

Самоорганизующиеся экспертные среды в образовательных проектах*

Цель исследования. Целью исследования является проблема формирования модели знаний специалиста с высшим образованием, являющейся частью образовательного проекта. Ее актуальность связана необходимостью адекватного ответа в современных условиях системы высшего образования на усиление динамики научно-технического прогресса и переходом к экономике информационных взаимодействий.

Материалы и методы. Информационную базу исследования составили законы об образовании, действующие Российской Федерации, образовательные стандарты высшего профессионального образования, публикации ученых по исследуемой проблематике. В работе использовались методы: системного анализа, теории активных систем, теории рефлексивного управления, моделирования.

Результаты. В процессе исследования выполнен анализ последствий вступления России в Болонскую конвенцию по вопросам образования. Показано, что это породило проблему эффективности и качества подготовки специалистов, а также проблему интеграции вузов в новую социально-экономическую систему, связанной с их адаптацией к рыночным отношениям. В соответствии с принципом институциональной автономии основная ответственность за их решение лежит на университетах. Показано, что способом решения указанных проблем является переход вузов на проектно-технологический тип организации своей деятельности. Наиболее перспективной формой управления образовательным проектом является модель информационного взаимодействия в рамках активных саморазвивающихся сетевых экспертных сред. Элементарной частью такой среды является эксперт-профессионал, владеющий современными телекоммуникационными технологиями, средствами Интернета. Интеграция в сетевой структуре естественных интеллектов образует коллективный стратегический субъект, который является средством синергии знаний и действий в процессе взаимодействия. Разработана структура активной саморазвивающейся сетевой экспертной среды и два принципа ее функционирования как активной мультиагентной системы при формировании модели знаний специалиста. Построение модели знаний специалиста предложено рассматривать в контексте с корпоративными стратегиями управления знаниями

в организациях для повышения конкурентоспособности, так как создаваемые системы поддержки жизненного цикла знаний организации и целостной модели знаний специалиста используются для интеграции стратегических корпоративных задач со стратегическими задачами развития корпоративного знания сотрудников. Специалист в них рассматривается как элемент производственной системы предприятия, назначение которого придать продукту предприятия, заданные количественные и качественные параметры, обеспечивающие его конкурентные преимущества. Для осуществления производственной деятельности специалист использует комплекс способностей, знаний и умений, которые следует рассматривать как модели его производственно-технологической деятельности. В каждый момент этот комплекс следует рассматривать как субъективную модель его производственно-технологической деятельности. Это создает основу для процесса саморазвития университета через вовлечение на базе сетевых технологий продвинутых потребителей в инновационный процесс совершенствования образовательных услуг, получения идей или контента путем обращения к их креативным способностям в обмен на вознаграждение, соответствующее вкладу. Предложена система, обеспечивающая направление поиска решений и идей, а также фильтрацию, обобщение информации, определение ее ценности и перспективности. Показано, что способом повышения качества решений по образовательному проекту является синтез технологий краудсорсинга, сетевой экспертизы и методологии теории активных систем.

Выводы. Предлагаемый подход позволяет рассматривать процесс извлечения новых идей и знаний при формировании модели знаний специалиста как активную систему с неоднородными агентами со встречным способом сообщения информации и активным воздействием центра в форме запросов для получения рефлексивных оценок и позволяет обеспечить взаимодействие университетов и организации при управлении их интеллектуальным капиталом.

Ключевые слова: образовательный проект, модель знаний, активная система, система образования, согласованное управление, самоорганизующиеся экспертные среды, экспертиза.

Gennadiy P. Vinogradov, Vladimir N. Kuznetsov

Tver state technical University, Tver, Russia

Self-organizing expert communities in educational projects

Purpose of the study. The purpose of the study is the problem of forming a knowledge model of a specialist with higher education that is a part of an educational project. Its relevance is related to the need for an adequate response to strengthening the scientific and technological progress dynamics and the transition to the information interactions economy in the current conditions of the higher education system.

Materials and methods. The information base of the research includes the laws on education of the Russian Federation, educational standards of higher professional education, scientists' publications on the issues under investigation. The study used the following methods: system analysis, active systems theory, reflexive control theory, and modeling.

Results. The research analyzes the consequences of Russia's entry into the Bologna Convention on education. It shows that this event caused the problem of efficiency and quality of training specialists, as well as the problem of integrating higher education institutions into a new social and economic system related to their adaptation to market relations. According to the principle of institutional autonomy, solution of these problems is the responsibility of universities. The paper shows that the way to solve these problems is to transfer universities to a design and technological type of administration. The most promising form of education project management is the model of information interaction within the framework of active self-developing network

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 170100728.

expert environments. The elementary part of such an environment is an expert professional, who owns modern telecommunication technologies and Internet means. Integration in the natural intelligence network structure forms a collective strategic subject, which is a tool of a knowledge and action synergy in the interaction process.

The paper describes the developed structure of the active self-developing network expert environment and two principles of its functioning as an active multi-agent system when forming a specialist knowledge model. It is proposed to consider the construction of specialist's knowledge model in the context of corporate knowledge management strategies in organizations to increase competitiveness, as the established support systems for organization knowledge lifecycle and specialist's integral knowledge model are used to integrate strategic corporate tasks with strategic tasks of developing employees' corporate knowledge. They consider a specialist as an element of a company production system. His purpose is to give a product specified quantitative and qualitative parameters that ensure its competitive advantages. To carry out production activities, a specialist uses a complex of abilities, knowledge and skills that should be considered as models of his production and technological activities. At each moment, this complex should be considered as a subjective model of its production and technological

activity. This creates a basis for a university self-development process by involving advanced consumers using network technologies in the innovative process of improving educational services, receiving ideas or content by referring to their creative abilities in exchange for a reward that corresponds to a contribution.

