

УДК 004.5; 004.8

Дата подачи статьи: 06.06.22, после доработки: 30.08.22

DOI: 10.15827/0236-235X.140.778-788

2022. Т. 35. № 4. С. 778–788

Разработка адаптивной обучающей системы технической дисциплины

А.Ф. Тагирова¹, к.п.н., доцент, LG-77@mail.ru

¹ Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, 460018, Россия

Настоящая статья посвящена разработке электронной обучающей системы технической дисциплины, образовательный материал которой адаптирован с учетом отличительных особенностей каждого студента.

Новизна предложенного в работе подхода заключается в организации процесса адаптации на основе использования понятия «статус обучаемого», отражающего знаниевый уровень владения дисциплиной и сформированность личностных характеристик студента. Процесс адаптации состоит в подборе оптимальной редакции материала, максимально соответствующей индивидуальным характеристикам студента.

В качестве инструмента для определения статуса обучаемого используется экспертная система на основе нечеткой модели представления знаний. В ходе работы экспертной системы происходит сравнение характеристики с правилами продукции нечеткой базы знаний. В качестве алгоритма нечеткого вывода использован алгоритм Мамдани.

На основе предложенного алгоритма разработана адаптивная обучающая система для преподавания технической дисциплины студентам, будущим IT-специалистам.

Внедрение предложенной адаптированной системы позволяет реализовать индивидуальные образовательные траектории для каждого студента и сформировать персональное пространство обучающего контента, подстраивающегося под его уровень усвоения материала и личностные качества.

Ключевые слова: адаптивная обучающая система, статус обучаемого, алгоритм адаптации образовательного контента, нечеткая логика, экспертная система, алгоритм Мамдани.

Современные тенденции развития мирового электронного образовательного пространства определяют необходимость цифровой трансформации образования за счет разработки и внедрения различных электронных обучающих систем и ресурсов.

Суть цифровой трансформации образования заключается в достижении необходимых результатов в обучении посредством персонализации учебного процесса на основе использования цифровых технологий (согласно стратегии развития информационного общества в России).

Перспективным направлением в области персонализации образования выступают *адаптивные обучающие системы* (АОС), опыт разработки и применения которых в высших учебных заведениях в настоящее время чрезвычайно ограничен и не предполагает универсальности использования [1].

Под АОС понимаются электронные образовательные ресурсы, предоставляющие студенту персональное образовательное пространство, наполненное учебным контентом, подстраивающимся под его индивидуальные характеристики [1]. Их задача – оптимизация

учебного процесса путем представления материала дисциплины в наиболее предпочтительной форме.

Решению проблемы реализации персонализированного обучения различными подходами было посвящено достаточно работ отечественных и зарубежных ученых.

Так, в работе [2] для подготовки специалистов в области авиации с учетом их индивидуальных особенностей (уровня подготовки и психофизиологических характеристик) предлагается использовать АОС, построенную на основе нейронных сетей.

В ходе создания интеллектуальной (адаптивной) тренажерной системы стрелкового оружия применяется теория программированного обучения [3].

Внедряются АРМ преподавателя и АРМ курсанта, объединенные в локальную сеть для обеспечения АОС, ориентированной на групповое обучение курсантов в рамках военно-инженерной подготовки [4].

Для построения программного комплекса подготовки спортсменов используются интеллектуальные системы обучения на основе технологий распознавания человеческого тела [5].

Имеются интеллектуальные системы обучения водителей на базе реальных автомобилей, основанные на сети с несколькими встроенными датчиками, которые отражают параметры состояния транспортного средства [6].

Следует отметить, что названные исследования касаются подготовки военных специалистов [2–4], спортсменов [5] и водителей [6] и не затрагивают сферу высшего образования. Анализ исследований в области адаптивных систем, применяемых в высшей школе [7–9], показал, что набор характеристик, на основе оценки которых строится модель адаптации, ограничен. Как правило, такие системы позволяют анализировать лишь знания обучаемого в заданной предметной области. Это обусловлено отсутствием единых подходов к способам представления информации об обучаемых и механизмов оценки их характеристик в модели обучаемого.

Например, в [7] предлагается использовать метод кластерного анализа для распределения пользователей по разным категориям в зависимости от уровня начальной подготовки (уровня остаточных знаний, полученных в процессе изучения предшествующих дисциплин).

Для улучшения качества обучения студентов путем повышения уверенности в себе и изменения сроков обучения в работе [8] предлагается применять адаптивную платформу обучения предпринимательству на основе взаимодействия человека и компьютера.

Система развития талантов с использованием интеллектуального сервисного робота, в котором применяются методы искусственного интеллекта и технология взаимодействия человека с компьютером, предлагается в [9].

Отличительной особенностью разработанной автором настоящей статьи адаптивной системы является то, что при реализации персонализированного обучения учитываются и знания, и личностные качества обучаемых. Данная АОС ориентирована на построение персонализированных траекторий обучения студентов с учетом их базовых знаний предмета и характеристик.

Для реализации адаптации образовательного контента предлагается использование методов искусственного интеллекта с применением теории нечетких множеств.

