

ВЫЯВЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ И ИХ УСИЛЕНИЕ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПРОТОКОЛОВ РАБОТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ С ПОМОЩЬЮ СИНТЕЗА КОГНИТИВНЫХ КАРТ ДИАГНОСТИКИ ЗНАНИЙ

В.А. УГЛЕВ

Филиал ФГОАУ ВПО «Сибирский федеральный
университет» (г. Железногорск)
uglev-v@yandex.ru

Рассматриваются задача выявления закономерностей в протоколах работы обучаемого в автоматизированной обучающей системе и их учёт при выработке управляющего воздействия (формирование индивидуальной траектории обучения). С этой целью предлагается синтезировать когнитивную карту диагностики знаний (ККДЗ), усиливающую возможность извлечения наиболее важных характеристик процесса обучения в автоматизированном режиме. Также рассматривается возможность стыковки ККДЗ с механизмом комплексного анализа учебной ситуации посредством таких методов искусственного интеллекта, как экспертные системы и онтологии.

Ключевые слова: выявление закономерностей, анализ траектории обучения, когнитивные карты диагностики знаний, автоматизированные обучающие системы.

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение обмена информацией между человеком компьютером предполагает разработку эффективных интерфейсов взаимодействия.

Особенно интересны задачи, где информационная система вырабатывает управляющее воздействие на поведение человека [1], т.е. объектом анализа является пользователь, о качестве работы которого можно судить лишь по косвенным характеристикам (последовательность переходов между экранами, скорость реакции, соответствие линии поведения шаблону и пр.). Такая постановка задачи предполагает регистрацию множества факторов и их обобщение до гипотез. Данные о пользователе информационной системой регистрируются постоянно или событийно и записываются в протоколы работы системы. Поэтому выявление из статистических рядов данных закономерностей, шаблонов поведения и эффективная выработка на их основе гипотез безусловно являются сложной и актуальной задачей, относящейся к методам искусственного интеллекта.

Рассмотрим задачу выявления закономерностей в протоколах работы автоматизированных обучающих систем (АОС) и их усиление за счёт специальной предобработки. Здесь пользователь выступает в качестве объекта управления, а АОС – в качестве своеобразного субъекта управления. Эффективность обратной связи между ними можно оценить через такие показатели, как скорость и качество обучения. Если рассматривать проблему в предельном случае, когда осуществляется процесс самообучения без учителя / тьютора, то для АОС учащийся является своеобразным «чёрным ящиком» [2], о котором можно собирать статистические ряды следующих классов:

- по результатам работы с теоретическим блоком электронного учебного курса: последовательность переходов между дидактическими единицами, частота возвратов к материалу, время изучения материала и пр.;
- по результативности выполнения практических заданий: правильность выполнения, точность выполнения, скорость выполнения, соответствие шаблонам и пр.;
- по результатам прохождения контрольных мероприятий в виде компьютерных тестов: скорость прохождения теста и отдельных тестовых заданий, правильность прохождения теста и отдельных тестовых заданий, интенсивность обращения к обучающему (тренировочному) режиму тестирования, уровень развития профильных компетенций, динамика результатов и пр.;
- по рекомендациям механизма подсказок АОС: следование / игнорирование рекомендаций подсистемы подсказок по повторению дидактических единиц, практических задач, терминов;
- по инициативе самого пользователя (при записи на курс): учёт профиля обучения, учёт целей обучения.

По этим данным, вопреки господствующему мнению большинства разработчиков АОС и систем компьютерного тестирования [3], можно выдвигать и проверять много полезных гипотез, максимально индивидуализируя модель пользователя. Важно, что получаемых эмпирических наблюдений о действиях пользователя и его результатах вполне достаточно, чтобы обеспечить аргументированную работу статистических и интеллектуальных алгоритмов принятия решений. Но как это сделать, ведь протокольная информация, за редким исключением, не содержит указаний на сами закономерности? Оценки только статистических критериев работы пользователя с обучающей системой недостаточно. Поэтому для обработки протоколов АОС требуется осуществить комплексный анализ фиксируемых факторов, применяя статистические и интеллектуальные методы работы с данными и знаниями. Рассмотрим подход выявления закономерностей и их усиления с помощью синтеза когнитивной карты диагностики знаний, а также их интеграцию с алгоритмами принятия решений по управлению индивидуальной траектории обучения пользователя. Для этого следует начать с описания модели представления данных и знаний в структуре обучающей системы.

1. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СТРУКТУРЫ ПРОТОКОЛЬНЫХ ДАННЫХ

Данные, информация и знания, организованные в АОС как единая структура, можно условно разделить на три категории. Первая – информация о составе и особенностях организации архитектуры электронного учебного курса (общая статическая). Вторая – это информация об особенностях реализации курса для конкретного пользователя (индивидуальная статическая). И третья – это многомерные статистические ряды протокольных данных, регистрирующих динамику обучения пользователя (индивидуальная динамическая). Управление автоматизированным учебным процессом опирается на все три категории [4], но именно проблемы корректной интерпретации последней вызывают наибольшее затруднения у специалистов, разрабатывающих автоматизированные системы управления учебным процессом¹.

Переходя к описанию архитектуры АОС, обратимся к самым важным для рассматриваемой проблемы элементам системы – данным о пользователе, с помощью которых можно сформулировать задачу управления

¹ Нарушение логики в самом процессе педагогического тестирования (достижение цели контроля вместо обучения) делает ситуационные показатели (баллы за тесты) неубедительными для аргументированного принятия решений. Это приводит к низкой эффективности как систем автоматизированного контроля знаний при самообучении, так и слабой реализации механизмов индивидуализации алгоритмами большинства АОС [7].

траекторией обучения. Результирующая информация о каждом пользователе может быть представлена в виде временного ряда $\{X\}$, каждый элемент которого описывается кортежем из ситуационных (апостериорных) и исходных (априорных) элементов:

$$x_i = \langle A', B, C, D' \mid A, D, E \rangle, \quad (1)$$

где i – порядковый номер элемента в привязке к временной шкале; A' – подмножество целей / компетенций, которые пользователь выбрал для развития при работе с АОС; B – статистические ряды данных о работе пользователя с учебным материалом (включая историю траектории перемещений между элементами дидактического материала), фиксируемые АОС в форме протокола; C – статистические ряды данных о процессе решения контрольно-измерительных и практических материалов курса; D' – индивидуализированный состав учебного курса (включая контролирующий материал); A – априорный набор целей / компетенций, которые должны быть развиты в процессе обучения; D – исходный состав учебного курса (включая базовую структуру материала); E – априорная метаинформация об электронном учебном курсе.

Данные о структуре D можно представить в форме древовидной иерархии вида «курс→разделы→дидактические единицы→набор практических работ, элементов тезауруса и тестовых заданий» в связке от одного ко многим [4]. На уровне дидактических единиц курса имеются горизонтальные связи, определяющие исходную траекторию изучения материала (последовательность ознакомления), а также причинно-следственные зависимости одних элементов от других [5]. Эти зависимости относятся уже к разряду метаданных (E) и определяют семантику отдельных единиц учебного материала в составе всего курса (включая критерии профильности и значимости). К метаданным также относятся данные о личных предпочтениях пользователя (цели обучения, развиваемые компетенции, профиль обучения). Не вдаваясь далее в подробности описания организации структуры данных и знаний в АОС (см. [4]), следует описать структуру протокольной информации, подлежащей дальнейшему анализу.

Элементами множеств B и C будут протокольные записи АОС в специальных таблицах базы данных. В общем случае их можно определить следующим образом:

$$bc_j = \langle K, D', V, Z \rangle, \quad (2)$$

где j – порядковый номер элемента в привязке к временной шкале; K – идентификатор класса показателя; D' – ссылка на конкретный элемент учебного курса, по которому сделана запись; V – значение показателя; Z – служебное поле, содержащее дополнительные параметры, специфичные для каждого конкретного k . Следует отметить, что в (2) для крат-

кости упущены идентификаторы пользователя и курса, также присутствующие в нормализованных таблицах реляционной базы данных [6]. Техническое объединение множеств B и C в единую физическую форму представления протокольных данных $\{BC\}$ позволяет унифицировать формат хранения эмпирических показателей и существенно упростить механизмы выборки перед дальнейшей аналитической обработкой.

