

УДК 004.89

О.И. МОРОЗОВА

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина

МЕТОДЫ НЕЧЕТКОГО УПРАВЛЕНИЯ В АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЕ ОЦЕНИВАНИЯ КАЧЕСТВА ОБУЧЕНИЯ

В работе предлагаются новые методы нечеткого управления в адаптивной системе оценивания качества обучения. Использование данных методов позволит улучшить процесс получения знаний студентами во время обучения. Разработка такого вида системы открывает новые возможности в повышении эффективности обучающих процессов. В системе управления обучением в точной мере невозможно для каждого обучаемого подобрать процесс обучения. Таким образом, присутствует нечеткость в процессе управления. В связи с этим, предлагается использовать нечеткий контроллер в управлении обучением. Кроме этого, в рамках данной работы предлагается новый метод проверки знаний в системе управления обучением студента на основе использования онтологического теста.

Ключевые слова: обучение, онтология, адаптивная система, нечеткое управление, оценивание качества обучения, онтологический тест, рекомендации к обучению.

Введение

В настоящее время ожидаются дальнейшие принципиальные качественные изменения информатизации образования, интеллектуальной поддержки человека и количественной оценке человеческой деятельности [1]. Это касается сферы образования. В рамках данной работы предлагается модель адаптивной системы оценивания качества обучения и оценивания знаний, полученных в процессе обучения. Данная модель состоит в том, что если рассматривать процесс обучения как часть более общей проблемы получения, структурирования, передачи и преобразования знаний, то необходимо применять научные методы, которые основаны на математическом моделировании, а также системном анализе.

В данной работе сам процесс обучения предлагается рассматривать как процесс управления адаптивной системой, в которой обучаемый является объектом управления, а система обучения является источником управления. Подобрать на практике процесс обучения в системе управления обучением для каждого обучаемого в точной мере невозможно. Таким образом, присутствует нечеткость в процессе управления. Поэтому предлагается использовать нечеткий контроллер в управлении обучением [2].

Кроме этого, на сегодняшний день все большее внимание уделяется тестированию как одному из наиболее быстрых и удобных способов оценки знаний. Однако простота разработки тестов и их популярность породили большое количество некачественных заданий для тестирования. Для решения данной проблемы необходимо учитывать, что создание тестов, которые адекватно могут оценить знания обучаемых является не просто составлением

заданий и объединением их в тест, а это система связанных заданий. В такой системе каждое задание должно удовлетворять определенным условиям, а также нельзя сводить проверку знаний к одному лишь тестированию на сопоставление заданию правильных вариантов ответа, поэтому возникает необходимость создания нового вида тестирования, такого как онтологический тест.

1. Задачи нечеткого управления

Прежде чем перейти к рассмотрению предложенных методов нечеткого управления в адаптивной системе оценивания качества обучения, рассмотрим некоторые предварительные замечания.

Традиционно система интеллектуального управления определена как система, в которой объединяется классическая теория управления в сочетании с искусственным интеллектом (ИИ) и возможным исследованием операций. Исходя из этого определения, существует два подхода к интеллектуальному управлению. Один подход сочетает экспертные системы в ИИ с дифференциальными уравнениями для создания так называемых экспертных управлений, в то время как второй подход интегрирует дискретные событийные системы (цепи Маркова) и дифференциальные уравнения [3]. Первый подход, хотя и практически полезный, но довольно трудно анализируемый из-за различной природы дифференциальных уравнений (на основе математических соотношений) и экспертных систем ИИ (на основе символьных манипуляций). Вторым подходом, с другой стороны, хорошо развит и основателен в теории, но слишком сложный для многих практических приложений.

Итак, система интеллектуального управления является такой системой, в которой физическая система или математическая модель находится под контролем сочетания базы знаний, приближенного (человекоподобные) рассуждения и/или учебного процесса, структурированных по иерархическому принципу. В соответствии с этим определением любая система управления, которая включает в себя нечеткую логику, нейронные сети, экспертные схемы обучения, генетические алгоритмы, генетическое программирование или любая комбинация из них рассматривается как интеллектуальное управление.

С теоретической точки зрения, базы правил нечеткой логики, могут быть использованы как механизм для построения модели («универсальное приближение»), а также как нелинейный контроллер. Самую актуальную информацию о любой системе задают с помощью одного из трех способов – математическая модель, сенсорный ввод/вывод данных и человеческие экспертные знания. Общий фактор во всех этих трех источниках – знания.

