

ОБРАЗОВАНИЕ И СИСТЕМНОЕ МЫШЛЕНИЕ КАК ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ОБЩЕСТВЕННО- ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

И.И. Тимченко^{*}, Е.М. Изумнова^{**},
С.М. Солодова^{***}

^{*}Харьковский национальный политехнический университет – ХПИ, Харьков

^{**}Морской гидрофизический институт
НАН Украины

г. Севастополь, ул. Капитанская, 2

E-mail: timchenko@stel.sebastopol.ua

Предложена имитационная модель, демонстрирующая роль образования и системного мышления в развитии производства и повышении уровня жизни общества. Проведены вычислительные эксперименты, подтвердившие возможности количественно анализировать эффективность использования интеллектуальных ресурсов развития.

1. Интегрированная модель общественно-экономического развития. Уровень образования (образованность) населения и его способность мыслить системно представляют собой важные характеристики любой общественно-экономической системы. Для интегрированного управления подобными системами необходимо объединить в составе общей модели экономические процессы и процессы, характеризующие интеллектуальные ресурсы общества: уровень образования и уровень системного мышления. В ряде исследований было показано, что устойчивое развитие достигается в условиях динамического баланса этих процессов [1,2].

Под уровнем образования общества мы будем подразумевать некоторый интегрированный показатель образованности населения какой-либо конкретной территории (страна, регион), который обеспечивает определенный технологический уровень производства. Наряду с образованностью общества мы будем считать, что имеет место еще одна связанная с уровнем образования характеристика – «системное мышление». Под ней мы будем подразумевать ту часть ментальной культуры общества, которая служит основой для эффективного управления процессами развития. Уровень образования и уровень системного мышления должны влиять на валовой внутренний про-

дукт (ВВП) общественно-экономической системы, который обеспечивает совокупное предложение товаров (услуг) и в конечном итоге определяет жизненный уровень общества. Мы должны ввести в модель совокупный спрос – процесс, отражающий готовность и способность населения приобрести некоторый объем товаров и услуг в течение определенного времени. Интегрированной характеристикой динамического баланса совокупного спроса и совокупного предложения должен стать средний уровень цен.

Рассмотрим теперь динамические балансы, которые определяют уровни образования и системного мышления. Прежде всего, предположим, что эти два процесса являются следствиями двух других процессов: мотивации образования и мотивации системного мышления. Термином «мотивация» будем обозначать стремление общества повышать уровни образования и системного мышления. Однако, рост мотивации, например, уровня образования не может мгновенно увеличить этот уровень. Необходимо некоторое время t_1 для того, чтобы образовательный процесс привел к подобному результату. Аналогичным образом, мотивация системного мышления приведет к повышению уровня системного мышления через интервал времени t_2 .

Положительное влияние на мотивацию образования оказывает уровень жизни общества, увеличивающий возможности получения образования. Отрицательное влияние оказывает стоимость образования. По аналогии будем считать, что мотивация системного мышления управляется стоимостью развития системного мышления и уровнем жизни. Технологический уровень производства и уровень одновременно находятся под положительным влиянием уровня образования и уровня системного мышления. Концептуальная модель общественно-экономической системы изображена на рис. 1. Блок A_1 представляет агент, который следит за разностью «индекс уровня жизни – стоимость образования» и должен управлять мотивацией образования: когда его стоимость становится ниже индекса уровня жизни, то мотивация начинает плавно повышаться и устанавливается на значении, соответствующем стоимости образования. В противоположном случае мотивация образования отсутствует. Аналогичные действия осуществляет агент A_2 .

