

Мультиагентный подход к исследованию системы подготовки профессиональных кадров

© 2010 В.И. Дровяников

кандидат технических наук

Международный институт рынка, г. Самара

E-mail: kovalek68@mail.ru

Статья посвящена применению нового мультиагентного подхода к исследованию системы подготовки профессиональных кадров, для данной системы выделены динамические активные подсистемы со связанными периодами функционирования.

Ключевые слова: система подготовки профессиональных кадров, мультиагентный подход, активные системы, целевые функции, системы ограничений.

На современном этапе развития отечественной системы подготовки профессиональных кадров происходящие в ней существенные изменения требуют нового подхода к исследованию организационных и экономических процессов и синтезу управления вузом.

При решении задач формирования нового поколения специалистов, обладающих квалификацией, основанной на комплексе компетенций, и умеющих эффективно использовать их в практической деятельности, образовательная система трансформируется в многоуровневую мультиагентную систему, которую характеризует активное взаимодействие ее субъектов на рынках образовательных услуг и труда, а также в образовательной среде вуза.

В данной связи для выработки адекватных управляющих решений предлагаются модели, основанные на агентно-ориентированном взаимодействии ее элементов-агентов, меняющих свои свойства и поведение в зависимости от состояния других элементов. Такие мультиагентные модели позволяют отразить состояние и поведение каждого агента на каждом шаге взаимодействия и выявить оптимальные стратегии их поведения для разрешения противоречий в системе¹.

Представим исследуемую систему как многоуровневую мультиагентную активную систему, на уровнях и этапах функционирования которой вуз меняет свои роли, оставаясь ее базовым элементом (метаагентом). Исследуем ее с позиций оптимизации стратегий вуза при согласовании экономических интересов ее субъектов на каждом уровне управления².

Характеристика системы подготовки профессиональных кадров как мультиагентной системы включает в себя следующие основные положения.

1. В зависимости от того, на каком уровне системы взаимодействует агент, он может выполнять как роль центра, так и роль активного элемента (свойство гетерогенности агента).

2. Поведение элементов системы как агентов игры исследуется как в рамках математических моделей и механизмов организационно-экономического управления при выработке стратегий и поиске оптимальных решений, так и при проектировании структурных блоков информационного управления вузом.

3. Принимается, что агенты действуют в обозримом детерминистском мире, определяя оптимальную стратегию перехода от одного состояния к другому.

4. Все агенты рефлексивны и рациональны в своем поведении (оптимизируют меру полезности своих действий).

5. Часть агентов обладает свойством гетерогенности.

6. Структура информированности агента основана на общем знании, которое в общем случае асимметрично.

7. При разработке моделей и механизмов совместного принятия решений взаимодействие агентов в исследуемой системе согласуется с позиций метаагента - вуза. Он обладает правом первого хода и имеет возможность назначать свою стратегию, которая зависит от стратегий других агентов.

Исходя из названных положений, рассмотрим математическое описание мультиагентной активной системы подготовки профессиональных кадров.

Обозначим:

I - число агентов в системе или подсистеме, а также число учебно-программных комплексов (УПК), реализующих образовательные программы;

x_i - плановое действие (стратегия, состояние) i -го агента, $i = \overline{1, N}, x_i \in A_i^0$, где A_i^0 - множество возможных результатов деятельности агента;

y_i - фактическое действие (стратегия, состояние) i -го агента, $i = \overline{1, N}, y_i \in A_i$, где A_i - допустимое множество действий агента;

z_i - результат деятельности агента, например, объем затраченных образовательных ресурсов на формирование требуемого уровня компетентности, $i = \overline{1, N}, z_i \in A_i^0$;

r_i - тип i -го агента, отражающий его особенности (предпочтения), например, профиль распределения и объем ресурсов при формировании компетенции, $i = \overline{1, I}, r_i \in R_i$, где R_i - множество возможных предпочтений агента;

