

## АВС – МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ СОЦИАЛЬНЫХ ЭКОЛОГО- ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

И.Е. Тимченко, Е.М. Игумнова,  
И.И. Тимченко

Морской гидрофизический институт  
НАН Украины

г. Севастополь, ул. Капитанская, 2

E-mail: timchenko@stel.sebastopol.ua

Название метода - Adaptive Balance of Causes (АВС) или адаптивный баланс влияний отражает сущность системных концепций причинности, динамического баланса и информационного единства в приложении к проблеме управления устойчивым развитием [1]. Общие положения метода заключаются в следующем:

1. Управляемая система вводится в соответствии с целевыми установками устойчивого развития и отображает процесс движения к целям теми прогнозными сценариями параметров состояния системы, которые характеризуют целевые установки.

2. Каждому параметру состояния соответствует универсальный системный модуль, представляемый в модели системы уравнением динамического баланса, которое выражает собой баланс тенденций (базовых влияющих функций).

3. Структура управляемой системы формируется из универсальных модулей и функций влияния, а также вспомогательных элементов, преобразующих влияния, направленные на конкретный модуль.

4. Управляемая система и ее отдельные модули находятся в состоянии динамического баланса, поддерживаемого внешними влияниями на систему. Эволюция параметров состояния формирует модельные сценарии развития.

5. Сравнение модельных и фактических сценариев развития за некоторый период времени позволяет ввести статистику отклонений, т.е. оценить качество

управления. На этом основан метод оценки влияющих функций и адаптации модели к реальности.

6. Данные наблюдений, поступающие в процессе управления развитием, усваиваются в численном алгоритме расчета прогнозных сценариев и обеспечивают адаптацию модельных сценариев к реальности.

**Сущность АВС - метода.** Общие положения метода заключаются в следующем.

Состояние равновесия в системе поддерживается двумя противоположно направленными тенденциями  $F^{(-)}(x)$  и  $F^{(+)}(x)$ . Эти тенденции зависят от значений параметра состояния  $x$  таким образом, что выполняется «условие баланса влияний»

$$F^{(-)}(x) + F^{(+)}(x) = 1 \quad (1)$$

Основное уравнение, представляющее динамику системного модуля, имеет следующее выражение

$$dx/dt = F^{(-)}(x) x - F^{(+)}(x) x \quad (2)$$

Если в качестве функции  $F^{(+)}(x)$  выбрать линейно растущую функцию, то решение уравнения (2) при любых начальных условиях  $x_0$  имеет вид

$$x = x_0 [2x_0 + (1 - 2x_0) \exp(-t)]^{-1}, \quad (3)$$

Отдельные модули объединяются в структуру модели системы при помощи функций влияния. Эти функции управляют тенденциями  $F^{(+)}(x)$  и  $F^{(-)}(x)$  и через них система реагирует на внешние воздействия. АВС-метод основан на двух гипотезах [1]. Первая гипотеза заключается в том, что всякое влияние сохраняет вид базовых функций влияния, но изменяет значения их аргументов. Это приводит к смещению графиков базовых функций, в результате чего их точки пересечения также смещаются. Но из уравнения локального динамиче-

ского баланса следует, что равновесное значение  $x^*$  соответствует точке пересечения базовых функций. Таким образом, внешнее влияние переводит модуль в новые равновесные состояния. Динамический баланс влияний означает непрерывное изменение равновесных состояний модулей как следствие оказываемых на них воздействий.

Вторая гипотеза связана с характером изменений, которые вносят воздействия на модуль в аргументы их базовых функций. Предполагается, что эти изменения сводятся к приращениям аргументов, пропорциональным интенсивностям влияний. Это означает, что в случае, когда базовые функции линейные, их аргументы складываются с функциями влияния  $F_{ji}$ . Если же и базовые функции влияния, и функции  $F_{ji}$  - степенные или экспоненциальные, то для обеспечения приращения аргументов базовых функций сами эти функции и функции влияния должны перемножаться.