На протяжении многих лет, инженеры систем управления начинали свои проекты с математической модели и не продвигались далее в приобретении больших знаний о системе, т. е. инженеры полностью доверяли математическим моделям, точность которых иногда может оказаться под вопросом. Сегодня инженеры систем управления могут использовать все выше описанные источники информации. Помимо математической модели численные (вход/выход) данные могут быть использованы для разработки приближенной модели (вход/выход нелинейное отображение) также как и контроллер на базе приобретенных нечетких правил вывода. Если математическая модель существует, то она будет первым источником знаний, который используется в построении базы знаний. С математической моделью, например, с помощью моделирования, можно далее развивать базу знаний. Благодаря использованию экспертных знаний, которые поступают в виде набора языковых или лингвистических IF-THEN правил, инженер систем управления при работе с нечеткими контроллерами будет получать большее преимущество в использовании каждого бита информации о системе в процессе проектирования.

Одним из первых шагов в разработке любого нечеткого контроллера является разработка базы знаний для системы, которая приводит кначальному набору правил. Существует, по крайней мере, пять различных методов для создания базы нечетких правил:

1) моделирование замкнутой системы по ее математической модели;

2) беседа с оператором, который имеет многолетний опыт управления системой;

3) создание правил посредством алгоритма с использованием цифрового ввод/вывод данных системы;

4) использование обучения или методов оптимизации, таких как нейронные сети (НС) или генетический алгоритм (ГА) для создания правил;

5) в отсутствие всего выше перечисленного экспериментировать с ней в лаборатории или на фабрике и постепенно приобрести достаточно опыта для создания начального набора правил.

2. Управление обучением на основе онтологического тестирования знаний

В первую очередь остановимся подробнее на вопросе, что же такое тестирование в целом.

Тестирование – это испытание обучаемого с целью выявления уровня полученных знаний и умений, применяемое в соответствии с методикой измерения уровня знаний и оценки результатов. Тестирование состоит из задания, которое выдается учащемуся, и эталона ответа, который остается у преподавателя. Эталон – это правильный и полный ответ или метод выполнения заданной деятельности.

Наглядным выражением структуры теста может быть следующая запись:

$$T = Z + \Theta,$$

где T – тест, Z – задание, Θ – эталон.

Преподаватель приходит к выводу о качестве выполненного теста, когда сверяет поочередно ответ учащегося с эталоном. Тест, лишенный эталона, превращается в обычное задание, решение, о качестве выполнения которого принимается на основе субъективного мнения преподавателя [4]. Создание тестовых заданий и обработка результатов тестирования имеют большое значение. Кроме этого, не менее важна модель тестирования, а именно порядок прохождения теста обучаемым и метод определения его уровня знаний по результатам тестирования.

В настоящее время по типу ответов выделяют две основные группы тестовых заданий: открытой и закрытой формы. Задания открытой формы сформулированы так, что готового ответа нет, а обучаемые должны вписать ответы самостоятельно в отведенном для этого месте. Если в заданиях предусмотрены готовые варианты ответов, то такую форму заданий можно назвать закрытой.

Для того чтобы обеспечить максимальную информативность результатов контроля знаний нужно чтобы средняя сложность теста обучаемого соответствовала его предположительному уровню обучаемости.

мости. На практике это можно осуществить с использованием адаптивного тестирования.

В данной работе под адаптивным видом тестового контроля понимается компьютерная система научно обоснованной проверки и оценивания результатов обучения, которая обладает высокой результативностью за счет оптимизации разработки, предоставления и оценки результатов выполнения адаптивных тестов. Кроме этого при освоении материала обучаемым содержание запоминаемого текста может вызвать образные представления, может ассоциироваться с различными чувствами, может быть связано с какими-либо ощущениями, но, самое главное, содержание запоминаемого текста осмысливается запоминающим.

