

OVERVIEW OF SMART SYSTEMS IN DISTANCE LEARNING BASED ON MULTIAGENT APPROACH

G. A. Samigulina, A. T. Nyussupov

Institute of Information and Computational Technologies,
050010, Republic of Kazakhstan, Almaty

The article has been conducted an analytical review of the current state of distance learning (DL) on the basis of multiagent approach. The most widespread intelligent systems in DL have been discussed. The hybrid systems have been isolated based on various combinations of intelligent methods (artificial neural networks, evolutionary algorithms, artificial immune systems, fuzzy logics, etc.). Such systems provide an opportunity to identify a global strategy of supplying of educational material, and effectively arrange for the training in DL and personalize it for specific groups of learners. The expert systems have been marked which have the ability to plan courses in DL and use the problem-oriented methodology of knowledge formalization, which increase the speed and efficiency of designing educational courses.

Smart learning is widely used in education, which improves DL due to the penetration of smart components. It is revealed that Smart-learning can provide many useful opportunities for the learners, but it also positively affects the efficiency of assimilation of course material. Using the multiagent system (MAS) is of immediate interest in DL on the basis of such intelligent agents, such as: gaming, cloud, cognitive, personal, ontological, collective, support, and decision-making, etc. The cognitive factors have particular importance of interaction of students with the DL system which is based on emotion and mental opinions tracking by agents, among leaners during the learning process. Emotional mechanism allows to know the most appropriate pattern of interaction with the learner, on the basis of desires and emotions demonstrated by the students. Cognitive agents improve communication between users and provide personal support compared to neutral agents. It is revealed that this technology gives the opportunity to study the causes of different events and make predictions of learning outcomes.

The attention is focused on flexible ways of organizing knowledge with the help of agents based on personal or collective training as well as ontological methods of structuring data. Agents of collective learning can analyze the activity of students in the group to identify their role in the team and diagnose the state of cooperation (taking into account the balance of team roles in an ideal situation). Multiagent systems of personal training are able to adapt to the characteristics of the students and to use the experience gained for the modelling of optimal education process. The features of the ontological approach are distinguished, which allow to efficiently distribute agents and to improve performance for MAS.

The importance of cloud MAS has been noted, which allows to get an education on computers with small computing power. The effectiveness of the cloud-based MAS DLapplication has been highlighted in comparison with traditional DL: the expansion of learning opportunities, broad access to information from various devices (computers, smartphones and tablets), stronger collective and collaborative studying, individualized learning, etc. Cloud technology allows agents to process multidimensional data directly on the servers and reduce the load information transmission in DL. The activities of these agents open the way for the creation of a common training base, in which both private and public educational institutions will involve. It is analyzed that this technology can treat multidimensional data directly on the servers and reduces the load on learner's devices.

MAS support and decision-making in DL have been also reviewed enabling the students to find the right decisions when problems arise. These systems generate the process of learning and support the work of the student and the teacher, and in a timely manner to assist them in the learning environment. It is found out that through the support of students, efficiency is increased and the process of learning in DL is significantly simplified.

Much attention is paid to the role of the agent-oriented approach to improving the flow of knowledge in public educational institutions. It has been found out that such systems can act as a regulatory component of the state educational system.

The implementation of agents in a learning environment where the behavioral factor dominates, allows to understand in what direction to develop basic education and increase its effectiveness. It is determined that such MAS can simulate training program before applying it in the real education environment. The game approach of MAS has been considered for better assimilation of information in DL. The method used allows students to gain experience of conversational interaction with the virtual world, based on various learning criteria. Such agents can be represented visually in the form of cartoon characters or orally with the help of machine-simulated voice. This approach increases the efficiency of information perception.

Thus the review considers DL based on intelligent systems and MAS. The conditions of implementation of DL educational systems, learning resources, and interaction between the teacher and the students are considered.

Also education forms have been analyzed, the main directions of DL development based on intelligent systems have been presented, and the differences of these DL from traditional learning have been illustrated.

The problems have been highlighted that are solved by learners and teachers in DL. It has been shown that the effectiveness of the DL is determined by the use of agent-based technologies that underlie the design and implementation of online courses.

It was concluded that DL based on MAS can be considered as an effective form of learning through intelligent approaches that are rarely implemented in traditional form of education. It was determined that introduction of DL into teaching practice allows to develop students' abilities to think critically, make informed decisions and acquire the skills of communication, both in business and in everyday life. Also the importance of the DL development has been emphasized on the basis of intelligent systems for persons with different disabilities.

It is clarified that due to the MAS underlying DL systems, the effectiveness of the training is increased and many of the processes of educational organizations are automatized. Agent-oriented technology allows to significantly facilitate the perception and awareness of the information in DL and creates available individual learning environment of students. Advantages of MAS have been identified, main ones are: flexibility in the development of various software and hardware solutions, the ability to use in conjunction with other programming languages, the versatility and the stability of the system as a whole, and also speed of processing of multidimensional data and independence of the individual parts.

Key words: intelligent system, distance education, multi-agent approach, agents, cognitive approach.

References

1. Tony D. Triggs Pitman, Sir Isaac (1813–1897) // Oxford Dictionary of National Biography. UK: Oxford University Press (online edition), 2014. [Electron. res.]. <http://www.oxforddnb.com/index/22/101022322/>.
2. Tyurikova E. M. Distancionnoe obuchenie — novaya forma informacionno-pedagogicheskoy sredy // Gumanitarnyj vektor. Seriya: Pedagogika, psihologiya, 2013. N 33 (1). P. 72–76.

