

Интеграция разнородных знаний в интеллектуальных информационных системах на основе многоагентного моделирования*

В статье рассмотрена проблема создания многоагентных моделей интеграции разнородных априорных знаний о субъекте исследований с целью обеспечения возможности объединения аналитической информации из различных предметных областей в интеллектуальных информационных системах. Решение поставленной проблемы продемонстрировано на примере метода интеграции результатов исследований когнитивных особенностей личности обучаемого и технологий искусственного интеллекта для создания систем диагностики познавательных стилей с дальнейшей разработкой индивидуальных образовательных траекторий и моделей референтных групп на основе теории многоагентных систем. Проведено исследование рассмотренных моделей на основе аппарата имитационного моделирования сетей Петри.

Ключевые слова: познавательные стили, информационные системы, интеллектуальные агенты, индивидуальные траектории, образовательные модели, референтные группы, разнородные знания.

INTEGRATION OF HETEROGENEOUS KNOWLEDGE IN INTELLECTUAL INFORMATION SYSTEMS BASED ON MULTI-AGENT SIMULATION

The article considers the problem of creating a multi-agent models integrating heterogeneous prior knowledge about the subject of research in order to ensure the possibility of combining the analytical information from different domains in intellectual information systems. The solution of this problem is demonstrated by the example of the method of students cognitive personality traits researches results integration and artificial intelligence technologies to create cognitive styles of diagnostic systems with the further individual paths, education models and reference groups development, based on the theory of multi-agent systems. The considered models' investigation was conducted based on apparatus simulation of Petri nets.

Keywords: cognitive styles, information systems, intelligent agents, individual trajectories, educational models, reference groups, heterogeneous knowledge.

Введение

Исследование основ разработки интегрированных интеллектуальных информационных систем способствует развитию новых информационных технологий. Актуальность решения данной проблемы заключается в расширении прикладных областей применения информационных систем, развитии перспективных направлений, связанных с созданием интеллектуальных агентов, компьютерным творчеством и др. для решения

сложных подзадач, требующих применения различных методов имитации интеллектуальной деятельности человека. Основной проблемой в данной научной области является неопределенность, сопутствующая многим задачам накопления и обработки знаний о субъекте исследования

Задачу создания многоагентных моделей интеграции разнородных априорных знаний рассмотрим на примере процесса обучения, который состоит в обеспечении воз-

можностей для индивидуального творческого развития каждой личности. Обучаемый создает образовательную продукцию, выстраивает свой образовательный путь, опираясь на индивидуальные качества и способности, причем делает это в соответствующей среде, созданной по определенным правилам. Процесс обучения необходимо исследовать как с точки зрения его индивидуализации, так и с точки зрения создания групповых технологий.

* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-11-00242) в Южном федеральном университете



Юрий Алексеевич Кравченко,
к.т.н., доцент
Тел.: +79289080151
Эл. почта: krav-jura@yandex.ru
Южный федеральный университет
www.sfedu.ru

Yury A. Kravchenko,
Candidate of Science,
Associate Professor
Tel.: +79289080151
E-mail: krav-jura@yandex.ru
Southern federal university,
www.sfedu.ru



Владимир Васильевич Марков,
к.т.н., доцент
Тел.: (8634) 371651
Эл. почта: v_v_mar@mail.ru
Южный федеральный университет
www.sfedu.ru

Vladimir V. Markov,
Ph.D., Associate Professor
Tel.: (8634) 371651
E-mail: v_v_mar@mail.ru
Southern federal university,
www.sfedu.ru

Индивидуальная образовательная траектория – это персональный путь реализации личностного потенциала каждого ученика в образовании. Под личностным потенциалом обучаемого здесь понимается совокупность его способностей: познавательных, творческих, коммуникативных. Процесс выявления, реализации и развития данных способностей происходит в ходе образовательного движения учащихся по индивидуальным траекториям. Любой обучаемый способен найти, создать или предложить свой вариант решения любой задачи, относящейся к собственному обучению. Он сможет продвигаться по индивидуальной траектории в том случае, если ему будут представлены следующие возможности: выбирать оптимальные формы и темпы обучения; применять те способы учения, которые наиболее соответствуют его индивидуальным особенностям; рефлексивно осознавать полученные результаты, осуществлять оценку и корректировку своей деятельности [1–3].