Опираясь на модель индивидуальной образовательной ситуации (1), можно описать задачу индивидуализации выработки управляющего воздействия u_i на пользователя с целью оптимизации его траектории обучения через отображение

$$f: \langle x_i, \{X\}, t | G \rangle \rightarrow u_i, \quad (3)$$

где t – показатель текущего момента времени принятия решений; $\{X\}$ – подмножество $\{X\}$, рассматриваемое алгоритмом принятия управляющих решений для определения динамики показателей; G – априорный набор гипотез, характеризующих x_i и дающих основание для применения конкретного u_i . Множество управляющих воздействий $\{U\}$, опираясь на идеологию личностно-ориентированного подхода, может быть проявлено в виде прямой и косвенной реакций системы. К первому классу можно отнести действия АОС, выполняемые по инициативе самой системы: адаптация состава и сложности учебного материала, управление доступом к отдельным элементам курса. Ко второму – комплекс рекомендаций, которые обучающая система выдаёт пользователю для повышения результативности обучения: советы на повторное обращение к отдельным дидактическим единицам курса, определения и задачам (включая создание адекватной эмоциональной атмосферы обучения для повышения мотивации учащегося). Оба этих класса воздействий будут опираться на одни и те же устойчивые закономерности, выделенные АОС при анализе исходных данных по (3). Тогда становится очевидно, что качество управления будет напрямую зависеть от эффективности комплексной обработки протокольной информации (её обобщения). Требуется описать механизм, осуществляющий перевод множества элементов из $\{BC\}$ в компактный набор обобщённых промежуточных заключений, отражающих тенденцию обучения в виде разумного многообразия гипотез и факторов. Но прежде чем перейти к описанию этапа выделения и усиления закономерностей при работе АОС, следует эти закономерности сформулировать².

² В данной публикации рассматривается задача обработки протоколов описанной выше АОС в режиме самообучения при выполнении следующих допущений: пользователь работает преимущественно с АОС и через её модули, обращение к системе происходит довольно часто (наличие внутренней мотивации), электронный учебный курс качественно представлен в АОС (включая описание метаданных).

2. ВЫЯВЛЕНИЕ КЛЮЧЕВЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ

Непосредственный переход $x_i \rightarrow u_i$ по (3) реализовать за один шаг можно либо тогда, когда оценка проявленных пользователем знаний тривиальна (предельный случай отличника или двоечника), либо когда множество $\{U\}$ имеет малую мощность и АОС не преследует задачу гибкого автоматизированного управления учебным процессом. В остальных случаях требуется выдвижение промежуточных гипотез $\{G\}$, от результатов подтверждения или опровержения которых и будет зависеть значение u_i . Каждая гипотеза – это закономерность, говорящая о текущей тенденции в направлении изучения учебного материала пользователем [8]. Но чтобы выявить эти закономерности из протоколов работы АОС, требуется охарактеризовать те процессы (гипотезы), на основании которых и будет приниматься управляющее воздействие.

Сформулируем основные гипотезы из G :

- эффективность процесса самообучения (скорость, динамика успехов) при использовании АОС (ответ на вопрос «Успешно ли продвигается обучение?»);
- наличие корреляции между фактически повторяемым материалом, рекомендуемым к изучению автоматизированной системой, и оценками во времени (ответ на вопрос «Воспринимает ли пользователь рекомендации АОС?»);
- эффективность трудозатрат (время, частота обращения) при работе с подсистемой электронного учебного курса и обучающего компьютерного тестирования (ответ на вопрос «Достаточно ли пользователь работает с АОС?»);
- актуальность направления работы (выявление перечня разделов / материалов курса, которые необходимо повторить, временно отложить или считать освоенными) с учётом динамики успехов и целей обучения (ответ на вопрос «Что пользователю наиболее актуально изучать в первую очередь при текущем уровне знаний?»);
- обоснованность выводов (устойчивость оценок, достаточность свидетельств для оценки гипотез) и адекватность действий пользователя (устойчивость оценок, активность в модулях АОС, проверка «подлинности учащегося»³) при текущем уровне показателей обучения (ответ на вопрос «Есть ли основания не доверять полученным результатам анализа протоколов АОС?»).