Структура АОС

Уникальность разрабатываемой электронной обучаемой системы в том, что алгоритм

адаптации образовательного контента базируется на использовании нескольких характеристик студента, в результате оценки которых подбирается адаптивный персонализированный материал дисциплины. В качестве этих характеристик были выбраны его личностные качества (внимательность, стремление к самообучению и развитию, усидчивость, ответственность, стрессоустойчивость), а также знания по изучаемой дисциплине, в результате оценки которых формируется выходная величина «статус обучаемого». Это интегративная характеристика, на основе которой будет строиться индивидуальная образовательная траектория. Она может получать одно из возможных значений в соответствии с моделью студента: новичок, стажер, мастер, профессионал, эксперт [10].

При проектировании структуры обучающей системы следует учитывать предметные особенности дисциплины, для которой она разрабатывается. Особенность предлагаемой АОС заключается в том, что она предназначена для обучения техническим дисциплинам, методика преподавания которых имеет свою специфику: студентам необходимо не только изучать теоретический материал, но и закреплять навыки при выполнении лабораторных и практических работ [11]. Следовательно, при создании АОС по техническим дисциплинам разработчикам следует предусмотреть в ее структуре возможность работы студентов с практическим блоком. На рисунке 1 изображена структура электронной АОС на примере преподавания дисциплины «Программирование и алгоритмизация».

Теоретический блок представлен электронным гипертекстовым учебником, включающим видеолекции, аудиоматериалы, глоссарий, а также ссылки на внешние ресурсы сети Интернет. Предлагаемый к изучению материал адаптирован для каждого обучаемого [12].

В практическом блоке предусмотрена возможность выполнения ранжированных лабораторных и практических работ, сформированных в соответствии с определенным статусом обучаемого. Оценочный блок предназначен для определения уровня усвоения знаний по дисциплине и сформированности личностных качеств.

Персонализированное обучение студентов реализуется в блоке адаптации образовательного контента за счет использования нечеткой экспертной системы, он включает работу с моделью обучаемого, формирование базы правил.

