

Ю. Б. ПОПОВА

ОТ LMS К АДАПТИВНЫМ ОБУЧАЮЩИМ СИСТЕМАМ

Белорусский национальный технический университет

Использование информационных технологий и, в частности, автоматизированных систем управления обучением, увеличивает возможности как преподавателя, так и обучаемого, в достижении своих целей в образовательном процессе. Такие системы предоставляют учебный контент, помогают организовать и контролировать обучение, собирают статистику прогресса, а также могут учитывать индивидуальные особенности каждого пользователя системы. Целью данного исследования является определение направления развития современных обучающих систем и технологий их реализации. Была рассмотрена эволюция автоматизированных систем управления обучением, переход к интеллектуальным обучающим системам, основные этапы работы таких систем, проанализированы виды последовательностей обучения, выявлена трансформация в адаптивные обучающие системы, приведена схема работы системы и ее математическая модель. В качестве механизмов реализации обучающих систем определены экспертные системы, теория нечетких множеств и нечеткой логики, кластерный анализ, а также генетические алгоритмы и искусственные нейронные сети. Искусственная нейронная сеть в адаптивной обучающей системе позволит создавать уникальную программу обучения, которая будет отталкиваться от имеющихся знаний и уровня восприятия учебного материала обучающимся. Формализовав интеллектуальные процессы, которые осуществляют как преподаватель, так и обучающийся, можно автоматизировать определенную часть функций преподавателя, сократить затраты на ручной труд, что позволит более просто осуществлять контроль за учебным процессом, а также сделать процесс обучения более эффективным.

Ключевые слова: автоматизированные системы управления обучением, LMS, интеллектуальные обучающие системы, адаптивные обучающие системы, искусственная нейронная сеть.

Введение

Информатизация образования является одним из приоритетных направлений развития каждого современного государства, реализуя принципы повышения качества и доступности. Совершенствование системы непрерывного образования позволит создать условия для формирования гибких образовательных траекторий, обеспечит реакцию системы образования на динамично изменяющиеся потребности личности, общества, экономики. Одновременно появятся возможности для выравнивания доступа к качественному образованию на всех уровнях образовательной системы. Повышение качества профессионального образования в современных условиях возможно только на основе активизации инновационных процессов в данной сфере, обеспечения интеграции образовательной, научной и практической деятельности. Это снимет проблему замкнутости системы образования, откроет ее внешним воздействиям, приведет к постоянному обновлению содержания

образования и технологий обучения. Реализация такого подхода возможна посредством применения автоматизированных систем управления обучением (англ. Learning Management Systems, LMS), которые в последнее время претерпевают значительную трансформацию. Целью данного исследования является определение направления развития современных обучающих систем и технологий их реализации. Для достижения данной цели рассмотрим эволюцию автоматизированных систем управления обучением, определим основные этапы их работы, формализуем задачу обучения, проанализируем основные математические методы, применяемые для решения задачи обучения.

Автоматизированные системы управления обучением являются основой учебного процесса и используются для организации и проведения аудиторных и дистанционных занятий, разработки, управления и распространения учебных материалов с обеспечением совместного доступа. Создаются данные материалы в визуальной учебной среде с зада-

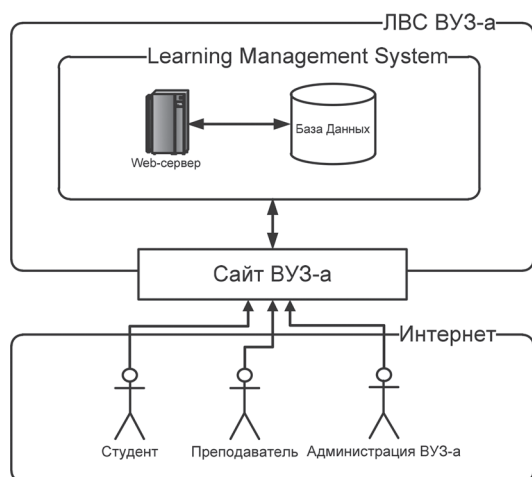


Рис. 1. Общая схема организации работы типичной LMS ВУЗа

нием последовательности изучения. В состав системы, как правило, входят различного рода индивидуальные задания, проекты для работы в малых группах и учебные элементы для всех студентов, основанные как на содержательной компоненте, так и на коммуникативной [1]. В русскоязычной литературе в качестве синонима LMS встречаются термины СДО – система дистанционного обучения, а также СУО – система управления обучением.