При определении уровня знаний в классическом виде тестирования для каждого обучаемого формируется тест из определенного количества выбранных случайным образом заданий тестового пространства. При этом тесты различаются по сложности, а итоговая оценка определяется по количеству правильных ответов с учетом коэффициентов значимости заданий. Однако данный вид такого тестирования обладает недостатком, так как может быть ситуация, когда сложный тест попадает слабому студенту и он не в состоянии на него правильно ответить. В тоже время сильный студент может получить легкий тест и не показать полноту своих знаний. Для того чтобы обеспечить максимальную информативность результатов контроля необходимо, чтобы средняя сложность предоставляемого теста для контроля обучаемому соответствовала его уровню знаний [5].

Решить рассмотренную проблему предлагается с помощью онтологического теста. Под онтологией принято понимать совокупность терминологии, понятий, характерных для них отношений и парадигмы их интерпретации в границах проблемной области. Онтология разрешает удерживать пользователя в максимально возможном пространстве предопределенных возможностей, смысл которых зафиксирован и понятен как обучаемому, так и эксперту предметной области проходимого теста [6].

Нужно отметить, что все люди обладают различными способностями восприятия и запоминания информации. Следовательно, смысловое содержание любой учебной информации для каждого человека является индивидуальной величиной. При этом практически невозможно в полной степени оценить количество воспринимаемой информации в каждом учебном модуле для конкретного человека.

Возможным является только оценить соответствие предполагаемого смысла в учебные курсы и воспринимаемого смысла учебного курса конкретным студентом в процессе обучения.

Предположим, что под смыслом понимается связь между понятиями. Известно, что взаимосвязанное в реальной жизни воспроизводится и запоминается с учетом этих связей. Связь между реальными предметами предполагает связи между понятийными представлениями этих предметов в памяти. Таким образом, количество воспринимаемой информации в процессе изучения определенного учебного курса можно оценить по количеству оставшихся в памяти человека смысловых связей между понятиями. Задача выявления присутствия или отсутствия таких связей решается с помощью предоставления тестовых заданий для обучаемого с известным количеством смыслового содержания.

В том случае если у обучаемого отсутствует необходимая смысловая связь между предложенными понятиями, возникает необходимость изучения такой связи с помощью повторного рассмотрения материала с указанием источника для изучения. В большинстве случаев, предложенный подход является итеративным процессом. Постоянство внешних условий такого подхода к обучению позволяет представлять количественное описание процесса обучения графически в виде кривых обучения и забывания, которые представляют собой зависимость критерия уровня знаний от времени или от числа повторных изучений.

Данные кривые итеративного обучения аппроксимируются с помощью экспоненциальных кривых, а кривые забывания информации – показательных функций. Это можно объяснить тем, что у человека существует «кратковременная» и «долговременная» память, которая характеризуется различными временными интервалами запоминания, забывания и хранения изученной информации.

Предлагается провести проверку воспринятых связей между понятиями по средствам построения онтологий связей с использованием онтологического теста – одной из составляющих адаптивной системы оценивания качества обучения. В предложенном виде тестового задания система производит сравнение онтологии, которая построена обучаемым, с эталонной онтологией.

3. Применение нечеткого контроллера в предлагаемой схеме обучения

Прежде чем перейти к предлагаемой схеме обучения рассмотрим классическую схему обучения, представленную в виде графа (рис. 1).

Основной компонентой является «Студент», процесс обучения которого состоит из «Самостоятельной подготовки», сдачи «Лабораторных работ» (ЛР), «Модульного контроля» (МК) и «Количества посещенных занятий».

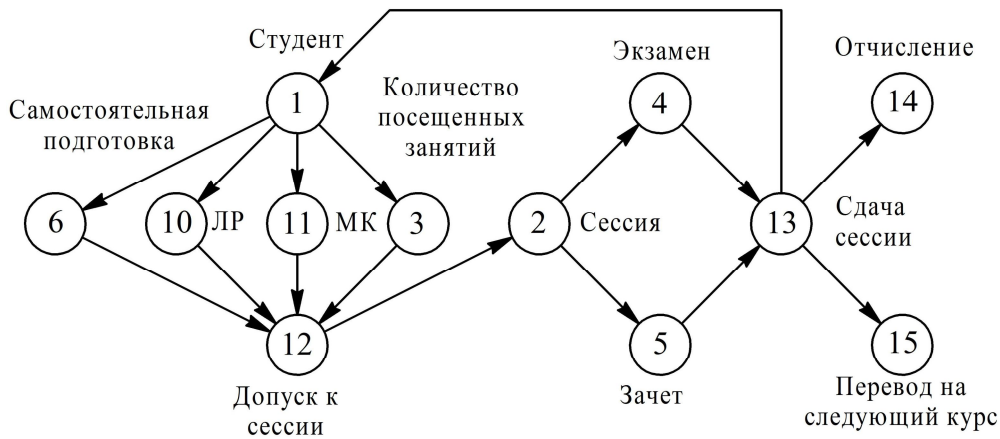


Рис. 1. Классическая схема обучения

По результатам освоения этих 4 компонент производится допуск студента к «Сессии», которая состоит из «Экзаменов» и «Зачетов».