The paper proposes a system that provides a direction for finding solutions and ideas, as well as filtering, summarizing information, determining its value and prospects. It is shown that the method of improving the quality of solutions on an educational project is the synthesis of crowdsourcing technologies, network expertise and the methodology of the active systems theory.

Conclusions. The proposed approach allows considering the process of extracting new ideas and knowledge when forming a specialist's knowledge model as an active system with heterogeneous agents with a counter way of sharing information and active influence of the center in the form of queries to obtain reflexive estimates. It also allows ensuring the interaction of universities and an organization in managing their intellectual capital.

Keywords: educational project, knowledge model, active system, educational system, consistent management, self-organizing expert communities, expertise.

Введение

Вступление России в Болонскую конвенцию породило проблему эффективности и качества подготовки специалистов, а также проблему интеграции вузов в новую социально-экономическую систему страны. В соответствии с принципом институциональной автономии основная ответственность за их решение лежит на университетах [1]. Способ решения – переход вузов на проектно-технологический тип организации своей деятельности. Актуальность работ, связанных образовательными проектами, обусловлена также динамикой научно-технического прогресса и переходом к экономике информационных взаимодействий [2, 15, 16].

Образовательный процесс как цикл научно-педагогической деятельности включает в себя четыре основные фазы: проектирование модели знаний специалиста и модели организации учебного процесса; исследование моделей и определение их полезности; реализация моделей, включающая оформление результатов и их самооценку; рефлексию результатов. Форма представления модели знаний – учебный план специальности, удовлетворяющий требованиям ГОС

ВПО, а также – региональной и вузовской образовательной политике.

Проблеме проектирования модели знаний специалиста посвящено большое количество работ, соответствующая библиография приведена в [3–5, 17, 18]. Тем не менее, проблема остается актуальной. Система подготовки кадров отстает от потребностей населения, промышленности и т.д. [1]. Это связано с тем, что источник изменений в социально-экономической системе страны и регионов вследствие специфики вузовской системы находится вне университетов.

Задача мониторинга наблюдаемых и будущих источников, вызывающих эволюцию социально-экономических систем, в эпоху высоких темпов смены парадигм развития является достаточно сложной. Соответствующая предметная область является, слабо структурированной, характеризуется большой неопределенностью и, основное, распределенностью знаний между их носителями [6]. Поэтому задачу проектирования модели знаний следует решать, как задачу коллективного принятия решений на множестве согласованных компромиссных вариантов учебных планов подготовки специалистов [7].

1. Принципы создания и применения систем управления образовательными проектами

Образовательная организация университет создается для удовлетворения потребности личности в высшем образовании и потребностей общества и государства в квалифицированных специалистах путем оказания образовательных услуг. Наиболее перспективной формой управления образовательным проектом является модель информационного взаимодействия в рамках активных саморазвивающихся сетевых экспертных сред [2]. Такая среда содержит в себе множество экспертов, являющихся профессионалами в соответствующей области. Их коммуникативное взаимодействие обеспечивается соответствующими информационными технологиями и средствами Интернета. Это, в свою очередь, создает основу образования за счет синергетического эффекта в процессе сетевого взаимодействия экспертов-профессионалов коллективно-стратегического субъекта, являющегося носителем согласованных представлений и знаний о модели знаний и компетенций специалиста Структура активной самораз-



Рис. 1. Структура деятельности университета

вивающейся сетевой экспертной среды должна учитывать, как минимум, два принципа.

1. *Принцип активного внешнего окружения.* Основными элементами внешней среды для университета являются образовательные учреждения среднего образования, потребители образовательных услуг и вузы-конкуренты на рынке образовательных услуг. Поэтому для обеспечения баланса между внутренней и внешней деятельности университета его надо рассматривать как активную мультиагентную систему (рис. 1).

Такой подход к структуризации окружения университета позволяет схеме на рис.1 поставить в соответствие двухуровневую активную мультиагентную систему. Одной из возможностей повышения эффективности этой системы является анализ потребностей у потребителей в образовательных услугах. Соответственно и потребитель должен обладать знанием о возможностях университетов. Это создает предпосылки определения согласованных желаемых состояний в пространстве показателей, как у потребителей образовательных услуг, так и университета, позволяет выбрать направле-

ние и способы их достижения за счет, прежде всего, определения согласованного перечня компетенций, знаний, умений, навыков, структуры и содержания передаваемого знания. Такой способ трансляции знания позволяет не только адаптироваться к требованиям рынка образовательных услуг, но и диверсифицировать его.

2. *Принцип коалиции.* Этот принцип предполагает создание в соответствии с субъектно-ориентированным подходом активной самоорганизующейся экспертной среды и структуры системы междисциплинарных исследований. Структура включает центр междисциплинарных и трансдисциплинарных исследований управления образовательными проектами. В него входят представители различных научных направлений и руководитель междисциплинарных и трансдисциплинарных исследований по управлению образовательными проектами. Состав группы исследования и построения моделей управления образовательными проектами формируется с использованием математики теории активных систем и информационной технологии согласования. Центр рассматривается как

коалиция по разработке методики исследований по формированию содержания образовательных проектов.

