

УДК 330.4+519.86

МОДИФИКАЦИЯ МОДЕЛИ НЕЙМАНА ДЛЯ ЧЕТЫРЁХСЕКТОРНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ С ВЫДЕЛЕННЫМ ЦЕНТРОМ УПРАВЛЕНИЯ

В.А. Пьянков

В статье представлено краткое описание построенной математической модели для четырёхсекторной экономической системы с выделенным центром управления. Определяются критерии верификации модели и излагаются результаты.

Ключевые слова: экономическая система; математическое моделирование; модели межотраслевого баланса.

Современная ситуация в экономической жизни страны является сложной. Насущной является проблема моделирования развития кризисных ситуаций в экономике. Поэтому модели, позволяющие анализировать различные сценарии развития экономических систем и делать различные прогнозы, являются особенно актуальными.

Целью исследования является построение имитационной модели экономической системы, которая позволит анализировать, сравнивать и отрабатывать различные сценарии экономического развития, различные системы правил экономической деятельности. Она должна отвечать на вопросы о том, какие эффекты могут возникнуть в экономике под действием различных факторов, как внешних, так и внутренних, как стратегия развития, внешние факторы и реакция на них взаимодействуют в динамике.

Задачи моделирования макроэкономического развития и его планирования нашли отражения во многих работах [4, 5]. Одной из самых широко используемых является модель межотраслевого баланса Леонтьева и динамические модели на её основе [4, 5].

Однако такие модели дают лишь общий ответ на вопрос, какой должна быть интенсивность производства при заданном уровне потребления. Смоделировать различные сложные сценарии с взаимодействием стратегии развития, внешними факторами воздействия на экономическую систему и реакцией на них со стороны экономики эти модели не могут.

Также при построении этих моделей на интенсивность производственных процессов, как на независимую переменную, не накладывается никаких ограничений, тогда как она в реальности она ограничена производительностью имеющихся в наличии производственных фондов (сектор основных средств), а также затрачиваемыми в ходе производства материалами и услугами (сектор оборотных средств и сектор услуг).

Более того, во многих имеющихся моделях предполагается, что выпуск продукции какой-либо отрасли происходит либо ровно в момент затрат необходимой продукции других отраслей (если модель непрерывна), либо в следующем шаге (если модель дискретна). Такое упрощение реальности является недопустимым, поскольку длительности производственных процессов являются величинами существенными по сравнению с величинами временных интервалов, на которых производится моделирование, а также сами длительности между собой существенно различны (от нескольких минут до нескольких лет). Необходимость учета такого фактора как длительность производственного цикла при анализе макроэкономических процессов неоднократно отмечалась известным российским экономистом М.Л. Хазиним [9]. Придавая особое значение этой особенности производственных процессов, он показал, что она является одной из важных составляющих, приведших к нынешнему финансово-экономическому кризису.

Таким образом, создаваемая модель должна:

- учитывать длительности производственных процессов;
- учитывать ограничения, налагаемые на интенсивность производственных процессов;
- давать возможность анализировать и сравнивать различные сложные сценарии экономического развития.

Экономика как система

Экономика представляется как система, производящая заданные объемы товаров и услуг.

Для этого системе необходимо, чтобы внутри нее производился определенный набор товаров и услуг конечного потребления (этот набор не обязательно совпадает с полной потребностью общества, что компенсируется импортом, т.е. связью с внешней средой). В свою очередь для производства этого набора необходимо множество промежуточных товаров и услуг. Для устойчивого существования экономической системы требуется, чтобы необходимый набор потоков товаров и услуг поддерживался неубывающим во времени. Функцию по производству различных товаров и услуг, то есть по генерации потоков, выполняют элементы – производственные процессы (отрасли).

Каждый производственный процесс представляет собой центр, распоряжающийся накопленными от потребленных потоков товарами и потоками потребляемых услуг с целью генерации определенного набора потоков товаров и услуг. Предполагается, что процесс лишь производит генерацию потока, величина которого зависит от параметров его функционирования, которые являются управляющими и задаются для него извне.