По результатам сдачи сессии осуществляется «Перевод на следующий курс» либо «Отчисление».

В рамках данной работы предлагается дополнить классическую схему обучения посредством расширения самостоятельной подготовки студента (рис. 2).

Самостоятельная подготовка будет дополняться двумя компонентами: «Moodle» и «Онтологический тест». Результаты работы с этими компонентами будет подаваться в модуль самосовершенствования (PER) – одной из составляющей портала направленного обучения [7].

Рассмотрим схему работы модуля самосовершенствования (PER), представленную на рис. 3. На данной схеме присутствуют «Студент» и «Эксперт» в данной предметной области (Дисциплине). Экспертом может быть как преподаватель, так и сообщество обучаемых, которые формируют идеальную онтологию по принципу самоорганизации.

Идеальная онтология необходима для проверки освоения материала студентом по данной «Дисциплине». Дисциплина в свою очередь состоит из тем, модулей, определений, знаний и умений, получаемых студентом при изучении данной «Дисциплины».

Построенные онтологии «Студентом» и «Экспертом» сравниваются между собой с помощью сравнения графов онтологии. Граф онтологии строится для множества понятий

$$P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\},$$

где n – количество понятий.

Данное сравнение графов позволяет выявить ошибочные связи между понятиями. Каждая связь имеет свой весовой коэффициент v_i , $i = 1, \dots, n$, где n – количество понятий графа онтологии.

Если значение $v_i = 0$, то понятие было изучено правильно и соответствует идеальной онтологии.

Затем результаты сравнения подаются в нечеткий контроллер, который проверяет качество освоения материала и выдает рекомендации по последующему изучению «Дисциплины» для «Студента».

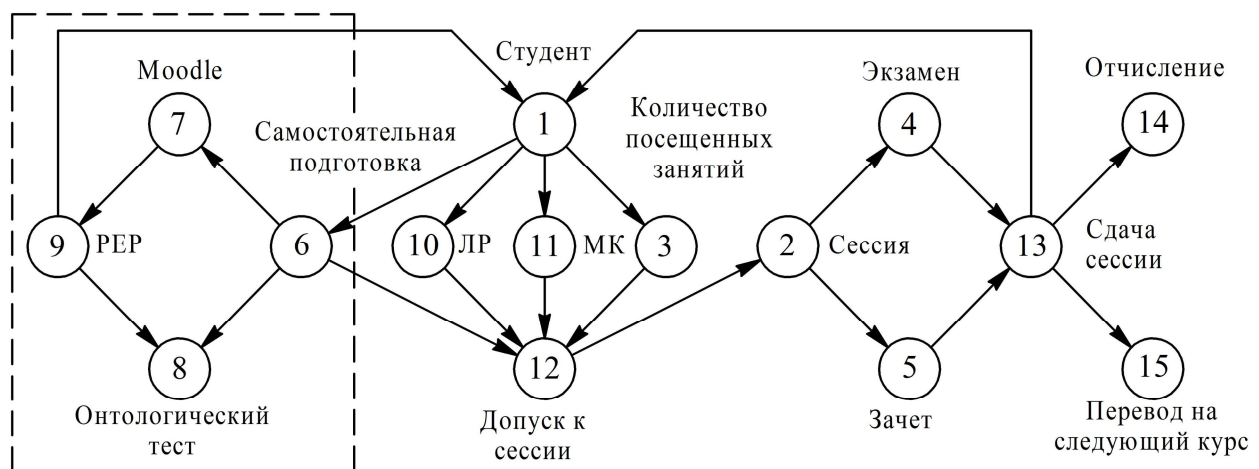


Рис. 2. Предлагаемая схема обучения

Таким образом, целью данного управления является минимизировать весовые коэффициенты ошибочных связей между понятиями при сравнении графом и тем самым улучшить качество изучения учебного материала

$$v_i \rightarrow \min, i = 1, \dots, n,$$

где n – количество понятий графов онтологии.