2. Механизм самоорганизации сетевых экспертных систем в задаче управления эволюцией модели знаний специалиста

Построение модели знаний специалиста надо рассматриваться в контексте с корпоративными стратегиями управления знаниями для повышения конкурентоспособности организации. Создаваемые системы поддержки жизненного цикла знаний организации и целостной модели знаний специалиста используются для интеграции стратегических корпоративных задач со стратегическими задачами развития корпоративного знания сотрудников. Специалист рассматривается как элемент производственной системы предприятия, назначение которого придать продукту предприятия, заданные количественные и качественные параметры, обеспечивающие его конкурентные преимущества. Для осуществления производственной деятельности специалист использует комплекс способностей, знаний и умений, которые следует рассматривать как модели его производственно-технологической деятельности. В каждый момент этот комплекс следует рассматривать как субъективную модель его производственно-технологической деятельности [8]. Управление знаниями специалиста – это способ извлекать прибыль путем повышения эффективности и качества его поведения при решении производственных задач. Поведение специалиста в организации определяется: 1) его ожиданиями в удовлетворении потребностей, как личности; 2) его качествами как личности и специалиста, часть которых формируется под влиянием де-

тельности; 3) оценкой результатов его деятельности организацией и своей субъективной оценкой. В деятельности проявляются явные и неявные индикаторы поведения, данные о которых содержатся в результатах деятельности. Применяемые способы действия и наблюдаемая их эффективность, получаемые результаты содержат информацию о паттерне его поведения. Моделирование паттернов поведения с трех позиций рассмотрено в работе [9]. Рассогласование между фактической и требуемой моделью знаний определяют требования к инвестициям в систему знаний организации и соответственно к целевым показателям образовательного процесса университета. Сетевые технологии создают механизм для выявления требований к качеству и структуре образовательных услуг, определения направления их развития. Они являются базой для формирования информационного обеспечения инновационного процесса трансформации модели знаний и компетенций специалиста, что создает основу для процесса саморазвития университета. Важной составляющей эирнр процесса является система, обеспечивающая направление поиска решений и идей для

принятия решений по формированию модели специалиста. В основу ее создания должен быть положен синтез технологий краудсорсинга, сетевой экспертизы и методологии теории активных систем (рис. 2).

Предлагаемый подход позволяет рассматривать процесс извлечения новых идей и знаний как активную систему с неоднородными агентами со встречным способом сообщения информации и активным воздействием центра в форме запросов для получения рефлексивных оценок [10, 11].

Обмен информацией между центром и экспертами представляет собой интерактивный и итерационный процесс. Средства краудсорсинга в этом случае используются для предварительной обработки поступающей от экспертов информации, заключающейся в фильтрации, выделении признаков, семантической кластеризации, построение онтологий и т.п. Обработка направлена на ускорение процесса построения согласованной модели выбора в сетевой экспертизе и ее трансляции в окружение системы за счет применения средств интеллектуального анализа данных. Центр дорабатывает семантическую кластеризацию и онтологию предметной области

формирует модель специалиста, выполняет оценку согласованности различных вариантов решения, разрабатывает на их основе свой вариант, выполняет его оценку. Для ее согласования центр формирует запросы и сообщает экспертам свой вариант решения. Обмен информацией центра с экспертами будет продолжаться до тех пор, пока не будет получен вариант согласованного решения. Способы описания структуры представлений субъектов активного окружения, условия идентичности, регулярности, правильности, различий в информированности субъектов, а также условия существования динамического информационного равновесия, модели согласования представлений в процессе коммуникации приведены в [6, 11].

3. Рефлексивное согласованное управление образовательным проектом

Достижение цели проекта предполагает формирование согласованного решения о модели компетенций и знаний, закрепление его в форме убеждений у студентов, методов, средствах формирования у них креативного мышления и способов действия в типовых ситуациях. Решение этой задачи состоит в активизации всех видов рефлексивного мышления у участников проекта. До выбора решения необходимо получить информацию о возможных альтернативах (например, в виде ряда ранжирования вариантов решения). Необходимыми условиями для их формирования являются информационные действия, выполняемые согласно разработанной Р. Бендлером и Р. Дитлсом модели ТОТЕ [12]. С помощью этой модели можно описывать и формировать психические и поведенческие программы человека по достижению цели с помощью разнообразных средств. Модели

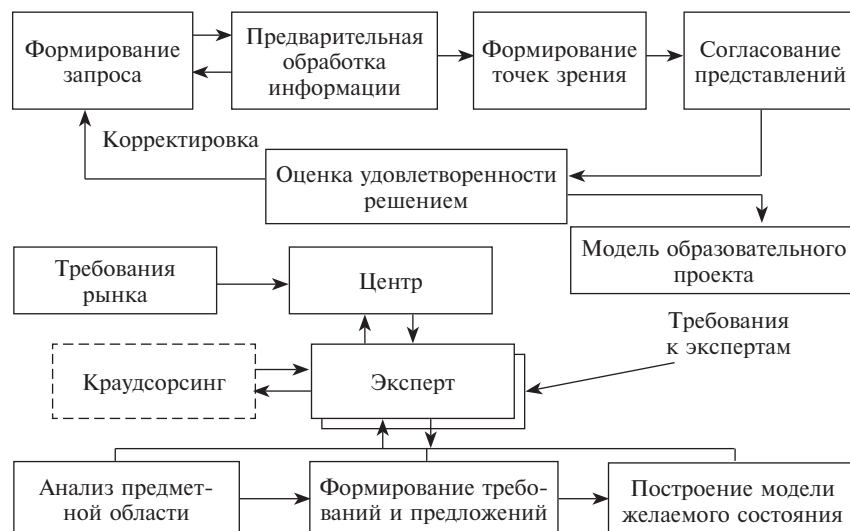


Рис. 2. Формирование согласованных представлений об образовательном проекте

описания с использованием понятия ТОТЕ очень хорошо формализуются с помощью структурного программирования и могут успешно быть описаны с помощью алгоритмов.

Поведение агентов участников проекта определяется их моделью субъективных представлений, связывающей состояние окружающей среды агента, способы его действия и получаемый при этом результат (материальный или духовный). При планировании своего поведения агенты прогнозируют состояние окружающей среды, возможные результаты, их ценность, способ действия. При оценке результата своего поведения агенты контролируют и оценивают выполненные ими действия, полученные при этом результаты, его ценность и ценность всего поведения. Эти оценки формируют состояния удовлетворенности и убежденности. Удовлетворенность представляет интегральное чувство или эмоцию. Оно определяется совокупностью конкретных, частных чувств и эмоций от полученного результата или возможности его получения. В процессе поведения агентом решаются задачи. Задача – это желаемый результат, к которому агент стремится в течение некоторого времени и для достижения которого агент разбивает задачу на последовательность этапов. На каждом этапе k происходит продвижение к решению задачи, в процессе которого ожидаемая ценность промежуточного результата (целевая функция $f(y_j[k])$) монотонно возрастает по его итогам. Соответствующий алгоритм состоит из следующих шагов [13].