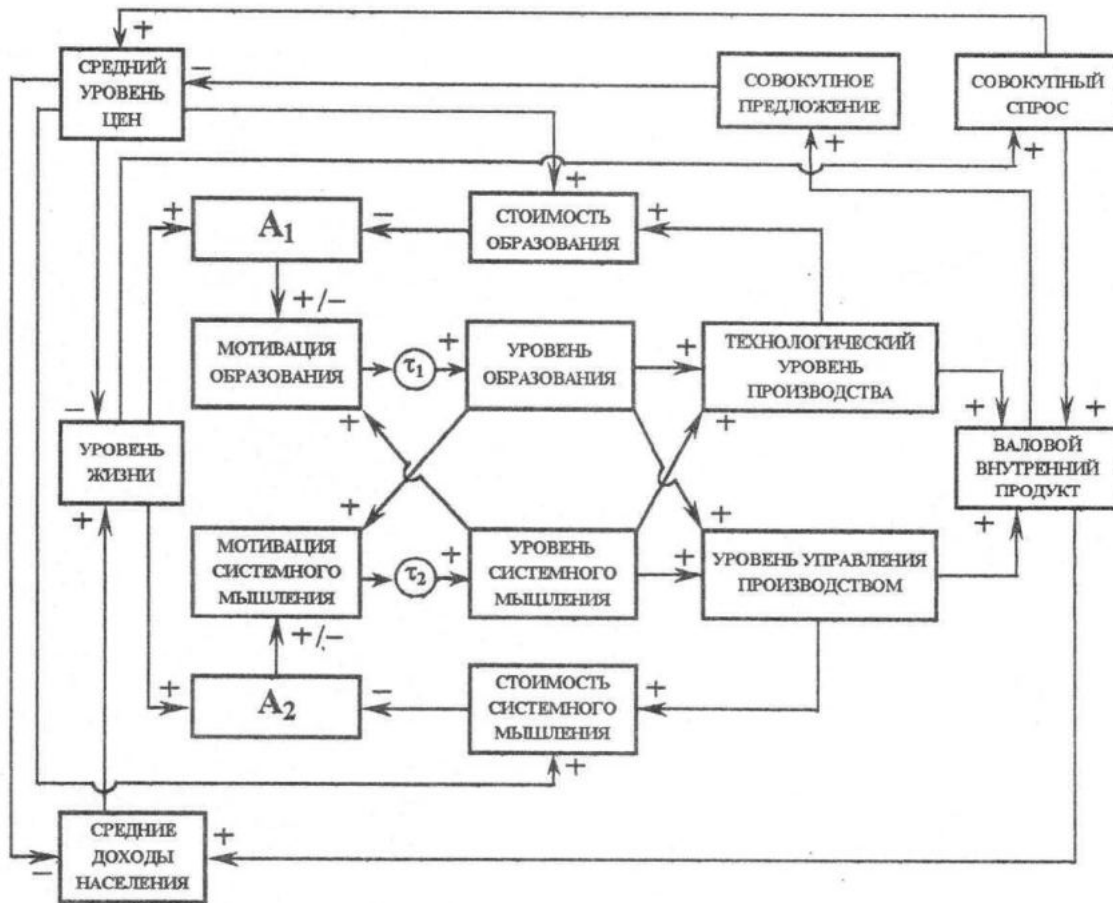


Рис. 1 – Концептуальная модель интегрированной общественно-экономической системы

2. Динамическая АВС модель общественно-экономического развития. Для создания имитационной динамической модели развития применим предложенный в [1] метод адаптивного баланса влияний (АВС метод). Введем обозначения для процессов, включенных в концептуальную модель: x_1 – уровень образования, x_2 – уровень системного мышления, x_3 – уровень жизни, x_4 – валовой внутренний продукт (ВВП), x_5 – стоимость образования, x_6 – стоимость системного мышления, x_7 – технологический уровень производства, x_8 – уровень организации и управления производством, x_9 – мотивация образования, x_{10} – мотивация системного мышления, x_{11} – совокупный спрос, x_{12} – совокупное предложение товаров и услуг, x_{13} – средний уровень цен, x_{14} – средний уровень доходов населения. Каждый из перечисленных процессов может быть представлен в АВС модели стандартным уравнением локального динамического баланса [1], в результате чего может

