Makarenko Sergei Nikolayevich
Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.
E-mail: makselin@list.ru.
45-B, lain: Krasnyi, Taganrog, 347900, Russia.
Phone: 888634371631; 89043459712.

УДК 005

Ю.С. Григорьева

СИСТЕМНЫЙ СИНТЕЗ ИННОВАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ

В статье предложены обобщенная динамическая модель социально-экономической образовательной системы, как наиболее полно представляющая взаимодействие во времени всех ее элементов; инновационные связи, образующие условия адаптации системы к профессиональным компетенциям; принцип адаптации образовательной среды, позволяющий синтезировать инновационную модель, инвариантную к внешним структурным изменениям; методика синтеза инновационной модели образовательной среды на основе решения многокритериальной задачи оптимизации.

Динамическая модель; принцип адаптации; компетенции; многокритериальная задача оптимизации.

Yu.S. Grigor'eva

SYSTEM SYNTHESIS OF THE INNOVATION MODEL OF THE EDUCATIONAL MEDIUM

In the article are proposed the generalized dynamic model of social and economic educational system as most fully presenting interaction in the time of all its elements; the innovation connections, which form the conditions for the adaptation of system to the professional scopes; the principle of the adaptation of educational medium, which makes it possible to synthesize the innovation model, invariant to the external structural changes; the procedure of the synthesis of the innovation model of educational medium on the basis of the solution of multicriterional optimization problem.

Dynamic model; the principle of adaptation; scope, multicriterional optimization problem.

Экономические преобразования в России с начала 90-х годов существенно изменили роль экономических методов управления предприятиями и НИИ высокотехнологичных отраслей промышленности (ракето- и авиастроения, космонавтики, ядерной энергетики, производства сложных радиоэлектронных и информационных систем и др.). Конкурентная борьба за потребителей на отечественных и зарубежных рынках стала определять основные направления деятельности этих организаций, их структуру и систему управления. Сфера управления в соответствии с CALS-концепцией стала охватывать все стадии жизненного цикла наукоемких изделий: фундаментальные или поисковые исследования, НИОКР, производство, реализацию, эксплуатацию и утилизацию. Такой подход обеспечивает повышение конкурентоспособности наукоемких изделий за счет сокращения издержек, сроков вывода новых образцов на рынок, улучшения качества продукции вследствие сквозной поддержки ее жизненного цикла.

У предприятий возникла потребность в специалистах, способных разбираться в предмете высокотехнологичного бизнеса и эффективно вести его, проектировать все стадии жизненного цикла наукоемких изделий и управлять этими стадиями. Потребовались специалисты, одновременно обладающие знаниями и умениями как в экономике и управлении, так и в технике и технологиях. Меняются оценки знаний и способностей самого специалиста [1].

Формируется новая уникальная отрасль, которая стремительно прогрессирует в развитии и приобретает все большую значимость. Эта отрасль, прежде всего, связана с интеллектуальным продуктом. Формирование востребованного интеллектуального продукта потребовало развития образовательной среды. В последние годы появились и используются различные модели ее "корпоративной" организации.

Наиболее предпочтительными являются адаптированная к условиям конкурентной среды инновационная модель "саморазвития" регионального научно-образовательного комплекса (М. Мезинцева), инновационная модель образования (В. Петраков), интегрированная модель информационного менеджмента (М. Аттинджер), интегрированная интерактивная модель образования (М. Хиту). Несмотря на различия, каждая из моделей сконцентрирована на описании и исследовании интеграционных процессов, стимулирующих формирование и развитие конкурентных компетенций современного специалиста.

Целью работы является синтез инновационных моделей, адаптированных к профессиональным компетенциям, обеспечивающим устойчивость и управляемость социально-экономической образовательной системы в целом.

Для достижения сформулированной цели необходимо решить следующие задачи:

- определить обобщенную динамическую модель социально-экономической образовательной системы, как наиболее полно представляющую взаимодействие во времени всех ее элементов и инновационные связи, образующие условия адаптации системы к профессиональным компетенциям;
- разработать принцип адаптации образовательной среды, позволяющий синтезировать инновационную модель, инвариантную к внешним структурным изменениям;
- разработать методику синтеза инновационной модели образовательной среды на основе решения многокритериальной задачи оптимизации [2].