Рассмотрим, например, два системных модуля  $x_1$  и  $x_2$ , влияющих друг на друга. Для случая линейных базовых функций модель системы, образованной путем соединения этих двух модулей,

будет иметь следующие динамические уравнения

$$\begin{aligned} \dot{x}_{1k} &= 2x_{1j} \{ 1 - F_{11}^{(+)} [x_{1j} + F_{21}(x_{2j}) + F_{01}(t_j)] \}, \quad (4) \\ \dot{x}_{2k} &= 2x_{2j} \{ 1 - F_{22}^{(+)} [x_{2j} + F_{12}(x_{1j}) + F_{02}(t_j)] \}. \end{aligned}$$

Когда все входящие в эти уравнения функции линейные, их можно записать в более простом варианте

$$\begin{aligned} \dot{x}_{1k} &= 2x_{1j} (1 - a_{11}x_{1j} - a_{21}x_{2j} - a_{01}x_{0j}^1), \quad (5) \\ \dot{x}_{2k} &= 2x_{2j} (1 - a_{22}x_{2j} - a_{12}x_{1j} - a_{02}x_{0j}^2). \end{aligned}$$

АВС - модель социального эколого экономического развития. Одним из основных положений устойчивого социального развития общества является требование справедливого распределения валового национального продукта (ВНП) между социальной и производственной сферами. Инвестирование капиталов в экономику имеет целью повысить производительность труда и обеспечить устойчивый экономический рост. Инвестирование капиталов в социальную сферу должно быть направлено на повышение жизненного уровня общества и общественного сознания в целом.

Концептуальная модель распределения инвестиций изображена на рис. 1.

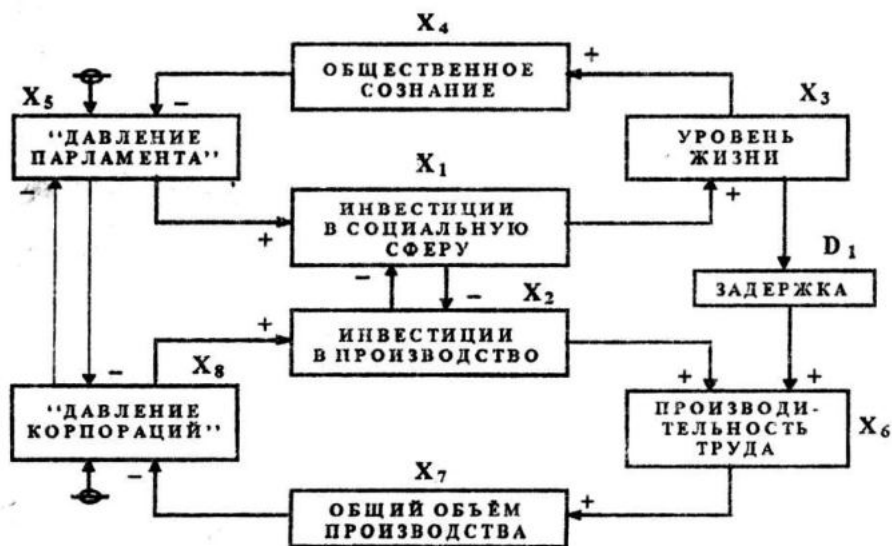


Рис. 1. Генерализованный баланс социально-экономической системы, обусловленный сохранением объема инвестируемого капитала.

Общество через государственные органы управления (парламент) контролирует часть национального дохода, направляемую в социальную сферу. Объем «социальных» инвестиций  $x_1$  определяет уровень жизни общества  $x_3$ . Общественное сознание  $x_4$  определяет отношение общества к существующему порядку получения и распределения ВВП. Понижение уровня общественного сознания усиливает социальную напряженность в обществе и увеличивает «давление парламента»  $x_5$ .

Инвестиции в производство  $x_2$  контролируют корпорации, которые заинтересованы в использовании национального дохода для повышения производительности труда  $x_6$ . В случаях, когда отмечается падение производства  $x_7$ , корпорации усиливают свое давление  $x_8$ . Как социальная, так и производственная сфера находятся в состоянии баланса, благодаря отрицательным обратным связям, действующим по цепям:  $x_1 - x_3 - x_4 - x_5 - x_1$  и  $x_2 - x_6 - x_7 - x_8 - x_2$ .