быть получена следующая система дифференциальных уравнений модели:

$$\begin{aligned}
 dx_1/dt &= x_1[1 - b_1 - c_1(x_1 - \tau_1\{a_{19}x_9\})], \\
 dx_2/dt &= x_2[1 - b_2 - c_2(x_2 - \tau_2\{a_{210}x_{10}\})], \\
 dx_3/dt &= x_3[1 - b_3 - c_3(x_3 - a_{314}x_{14} + a_{313}x_{13})], \\
 dx_4/dt &= x_4[1 - b_4 - c_4(x_4 - a_{47}x_7 - a_{48}x_8 - a_{411}x_{11})], \\
 dx_5/dt &= x_5[1 - b_5 - c_5(x_5 - a_{57}x_7 - a_{513}x_{13})], \\
 dx_6/dt &= x_6[1 - b_6 - c_6(x_6 - a_{68}x_8 - a_{613}x_{13})], \\
 dx_7/dt &= x_7[1 - b_7 - c_7(x_7 - a_{72}x_2 - a_{71}x_1)], \\
 dx_8/dt &= x_8[1 - b_8 - c_8(x_8 - a_{81}x_1 - a_{82}x_2)], \\
 dx_9/dt &= x_9[1 - b_9 - c_9(x_9 - a_{92}x_2 + A_1\{x_3, x_5\})], \\
 dx_{10}/dt &= x_{10}[1 - b_{10} - c_{10}(x_{10} - a_{101}x_1 + A_2\{x_3, x_6\})], \\
 dx_{11}/dt &= x_{11}[1 - b_{11} - c_{11}(x_{11} - a_{113}x_3)], \\
 dx_{12}/dt &= x_{12}[1 - b_{12} - c_{12}(x_{12} - a_{124}x_4)], \\
 dx_{13}/dt &= x_{13}[1 - b_{13} - c_{13}(x_{13} - a_{1311}x_{11} + a_{1312}x_{12})], \\
 dx_{14}/dt &= x_{14}[1 - b_{14} - c_{14}(x_{14} - a_{144}x_4 + a_{1413}x_{13})], \\
 A_1\{x_3, x_5\} &= IF\{x_3 - x_5 > 0; [1 - \exp(-\alpha_1 t)a_{95}x_5]; 0\}, \\
 A_2\{x_3, x_6\} &= IF\{x_3 - x_6 > 0; [1 - \exp(-\alpha_2 t)a_{106}x_6]; 0\}.
 \end{aligned}$$

Коэффициенты a_{ij} в этих уравнениях учитывают влияния на процесс x_i всех остальных процессов, а константы b и c устанавливают диапазоны изменения функций.

3. Имитационное моделирование сценариев развития. Расчеты по модели проводились для периода времени в 750 шагов. В проведенных вычислениях предполагалось, что изменение мотивации образования начинает сказываться на уровне образования с запаздыванием на 60 шагов по времени. Запаздывание уровня системного мышления по отношению к мотивации системного мышления было установлено на 30 шагов.

В первом эксперименте оценивалось влияние средних доходов населения на мотивацию образования и системного мышления. В начальный период времени 0 – 300 шагов уровень доходов x_{14} составлял около 5,4 безразмерных единиц (б.е., рис. 2а). Начиная с 300 шага, было имитировано уменьшение среднего уровня доходов населения, в результате чего уровень жизни так же начал падать. Как только уровень жизни оказался ниже стоимости образования, агент A_1 резко уменьшил мотивацию образования x_9 . Это отчетливо видно на рис. 2б. Через 60 шагов понизился и уровень образования x_1 (рис. 2а). В свою очередь, понижение уровня образования отразилось на мотивации системного мышления x_{10} . В конечном итоге понижение уровня образования и уровня системного мышления привело к падению технологического уровня производства x_7 и уровня управления производством x_8 (рис. 2б).

