

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКОЛОГО- ЭКОНОМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ABC AGENT ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ В СИСТЕМАХ ОБРАЗОВАНИЯ

*И.И. Тимченко, Е.М. Изумнова,
С.М. Солодова, И.Е. Тимченко*

Морской гидрофизический институт
НАН Украины
г. Севастополь, ул. Капитанская, 2
E-mail: timchenko@stel.sebastopol.ua

Информационная технология ABC AGENT, разработанная для управления эколого-экономическими системами [4], применена для прогнозирования сценариев устойчивого развития систем образования. Построены динамические уравнения модели, позволяющие прогнозировать выпуск специалистов с учетом состояния социально-экономической системы общества. Приведены результаты вычислительных экспериментов с моделью.

В каждой общественно-экономической системе осуществляется динамический баланс двух взаимосвязанных процессов: спроса на молодых специалистов в экономике и удовлетворения этого спроса системой высшего образования. Оба процесса находятся под непрерывным влиянием большого числа факторов, которые должны быть учтены при управлении образовательной системой. С экономической точки зрения система образования находится между двумя рынками: рынком ресурсов, необходимых для подготовки и выпуска специалистов, и рынком труда, который предоставляет молодым специалистам рабочие места с учетом их квалификации, а так же в соответствии с общим состоянием социально-экономической системы общества. Учебное учреждение является существенно открытой системой, находящейся в состоянии динамического баланса с окружающей средой. Поэтому управление устойчивым развитием этого учреждения возможно лишь на основе прогностических сценариев, основанных на наблюдениях за динамикой ресурсов окружающей среды и меняющейся конъюнктурой рынков.

В работах [1,3,4] была предложена общая имитационная технология управления эколого-экономическими системами,

которая отражает идею адаптивного баланса влияний и использует соответствующий метод моделирования (ABC метод от Adaptive Balance of Causes). В этой технологии были применены так называемые “интеллектуальные агенты” управления, позволяющие рационально организовать контроль за развивающимися процессами и выполнение функций управления системой [2]. Представляет интерес применить эту информационную технологию для прогнозирования сценариев развития в системе образования.

Система образования расходует свой бюджет и, в частности, свои оборотные средства на приобретение ресурсов на соответствующих рынках товаров и услуг. Конечным результатом работы системы естественно считать молодого специалиста, обладающего заданным уровнем знаний и навыками коммуникативной культуры. В качестве необходимых для получения этого результата ресурсов целесообразно выделить: преподавательский труд, интеллектуальный потенциал принимаемых на учебу студентов и материально-техническую базу системы образования (рис.1).

Обозначим количество молодых специалистов, подготовленных системой образования на момент времени $t_k = k$, через N_k . Изменения этого количества с течением времени можно представить балансовым соотношением:

$$N_k = N_j + V_k - S_k \quad (1)$$

где N_j - количество специалистов на предыдущий момент времени j , V_k - то количество специалистов, которое было выпущено системой образования за период времени от момента j до момента k , и S_k - та часть молодых специалистов, которая была востребована рынком труда и трудоустроена по специальности за это же время. Количество востребованных рынком специалистов может быть выражено некоторой функцией R_k . Математически рассматриваемая операция контроля, выполняемая агентом планирования выпуска, должна иметь вид:

$$S_k = IF (N_k < 0; 0; R_k). \quad (2)$$

Здесь оператор IF выражает собой условие “если... , то”, а все выражение (2) читается следующим образом: “если норма прибыли, получаемая системой за подго-

