений учителя и т.д. Каждая диагностика оценивается определенным количеством баллов, результаты учащихся сохраняются на протяжении всего периода обучения, что позволяет отследить динамику.

Задача оценки уровня сформированности метапредметных результатов обучения рассматривалась как задача классификации обучающихся на группы, внутри каждой из которых обучающиеся получают одинаковую оценку (уровень сформированности универсальных учебных действий). Использование нейросетевых технологий позволяет автоматизировать процесс. Для решения задачи использовалась сеть Кохонена. Сети Кохонена относящиеся к нейронным сетям, обучающимся без учителя, широко используются при решении задач кластеризации и прогнозирования² [22-25]. В этой сети число входов каждого нейрона равно размерности параметров классифицируемого объекта. Классифицируемые объекты представляют собой результаты диагностики метапредметных результатов (количеству баллов по каждому виду работ). Каждый нейрон имеет число входов, совпадающее с числом проведенных ди-

¹ Петерсон Л. Г., Кубышева М. А., Посполита Н. В., Рогатова М. В. Комплексный педагогический мониторинг процесса формирования универсальных учебных действий в начальной школе: Научно-методическое пособие / Под ред. Л. Г. Петерсон. М.: НОУ Институт СДП, 2016. 144 с.

² Каширина И. Л. Нейросетевые технологии : Учебно-методическое пособие для вузов. Воронеж: ВГУ, 2008. 72 с. EDN: TZFQXB



агностических процедур. Количество нейронов равно числу групп, на которые будут разделены обучающиеся.

Обучающиеся будут делиться на 4 группы:

1. показавшие низкий уровень сформированности универсальных учебных действий;
2. обучающиеся, показавшие средний уровень сформированности;
3. обучающиеся, показавшие уровень сформированности выше среднего;
4. учащиеся, показавшие высокий уровень сформированности универсальных учебных действий.

В процессе прохождения диагностики обучающимся формируется вектор оценки его результатов, компонентами которого являются числа, равные количеству баллов за соответствующую диагностику.

Параметры нейронов сети представляют столбцы весовой матрицы. На первом этапе значения весов задаются случайным образом значениями из промежутка $[0,1]$. В процессе обучения сети при предъявлении на вход каждого из векторов обучающей выборки эти значения модифицируются в процессе самоорганизации.

Алгоритм обучения сети Кохонена состоит из следующих шагов:

1. Инициализация сети.
2. Присвоение весовым коэффициентам сети $W_{ij}, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$ малых случайных значений. Задаются значения: α_0 – начальный темп обучения и D_0 – максимальное расстояние между весовыми векторами (столбцами матрицы W).
3. Предъявление сети нового входного сигнала X из обучающей выборки.
4. Вычисление расстояния от входа X до всех нейронов сети: $d_j = \sum_{i=1}^n (X_i - W_{ij}^N)^2, j = \overline{1, m}$.
5. Выбор нейрона $k, 1 \leq k \leq m$ с наименьшим расстоянием d_k от входа до нейронов сети.
6. Настройка весов i -го нейрона и всех нейронов, находящихся от него на расстоянии, не превосходящем D_N : $W_{ij}^{N+1} = W_{ij}^N + \alpha_N (X_i - W_{ij}^N)$.
7. Уменьшение значений α_N, D_N .

Шаги 2-7 повторяются до тех пор, пока веса не перестанут меняться (или пока суммарное изменение всех весов станет меньше величины, заданной пользователем).

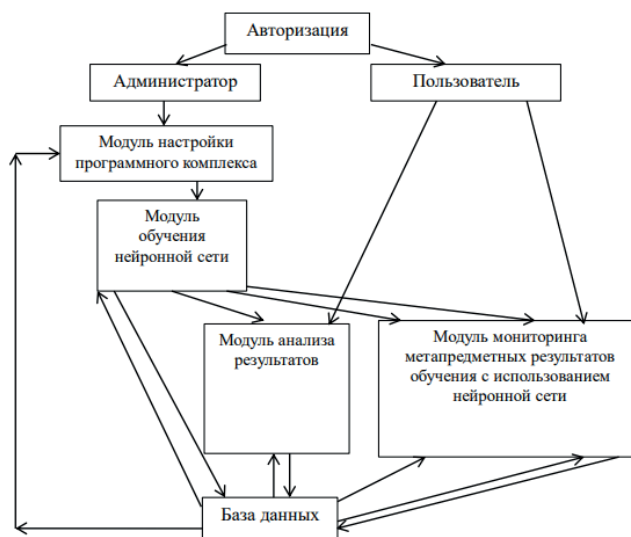
После обучения сети постановка диагноза выполняется посредством подачи испытуемого вектора на вход сети и вычисления расстояния от него, до каждого нейрона с последующим выбором нейрона с наименьшим расстоянием в качестве индикатора класса. Номер выбранного класса соответствует уровню сформированности универсальных учебных действий у учащегося.