3. Zaharov, V. N. *Intellektual'nye sistemy upravleniya: osnovnye ponyatiya i opredeleniya* // *Izvestiya RAN. Teoriya i sistemy upravleniya*, 1997. N 3. P. 138–145.
4. Dzhorzh F. Lyuger. *Iskusstvennyj intellekt: strategii i metody resheniya slozhnyh problem*. Kiev: Izd. dom „Vil'yams“, 2003.
5. Jeffrey P. Bakken, Vladimir L. Uskov, Archana Penumatsa, Aishwarya Doddapaneni. *Smart Universities, Smart Classrooms and Students with Disabilities* // *Smart Universities, Smart Classrooms and Students with Disabilities*. Switzerland: Springer International Publishing, 2016. P. 15–27.
6. Samigulina G. A., Shayakhmetova A. S. *The information system of distance learning for people with impaired vision on the basis of artificial intelligence approaches* // *Proceedings of the II International conference on Smart Education and E-learning*. Italy, Sorrento: Springer, 2015. P. 255–265.
7. Samigulina G. A., SHayahmetova A. S. *Kombinirovannaya ontologicheskaya model' dlya distancionnogo obucheniya lyudej s ogranichennymi vozmozhnostyami zreniya* // *Problemy informatiki*. Novosibirsk, 2015. N 3. P. 28–35.
8. Rong, S. *Application of Multi-agent in Personalized Education System* // *Advances in Computer Science, Environment, Ecoinformatics, and Education*. Berlin: Springer-Verlag, 2011. P. 518–522.
9. Samigulina G. A., Shayakhmetova A. S. *Development of the Smart — system of distance learning visually impaired people on the basis of the combined OWL model (Razrabotka Smart — sistemy distancionnogo obucheniya lyudej s ogranichennymi vozmozhnostyami zreniya na osnove kombinirovannoj OWL modeli)* // *Proceeding of the 3rd International KES Conference on Smart Education and E-learning (KES-SEEL-16)*. Puerto de la Cruz, Tenerife, Spain, 2016 (Springer). P. 109–118.
10. 10. Tiago T. Primo, André B., Rosa, M. Vicari *A Semantic Web Approach to Recommend Learning Objects* // *Highlights on Practical Applications of Agents and Multi-Agent Systems*. Berlin: Springer-Verlag, 2013. P. 340–350.
11. Paula R., Néstor D., Demetrio A. *Ovalle Multi-agent System for Knowledge-Based Recommendation of Learning Objects Using Metadata Clustering* // *Highlights of Practical Applications of Agents, Multi-Agent Systems, and Sustainability*. The PAAMS Collection. Switzerland: Springer International Publishing, 2015. P. 356–364.
12. Valdés-Pasarón S., Marquez B.Y., Gaxiola L. *Knowledge and Data Engineering for Analyzing the Quality of Education Using Fuzzy Logic* // *Electrical Power Systems and Computers*. Berlin: Springer-Verlag, 2011. P. 567–573.
13. Lian-duo Yan, Xiu-lan Ma, Li-ling Wang *Intelligent Interaction System of Distance Education Based on Natural Language Matching* // *Advances in Future Computer and Control Systems*. Berlin: Springer-Verlag, 2013. P. 237–242.
14. Laura K. Allen, Danielle S. McNamara *Promoting Self-Regulated Learning in an Intelligent Tutoring System for Writing* // *Artificial Intelligence in Education*. Switzerland: Springer International Publishing, 2015. P. 827–830.
15. David Wen-Shung Tai, Hui-Ju Wu, Pi-Hsiang Li *A Hybrid System: Neural Network with Data Mining in an e-Learning Environment* // *Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems*. Berlin: Springer-Verlag, 2007. P. 42–49.
16. Chin-Ling Lee, Chih-Hui Huang, Cheng-Jian Lin // *Test-Sheet Composition Using Immune Algorithm for E-Learning Application* // *New Trends in Applied Artificial Intelligence*. Berlin: Springer-Verlag, 2007. P. 823–833.
17. Fabrizio M., Giuseppe P., Domenico R., Corrado S., Giuseppe M. L. *Sarneo? A Distributed Agent-Based Approach for Supporting Group Formation in P2P e-Learning* // *AI*IA 2013: Advances in Artificial Intelligence*. Switzerland: Springer International Publishing, 2013. P. 312–323.

