

УДК 37

## МУЛЬТИАГЕНТНЫЙ ПОДХОД В СОЗДАНИИ АДАПТИВНЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ

*Расулова Насибахон Юсуфжановна  
ассистент кафедры “Информационно-образовательные  
технологии”  
Ташкентский Университет информационных технологий  
имени Мухаммада ал-Хоразмий,  
Республика Узбекистан*

*Аннотация.* В статье проведён аналитический обзор по интеллектуальным системам в дистанционном образовании на основе индивидуализированного подхода. Показана актуальность разработки мультиагентных систем при создании инновационных адаптивных интеллектуальных сред для онлайн 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 индивидуализации электронного и дистанционного образования для обучающихся с различными уровнями знаний и перспективы их развития. Приведены основные достоинства и недостатки применения индивидуализированного подхода при построении адаптивных интеллектуальных систем дистанционного онлайн обучения.

*Ключевые слова:* адаптивная интеллектуальная среда, дистанционное образование, мультиагентные системы, когнитивный подход, онлайн обучение, индивидуализированный подход.

# A MULTI-AGENT APPROACH TO CREATION OF ADAPTIVE INTELLIGENT LEARNING SYSTEMS

*Rasulova Nasibakhon Yusufzhanovna*  
*Assistant of the Department of Information and Educational Technologies*  
*Tashkent University of Information Technologies*  
*named after Muhammad al-Khwarizmi,*  
*Republic of Uzbekistan*

*Annotation:* The article provides an analytical review of intelligent systems in distance education based on an individualized approach. The relevance of the development of multi-agent systems in the creation of innovative adaptive intelligent environments for online learning based on the use of various approaches and system analysis is shown. Special attention is paid to cognitive agents, which have behavioral and emotional functions of interacting with students in the learning system. The importance of individualization of electronic and distance education for students with different levels of knowledge and the prospects for their development are shown. The main advantages and disadvantages of using an individualized approach when building adaptive intelligent distance online learning systems are presented.

*Key words:* adaptive intelligent environment, distance education, multi-agent systems, cognitive approach, online learning, individualized approach.

Современная научная трактовка адаптивного обучения предполагает персонализацию процесса обучения на основе создания электронных курсов, учитывающих индивидуальные особенности обучаемых, в том числе уровень начальных знаний, восприятие, психологические особенности, а также индивидуальные задачи и цели обучения. Модели адаптивного электронного обучения реализуются на базе нескольких

современных подходов и методов: метода экспертных оценок, мультиагентного подхода, программированного обучения на основе пакета прикладных программ (традиционный подход), методов нечеткой логики, основанных на теории нечетких множеств; технологии вывода на основе нейросетевых алгоритмов; интеллектуального планирования, онтологического инжиниринга и др.

Современное адаптивное электронное обучение в настоящее время активно развивается в сфере образования, опираясь на методы инженерии знаний, применяемых при создании информационных систем образовательного назначения с учетом поведения и состояния знаний человека в процессе обучения.

Метод экспертных оценок, основанный на применении экспертных информационных систем, позволяет реализовать возможность не закладывать предварительно последовательность шагов обучения, так как она строится самой информационной системой в процессе ее функционирования. Это позволяет сформировать для каждого обучаемого первичный индивидуальный план обучения на основе его компетентностно-ориентированной модели, которая строится на основе анализа ответов на вопросы из специальных тестов, некоторых личностных характеристик обучаемого. Экспертные обучающие системы (ЭОС) способны выполнять структурную и параметрическую адаптации, позволяющие приблизить структуру и параметры модели обучаемого к его реальному «портрету», но представляемые при этом дидактические возможности весьма ограничены. Индивидуальный план обучения корректируется ЭОС по результатам отображения текущей модели обучаемого, основанной на опыте его обучения, на эталонную модель курса с последующим сравнением с фрагментами прикладной онтологии курса или дисциплины.