Во втором эксперименте исследовалось влияние уровня образования и уровня системного мышления на валовой внутренний продукт (ВВП) и на уровень жизни. В начальный период времени 0 – 250 шагов уровень жизни был выше стоимости образования. Поэтому наблюдался постепенный рост уровня образования x_1 и уровня системного мышления x_2 (с задержкой на 60 шагов). Это заметно на рис. 3 для начального периода времени. Предполагалось, что, начиная с 250 шага, были проведены мероприятия, которые способны вызвать резкий рост уровня образования. Эти мероприятия имитированы линейным ростом уровня образования после 250 шага.

Как следует из рис. 3, одновременно с ростом x_1 начал расти и уровень системного мышления x_2 . Оба эти фактора отразились на технологическом уровне производства x_7 и на уровне его организации x_8 . В результате начался заметный рост ВВП x_4 и про-

изошло некоторое увеличение роста уровня жизни x_3 . Предполагалось, что с 400 шага дополнительно к росту уровня образования были проведены мероприятия, направленные на подъем уровня системного мышления x_2 . Реакция модели хорошо видна на рис. 3. Она проявилась в резком увеличении темпов поста ВВП и существенном повышении уровня жизни на интервале времени 400 – 750 шагов.

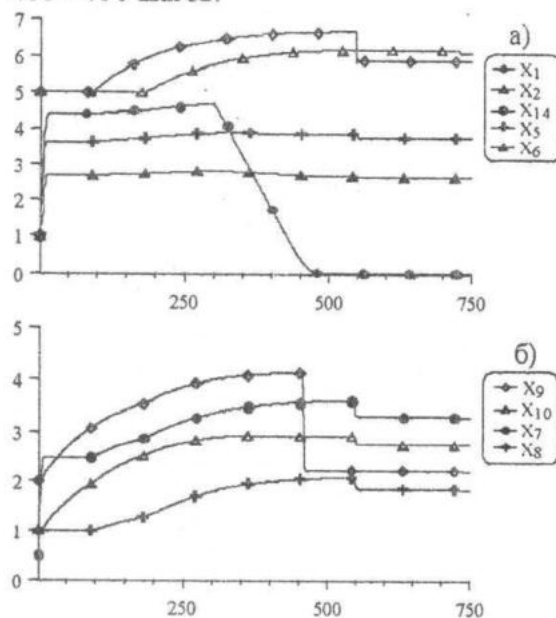


Рис. 2 – Влияние среднего уровня доходов населения на мотивацию образования и системного мышления

а) x_1 – уровень образования, x_2 – уровень системного мышления, x_{14} – средний уровень доходов, x_5 – стоимость образования, x_6 – стоимость системного мышления;

б) x_9 – мотивация образования, x_{10} – мотивация системного мышления, x_7 – технологический уровень производства, x_8 – уровень управления производством

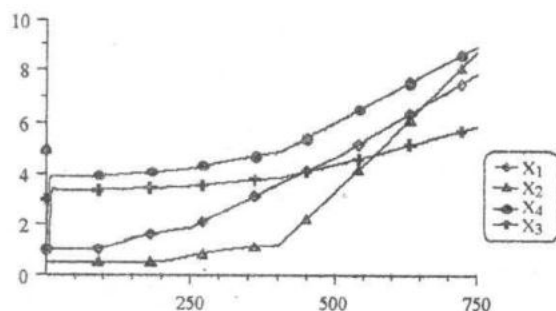


Рис. 3 – Влияние роста уровня образования и уровня системного мышления на валовой внутренний продукт (ВВП) и уровень жизни общества (x_1 – уровень образования, x_2 – уровень системного мышления, x_4 – ВВП, x_3 – уровень жизни)

Целью третьего эксперимента была демонстрация возможностей экономического развития путем снижения стоимости образования. В начале эксперимента стоимости образования и системного мышления были выше тех, которые соответствовали имевшемуся уровню жизни. Мотивация образования находилась на низком уровне ($x_9 = 0,6$ б.е.). Ее зависимость от стоимости образования и от уровня системного мышления были отключены агентами A_1 и A_2 .

