

УДК 330.43

## ЭКОНОМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОННОЙ ЭКОНОМИКИ В НЕПРЕРЫВНОМ ВРЕМЕНИ

БЕЛЯЦКАЯ Т.Н., заведующая кафедрой

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
г. Минск, Республика Беларусь

Ключевые слова: эконометрическая модель, электронная экономика.

Реферат: представлены подходы для эконометрического моделирования отдельных элементов электронной экономики, электронная экономика как системы с точки зрения управления ей, представленная система эконометрических моделей описывает электронную экономику на основе производственной функции, с включенным элементом динамического моделирования.

Электронная экономика основана на конвергенции информационных технологий, экономических законов, социума как участника всех процессов. С этой точки зрения, выделим следующие типы подсистем инфраструктуры электронной экономики: техническая; социальная; экономическая (прежде всего, финансовая, логистическая). В мировой практике применяется достаточно широкий перечень индексов, отражающих сравнительную динамику сложных социотехнических систем. Индекс сетевой готовности (Networked Rediness Index, NRI), ([weforum.org/girt](http://weforum.org/girt)), Индекс экономики знаний (Knowledge economy Index, KEI), [worldbank.org/kam](http://worldbank.org/kam) Индекс развития ИКТ (ICT Development Index, IDI), [itu.int/go/mis2015](http://itu.int/go/mis2015), Индекс корзины цен на ИКТ-услуги (ICT Price Basket Index, IPB), Индекс развития электронного правительства (E-Government Development Index, EGD), [cipran.org/e-goverment](http://cipran.org/e-goverment), Индекс электронного участия граждан (E-Participation Index, EPI). Однако, указанные индексы не в полной мере отражают состояние электронной экономики как новой структуры глобальной экономики. Данные индексы являются хорошим инструментом сравнительной оценки систем в их статике, однако не отражают электронную экономику с позиций системного анализа: не видна динамика системы, влияние факторов на переход из одного ее состояния в другое и другие важные кибернетические характеристики.

Теоретическое обоснование принципов моделирования процессов и систем электронной экономики приведено с целью обнаружения механизма управления, обеспечивающего устойчивость системы «электронная экономика». Особенности современных объектов управления (электронной экономики):

повышенная сложность и размерность, избыточность, многофункциональность, распределенность, унификация, однородность основных элементов, подсистем и связей;

структурная динамика, нелинейность и непредсказуемость поведения; иерархически-сетевая структура;

постоянное изменение правил и технологий функционирования, (изменение правил изменения технологий и самих правил функционирования);

наличие контуров отрицательной и положительной обратной связи, приводящих к режимам самовозбуждения (режимам с обострением);

наряду с детерминированным и стохастичным поведением, возможно хаотическое поведение;

ни один элемент не обладает полной информацией о системе в целом;

избирательная чувствительность на входные воздействия (динамическая робастность и адаптация);

время реагирования на изменения, вызванные возмущающими воздействиями, оказывается больше, чем время проявления последствий этих изменений, чем интервал между этими изменениями;

Предложенные подходы к построению модели отражают основные принципы кибернетики: важнейшим атрибутом любой системы являются механизмы управления, поддерживающие систему в целостном состоянии и обеспечивающие целесообразное ее поведение в пространстве и времени; управление есть то, что обеспечивает существование

системы, управление есть подсистема любой системы; управление есть целенаправленный процесс; управление в системе любой природы есть информационный процесс, заключающийся в сборе, передаче и переработке информации; регулярное и целенаправленное управление возможно только в замкнутом контуре, состоящем из управляющих и управляемых объектов, соединенных между собой прямыми и обратными линиями (цепями) связи;

Для того, чтобы моделировать управляющую систему необходимо задать систему «электронная экономика». Множественность подходов к определению экономической системы показывают, что экономические системы – многомерны и относятся к классу динамических систем. Электронная экономика относится к большим сложным динамическим системам со стохастической природой и для ее описания необходимо определить следующие ее параметры: множество выходов  $r \in \{R\}$ , множество элементов системы  $x \in \{X\}$ , множество моментов времени  $t \in \{T\}$ , множество входных воздействий  $u \in \{U\}$ , множество управляющих воздействий  $c \in \{C\}$ , множество возмущающих воздействий  $p \in \{F\}$  и множество состояний. Функция преобразования системы (первичная и вторичная, получаемая в результате применения механизма обратной связи) может быть описана системой дифференциальных уравнений при непрерывном времени которые определяют скорость преобразования во времени входных величин в выходные и системой разностных уравнений в дискретном времени. Задачи управления могут быть определены в трех континуальных аспектах: задача регулирования (сводится к поддержанию постоянства управляемой величины при заданном входном сигнале); задача стабилизации (сводится к формированию регулирующего воздействия, которое на основе доступной информации обеспечивает устойчивое осуществление заданного процесса, т.е. требуемого изменения состояния во времени); задача управления (сводится к переводу объекта управления из одного заданного состояния в другое).