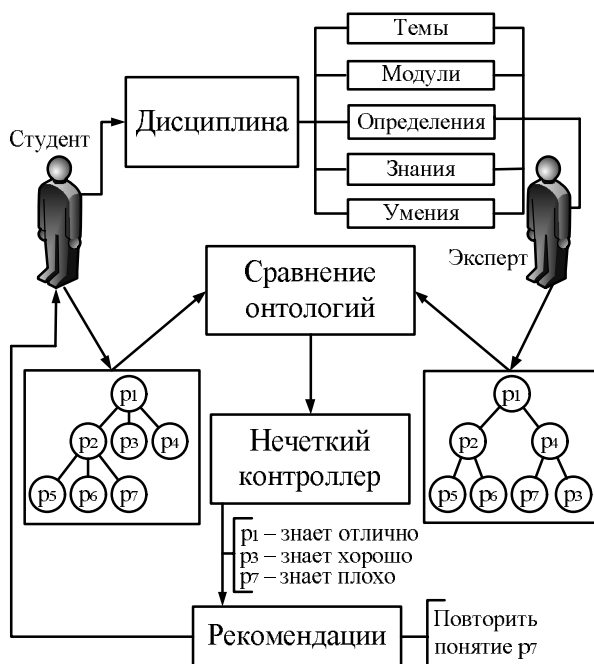


Рис. 3. Схема модуля самосовершенствования с использованием нечеткого контроллера

3.1. Пример построения графа онтологии

Для примера построения графа онтологии рассмотрим дисциплину «Методы вычислений».

Пусть есть множество понятий

$$P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\},$$

где n – количество понятий, например, равное 15 (рис. 4):

1. Метод Крамера.
2. Метод наименьших квадратов.
3. Приближение функции.
4. Полином.
5. Аппроксимация.
6. Функция, заданная таблично.
7. Система линейных уравнений.
8. Метод линеаризации данных.
9. Слайн.
10. Интерполирование.
11. Неособенная матрица.
12. Погрешность.
13. Уклонение эмпирической формулы.
14. Фундаментальный набор функций.
15. Нормальные уравнения.

Как показано на рис. 4, обучаемым выделяются основные понятия, которые являются узлами графа, а также связанные с основными понятиями – дочерние узлы графа.

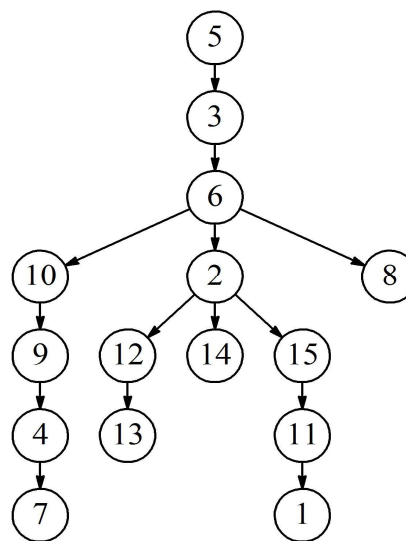


Рис. 4. Граф онтологии

4. Применение метода нечеткого управления в адаптивной системе оценивания качества обучения

В рамках данной работы процесс обучения рассматривается как процесс управления сложной системой. В данной системе объектом управления является обучаемый, а сама система обучения, в свою очередь, является источником управления [8].

Рассмотрим блок-схему разрабатываемой адаптивной системы оценивания качества обучения (рис. 5). Структура этой системы состоит из следующих компонент: объект управления (ОУ), устройство воздействие на обучение (УВ), нечеткий контроллер (НК), модуль знаний изучаемого предмета (МЗИП), модуль знаний в электронной форме (МЗЭФ), модуль знаний обучаемого на текущий момент (МЗОТМ) [9].

Пусть X – множество уровней умений и знаний студента (компетенций)

$$X = \{x_q\}, q = 1, \dots, m,$$

где x_q – уровень каждой q -й компетенции, m – общее количество компетенций.

Тогда X_0 – начальное состояние уровня компетенции обучаемого.