В период времени с 90 по 160 шаг было произведено понижение стоимости образования x_5 с 4,3 до 2,5 б.е. В результате уменьшения величины x_5 на 120 шаге стоимость образования перешла пороговое значение, определявшееся уровнем жизни, и агент A_1 включил зависимости мотивации образования от влияющих на нее факторов. Этот момент времени соответствует точке пересечения кривых x_3 и x_5 на рис. 4. Мотивация образования резко возросла ($x_9 = 1,7$ б.е.). Как следствие, начал повышаться уровень образования x_1 . По цепочке причинно-следственных зависимостей $x_1 - x_4 - x_3$ (рис. 1) это привело к некоторому повышению уровня жизни x_3 .

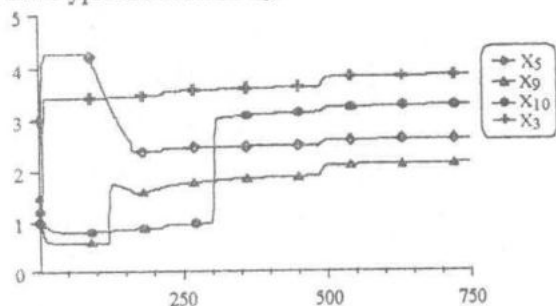


Рис. 4 – Влияние снижения стоимости образования на показатели общественно-экономического развития. (x_5 – стоимость образования, x_9 – мотивация образования, x_{10} – мотивация системного мышления, x_3 – уровень жизни)

Эффект положительного влияния уровня системного мышления на ВВП и, как следствие, на жизненный уровень населения был подтвержден в эксперименте, в котором в обществе поддерживалось стремление повысить уровень системного мышления.

Сценарии развития процессов в системе показаны на рис. 5а и 5б. Вместе с ростом уровня системного мышления отмечается рост производства и повышение жизненного уровня общества (рис. 5б).

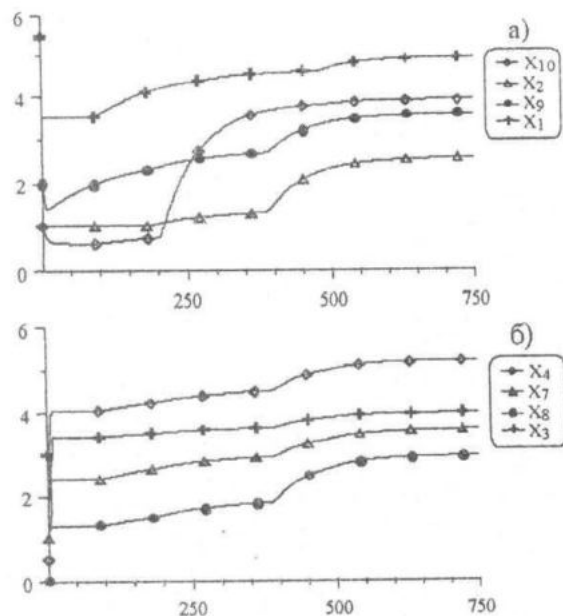


Рис. 5 – Сценарии общественно-экономического развития при росте мотивации системного мышления

а) x_{10} – мотивация системного мышления, x_2 – уровень системного мышления, x_9 – мотивация образования, x_1 – уровень образования;

б) x_4 – валовой внутренний продукт, x_7 – технологический уровень производства, x_8 – уровень управления производством, x_3 – уровень жизни населения

Проведенные вычислительные эксперименты показали, что относительно простая концептуальная модель общественно-экономической системы дает возможность качественно анализировать эффекты влияния уровня образования и уровня системного мышления на основные показатели социального и экономического развития общества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тимченко И.Е., Игумнова Е.М., Тимченко И.И. Системный менеджмент и ABC-технологии устойчивого развития. "Экосигидрофизика", Севастополь, 2000. - 225 с.
2. Timchenko I.E., Igumnova E.M. Timchenko I.I. Adaptive balance of causes in social ecological-economic systems. Proceedings of the XXI International conference of System Dynamic Society. New-York, 2003, URL: www.systemdynamics.org.