Каждый производственный процесс является элементарной единицей экономической системы. Этот элемент может как совпадать, так и не совпадать с понятием отрасли.

Основой такого деления служит способность того или иного центра распоряжения ресурсами к генерации из потребляемых потоков товаров и услуг нового потока. С этой точки зрения минимальным процессом может быть элементарный трудовой процесс одного человека.

Между собой и с внешней средой производственные процессы связаны потоками товаров и услуг, часть которых создается самой системой. Часть является связью с внешней средой – потоки экспорта и импорта.

Каждый из потоков востребован различными производственными процессами и внешней средой, в то же время он сам может складываться благодаря различным силам и воздействию внешней среды.

Помимо функции по генерации необходимых потоков товаров и услуг, как для промежуточного, так и для конечного потребления, возникает необходимость по управлению параметрами функционирования каждого из производственных процессов, распределением потоков внутри системы и регулированием потоков через границу системы.

Данная функция реализуется субъектом(-ами) управления, подсистемой управления, определяющей величины потребления каждым процессом требуемого им потока, объемы генерации каждым потоком

Таким образом, внутри экономической системы можно выделить две подсистемы:

- производственное ядро (конгломерат производственных процессов системы), генерирующее различные потоки товаров и услуг, промежуточного или конечного потребления;
- центр управления, регулирующий пропорции деления потоков между производственными процессами, а также потоки через границу (экспорт и импорт), и определяющий параметры функционирования каждого производственного процесса.

При этом подсистему производственных сил можно в свою очередь поделить на четыре сектора:

- сектор основных средств;
- сектор оборотных средств;
- сектор услуг;
- сектор товаров конечного потребления.

Центр управления может быть как единым субъектом, определяющим сразу все параметры функционирования производственного ядра, так и множеством субъектов, каждый из которых определяет параметры функционирования одного или нескольких процессов, а параметры распределения потоков в таком случае определяются некоторой системой правил.

Разделение единой экономической системы на две подсистемы – физическое ядро и центр управления – является еще одной особенностью разработанной модели. Благодаря этому можно изучать влияние на производственные процессы в различных целях разных систем правил, а также поз-

воляет тестировать гибриды разных систем правил, тогда как в подавляющем большинстве существующих моделей система правил взаимодействия субъектов управления производственными процессами совмещена с ними же, в результате чего при изменении правил модель становится нерабочей.

Финансовая система и денежные потоки в ней являются вспомогательной подсистемой центра управления, когда он представлен конгломератом субъектов, принимающих решения, и действующих на основе капиталистической системы правил. Взаимодействие субъектов, определение ими на основе системы правил пропорций распределения осуществляется посредством финансовой системы. Иными словами, финансовая система есть реализация определенной системы правил взаимодействия субъектов.

В финансовую систему здесь включаются различные денежно-кредитные и финансовые институты, потоки наличных и безналичных денег.

Поскольку современная ситуация характерна тем, что экономической системе России разрываются такие связи с внешней средой, как потоки определенных товаров и услуг, а также связи на уровне финансовой системы, вследствие чего привычная система управления становится недееспособной, то предлагаемое описание экономической системы видится вполне адекватным.

Математическая модель производственного ядра

Пусть имеется множество величин $F(t) = \{f(t)\}$, изменяющихся во времени $t = 0, 1, 2, \dots, t_N$, представляющих потоки товаров и услуг, и множество величин $X(t) = \{x(t), x(t) = x(F'(t - \tau_{f,x})), F' \subset F\}$, представляющих интенсивности всех возможных производств, действующих на заданном множестве потоков, где $\tau_{f,x}$ – временная задержка, характерная для данной производства $x(t)$ при использовании ресурса $f(t)$, иными словами это временной лаг, показывающий задержку воздействия ресурса $f(t)$ на производство $x(t)$.

