

ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ, ВКЛЮЧАЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНУЮ СРЕДУ

INTELLECTUALIZATION OF INFORMATION SYSTEMS, INCLUDING IN THE EDUCATIONAL ENVIRONMENT

Ваграменко Ярослав Андреевич / Yaroslav A. Vagramenko,

*доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией ФГБНУ «Институт
управления образованием РАО» / Doctor of Technics, Professor, Head of the Laboratory, Federal
State Budgetary Scientific Institution «Institute of Management of Education of Russian Academy of
Education»,
ininforao@gmail.com*

Яламов Георгий Юрьевич / Georgij Y. Yalamov,

*кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Институт
управления образованием РАО» / Candidate of Physics and Mathematics, Leading scientific researcher,
Federal State Budgetary Scientific Institution «Institute of Management of Education of Russian
Academy of Education»,
geo@portalsga.ru*

Аннотация

В статье рассмотрены проблемы, связанные с применением экспертных систем в образовании, в том числе сетевом обучении. Приведены результаты анализа опыта их применения, новые подходы к разработке самих экспертных систем, их интеллектуализации. Рассматриваются примеры реализации экспертных систем в учебном процессе, в том числе для технологий сетевого обучения.

Abstract

The article deals with the problems associated with the use of expert systems in education, including the training of the network. The results of the analysis of the experience of their application, new approaches to the development of expert systems themselves, their intellectualization are presented. The examples of the implementation of expert systems in the learning process, including online learning technologies, are considered.

Ключевые слова: экспертная система, интеллектуальная информационная система, интеллектуализация, сетевое обучение, нечеткая логика, образование, образовательный робот.

Keywords: expert system, intelligent information system, intellectualization, network training, fuzzy logic, education, educational robot.

Существует несколько современных информационных технологий, позволяющих создавать информационные системы: экспертные системы, искусственные нейронные сети, нечеткая логика, генетические алгоритмы и ряд других. Для разработки интеллектуальных образовательных систем данные методы должны быть ориентированы на современную организацию образования всех уровней.

Одним из типов интеллектуальных информационных систем являются экспертные системы учебного назначения (ЭСУН). Именно экспертные системы нашли широкое применение в образовании. Как известно, такие информационные системы направлены, главным образом, на решение практических учебных задач, возникающих в слабо структурированных и трудно формализуемых предметных областях в образовании. При этом в основу концепции интеллектуальности положено умение работать с формализованными знаниями человека. Поэтому проблема поиска прогрессивных математических методов анализа и проектирования образовательных сред как сложных систем постоянно актуальна.

В настоящее время наблюдается повышенный интерес к разработкам в области экспертных систем учебного назначения среди широких слоев специалистов разных профилей, в том числе преподавателей. Отмечается интерес и к распределенным интеллектуальным системам в сетевом обучении, при этом, нет четкого понимания, как можно эффективно организовать образовательный процесс в сети для получения желаемого результата. Очевидно, что речь должна идти, прежде всего, о построении педагогических образовательных моделей в сетевой информационной образовательной среде.

Необходимо заметить, что с экспертными системами (ЭС) связаны некоторые распространенные заблуждения: возможности ЭС не превышают (а скорее даже менее) возможностей эксперта, создавшего данную систему, поэтому ЭС никогда не достигнет уровня человека-эксперта. Для опровержения данного утверждения можно построить самообучающуюся ЭС в области, в которой вообще нет экспертов, либо объединить в одной ЭС знания нескольких экспертов и получить в результате систему, которая может то, чего ни один из ее создателей не может.

Теоретико-педагогический аспект эффективности применения ЭСУН в сетевом обучении требует новых способов и приемов в организации совместной учебной деятельности при сетевом взаимодействии учащихся и преподавателей. Это связано с тем, что одно из основных свойств интерактивного обучения – это открытая форма информационного обмена с внешней средой [1], в том числе и доступ к знаниям профессиональных педагогов-экспертов, которые имеют личный опыт работы с сетевыми технологиями и способны прогнозировать развитие этих технологий. Зачастую, эти знания не достаточно структурированы, т.е. такая предметная область скорее всего нуждается в экспертной системе. При этом возникают проблемы, связанные с тем, что многие исследователи в области технологий сетевого обучения переносят традиционные педагогические методики на сетевое обучение, не учитывая при этом его специфику. Совершенно очевидно, что традиционные лекции и учебник малоэффективны при сетевом обучении, так как специфика сетевого обучения подразумевает организованный, направленный и открытый доступ к динамичным системам постоянно актуализуемой информации, нужны доступные в любое время «on-line консультации», новые методические подходы к организации совместной проектной деятельности и другое.