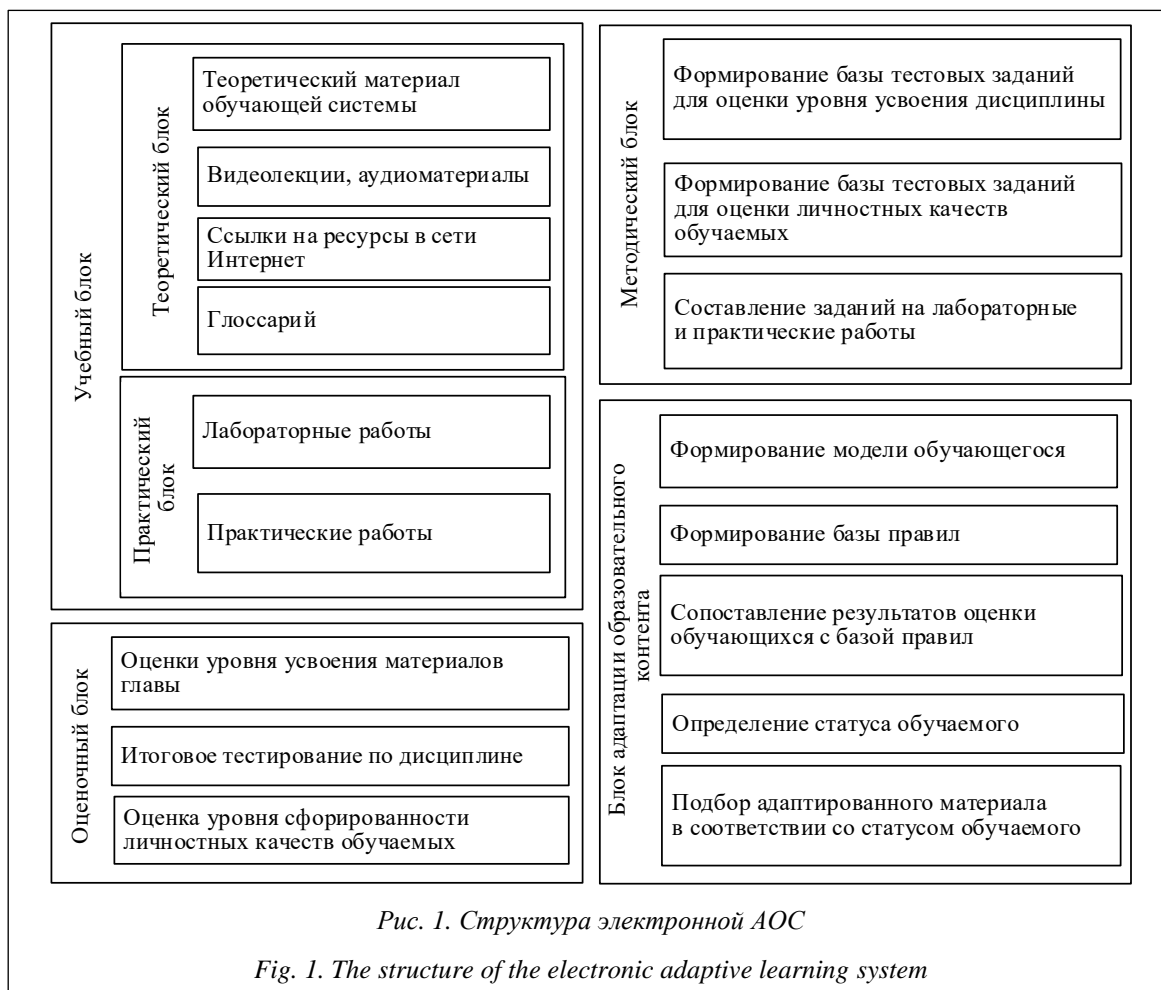


Рис. 1. Структура электронной АОС

Fig. 1. The structure of the electronic adaptive learning system

В процессе обучения система может предлагать адаптированный под каждого студента образовательный контент, что позволит реализовать индивидуальные образовательные траектории, подстраивающиеся под его уровень усвоения материала и личностные качества.

Работать с системой могут преподаватель, выступающий в роли эксперта, и студент, которые входят в систему с разными правами доступа. Студент имеет возможность прохождения оценивания уровня сформированности характеристик, выполнения лабораторных и практических работ, а также работы с адаптированным материалом электронного учебника.

Эксперт (преподаватель) реализует подготовку образовательного контента (теоретический материал учебника, ранжированные задания на лабораторные и практические работы, ранжированные тесты), который в дальнейшем будет адаптирован под каждого обучаемого.

Помимо этого, он реализует работу с моделью студента, настройку характеристик, которые будут ключевыми показателями при опре-

делении текущего статуса обучаемого. Затем осуществляет настройку экспертной системы (описывает лингвистические переменные, разрабатывает продукционные правила для нечеткой экспертной системы).

Для наглядного представления движения информационных процессов при реализации процессов адаптации образовательного контента системы было использовано средство структурного моделирования BPWIN с применением методологии диаграммы потоков данных (рис. 2).

На начальном этапе обучения, пока система не обладает данными о студенте и его текущем статусе, предлагается проведение входного тестирования для оценки базовых знаний по изучаемой дисциплине. Результаты оценки сохраняются в БД АОС. При проведении тестирования учитываются не только количество верных ответов, но и время прохождения теста, общее число вопросов, количество попыток. Также оценивается сформированность личностных качеств, результаты сохраняются в БД.



На следующем этапе происходит работа экспертной системы, в процессе которой результаты оценки качеств студентов считываются из БД и сравниваются с базой правил. В итоге определяется текущий статус студента и предоставляется адаптивный образовательный материал.

После изучения материала студенты проходят оценивание уровня усвоения дисциплины, отражающего знаниевый компонент. Необходимо также выполнить лабораторные и практические работы для проверки навыков разработки приложений. Таким образом, уровень усвоения дисциплины является интегративной характеристикой, которая определяется на основе оценки теоретических знаний и практических навыков студентов, в то время как личностные качества оцениваются единожды, только при входе в систему, так как предполагается, что они существенно не меняются во время работы с программным средством.

В процессе работы системы текущий статус обучаемого может меняться как в сторону повышения, так и вниз на один уровень. Следовательно, в ходе обучения студентов в адаптивной системе реализуется корректировка статуса обучаемого по результатам его деятельности.

Алгоритм адаптации образовательного контента технической дисциплины

Реализация алгоритма адаптации образовательного контента основана на использовании

экспертной системы, ядром которой является нечеткая база знаний. В качестве математического метода был применен алгоритм нечеткого вывода Мамдани, использующий минимаксную композицию нечетких множеств [13] (рис. 3).

Разработанный алгоритм определения статуса обучаемого на основе нечеткого вывода Мамдани состоит из следующих операционных действий.

1. Фаззификация – преобразование точных значений входных переменных в значения лингвистических переменных посредством функций принадлежности $\mu(x)$. На начальном этапе характеристики обучающихся были описаны в виде входных лингвистических переменных, заданы их термы и параметры.

Модель нечеткого вывода содержит шесть входных переменных: уровень усвоения дисциплины (UUD), стремление к самообучению и развитию (SR), внимательность (V), усидчивость (U), ответственность (O), стрессоустойчивость (S). Для описания переменных была использована трапецевидная форма записи.

Аналогичным образом были заданы остальные пять входных лингвистических переменных.

Выходная лингвистическая переменная – статус обучаемого (ST) содержит пять термов (новичок, стажер, мастер, профессионал, эксперт). В таблице представлено описание функции принадлежности для входной лингвисти-