Обобщенная динамическая модель социально-экономической образовательной среды (СЭОС) строится путем определения процессов в ее элементах в пространстве состояний векторными дифференциальными уравнениями

$$\begin{aligned} \dot{x} &= A(t)\cdot x + B(t)\cdot v, \\ y &= C(t)\cdot x. \end{aligned} \tag{1}$$

Здесь *A(t)* – основная матрица системы, так как её структура определяет вид переходной матрицы состояний (от этой матрицы зависит характер как вынужденного, так и свободного движения системы); *B(t)* – матрица, определяющая связи входа системы v с различными переменными состояния x; *C(t)* – матрица связи переменных состояния с выходом системы y [3].

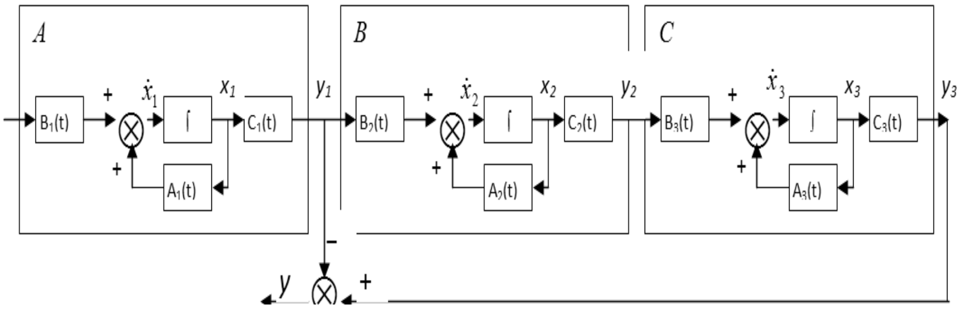

Рис. 1. Обобщенная динамическая модель

Здесь x_1, x_2, x_3 – векторы переменных состояния инвестора, самой образовательной среды и рынка труда (компетенций) соответственно; выходы y_1, y_2 и y_3 – инвестиции в образование, выпуск специалистов и капитализация образования, т.е. способность знания преобразовываться в капитал; $y = y_3$-y_1 – прибыль, которая может быть получена в результате инвестиций в изменение состояния образовательной среды (нововведения).

В отличие от ранее рассмотренных динамических моделей здесь выходы элементов *A* и *B* представляются входами *B* и *C* соответственно, а выходом динамической системы в целом – *y(t).* Построенная таким образом обобщенная модель образовательной среды позволила показать, что достигаемая практически всегда устойчивость, управляемость и наблюдаемость каждого элемента в отдельности, не определяют необходимые и достаточные условия устойчивости, управляемости и наблюдаемости системы в целом.

Постановка задачи. Пусть СЭОС описывается векторным дифференциальным уравнением (1), определенным в области $L(x(t),V(t))\geq 0$ пространства вектора состояния $x(x_1, x_{2,..}x_n)$ и вектора управлений (инновационных связей) $v(v_{1,} v_2,\ldots v_m)$, $t\in [t_0,T]$.

Задан класс допустимых управлений *V* для вектора $v(v_1,v_2,\ldots v_m)$, принимающего свои значения в области $L\geq 0$, а также задан векторный функционал

$$I(v) = F(x(t), v(t), t) \tag{2}$$

с компонентами

$$I_i(v) = F_i(x(t), v(t), t)\ (i = 1,\ldots,n). \tag{3}$$

Для вектора x(t) заданы граничные условия

$$x(t_0) = x_0, \quad x(T) = x_T, \tag{4}$$

где число T не является фиксированным.

На компоненты (3) векторного функционала (2) наложены ограничения:

$$| I_i(v)-I_{i0}| \leq M_i \quad (i = 1,\ldots,n), \tag{5}$$

где $M_i\geq 0$ – заданные числа, а I_{i0} – оптимальные значения скалярных функционалов (3), определенные с помощью известных методов.

Предположим, что участок поверхности, образованный концами неулучшаемых векторов, найден. Назовем его неулучшаемой поверхностью. Пусть *K* – множество точек этой поверхности (множество Парето).