Технология сетевого обучения во многих случаях предполагает возможность выбора учащимся собственного расписания, темпа и ритма обучения. Таким образом, возрастает нагрузка на сетевых преподавателей, модераторов и тьюторов. Индивидуализация и снижение данной рутинной нагрузки невозможны без использования целого ряда подсистем. Эти подсистемы могли бы обеспечить развитую автоматизированную систему «интеллектуальных» подсказок, помощи, on-line консультаций на протяжении всего времени сетевого обучения и при использовании разных образовательных методов и форм обучения: лекций, практикумов, проектной деятельности, конференций, деловых игр, интерактивных тренингов и др. При этом лишь уникальные вопросы адресуются непосредственно преподавателю-эксперту. Анализ применения информационных систем автоматизации учебного процесса в образовательных учреждениях [2] выявил ряд противоречий, нарушающих две основные тенденции современного образования – *дифференциацию и интеграцию*, показал отсутствие их целенаправленного использования для управления учебным процессом в соответствии с требуемыми принципами дидактических систем. Поэтому до настоящего времени остается актуальным выявление основных противоречий в управлении процессом обучения и определение средств их решения на основе использования современных информационных технологий [2, 3, 4], в первую очередь экспертных систем.

Устранению указанных противоречий может служить введение в учебный процесс подсистемы, осуществляющей процесс обучения адаптивного блока интеллектуальной поддержки процесса обучения, т.е. интеллектуализацию информационной системы в целом. Фактически путем создания ряда интеллектуальных подсистем (или модулей), позволяющих

не только проводить обучение, аттестацию и анализировать эффективность обучения на основе тестов, созданных экспертами, но и индивидуализировать процесс обучения.

Анализ опыта применения экспертных систем в сетевом обучении показал, что в системах дистанционного обучения имеется возможность произвести экспертную оценку знаний на основе разработанных специалистами тестовых заданий [5-10] за счет создания соответствующей подсистемы. При этом под экспертной системой преподаватели понимают автоматизированную экспертизу знаний студентов в виде тестирования, включенную в ту или иную сетевую информационную среду.

Так, авторами [7] разработаны комплексные экспертные системы сетевого обучения, реализованные в системе дистанционного обучения «Finport Training System». Возможности системы:

- разработка учебных курсов;
- проведение обучения и аттестации одновременно;
- анализ результатов и эффективности обучения на основе тестов, разработанных высококвалифицированными специалистами.

Авторами [8] разработаны мультимедиа курсы дистанционного обучения врачей по цитологической и гистологической диагностике. Здесь предусмотрено применение экспертных систем на базе системы управления контентом Moodle. Данная система позволяет добавлять курсы в контент и на основе тестирования определять уровень усвоения материала в зависимости от ответа студентов.

В настоящее время имеются примеры разработки и применения достаточно широкого спектра *интеллектуальных образовательных роботов* – лекции на основе обратной связи, логические схемы, адаптивные тест-тренинги, аттестационные и тестирующие программы, супертьюторы и др. По сути – это интеллектуальные информационные системы, включенные в распределенную электронную информационную образовательную среду, которая обеспечивает сетевое обучение студентов. К примеру, образовательная компьютерная программа «Тест-тренинг» является по сути ЭСУН, которая представляет собой набор вопросов по модулю дисциплины с вариантами ответов, один (или несколько) из которых является правильным. В процессе тренировочного тестирования система оценивает уровень подготовки студента по тому или иному модулю дисциплины, и на основании результатов прохождения теста-тренинга студент может принять для себя решение о необходимости восполнить пробел в знаниях [9].

Данная ЭСУН, кроме того, является многомодульной, каждый модуль которой обеспечивает один из видов учебной деятельности студентов, который проводится в виде электронного тестирования:

- 1) Промежуточная аттестация и текущий контроль успеваемости студентов обеспечивает модульное тестирование – один из видов текущего контроля успеваемости по разделу (модулю) дисциплины.
- 2) Предэкзаменационное тестирование – вид текущего контроля успеваемости по дисциплине в целом. Данный вид текущего контроля проводится после прохождения всех разделов (модулей) дисциплины. В случае успешного прохождения предэкзаменационного тестирования по дисциплине студент получает допуск к экзамену.
- 3) Электронные зачеты и экзамены – вид промежуточной аттестации студента по дисциплине.