Для построения модели представим систему «электронная экономика», определяя ее входы, выходы (рисунок 1).

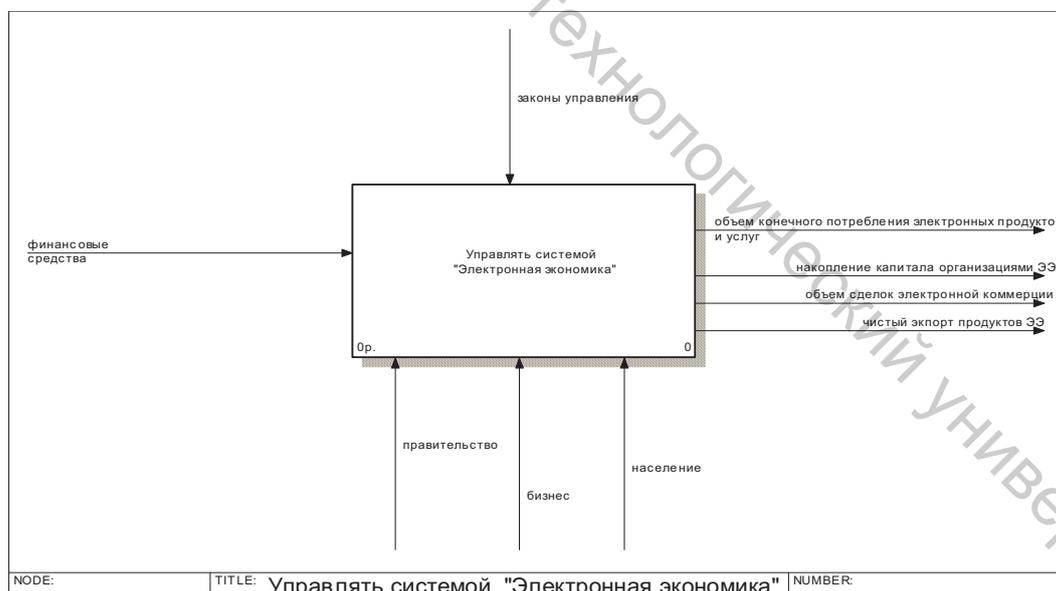


Рисунок 1 – Система «электронная экономика»

Систему электронной экономики опишем уравнениями (1) – (6).

$X(t)$  – интенсивность (скорость, темп) выпуска продуктов электронной экономики в момент времени  $t$ ,

$$X(t) = f[K(t), A(t)] \text{ – производственная функция.} \tag{1}$$

Например,  $f[K(t), A(t)] = A(t)[K(t)]^\alpha$ , (2)

$K(t)$  – основной капитал (средства), используемый в электронной экономике,  $A(t)$  – уровень ИКТ технологий. Динамика основного капитала может быть описана равенством (3).

$$dK(t) = [I(t) - \delta K(t)] dt, \quad (3)$$

где  $I(t)$  – инвестиции в основной капитал,  $\delta_K$  – норма амортизации.

Аппроксимируем (3):

$$\Delta K(t) = [I(t) - \delta K(t)] \Delta t, \quad (3')$$

Отсюда:

$$\begin{aligned} K(t + \Delta t) &= K(t) + [I(t) - \delta K(t)] \Delta t = \\ &= K(t) + I(t) \Delta t - \delta K(t) \Delta t \end{aligned} \quad (3'')$$

Здесь  $I(t) \Delta t$  инвестиции за промежуток времени  $[t, t + \Delta t]$ ,  $\delta K(t) \Delta t$  – амортизация за промежуток времени  $[t, t + \Delta t]$

Динамика уровня технологий описывается равенством:

$$dA(t) = \left( \frac{I(t) + R(t)}{K(t)} - \delta_A \right) dt, \quad (4)$$

где  $R(t)$  – интенсивность затрат на научные разработки в ИКТ.

Пусть

$$dI(t) = a_I dG(t), \quad (5)$$

где  $G(t)$  – инструмент(ы) государственной политики (условия инвестирования, индекс DBи пр.),  $a_I$  – коэффициент.