В МЗЭФ база знаний формируется с использованием онтологии, которая представлена графом онтологии G_0 , вершинами которого являются понятия предметной области, а дуги означают отношения между ними. Данная онтология способна отобразить структуру знаний предметной области.

Таким образом, граф онтологии G_0 соответствует как минимум одному тестовому заданию из множества тестовых заданий для выполнения в процессе обучения. Начальным параметром для МЗЭФ является множество понятий P .

УВ сравнивает значения МЗОТМ, МЗИП и работы НК, а затем передает управляющее воздействие на объект управления – обучаемого:

$$U = \{u_s\}, s = 1, \dots, h,$$

где u_s является рекомендацией для обучаемого вида: «прочитайте учебные материалы и попытайтесь снова ответить на вопросы тестирования», «повторите попытку прохождения тестирования еще раз», «уделите больше времени изучению данного понятия» и т.д., h – общее количество рекомендаций.

Нечеткий контроллер представляет собой набор нечетких правил для устройства управления обучением. Результатом работы нечеткого контроллера является вектор

$$R = \{r_1, r_2, r_3, \dots, r_n\},$$

где r_i – веса изучаемых понятий, n – количество понятий.

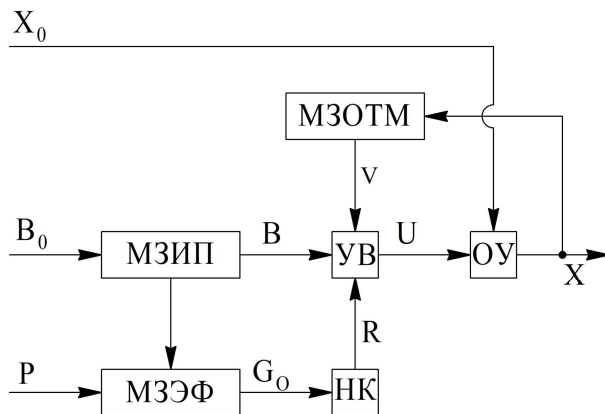


Рис. 5. Блок-схема адаптивной системы оценивания качества обучения

Одной из составляющих адаптивной системы обучения и оценивания знаний является модуль МЗИП, в котором происходит уточнение основных требований к уровню компетенции обучаемого. Данный модуль представляет собой базу данных (B) определенных тестовых заданий, объединенных с базой знаний предметной области. МЗИП строится на базе существующих учебно-методических пособий, учебников, электронных материалов, разработанных согласно требованиям учебного плана для конкретной специальности. B_0 – начальная база данных определенных тестовых заданий.

Модуль МЗОТМ позволяет не только определять текущее состояние знаний обучаемого, но и на

основании предыдущей истории обучения прогнозировать последующее обучение (V). Каждая связь между понятиями в МЗОТМ имеет свои весовые коэффициенты v_i , которые являются вероятностями того, что в следующий момент времени при определении знаний обучаемого между двумя понятиями будет обнаружена устойчивая смысловая связь. Адаптивная система обучения и оценивания знаний изменяет v_i в соответствии с результатами выполнения тестовых заданий. При этом изменению учитываются многие параметры, а именно количество заданий в тесте, их информационная составляющая, количество попыток выполнения тестового задания, временные промежутки между повторными попытками прохождения теста, как быстро был изучен материал, скорость забывания изученного материала и др.

При анализе МЗОТМ появляется возможность выявлять ошибочные смысловые связи между понятиями, имеющимися у обучаемого, и тем самым вносить соответствующие коррективы в процесс обучения.

Так как обучаемый производит несколько попыток пройти тест и построить граф онтологии, возникает дискретный процесс состояний системы в различные промежутки времени. Таким образом, необходимо решить задачу управления, которая основана на использовании модели системы в переменных состояниях

$$X_{k+1}(t) = A \cdot X_k(t) + B \cdot U(t),$$

где A и B – матрицы для текущего состояния и для состояния выхода соответственно.

В таком случае, закон управления определяется следующим образом

$$U(t) = -KX(t),$$

где K – матрица коэффициентов обратной связи.

Заключение

В работе предложены новые методы нечеткого управления в адаптивной системе оценивания качества обучения. Рассматриваемая система позволяет осуществлять различные формы обучения студентов, а также контроль этого обучения. Полученные в работе результаты могут быть использованы как в процессе обучения в университете, так и для самостоятельного контроля обучения студентом.