Задания для проведения тестирования здесь адаптируются системой, т.е. формируются в автоматизированном режиме индивидуально для каждого студента с использованием обширной базы вопросов и заданий.

Представляет определенный интерес система «KnowledgeCT» [11]. Это, интеллектуальная система учебного назначения, разработанная на базе сетевых технологий, которую планируется использовать в учебных целях Центра дистанционного образования.

Данная система помимо оценки знаний, осуществляет сбор статистики и данных о студентах, необходимых для создания математических моделей обучаемых.

Здесь система адаптивного тестирования позволяет оценивать знания, используя методы и алгоритмы нечеткой логики: эксперт по дисциплине (преподаватель) должен разработать соответствующий набор вопросов для каждого уровня сложности. Подобная система делает процесс обучения более гибким, учитывает индивидуальные особенности обучаемого и повышает точность оценки его знаний.

Авторы [12] в своей работе исследуют подход к проектированию интеллектуальных систем сетевого обучения с использованием технологий и правил вывода на основании прецедента.

Здесь процесс принятия экспертом решения моделируется экспертными системами как дедуктивный процесс с использованием вывода, основанного на правилах. Согласно заложенной в систему совокупности правил, на основании входных данных генерируется заключение по адекватности предложенной модели. Недостатком является то, что такая дедуктивная модель эмулирует один из наиболее редких подходов, который применяет эксперт для решения поставленной задачи.

Вывод, основанный на прецедентах, дает заключение по результатам поиска аналогий из базы прецедентов. Эффективность данного метода очевидна в тех случаях, когда основным источником знаний о проблеме или ситуации является не теория, а опыт. Для конкретной ситуации решения не уникальны и могут быть использованы и в других для решения аналогичных задач. В данном случае вывод не гарантирует верное решение, а дает лучшее из возможных. Реализация данной технологии вывода может быть осуществлена на основе *нейросетевых алгоритмов*.

К настоящему времени накоплен определенный опыт в передаче экспертной системе части интеллектуальных функций по проведению и организации учебного процесса в сетевом образовании.

Примером тому [6] может служить интеллектуальная экспертная система сетевого обучения на основе *искусственных иммунных систем*. Данная система дает возможность оценивать интеллектуальный потенциал учащегося. При этом, с учетом его принадлежности к определенной группе, оперативно предоставить ему индивидуальную траекторию обучения. На выходе: комплексная оценка знаний, дифференциация студентов и прогноз качества полученного образования. Группы определяются экспертами в соответствии с определенными знаниями, практическими навыками, творческими способностями, логическим мышлением и т.д. Разработанная экспертная система предполагает реализацию следующих подсистем, представленных в таблице 1:

Таблица 1.

Подсистема	Назначение	Конечный результат
Информационная	Разработка методов и средств хранения информации, баз знаний и баз данных.	Формирование баз данных, баз знаний (содержат электронные учебники, справочники, каталоги, библиотеки и другие ЭОР).
Интеллектуальная	Обучение иммунной сети, обработка многомерных данных в режиме реального времени. Применение алгоритма оценок энергий связи на основе свойств гомологичных пептидов.	Снижение ошибок при прогнозировании интеллектуальной системы. Формирование индивидуальных траекторий обучения студентов.
Обучающая	Разработка методов, средств и форм подачи обучающей информации,	Составляется график выполнения объема требуемых работ и сроки

	адаптированной на конкретного пользователя с учетом его индивидуальных характеристик.	реализации.
Контролирующая	Комплексная оценка знаний студентов.	Оперативная корректировка программ и процессов обучения.

Таким образом, оперативный анализ знаний большого числа обучающихся позволяет быстро корректировать процесс обучения, так как экспертная система предоставляет индивидуальную траекторию обучения.

Теоретические исследования относительно новых подходов к созданию самих экспертных систем учебного назначения показывают, что одним из подходов к созданию подобных систем является использование методов нечеткой логики, основанной на теории нечетких множеств.

Применение интеллектуальных систем, основанных именно на нечеткой логике, имеет ряд преимуществ [13]:

- гибкость системы и её устойчивость к неточным (нечетким) входным данным;
- относительная простота в понимании;
- возможность моделирования нелинейных функций произвольной сложности;
- возможность учитывать опыт специалистов-экспертов;
- использование естественного языка человеческого общения;
- расширение традиционных способов систематизации знаний.