В настоящее время существует множество систем управления обучением, причем каждая из них имеет как очевидные преимущества, так и недостатки, обусловленные разработками программных продуктов под определенные цели. Довольно подробная классификация таких систем приведена в [2], а схема организации работы LMS в локальной вычислительной сети (ЛВС) высшего учебного заведения (ВУЗ) может быть представлена в виде:

Как следует из рис. 1, физически система управления обучением размещается на сервере учреждения образования. Информация о пользователях системы, а также весь учебный контент хранятся в базе данных. Доступ к LMS возможен как по локальной сети, так и по сети Интернет. Как правило, в таких системах выделяют три категории пользователей:

- обучающиеся с целью получения знаний;
- преподаватели с целью размещения учебных материалов и организации процесса обучения;
- администрация ВУЗа с целью наблюдения за процессом и сбором статистики об успеваемости.

Неотъемлемой частью всех автоматизированных систем управления обучением является наличие возможности тестирования знаний. Преподаватели могут создавать тесты для контроля знаний, чтобы оценить уровень подготовки обучающихся на данный момент времени, либо тесты для самоконтроля, которые могут быть использованы студентами для самоподготовки. В обоих случаях все обучающиеся работают с одинаковыми по сложности вопросами вне зависимости от своего уровня подготовки, а результаты тестов не могут указать, какие именно пробелы в знаниях имеются у тестируемых. Поэтому возникла необходимость в интеллектуальной составляющей LMS, что привело к появлению интеллектуальных обучающих систем (ИОС) [3–4].

Интеллектуальные обучающие системы позволяют реализовать процесс обучения с помощью динамически развивающейся базы знаний, с учетом оптимального варианта обучения для каждого обучаемого, при наличии автоматизированного учета и анализа получаемой информации, поступающей в базу данных [5]. В большинстве своем ИОС – это высокоструктурированные системы для обучения, в которых определяется программным образом формат обучения, возможности и формы деятельности обучаемого, реализуется постепенное приближение к поставленной цели обучения. В [6] к основным этапам работы ИОС относят построение курса обучения и поддержку в решении задач.

Целью этапа построения курса обучения является предоставление обучаемому наиболее оптимальной, унифицированной последовательности блоков знаний для изучения, а также последовательности заданий (примеров, вопросов, задач и т. д.) для практических занятий. Различают следующие виды построения последовательностей: активные и пассивные [6]. Активное построение последовательности предусматривает наличие активной цели обучения, т. е. наличие определенной подмножества понятий для овладения. Подобные системы с активной последовательностью могут создать наиболее приемлемый индивидуальный путь для достижения целей обучения. Пассивная последовательность не требует активной цели и включается в процесс, когда пользователь не способен решить

поставленную задачу или ответить на вопрос корректно.

Поддержка и помощь в решении задач обычно рассматривается как основная характеристика систем ИОС. Как правило, выделяют три способа поддержки в решении задач: интеллектуальный анализ решений обучаемого, интерактивная поддержка в решении задач и поддержка в решении задач на примерах [6]. Эти способы предназначены для того, чтобы помочь студенту в процессе решения поставленной задачи, однако их реализация происходит по-разному.

Интеллектуальный анализ решений обучаемого работает с итоговыми ответами на задачи. В процессе анализа решенной задачи система должна оценить верность и корректность решения и, по возможности, определить, какие пробелы в знаниях повлекли за собой ошибку, и как эти пробелы можно закрыть. Интеллектуальные анализаторы решений могут предоставлять обучаемым обратную связь и обновлять модель обучаемого.

Интерактивная поддержка в решении задач предоставляет при необходимости интеллектуальную помощь обучаемому в процессе решения задачи. Уровень поддержки может отличаться в зависимости от сложности задания и модели обучаемого. Системы, в которых используется подобный способ, наблюдают за действиями обучаемых, анализируют их и используют полученные данные для принятия решения о необходимости помощи такими способами, как, например, советы, подсказки или сообщения о неверно сделанном в процессе решения шаге.