³ Многие случаи фальсификации результатов работы (непосредственная или удалённая работа под учётной записью пользователя другого человека), особенно когда мотивацией к обучению является формальное, но необходимое для пользователя вознаграждение (диплом, сертификат), а не знания, возможно выявить на этапе автоматической обработки протоколов и учесть это при принятии решений.

Описываемый подход предполагает, что в системе будет осуществлена комплексная обработка протокольных данных АОС и на основании текущих показателей и тенденций приняты аргументированные управляющие воздействия. Это значит, что функция отображения f будет осуществлять вывод как минимум в два этапа:

$$\langle x_p, \{X\}, t | G \rangle \xrightarrow{f_{CMDK}} G'_t \xrightarrow{f_S} u_p \quad (4)$$

где G'_t – результаты проверки гипотез из $\{G\}$ на момент принятия решений t ; f_{CMDK} – механизм обработки первичных данных о процессе обучения; f_{ES} – механизм отображения $\{G\}$ в $\{U\}$.

Первый этап согласно (4) должен выполнять извлечение информации и знаний из информационной структуры АОС. Фактически требуется реализовать поиск, усиление и визуализацию тех закономерностей, которые проблематично обнаружить в огромном массиве первичной информации без специальных методов автоматизации. Рассмотрим задачу добычи знаний о работе пользователя из протоколов АОС, получившей название когнитивных карт диагностики знаний (ККДЗ), чему и будет посвящён следующий (третий) раздел данной статьи.

Что касается второго этапа вывода управляющих решений (f_{ES}), то его рационально реализовать в виде механизма продукционных экспертных систем и онтологий. Он предполагает реализацию в структуре АОС базы знаний и некоторых алгоритмов искусственного интеллекта, а также интеграцию ККДЗ с ними. Этот аспект работы будет кратко раскрыт далее в четвёртом разделе статьи.

3. СИНТЕЗ КОГНИТИВНОЙ КАРТЫ ДИАГНОСТИКИ ЗНАНИЙ

Комплексный анализ факторов о процессе обучения в АОС требует наличия гибкого механизма обобщения и интеграции разнородных показателей в единый центр принятия решений. Так как традиционные одношаговые методы обработки протокольных данных в АОС не эффективны, то рассмотрим метод построения ККДЗ. Как следует из определения в [9], *когнитивная карта диагностики знаний* (Cognitive Maps of Diagnosis Knowledge) является сервисом АОС, подготавливающим в автоматическом режиме (предобрабатывающим) информацию о процессе обучения, с целью упростить комплексный экспертный анализ учебной ситуации и выработать адекватную реакцию системы на действия пользователя. Это предполагает, что ККДЗ синтезируется каждый раз, когда требуется реализовать обратную связь между АОС и учащимся как с целью обучения, так и с целью диагностики уровня знаний.

Очевидно, что реализация предобработки данных с помощью ККДЗ осуществима лишь в том случае, когда архитектура АОС включает в себя

детальные протоколы работы пользователя с курсом. Если это работа с электронным учебным курсом, то для каждой информационной страницы фиксируются и время пребывания, и активность, и ссылка на источник вызова, и ссылка на следующий активированный элемент АОС. Если это работа с электронной тетрадью или виртуальной лабораторией, то это последовательность действий, длительность между действиями и результат. Если же это решение теста в подсистеме обучающего или итогового компьютерного тестирования, то это такие протокольные параметры, как решения пользователем отдельных тестовых заданий, время решений, последовательность перемещений по тестовой выборке, сложность конкретной тестовой выборки, режим тестирования, факты возвращений и исправлений ответов, а также информация о переходах из теста к словарям и учебному материалу (при обучающем режиме) [4]. И вся эта индивидуализированная первичная динамическая информация должна быть прослежена в динамике с учётом общей и индивидуальной статической категорий информации / знаний. Тогда мы говорим о гештальтах (шаблонах) поведения, которые можно выявлять из первичной информации, усиливая их через ККДЗ при принятии управляющих решений. Но отвлечёмся от первичной информации и вернёмся к рассмотрению непосредственно когнитивной карты диагностики знаний (f_{CMDK}).