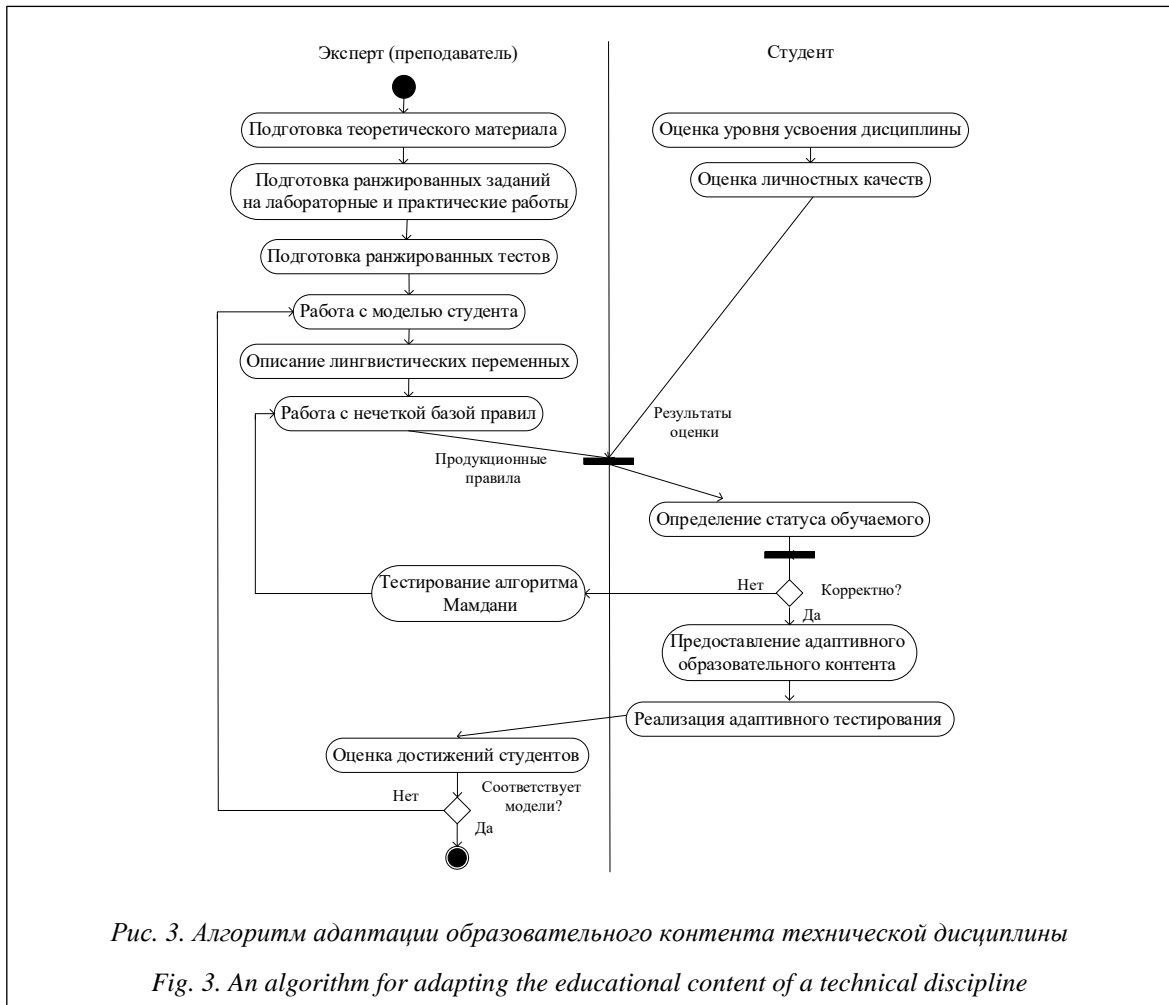


Рис. 3. Алгоритм адаптации образовательного контента технической дисциплины

Fig. 3. An algorithm for adapting the educational content of a technical discipline

ческой переменной *UUD* и выходной лингвистической переменной *ST*.

Термы переменных *UUD* и *ST*

Terms of the variable

Терм	Диапазон термина, в баллах	Трапецевидная форма записи
Уровень усвоения дисциплины (UUD)		
Сложный	90–100	[90 95 100 100]
Продвину- тый	75–95	[75 80 90 95]
Средний	55–80	[55 60 75 80]
Базовый	35–60	[35 40 55 60]
Начальный	0–40	[0 0 35 40]
Статус обучаемого (ST)		
Эксперт	83–100	[83 90 100 100]
Профессио- нал	65–90	[65 73 80 90]
Мастер	42–75	[42 53 60 75]
Стажер	20–55	[20 33 40 55]
Новичок	0–30	[0 0 20 30]

2. Разработка базы лингвистических правил $R = \{R1, R2, \dots, Rn\}$, которые составляются на основе комбинаций входных и выходной переменных. Примеры разработанных правил:

R1 – Если *UUD* = сложный уровень и *V* = высокий уровень и *U* = высокий уровень и *O* = высокий уровень и *SSR* = высокий уровень и *S* = высокий уровень, то Статус = эксперт;

R2 – Если *UUD* = продвинутый и *V* = средний уровень и *U* = высокий уровень и *O* = высокий выше среднего и *SSR* = средний уровень и *S* = средний уровень, то Статус = профессионал;

R3 – Если *UUD* = начальный уровень и *V* = низкий уровень и *U* = ниже среднего уровень и *O* = низкий уровень и *SSR* = низкий уровень и *S* = средний уровень, то Статус = новичок.

3. Агрегирование подусловий – определение истинности условий для каждого лингвистического правила системы нечеткого вывода. Так как во всех правилах используется опера-

ция «И», агрегирование проводится по методу логической конъюнкции, которая заключается в нахождении минимального значения истинности всех его подусловий:

$$b_i = \min\{\mu(UUD), \mu(SR), \mu(U), \mu(O), \mu(V), \mu(S)\}, \quad (1)$$

где i – общее количество лингвистических правил.