В качестве отправной точки для дальнейших рассуждений взята модель Неймана [5].

Пусть задан набор производств $x_j(t) \in X(t)$, $j \in J$, характеризуемых парами векторов $(a_i, b_i)_j$ – коэффициентами выпуска и затрат потоков $f_i(t)$, $i \in I$ при единичной интенсивности процесса $x_j(t)$.

Потоки складываются от работы всех производственных сил в данный момент:

$$f_i(t) = \sum_{j \in J} a_{ij} x_j(t); \quad \forall i \in I. \quad (1)$$

Интенсивность каждого производственного процесса ограничена производительностью основных фондов, количеством оборотных фондов и потоком оказываемых услуг. Производительность каждого из основных фондов –

интенсивность производства, которую он может обеспечить при своей полной загрузке и полном достатке оборотных средств и прилагающихся услуг.

Каждый из основных, оборотных фондов и услуг, используемых тем или иным производственным процессом, зависит от соответствующих потоков $f_i(t)$, $i \in I$. Также тот или иной поток может быть расценен производственным процессом либо как поток основных фондов, либо как поток оборотных средств, либо как поток услуг.

Предельная производительность фонда $F_{ij}^\varepsilon(t)$ процесса $x_j(t)$, зависящая от определенного потока товаров $f_i(t)$, $i \in I$, представляет собой накопленную величину потока этого товара $p_{ij}(t)f_i(t)$, умноженную на коэффициент c_{ij} , за вычетом накопленной интенсивности процесса $x_j(t)$, умноженной на коэффициент d_{ij} , что отражает износ основных фондов в хорде их работы:

$$F_{ij}^\varepsilon(T) = \sum_{t=0}^T [c_{ij}p_{ij}(t)f_i(t) - d_{ij}x_j(t)], \quad \forall j \in J, i \in \varepsilon_j(I). \quad (2)$$

Далее, как было указано выше, в ходе функционирования, производственный процесс потребляет b_{ij} оборотных фондов на единицу интенсивности в момент времени $t - \tau_{ij}$, $\forall j \in J, i \in \theta_j(I)$.

К моменту времени T в распоряжении процесса $x_j(t)$ будет $\sum_{t=0}^T [p_{ij}(t)f_i(t) - b_{ij}x_j(t)]$, $\forall j \in J, i \in \theta_j(I)$ каждого из оборотных фондов процесса $x_j(t)$. Тогда предельная производительность оборотных фондов в момент T будет определяться как:

$$F_{ij}^\theta(T) = \frac{1}{b_{ij}} \sum_{t=0}^T [p_{ij}(t)f_i(t) - b_{ij}x_j(t)], \quad \forall j \in J, i \in \theta_j(I). \quad (3)$$

Потребление услуг $f_i(t)$, $i \in \gamma_j(I)$ процессом $x_j(t)$ происходит мгновенно в момент времени $t - \tau_{ij}$, что ограничивает интенсивность $x_j(t)$ величиной $\min_{i \in \gamma_j(I)} b_{ij}p_{ij}(t - \tau_{ij})f_{ij}(t - \tau_{ij})$.

Таким образом, интенсивность производственного процесса $x_j(t)$ определяется как:

$$x_j(t) = \min \left[\begin{array}{l} \eta_j(t - \tau_{ij}) \min_{i \in \varepsilon_j(I)} F_{ij}^\varepsilon(t - \tau_{ij}); \\ \min_{i \in \theta_j(I)} F_{ij}^\theta(t - \tau_{ij}); \\ \min_{i \in \gamma_j(I)} b_{ij}p_{ij}(t - \tau_{ij})f_{ij}(t - \tau_{ij}) \end{array} \right], \quad (4)$$

где $\eta_j(t)$ – загрузка основных фондов в момент времени t .