$z_i = w(y_i) \in A_i^0$ - закон изменения результата деятельности i -го агента, $i = \overline{1, N}$;

u_i - управляющее воздействие на i -го агента, $i = \overline{1, I}, u_i \in U_i$, где U_i - множество управляющих воздействий на i -го агента со стороны других агентов (центра);

s_i - информационное сообщение i -го агента другим агентам (центру) $i = \overline{1, I}, s_i \in S_i$, где S_i - множество сообщений;

c_i - фактические затраты ресурсов i -го агента на достижение результата его деятельности (например, себестоимость образовательного продукта) $i = \overline{1, I}, c_i \in C_i$, где C_i - множество допустимых затрат ресурсов;

h_i - объем ресурсов, выделяемых центром i -му агенту на выполнение плана x_i , $i = \overline{1, I}, h_i \in H_i$ - допустимое множество планируемых ресурсов;

K_i^Y - оценка уровня качества деятельности i -го агента, например, рейтинг образовательной программы;

K_i^Z - оценка уровня качества результата деятельности i -го агента, например, уровень сформированной компетенции.

На каждом уровне взаимодействия агентов будем исследовать активные системы веерного типа, выделяя в числе агентов управляющий орган - центр и управляющие субъекты - активные элементы, а также задавая предпочтения агентов на допустимых множествах состояний. Для каждой подсистемы (уровней) проектируем модели и механизмы организационно-экономического управления как совокупность правил принятия решений агентами в виде зависимостей, ставящих каждому состоянию агента y_i конкретное значение управляющего воздействия u_i .

Наличие механизмов управления на каждом уровне функционирования системы позволяет синтезировать управление вузом в рамках комплексной многоуровневой системы и решать задачи согласования и оптимизации действий как вуза, так и других субъектов системы.

При описании предпочтений, проектировании и исследовании моделей поведения участников (агентов) системы на каждом уровне их взаимодействия используем следующие подходы. Агент в роли центра задает план действий

x_i для i -го агента, а агент в роли активного элемента выбирает свои действия y_i из множества допустимых действий A_i .

В результате действия агента под влиянием обстановки (взаимодействия с другими агентами) реализуется результат z_i .

Каждый агент обладает предпочтением над множеством результатов A_i^0 и сравнивает различные результаты. Предпочтения агента параметризуются переменной $r_i \in R_i$, определяющей тип агента по его предпочтениям.

Выбирая свое действие, i -й агент руководствуется законом изменения результата деятельности w_i , определяя правило своего индивидуального выбора.

Предпочтения агентов зададим целевыми функциями, отражающими полезность стратегии агента. Обозначим:

$\psi(x, u): A^0 \times u \rightarrow R^1$ - целевая функция агента, выступающего в роли центра. Определяет эффективность функционирования системы подготовки профессиональных кадров. Здесь R^1 - множество действительных чисел;

$\varphi(y, u): A \times u \rightarrow R^1$ - целевая функция агента в роли активного элемента, определяющая его предпочтения на множестве $A \times u$;

$P(u)$ - множество реализуемых стратегий, равновесных при заданном управлении $u \in U$.

Тогда задача организационно-экономического управления в системе подготовки профессиональных кадров с позиции метаагента (центра управления вузом) сводится к проектированию математических моделей состояния активной системы на каждом уровне ее функционирования, синтезу механизма согласованного взаимодействия агентов и выбору на этой основе оптимального управления $u^* = u(y) \in U, u: A \rightarrow U$, максимизирующего эффективность управления

$$K(u) = \max_{y \in P(u)} \psi(y, u). \text{ То есть надо найти}$$

$$u^* \in \text{Arg max}_{u \in U} K(u) = \{u \in U | \forall y \in U, K(u) \geq K(y)\}$$

Функции ψ и φ выражают экономические интересы агентов и определяют, как правило, величину чистого дохода агента от выполнения им действий. Для метаагента (центра управления вуза) это можно записать так:

$$\psi_i = H_i - h_i,$$

где ψ_i - чистый доход вуза от реализации i -й образовательной программы;

$H_i = p_i \cdot n_i$ - общий доход вуза от продажи на рынке образовательных услуг i -й образовательной программы, при этом p_i - рыночная цена обучения по i -й программе одного обучаемого, n_i - количество обучаемых;

h_i - объем ресурсов в денежном выражении, выделяемых i -му УПК на реализацию i -й образовательной программы.