4. Активация подзаклучений – нахождение степени истинности каждого из подзаклучений в лингвистическом правиле. Для каждого подзаклучения в соответствии с функцией принадлежности выходной лингвистической переменной $\mu(ST)$ и результатом предыдущего операционного действия находится степень истинности. Далее определяется минимальное значение функции принадлежности подзаклучений:

$$\mu(ST) = \min\{c_i, \mu(ST)\}, \quad (2)$$

где $\mu(ST)$ – функция принадлежности выходной лингвистической переменной ST ; c_i – элемент множества $C = \{c_i\}$, который определяется как произведение элементов множества истинности условий $B = \{b_i\}$ и значений весовых коэффициентов для каждого из лингвистических правил системы нечеткого вывода.

5. Аккумуляция заключений – нахождение функции принадлежности для каждой из выходных лингвистических переменных $ST = \{ST_i\}$, осуществляемое на основе max-объединения функций принадлежности:

$$\mu''(ST) = \max\{\mu_i'(ST)\}, \quad (3)$$

где $\mu_i'(ST)$ – функция принадлежности, полученная в результате активации лингвистических правил.

6. Дефаззификация – нахождение численного значения для каждой из выходных лингвистических переменных множества ST . Результатом этого операционного действия являются количественные значения выходной переменной «статус обучаемого» в баллах. Дефаззификация выполняется по методу левого модального значения:

$$y = \min\{ST_M\}, \quad (4)$$

где ST_M – модальное значение нечеткого множества для выходной переменной P после аккумуляции.

В результате работы предложенного алгоритма для каждого студента определяется текущий статус, в соответствии с которым подбирается наиболее оптимальная редакция учебного материала, максимально соответствующая его индивидуальным особенностям [14]. Отличием предложенного алгоритма является возможность его применения и тиражирования

для построения АОС для других дисциплин при подготовке IT-специалистов.

Программная реализация алгоритма адаптации образовательного контента технической дисциплины

На основе представленного ранее алгоритма адаптации разработана электронная обучающая система для преподавания дисциплины «Программирование и алгоритмизация», имеющая два уровня доступа: студент и эксперт (преподаватель), которые отличаются интерфейсной частью и функционалом [15].

Характерным отличием предлагаемой АОС является то, что ее интерфейсная часть реализована в виде веб-приложения. В сравнении с классическими оконными приложениями веб-страницы не требуют предварительной установки на компьютер пользователя, а запускаются в браузере.

При входе в систему под уровнем доступа «студент» открывается главное окно приложения, которое включает пять пунктов меню: Личный кабинет, Дисциплины, Статус обучаемого, Справка, Выход. При первом запуске программного средства студенту необходимо пройти оценку характеристик для определения статуса обучаемого. В меню Статус обучаемого представлены входные тесты для оценки базовых знаний по дисциплине, а также сформированности личностных качеств (см. <http://www.swsys.ru/uploaded/image/2022-4/2022-4-dop/7.jpg>, <http://www.swsys.ru/uploaded/image/2022-4/2022-4-dop/8.jpg>).

Результаты оценки качеств студента сохраняются в БД системы. При определении статуса обучаемого в ходе работы экспертной системы происходит сравнение этих данных с нечеткими производными правилами. Как результат, выявленный статус выводится на экран (см. <http://www.swsys.ru/uploaded/image/2022-4/2022-4-dop/9.jpg>).

После нажатия кнопки «Приступить к обучению» студенту будет предоставлен материал дисциплины, адаптированный под его выявленные индивидуальные особенности.

При работе с АОС уровень доступа «эксперт» предполагает более расширенные функциональные возможности. Предусмотрен пункт меню Дисциплины, закладка Редактор дисциплины, для редактирования содержания теоретического материала, заданий на лабораторные и практические работы, тесты (см. <http://www.swsys.ru/uploaded/image/2022-4/2022-4-dop/10.jpg>).

На рисунке 4 представлены настройка сложности образовательного контента, прикрепление соответствующих файлов с заданиями.

Преподаватель имеет возможность настройки экспертной системы (см. <http://www.swsys.ru/uploaded/image/2022-4/2022-4-dop/11.jpg>).

На рисунке 5 приведен пример работы с лингвистической переменной «уровень усвоения дисциплины». Остальные характеристики студентов задаются аналогично.

Эксперт имеет возможность редактирования лингвистических переменных в случае использования приложения при изучении других дисциплин, в которых могут быть выделены иные доминирующие характеристики обучаемого.

Возможна настройка нечеткой базы правил (см. <http://www.swsys.ru/uploaded/image/2022-4/2022-4-dop/12.jpg>), подразумевающая редактирование существующих и добавление новых правил (см. <http://www.swsys.ru/uploaded/image/2022-4/2022-4-dop/13.jpg>).

В ходе работы с системой преподавателю доступна функция определения статуса выбранного студента (см. <http://www.swsys.ru/uploaded/image/2022-4/2022-4-dop/14.jpg>) и просмотра реализации алгоритма Мамдани (рис. 6).