Результаты движения по образовательной траектории можно проверять, ориентируясь на созданный обучаемыми продукт; полученные знания, которые реализуются в умениях оперировать ими в стандартной или творческой ситуации, отмечая формирование различного вида умений – мыслительных, коммуникативных, познавательных и т.д. Кроме того, необходима постоянная обратная связь, позволяющая не только корректировать движение обучаемого по траекториям (а иногда и саму траекторию), но и оценивать его продвижение. Воздействие внешних факторов и результаты промежуточной оценки уровня компетентности могут быть причиной возникновения необходимости адаптации индивидуальной траектории.

Индивидуальные образовательные траектории могут быть долгосрочными и краткосрочными, иметь частный и всеобъемлющий характер – это зависит от целей и содержания планируемой учебной деятельности [1–3]. Выполнение выбранной траектории обучения – это процесс обучения, который предусматривает формативную оценку. На этой стадии развития компетентности возможно приме-

нение тестирования, методов оценивания знаний и навыков как составных элементов формирования компетентности.

Помимо индивидуальных технологий обучения, важнейшей составляющей компетентности специалистов является способность эффективно работать в группе и подгруппах. В связи с этим актуальной является задача разработки активных образовательных сред и систем, использующих групповые образовательные модели, построенные на основе технологии многоаспектного аналитического исследования (коллективного обучения), т.е. на синергетической технологии, реализующей процедуры погружения группы в ситуацию формирования эффектов умножения знания, инсайтного озарения, обмена открытиями и т.д. [2–4]. Учитывая, что основной парадигмой инновационного обучения является создание *модели рефлексивной взаимосвязи обучающего и обучаемого* [5–8] как самоорганизующихся систем, можно сделать вывод о целесообразности разработки групповых инновационных моделей и методов обучения.

1. Анализ основных стилей учения и способов мышления

Персональный познавательный стиль – продукт интеграции различных познавательных стилей [11]. Согласование технологии обучения с интегральным познавательным стилем студента положительно повлияет на эффективность и качество обучения.

Рассмотрим несколько групп стилей учения, предложенных разными учеными. *Стиль учения* – типичный для конкретной личности подход к процессу своего обучения [11].

В зарубежных исследованиях известность получила теория Д.А. Колба, согласно которой можно выделить четыре стиля учения:

- 1) *дивергентный*;
- 2) *ассимилятивный*;
- 3) *энвергентный*;
- 4) *аккомодативный*.

Теория Колба получила развитие в работах П. Хани и А. Мамфорда, которые описали те же

четыре стиля учения, но в более простых и понятных терминах: *деятельностный, рефлексивный, теоретический и готический* [11].

Представим названные выше стили учения в виде множества $S_1 = \{s_{11}, s_{12}, s_{13}, s_{14}\}$, где s_{11} – дивергентный (деятельностный) стиль учения; s_{12} – ассимилятивный (рефлексивный) стиль учения; s_{13} – энвергентный (теоретический) стиль учения; s_{14} – аккомодативный (готический) стиль учения.

Рассмотрим также модель А.Р. Грегоса, в которой он выделяет стили учения в зависимости от того, лежит ли в основе учебной деятельности конкретный опыт либо абстрактные знания, а также от того, имеют ли учебные стратегии последовательный либо случайный характер [11]:

- 1) *конкретно-последовательный*;
- 2) *конкретно-случайный*;
- 3) *абстрактно-последовательный*;
- 4) *абстрактно-случайный* [11].

Данные стили учения представим в виде множества $S_2 = \{s_{21}, s_{22}, s_{23}, s_{24}\}$, где s_{21} – конкретно-последовательный стиль учения; s_{22} – конкретно-случайный стиль учения; s_{23} – абстрактно-последовательный стиль учения; s_{24} – абстрактно-случайный стиль учения.