18. Rubén F., Rosanna C. A Multi-agent Model That Promotes Team-Role Balance in Computer Supported Collaborative Learning // *Advances in New Technologies, Interactive Interfaces and Communicability*. Berlin: Springer-Verlag, 2012. P. 85–91.
19. Xiaohan Z., Honghua X., Lin H., Shuying Z. Collaborative Learning on Multi-agent in M-Learning // *Advances in Multimedia, Software Engineering and Computing Vol.2*. Berlin: Springer-Verlag, 2012. P. 595–601.
20. Stamatias P., Panagiotopoulos I., Goumopoulos C., Kameas A. APLe: Agents for Personalized Learning in Distance Learning // *Computer Supported Education*. Switzerland: Springer International Publishing, 2016. P. 37–56.
21. Rong, S. Application of Multi-agent in Personalized Education System // *Advances in Computer Science, Environment, Ecoinformatics, and Education*. Berlin: Springer-Verlag, 2011. P. 518–522.
22. Dejan R., Kristijan K., Olivera P., Dragan R. Agent-Based Approach for Game-Based Learning Applications: Case Study in Agent-Personalized Trend in Engineering Education // *Agent and Multi-Agent Systems: Technologies and Applications*. Switzerland: Springer International Publishing, 2015. P. 453–466.
23. Kristijan K., Ivan M., Dejan R., Petar S. Designing Intelligent Agent in Multilevel Game-Based Modules for E-Learning Computer Science Course // *E-Learning Paradigms and Applications*. Berlin: Springer-Verlag, 2012. P. 397–405.
24. Shuhua H., Xuemei S. The Study on University Library Information Service for Regional Characterized Economy Construction Based on Integrated Agent // *Computer Supported Education*. Berlin: Springer-Verlag, 2013. P. 289–294.
25. Godfrey O., Jude T. Lubega, Gilbert M., Richard O. Angole Towards an Interactive Agent-Based Approach to Real-Time Feedback (IAARF) in E-Learning System // *Hybrid Learning*. Berlin: Springer-Verlag, 2012. P. 317–328.
26. Wen, S. Duan, Yan, M., Lun, P. Liu, Tian, P. Dong Research on an Intelligent Distance Education System Based on Multi-agent // *Proceedings of the International Conference on Information Engineering and Applications (IEA) 2012*. London: Springer-Verlag, 2013. P. 579–586.
27. Ahmetova L.V. Metody kognitivnogo obucheniya: psihologo-didakticheskij podhod // *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta*. Tomsk: Tomskij gosudarstvennyj pedagogicheskij universitet, 2009. P. 48–52.
28. Nagoev, Z. V. Metody prinyatiya reshenij i upravleniya v nestruturirovannyh zadachah na osnove samoorganizuyushchihsiya mul'tiagentnyh rekursivnyh kognitivnyh arhitektur: dis. . . . d. i. n. : 30.10.13 / FGBUN Institut informatiki i problem regional'nogo upravleniya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN. Na'chik, 2013.
29. Roger A., Jason H., Gregory T., Melissa D., Reza F., Francois B., Ronald L. Using Trace Data to Examine the Complex Roles of Cognitive, Metacognitive, and Emotional Self-Regulatory Processes During Learning with Multi-agent Systems // *International Handbook of Metacognition and Learning Technologies*. New York: Springer Science, 2013. P. 427–449.
30. Jingying C., Nan L., Yuanyuan L., Leyuan L., Kun Z., Joanna K. A hybrid intelligence-aided approach to affect-sensitive e-learning // *Computing*. Wien: Springer-Verlag, 2014. P. 215–233.
31. Usef F., Philippe F., Roger N. CELTS: A Cognitive Tutoring Agent with Human-Like Learning Capabilities and Emotions // *Intelligent and Adaptive Educational-Learning Systems*. Berlin: Springer-Verlag, 2013. P. 339–365.
32. Chatzara K., Karagiannidis C., Stamatias D. Cognitive support embedded in self-regulated e-learning systems for students with special learning needs // *Education and Information Technologies*. New York: Springer Science, 2014. P. 283–299.
33. Fabrice L., Nicolas G., Stéphane G., Vincent H. Ipseity — A Laboratory for Synthesizing and Validating Artificial Cognitive Systems in Multi-agent Systems // *Machine Learning and Knowledge Discovery in Databases*. Berlin: Springer-Verlag, 2013. P. 641–644.

34. Zalimkhan N., Olga N., Dana T. System Essence of Intelligence and Multi-agent Existential Mappings // Hybrid Intelligent Systems. Switzerland: Springer International Publishing, 2015. P. 67–76.

ОБЗОР ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ, ПОСТРОЕННЫХ НА ОСНОВЕ МУЛЬТАГЕНТНОГО ПОДХОДА

Г. А. Самигулина, А. Т. Нюсупов

Институт информационных и вычислительных технологий, 050010,
Республика Казахстан, Алма-Ата

УДК 004.85:004.89

В статье проведен аналитический обзор по интеллектуальным системам в дистанционном образовании на основе агентно-ориентированного подхода. Показана актуальность разработки мультиагентных систем при создании инновационных интеллектуальных технологий дистанционного обучения, основанных на применении различных подходов и системном анализе. Особое внимание уделено когнитивным агентам, у которых имеются поведенческие и эмоциональные функции взаимодействия со студентами в системе обучения. Показана важность дистанционного образования для обучающихся с различными ограниченными возможностями и перспективы их развития. Приведены основные достоинства и недостатки применения мультиагентного подхода при построении интеллектуальных систем дистанционного образования.

Ключевые слова: интеллектуальная система, дистанционное образование, мультиагентные системы, когнитивный подход.