Как видно на рисунке 6, в ходе работы алгоритма характеристики студентов были описаны в виде нечетких лингвистических переменных. Для каждой переменной построены графики функций принадлежности в виде трапециевидной формы записи.

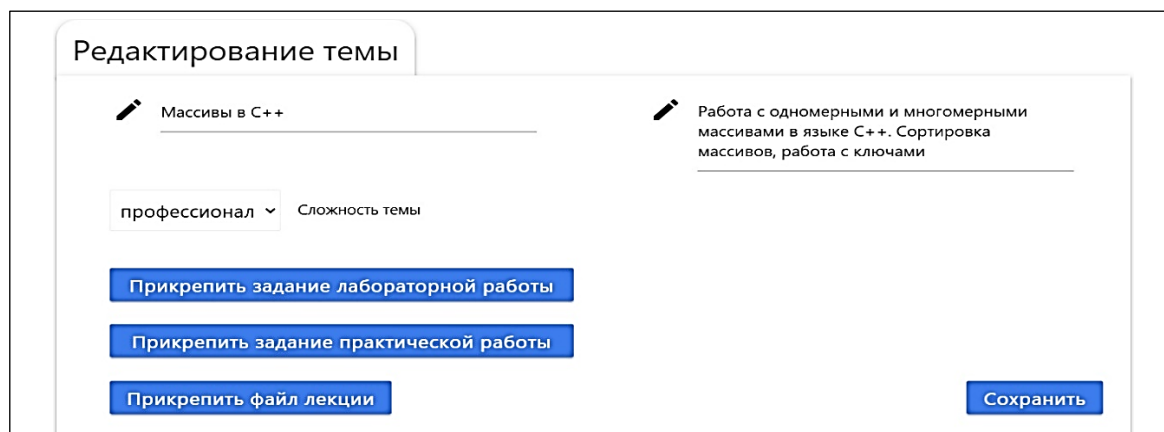


Рис. 4. Редактирование темы дисциплины в статусе «эксперт»

Fig. 4. Editing the topic of the discipline in the Expert status

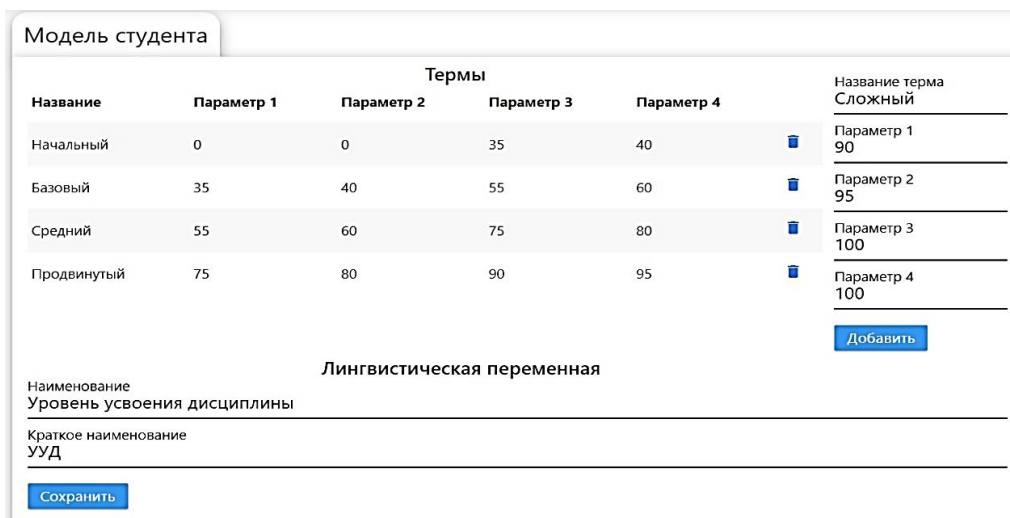


Рис. 5. Окно работы с лингвистическими переменными

Fig. 5. A window for working with linguistic variables



Рис. 6. Работа алгоритма Мамдани

Fig. 6. The Mamdani algorithm operation

В ходе работы алгоритма был определен статус обучаемого, равный 81. Согласно графику функции принадлежности заданной выходной лингвистической переменной, статус данного обучаемого – профессионал.

Внедрение разработанной АОС технической дисциплины

Апробация предложенного в работе алгоритма адаптации образовательного контента осуществлена в обучающей системе по дисциплине «Программирование и алгоритмизация» Оренбургского государственного университета.

В эксперименте приняли участие 27 студентов экспериментальной группы выбранного направления и 31 студент контрольной группы направления 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника».

Итоговый контроль усвоения материалов дисциплины в АОС показал, что результативность экспериментальной группы в среднем выше, чем контрольной. Студенты экспериментальной группы набрали в основном 80 баллов и более из 100 возможных (уровень выше среднего), в то время как средний балл студентов контрольной группы – 65 (средний уровень).

Таким образом, предложенный в работе алгоритм организации адаптации образовательного контента в электронной обучающей системе показал продуктивность использования в учебном процессе.

Полученные результаты апробации могут найти применение при построении электронных АОС для дисциплин в других учреждениях высшего образования.