В качестве инструментального средства построения экспертных систем можно представить комплекс АТ-ТЕХНОЛОГИЯ, направленный на разработку и использование в учебном процессе ЭОС для автоматизированной поддержки целого ряда учебных дисциплин. В частности, накопленный технологический и методический опыт автоматизированного ведения значительного числа индивидуальных моделей обучаемых по этим дисциплинам и соответствующих моделей обучения позволяет на основе результатов его анализа использовать и развивать современные инновации в решении задач интеллектуального обучения с помощью интегрированных ЭОС, включая и веб-интегрированные ЭОС. На основе средств комплекса удалось реализовать определенный набор функциональных задач, характерных для интеллектуальной технологии обучения, в том числе «индивидуальное планирование методики изучения конкретного учебного курса», «интеллектуальный анализ решений учебных задач», «интеллектуальную поддержку принятия решений» [1].

Кроме того, разрабатывается технология автоматизированного построения интегрированных ЭОС, использующая одновременно подходы как инженерии знаний, так и онтологического инжиниринга, интеллектуального планирования и традиционного программирования [2].

Мультиагентный подход позволяет реализовать возможность адаптации всех уровней (структурный и параметрический, объекта управления, целей обучения), что дает возможность управлять объектом - обучаемым – на всех этапах процесса обучения. Подход основан на построении системы как совокупности программ (агентов). Каждый агент имеет собственное семантическое описание своего поля деятельности (свои структуру и знания), представляя собой ЭОС с традиционной структурой. Агент кроме памяти своей деятельности обладает и собственными ресурсами для достижения собственных целей, имеет

возможность взаимодействия с другими агентами и разрешения конфликтов с целями других агентов для достижения общей цели. Это позволяет свободно выбирать те цели процесса обучения, которые преследуются на данный момент управляющей подсистемой, и в соответствии с этими целями выбирать эталон (представленный соответствующим агентом). Соответствие эталону достигается текущей моделью обучаемого. Таким образом, для каждой конкретной задачи обучения составляется определенная группа агентов, что говорит о смене структуры и целей решающей подсистемы в зависимости от поставленной задачи [3].

Решение проблемы эффективного управления электронным обучением является одним из актуальных направлений исследований в области дальнейшего развития образовательных технологий. Термин «электронное обучение» (Electronic Learning или сокращенное E-learning), как отмечает А.В Соловов [4], удачно интегрирует в себе ряд понятий в сфере современных образовательных технологий, основанных на широком использовании информационных и коммуникационных технологий (ИКТ). Под электронным обучением также понимают адаптивное интеллектуальное (индивидуализированное) обучение, реализованное на базе всестороннего применения мульти- и гипермедиа, удаленного доступа к распределенным образовательным ресурсам на основе веб-технологий, с автоматизированным контролем и анализом результатов обучения, и широким использованием разнообразных сетевых средств взаимодействия обучаемых между собой и с преподавателем.

Развитие информационных технологий привело к кардинальным изменениям в обыденных и консервативных сферах жизни человека, в том числе и в образовании, которую, можно считать наиболее важной в жизни современного человека. Новые технологии способствовали появлению

новых возможностей в сфере обучения и, как следствие, разработки новых технологий и методологий.

Современный уровень развития ИКТ позволяет создавать системы электронного обучения, в основу которых положены принципы адаптации к обучаемому. Такие системы могут эффективно использоваться как для проведения дистанционного обучения, так и для интеграции в традиционный (очный) учебный процесс. В соответствии с классификацией, предложенной П.Л. Брусиловским [5], технологии адаптации делятся на две категории: во-первых, это адаптивное планирование обучения, во-вторых – адаптивное представление информации и адаптивная навигация. В работе Л.В. Зайцевой [6] рассмотрены уровни адаптации в обучающих системах: к студентам как категории пользователей, к группе студентов, к отдельному студенту.

Информационные технологии позволяют перейти от практикующегося сотни лет группового образования к индивидуализированному. Одной из технологий, позволяющей создать условия индивидуального усвоения материала у обучающегося, является технология адаптивного интеллектуального обучения.