Результаты

Для разработки проекта использовался язык C++. Данный проект был разбит на несколько модулей. Каждый из модулей, выполняет одну из следующих задач: отображение и обновление окна программы, интерфейс программы, модуль реализации оценки уровня сформированности метапредметных результатов с использованием искусственного интеллекта.

Функциональная схема программного комплекса приведена на рисунке 1. Программный комплекс разделен на 2 части,

часть пользователя (учителя) и часть администратора. Первая часть системы для работы администратора, она предназначена для накопления и хранения информации, настройки и обучения нейронной сети. Вторая часть обеспечивает работу пользователя (учителя) и предназначена для мониторинга метапредметных результатов обучения. Схема взаимодействия основных модулей показана на рисунке 2.

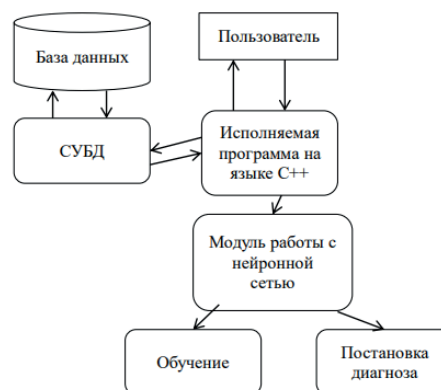


Р и с. 1. Функциональная схема программного комплекса

Fig. 1. Functional diagram of the software package

Источник: здесь и далее в статье все рисунки составлены авторами.

Source: Hereinafter in this article all figures were drawn up by the authors.



Р и с. 2. Структурная схема взаимодействия модулей программного комплекса

Fig. 2. Structural diagram of interaction between software package modules

Заключение

В данной работе получены следующие основные результаты.

1. Разработана формальная модель мониторинга метапредметных результатов обучения с использованием методов искусственного интеллекта.
2. Создан программный комплекс, реализующий описанные алгоритмы.