1. Постановка задачи принятия решений, $k = 0$.
2. $k = k + 1$.
3. Поиск способа действия $y_j[k]$.
4. Оценка целевой функции $f(y_j[k])$.
5. Оценка удовлетворенности:

6. Если « $o'key$ », то задача решена и остановка процесса поиска. В противном случае – продолжение поиска решения и переход к п.2.

Здесь: $f(o'key)[k]$ – функция удовлетворенности; $s[k]$ – функция затрат поиска (психологические, временные, материальные и т.д.) выпукло монотонно возрастает по k ; $f(o'key)[k] = \max\{f(y_j[k]) - s[k] | k \in K\}$ – условие удовлетворенности.

Введем формальное описание гипотезы рационального поведения эксперта $y(o'key) = \text{Argmax}\{f(y_j[k]) - s[k] | k \in K\}$.

Решение проблемы моделирования эксперт может осуществлять индивидуально или в составе группы принятия решений, в которую входят целеустремленный центр и другие целеустремленные агенты. В первом случае он выбирает такое решение проблемы, которое его удовлетворяет или проявляет стремление получить оптимальный результат. При этом он должен быть убежден в возможности его получения. Во втором случае целеустремленные агенты выбирают решение проблемы, которое удовлетворяет всех целеустремленных агентов, и все они убеждены в этом (оценка решений). Оптимальное решение проблемы ищется в ходе согласованной оптимизации удовлетворительных решений проблемы. Измерение значений функций принадлежности элементов нечетких множеств (например, идеалов или целей), которые являются мерами интенсивностей удовлетворенности и убежденности целеустремленного агента (эксперта) осуществляется с помощью лингвистических и репрезентативных переменных, критериев и целей. Для оценки степени согласованности решений используется алгоритм линейной свертки с коэффициентами значимости.

При согласованности решений участников, как и в методах экспертных оценок, набор критериев конкретных j -х участников сопоставляется с опытом в «эксперименте». Рассмотрим некоторую цель и соответствующий ей критерий $k(w)$. Выполним ее декомпозицию, получим дерево целей второго уровня и соответствующее ему дерево критериев:

$$\mu_D(k(w)) = \sum_{i=1}^n a_i(k(w)) \times \mu_{G_i}(k(w)) + \sum_{j=1}^m \beta_j(k(w)) \times \mu_{C_j}(k(w)),$$

где: a_i, β_j – коэффициенты значимости критериев, для которых справедливо

$$\sum_{i=1}^n a_i(k(w)) \times \mu_{G_i}(k(w)) + \sum_{j=1}^m \beta_j(k(w)) \times \mu_{C_j}(k(w)) = 1.$$

Здесь выполняется отображение функций принадлежности субъективных идеалов и целей целеустремленных агентов. Определение функции принадлежности идеала и цели выполняется с помощью объединений, пересечений и их комбинаций нечетких множеств идеалов, целей и ограничений второго, третьего (и т.д.) уровней.

Рассмотрим цели в виде объединений нечетких множеств на каждом уровне [9]. Уровней может быть несколько. Для простоты рассмотрим два уровня. Пусть на втором уровне находятся m целей. Определим $\mu_D(w) = \bigcap_j \mu_{G_j}(w)$, или с учетом коэффициентов значимости $\mu_D(w) = \bigcap_j a_j \mu_{G_j}(w)$, тогда

$$\mu_D(w) = \mu\left(\bigcap_j a_j \mu_{G_j}(w)\right) = \min\{a_j \mu_{G_j}(w)\}.$$

На следующем уровне имеем несколько целей $G_{ij}, i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, m$.

$$\left(\mu_D(w) = \bigcup_i^n a_i \left(\bigcap_j^m a_{ij} \mu_{G_{ij}}(w) \right) \right),$$

$$\mu_D(w) = \bigcap_i^n a_i \left(a_{ij} \bigcup_j^m \mu_{G_{ij}}(w) \right),$$

$$\mu(A \vee B) = \oplus(\mu_a, \mu_b) = \max\{\mu_a, \mu_b\},$$

$$\mu(A \wedge B) = \otimes(\mu_a, \mu_b) = \min\{\mu_a, \mu_b\}.$$

Свертка частных показателей в комплексную оценку выполняется методами сетевого программирования, в основе которых лежит представление целевой функции и ограничений задачи в виде суперпозиции более простых функций [14]. Если эксперт удовлетворен полученным решением и полученным образом в виде ТОТЕ, убежден в этом и согласен с этим, то он переходит к формированию следующего ТОТЕ, т.е. к следующей части образовательного проекта в соответствии с иерархической структурой множества формирующихся ТОТЕ. В противном случае вся процедура повторяется. При этом для согласования информации сознательного и бессознательного эксперта должна применяться информационная технология согласования.

Для описания группового поведения экспертов при неформальном и формальном общении применена модель постоянного обновления знаний *IWRA* [12]. *I* означает индивидуальные вклады каждого эксперта в решение общей задачи (*W*), основанные на озарении, интуиции и знаниях с различными ценностями и способностями. Эксперты за счет коммуникативного взаимодействия вырабатывают согласованное представление о ситуации выбора, определяют направление продвижения к субъективно понимаемому идеалу, вырабатывают коррективы (*A*) в организацию и разработку способов действия для достижения общей цели.