«Знание только тогда знание, когда оно приобретено усилием собственной мысли, а не памятью», – эти слова Л.Н. Толстого как нельзя лучше раскрывают сущность адаптивных систем обучения.

Адаптивные интеллектуальные обучающие системы (ИАОС) – это системы, которые приспособляются к человеку, полу, возрасту, к психологическому и когнитивному состоянию учащегося. Иными словами, адаптивная система подстраивает все элементы образовательной системы под учащегося:

- целей;
- содержание;
- методов, способов, средств обучения;

- форм организации познавательной деятельности учащихся;
- диагностики результатов.

Одним из основоположников применения адаптационного подхода в образовании при помощи информационных систем считается Г. Паск [7], который определил адаптивное обучение, как процесс, который непрерывно подстраивается под индивидуальные особенности учащегося.

Управление этим процессом рассматривается как непрерывный выбор и коррекция пути обучения в зависимости от начальных исходных данных или от предшествующей истории обучения [8].

Адаптивность можно рассматривать в нескольких плоскостях, во-первых, в отношении обучающегося, во-вторых – предметной области. И тот и другой типы адаптации хорошо известны [9] и сводятся к первоначальной настройке ИАОС на основе первичного тестирования обучающегося. Более сложным вариантом адаптации является изменение сценариев обучения во время функционирования ИАОС. Это бывает необходимо в следующих случаях:

- 1) при обнаружении ошибок ИАОС;
- 2) при необходимости дополнения новыми сценариями обучения;
- 3) при объединении нескольких сценариев;
- 4) при выделении из сценария тематической выборки для решения конкретной задачи.

Во всех перечисленных случаях можно использовать алгебраическое представление сценариев с последующим разбиением их на подсценарии. При разбиении сценария, любая коррекция может производиться над отдельными сеансами.

К адаптивным учебным платформам по версии исследователей Eduventure можно было отнести платформы: 2U, Wiley, Canvas, Loud Cloud, Blackboard, Knewton, RealizeIT, Adaptcourseware, Anewspring, к компаниям, производящим адаптивный контент: Adaptcourseware, Wiley,

Pearson, Mc Graw Hill Education, Jones& Bartlett Learning, sixRedMarbles, Smart Sparrow, Acrobatiq, Cengage Learning, Toolwire [10].

Часто выделяют три основных типа ИАОС – обеспечивающие «пассивную», «активную» и «умную» адаптивность. Такая классификация встречается в онлайн-словарях европейских стран по педагогике и психологии [11].

В системах с «пассивной адаптивностью», основную роль отводят обучающемуся. На основании набора правил и параметром обучающийся сам планирует свое движение по учебному материалу и сроки. В таких системах используются простые причинно-следственные схемы «если – то».

В ИАОС с «активной адаптивностью» сама система определяет траекторию движения обучающегося по учебному материалу на основании его ответов на тестовые вопросы. В таких системах активные схемы «если – то» реализуются с использованием программирования.

К системам с «активной адаптивностью» можно отнести SmartBook адаптивную версию учебного курса на базе электронной книги от компании McGraw-Hill Education. SmartBook – это система для доступа онлайн с помощью любого устройства через браузер или в качестве мобильного приложения. Система подстраивает процесс обучения под каждого пользователя, учитывая темп обучающегося, расставляя приоритеты обучения и делая акцент на ключевые понятия темы, заставляя пользователя повторять и заучивать неувоенное содержание. SmartBook от McGraw-Hill интегрируется с LMS Angel, Blackboard, Canvas, Desire2learn, Moodle, Pearson Learning Studio, Sakai [12].

К системам с «умной адаптивностью» относят системы, которые выстраивают траекторию обучения исходя из постоянно получаемых данных об обучающемся, таких как психологическая картина, его предпочтения, успехи в освоении материала на каждом этапе и т.д. Такая



модель реализуется с помощью программирования и аналитики больших данных в образовании Learning Analytics.