Проведя анализ соответствия друг другу различных стилей учения из двух описанных моделей, представим корреляцию между моделями Колба, Хани, Мамфорда и Грегоса двудольным графом $G = \langle S_1, S_2, L \rangle$ (рис. 1), где L – множество ребер, указывающих на наличие схожих свойств у стилей учения из разных моделей:

$$\begin{aligned} l_1 &= s_{11} \cup s_{24}; \\ l_2 &= s_{12} \cup s_{23}; \\ l_3 &= s_{13} \cup s_{21}; \\ l_4 &= s_{14} \cup s_{22}. \end{aligned}$$

Сходством *дивергентного и абстрактно-случайного* стилей учения является богатое воображение как опора на визуальный опыт и обучение на основе синтеза и интеграции информации как целостный подход к учению. *Ассимилятивный* стиль похож на *абстрактно-последовательный* аналитическим и логическим подходом к обучению. Корреляцией между *энвергентным* и *конкретно-*

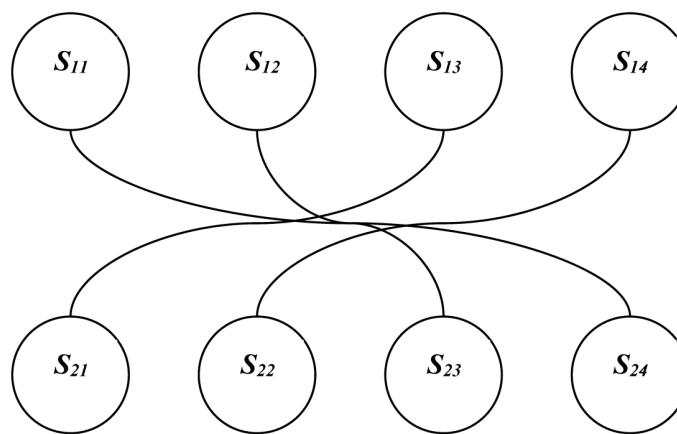


Рис. 1. Граф идентичности свойств между моделями стилей учения

но-последовательным стилями является стратегическое мышление и стремление проверить теорию, что можно классифицировать как предпочтение непосредственного последовательного обучения. *Аккомодативный* же и *конкретно-случайный* стили имеют сходство, связанное с предпочтением обучения на основе проб и ошибок, т.е. на основе конкретных впечатлений, предметных действий и экспериментов.

Таким образом, по результатам проведенного анализа можно представить интегральные стили обучения в виде множества

$$IS = \{s_{11} \cup s_{24}, s_{12} \cup s_{23}, s_{13} \cup s_{21}, s_{14} \cup s_{22}\}.$$

Способы мышления рассмотрим на основе модели Дж. Ройса, предложившего три базовых способа, на основе которых строятся различные «образы мира» [11].

1. *Эмпиризм* – стиль, который характеризует личность с взглядом на действительность детерминированным восприятием и конкретно-образным опытом. Эмпирик подтверждает свои убеждения за счет постановки вопросов о фактах, тщательности измерений, надежности наблюдений.

2. *Рационализм* – стиль, выражающийся в построении широких понятийных схем. При этом собственные убеждения оцениваются на основе логических выводов и обоснований. Критерием надежности модели мира является его логическая устойчивость.

3. *Метафоризм* – стиль человека со стремлением к разнообразию впечатлений, комбинированию от-

даленных областей знаний. Характерна склонность к символизации и глобальности понимания происходящего.

Модель Дж. Ройса представим в виде множества $W = \{w_1, w_2, w_3\}$, где w_1 – эмпиризм; w_2 – рационализм; w_3 – метафоризм.

Для использования описанных выше моделей стилей учения и способов мышления в интеллектуальных многоагентных системах рассмотрим возможность их построения на основе теории агентов.

2. Метод создания моделей стилей учения и способов мышления на основе многоагентного моделирования

Проведем идентификацию представленных стилей учения и способов мышления на основе теории агентов. Отсутствие четкого определения мира агентов и присутствие большого количества атрибутов, с ним связанных, а также существование большого разнообразия типов агентов позволяет провести параллель с когнитивными характеристиками личности.

Рассмотрим основные свойства «слабых» интеллектуальных агентов:

1. *Автономность* (autonomy) – способность интеллектуального агента (ИА) функционировать без внешнего вмешательства, при этом осуществляя самоконтроль над своими действиями и внутренним состоянием. Такому агенту свойственен целостный (синтезирован-

ный) подход к обучению и высокая активность, что определяет его сходство с дивергентным, деятельностным и абстрактно-случайным стилями учения.