Заключение

В статье описана электронная АОС, построенная с использованием алгоритма адаптации образовательного контента технической дисциплины.

Представлен новый подход к организации адаптивного обучения технической дисциплине в электронной системе с учетом персонализированного обучения. Новизной предложенного в работе подхода является организация алгоритма адаптации содержания образовательного контента технической дисциплины на основе определения статуса обучаемого (эксперт, профессионал, мастер, новичок, стажер). Статус обучаемого является нечеткой характеристикой, отражающей степень владения материалом курса и состоящей из двух компонент: уровень усвоения дисциплины и сформированность личностных качеств студента.

Особенностью предложенного алгоритма является возможность его применения и тиражирования для построения адаптивных электронных обучающих ресурсов различных дисциплин.

Представленная АОС разработана с учетом предметных особенностей технической дисциплины и содержит четыре блока, направленных на реализацию персонализированного обучения студентов (учебный, оценочный, методический блоки и блок адаптации образовательного контента).

В качестве инструмента для определения статуса обучаемого использована экспертная

система на основе нечеткой модели представления знаний. В ходе работы экспертной системы результаты характеристики обучаемых сравниваются с правилами продукций, на основе чего определяется текущий статус обучаемого. В качестве алгоритма нечеткого вывода использован алгоритм Мамдани.

Внедрение разработанной системы позволит построить оптимальную траекторию изучения студентом содержания электронного курса. Критерием оптимальности является достижение максимального уровня знаний на момент окончания изучения дисциплины.

Литература

1. Вайнштейн Ю.В., Шершнева В.А., Есин Р.В., Зыкова Т.В. Адаптация математического образовательного контента в электронных обучающих ресурсах // Открытое образование. 2017. № 4. С. 4–12. DOI: 10.21686/1818-4243-2017-4-4-12.
2. Григорьев А.П., Бурлуцкий С.Г. Нейросетевая навигационная тренажерно-обучающая система // Информационно-управляющие системы. 2017. № 3. С. 89–98. DOI: 10.15217/issn1684-8853.2017.3.89.
3. Баблев С.В. Программное обеспечение адаптивной обучающей системы для группового обучения курсантов в рамках военно-инженерной подготовки // Военный инженер. 2016. № 2. С. 40–44.
4. Привалов А.Н., Кулешов В.Л. О подходе к проектированию адаптивной тренажерной системы стрелкового оружия // Изв. ТулГУ. Технические науки. 2017. № 9. Ч. 1. С. 158–168.
5. Ma L. Cad data mining in application of intelligent sports training system. CAD J., 2020, vol. 17, no. S1, pp. 113–123. DOI: 10.14733/cadaps.2020.S1.113-123.
6. Duan G.J., Yan X., Ma H. An intelligent driver training system based on real cars. Sensors, 2019, vol. 19, no. 3, art. 630. DOI: 10.3390/s19030630.
7. Даценко Н.В., Горбатенко С.А., Горбатенко В.В. Адаптивная автоматизированная система как средство дифференциации обучения при подготовке специалистов в области информационных технологий // МОИТ. 2019. Т. 7. № 2. С. 382–390. URL: https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2019/05/DatsenkoSoavtori_2_19_1.pdf (дата обращения: 01.06.2022).
8. Zhang W. Human-computer interaction virtual training system for college students' innovation and entrepreneurship education. J. of Interconnection Networks, 2020, art. 2143001. DOI: 10.1142/S0219265921430015.
9. Yang Y. The talent training mode of international service design using a human-computer interaction intelligent service robot from the perspective of cognitive psychology. Frontiers in Psychology, 2021, vol. 12, art. 600218. DOI: 10.3389/fpsyg.2021.600218.
10. Тагирова Л.Ф., Зубкова Т.М. Нечеткая модель обучающегося в интеллектуальных обучающих системах // Вестн. компьютерных информационных технологий. 2022. Т. 19. № 5. С. 36–48.
11. Семенова Н.Г., Томина И.П. Разработка и применение электронных образовательных ресурсов в условиях цифровой трансформации образования. Оренбург: Изд-во ОГУ, 2022. 153 с.
12. Тагирова Л.Ф., Тагиров В.К., Тишина Н.А. Разработка функциональной модели интеллектуальной обучающей системы технической дисциплины // Науч.-технич. вестн. Поволжья. 2021, № 10. С. 40–43.
13. Семенова Н.Г. Модели и методы искусственного интеллекта в задачах электроэнергетики. Оренбург: Изд-во ОГУ, 2022. 188 с. URL: <http://catalog.inforeg.ru/Inet/GetEzineByID/334898> (дата обращения: 01.06.2022).
14. Тагирова Л.Ф., Попов А.Д. Экспертная система определения статуса обучаемого адаптивной обучающей среды: Свид. о регистр. ПрЭВМ № 2022616030. Рос. Федерация, 2022.
15. Тагирова Л.Ф., Черняков А.А., Гнездилов Н.В. Программное средство адаптации образовательного контента технической дисциплины: Свид. о регистр. ПрЭВМ № 2022661043. Рос. Федерация, 2022.