Основная задача систем Learning Analytics – сбор и анализ больших массивов данных из онлайн образовательных систем. Такого рода системы должны учитывать и анализировать влияние любых технических или социальных аспектов и любые организационные изменения на образовательный процесс. К основным функциям можно также отнести сравнение параметров онлайн курсов в одной или разных системах [13].

В качестве примера адаптивных систем с «умной адаптивностью» можно привести курсы Pearson MyLab, «персонализированные» с помощью алгоритма Knewton, которые используют аналитику изучения контента обучающимися (около 11 миллионов ежедневно) для построения алгоритмов обучения и адаптации материала под потребности каждого пользователя системы. Для этого используется колоссальный массив данных, позволяющий анализировать успехи пользователей, изучающие одинаковые курсы по разным траекториям, в различном темпе, с помощью отличающихся промежуточных задач. Создаваемый на основании этих данных алгоритм позволяет выстраивать для каждого учащегося свою собственную траекторию движения по материалу, предлагая индивидуальные пояснения и задания. Выявляя схожесть интересов, уровень, скорость продвижения по учебному процессу и другие показатели у разных пользователей, система может рекомендовать объединение их в группы для совместного изучения материала [14].

Модели систем адаптивного обучения в настоящее время реализуются на основе нескольких подходов и методов: метода экспертных оценок, программированного обучения (традиционный подход), методов нечеткой логики, технологии на основе нейросетевых алгоритмов, интеллектуального планирования и другие [15]. Применение методов нечеткой логики в «связке» с традиционными методами позволяет более

качественно оценить результаты тестирования учащегося, с учетом входных метрик и полного контроля преподавателя.

Нечеткая логика (fuzzy logic) и теория нечетких множеств (fuzzy sets) были впервые определены американским ученым Лютфи Заде: «Чем глубже мы анализируем реальную задачу, тем неопределеннее становится ее решение». Причиной возникновения теории «нечетких множеств» являлось присутствие нечетких рассуждений при описании процессов, систем или объектов человеком [16]. Человеческий разум в отличие от машины, оперирует нечеткими понятиями при оценке различных ситуаций. Поэтому при принятии решений, в условиях неточной информации и при наличии нечетких целей, используют метод нечетких множеств.

Нечеткое множество — это подмножество элементов  $A$  из  $E$ , такое, что каждому элементу сопоставлена степень принадлежности этого элемента множеству  $E$ . Нечеткое множество полностью определяется заданием функции принадлежности  $\mu_A(x)$ : ее область определения —  $E$ , область значений — отрезок  $[0,1]$ , где 0 означает, что элемент не включен в нечеткое множество, а 1 описывает полностью включенный элемент. Значения между 0 и 1 характеризуют нечетко включенные элементы. Чем выше значение  $\mu_A(x)$ , тем выше оценивается степень принадлежности элемента  $x$  из  $E$  нечеткому множеству  $A$  [16].

В данной статье рассмотрен способ изменения уровня сложности курса с использованием нечетких множеств. Предлагается следующая нечеткая шкала изменения уровня сложности курса: «Снизить», «Оставить» и «Увеличить». При этом, самих уровней сложности курса, может быть любое количество. Изменение уровня сложности курса для учащегося происходит пошагово. На первом этапе все учащиеся начинают обучение на минимальной сложности.

По истечении заданного преподавателем количества уроков, подключается адаптивная система изменения сложности. Оценка результатов происходит по окончании двух уроков подряд. Если количество совершенных ошибок допустимо для повышения уровня сложности, то система переводит его на более сложный уровень относительно текущего. При количестве ошибок больше установленного порога, система определяет, как изменить сложность курса обучающегося – понизить либо оставить текущий уровень. При высоких показателях ошибочности на протяжении трех уроков подряд на самом низком уровне сложности, система уведомляет администратора или преподавателя учащегося.