товку специалиста, N_k становится отрицательной, то уровень его знаний не соответствует требованиям рынка труда и процесс обучения должен быть остановлен. В противном случае, т.е. при $N_k > 0$, выпуск специалистов может быть увеличен до некоторых пределов R_k , определяемых спросом D_k и их количеством на рынке труда

$$R_k = IF(D_k < H_j; D_k; H_j). \quad (3)$$

Ограничение выпуска специалистов зависит от того вида ресурсов, запасы которого оказываются минимальными. Если обозначить M_j - минимальный объем некоторого вида ресурсов, имеющихся у системы образования, то количество выпускаемых специалистов будет определено следующими логическими операциями, которые выполняет агент, управляющий выпуском:

$$\begin{aligned} V_k &= IF(D_k < H_j; 0; M_{1k}), \\ M_{1k} &= IF(D_k - H_j < M_j; D_k - H_j; M_j), \\ M_j &= \min(m_{1j}^1, m_{1j}^2, m_{1j}^3), \\ m_{1j}^i &= N_{1j}^i / y_i, \quad i = 1, 2, 3. \end{aligned} \quad (4)$$

Этот агент контролирует имеющиеся у системы количества каждого из трех определенных выше видов ресурсов для подготовки молодых специалистов. Величина $m_{1j}^1 = N_{1j}^1 / y_1$, например, определяет для какого количества молодых специалистов будет достаточно имеющихся учебных часов преподавательского состава N_{1j}^1 . Величина $m_{1j}^2 = N_{1j}^2 / y_2$ определяет объем выпуска, исходя из имеющегося ресурса, связанного с уровнем начальной подготовки и способностей студентов N_{1j}^2 . Наконец, величина $m_{1j}^3 = N_{1j}^3 / y_3$ дает оценку возможного объема выпуска с учетом имеющейся материально-технической базы N_{1j}^3 .

Полагая, что доходы системы образования P_k пропорциональны количеству трудоустроенных выпускников S_k , а расходы - объему их выпуска V_k , для прибыли I_{0k} , доходов P_k и расходов E_k имеем:

$$\begin{aligned} I_k &= IF((P_k - E_k) < 0; 0; P_k - E_k), \\ P_k &= x'_{2k} S_k, \\ E_k &= x'_{4k} V_k. \end{aligned} \quad (5)$$

Так как запасы ресурсов, которыми располагает система образования, расходуются и вновь пополняются, их можно

представить следующими балансовыми соотношениями:

$$N_{1k}^i = N_{1j}^i + V_{1k}^i - S_{1k}^i. \quad (6)$$

Здесь и ниже i принимает значения 1,2,3. Расходование каждого вида ресурсов пропорционально количеству выпускаемых специалистов V_k :

$$S_{1k}^i = V_k y_i. \quad (7)$$

В том случае, когда запас каждого вида ресурса N_{1j}^i достаточен для выпуска требуемого объема специалистов $D_k - H_j$, закупка ресурсов не производится. В противном случае закупается некоторое количество ресурса F_{1k}^i .

$$V_{1k}^i = IF((D_k - H_j)y_i < N_{1j}^i; 0; F_{1k}^i). \quad (8)$$



Рис. 1 - Модель ресурсного обеспечения подготовки специалистов.

Функция F_{1k}^i ограничивает приобретение ресурсов теми объемами оборотных средств, которыми располагает система.

В качестве основных переменных, характеризующих состояние рынка ресурсов в системе образования, выберем стоимость единицы ресурса p^i , качество ресурса q^i и объем его предложения t^i ($i = 1, 2, 3$; 1 - преподавательский труд, 2 - интеллектуальный потенциал принимаемых на учебу студентов, 3 - материально-техническая база учебного заведения). Используя стандартные уравнения АВС моделирования и объединяя все три вида

ресурсов с помощью индекса $i = 1, 2, 3$, уравнения ABC модели рынка ресурсов можно представить в виде:

$$\begin{aligned} p_k^i &= 2 p_j^i (1 - c_1 (p_j^i + a_{12}^i t_j^i - a_{13}^i q_j^i)), \\ t_k^i &= 2 t_j^i (1 - c_2 (t_j^i + a_{23}^i q_j^i - a_{21}^i p_j^i)), \\ q_k^i &= 2 q_j^i (1 - c_3 (q_j^i - a_{32}^i t_j^i - a_{31}^i p_j^i)). \end{aligned} \quad (9)$$

Обратимся теперь к рынку труда, на который система образования поставляет своих выпускников. Основными переменными этого рынка должны быть спрос на выпускников x_1 , т.е. количество специалистов, получающих работу в период времени от момента j до момента k , уровень оплаты их труда x_2 , уровень знаний и навыков коммуникативной культуры x_3 и себестоимость для системы образования подготовки одного специалиста x_4 .