2. *Общественное поведение* (social ability) – способность функционировать в сообществе с другими агентами, обмениваясь с ними сообщениями с помощью определенного языка коммуникаций [9,10]. Точками интеграции данного типа ИА с ассимилятивным, рефлексивным и абстрактно-последовательным стилями учения являются: склонность к восприятию и переработке поступающей при общении информации; необходимость исследования фактов и изучения предлагаемой теории; обучение на основе вербальных инструкций; систематизация знаний.

3. *Реактивность* (reactivity) – острота восприятия состояния окружающей среды и своевременность ответной реакции на те изменения, которые в ней происходят [9, 10]. Данное свойство ИА определяет восприятие информации на уровне конкретных впечатлений и обучение на основе предметных действий, проб и ошибок, характеризует интуитивный и независимый подход к учебной деятельности, что присуще аккомодативному, готическому и конкретно-случайному стилям учения.

4. *Активность* (pro-activity) – способность ИА генерировать цели и действовать рационально для их достижения [9, 10]. Предпочтение непосредственного последовательного обучения, стратегическое мышление, эффективность в принятии решений, стремление решить какую-нибудь одну проблему, проверить теорию – все эти свойства активного агента определяют его корреляцию с энвергентным, теоретическим и конкретно-последовательным стилями учения.

Если представить свойства «слабых» интеллектуальных агентов в виде множества $A = \{a_1, a_2, a_3, a_4\}$, где a_1 – автономность (autonomy); a_2 – общественное поведение (social ability); a_3 – реактивность (reactivity); a_4 – активность (pro-activity).

Тогда сходства между стилями учения и свойствами «слабых»

интеллектуальных агентов можно проиллюстрировать в виде гиперграфа $G_2 = (P, O)$ (рис. 2), где P – множество вершин, $P = \{s_{11}, s_{12}, s_{13}, s_{14}, s_{21}, s_{22}, s_{23}, s_{24}, a_1, a_2, a_3, a_4\}$,

O – множество ребер:

$$O_1 = s_{11} \cup s_{24} \cup a_1;$$

$$O_2 = s_{12} \cup s_{23} \cup a_2;$$

$$O_3 = s_{13} \cup s_{21} \cup a_3;$$

$$O_4 = s_{14} \cup s_{22} \cup a_4.$$

Количество цветов раскраски данного гиперграфа соответствует количеству ребер, а каждое ребро (класс раскраски) характеризует точку интеграции стилей учения и свойств «слабых» интеллектуальных агентов. На основе проведенного анализа предложим модель, включающую в себя следующие четыре стиля учения на основе теории агентов:

1. *Автономный* (autonomous) – основой обучения является склонность к самостоятельному обучению и способность эффективного самоконтроля, целостный подход к обучению, основанный на синтезировании и интегрировании получаемой информации, высокая активность и опора на визуальный опыт;

2. *Коммуникативный* (communicative) – склонность к работе в референтной группе с четко определенными ролевыми позициями, эффективное восприятие и переработка поступающей при общении

информации, логичное и последовательное мышление, использование оценок экспертов, необходимость исследования фактов и изучения предлагаемой теории; обучение на основе вербальных инструкций; систематизация знаний;

3. *Активный* (active) – высокая способность к генерации общих целей и идей, опора на наглядность действий и последовательную практическую реализацию, стратегическое мышление, эффективность в принятии решений, стремление решить какую-нибудь одну проблему, проверить теорию на практике;

4. *Реактивный* (reactive) – острое восприятие состояния окружающей среды на уровне конкретных впечатлений и своевременность ответной реакции на основе предметных действий, склонность к экспериментальным исследованиям и приобретению опыта методом проб и ошибок.

Экспериментальные исследования, согласно [11], показали, что в действительности после интеграции похожих свойств можно выделить два основных стиля учения: *деятельностный* (ориентация на применение знаний и склонность обучаться посредством практических ситуаций) и *аналитический*