В конечном счете, подсистема центров распоряжения ресурсами описывается следующими соотношениями:

$$\begin{aligned}
 f_i(t) &= \sum_{j \in J} a_{ij} x_j(t); \quad \forall i \in I; \\
 x_j(t) &= \min \left[\begin{array}{l} \eta_j(t - \tau_{ij}) \min_{i \in \varepsilon_j(I)} F_{ij}^\varepsilon(t - \tau_{ij}), \\ \min_{i \in \theta_j(I)} F_{ij}^\theta(t - \tau_{ij}), \\ \min_{i \in \gamma_j(I)} b_{ij} p_{ij}(t - \tau_{ij}) f_{ij}(t - \tau_{ij}) \end{array} \right]; \\
 F_{ij}^\varepsilon(T) &= \sum_{t=0}^T [c_{ij} p_{ij}(t) f_i(t) - d_{ij} x_j(t)], \quad \forall j \in J, i \in \varepsilon_j(I); \\
 F_{ij}^\theta(T) &= \sum_{t=0}^T \left[\frac{1}{b_{ij}} p_{ij}(t) f_i(t) - x_j(t) \right], \quad \forall j \in J, i \in \theta_j(I).
 \end{aligned} \tag{5}$$

Верификация

В литературе не раз упоминались сложности численной проверки моделей такого рода: начиная от отсутствия данных по имеющимся производственным мощностям, заканчивая неполнотой данных межотраслевых балансов или же их полным отсутствием.

Тем не менее, имеются явления в экономических системах, которые данные модели должны воспроизводить: кризисы перепроизводства и кризисы недостаточной эффективности капитала [4, 6, 8, 9].

Данные типы кризисов характерны для капиталистической системы управления. В ходе проведенных экспериментов были воспроизведены кризисы перепроизводства.

Кризис недостаточной эффективности капитала связан с ростом экономической системы капитализма, заключающимся в углублении разделении труда, которое упирается в ограничение рынков сбыта готовой продукции. Подробнее об этом кризисе написано в [8,9].

Для воспроизведения такого типа кризиса модель должна быть существенно доработана. Необходимо, чтобы в модели был описан процесс углубления разделения труда.

Также были найдены данные по межотраслевому балансу Российской Федерации на 2006 г. В настоящий момент ведется адаптация данных и выяснение вопроса возможности верификации модели по имеющимся данным.

Библиографический список

1. Пьянков, В.А. Имитационное моделирование экономических систем на основе принципов физической экономики. / В.А. Пьянков, А.Д. Липенков // Математическое и статистическое исследование социально-экономических процессов. – 2011 – № 3. – С. 21–28.

2. Лихтенштейн, В.Е. Введение в теорию развития. / В.Е. Лихтенштейн, Г.В. Росс. – М.: Финансы и статистика, 2011.
3. Пьянков, В.А. Управление нагрузкой отраслей и межотраслевыми поставками в математической модели абстрактной замкнутой экономической системы / В.А. Пьянков // ITIDS+RRS '2014 Proceedings. – 2014. – С. 104–108.
4. Петров, В.П. Стоимость. Деньги. Экономические кризисы перепроизводства / В.П. Петров. – М.: Либроком, 2012. – 104 с.
5. Шикин, Е.В. Математические методы и модели в управлении / Е.В. Шикин, А.Г. Чхартишвили. – М.: КДУ, 2009. – 440 с.
6. Люксембург, Р. Накопление капитала // Р. Люксембург. – М.: Государственное социально-экономическое издательство, 1931. – 504 с.
7. Люксембург, Р. Введение в политическую экономию / Р. Люксембург. – М.: Красанд, 2010. – 232 с.
8. Смит, А. Исследование о природе и причинах богатства народов. В 2 т. / А. Смит. – М.: Собрание, 2011. – 864 с.
9. Типы кризиса при капитализме. – URL: <http://worldcrisis.ru/crisis/1763699/>.