В заключение можно отметить, что применение нечеткой логики при разработке систем адаптации образовательного контента под учащегося обосновано и имеет ряд следующих преимуществ по сравнению с остальными вариантами реализации:

- нет необходимости в накоплении больших статистических данных для построения модели адаптации, которые необходимы для систем, построенных с использованием нейронных сетей;

- куратор может легко внести изменение в логику самой системы, изменив меру принадлежности;

- системы на основе нечеткой логики могут содержать большое количество как входных, так и выходных переменных, что позволяет выстраивать образовательный контент любой степени сложности.

#### **Использованные источники:**

1. Расулова Н.Ю. Специфические особенности и отличительные черты онлайн обучающих систем // Scientific Collection «InterConf», (41): with the Proceedings of the 7th International Scientific and Practical Conference «Scientific Horizon in The Context of Social Crises» (February 6-8, 2021). Tokyo, Japan: Otsuki Press, ISBN 978-4-272-00922-0, 2021. pp 324-330

2. Расулова Н. Ю. Адаптивное обучение в системе высшего образования «SCIENTIFIC PROGRESS» Scientific Journal, ISSUE: 3 (pp. 88-97) <http://scientificprogress.uz/storage/app/media/88-97.%203-014.pdf>
3. Гучапшев, Х.М. Адаптивные сценарии обучения / Г.Х. Музарифович, М.М. Шапсигов // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2014. – № 4.
4. Растригин Л.А., Эренштейн М.Х. Адаптивное обучение с моделью обучаемого. / РПИ. - Рига: Зинатне, 1986. - 160 с.
5. Brusilovsky P., Peylo C. Adaptive and Intelligent Web-based Educational Systems // International Journal of Artificial Intelligence in Education. 2003. № 13. P. 156–169.
6. L.Zaiceva, J.Bule, U.Kuplis. Advanced e-learning system development. // Proceedings of the International Conference on Advanced Learning technologies and Applications (ALTA'03). 11-12 September. Kaunas, Lithuania. – 14-18 pp.
7. Паск, Г. Обучение как процесс создания системы управления / Г. Паск // Кибернетика и проблемы обучения. – Москва : Прогресс, 1970. – С. 25–32
8. Токтарова, В.И. Адаптация студентов к обучению в условиях электронной информационно-образовательной среды вуза / В.И. Токтарова, С.Н. Федорова // Вестник марийского государственного университета. – 2019. – Т. 13, № 3. – С. 383–390.
9. Azcona D., Hsiao I.H., Smeaton A.F. Personalizing computer science education by leveraging multimodal learning analytics // 2018 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE). IEEE. 2018. С. 1–9.
10. Ворошин, Д.А. Средства организации адаптивного учебного процесса на базе автоматизированных обучающих систем : автореферат дис. ... канд. тех. наук / Д.А. Ворошин. –Иваново : ИГЭУ, 2003.

11. Fleming Brian. Adaptive Learning: The Real Revolution in Online Learning. Eduventures, Mar. 2015. – URL: <http://www.eduventures.com/2015/03> (дата обращения: 21.12.2020).
12. SmartBook. – URL: <http://www.mheducation.com/highered/platforms/smartbook.html> (дата обращения: 11.11.2020)
13. Stepik contest. Adaptive learning content competition. – URL: <http://adaptive.stepik.org> (дата обращения: 10.11.2020).
14. Бурняшов, Б.А. Персонализация как мировой тренд электронного обучения в учреждениях высшего образования / Б.А. Бурняшов // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 1.
15. Молчанов А.А. Использование экспертных систем в системе открытого образования / А.А. Молчанов // Психолого-педагогический журнал Гуадеамус. – 2014. – № 2. – С. 57–68.
16. Алтунина, Н.А. Анализ системы адаптивного тестирования остаточных знаний обучающихся на базе нечеткой логики / Н.А. Алтунина, С.А. Ложкина // Вопросы науки и образования. – 2017. – № 4.