4. Принятие согласованных решений в задаче формирования модели знаний и компетенций специалиста

Для целей формального анализа функционирования самоорганизующейся экспертной системы (рис. 1) будем рассматривать ее модель, состоящей из центра междисциплинарных исследований и экспертов (агентов). Определим функциональные задачи центра в соответствии с [11]:

1. Формирование согласованного восприятия состояния о корпоративных стратегиях по управлению знаниями в организациях и о возможности университета участия в их реализации;

2. Формирование согласованного представления о структуре и содержании образовательных услуг в ситуации целеустремленного состояния;

3. Определение и согласование целей выживания и развития университета на основе согласованных представлений;

4. Разработка согласованного управления, учитывающего интересы университета и потребителей образовательных услуг;

5. Оптимизация обобщенных показателей эффективности функционирования системы.

Пусть *u* – управление центра (вариант учебного плана и перечня компетенций), а *v* = (*v*₁, *v*₂, ..., *v*_{*n*}) – вектор управлений агентов (информационные сообщения экспертов). Решение последних двух задач может быть записано следующим образом:

$$(u, v) \in \Omega, \quad (1)$$

где Ω – множество управлений, которые переводят систему в одно из состояний множества X^* ($X^* \subseteq X$ – область желаемых состояний системы).

Определение управлений (1) может быть выполнено на основе некоторой совокупности

предположений о поведении и характере информированности агентов системы:

1. центр может сформулировать желаемое состояние системы в виде некоторого набора обобщенных показателей, которые являются функциями параметров сообщений агентов. Конкретные зависимости центру в общем случае неизвестны, но для их определения он может использовать информацию о результатах, полученных конкурентами в данном сегменте рынка, и результаты сетевой экспертизы. Такое предположительное знание будем называть представлениями центра о состоянии системы знаний организации, возможностей и направлении развития образовательной системы;

2. на основе сообщений агентов и представлений о желаемых состояниях центр может определить управление (план действий и информационный запрос) $u \in U$ и сообщает его агентам;

3. при известном управлении *u* *i*-й агент выбирает свое управление $v_i \in V_i(u_i)$, которое переводит его в состояние $y_i \in Y_i$, где Y_i – множество возможных состояний. Будем считать, что агенты взаимозависимы по выбору своих состояний. То есть они при выборе учитывают глобальные ограничения Y^{21} . Следовательно, согласно условию (1) система может находиться в одном из следующих состояний $Y = Y^{21} \cap \bigcap_{i=1}^n Y_i$.

Здесь $\bigcap_{i=1}^n Y_i$ – это множество, определяемое локальными ограничениями, известными экспертам.

1. пусть поведение агента соответствует гипотезе рационального поведения. Тогда выбор сообщения агента будет сделан так, чтобы максимизировать свой субъективно понимаемый критерий эффективности $G_i(u, v_i)$;

2. центр, в общем случае, только приблизительно зна-

ет пространство управлений и критерии эффективности агентов, поэтому он должен для создания представлений о желаемых состояниях агентов организовать с ними обмен информацией. Для этого он запрашивает у агентов оценки качества своих представлений u и желаемых состояний y_i , уточняет их интересы в окрестности полученного решения в обмен на стимулирование за получения встречной информации;

3. получив новую информацию, центр пересчитывает решение и задает новые вопросы агентам до тех пор, пока не будет получено точное или близкое к нему решение.

Эти предположения позволяют сформулировать задачу определения центром множества вариантов модели специалиста как его множество допустимых управлений

$$U^0 = \left\{ u \in U \mid V(u) = \prod_{i=1}^n V_i(u) \neq \emptyset, \right. \\ \left. (u, v) \in \Omega, \forall v \in R(u) = \prod_{i=1}^n R_i(u) \right\}, \quad (2)$$

где $R_i(u) = \text{Arg} \max_{v_i \in V_i(u)} G_i(u, v_i)$.

Пусть состояния удовлетворенности и убежденности от полученного варианта модели знаний и компетенций специалиста оценивается центром критерием эффективности $F(u, v)$, тогда он может формировать такой вариант сообщений экспертам, который является для него оптимальным гарантирующим управлением $u^0 \in U^0$, определяемым как

$$F^0 = \sup_{u \in U^0} \inf_{v \in R(u)} F(u, v) \quad (3)$$

Общность интересов центра и агентов гарантируется условием получения суммарной выгоды

$$\sum_{i=1}^n (u_i, v_i) + F^0 \leq C(\bar{Y}) \quad (4)$$

где \bar{Y} – предполагаемая прибыль от развития системы знаний организации, $C(\cdot)$ – фонд

материального поощрения или фонд оплаты труда экспертов.

Следовательно, рассматриваемая система является системой с не противоположными интересами, поскольку величина получаемого дохода является величиной, зависящей от их суммарных усилий. Выбор согласованного представления о модели знаний и компетенций специалиста необходимо в таком случае осуществлять на множестве компромиссных вариантов. Поскольку цель согласования состоит в достижении суммарного выигрыша, и он может быть получен путем сообщения достоверной информации и совместным решением проблем, что является гарантией сходимости процедуры обмена данными.

Структура и содержание сообщений эксперта определяется путем решения следующей задачи. Каждый i -й агент строит модель объекта управления, описывая его уровнем затрат y_i^{ex} , уровнем выпуска y_i^{bvx} и набором способов действия z_i , с помощью которых агент гарантирует выпуск продукции и услуг требуемого ассортимента и качества. Способы действия z_i определяются его компетенциями, знаниями и опытом. Тогда рассматриваемое множество возможных состояний i -го агента определяется следующим образом

$$Y_i = \left\{ y_i \mid \bar{y}_i^{ex} \leq y_i^{ex} \leq \bar{y}_i^{ex}, \right. \\ \left. y_i^{bvx} = w_i(y_i^{ex}, z_i) \in Y_i^{bvx}, z_i \in Z_i \right\} \quad (5)$$

Задача (1–5) определения модели знаний и компетенция следует рассматривать как задачу поиска максимина со связанными ограничениями.