Общие принципы построения программного комплекса, предназначенного для комплексной оценки успеваемости студентов за семестр с помощью экспертной системы, рассмотрены в [14]. Здесь используются элементы аппарата нечеткой логики. На основе анализа предметной области и статистических оценок авторы сформулировали следующие критерии:

- посещение лекций. Расчет оценки посещаемости проводится по среднему арифметическому всех имеющихся оценок;
- работа на семинаре. Оценка работы проводится аналогично;
- выполнение контрольных работ. Оценка выполнения контрольных работ проводится с учетом коэффициента сложности;
- выполнение домашнего задания. Оценка выполнения проводится аналогично.

Для оценки успеваемости были использованы лингвистические переменные: «посещал лекции», «выполнял контрольные работы», «работал на семинаре», «выполнял домашнее задание». В качестве характеристик данных переменных используются понятия «активность», «оценка», «эффективность». Такой подход дает возможность анализа эффективности работы и качества знаний студента, опираясь на сформулированные критерии.

Некоторые вопросы создания экспертных систем, позволяющих давать рекомендации по профессиональной ориентации конкретному абитуриенту, использующих модели нечеткой логики, рассмотрены в [15].

Здесь авторы, для описания состояния обучаемого, используют группы логических переменных, представленных в таблице 2.

Таблица 2.

Критерий	Группа переменных	Запись в общем случае	Способ получения
оценки	(O)	$O = \{O_1, O_2, O_3, \dots, O_n\}$	документация
интеллектуальные способности	(C)	Отсутствует	психологическое тестирование

характеристики личности обучаемого	(L)	Отсутствует	результаты диагностики
сфера интересов	(M)	$M = \{m_1, m_2, \dots, m_k\}$	тестирование

В результате, на основе прототипа такой системы был сформирован механизм управления выбором кафедры (учебного заведения):

- со стартовой страницы системы абитуриент вводит школьные оценки и (или) заносит результаты единого государственного экзамена, результаты текущей успеваемости; система проводит оценку результата ввода на достоверность с помощью нечеткой логики;
- пользователь проходит тестирование способности к обучению и психологических особенностей личности, сферы интересов с оценкой результата на достоверность с помощью нечеткой логики;
- автоматизированная экспертная система проверяет абитуриента на соответствие требованиям кафедры (учебного заведения). Положительный результат является основанием для корректировки знаний пользователя с помощью управляющей образовательной среды, создания оптимальных условий для преодоления кафедрального «барьера». Кроме этого пользователь имеет возможность отказаться от борьбы за интересующую его кафедру и выбрать другую, в соответствии с его достижениями;
- тестирования повторяются раз в полгода. Результаты тестирования помогают отслеживать динамику развития студента, выбрать оптимальную стратегию формирования будущего специалиста.

Возможность реализации экспертной системы, предназначенной для мониторинга образовательного процесса вуза на основе нечеткого подхода к моделированию интеллектуальных систем, рассматривается в [16]. Данный подход основан на использовании «лингвистических» переменных. Нечеткие высказывания и алгоритмы описывают отношения между переменными. Предложены следующие этапы построения системой процесса мониторинга образовательного процесса:

- формулируются цели обучения, определяются уровни требований каждого преподавателя (высший, средний, низший);
- выстраивается система мониторинга, определяются степени обученности по каждой дисциплине. Показателями являются: понимание, различение, элементарные навыки и умения, перенос знаний, запоминание;
- определяется фактическая эффективность деятельности преподавателя на основании показателей степени обученности учащихся. Основными показателями эффективности деятельности преподавателя являются: глубина, осознанность и прочность знаний обучаемых. Они же определяют и качество образования.

В качестве инструментального средства построения интегрированных экспертных систем, в том числе и сетевых адаптивных интеллектуальных обучающих систем (ИОС), представляет интерес комплекс АТ-ТЕХНОЛОГИЯ, разработанный на базе лаборатории «Интеллектуальные системы и технологии» кафедры «Кибернетика» Национального исследовательского ядерного университета МИФИ. Здесь имеется опыт разработки и использования в учебном процессе МИФИ сетевых адаптивных ИОС для автоматизированной поддержки нескольких дисциплин в рамках учебного процесса по направлению подготовки «Интеллектуальные системы и технологии» для специальностей «Прикладная математика и информатика» и «Программная инженерия» [4]. Как указывает автор [17], эффективное функционирование этих сетевых адаптивных ИОС поддерживается за счет системной динамической модификации программных средств «с помощью набора