Введение. В настоящее время дистанционное обучение (ДО) является одним из перспективных направлений в образовании. Оно берет свое начало с 1840 года, когда британский ученый-стенограф Исаак Питман впервые ввел термин „корреспондентское образование“ и начал обучать студентов через почтовую связь в Великобритании [1]. Благодаря гибкости и универсальному подходу, ДО стало конкурировать с традиционными системами обучения, предлагая новые методы модернизации образовательной и педагогической деятельности [2]. В связи с бурным развитием вычислительной техники и искусственного интеллекта активно разрабатываются современные инновационные технологии ДО для улучшения качества и повышения эффективности обучения. Наибольший интерес представляют интеллектуальные системы дистанционного обучения (ИСДО) и smart-технологии, которые обладают широкими возможностями для обеспечения высокого уровня обучения. Под интеллектуальной системой (ИС) понимается техническая или программная система, способная решать задачи, традиционно считающиеся творческими, принадлежащие конкретной предметной области [3]. Множество ИС [4], построенных на основе искусственных нейронных сетей, эволюционных алгоритмов, искусственных иммунных систем, широко используются для прогнозирования результатов обучения, поддержки и принятия решений, анализа многомерных данных, компьютерной безопасности

Работа выполнена по гранту Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан № ГР 0215РК01472 (2015–2017 гг.) по теме „Разработка информационной технологии, алгоритмов и программно-аппаратного обеспечения для интеллектуальных систем управления сложными объектами в условиях параметрической неопределенности“.

в ДО и т. д. Современные ИС с использованием мультиагентного, когнитивного и онтологического подходов успешно решают задачи, связанные с обработкой больших данных и оптимальным распределением вычислительных ресурсов при организации ДО. Особенно актуально использование ИСДО для людей с различными ограниченными возможностями [5–6]. Эта категория людей нуждается в специализированных системах, так как сталкивается с трудностями получения знаний в обычных образовательных учреждениях и традиционных системах ДО. Например, разработана когнитивная smart-система ДО для людей с ограниченными возможностями зрения на основе комбинированной OWL (Ontology Web Language) модели [7], нацеленная на получение качественного инженерного образования на современном оборудовании в лабораториях коллективного пользования при наличии у обучающихся различных особенностей зрения (близорукости, дальнозоркости и астигматизме).

Актуально использование мультиагентных систем (МАС) в ДО, при разработке которых создается совокупность агентов (агент обучающегося, агент преподавателя, агент поддержки и принятия решений и др.) с необходимыми функциями. Все агенты могут иметь семантическое описание своего круга деятельности и задач, а также активно взаимодействовать между собой. Такие МАС широко применяются для решения различных задач по обработке больших данных в ДО. Чтобы обеспечить построение индивидуальной траектории обучения с учетом интеллектуальных и психофизических особенностей обучающихся в ДО, применяются МАС на основе когнитивных и онтологических подходов [8, 9]. Онтологические модели [10] обычно создаются на основе стандартных метаданных LOM (Learning Object Metadata), которые имеют иерархическую структуру. Такие модели позволяют систематизировать материал обучения и способствуют формированию ее оптимальной структуры. В статье [11] описаны агенты, созданные на основе онтологического подхода, которые выступают в качестве ассистентов по выбору изучаемого материала. Мультиагентная система помогает студенту подобрать необходимый для него материал для обучения на основе сбора и обработки информации с использованием онтологических моделей.

1. Постановка задачи формулируется следующим образом: необходимо провести аналитический обзор современного состояния интеллектуальных систем для дистанционного образования, построенных на основе мультиагентного подхода.

2. Интеллектуальные системы в дистанционном обучении. В настоящее время широко используются системы ДО на основе различных подходов искусственного интеллекта: искусственных нейронных сетей, эволюционных алгоритмов, методов роевого интеллекта, искусственных иммунных систем, нечеткой логики, нейро-нечеткой логики, когнитивных подходов и др. В работе [12] предлагается интеллектуальная система на основе нечеткой логики, предназначенная для анализа качества обучения. Рассматривается модель образования с точки зрения сложной социальной системы.

В статье [13] описана ИС для ДО, которая способна автоматически находить ответы на вопросы студентов. Анализ происходит путем сравнения и поиска наиболее близких по значению слов и выражений, которые были введены в вопросе. Данный метод обеспечивает более тесную интеграцию студента и преподавателя, а также дает быстрый доступ к материалам обучения в базе данных. Исследования [14] посвящены разработке интеллектуальной обучающей системы „Writing Pal“, которая служит для формирования навыков грамотного письма. Проведены эксперименты, которые показывают, что применение си-

стемы „Writing Pal“ влияет на повышение самооценки студентов и повышает качество письма.

В работе [15] предлагается гибридная система на основе объединения самоорганизующей карты (SOM, self-organizing map) с методом интеллектуального анализа данных (DM, datamining) для формирования образовательных курсов в ДО. Дистанционное обучение на основе метода SOM/DM проводилось в бизнес-колледже университета в Тайване и показало хорошие результаты. В работе [16] применяется иммунный алгоритм (IA, Immune Algorithm) для повышения эффективности составления оптимального тестового листа (при оценке статуса студента по результатам обучения) с учетом многих критериев.

3. Мультиагентные системы в дистанционном обучении. Современные исследования и разработанные приложения в сфере ДО на основе агентно-ориентированного подхода характеризуются внедрением множества программных и технических инноваций. В частности, технология P2P (Peer to Peer) может эффективно использоваться для коллективного обучения, при котором студент будет получать знания не только от учителей, но и от других учащихся с теми же интересами [17]. Предлагается новый подход HADEL (Hyperspace Agent-based E-Learning), позволяющий сохранить конфиденциальность информации о пользователе и осуществлять обработку многомерных данных с использованием сети агентов. В статье [18] рассматриваются агенты, с помощью которых контролируется участие студентов в группе, выявляется их роль в команде и определяется степень сотрудничества. В случае, когда поведение группы далеко от идеальной ситуации, осуществляется перераспределение командных ролей.