Поддержка в решении задач на примерах предоставляет возможность обучаемым решать задачи без акцентирования внимания на их ошибках, предлагая примеры схожих задач, успешно решенных ими ранее.

Таким образом, интеллектуальные обучающие системы с обратной связью, способные оказывать поддержку в решении задач, т. е. адаптироваться к модели обучаемого, а также к образовательному контенту, получили название адаптивных обучающих систем (АОС).

Адаптивные обучающие системы анализируют знания обучающегося на каждом этапе изучения материала и позволяют строить индивидуальную траекторию обучения. Также

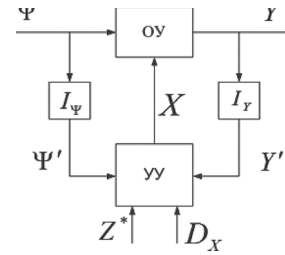


Рис. 2. Общая структура АОС [8]

могут быть учтены психофизические особенности индивидуумов. Следует отметить сложность разработки таких систем и не всегда высокую точность. В первую очередь это связано с трудностями формализации знаний. Некоторые модели представления знаний в обучающих системах были описаны в [7], а процесс обучения сформулирован в [8] как задача управления. Ученик при этом выступает в качестве объекта управления (ОУ), а АОС выполняет функции устройства управления (УУ). На рис. 2 приняты следующие обозначения: Ψ – состояние внешней среды; Y – состояние ученика; I_Ψ , I_Y – соответствующие измерители; Ψ' , Y' – результаты измерения величин Ψ , Y ; X – управляющие воздействия; D_X – ресурсы (ограничения на управление); Z^* – цель управления, состоящая в переводе ученика в требуемое состояние Y^* .

Во введенных обозначениях общее правило функционирования АОС в [8] представлено в следующем виде: АОС, получая на вход информацию о состоянии среды Ψ' и состоянии ученика Y' , а также информацию о цели Z^* и ресурсах D_X , выдает на выход допустимое управление

$$X = A(\Psi', Y', Z^*) \in D_X,$$

переводящее ученика из текущего состояния в состояние, близкое к Y^* . Здесь A – алгоритм управления процессом обучения. Предполагается, что модель ученика, связывающая наблюдаемые входы и выходы, имеет вид $Y' = M_L(\Psi', X)$. В [8] задача синтеза оптимального управления X^* с учетом μ^* , как символа некоторой меры близости, записывается в виде:

$$\min_X \mu(Y - M_L(\Psi', X)) = \mu(Y - M_L(\Psi', X^*)), \\ X \in D_X.$$

Несмотря на сложность разработки адаптивных систем обучения, такой подход является крайне актуальным в настоящее время по

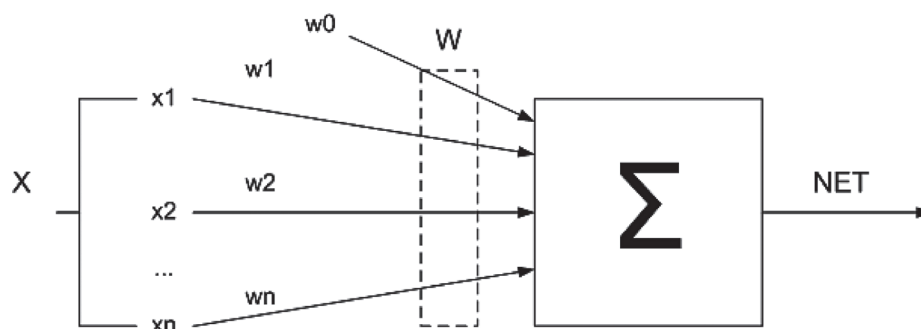


Рис. 3. Модель искусственного нейрона

причине развития непрерывного образования. Человек находится в этом процессе в течение всей своей жизни, хочет заниматься обучением в любом удобном для него месте, в любое свободное для него время, в кратчайшие сроки, не тратя при этом лишних средств.