Пусть

$$dR = a_R dG(t), \quad (6)$$

где  $a_R$  – коэффициент.

Предполагая, что траектория  $G(t)$  задана экзогенно, принимаем, что динамика вектора  $[K(t), A(t), I(t), R(t)]$  описывается системой обыкновенных дифференциальных уравнений (3)–(6) при заданном начальном векторе  $[K(t_0), A(t_0), I(t_0), R(t_0)]$ , т.е. зная начальное состояние системы и траекторию  $G(t)$ , описывающую государственную экономическую политику, можно получить траектории компонент вектора  $Z(t) = [K(t), A(t), I(t), R(t)]$ , а следовательно, и траекторию  $X(t)$  (с помощью формулы (1)). Влияние параметров государственной политики на инвестиции (описываемое с помощью коэффициента  $a_I$ ) оценивается с помощью эконометрики (7).

$$\Delta I = a_I \Delta G. \quad (7)$$

#### Литература

1. Беяцкая, Т.Н. Предпринимательская активность в электронной экономике / Т.Н. Беяцкая, М.А. Амелин // "Наука и Инновации". – 2014, – № 11. – С. 50–52.
2. TatsianaBelianskaya Modeling e-Economy systems/E-gospodarka w EuropieSrodkowej I Wschodniej.Terazniejszosciperspektywyrozwoju// pod redakcjaRomanaSobieckiego. - Wydawnictwo KUL, Lublin, 2015 - С. 11-16
3. [http://www.bcg.com/expertise\\_impact/capabilities/digital\\_economy/default.aspx](http://www.bcg.com/expertise_impact/capabilities/digital_economy/default.aspx)
4. [http://de.statista.com/statistik/account\\_corporate/](http://de.statista.com/statistik/account_corporate/)

5. Аксень Э.М., Стохастическое моделирование динамики системы макропоказателей малой открытой экономики/ Э.М. Аксень[и др.] Конкурентные преимущества и модернизация экономики. – Минск, Мисанта, 2014

УДК 330.43

## **ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ. СУЩНОСТЬ И ПРИМЕНЕНИЕ АГЕНТНЫХ МОДЕЛЕЙ**

БОБКОВА В.В., студент

Белорусский государственный экономический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** имитационное моделирование, AnyLogic, агентное моделирование, customerbehaviorsimulator.

**Реферат:** в данной работе мы познакомимся с имитационным моделированием, выявим особенности поведения потребителей на рынке и обоснуем важность практического применения агентных моделей в экономике.

Одним из мощных инструментов, применимым не только для выработки наиболее приемлемой последовательности действий, но и в научных исследованиях, является имитационное моделирование. Использование этого типа моделей приобретает большое значение в экономике.

На уровне натурального хозяйства или ремесленничества один человек мог полностью охватить все экономические проблемы производства, сбыта и снабжения в пределах своего предприятия. С развитием общества экономические проблемы производства приобрели гораздо более сложный характер: понадобился штат специалистов, занимающихся вопросами закупок, сбыта, планирования производства, кредитования и т. д. В экономике стали возникать задачи, решать которые с достаточной точностью было трудно даже целой группе квалифицированных экономистов.

Основы метода имитационного моделирования разработаны профессором Дж. Форрестером (США) в начале 50-х годов нашего столетия. Наглядность и доступность его методики обусловили ее широкое применение в США и Западной Европе [1].

Суть метода имитационного моделирования состоит в том, что процесс функционирования сложной системы представляется в виде определенного алгоритма, который и реализуется на ЭВМ. По результатам реализации могут быть сделаны те или иные выводы относительно исходного процесса.

Рассматривая имитационное моделирование как средство решения проблем бизнеса, можно выделить три основных подхода:

- Дискретно-событийное моделирование;
- Системная динамика;
- Агентное моделирование.

Первые два подхода являются «традиционными» методами имитационного моделирования, появившимися в 50-60х годах. Агентное моделирование – относительно новый метод, получивший широкое практическое распространение только после 2000 года, но уже зарекомендовавший себя множеством «successstories». Системная динамика и дискретно-событийное моделирование рассматривают систему сверху вниз, работая на так называемом системном уровне. Агентное моделирование – это подход снизу-вверх: создатель модели фокусируется на поведении индивидуальных объектов.

Системная динамика предполагает высокий уровень абстракции и используется в основном для задач стратегического уровня. Процессно-ориентированный (дискретно-событийный) подход используется в основном на операционном и тактическом уровне. Спектр применения агентных моделей включает задачи любого уровня абстракции: агент может