Возможно коллективное обучение студентов на основе агентов с помощью мобильных устройств [19]. Недостатки коллективного обучения, связанные с наличием маленького экрана у мобильных устройств, малой способностью к хранению и обработке данных, отсутствием информации о других пользователях, решаются с помощью программного обеспечения на основе мультиагентов.

Помимо коллективного обучения в ДО, также широко распространены мультиагентные персонализированные системы обучения, которые направлены на построение индивидуальных траекторий обучения с учетом индивидуальных характеристик обучающегося. В работе [20] предложена интеллектуальная система обучения на основе APLe (Agents for Personalized Learning), которая позволяет проводить обучение с учетом предпочтений обучающегося.

В [21] предлагается интеллектуальная система персонального ДО, которая состоит из трех уровней: браузера, агентов и сервера. Уровень браузера предоставляет пользователям три дружественных интерфейса для студента, преподавателя и администратора. Агентный уровень включает в себя: агента студента, агента обучения, агента коммуникаций, интерфейс агента и агента анализа веб-лога. Агент студент предназначен для работы с базой данных модели студента, анализа учебного процесса. После определения класса модели студента информация отправляется от агента студента к агенту обучения. Обучающий агент имеет функции, аналогичные с настоящим преподавателем, то есть отправляет студенту учебные материалы, проводит экзамены, выбирает методы обучения и следит за общим прогрессом образования. Агент анализа веб-лога в хронологическом порядке записывает все действия пользователя в процессе обучения. Коммуникационный агент связывает уровень браузера и уровень сервера с каждым агентом, планирует и координирует работу агентов. Интерфейс агент обеспечивает взаимодействие интерфейса для студентов, преподавателей и администратора. С помощью этого агента можно оценить

параметры агента студента, агента анализа веб-лога и преподавателя. Серверный уровень состоит из серверов модели студента, серверов веб-лога и серверов для учебных ресурсов.

Перспективным направлением ДО считается использование игрового подхода при разработке интеллектуальных систем на основе МАС. В работе [22] показывается ИСДО, которая использует агентно-ориентированный подход при создании игровой среды обучения для инженерного образования. Используется модель знаний GBL (Game Based Learning), которая предназначена для анализа циклов игры с достижением результатов в обучении. Процесс игры проводится педагогическими агентами, которые помогают направлять и корректировать процесс обучения в течение игровых циклов. Такие агенты могут быть представлены визуально в виде мультипликационных персонажей или с помощью машинного смоделированного голоса. В работе [23] обучение осуществляется через интерактивную мультимедийную среду с применением игровых модулей GBM (Game-Based Modules) для изучения математики, физики, электроники и информатики. Данная игровая среда позволяет получить студентам опыт взаимодействия с виртуальным миром на основе различных критериев обучения. Для повышения уровня обучения и перехода на следующую ступень игры используются специальные интеллектуальные агенты на основе нечеткой логики.

С другой стороны, множество существующих университетов характеризуется отсутствием единой образовательной дистанционной системы и дефицитом услуг электронных информационных библиотек. Один из вариантов решения данной проблемы предложен в [24], где описывается объединенная мультиагентная информационная система университета IABUIS (Integrated Agent-based University Information System), которая включает в себя четыре модуля: систему управления администрированием студента (SAMS, Student Administration Management System), систему информационной библиотеки (LIS, Library Information System), систему дистанционного обучения (DLS, Distance Learning System) и систему информационного управления университетом (UMIS, University Management Information System). Описана подсистема тестирования как часть системы DLS. Все системы функционируют взаимосвязано, обеспечивая слаженную работу всех процессов образовательной среды.

Широко используется МАС на основе интерактивных методов обучения. В работе [25] рассматривается агентно-ориентированный подход с обратной связью в реальном времени (IAARF, Interactive Agent-based Approach to Real-time Feedback), в котором агенты используются в интерактивном режиме, что позволяет создавать профили обучения, строить последовательность действий для достижения цели, извлекать дополнительные учебные ресурсы в процессе получения знаний и др. Основным преимуществом данного метода является высокий уровень вовлеченности обучаемых путем организации обратной связи в режиме реального времени, а также формирование эффективной динамики обучения. В статье [26] приведена интеллектуальная платформа ДО с использованием МАС. Представленная платформа обеспечивает совместную работу виртуальной среды преподавателей и студентов. Данный подход в процессе обучения значительно улучшает взаимное сотрудничество и обмен информацией между учащимися и учителями.

4. Когнитивные системы дистанционного обучения на основе мультиагентного подхода. Современные МАС ДО на основе когнитивного подхода направлены на формирование интеллектуальных навыков обучающихся (с учетом психоэмоционального состояния), необходимых для успешного обучения [27]. Применение когнитивных технологий оказывает существенное влияние на восприятие и осознание информации студентами в

ДО [28–29]. Межличностные и эмоциональные взаимодействия студентов играют важную роль в процессе обучения, а использование когнитивных агентов существенно повышает качество традиционных МАС ДО. В статье [30] описывается система, позволяющая распознавать эмоциональное состояние обучаемого с использованием мультимодальной информации. Система использует функции отслеживания положения головы и взгляда, распознавания выражения лица, осуществляет координацию прогресса обучения и др. В работе [31] описывается интеллектуальная система (CELTIS, Conscious-Emotional-Learning-Tutoring-System) с использованием когнитивного агента. Способности обучающих агентов в образовательных технологиях обычно очень ограничены. Применение когнитивного обучающего агента основывается на использовании соответствующих эмоциональных шаблонов для взаимодействия с обучаемым. Интеллектуальная система прогнозирует результаты обучения и способствует самообучению студента на основе собственного опыта.