Математические методы, применяемые в адаптивных обучающих системах. При реализации процесса адаптации одним из важнейших моментов является выбор математических методов. Анализ литературных источников позволил выделить 4 категории методов, применяемых в АОС.

Первая категория включает методы, основанные на теории экспертных систем и реализующие построение хода курса обучения наряду с интеллектуальным анализом результата опроса обучаемого [9]. Плюсом использования таких методов при разработке АОС является предоставление большого круга способов анализа действий, осуществляемых экспертными системами. К минусам можно отнести сложность наполнения базы знаний и регулировки параметров экспертной системы.

Вторая категория представляет собой математические методы, использующие теорию нечетких множеств и нечеткой логики [7]. АОС, в которых применяются такие методы, зачастую реализуют технологию построения последовательности курса обучения. Основной особенностью таких АОС является адаптивность процесса построения курса обучения с учетом неопределенности уровня знаний обучаемого. К недостаткам таких систем можно отнести сложность в выборе параметров алгоритмов нечеткой логики.

К третьей категории были отнесены методы на основе статистических подходов. Такие методы решают задачи классификации в АОС, например, разбиение обучающихся на класте-

ры в зависимости от уровня предварительной подготовки [10].

Четвертая категория объединяет методы, основанные на теории эволюционных алгоритмов (генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и т. д.). Основной используемой технологией здесь является интеллектуальный анализ ответов обучаемого. К особенностям таких систем относят их широкое применение в задачах адаптивного контроля знаний [11]. В качестве недостатка выступает отсутствие единого способа обоснования принимаемых решений в искусственных нейронных сетях и проблема сходимости генетических алгоритмов.

Искусственные нейронные сети в адаптивных обучающих системах. Исходя из недостатков всех групп, для создания наиболее эффективной адаптивной обучающей системы был выбран метод четвертой группы, основанный на использовании искусственной нейронной сети (ИНС). В модели ИНС простые узлы (их называют нейроны либо нейроды (neurodes), либо обрабатывающие элементы (ОЭ), либо юниты) связаны друг с другом и образуют сеть узлов [11]. Одно из подобий ИНС биологическим нейронным сетям заключается в том, что функции выполняются юнитами все вместе, параллельно.

Искусственный нейрон имитирует в первом приближении свойства биологического нейрона. На вход искусственного нейрона поступает некоторое множество сигналов x_1, x_2, \dots, x_n , каждый из которых является выходом другого нейрона. Каждый вход умножается на соответствующий вес w_1, w_2, \dots, w_n , аналогичный синаптической силе, и все произведения суммируются, определяя уровень активации нейрона. На рис. 3 представлена модель, которая реализует эту идею.

Для эффективной адаптивной обучающей системы нужны свойства, которые являются основными для искусственных нейронных сетей:

– Самообучение – это одно из самых важных преимуществ ИНС перед другими традиционными алгоритмами. Обучение заключается в поиске коэффициентов связей между нейронами. В процессе обучения искусственная нейронная сеть способна находить зависимости между входными и выходными данными, а также совершать обобщение. Это означает, что, если обучение было успешным, то сеть способна вернуть верный результат на основании данных, которые отсутствовали в обучающей выборке.

– Быстродействие. Каждый из нейронов, по сути, является микропроцессором, но, поскольку искусственная нейронная сеть состоит из тысяч таких нейронов, между которыми распределяется задача, ее решение происходит намного быстрее, чем при использовании обычных алгоритмов решения.

– Адаптация к изменениям. Способность искусственной нейронной сети адаптироваться к изменениям позволит ей работать в правильном режиме все время.

Практическая реализация применения искусственной нейронной сети для адаптивного обучения находится на стадии апробирования для учебных дисциплин «Тестирование и от-

ладка программного обеспечения», «Надежность программного обеспечения», «Модульное тестирование» для подготовки инженеров-программистов на факультете информационных технологий и робототехники Белорусского национального технического университета.