Пусть нижние индексы коэффициентов влияния  $a_i$  указывают на направление, откуда приходит влияние. Тогда уравнения ABC - модели принимают вид [1]:

$$\begin{aligned}x_{1k} &= 2x_{1j}[1 + b_1 - c_1(x_{1j} - a_5x_{5j} + a_2x_{2j})]; \\x_{2k} &= 2x_{2j}[1 + b_2 - c_2(x_{2j} - a_8x_{8j} + a_1x_{1j})]; \\x_{3k} &= 2x_{3j}[1 + b_3 - c_3(x_{3j} - a_1x_{1j})]; \\x_{4k} &= 2x_{4j}[1 + b_4 - c_4(x_{4j} - a_3x_{3j})]; \\x_{5k} &= 2x_{5j}[1 + b_5 - c_5(x_{5j} + a_4x_{4j} + a_8x_{8j})]; \\x_{6k} &= 2x_{6j}[1 + b_6 - c_6(x_{6j} - a_2x_{2j} + a_3D_{3j})]; \\x_{7k} &= 2x_{7j}[1 + b_7 - c_7(x_{7j} - a_6x_{6j})]; \\x_{8k} &= 2x_{8j}[1 + b_8 - c_8(x_{8j} + a_5x_{5j} + a_7x_{7j})]; \\D_{3j}^m &= [1 - \exp(-d\tau)]x_{3j-m}, \quad (\tau = 1, 2, \dots)\end{aligned}\quad (4)$$

Последнее из уравнений модели определяет запаздывание влияния уровня

жизни  $x_3$  на производительность труда  $x_6$ .

Для построения модели более сложной социально-экономической системы в концептуальную модель рис.1. были введены многие дополнительные параметры состояния системы: уровень жизни населения, уровень общественного сознания, уровень криминогенной обстановки, уровень образования и развития научных исследований, покупательная способность населения, уровень безработицы, расходы госбюджета и др. [1]. Кроме того, был добавлен эколого-экономический блок, изображенный на рис. 2. Общее число контролируемых параметров состояния системы, а следовательно и уравнений (4), было доведено до 31.

Проведенные эксперименты показали широкие возможности имитации различных сценариев развития. В частности был рассмотрен случай неоправданно большой денежной эмиссии, которую государственное управление системой может предпринять для покрытия дефицита госбюджета. Максимум эмиссии приходился на середину прогнозируемого сценария и соответствовал 75 шагу вычислений.

Реакция системы на увеличение денежной эмиссии представлена на рис. 3. С увеличением денежной эмиссии  $x_{18}^0$  уровень инфляции  $x_{18}$  сначала незначительно увеличивался, а затем, после 35 шага, он стал нарастать быстрее и достиг максимума на 95 шаге по времени. Максимум инфляции  $x_{18}$  отстал от максимума денежной эмиссии на 20 шагов. Поэтому на начальном этапе развития с 7 по 35 шаг инфляция еще мало влияла на систему. В ней наблюдался экономический рост, а инвестиции в социальную сферу  $x_1$  и в производство  $x_2$  были достаточно высокими. В дальнейшем начал резко увеличиваться уровень безработицы  $x_{14}$ , который достиг максимума на 110 шаге сценария. Инфляция привела к развитию других негативных процессов:



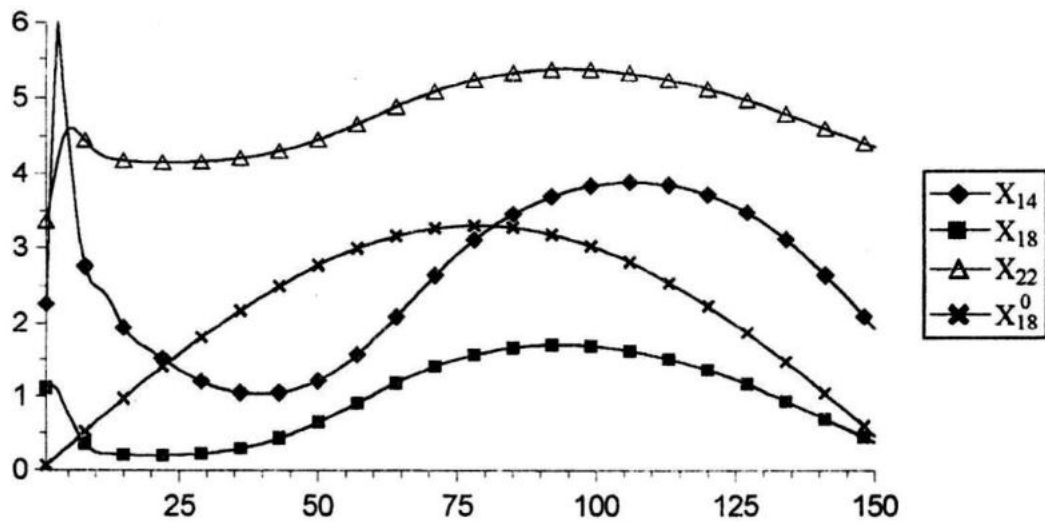


Рис. 3. Имитированная вариация денежной эмиссии ( $X_{18}^0$ ) и сопутствующая ей инфляция ( $X_{18}$ ).

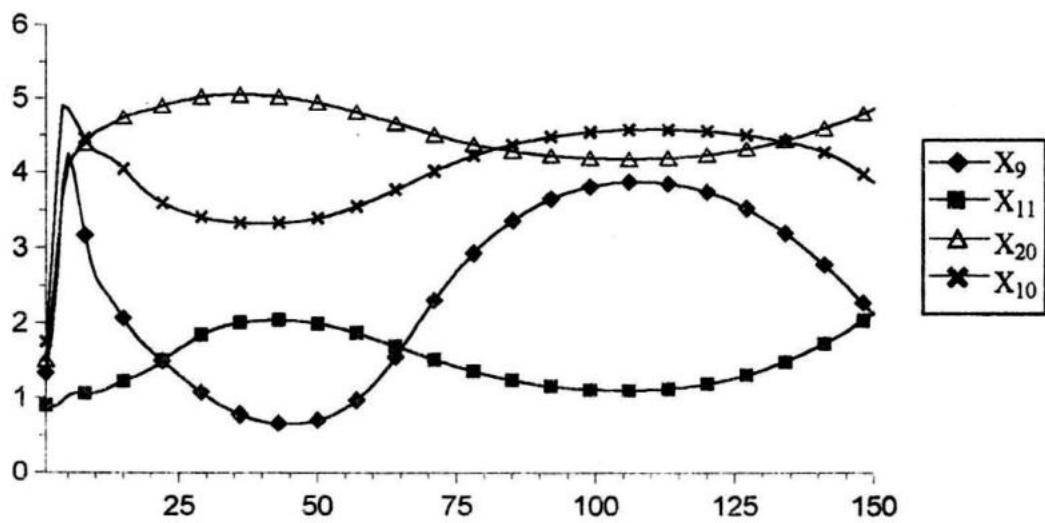


Рис. 4. Развитие социальной напряженности в обществе ( $X_9$ ) при вариации денежной эмиссии.

Проведенные вычислительные эксперименты с АВС - моделью социальной эколого-экономической системы показали, что на ее основе может осуществляться поддержка решений, принимаемых в процессе управления развитием. АВС - модели сложных систем привлекательны тем, что используют однотипные уравнения типа (1), дают быстро сходящиеся решения и относительно легко воспроизводят достаточно сложные сценарии динамических процессов в системах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Тимченко И.Е., Игумнова Е.М., Тимченко И.И. Системный менеджмент и АВС- технологии устойчивого развития. / НАН Украины. Морской гидрофизический институт. – Севастополь: «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2000 -224 с.