унифицированных процедур» на базе текущей работающей версии комплекса. Модификация программных средств включает модификацию реализуемых алгоритмов, моделей и методов, а также исходного кода и сценария работы, в том числе и взаимосвязь самого модифицируемого компонента с другими программными средствами. В рамках учебных курсов по данному направлению подготовки изучаются вопросы формирования эвристических моделей представления знаний. Здесь особое внимание уделяется сетевым моделям представления знаний, в том числе и моделированию простейших ситуаций проблемной области с помощью фреймовых моделей описания знаний и семантических сетей. В настоящее время в составе средств поддержки построения модели обучения в сетевой версии комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ существует целый ряд компонентов выявления умений обучаемого моделировать простейшие ситуации предметной области с помощью фреймов и семантических сетей. На основе общности базовых подходов к процессу выявления этих умений обучаемых (например, в ходе процесса выявления умений обучаемых моделировать ситуации предметной области и в том, и в другом случае текущая модель обучения сравнивается с эталонной моделью учебного курса или дисциплины) в [17] обоснована целесообразность объединения этих двух процессов в один обобщенный процесс, осуществляемый с использованием сетевых адаптивных ИОС.

Авторами [18] предложена архитектура сетевой интеллектуальной информационной системы, обеспечивающей вариативность траектории самообучения, имеющей во многом характер экспертной системы. Рассмотрены методы формирования ее архитектуры, проведено теоретическое и математическое обоснование возможной архитектуры данной системы. Предложен также специальный механизм логического вывода фактов и фрагментов образовательного контента (например, локальная верификация и оценка качества учебного процесса на основе сравнения выбранной стратегии прохождения учебного материала и эталонной). Реализовать алгоритмы логического вывода и обучения можно в виде достаточно большого набора кривых, допускающих естественную интерпретацию типа: «прогресс», «единичная ошибка». Для обеспечения алгоритма выборки и логического вывода фрагментов образовательного контента предложен подход к декомпозиции информационного ресурса, сущность которого заключается в представлении его в виде набора деревьев, имеющих перекрёстные ссылки. Данный подход позволяет обеспечить иерархичность структуры обучающего материала и формирование различного рода ссылок, создающих первичные, вторичные и другие структуры учебного материала, отражающие взаимосвязи различных учебных целей, задач компетенций и управляющих воздействий.

В зависимости от типа модели обучаемого и его индивидуальных подходов к обучению (в общем виде подходы могут быть индуктивным, дедуктивным и гибридным) предлагается использовать три вектора обучения (быстрый, нормальный и медленный).

На этой основе имитируется процесс реального обучения с учётом таких характерных его особенностей, как взаимная интеграция процессов верификаций моделей обучаемого, преподавателя и учебного курса, способности ученика, оптимальность стратегии дозировки знаний и упражнений учителем, скорость запоминания и забывания знаний учеником, продолжительность и устойчивость его активного состояния и т.п.

Представленная в [18] концепция архитектуры интеллектуальной информационной системы в виде экспертной системы, обеспечивающей вариативность траекторий самообучения, в общем случае может обеспечивать достижение эффективности самообучения благодаря возможностям реализации самостоятельного выбора траекторий, оперирования информацией о результатах самообучения и привлечения информационных ресурсов, создаваемых как самим обучающимся, так и поступающим из внешних источников.

В заключение можно сказать, что при разработке ЭС рассмотренные выше интеллектуальные подсистемы, имея разную программную и теоретическую основу, могут быть организованы в виде подключаемых к системе отдельных модулей (блоков). Уровень интеллектуальной нагрузки на каждый модуль подсистемы разный. Поэтому при

проектировании конкретной подсистемы, в одном случае, достаточно использовать традиционную логику, а в другом – целесообразно создавать подсистему на основе аппарата нечеткой логики [5, 10]. Это не исключает использования уже известных, отработанных на практике технологий сетевого обучения. Такой подход расширяет возможности их применения, оптимизирует качество, трудозатраты и затраченное время на интеллектуализацию технологий сетевого обучения.