Исходя из приведённого определения ККДЗ, она должна способствовать выявлению пробелов в знаниях пользователя, подбору аргументов при оценке знаний, отображению динамики обучения, расхождения объявленных (желаемых) текущим целям обучения (как со стороны авторов курса, так и со стороны пользователя) и пр. Тогда рационально выставить следующие требования к ККДЗ:

- объективность оценки и обобщений;
- ориентированность на цель всей системы (т.е. на обучение);
- комплексность описания и представления знаний;
- динамичность содержимого (постоянное пополнение);
- компактность представления карты как в памяти, так и при визуализации;
- обработка разнородной информации (количественной и качественной)⁴;
- интерпретируемость результатов в автоматическом режиме;
- открытость архитектуры ККДЗ;
- автономность работы пользователя с электронным учебным курсом в online-режиме или настольном;

⁴ Данную возможность следует обеспечивать современными методами работы с неопределёнными данными. Например, наиболее распространённым и универсальным стал метод Л. Заде «нечёткая логика» [10].

- очевидность логики работы (по возможности);
- тиражируемость (воспроизводимость на произвольном и корректно сформированном в АОС электронном учебном курсе).

Данные требования предполагают, что карта не даёт готовый ответ на значения элементов вектора G' , а лишь предобрабатывает исходные протокольные данные, концентрируя их в компактной форме. Тогда конкретные компоненты категорий данных / информации / знаний о пользователе и курсе будут количественно и качественно анализироваться на:

- динамику изменений значений;
- скорость изменений значений;
- устойчивость изменений;
- частоту обращений к элементам курса;
- силу взаимозависимостей между собой (как в традиционной форме [11], так и с учётом специфики архитектуры учебного курса [12]);
- соответствие заявленных показателей (цели пользователя) демонстрируемым (требования к ним);
- предпочтения формы взаимодействия с АОС (получение учебной и контрольной информации, методы обращения за помощью к системе);
- соответствие предполагаемой / желательной реакции обучаемого на управляющие воздействия системы (рекомендации и подсказки) демонстрируемой.

Такое быстрое обобщение позволяет сгруппировать и предварительно оценить текущую ситуацию обучения: это ещё не доказательство основных гипотез, но уже и не протокольная информация. Моментальные срезы в виде ККДЗ, с учётом некоторых данных о семантике курса из $\{E\}$, способствуют чёткому и аргументированному отображению ККДЗ в $\{G'\}$. Для этого применяются логические правила переходов, позволяющих комплексно оценить ситуацию в многофакторном пространстве.

4. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ ККДЗ И ПРИНЯТИЕ УПРАВЛЯЮЩИХ РЕШЕНИЙ

Синтез когнитивной карты диагностики знаний как этап преобразования данных в знания не может осуществляться на примитивной структуре метаданных. Очевидно, что если удалось доказать или опровергнуть основные гипотезы о характере обучения, то далее следует реализовать адекватный механизм учёта этих результатов при принятии конкретного учебного воздействия на пользователя посредством реакции системы.

Фактически в результате работы ККДЗ появляется вектор агрегированных данных для проверки гипотез $\{G'\}$, каждая компонента которого может выражаться одним из состояний из ограниченного словаря. Тогда

переход к $\{G_i\}$, а затем и к управляющему воздействию будет определяться через таблицу сочетаний состояний всех показателей (логические правила). Механизм такого принятия решений при соответствующей организации вывода носит название продукционных экспертных систем [13]. Но если это сделать через обычную таблицу соответствий (одношаговый вывод), то возникает две проблемы. Первая – становится затруднительно осуществить объяснение ответа экспертной системы в случае такой необходимости. Второе – различные механизмы управления потребуют различных таблиц при одном и том же сочетании входных данных, что приводит к дублированию данных в метаинформации системы. Первое затруднение решается заменой обычной таблицы управления на полноценную базу знаний (многошаговый логический вывод) [14]. Для интеллектуальной АОС это очень важно, так как прозрачность и убедительность логики принятия решений должны быть использованы при осуществлении диалога с пользователем. Второе затруднение можно снять, если представить базу знаний не в виде таблицы, а в виде сетевой структуры. Тогда в ней, помимо исходных данных из ККДЗ, потребуется отразить слой целей управления и форму вывода реакции системы. Это позволит избавиться от необходимости реализации набора отдельных экспертных систем в f_{ES} для каждой цели управления⁵ либо минимизировать их описание за счёт единой базы знаний.