Заключение

Проведенные исследования позволили проследить путь совершенствования обучающих систем от автоматизированных систем управления обучением к интеллектуальным обучающим системам, а затем и к адаптивным обучающим системам. Искусственная нейронная сеть в адаптивной обучающей системе позволит создавать уникальную программу обучения, которая будет отталкиваться от имеющихся знаний и уровня восприятия учебного материала обучающимся. Такой подход позволит построить индивидуальную траекторию обучения, учитывающую психофизические особенности обучаемого. Формализовав интеллектуальные процессы, которые осуществляют как преподаватель, так и обучающийся, можно автоматизировать определенную часть функций преподавателя, сократить затраты на ручной труд, что позволит более просто осуществлять контроль за учебным процессом, а также сделать процесс обучения более эффективным.

Литература

1. Ellis, Ryann K. Field Guide to Learning Management Systems // ASTD Learning Circuits [Электронный ресурс]. – 2009. – Режим доступа: http://www.astd.org/~media/Files/Publications/LMS_fieldguide_20091 – Дата доступа: 03.11.2018.
2. Попова, Ю. Б. Классификация автоматизированных систем управления обучением / Ю. Б. Попова // Системный анализ и прикладная информатика. – 2016. – № 3. – С. 51–58.
3. Брусиловский, П. Л. Адаптивные и интеллектуальные технологии в сетевом обучении / П. Л. Брусиловский // Новости искусственного интеллекта. – 2002. – № 5. – С. 25–31.
4. Брусиловский, П. Л. Интеллектуальные обучающие системы / П. Л. Брусиловский // Информатика. Информационные технологии. Средства и системы. – 1990. – № 2. – С. 3–22.
5. Семенова, Н. Г. База знаний интеллектуальной обучающей системы технической дисциплины / Н. Г. Семенова, А. М. Семенов, И. Б. Крылов // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2013. – № 9. – С. 44–54.
6. Пелюшенко, А. В. Обучающие среды и интеллектуальные обучающие системы: возможности использования в образовательном процессе / А. В. Пелюшенко // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2006. – № 3. – С. 48–50.
7. Попова, Ю. Б. Представление знаний в обучающих системах на основе теории нечетких множеств / Попова, Ю. Б., Бураковский А. И. // Системный анализ и прикладная информатика. – 2016. – № 2. – С. 58–65.
8. Модельное обеспечение автоматизированных обучающих систем. Обзор // Наука и образование: [Электронный ресурс] / МГТУ им. Н. Э. Баумана / Карпенко А. П., 2011. – Режим доступа: <http://technomag.edu.ru/doc/193116.html> – Дата доступа: 09.11.2018.
9. Стандарты в сфере дистанционного обучения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dist.by/distantsionnoe/16-standarty-v-sfere-distantsionnogo-obucheniya> – Дата доступа: 20.10.2018.
10. Информационно-коммуникационные технологии в образовании [Электронный ресурс]. – Современные тенденции в кластерном анализе. В. Б. Бериков, Г. С. Лбов. – Режим доступа: <http://www.ict.edu.ru/ft/005638/62315e1st02.pdf> – Дата доступа: 09.11.2018.

11. Попова Ю. Б., Яцынович С. В. Обучение искусственных нейронных сетей методом обратного распространения ошибки. // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bntu.by/news/67-conference-mido/4860-2016-11-18-15-47-40.html> – Дата доступа: 01.10.2018.