Будем говорить, что динамическая система управляема в области допустимых компромиссов, если существуют такие управления $v^*(t)\in V$, что

$$I(v^*)=(I_1(v^*),\dots, I_n(v^*))\in X, \tag{6}$$

где

$$X = \{(I_1, \dots, I_n): /I_i - I_{i0}/\le M_i\ , \ (i = 1,\dots,n) \}.$$

Для того чтобы выполнялось (6), необходимо и достаточно, чтобы

$$Y = K\cap X \ne \varnothing. \tag{7}$$

Множество $V_0^*\subset V^*$ назовем областью оптимальных управлений, если каждый элемент $v_0^*\in V_0^*$ оптимизирует векторный функционал (2) в смысле

$$I(v_0^*)\in Y.$$

Определим задачу синтеза управлений в динамической системе. Пусть нам удалось получить динамическую модель системы в форме уравнения в пространстве состояний (1). Найдены граничные условия (4), а также определен векторный функционал в виде (2) и (3) с ограничениями (5) на компоненты и класс допустимых связей V. Требуется определить множество V_0^* управлений, или

$$V_0^*= \{\tilde{v}\ (t, I_{iT}) : I_i(\tilde{v}\ ) - I_{i0}\ \le M_i. \quad I_{iT}\in\ [I_{i0} - M_i, I_{i0}]\}. \tag{8}$$

Нахождение (8) предполагает решение следующих основных задач:

- формирование критерия эффективности управления;
- построение динамической модели образовательной среды;
- построение динамической модели рынка компетенций;
- построение динамической модели СЭОС;
- нахождение множества допустимых связей на основе решения многокритериальной задачи оптимизации;
- формализацию координирующего правила, позволяющего выбрать эффективное управление из множества допустимых.

Определим функции цели построения инновационной модели и способ решения задачи синтеза управления в такой системе.

Пусть динамическая модель системы описывается векторным дифференциальным уравнением в виде (1).

Здесь y_i – функции цели управления, $A_i(t),\ B_i(t),\ C_i(t)$ – матрицы связей переменных состояния x_i и управления v_i.

Целями управления в инновационной модели приняты $I_1 = y_1$ – капитализация образования, т.е. способность знания преобразовываться в капитал, $I_2 = y_2$ – стоимость знания. Задача синтеза инновационной модели определяется нахождением v_i, реализующим $\underset{v_i}{extr}\ I_i$.

Решение уравнения (1) ищем в виде

$$x_i(t) = \sum_{i=1}^{n}\left\langle x(0),\varsigma_i\right\rangle e^{\lambda_i t}u_i + \int_0^t\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}\left\langle \zeta_i, b_j\right\rangle v_j e^{\lambda_i(t-\tau)}u_i(t-\tau)d\tau.$$

Здесь $x(0)$ – вектор начальных компетенций; ς_i – двойственный базис; λ_i – характеристические числа; u_i – характеристический вектор; b_j – элементы матрицы $B(t)$.

Тогда выражение для функции цели определится

$$I_i(t) = C_i \sum_{i=1}^{n} \langle x(0), \varsigma_i \rangle e^{\lambda_i t} u_i + \int_0^t \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} \langle \zeta_i, b_j \rangle v_j e^{\lambda_i (t-\tau)} u_i (t-\tau) d\tau.$$

Вариационная задача $\underset{v_i}{extr}\, I_i$ решается известными методами. Поиск множества *К (К* – множество точек неулучшаемой кривой) организован следующим образом. Для каждого i = 1, 2 найдено оптимальное по скалярному функционалу I_i, управление $v_0^{(i)} = v_0^{(i)}(t, x_0, x_T),\ (i = 1,\ 2)$. Значения соответствующих функционалов равны $I_{i0}(v_0^{(1)})(i = 1{,}2)$. Если при $(v_0^{(1)})$ функционал I_1 принимает значение I_{10}, то при том же управлении функционал I_2 принимает значение $I_2^{(10)}$. Аналогично при управлении $(v_0^{(2)})$ функционал I_2 принимает значение $I_2 = I_{20}$, *а* $I_1 = I_1^{20}$. Значения $I_1^{(20)}$ и $I_2^{(10)}$ в общем случае "хуже" I_{10} и I_{20} соответственно. Управления *v(t)*$\in$ *V,* для которых

$$/\, I_i(v) - I_{i0} \,/ > /\, I_i^{(j0)} - I_{i0} \,/, \quad (i, j = 1{,}2;\ i \neq j) \tag{9}$$

нет смысла рассматривать, так как всегда векторы $I^* = (I_{10}, I_2^{(10)})$ и $I^* = (I_1^{(20)}, I_{20})$ будут оптимальными по отношению к векторам, для которых справедливо выражение (9). Таким образом, координаты точек неулучшаемой кривой подчинены ограничениям

$$I_{i0} \le I_i \le I_i^{(j0)}, \quad (i, j = 1{,}2;\ i \neq j) \tag{10}$$

при минимизации I_1 и I_2. При максимизации одного или двух функционалов знаки неравенства в выражении (10) для этих функционалов следует заменить на обратные.