Если комплексно обобщить элементы x_i через ККДЗ, то следует отметить, что в (1) изменяют своё значение преимущественно элементы множества $\{BC\}$. Это позволяет говорить о стабильной структуре модели пользователя, последовательно регистрирующей изменения в уровне его знаний во времени. Тогда модель представления учебной ситуации можно представить в виде онтологии, которая описывает динамику состояний объекта управления. Опираясь на данный метод представления знаний, становится возможно не только описать структуру данных и знаний, но и задать закономерности и ограничения предметной области (аксиомы). Компетентные вопросы из $\{G\}$ (если переходить на терминологию онтологий) станут связаны со структурой электронного курса на уровне семантики и, следовательно, позволят решать задачу прямого и обратного вывода знаний [15]. Фактически в онтологии будут описаны семантические зависимости между такими элементами $\{E\}$, как структура материала курса, модель пользователя, стратегии обучения и прочая метаинформация.

⁵ Например, в качестве целей могут выступать генерация подсказок в режиме обучающего тестирования, объяснение оценок за контрольное мероприятие, адаптация тестовой выборки на этапе контроля и пр.

Дополнительным следствием применения ККДЗ в составе интеллектуальной АОС будет решение задачи комплексной визуализации параметров обучения и генерации диалога с пользователем в естественно-языковой форме. Первая задача делает модуль визуализации ККДЗ сродни визуализации в *Data Mining*, когда отображение помогает выявить закономерность и сделать на её основе определённые выводы [16, 17]. Для АОС, особенно в ситуации самообучения, режим визуализации не играет решающей роли, но позволяет в случае необходимости создать компактный содержательный отчёт о работе пользователя с учётом динамики его успехов.

Вторая задача представляет для ядра АОС больший интерес, так как общение автоматизированной системы с пользователем посредством естественно-языковой формы должно быть двусторонним: учащийся на любую реакцию системы может задать вопрос о причинах и целесообразности её действий. При этом диалог должен быть многошаговым и убедительным. Таким образом, реализация сервисов сопровождения обучения виртуальным учителем (тьютором) должна опираться не на элементарные логические заключения на основе протокольных данных, а оперировать обобщениями. Так как любая гипотеза из G_r , опираясь на онтологию из $\{E\}$, имеет аксиомы вывода, то такие ответы системы могут быть не только аргументированы, но и объяснены.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключении статьи следует сделать ряд обобщений изложенного материала.

Во-первых, расширение возможностей автоматизированных обучающих систем по управлению траекторией обучения пользователя напрямую зависит от качественного выявления закономерностей при текущей ситуации обучения. Эти закономерности нетривиальны и убедительно выявляются лишь при комплексной обработке данных о пользователе и его предпочтениях, о частотах работы с подсистемами автоматизированных обучающих систем, о динамике успехов изучения дидактических материалов курса. Поэтому эффективная обработка протоколов работы пользователя в системе предполагает унификацию формы хранения эмпирических данных, а также единого перечня обобщённых гипотез, на основании которых осуществляется выработка управляющего воздействия.

Во-вторых, использование для анализа ситуации обучения промежуточных форм вывода знаний оправдывается сложностью и динамичностью объекта управления. Когнитивные карты диагностики знаний как инструмент выявления и усиления закономерностей позволяют реализовать автоматический переход от данных к знаниям, характеризующим ин-

дивидуальную траекторию обучения пользователя в автоматизированной системе обучения.

В-третьих, синтез в рамках автоматизированной обучающей системы когнитивной карты диагностики знаний предполагает комплексную многошаговую предобработку входного потока данных. Формирование когнитивной карты происходит динамически, опираясь на модель пользователя, модель электронного учебного курса и модель учебной ситуации в развитой автоматизированной обучающей системе с метаданными. Решение задачи автоматической проверки ключевых гипотез (компетентных вопросов) способствует не только аргументированному принятию решений обучающей системой в автоматическом режиме, но и визуализации динамики процесса обучения (включая ключевые фрагменты метаданных).