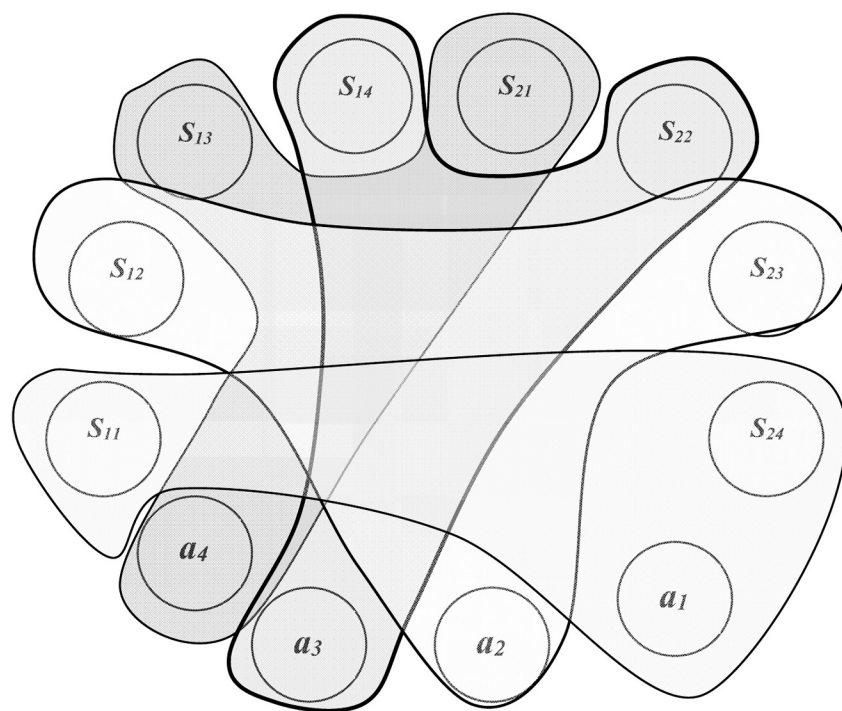


Рис. 2. Гиперграфовая модель сходства между стилями учения и свойствами «слабых» интеллектуальных агентов

(ориентация на логический анализ и теоретическое обоснование) [11]. В такой классификации на основе теории агентов можно выделить: автономно-реактивный и коммуникативно-активный стили учения соответственно.

Говоря о «сильном» определении интеллектуальных агентов, необходимо дополнить перечисленные характеристики рядом «ментальных свойств», называемых также интенциональными понятиями [11]. Основными среди данных свойств являются:

- 1) *знание* (knowledge);
- 2) *убеждения* (beliefs);
- 3) *желания* (desires);
- 4) *намерения* (intentions);
- 5) *цели* (goals);
- 6) *обязательства* (commitments)

[11]. Перечисленные свойства можно представить множеством $A_1 = \{a_{11}, a_{12}, a_{13}, a_{14}, a_{15}, a_{16}\}$. Рассмотрим описанные выше способы мышления, предложенные Дж. Ройсом, на предмет соответствия интенциональным понятиям, присущим «сильным» интеллектуальным агентам.

Основные качества *эмпирика* – склонность подтверждать свои убеждения путем построения четкой стратегии, задающей последовательность действий: постановки вопросов о фактах; тщательности измерений; надежности наблюдений и т.д. Тогда можно сделать вывод, что *эмпиризму* более всего свойственны такие качества «сильных» агентов, как *убеждения* (beliefs) и *цели* (goals). В основе критериев надежности мира, применяемых обучаемым с *рациональным* способом мышления, лежат логические методы обоснования выдвигаемых широких понятийных схем, личность с таким способом мышления должна обладать некоторой постоянной составляющей *знаний* (knowledge), на основе которых будут строиться логические выводы, и определенными *обязательствами* (commitments) по подтверждению выдвигаемых теоретических основ. Стремление к разнообразию впечатлений и комбинированию отдаленных областей знаний, свойственных для *метафоризма*, указывают на наличие у обучаемого некоторых *желаний* (desires), порой противоречивых, но необходимых по опреде-

ленным причинам, и ряда *намерений* (intentions), вытекающих из желаний.

3. Исследование предложенных многоагентных моделей на основе имитационного моделирования

Рассмотрим один из примеров использования предложенных многоагентных моделей интеграции разнородных знаний на основе аппарата имитационного моделирования сетей Петри. Моделирование в сетях Петри осуществляется на событийном уровне. Определяется, какие действия происходят в системе, какие состояния предшествовали этим действиям и какие состояния примет система после выполнения действия. Выполнения событийной модели в сетях Петри описывает поведение системы. Анализируя результаты выполнения, можно сказать о том, в каких состояниях пребывала или не пребывала система, какие состояния в принципе не достижимы.