Для того, чтобы предусмотреть конкурсный отбор специалистов на рынке труда по уровню их квалификации x_3 , введем в модель этого рынка интеллектуального агента, осуществляющего отбор. Ограничение на прием на работу будет означать прекращение спроса на них D_k , когда качество их подготовки становится ниже некоторого предела x_3^0 :

$$D_k = IF (x_{3k} > x_3^0; x_{1k}; 0). \quad (10)$$

Кроме того, агент, осуществляющий отбор, будет демонстрировать растущий интерес к высококвалифицированным специалистам. С этой целью влияние качества специалиста x_3 на спрос мы подчиним функции роста $a_{31} [1 - \exp(-\alpha_{13} x_{3j})]$.

ABC - уравнения модели рынка труда представим в следующем виде:

$$\begin{aligned} x_{1k} &= 2 x_{1j} (1 - c_1 (x_{1j} + a_{12} x_{2j} - \\ &\quad - a_{31} [1 - \exp(-\alpha_{13} x_{3j})])), \\ x_{2k} &= 2 x_{2j} (1 - c_2 (x_{2j} - a_{24} x_{4j} - a_{23} x_{3j})), \\ x_{3k} &= 2 x_{3j} (1 - c_3 (x_{3j} - a_{3\mu} \mu_j)), \\ x_{4k} &= 2 x_{4j} (1 - c_4 (x_{4j} - a_{4\eta} \eta_j)). \end{aligned} \quad (11)$$

В этих уравнениях использованы главные причинно-следственные зависимости между параметрами, характеризующими ситуацию на рынке труда. В уравнение для спроса x_{1k} введена рассмотренная выше нелинейная зависимость от качества подготовки молодого специалиста x_{3j} . На спрос отрицательно влияет уровень зарплаты x_{2j} , на который претендует молодой специалист. В свою очередь зарплата молодого специалиста, представляемая вторым из уравнений (11), поло-

жительно зависит от себестоимости его подготовки x_{4j} и от качества этой подготовки x_{3j} .

Основной целью использования информационной технологии ABC AGENT является планирование выпуска системой образования молодых специалистов заданного профиля. Большое количество параметров, входящих в информационную технологию управления системой образования, позволяет осуществить разнообразные имитационные эксперименты. Для практической организации учебного цикла важно иметь оценки возможностей системы образования выпускать молодых специалистов в конкретных условиях рынка труда и рынков ресурсов. Так, например, можно ожидать, что изменения спроса на них будут заметно влиять на все процессы, происходящие в системе.

При проведении расчетов были приняты следующие условия: стоимость лекционных часов преподавателей составляет 64% от себестоимости подготовки специалистов, стоимость индивидуальной работы со студентами - 28%, материально-технические расходы - 8%. Начиная с 100 шага вычислений, было имитировано понижение спроса на молодых специалистов - выпускников системы, как показано на рис. 2.

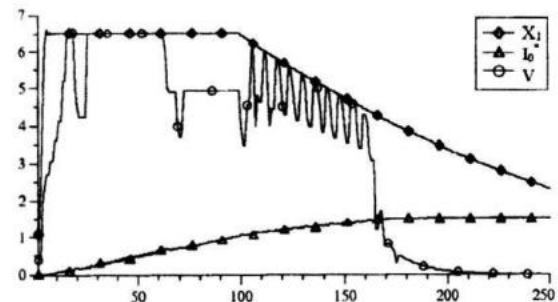


Рис. 2 - Выпуск специалистов в условиях падения спроса на них на рынке труда: x_1 - спрос, I_0^* - накопленная прибыль, V - выпуск.

Планируемый выпуск V показан на этом же рисунке. Его динамика зависит от экономической ситуации в системе, которую характеризуют сценарии процессов, изображенные на рис. 3.