REFERENCES

1. Ellis, Ryann K. Field Guide to Learning Management Systems // ASTD Learning Circuits [Электронный ресурс]. – 2009. – Режим доступа: http://www.astd.org/~media/Files/Publications/LMS_fieldguide_20091 – Дата доступа: 03.11.2018.
2. Попова, Ю. Б. Классификация автоматизированных систем управления обучением / Ю. Б. Попова // Системный анализ и прикладная информатика. – 2016. – № 3. – С. 51–58.
3. Brusilovskij, P. L. Adaptivnye i intellektual'nye tehnologii v setevom obuchenii / P. L. Brusilovskij // Novosti iskusstvennogo intellekta. – 2002. – № 5. – С. 25–31.
4. Brusilovskij, P. L. Intellektual'nye obuchajushhie sistemy / P. L. Brusilovskij // Informatika. Informacionnye tehnologii. Sredstva i sistemy. – 1990. – № 2. – С. 3–22.
5. Semenova, N. G. Baza znaniy intellektual'noj obuchajushhej sistemy tehnicheckoj discipliny / N. G. Semenova, A. M. Semenov, I. B. Krylov // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2013. – № 9. – С. 44–54.
6. Peljushenko, A. V. Obuchajushhie sredi i intellektual'nye obuchajushhie sistemy: vozmozhnosti ispol'zovanija v obrazovatel'nom processe / A. V. Peljushenko // Izvestija Volgogradskogo gosudarstvennogo tehnicheckogo universiteta. – 2006. – № 3. – С. 48–50.
7. Попова, Ю. Б. Представление знаний в обучающих системах на основе теории нечетких множеств / Попова, Ю. Б., Burakovskij A. I. // Системный анализ и прикладная информатика. – 2016. – № 2. – С. 58–65.
8. Model'noe obespechenie avtomatizirovannyh obuchajushhih sistem. Obzor // Nauka i obrazovanie: [Электронный ресурс] / MGTU im. N. Je. Bauman / Karpenko A. P., 2011. – Режим доступа: <http://technomag.edu.ru/doc/193116.html> – Дата доступа: 09.11.2018.
9. Standarty v sfere distancionnogo obuchenija [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dist.by/distantcionnoe/16-standarty-v-sfere-distantcionnogo-obuchenija> – Дата доступа: 20.10.2018.
10. Informacionno-kommunikacionnye tehnologii v obrazovanii [Электронный ресурс]. – Sovremennye tendencii v klaster-nom analize. V. B. Berikov, G. S. Lbov. – Режим доступа: <http://www.ict.edu.ru/ft/005638/62315e1-st02.pdf> – Дата доступа: 09.11.2018.
11. Попова Ю. Б., Яцынович С. В. Обучение искусственных нейронных сетей методом обратного распространения ошибки. // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bntu.by/news/67-conference-mido/4860-2016-11-18-15-47-40.html> – Дата доступа: 01.10.2018.

Поступила
15.04.2018

После доработки
26.06.2019

Принята к печати
01.07.2019

Popova Y. B.

FROM LMS TO ADAPTIVE TRAINING SYSTEMS

Belarusian National Technical University

The use of information technology and, in particular, learning management systems, increases the ability of both the teacher and the learner to achieve their goals in the educational process. Such systems provide educational content, help organize and monitor training, collect progress statistics, and can also take into account the individual characteristics of each user of the system. The purpose of this study is to determine the direction of development of modern learning systems and technologies for their implementation. The evolution of learning management systems, the transition to intelligent learning systems, the main stages of such systems were reviewed, the types of learning sequences were analyzed, the transformation into adaptive learning systems was identified, and the scheme of the system and its mathematical model were presented. Expertise systems, the theory of fuzzy sets and fuzzy logic, cluster analysis, as well as genetic algorithms and artificial neural networks are defined as the mechanisms for implementing the learning systems. An artificial neural network in an adaptive learning system will allow you to create a unique training program that will build on existing knowledge and the level of perception of educational material by students. By formalizing the intellectual processes that both the teacher and the student carry out, it is possible to automate a certain part of the teacher's functions, reduce the cost of manual labor, which will make it easier to monitor the learning process and also make the learning process more efficient.

Keywords: *learning management system, LMS, intelligent learning systems, adaptive learning systems, artificial neural network.*



Yuliya B. Popova, PhD, Associate Professor of the Department of software for information systems and technologies at the Belarusian National Technical University. Her research interests include methods and algorithms of optimization in technical systems, engineering of adaptive learning systems and learning management systems (LMS), modeling of student knowledge, software testing and quality assurance.

E-mail: julia_popova@mail.ru

Попова Юлия Борисовна, доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры программного обеспечения информационных систем и технологий БНТУ. Ее научные интересы связаны с методами и алгоритмами оптимизации технических систем, разработкой адаптивных обучающих систем, автоматизированных систем управления учебным процессом, моделированием знаний, а также с вопросами тестирования и качества программного обеспечения.

Работа выполняется в рамках научно-исследовательской работы ГБ № 16–274 «Модели, методы, технологии создания прикладных комплексов для инженерных и компьютерных систем».