Начальными условиями для имитационной модели могут служить три множества (рис. 3):

- 1) C – множество компетенций, составляющих компетентность;
- 2) A – множество характеристик личности, представленных на

основе теории агентов, определяющих стиль учения обучаемого, в соответствии с моделями Колба, Хани – Мамфорда и Грегорса;

3) A_1 – множество характеристик личности, представленных на основе теории агентов, определяющих способ мышления обучаемого, в соответствии с моделью Ройса.

Множество $C = \{c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6, c_{zero}\}$, со следующими составляющими компетентности: c_1 – аксиологическая; c_2 – культурологическая; c_3 – мотивационная; c_4 – когнитивная; c_5 – герменевтическая; c_6 – методическая; вершина c_{zero} необходима теоретически для моделирования ситуации полного отсутствия выделенных составляющих компетентности, метка в ней появится только в том случае, если будут отсутствовать метки во всех остальных вершинах множества C .

Для учета всех возможных комбинаций наличия составляющих компетентности необходимо создать 2^6 переходов. При чем дисциплина обслуживания переходов должна быть с абсолютным приоритетом в зависимости от количества входящих в переход дуг. С увеличением количества входящих в переход дуг его приоритет должен возрастать. Это необходимо для разрешения конфликтных

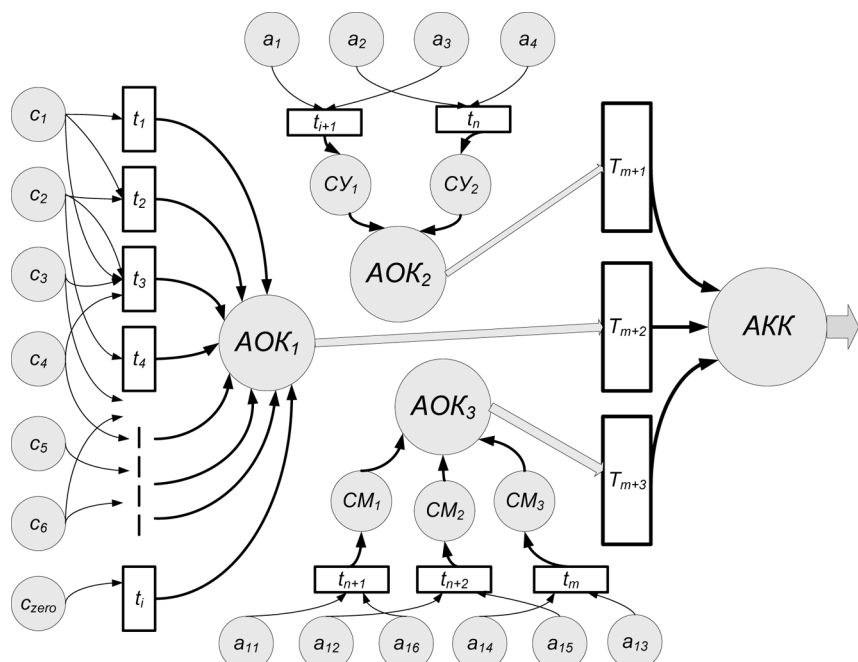


Рис. 3. Пример использования сети Петри для исследования предложенных многоагентных моделей

ситуаций в пользу событий, фиксирующих наличие большего числа выделенных составляющих компетентности (рис. 3).

Таким образом, открывшись, переход t_i , $i = 1, 2^6$ отправит информацию о наличии составляющих компетентности в вершину агента обучения классификатора $АОК_1$, наличие метки в которой позволит открыть переход $t_{АОК_1}$ и передать полученные сведения в вершину агента комбинирования классификатора $АКК$.

С другой стороны, комбинация меток в вершинах множества $A = \{a_1, a_2, a_3, a_4\}$, описывающих свойства «слабых» интеллектуальных агентов, где a_1 – автономность (autonomy); a_2 – общественное поведение (social ability); a_3 – реактивность (reactivity); a_4 – активность (pro-activity), позволит определить стиль учения, посредством передачи маркера через переходы t_n , $n = i+1, i+2$ к вершинам CV_1 или CV_2 , моделирующих автономно-реактивный и коммуникативно-активный стили учения соответственно. В дальнейшем эта информация попадет к агенту обучения классификатора $АОК_2$ и далее к агенту комбинирования классификатора $АКК$.