Для агента в роли активного элемента, например, i -го учебно-программного комплекса, целевая функция имеет вид $\varphi_i = h_i - C_i$.

Модель поведения агентов в предположении их взаимодействия ищем на основе концепции равновесия Нэша. Представляя целевые функции агентов как функции выигрыша $\varphi_i(y)$, где

$y = (y_1, \dots, y_n) \in A = \prod_{i=1}^n A_i$ - вектор действий n

игроков, находим вектор равновесия Нэша $y^N = (y_1^N, \dots, y_n^N)$ при условиях

$\forall i \in I, \forall y_i \in A_i, f_i(y_i^N, y_{-i}^N) \geq f_i(y_i, y_{-i}^N)$. При этом рассматриваем бескоалиционные игры и принимаем гипотезу благожелательности.

На этапе решения задачи планирования стратегий агентов ищется механизм планирования $\pi(S): S \rightarrow X$, с помощью которого назначается план для i -го агента $x_i = \pi_i(S)$.

При исследовании системы подготовки профессиональных кадров выделяются динамические активные подсистемы со связанными периодами функционирования. Это создает возможность при проведении многопериодного процесса обучения корректировать стратегии агентов. В качестве математического аппарата для этого можно использовать методы динамического программирования. Периоды функционирования связаны с принятым делением процесса обучения по образовательной программе на модули, семестры и курсы. Формирование квалификации в компетентностном формате производится у обучаемого путем освоения программы в процессе перехода от периода к периоду.

При моделировании многопериодного образовательного процесса назовем суперигрой последовательность его однопериодных этапов (игр).

Пусть $t = \overline{1, T}$ - число периодов. В каждом периоде t выделяются целевые функции центра $\psi_t(x, u)$ и активного элемента $\varphi_t(y, u)$.

Плановая траектория стратегий обучения при формировании компетенции по периодам обучения $x = (x_1, x_2, \dots, x_T)$. Траектория реализации стратегий $x = (x_1, x_2, \dots, x_T)$.

При движении от периода к периоду меняется система ограничений. Множество допустимых условий в периоде t зависит от действий в предыдущем периоде и от плана текущего периода $A_t = A_t(x_t, y_{t-1}), t = \overline{2, T}$.

Ставится задача поиска оптимальной с точки зрения затрат образовательных ресурсов траектории реализации стратегий агентов при заданной плановой траектории

$$\varphi_t(y, u) \rightarrow \max, t = \overline{2, T}.$$

Каждый период функционирования системы может включать в себя несколько этапов.

Применительно к образовательной системе вуза выделяются три этапа: этап формирования данных, этап планирования образовательного процесса и этап реализации учебных планов. Их содержание следующее:

- На этапе формирования данных каждый УПК сообщает центру управления вузом оценку s_i своего состояния. На основе полученных оценок $S = \{s_i\}$ и имеющихся оценок $a = \{a_i\}$, которые являются результатом анализа действий УПК в предыдущих периодах, центр формирует комплексную оценку $\sigma(a, S) = \{\sigma_i(a_i, s_i)\}$.

- На этапе планирования центр определяет управление $u(\sigma)$ и план $x(\sigma)$ для УПК по заданному закону управления $\pi(\sigma)$ и сообщает их УПК.

- На этапе реализации каждый УПК выбирает реализации $y_i \in A_i$.

В конце каждого периода оценивают достигнутые результаты z_i .

Предложенный мультиагентный подход к исследованию системы подготовки профессиональных кадров позволяет согласовать взаимодействие всех ее субъектов при решении задач организационно-экономического управления вузом.

¹ Шербаков А.В. Мультиагентное имитационное моделирование активной маркетинговой системы // Теория активных систем: труды междунар. науч.-практ. конф. - М., 2005. С. 164-170.

² Бурков В.Н., Новиков Д.А. Теория активных систем: состояние и перспективы. М., 1999.

Поступила в редакцию 15.10.2010 г.