Когнитивный подход в ДО применяется также для улучшения обучения студентов с расстройством внимания посредством внедрения интеллектуального эмоционального агента поддержки [32]. Данный агент обеспечивает когнитивную поддержку пользователям ДО с проблемами в обучении вследствие рассеянности внимания и способствует самоорганизации процесса обучения. Исследования, проведенные с 24-мя студентами с трудностями в обучении и расстройством внимания, показывают, что эмоциональные агенты улучшают связь между пользователями и преподавателями и оказывают оперативную помощь в принятии решений.

В статье [33] представлено описание платформы „Ipseity“ с открытым исходным кодом. Данная платформа направлена на создание когнитивных систем в МАС. Платформа включает в себя набор плагинов, основанных на классических методах обучения с подкреплением, таких как Q-Learning и SARSA (State-Action-Reward-State-Action). В работе [34] проводится системный анализ и рассматривается гипотетическая система самоорганизации групп нейронов в головном мозге. Разработанная МАС основывается на связи между нейронными агентами по аналогии с процессами самоорганизации в сложных когнитивных архитектурах.

Заключение. Таким образом, в результате проведенного аналитического обзора были рассмотрены системы дистанционного обучения, разработанные с использованием искусственного интеллекта, мультиагентного подхода, а также когнитивных агентно-ориентированных технологий. Анализ интеллектуальных агентов (эмоционального, когнитивного и др.) показал высокую эффективность их применения в ИСДО. Применение агентов в коллективных, персональных, игровых и интерактивных формах обучения существенно повышает качество обучения.

Основными достоинствами МАС являются гибкость функционирования, оперативное взаимодействие между агентами, построение индивидуальной траектории обучения с учетом психоэмоционального и интеллектуального уровня обучающихся, возможность не случайно выбирать стратегию поведения агентов, а учитывать опыт предыдущего взаимодействия с обучающей средой, возможность автономной работы агентов, оптимальное распределение вычислительных ресурсов, адаптация студентов в условиях динамической среды, возможность самообучаться и решать узконаправленные и глобальные задачи в обучении, а также высокая самоорганизованность и многофункциональность. Основные недостатки заключаются в высокой требовательности к вычислительным ресурсам, а также сложности проектирования МАС на определенных этапах.

Список литературы

1. Tony D. Triggs Pitman, Sir Isaac (1813–1897) // Oxford Dictionary of National Biography. UK: Oxford University Press (online edition), 2014. [Electron. Res.]. <http://www.oxforddnb.com/index/22/101022322/>
2. Тюрикова Е. М. Дистанционное обучение — новая форма информационно-педагогической среды // Гуманитарный вектор. Серия: Педагогика, психология. 2013. № 33 (1). С. 72–76.
3. Захаров В. Н. Интеллектуальные системы управления: основные понятия и определения // Известия РАН. Теория и системы управления. 1997. № 3. С. 138–145.
4. Джорж Ф. Люгер. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем. Киев: Изд. дом „Вильямс“, 2003.
5. Jeffrey P. Bakken, Vladimir L. Uskov, Archana Penumatsa, Aishwarya Doddapaneni Smart Universities, Smart Classrooms and Students with Disabilities // Smart Universities, Smart Classrooms and Students with Disabilities. Switzerland: Springer International Publishing, 2016. P. 15–27.
6. Samigulina G. A., Shayakhmetova A. S. The information system of distance learning for people with impaired vision on the basis of artificial intelligence approaches // Proceedings of the II International conference on Smart Education and E-learning. Italy, Sorrento: Springer, 2015. P. 255–265.
7. Самигулина Г. А., Шаяхметова А. С. Комбинированная онтологическая модель для дистанционного обучения людей с ограниченными возможностями зрения // Проблемы информатики. Новосибирск, 2015. № 3. С. 28–35.
8. Rong, S. Application of Multi-agent in Personalized Education System // Advances in Computer Science, Environment, Ecoinformatics, and Education. Berlin: Springer-Verlag, 2011. P. 518–522.
9. Samigulina G. A., Shayakhmetova A. S. Development of the Smart-system of distance learning visually impaired people on the basis of the combined OWL model (Разработка Smart-системы дистанционного обучения людей с ограниченными возможностями зрения на основе комбинированной OWL модели) // Proceeding of the 3rd International KES Conference on Smart Education and E-learning (KES-SEEL-16). Puerto de la Cruz, Tenerife, Spain, 2016 (Springer). P. 109–118.
10. Tiago T. Primo, André B., Rosa, M. Vicari A Semantic Web Approach to Recommend Learning Objects // Highlights on Practical Applications of Agents and Multi-Agent Systems. Berlin: Springer-Verlag, 2013. P. 340–350.
11. Paula R., Néstor D., Demetrio A. Ovalle Multi-agent System for Knowledge-Based Recommendation of Learning Objects Using Metadata Clustering // Highlights of Practical Applications of Agents, Multi-Agent Systems, and Sustainability. The PAAMS Collection. Switzerland: Springer International Publishing, 2015. P. 356–364.
12. Valdés-Pasarón S., Márquez B.Y., Gaxiola L. Knowledge and Data Engineering for Analyzing the Quality of Education Using Fuzzy Logic // Electrical Power Systems and Computers. Berlin: Springer-Verlag, 2011. P. 567–573.
13. Lian-duo Yan, Xiu-lan Ma, Li-ling Wang Intelligent Interaction System of Distance Education Based on Natural Language Matching // Advances in Future Computer and Control Systems. Berlin: Springer-Verlag, 2013. P. 237–242.
14. Laura K. Allen, Danielle S. McNamara Promoting Self-Regulated Learning in an Intelligent Tutoring System for Writing // Artificial Intelligence in Education. Switzerland: Springer International Publishing, 2015. P. 827–830.
15. David Wen-Shung Tai, Hui-Ju Wu, Pi-Hsiang Li A Hybrid System: Neural Network with Data Mining in an e-Learning Environment // Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems. Berlin: Springer-Verlag, 2007. P. 42–49.