Так как при определении способа действия i -й агент решает свою локально оптимальную задачу, то $y_i^{bvx} = w_i^*(y_i^{ex}, z_i) \in Y_i^{bvx}$ следует рассматривать как модель представления агента о функционировании объекта управления. Следовательно,

$$Y_i^* = \left\{ y_i \mid \bar{y}_i^{ex} \leq y_i^{ex} \leq \bar{y}_i^{ex}, \right. \\ \left. y_i^{bvx} = w_i^*(y_i^{ex}, z_i) \in Y_i^{bvx}, z_i \in Z_i \right\}$$

можно рассматривать как субъективные представления агента о множестве возможных состояний, которые он может сообщать центру. Очевидно, оно определяется его знанием, опытом и корпоративными стратегиями своего развития.

Центр формирует собственное представление о развитии системы знаний корпораций и организаций в виде, учитывая общегосударственные интересы

$$Y_i^* = \left\{ y_i \mid \bar{y}_i^{ex} \leq y_i^{ex} \leq \bar{y}_i^{ex}, \right. \\ \left. y_i^{bvx} = w_i^*(y_i^{ex}, z_i) \in Y_i^{bvx}, z_i \in Z_i \right\}$$

Стремление организаций к росту своей эффективности и конкурентно способности позволяет гарантировать выполнение гипотезы о достижении центром полной информированности о возможностях, желаемых состояниях системы знаний агентов с точностью до параметров. То есть центр получает всю необходимую информацией о моделях компетенций и знаний специалистов от агентов, но не знает их выбор. В работе [19] показано, центр на основе этого знания, рассчитывает управление $u^0 \in U^0$, а агент делает только одно информационное сообщение путем выбора своего состояния y_i и управления v_i из множества $B_i(u_i) = Y_i(u_i) \cap Y_i$, максимизируя значение своей целевой функции

$$G_i(u_i, v_i) \xrightarrow{v_i \in B_i(u_i)} \max. \quad (6)$$

Следовательно, центр имеет результат выбора всех агентов принадлежащих множеству $R(D)$, где $D = Y^{ex} \cap \prod_{i=1}^n B_i(u_i)$ множество возможных состояний всей системы. Изменяя управление $u = \{u_i, i = \overline{1, n}\}$, центр может проигрывать возможные сценарии поведения системы.

5. Алгоритм построения агентом множества возможных сообщений

Агент, определяя направление своего развития путем анализа своих возможностей и тенденций динамики рынка, может при сообщении центром варианта модели компетенций и знаний u_k определять для себя путем решения задачи (6) такой вектор представлений о модели знаний $x_k^{(h)}$, который позволяет расширить множество $X_k^{(h)}$ представлений центра о его потребностях, где h — шаг итерационного процесса [20]. Обозначим через $\omega_k = \{\omega_k^{(h)}, h \in \overline{1, H}\} \in A_k$ — вектор параметров расширения множества возможных состояний модели знаний организации. Очевидно, что он будет определять значения вектора $x_k^{(h)} = \{x_{kj}^{(h)}, j \in \overline{1, m_k}\} \in X_k^{(h)}$. Следовательно, этот вектор описывает знание агента возможностей развития системы знаний организации. Здесь A_k — множество возможных значений вектора состояния. Будем считать, что агент обладает способностями, которые гарантируют существование $\Psi_k : A_k \rightarrow X_k^{(h)}$. То есть он способен изменять свою систему знаний в интересах организации.

Доступный агенту уровень знаний о требованиях рынка к объему и качеству производимых им продукции и услуг делают справедливым предположение о существовании для k -го агента предельного множества параметров состояния A_k .

Обозначим через $O_k^* = \{o_k^* | o_k^*(x_k), x_k \in X_k^{(h)}(\omega_k^{(h)}), \omega_k^{(h)} \in A_k\}$ — множество достижимости или множество предельных возможностей. В соответствии с гипотезой локально оптимального поведения агента он за счет своих креативных способностей, способности к самообучению и поиску новой информации при соответствующем стимулирующем воздействии способен определять такие состояния $\omega_k^{(1)} \in A_k$ и $\omega_k^{(2)} \in A_k$, что возможно $\omega_k^{(2)} \succ \omega_k^{(1)}$, где символ \succ означает «более значимо» и при этом $X_k^{(1)}(\omega_k^{(1)}) \subseteq X_k^{(2)}(\omega_k^{(2)})$. Следовательно, существует такая последовательность $\omega_k^{(1)}, \omega_k^{(2)}, \omega_k^{(3)}, \dots$, что $\lim_{h \rightarrow \infty} o_k^{(h)}(x_k^{(h)}(\omega_k^{(h)})) = O_k^*$. Это гарантирует сообщение агентом центру достоверной информации о требованиях к модели компетенций и знаний специалиста. Способность агента формировать расширяющееся множество вариантов модели знаний и компетенций следует из следующих свойств его целевой функции агента:

$$\begin{aligned} \forall \omega_k^{(1)}, \omega_k^{(2)} \in A_k, \omega_k^{(2)} \succ \omega_k^{(1)}, \\ X_k^{(1)}(\omega_k^{(1)}) \subseteq X_k^{(2)}(\omega_k^{(2)}) \mapsto \\ \mapsto E\varphi_k(x_k^{(2)}) > E\varphi_k(x_k^{(1)}). \end{aligned}$$

Это условие определяет мотивацию и целеустремленность агента. То есть при превышении некоторого порога изменения оценки ценности ситуации целеустремленного состояния по результату $\Delta = E\varphi_k(x_k^{(2)}) - E\varphi_k(x_k^{(1)})$, агент способен идентифицировать предпочтительные способы

действия и видит возможности от изменения структуры своих знаний.