С 15 по 70 шаг по времени выпуск специалистов планировался на уровне спроса на них, так как оборотные средства системы были достаточными для покры-

тия расходов по текущим кредитам, которые составляли в этом эксперименте 10% от суммы накопленного кредита. Однако, в дальнейшем оборотных средств хватало лишь на выпуск меньшего количества специалистов (примерно на 20%). Поэтому в период с 70 по 100 шаг выпуск и оборотные средства стабилизировались на более низких уровнях, а накопленный кредит стал увеличиваться более высокими темпами.

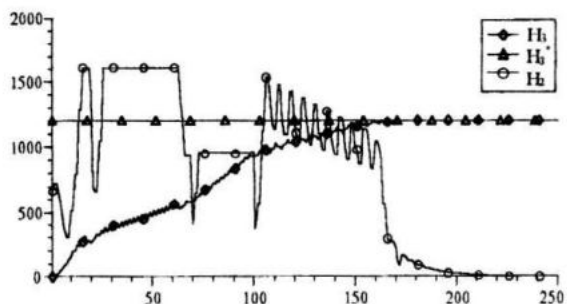


Рис. 3 - Сценарии развития процессов при падении спроса на специалистов: H_3 - накопленный кредит, H_3^* - ограничение накопленного кредита, H_2 - оборотные средства (увеличены в 50 раз).

В период с 100 по 160 шаг плановый выпуск начал сокращаться в соответствии с уменьшением спроса на рынке труда. Оборотные средства системы образования так же сокращались и к 160 шагу накопленный кредит достиг своего предельного значения, которое было установлено на уровне $H_3^* = 1200$ усл. ед. После этого система не имела возможности приобретать необходимые ей ресурсы для продолжения выпуска. Это наглядно видно из рис. 4, на котором приведена динамика оплаты системой образования расходов по каждому из видов ресурсов.

Проведенные вычислительные эксперименты с имитационной моделью управления системой образования позволяют сделать следующие выводы:

1. Общая структура информационной технологии ABC AGENT [4] может быть использована для создания разнообразных моделей управления процессами обучения.

2. Имитационные модели системы обучения обеспечивают прогностические сценарии развития процессов в системе и дают возможность планировать подготовку специалистов с учетом конъюнктуры рынка труда и изменяющихся экономических условий учебных учреждений.

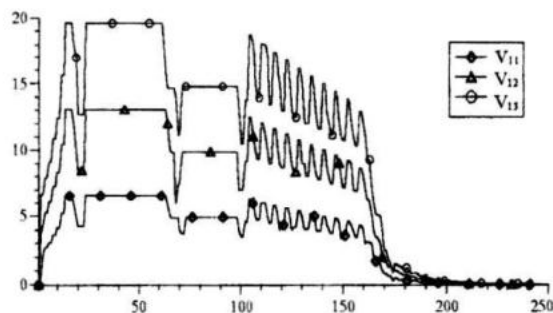


Рис. 4 - Динамика затрат на приобретение ресурсов системы образования при падении спроса на рынке труда: V_{11} - расходы на чтение лекций, V_{12} - расходы на семинарские занятия, V_{13} - расходы на материально-техническое обеспечение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тимченко И.Е., Игумнова Е.М., Тимченко И.И. Системный менеджмент и ABC технологии устойчивого развития. - Севастополь, Изд. "Экосигидрофизика", 2000, 225 с.
2. Shen W. and Norrie D.H. Agent-Based Systems for Intelligent Manufacturing: A State-of-the-Art Survey. Knowledge and Information Systems, KAIS: an International Journal, 1(2), 1999, p. 129-156.
3. Тимченко И.Е., Игумнова Е.М., Тимченко И.И. Динамика эколого-экономических систем. //Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. - Севастополь, изд. МГИ НАНУ, 2001, с. 62 - 77.
4. Тимченко И.Е., Игумнова Е.М., Солодова С.М. Управление природными ресурсами. Имитационная технология ABC AGENT. Препринт.- Севастополь, изд. МГИ НАНУ, 2001, 95 с.