16. Chin-Ling Lee, Chih-Hui Huang, Cheng-Jian Lin // Test-Sheet Composition Using Immune Algorithm for E-Learning Application // *New Trends in Applied Artificial Intelligence*. Berlin: Springer-Verlag, 2007. P. 823–833.
17. Fabrizio M., Giuseppe P., Domenico R., Corrado S., Giuseppe M. L. Sarné A Distributed Agent-Based Approach for Supporting Group Formation in P2P e-Learning // *AI*IA 2013: Advances in Artificial Intelligence*. Switzerland: Springer International Publishing, 2013. P. 312–323.
18. Rubén F., Rosanna C. A Multi-agent Model That Promotes Team-Role Balance in Computer Supported Collaborative Learning // *Advances in New Technologies, Interactive Interfaces and Communicability*. Berlin: Springer-Verlag, 2012. P. 85–91.
19. Xiaohan Z., Honghua X., Lin H., Shuying Z. Collaborative Learning on Multi-agent in M-Learning // *Advances in Multimedia, Software Engineering and Computing*. Vol. 2. Berlin: Springer-Verlag, 2012. P. 595–601.
20. Stamatis P., Panagiotopoulos I., Goumopoulos C., Kameas A. APLe: Agents for Personalized Learning in Distance Learning // *Computer Supported Education*. Switzerland: Springer International Publishing, 2016. P. 37–56.
21. Rong, S. Application of Multi-agent in Personalized Education System // *Advances in Computer Science, Environment, Ecoinformatics, and Education*. Berlin: Springer-Verlag, 2011. P. 518–522.
22. Dejan R., Kristijan K., Olivera P., Dragan R. Agent-Based Approach for Game-Based Learning Applications: Case Study in Agent-Personalized Trend in Engineering Education // *Agent and Multi-Agent Systems: Technologies and Applications*. Switzerland: Springer International Publishing, 2015. P. 453–466.
23. Kristijan K., Ivan M., Dejan R., Petar S. Designing Intelligent Agent in Multilevel Game-Based Modules for E-Learning Computer Science Course // *E-Learning Paradigms and Applications*. Berlin: Springer-Verlag, 2012. P. 397–405.
24. Shuhua H., Xuemei S. The Study on University Library Information Service for Regional Characterized Economy Construction Based on Integrated Agent // *Computer Supported Education*. Berlin: Springer-Verlag, 2013. P. 289–294.
25. Godfrey O., Jude T. Lubega, Gilbert M., Richard O. Angole Towards an Interactive Agent-Based Approach to Real-Time Feedback (IAARF) in E-Learning System // *Hybrid Learning*. Berlin: Springer-Verlag, 2012. P. 317–328.
26. Wen, S. Duan, Yan, M., Lun, P. Liu, Tian, P. Dong Research on an Intelligent Distance Education System Based on Multi-agent // *Proceedings of the International Conference on Information Engineering and Applications (IEA) 2012*. London: Springer-Verlag, 2013. P. 579–586.
27. Ахметова Л. В. Методы когнитивного обучения: психолого-дидактический подход // *Вестник Томского государственного педагогического университета*. Томск: Томский государственный педагогический университет, 2009. С. 48–52.
28. Нагоев, З. В. Методы принятия решений и управления в неструктурированных задачах на основе самоорганизующихся мультиагентных рекурсивных когнитивных архитектур: дис. . . . д. и. н.: 30.10.13 / ФГБУН Институт информатики и проблем регионального управления Кабардино-Балкарского научного центра РАН. Нальчик, 2013. С. 282.
29. Roger A., Jason H., Gregory T., Melissa D., Reza F., François B., Ronald L. Using Trace Data to Examine the Complex Roles of Cognitive, Metacognitive, and Emotional Self-Regulatory Processes During Learning with Multi-agent Systems // *International Handbook of Metacognition and Learning Technologies*. New York: Springer Science, 2013. P. 427–449.
30. Jingying C., Nan L., Yuan Yuan L., Leyuan L., Kun Z., Joanna K. A hybrid intelligence-aided approach to affect-sensitive e-learning // *Computing*. Wien: Springer-Verlag, 2014. P. 215–233.
31. Usef F., Philippe F., Roger N. CELTS: A Cognitive Tutoring Agent with Human-Like Learning Capabilities and Emotions // *Intelligent and Adaptive Educational-Learning Systems*. Berlin: Springer-Verlag, 2013. P. 339–365.