References

- [1] Taiwo B.O., Yewuhalashet F., Adamolekun L.B., et al. Development of artificial neural network based mathematical models for predicting small scale quarry powder factor for efficient fragmentation coupled with uniformity index model. *Artificial Intelligence Review*. 2023;56:14535-14556. <https://doi.org/10.1007/s10462-023-10524-1>
- [2] Huang C., Zhou J., Chen J., et al. A feature weighted support vector machine and artificial neural network algorithm for academic course performance prediction. *Neural Computing and Applications*. 2023;35:11517-11529. <https://doi.org/10.1007/s00521-021-05962-3>
- [3] Amosov O.S., Amosova S.G., Ivanov Y.S., et al. Using the deep neural networks for normal and abnormal situation recognition in the automatic access monitoring and control system of vehicles. *Neural Computing and Applications*. 2021;33:3069-3083. <https://doi.org/10.1007/s00521-020-05170-5>
- [4] Ikegwu A.C., Nweke H.F., Alo U.R., Okonkwo O.R. HMCPEAD: a new framework for students' dropout prediction. In: Proceedings of the 2nd International Conference on ICT for National Development and Its Sustainability (ICT4NDS 2021). Ilorin, Nigeria: University of Ilorin; 2021. p. 131-140.
- [5] Bakhshinategh B., Zaiane O.R., ElAtia S., Ipperciel D. Educational data mining applications and tasks: A survey of the last 10 years. *Education and Information Technologies*. 2018;23(1):537-553. <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9616-z>
- [6] Brimzhanova S., Atanov S., Moldamurat K., et al. An intelligent testing system development based on the shingle algorithm for assessing humanities students' academic achievements. *Education and Information Technologies*. 2022;27:10785-10807. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11057-w>
- [7] Shamir G., Levin I. Neural Network Construction Practices in Elementary School. *KI – Künstliche Intelligenz*. 2021;35:181-189. <https://doi.org/10.1007/s13218-021-00729-3>
- [8] Dutt S., Ahuja N.J., Kumar M. An intelligent tutoring system architecture based on fuzzy neural network (FNN) for special education of learning disabled learners. *Education and Information Technologies*. 2022;27:2613-2633. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10713-x>
- [9] Salas-Pilco S.Z., Yang, Y. Artificial intelligence applications in Latin American higher education: a systematic review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*. 2022;19:21. <https://doi.org/10.1186/s41239-022-00326-w>
- [10] Xu W., Ouyang F. A systematic review of AI role in the educational system based on a proposed conceptual framework. *Education and Information Technologies*. 2022;27:4195-4223. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10774-y>
- [11] Chassignol M., Khoroshavin A., Klimova A., Bilyatdinova A. Artificial intelligence trends in education: A narrative overview. *Procedia Computer Science*. 2018;136:16-24. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.08.233>
- [12] Chatterjee S., Bhattacharjee K.K. Adoption of artificial intelligence in higher education: A quantitative analysis using structural equation modelling. *Education and Information Technologies*. 2020;25:3443-3463. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10159-7>
- [13] Drigas A., Ioannidou R.-E. Artificial Intelligence in Special Education: A Decade Review. *International Journal of Engineering Education*. 2021;28(6):1366-11372. Available at: http://imm.demokritos.gr/publications/AI_IJEE.pdf (accessed 17.01.2024).
- [14] Zhang J., Zhang C. Teaching quality monitoring and evaluation of physical education teaching in ordinary college based on edge computing optimization model. *The Journal of Supercomputing*. 2023;79:16559-16579. <https://doi.org/10.1007/s11227-023-05324-x>
- [15] Huang X. Aims for cultivating students' key competencies based on artificial intelligence education in China. *Education and Information Technologies*. 2021;26:5127-5147. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10530-2>
- [16] Wang C., Cai J., Gao C., et al. History, Status, and Development of AI-Based Learning Science. *SN Computer Science*. 2023;4:316. <https://doi.org/10.1007/s42979-023-01778-1>
- [17] Kelkar S. Between AI and learning science: the evolution and commercialization of intelligent tutoring systems. *IEEE Annals of the History of Computing*. 2022;44:20-30. <https://doi.org/10.1109/MAHC.2022.3143816>
- [18] Albreiki B., Habuza T., Zaki N. Extracting topological features to identify at-risk students using machine learning and graph convolutional network models. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*. 2023;20:23. <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00389-3>
- [19] Crompton H., Burke D. Artificial intelligence in higher education: the state of the field. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*. 2023;20:22. <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00392-8>
- [20] Chu H., Tu Y., Yang K. Roles and research trends of artificial intelligence in higher education: A systematic review of the top 50 most-cited articles. *Australasian Journal of Educational Technology*. 2022;38(3):22-42. <https://doi.org/10.14742/ajet.7526>
- [21] Mienye I.D., Swart T.G. A Comprehensive Review of Deep Learning: Architectures, Recent Advances, and Applications. *Information*. 2024;15(12):755. <https://doi.org/10.3390/info15120755>
- [22] de Carvalho S.D., de Melo F.R., Flôres E.L., et al. Intelligent tutoring system using expert knowledge and Kohonen maps with automated training. *Neural Computing and Applications*. 2020;32:13577-13589. <https://doi.org/10.1007/s00521-020-04767-0>
- [23] Guo A., Jiang A., Lin J., et al. Data mining algorithms for bridge health monitoring: Kohonen clustering and LSTM prediction approaches. *The Journal of Supercomputing*. 2020;76:932-947. <https://doi.org/10.1007/s11227-019-03045-8>
- [24] Astachova I.F. The application of artificial immune system for parallel process of calculation and their comparison with existing methods. *Journal of Physics: Conference Series*. 2019;1202:012003. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1202/1/012003>



- [25] Kiseleva E.I., Astachova I.F. Intelligent Support for Medical Decision Making. In: Radionov A.A., Gasiyarov V.R. (eds.) Advances in Automation III. RusAutoCon 2021. *Lecture Notes in Electrical Engineering*. Vol. 857. Cham: Springer; 2022. p. 113-120. https://doi.org/10.1007/978-3-030-94202-1_11

Поступила 17.01.2024; одобрена после рецензирования 28.03.2024; принята к публикации 27.05.2024.

Submitted 17.01.2024; approved after reviewing 28.03.2024; accepted for publication 27.05.2024.

Об авторах:

Астахова Ирина Федоровна, профессор кафедры математического обеспечения ЭВМ факультета прикладной математики, информатики и механики, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет» (394018, Российская Федерация, г. Воронеж, Университетская площадь, д. 1), доктор технических наук, профессор, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2627-8508>**, astachova@list.ru

Киселева Екатерина Игоревна, доцент кафедры педагогики и методики дошкольного и начального образования психолого-педагогического факультета, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный педагогический университет» (394043, Российская Федерация, г. Воронеж, ул. Ленина, д. 86), кандидат физико-математических наук, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6406-9782>**, ekaterkisel@mail.ru

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the authors:

Irina F. Astachova, Professor of the Department of Computer Hardware, Faculty of Applied Mathematics, Informatics and Mechanics, Voronezh State University (1 Universitetskaya pl., Voronezh 394018, Russian Federation), Dr. Sci. (Eng.), Professor, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2627-8508>**, astachova@list.ru

Ekaterina I. Kiseleva, Associate Professor of the Department of Pedagogy and Methods of Preschool and Primary Education, Psychological and Pedagogical Faculty, Voronezh State Pedagogical University (86 Lenin St., Voronezh 394043, Russian Federation), Cand. Sci. (Phys.-Math.), **ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6406-9782>**, ekaterkisel@mail.ru

All authors have read and approved the final manuscript.