В-четвёртых, детальный анализ ситуации обучения нуждается в применении алгоритмов системной оценки изменений динамики модели пользователя во времени. Это усложняет процессы выявления закономерностей и логику принятия решений. Помимо традиционных методов обработки временных рядов, требуется комплексное описание метаданных. Поэтому привлечение таких методов искусственного интеллекта, как экспертные системы и онтологии, существенно расширяет функционал и возможности ядра автоматизированной обучающей системы и как следствие богатство представлений данных в когнитивной карте диагностики знаний.

Благодаря перечисленным особенностям реализации архитектуры автоматизированной обучающей системы происходит концентрация знаний о работе пользователя (от протокольной информации к когнитивным картам диагностики знаний и онтологиям). Таким образом, сочетание методов системного анализа, статистических и аналитических методов и алгоритмов искусственного интеллекта позволяет создать гибкий и эффективный механизм индивидуализации траектории обучения пользователя в рамках автоматизированных обучающих систем нового поколения [17].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Винер Н.* Кибернетика или управление и связь в животном и машине. – М.: Советское радио, 1968. – 218 с.
2. *Тарасенко Ф.П.* Прикладной системный анализ: учеб. пособие. – М.: КноРус, 2010. – 224 с.
3. *Углев В.А.* Автоматизированные обучающие системы и компьютерное тестирование: системный кризис и перспективы развития // Модер-

низация российского образования: тренды и перспективы. – Ч. 2. – Краснодар: Премьер, 2011. – С. 3–18.

4. Углев В.А., Устинов В.А., Добронев Б.С. Системный подход к процессу обучающего компьютерного тестирования // Информационные технологии. – 2008. – № 4. – С. 81–87.

5. Uglev V. A. Intellectual Control Algorithm Interaction improvement by the Users Education Process of the Automation Education Systems // International Siberian Conf. on Control and Communications (SIBCON). – Krasnoyarsk, 2011. – P. 143–146.

6. Дейт К.Дж. Введение в системы баз данных: пер. с англ. – 7-е изд. – М.: Вильямс, 2001. – 1072 с.

7. Углев В.А. О специфике индивидуализации обучения в автоматизированных обучающих системах // Философия образования. – 2010. – № 2. – С. 68–74.

8. Uglev V.A., Samrina F.I. Assessment competence in Automated Education Systems with the means of Cognitive Map of Diagnostic Knowledge // Interactive Systems and Technologies: the Problem of Human-Computer Interaction. – Vol. IV: Collection of scientific papers. – Ulyanovsk, 2011. – P. 399–402.

9. Углев В.А. Применение когнитивных карт диагностики знаний для оптимизации процесса обучения в автоматизированных средах // Информатизация образования–2010: педагогические аспекты создания информационно-образовательной среды: матер. междунар. науч.-практ. конф. – Минск, 2010. – С. 506–510.

10. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. Математика: пер. с англ. – Вып. 3. – М.: Мир, 1976. – 168 с.

11. Рубан А.И. Методы анализа данных: учеб. пособие. – 2-е изд. – Красноярск: КГТУ, 2004. – 319 с.

12. Углев В.А. Использование механизма нечёткой логики и семантических сетей для подготовки информации по оценке степени освоения учебного материала // Нейроинформатика, ее приложения и анализ данных: XVII Всерос. семинар. – Красноярск, 2009. – С. 161–163.

13. Джексон П. Введение в экспертные системы: пер. с англ. – М.: Вильямс, 2001. 624 с.

14. Гаврилова Т.А., Хорошавский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. – СПб.: Питер, 2001. – 384 с.

15. Девятков В.В. Системы искусственного интеллекта: учеб. пособие. – М.: МГТУ, 2001. – 352 с.

16. Зенки А.А. Когнитивная компьютерная графика. – М.: Наука, 1991. – 192 с.

17. *Загоруйко Н.Г.* Прикладные методы анализа данных и знаний. – Новосибирск: ИМ СО РАН, 1999. – 270 с.

18. *Углев В.А.* Комплексное управление процессом дистанционного обучения в автоматизированных обучающих средах нового поколения // Дистанционное обучение в современном обществе: педагогика, технологии, организация: матер. III Междунар. конф. «Полатовские чтения» 2010. – М.: МЭСИ, 2011. – С. 178–183.