Разработкам экспертных систем в сетевой информационной образовательной среде уделяется недостаточное внимание. Немногочисленные публикации по данному направлению носят, в основном, прогнозный характер. Экспертные системы учебного назначения в большинстве случаев используются для построения базы знаний, отражающей минимальный необходимый контент конкретной предметной области, в лучшем случае с учетом её качественных и количественных характеристик. В то время как интеллектуальная технология в ЭСУН должна обеспечивать построение последовательности индивидуального курса обучения, интеллектуальный анализ ответов обучаемых и интерактивную поддержку в решении задач.

Литература

1. Громов Ю. Ю., Иванова О. Г., Алексеев В. В. [и др.] Интеллектуальные информационные системы и технологии: учебное пособие // Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ». – 2013. – 244 с.
2. Ваграменко Я. А., Яламов Г. Ю. Коллективная учебная деятельность учащихся в сетевой информационно-образовательной среде // Педагогическая информатика. – 2015. – №3. – С. 42-51.
3. Ваграменко Я. А., Яламов Г. Ю. Автоматизированные информационные системы учебного назначения // Актуальные проблемы реализации электронного обучения и дистанционных образовательных технологий. Книга I. М.: Изд-во СГУ. – 2015. – С.14-26.
4. Ваграменко Я. А., Яламов Г. Ю. Техничко-технологические требования к адаптивной автоматизированной информационной системе управления учебным процессом в общеобразовательной школе // Педагогическая информатика. – 2014. – № 4. – С. 3-19.
5. Молчанов А. А. Использование экспертных систем в системе открытого образования // Гаудеамус. – 2014. – № 2 (24). – С.57-68.
6. Самигулина Г. А. Интеллектуальная экспертная система дистанционного обучения на основе искусственных иммунных систем // Информационные технологии моделирования и управления. – 2007. – Вып. 9 (43). – С. 1019-1024.
7. Зубов А. В., Денисова Т. С. Создание комплексных экспертных Интернет-систем для дистанционного обучения // Информатизация образования и науки. М.: Государственный научно-исследовательский институт информационных технологий и телекоммуникаций. – 2010.– № 1(5). – С. 172-182.
8. Никитаев В. Г., Бердникович Е. Ю. Разработка мультимедийных курсов дистанционного обучения врачей по гистологической и цитологической диагностике с применением экспертных систем // Фундаментальные исследования. – 2007. – № 12. – С. 334-334.
9. Электронная информационная образовательная среда СГА. URL: http://www.muh.ru/teaching/teaching_dot.php#robot (дата обращения: 28.04.2016).
10. Чванова М. С., Киселёва И. А., Молчанов А. А., Храмова М. В. Использование аппарата теории нечетких множеств при проектировании современных технологий дистанционного обучения // Образовательные технологии и общество. – 2013. – Т.16, № 2. – С.447-468.
11. Попов Д. И. Проектирование интеллектуальных систем дистанционного образования // Известия Южного федерального университета. Серия: Технические науки. – 2001. – Т. 22, № 4. – С. 325-332.

12. Астанин С. В. [и др.] Интеллектуальная образовательная среда дистанционного обучения // Новости искусственного интеллекта. – 2003. – № 1. – С. 7-14.
13. Тоискин В. С. Интеллектуальные информационные системы: учебное пособие. Ставрополь: Изд-во СГПИ, 2010. Ч. 2. – 188 с.
14. Солодовников И. В. [и др.] Экспертная система оценки эффективности обучения на основе математического аппарата нечеткой логики // Качество. Инновации. Образование. – 2006. – № 1. – С. 19-22.
15. Самойло И. В., Жуков Д. О. Информационные технологии в обеспечении нового качества высшего образования // Сборник научных статей. Кн. 2. Труды Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Информационные технологии в обеспечении нового качества высшего образования (14-15 апр. 2010 г., Москва, НИТУ «МИСиС»)». М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов НИТУ «МИСиС». – 2010. – С. 89-95.
16. Мелихова О. А., Мелихова З. А. Использование нечеткой математики при моделировании систем искусственного интеллекта // Тематический выпуск «Интеллектуальные САПР»: в 2 т. Таганрог: Изд-во ТРТУ. – 2007. – С. 113-119.
17. Рыбина Г. В. Интеллектуальные обучающие системы на основе интегрированных экспертных систем: опыт разработки и использования // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2011. – №10. – С. 4-16.
18. Ваграменко Я. А., Яламов Г. Ю., Фанышев Р. Г. Требования к архитектуре интеллектуальной информационной системы, обеспечивающей вариативность траекторий самообучения // Ученые записки ИИО РАО. Вып. 49. М.: ИИО РАО. – 2013. – С. 63-68.