Использование предложенного нечеткого управления в адаптивной системе обучения и оценивания качества обучения позволит улучшить процесс получения знаний студентами во время обучения. Рассмотренная система предназначена для усовершенствования процессов восприятия человеком информации, её запоминания и удерживания в памяти с последующим воспроизведением.

Литература

1. Свиридов, А.П. Статистическая теория обучения [Текст] / А.П. Свиридов // Приложение к журналу «Информационные технологии». – Новые технологии. – М., 2010. – № 9. – С. 2 – 31.
2. Zilouchian, Ali. Intelligent control systems using soft computing methodologies [Текст]/ Ali Zilouchian, Mohammad Jamshidi. – USA: CRC Press LLC, 2001. – 493 p.
3. Wang, Li-Xin Adaptive fuzzy systems and control: design and stability analysis [Текст]/ Li-Xin Wang. – USA: Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, NJ, 1994. – 232 p.
4. Эрганова, Н.Е. Методика профессионального обучения [Текст]: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Н.Е. Эрганова. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 160 с.
5. Сергеев, В.В. Адаптивное тестирование в системах дистанционного обучения [Электронный ресурс] / В.В. Сергеев // Наука и образование: элек-

тронное научно-техническое издание. – № 4. – 2007. – Режим доступа: <http://technomag.edu.ru/doc/65577.html>. – 2.04.2011 г.

6. Бабенко, Л.П. Онтологический подход к спецификации свойств программных систем и их компонентов [Текст]/ Л.П. Бабенко // Кибернетика и системный анализ. – К., 2009. – № 1. – С. 180 – 187.
7. Соколов, А.Ю. Модель направленного обучения на основе онтологического подхода [Текст]/ А.Ю. Соколов, О.И. Морозова, В.Г. Иванов // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. – 2010. – № 1 (42). – С. 96 – 102.
8. Растригин, Л.А. Адаптация сложных систем [Текст]/ Л.А. Растригин. – Рига: Зинатне, 1981. – 375 с.
9. Алексеев, В.Д. Адаптивное обучение на основе смыслового содержания знаний [Электронный ресурс] / В.Д. Алексеев // Вестник КазНТУ. – 2009. – № 4 (74). – Режим доступа: <http://vestnik.kazntu.kz/?q=kk/node/180>. – 2.04.2011 г.

Поступила в редакцию 12.04.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф., зав. каф. информационных управляющих систем О.Е. Федорович, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

МЕТОДИ НЕЧІТКОГО УПРАВЛІННЯ В АДАПТИВНІЙ СИСТЕМІ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ НАВЧАННЯ

О.І. Морозова

У роботі пропонуються нові методи нечіткого управління в адаптивній системі оцінювання якості навчання. Використання даних методів дозволить поліпшити процес отримання знань студентами під час навчання. Розробка такого виду системи відкриває нові можливості у підвищенні ефективності навчальних процесів. У системі управління навчанням точною мірою неможливо для кожного учня підібрати процес навчання. Таким чином, присутня нечіткість у процесі управління. У зв'язку з цим, пропонується використати нечіткий контролер в управлінні навчанням. Крім цього, в рамках даної роботи пропонується новий метод перевірки знань у системі управління навчанням студента на основі використання онтологічного тесту.

Ключові слова: навчання, онтологія, адаптивна система, нечітке управління, оцінювання якості навчання, онтологічний тест, рекомендації до навчання.

METHODS OF FUZZY CONTROL IN THE ADAPTIVE SYSTEM OF ESTIMATING QUALITY OF TRAINING

O.I. Morozova

The new methods of fuzzy control in the adaptive system of estimating quality of training are proposed. Using these methods will improve the process of training by students during study. Developing this kind of system opens up new possibilities to improve the efficiency of training processes. In the training control system in the exact extent for every student to pick up the training process is not possible. Thus, there is a fuzzy in process of training. It is therefore proposed to use a fuzzy controller in the management of training. Besides, in this paper the new method of testing knowledge in the control of student training through the use of ontological test is proposed.

Key words: training, ontology, adaptive system, fuzzy control, estimating quality of training, the ontological test, recommendations for training.

Морозова Ольга Игоревна – аспірантка кафедри інформатики Національного аэрокосмічного університету ім. Н.Е. Жуковського «ХАИ», Харків, Україна.