32. Chatzara K., Karagiannidis C., Stamatis D. Cognitive support embedded in self-regulated e-learning systems for students with special learning needs // *Education and Information Technologies*. New York: Springer Science, 2014. P. 283–299.

33. Fabrice L., Nicolas G., Stéphane G., Vincent H. Ipseity — A Laboratory for Synthesizing and Validating Artificial Cognitive Systems in Multi-agent Systems // *Machine Learning and Knowledge Discovery in Databases*. Berlin: Springer-Verlag, 2013. P. 641–644.

34. Zalimkhan N., Olga N., Dana T. System Essence of Intelligence and Multi-agent Existential Mappings // *Hybrid Intelligent Systems*. Switzerland: Springer International Publishing, 2015. P. 67–76.



Самигулина Галина Ахметовна — доктор техн. наук, зав. лабораторией Института информационных и вычислительных технологий МОН РК; e-mail: galinasamigulina@mail.ru.

Самигулина Галина Ахметовна — доктор технических наук, Академик МАИН, зав. лаб. „Интеллектуальные системы управления и прогнозирования“ Института информационных и вычислительных технологий КН МОН РК.

Самигулина Галина Ахметовна в 1987 г. окончила КазПТИ им. Ленина, факультет „Автоматика и телемеханика“, и получила специальность „Инженер-электрик“. В 1996 году защитила кандидатскую диссертацию по специальности „Управление в технических системах“ в Институте проблем информатики и управления (ИПИУ МОН РК). В 2002 году присвоено звание доцента по специальности „Информатика, вычислительная техника и управление“. В 2009 г. защитила докторскую диссертацию в институте математики МОН РК по специальности „Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ“. С 2009 г. по настоящее время заведующая лабораторией „Интеллектуальные системы управления и прогнозирования“ Института информационных и вычислительных технологий КН МОН РК.

Самигулиной Г. А. разработана уникальная иммунносетевая технология построения интеллектуальных систем прогнозирования и управления сложными объектами в условиях неопределенности параметров. Сфера деятельности: интеллектуальные системы промышленной автоматизации, системы дистанционного обучения для людей с ограниченными возможностя-

ми зрения; молекулярный дизайн лекарственных препаратов с заданными свойствами; прогнозирование рисков сложных инвестиционных проектов и др. Опубликовано более 250 научных работ в ближнем и дальнем зарубежье (19 публикаций с импакт-фактором в Thomson Reuters и Scopus), 6 монографий; 2 учебных пособия, получено 10 авторских свидетельств. В 2012 году Комитетом науки присуждена стипендия „Ученым, внесшим выдающийся вклад в развитие науки и техники“.

Samigulina Galina Akhmetovna — Doctor of Engineering, Academician of IIA, head of the laboratory „Intelligent control systems and forecasting“, Institute of Information and Computational Technologies, CS MES RK

Samigulina Galina Akhmetovna graduated from KazPTI named after Lenin, Department „Automatics and Telemechanics“, and received specialty „Engineer-electrician“ in 1987.

She defended her thesis on the specialty „Control in technical systems“, at the Institute of Problems of Informatics and Control (IPIC MES RK) in 1996. In 2002 she was awarded the rank of assistant Professor in computer science, computer engineering and control. In 2009 she defended her doctoral thesis at the Institute of mathematics MES RK on the specialty „Mathematical modeling, numerical methods and complexes of programs“. She has been a head of the laboratory „Intelligent control systems and forecasting“, of the Institute of Information and Computational Technologies, CS MES RK since 2009.

G. A. Samigulina has developed a unique immune-network technology of construction of intellectual systems of forecasting and control of complex objects under uncertainty of parameters. Scope of activities: intelligent systems of industrial

automation, distance learning systems for people with visual impairments; molecular design of drugs with predetermined properties; forecasting the risks of complex investment projects, etc. She has published more than 250 scientific papers in neighboring countries and beyond (19 publications with impact factor of Thomson Reuters and Scopus), 6 monographs; 2 textbooks, and has received 10 patents. In 2012 she was awarded by the Committee of Science a scholarship for „Scientists who have made outstanding contributions to the development of science and technology.“



Нюсупов Адлет Талапович — инженер Института информационных и вычислительных технологий МОН РК; e-mail: moniumverse@outlook.com

Нюсупов Адлет Талапович является инженером лаборатории „Интеллектуальные системы управления и прогнозирования“ в Институте информационных и вычислительных технологий КН МОН РК. В настоящее время

обучается по специальности „Вычислительная техника и программное обеспечение“ на кафедре информатики Казахского национального университета имени Аль-Фараби.

Сфера интересов: интеллектуальные и мультиагентные системы, дистанционное обучение, программирование на языках Java, C#, HTML, CSS и Unity Pro, системы web-разработки CMS Word Press и Joomla, а также пакеты прикладных программ Mat Lab, Eclipse и Android Studio. Опубликовано 3 научных работы.

Nyussupov Adlet Talapovich is an engineer at „Intelligent control and forecasting system“ laboratory in the Institute of Information and computing technologies CS MES RK. Currently studying in the specialty „Computers and Software“ at the Department of Computer Science in Al-Farabi Kazakh National University.

Areas of expertise: intelligent and multi-agent systems, distance learning, programming in Java, C#, HTML, CSS and Unity Pro, web development systems CMS WordPress and Joomla, as well as Eclipse, Android Studio and Mat Lab application packages. Published 3 scientific works.

Дата поступления — 29.11.2016