В рассматриваемой задаче требуется максимизировать $I_1(v)$ и минимизировать $I_2(v)$. Для нахождения точек неулучшаемой кривой поступим следующим образом. К граничным условиям задачи добавим условие $I_2(v) = J_{2T}$. $I_{2T} \left\lfloor I_2^{10}, I_2 \right\rfloor$ – заранее нефиксированное число. Решая теперь задачу максимизации $I_1(v)$, получим управления $\tilde{v}(t, I_{2T})$, при которых точки $(I_i(\tilde{v}),\ I_{2T}) \in K$. В простых случаях удается получить аналитическую зависимость $I_1 = \varphi(I_2)$. В более сложных необходимо применять компьютерные технологии.

После нахождения множества *К* выбор управления (элементов матрицы *В*) ЛПР становится тривиальным и определяется требованиями рынка к компетенциям специалиста.

Практическая реализация инновационной модели осуществлена в среде виртуальной оболочки обучающей среды, позволяющей на основе компетентностных требований рынка с помощью матриц соответствий компетенций и блоков дисциплин в автоматизированном режиме формировать программы подготовки и профессиональной переподготовки специалистов в области менеджмента в технике и технологий.

Оболочка содержит:

- ♦ учебные планы для подготовки и профессиональной переподготовки специалистов в области менеджмента высоких технологий;
- ♦ подсистему мониторинга внешней среды (рынка труда), включающую базы данных опросов работодателей и рыночных компетенций;
- ♦ электронные модули учебных дисциплин, снабженные атрибутами, характеризующими структуру модуля, вырабатываемые им компетенции, включая профессиональные и личностные характеристики, а также используемые программные продукты, необходимые для проведения занятий;
- ♦ медиа и дидактические материалы к учебным модулям, включая методические рекомендации для проведения деловых игр;
- ♦ матрицы связей блоков дисциплин, электронных модулей и компетенций;
- ♦ подсистему мониторинга состояния обучающей среды, включающую:
  - ▪ средства квалиметрической оценки знаний студентов (базу тестовых заданий и базу ответов);
  - ▪ результаты мониторинга внутренней среды, базу данных опросов студентов, преподавателей;
  - ▪ средства обработки и представления данных (графики, диаграммы, показатели и т.п.);
- ♦ программу генерации учебных планов на основе рыночных компетенций с использованием генетического алгоритма;
- ♦ подпрограмму оценки качества учебных планов с использованием генетического алгоритма.

Обучающая среда является открытой, адаптируемой на основе опросов работодателей и мониторинга рынка труда, может быть дополнена новыми модулями и использована для генерации новых учебных программ. Адаптация производится на основе данных мониторинга внешней среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Григорьева Ю.С.* Разработка модели инновационного образования по направлению подготовки «Менеджмент высоких технологий» // Труды VI Междунар. науч.-техн. конф. «Инновационные процессы пьезоэлектрического приборостроения и нанотехнологий». Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского государственного педагогического университета, 2008. – 330 с.
2. *Колесников А.А.* Синергетические методы управления сложными системами. Теория системного синтеза. – М.: КомКнига, 2006. – 237 с.
3. *Деруссо П., Рой Р., Клоуз Ч.* Пространство состояний в теории управления. – М.: Наука, 1970. – 620 с.

Григорьева Юлия Сергеевна
Южно-Российский государственный университет (НПИ).
E-mail: Gyuliya1@yandex.ru.
346404, г. Новочеркасск, ул. Горького 25, кв.21.
Тел.: 89045091161.

Grigoryeva Julia Sergeevna
South Russia State technical University (Novocherkassk Polytechnic Institute).
E-mail: Gyuliya1@yandex.ru.
25, Gorky street., fl. 21, Novocherkassk, 346404, Russia.
Phone: 89045091161.