Заключение

Описана попытка проведения междисциплинарных исследований управления образовательными проектами с применением трансдисциплинарного подхода. В процессе исследований применены современные подходы теории активных систем, психологии, нейролингвистического программирования, управления в социальных и экономических системах. Рассмотрена проблема исследования рефлексивных процессов управления формированием модели знаний и компетенций, являющейся важнейшей частью образовательных проектов особенно по новым перспективным направлениям, у которых нет аналогов. Ее решение связывается с задачами управления, как личностным знанием экспертов, так и корпоративными стратегиями управления системой знаний организации. Эксперты рассматриваются как носители нового знания, получаемого в процессе активных научных исследований. Показано, что формирование модели знаний и компетенций специалиста в условиях неопределенной и слабоструктурированной информации заключается в реализации последовательных процедур согласования представлений производителей и потребителей образовательных услуг.

Литература

1. Новиков А.М., Новиков Д.А. Образовательный проект (методология образовательной деятельности). М.: Эгвес, 2004. 120 с.
2. Виноградов Г.П., Виноградова Н.Г. Самоорганизующиеся сетевые экспертные среды в системах с эндогенным принципом целеуказания // Онтология проектирования. 2016. Т. 6. № 1(19). С. 36-54. DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-1-39-54.

References

1. Novikov A.M., Novikov D.A. Obrazovatel'nyy proekt (metodologiya obrazovatel'noy deyatel'nosti). Moscow: Egves, 2004. 120 p. (In Russ.)
2. Vinogradov G.P., Vinogradova N.G. Samoorganizuyushchiesya setevye ekspertnye sredy v sistemakh s endogennym printsipom tseleukazaniya. Ontologiya proektirovaniya. 2016. Vol. 6. No. 1 (19). P. 36-54. DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-1-39-54. (In Russ.)

3. Найханова Л.В., Дамбаева С.В. Методы и алгоритмы принятия решений в управлении учебным процессом в условиях неопределенности: Монография. Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2004. 164 с.

4. Доррер Г.А., Рудакова Г.М., Горбаченко И.М. Вероятностная модель процесса интерактивного обучения // Открытое образование. № 2. 2001.

5. Леднев В.С. Содержание образования. Сущность, структура, перспективы. М.: Высшая школа, 1991. 224 с.

6. Кузнецов В.Н. Методология согласования в экономических информационных системах: дис. на соискание ученой степени д.т.н. по специальности 05.13.10. «Управление в социальных и экономических системах». М., 1998. 309 с.

7. Виноградов Г.П., Виноградова Н.Г. Эволюционные модели для систем с эндогенно формируемыми целями. Гибридные и синергетические системы: материалы III Всероссийской Пospelovской конференции с международным участием (6-11 июня 2016 г., Светлогорск, Калининградская область). Калининград: Из-во БФУ им. Канта, 2016. С. 316–324.

8. Vinogradov G.P. A Subjective Rational Choice. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conference Series 803 (2017) 012176 DOI: 10.1088/1742-6506/803/1/012176.

9. G.P. Vinogradov, N.G. Vinogradova. Building a model of an intelligent agent activity modes. Advances in Computer Science Research (ACSR). Vol. 72. 2017. P. 461-464. Published by Atlantis Press. Series: Advances in Computer Science Research.

10. Сетевая экспертиза. 2-е изд. / Под ред. Новикова Д.А., Райкова А.Н.. М.: Эгвес, 2011. 166 с.

11. Виноградов Г. П., Ивашкин Ю. А. Моделирование переговорных процессов в высокотехнологичных производственных системах. // Системы управления, связи и безопасности. № 2. 2016. С. 202–248. URL: <http://sccs.intelgr.com/archive/2016-02/08-Vinogradov.pdf>

12. Бендлер Р. Руководство по изменению личности. М.: Эксмо, 2010. 208 с.

13. Виноградов Г.П. Кузнецов В.Н., Бурдо Г.Б. Возможностная оптимизация в целеустремленных системах. Пятнадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2016 (3–7 октября 2016 г., г. Смоленск, Россия). Труды конференции в 3-х томах. Т.1 Смоленск: Универсум, 2016. С. 239–247.

14. Моисеев, Н.Н. Математические задачи системного анализа. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1981. 488 с.

15. Vinogradov G.P. Decision-Making by robot-agents with endogenous aims. Нечеткие системы

3. Naykhanova L.V., Dambaeva S.V. Metody i algoritmy prinyatiya resheniy v upravlenii uchebnym protsessom v usloviyakh neopredelennosti: Monografiya. Ulan-Ude: Izd-vo VSGTU, 2004. 164 p. (In Russ.)

4. Dorrer G.A., Rudakova G.M., Gorbachenko I.M. Veroyatnostnaya model' protsessa interaktivnogo obucheniya. Otkrytoe obrazovanie. No. 2. 2001. (In Russ.)

5. Lednev V.S. Soderzhanie obrazovaniya. Sushchnost', struktura, perspektivy. Moscow: Vysshaya shkola, 1991. 224 p. (In Russ.)

6. Kuznetsov V.N. Metodologiya soglasovaniya v ekonomicheskikh informatsionnykh sistemakh: dis. na soiskanie uchenoy stepeni d.t.n. po spetsial'nosti 05.13.10. «Upravlenie v sotsial'nykh i ekonomicheskikh sistemakh». Moscow, 1998. 309 p. (In Russ.)

7. Vinogradov G.P., Vinogradova N.G. Evolyutsionnye modeli dlya sistem s endogenno formiruemymi tselyami. Gibridnye i sinergeticheskie sistemy: materialy III Vserossiyskoy Pospelovskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem (6-11 June 2016, Svetlogorsk, Kaliningradskaya oblast'). Kaliningrad: Iz-vo BFU im. Kanta, 2016. P. 316–324. (In Russ.)

8. Vinogradov G.P. A Subjective Rational Choice. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conference Series 803 (2017) 012176 DOI: 10.1088/1742-6506/803/1/012176.

9. G.P. Vinogradov, N.G. Vinogradova. Building a model of an intelligent agent activity modes. Advances in Computer Science Research (ACSR). Vol. 72. 2017. P. 461-464. Published by Atlantis Press. Series: Advances in Computer Science Research.