Подобным образом комбинация меток в вершинах множества $A_1 = \{a_{11}, a_{12}, a_{13}, a_{14}, a_{15}, a_{16}\}$, описывающих свойства «сильных» интеллектуальных агентов, где a_{11} – знание (knowledge); a_{12} – убеждения (beliefs); a_{13} – желания (desires); a_{14} – намерения (intentions); a_{15} – цели (goals); a_{16} – обязательства (commitments), позволит определить способ мышления, посред-

ством передачи маркера через переходы t_m , $m = n+1, n+3$ к вершинам CM_1 , CM_2 или CM_3 , моделирующих целенаправленно-убежденный, компетентно-обязательный и мотивационно-намеренный способы мышления соответственно. В дальнейшем эта информация попадет к агенту обучения классификатора $АОК_3$ и далее к агенту комбинирования классификатора $АКК$.

Предложенная сеть Петри может использоваться для анализа комбинаций имеющихся компетенций с индивидуальными характеристиками обучаемого при определении траектории обучения. Анализ построенной сети Петри можно проводить с помощью использования дерева достижимости или на основе матричного представления.

Заключение

Данная работа посвящена решению важной проблемы моделирования разнородных предметных знаний при создании интеллектуальных информационных систем на основе многоагентного моделирования. Создание подобных многоагентных моделей позволяет строить семантику отношений между различными областями научного знания, что является необходимым условием для развития новых информационных технологий. Еще одним преимуществом предлагаемого подхода является наличие возможности формализации эвристических данных в условиях неопределенности, что повышает эффективность использования нечетких методов и методов эволюционного моделирования.

Подобное моделирование позволит уже на стадии проектирования информационной системы избежать возникновения ошибок экспертов при определении критериев оценки компетентности, вариантов индивидуальных траекторий обучения, требований к типам и количеству форм представления знаний и тестовых заданий. Развитием данной работы может стать анализ возможности применения технологий коллективного поведения интеллектуальных агентов для создания систем диагностики личности, формирования эффективных референтных групп и построения индивидуальных траекторий обучения.

Рассмотренный в статье подход имитационного моделирования принятия решений в интеллектуальных информационных системах использует интегрированный метод представления знаний. Это позволяет применять в исследованиях параметры из различных предметных областей для решения важных задач непрерывного образования. Подобная интеграция позволит создавать оптимальные индивидуальные траектории обучения и оперативно корректировать их при изменении начальных условий.

Использование формальных методов (например, сетей Петри) для синтеза знаний с корректным содержанием может стать основой методов создания интеллектуальных информационных систем. Методы анализа компетенций, стилей учения и способов мышления с использованием дерева достижимости и матричной теории сетей Петри позволят формализовать многие процессы, обладающие некоторой степенью неопределенности.

Литература

1. Башмаков А.И. Интеллектуальные информационные технологии / А.И. Башмаков, И.А. Башмаков. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005.
2. Тельнов Ю.Ф. Интеллектуальные информационные системы. – М.: МЭСИ, 2003. – 26 с.
3. Кравченко Ю.А. Теоретические основы создания интеллектуальных систем обучения. – Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2011. – 134 с.
4. Zaporozhets D.Y. Hybrid Bionic Algorithms for Solving Problems of Parametric Optimization / D.Y. Zaporozhets, D.V. Zaruba, V.V. Kureichik. – World Applied Sciences Journal. – 2013. – № 23 (8). – P. 1032–1036.
5. Кравченко Ю.А. Способы интеллектуального анализа данных в сложных системах / Ю.А. Кравченко, Д.Ю. Запорожец, А.А. Лежебоков // Российская академия наук. Научный журнал. Известия КБНЦ РАН. – Нальчик: Изд-во Кабардино-Балкарского научного центра РАН, 2012. – № 3 (47). – С. 52–57.
6. Кравченко Ю.А., Бова В.В. Нечеткое моделирование разнородных знаний в интеллектуальных обучающих системах // Открытое образование. – 2013. – № 4(99). – С. 70–74.
7. Курейчик В.В., Курейчик Вл.Вл. Архитектура гибридного поиска при проектировании // Известия ЮФУ. Технические науки. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2012. – № 7 (132). – С. 22–27.