Developing an adaptive training system for an engineering discipline

L.F. Tagirova¹, Ph.D. (Education), Associate Professor, LG-77@mail.ru

¹ Orenburg State University, Orenburg, 460018, Russian Federation

Abstract. The paper is devoted to the development of an electronic educational system for an engineering discipline that includes adapted educational material taking into account the distinctive features of each student.

The novelty of the proposed approach is the organization of the adaptation process based on using the concept of a "student's status" reflecting the knowledge proficiency level regarding the discipline and the formation of student's personal characteristics. The adaptation process consists in selecting the optimal version of the material that corresponds to the individual characteristics of a student as much as possible.

An expert system based on an odd model of knowledge representation is used as a tool for determining the status of a student. During the expert system operation, the characteristic is compared with the rules of fuzzy knowledge base products. The Mamdani algorithm is used as the fuzzy inference algorithm.

Based on the proposed algorithm, an adaptive training system has been developed to teach technical discipline to students and future IT specialists.

Implementation of the proposed adapted system makes it possible to implement individual educational trajectories for each student and to form a personal space of educational content that "adjusts" to its level of material assimilation and personal qualities.

Keywords: adaptive training system, trainee status, educational content adaptation algorithm, fuzzy logic, expert system, Mamdani algorithm.

References

1. Vainshtein Yu.V., Shershneva V.A., Esin R.V., Zykova T.V. Adaptation of mathematical educational content in e-learning resources. *Open Education*, 2017, no. 4, pp. 4–12. DOI: 10.21686/1818-4243-2017-4-4-12 (in Russ.).
2. Grigoriev A.P., Burlutsky S.G. A neuronet navigational training system. *Information and Control Systems*, 2017, no. 3, pp. 89–98. DOI: 10.15217/issn1684-8853.2017.3.89 (in Russ.).
3. Bablev S.V. Adaptive learning system software for group training of cadets as a part of military engineering training. *Military Engineer*, 2016, no. 2, pp. 40–44 (in Russ.).
4. Privalov A.N., Kuleshov V.L. On the approach to designing the adaptive training system of small arms. *Izv. TulGU. Technical Sciences*, 2017, no. 9, p. 1, pp. 158–167 (in Russ.).
5. Ma L. Cad data mining in application of intelligent sports training system. *CAD J.*, 2020, vol. 17, no. S1, pp. 113–123. DOI: 10.14733/cadaps.2020.S1.113-123.
6. Duan G.J., Yan X., Ma H. An intelligent driver training system based on real cars. *Sensors*, 2019, vol. 19, no. 3, art. 630. DOI: 10.3390/s19030630.
7. Datsenko N.V., Gorbatenko S.A., Gorbatenko V.V. Adaptive automated system as a training differentiation means in the information technology specialists education process. *MOIT*, 2019, vol. 7, no. 2, pp. 382–390. Available at: https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2019/05/DatsenkoSoavtori_2_19_1.pdf (accessed June 01, 2022) (in Russ.).
8. Zhang W. Human-computer interaction virtual training system for college students' innovation and entrepreneurship education. *J. of Interconnection Networks*, 2020, art. 2143001. DOI: 10.1142/S0219265921430015.
9. Yang Y. The talent training mode of international service design using a human-computer interaction intelligent service robot from the perspective of cognitive psychology. *Frontiers in Psychology*, 2021, vol. 12, art. 600218. DOI: 10.3389/fpsyg.2021.600218.
10. Tagirova L.F., Zubkova T.M. Development of a fuzzy model of a student intelligent teaching system of technical discipline. *Herald of Computer and Information Technologies*, 2022, vol. 19, no. 5, pp. 36–48 (in Russ.).
11. Semenova N.G., Tomina I.P. *Development and Application of Electronic Educational Resources in the Context of Digital Transformation of Education*. Orenburg, 2022, 139 p. (in Russ.).
12. Tagirova L.F., Tagirov V.K., Tishina N.A. Development of a functional model of intellectual training system of technical discipline. *Scientific and Technical Volga region Bull.*, 2021, no. 10, pp. 40–43 (in Russ.).

13. Semenova N.G. *Models and Methods of Artificial Intelligence in the Problems of the Electric Power Industry*. Orenburg, 2022, 188 p. Available at: <http://catalog.inforeg.ru/Inet/GetEzineByID/334898> (accessed June 01, 2022) (in Russ.).

14. Tagirova L.F., Popov A.D. *Expert System for Determining the Status of the Trained Adaptive Training Environment*. Patent RF, no. 2022616030, 2022 (in Russ.).

15. Tagirova L.F., Chernyakov A.A., Gnezdilov N.V. *Software Tool for Adapting Educational Content of Technical Discipline*. Patent RF, no. 2022661043, 2022 (in Russ.).

Для цитирования

Тагирова Л.Ф. Разработка адаптивной обучающей системы технической дисциплины // Программные продукты и системы. 2022. Т. 35. № 4. С. 778–788. DOI: 10.15827/0236-235X.140.778-788.

For citation

Tagirova L.F. Developing an adaptive training system for an engineering discipline. *Software & Systems*, 2022, vol. 35, no. 4, pp. 778–788 (in Russ.). DOI: 10.15827/0236-235X.140.778-788.