10. Setevaya ekspertiza. 2nd ed. Ed. Novikova D.A., Raykova A.N.. Moscow: Egves, 2011. 166 p. (In Russ.)

11. Vinogradov G. P., Ivashkin Yu. A. Modelirovanie peregovornykh protsessov v vysokotekhnologichnykh proizvodstvennykh sistemakh. Sistemy upravleniya, svyazi i bezopasnosti. No.2. 2016. P. 202-248. URL: <http://sccs.intelgr.com/archive/2016-02/08-Vinogradov.pdf> (In Russ.)

12. Bendler R. Rukovodstvo po izmeneniyu lichnosti. Moscow: Eksmo, 2010. 208 p. (In Russ.)

13. Vinogradov G.P. Kuznetsov V.N., Burdo G.B. Vozmozhnostnaya optimizatsiya v tselestremlyennykh sistemakh. Pyatnadsataya natsional'naya konferentsiya po iskusstvennomu intellektu s mezhdunarodnym uchastiem KII-2016 (3–7 October 2016, Smolensk, Russia). Trudy konferentsii v 3-kh tomakh. Vol. 1 Smolensk: Univer-sum, 2016. P. 239–247. (In Russ.)

14. Moiseev, N.N. Matematicheskie zadachi sistemnogo analiza. Moscow: Nauka. Glavnaya redaktsiya fiziko-matematicheskoy literatury, 1981. 488 p. (In Russ.)

15. Vinogradov G.P. Decision-Making by robot-agents with endogenous aims. Nchetkie sistemy i

и мягкие вычисления. Промышленные применения: сборник научных трудов IV Всероссийской научно-практической мультikonференции с международным участием «Прикладные информационные системы (ПИС-2017)» (Россия, г. Ульяновск, 29–31 мая, 2017 г.). Ульяновск, УлГТУ, 2017. С. 80–89.

16. Лобан А.В., Ловцов Д.А. Модель компьютерного обучения с использованием электронного образовательного ресурса нового поколения // Открытое образование. 2017. № 2. С. 47–55. DOI: 10.21686/1818-4243-2017-2-47-55

17. Красильникова В.А. Использование информационных и коммуникационных технологий в образовании: Учеб. пособие. Оренбург: ОГУ, 2012. 291 с.

18. Информационные и телекоммуникационные технологии в образовании: Монография / Под ред. Б. Дендева. М.: ИИТО ЮНЕСКО, 2013. 320 с.

19. Калянов Г.Н. Подготовка ИТ-консультантов в разрезе проблематики отечественного консалтинга // Открытое образование. 2017. № 2. С. 40–46. DOI: 10.21686/1818-4243-2017-2-40-46

20. Виноградов Г.П., Виноградова Н.Г. Моделирование принятия субъективно рациональных решений // Программная инженерия: методы и технологии разработки информационно-вычислительных систем (ПИИВС-2016): сборник научных трудов I научно-практической конференции. 16–17 ноября 2016 г. Донецк, ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», 2016. С. 151–158.

myagkie vychisleniya. Promyshlennye primeneniya: sbornik nauchnykh trudov IV Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy mul'tikonferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Prikladnye informatsionnye sistemy (PIS-2017)» (Russia, Ul'yanovsk, 29–31 May, 2017). Ul'yanovsk, UIGTU, 2017. P. 80–89. (In Russ.)

16. Loban A.V., Lovtsov D.A. Model' komp'yuternogo obucheniya s ispol'zovaniem elektronno obrazovatel'nogo resursa novogo pokoleniya. Otkrytoe obrazovanie. 2017. No. 2. P. 47–55. DOI: 10.21686/1818-4243-2017-2-47-55 (In Russ.)

17. Krasil'nikova V.A. Ispol'zovanie informatsionnykh i kommunikatsionnykh tekhnologiy v obrazovanii: Ucheb. posobie. Orenburg: OGU, 2012. 291 p. (In Russ.)

18. Informatsionnye i telekommunikatsionnye tekhnologii v obrazovanii: Monografiya / Ed. B. Dendeva. Moscow: IITO YuNESKO, 2013. 320 p. (In Russ.)

19. Kalyanov G.N. Podgotovka IT-konsul'tantov v razreze problematiki otechestvennogo konsaltinga. Otkrytoe obrazovanie. 2017. No. 2. P. 40–46. DOI: 10.21686/1818-4243-2017-2-40-46. (In Russ.)

20. Vinogradov G.P., Vinogradova N.G. Modelirovanie prinyatiya sub"ektivno ratsional'nykh resheniy. Programmaya inzheneriya: metody i tekhnologii razrabotki informatsionno-vychislitel'nykh sistem (PIIVS-2016): sbornik nauchnykh trudov I nauchno-prakticheskoy konferentsii. 16–17 November 2016. Donetsk, GOU VPO «Donetskiy natsional'nyy tekhnicheskiiy universitet», 2016. P. 151–158. (In Russ.)

Сведения об авторах

Геннадий Павлович Виноградов

Д.т.н., доцент, профессор кафедры Информатики и прикладной математики ТГТУ, Тверь, Россия
Эл. почта: wgp272ng@mail.ru
Тел.: 8-980-641-92-79

Владимир Николаевич Кузнецов

Д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Бухгалтерский учет и финансы» ТГТУ, Тверь, Россия
Эл. почта: ikuznetsova@zsto.ru

Information about the authors

Gennadiy P. Vinogradov

Dr. Sci. (Engineering), Associate Professor, Professor of the Department of Informatics and Applied Mathematics TSTU, Tver, Russia
E-mail: wgp272ng@mail.ru
Tel.: 8-980-641-92-79

Vladimir N. Kuznetsov

Dr. Sci. (Engineering), Professor, Head of the Department «Accounting and Finance» TSTU, Tver, Russia
E-mail: ikuznetsova@zsto.r