

ЛИТЕРАТУРА

1. Варданян Л.Е. Пути и методы совершенствования организации машиностроительного производства. - Ереван: Айастан, 1985. - 160 с.
2. Петров В.А., Масленников А.Н. Программно-целевая организация производства и оперативного управления. - Л.: Ленииздат, 1984. - 176 с.
3. Фомян Я.А., Тарловский Г.Р. Статистическая теория распознавания образов. - М.: Радио и связь, 1986. - 263 с.
4. Уотерман Д. Руководство по экспертным системам. - М.: Мир, 1989. - 318 с.

ГИУА

20.10.1996

Изв. НАН и ГИУ Армении (сер. ТН), т. L, № 1, 1997, с. 51- 56.

УДК 62.529

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

С.Ш. БАЛАСАНЯН, Т.Ж. ПОГОСЯН

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕНЕЖНОГО ОБРАЩЕНИЯ

Մշակված է ՀՀ դրամաշրջանառության քաղաքականության մոդել, որը հաշվի է առնում շուկայական տնտեսության անցման շրջանին բնորոշ պատահական գործոնների ազդեցությունը և հնարավորություն է ընձեռում նմանակային գիտափորձերի միջոցով քննարկել դրամավարկային քաղաքականության հնարավոր տարբերակներ:

Разработана имитационная модель обращения РА, которая учитывает влияние случайных факторов, характерных переходному периоду к рыночной экономике, и дает возможность с помощью имитационных экспериментов обсуждать возможные варианты денежно-кредитной политики.

Библиогр.: 4 назв.

A computer simulation model of money circulation has been developed. The model accounts various random factors influencing economics in transition and enables to exercise monetary policy by means of simulation experiments.

Ref. 4.

Учитывая, что банковская система РА, являющаяся одним из центральных звеньев системы финансовых структур, еще находится в процессе формирования и вместе с развитием рыночной экономики будет динамически развиваться, возникает острая необходимость в разработке математической модели денежного обращения РА, что дает возможность рассматривать альтернативные варианты денежно-кредитной политики (ДКП) и выбрать из них наилучший, не прибегая к нежелательным натурным экспериментам с непредсказуемыми последствиями.

Очевидно, переход экономики РА к свободной рыночной системе происходит под влиянием многочисленных случайных факторов и непредсказуемых явлений, характерных переходному периоду и обусловленным нынешним состоянием республики. Кроме того, реальные рыночные процессы носят вероятностный характер. Указанные обстоятельства препятствуют построению математической модели денежного обращения в аналитическом виде. Исходя из этого, в данной

работе разработана имитационная модель денежного обращения РА, базирующаяся на эконометрической модели денежного сектора [1, 2]. Разработанная модель, в отличие от базовой, учитывает реальное влияние на процесс денежного обращения случайных факторов и предоставляет возможность исследовать воздействие различных вариантов ДКП Центрального банка РА, реализуемой через коммерческую банковскую систему на следующие эндогенные переменные, характеризующие кратковременные и промежуточные цели ЦБ: средства обращения (находящиеся в обращении наличные деньги) y_1 , бессрочные и срочные вклады y_2, y_3 , объем закладных на недвижимость y_4 , процентные ставки на государственные облигации и на закладные y_5, y_6 .

Экзогенные переменные модели подразделяются на две группы.

Первая группа включает следующие средства воздействия ЦБ (управляющие переменные): долгосрочный долг бюджета по ценным бумагам g_1 , правительственные депозиты g_2 , суммарный объем средств обращения и собственных средств банков g_3 , процентные ставки обязательных резервов по отношению к бессрочным вкладам и срочным вкладам g_4, g_5 , учетная ставка ЦБ g_6 .

Вторая группа включает следующие неденежные переменные, характеризующие состояние других секторов экономики и учитывающие влияние сезонных колебаний: общественное благосостояние (валовой внутренний продукт) x_1 , личный доход, остающийся после уплаты налогов x_2 , финансовые инвестиции x_3 , суммарная стоимость недвижимости x_4 , квартальные логические переменные (L_{i-1}, L_i) (L_i принимает значение 1 для рассматриваемого i -го квартала и 0 - для остальных кварталов).

В качестве переменных состояния, которые позволяют описывать механизм воздействия ДКП на эндогенные переменные, выбраны следующие величины: объемы коммерческих ссуд и государственных ценных бумаг z_1, z_2 , заимствованные и избыточные резервы z_3, z_4 , свободные средства z_5 , обязательные и полные резервы z_6, z_7 , процентные ставки на коммерческие ссуды, государственные ценные бумаги, облигации казначейства и на срочные вклады z_8, z_9, z_{10}, z_{11} , показатель ликвидности активов банков (отношение объема коммерческих ссуд к суммарному объему вкладов) z_{12} .

Математическая модель денежного обращения включает следующие функциональные уравнения и тождества, описывающие зависимости между приведенными выше переменными:

$$z_1(t) = a_{10} + a_{11}z_1(t-1) + a_{12}\Delta(z_6(t)z_{10}(t) + a_{13}\Delta(z_2(t)z_3(t)) + a_{14}x_1(t) + \sum_{i=1}^n d_{1i}l_i, \quad (1)$$

$$z_2(t) = a_{20} + a_{21}z_2(t-1) + a_{22}z_3(t) + a_{23}z_6(t)z_9(t) + a_{24}x_1(t), \quad (2)$$

$$z_3(t) = a_{30} + a_{31}z_3(t-1) + a_{32}z_4(t) + a_{33}z_5(t) + a_{34}z_6(t)g_6(t), \quad (3)$$

$$z_4(t) = z_3(t) + z_5(t), \quad (4)$$

$$z_5(t) = g_3(t) - y_1(t-1) - z_6(t), \quad (5)$$

$$z_6(t) = g_4(t)(y_2(t-1) + g_2(t)) + y_3(t-1)g_5(t), \quad (6)$$

$$z_7(t) = z_4(t) + z_6(t), \quad (7)$$

$$z_8(t) = a_{8,0} + a_{8,1}z_4(t-1) + a_{8,2}\Delta g_5(t) + a_{8,3}z_{12}(t-1), \quad (8)$$

$$z_9(t) = a_{9,0} + a_{9,1}z_9(t-1) + a_{9,2}\Delta g_6(t), \quad (9)$$

$$z_{10}(t) = a_{10,0} + a_{10,1}z_{10}(t-1) + a_{10,2}\Delta g_5(t) + a_{10,3}\Delta(z_4(t)/z_6(t)), \quad (10)$$

$$z_{11}(t) = a_{11,0} + a_{11,1}z_{11}(t-1) + a_{11,2}z_{12}(t-1), \quad (11)$$

$$z_{12}(t) = z_1(t)/(y_1(t) + y_2(t)), \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \hat{y}_1(t) = & b_{1,0} + b_{1,1}y_1(t-1) + b_{1,2}y_2(t) + b_{1,3}z_{11}(t)x_1(t) + \\ & + b_{1,4}g_3(t) + \sum_{i=1}^4 d_{1,i}l_i + u_1, \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \hat{y}_2(t) = & b_{2,0} + b_{2,1}y_2(t-1) + x_1(t)(b_{2,2}z_{11}(t) + b_{2,3}z_{10}(t)) + b_{2,4}x_2(t) + \\ & + b_{2,5}g_4(t) + \sum_{i=1}^4 d_{2,i}l_i + u_2, \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} \hat{y}_3(t) = & b_{3,0} + b_{3,1}y_1(t-1) + x_1(t)(b_{3,2}z_{10}(t) + \\ & + b_{3,3}z_{11}(t)) + b_{3,4}g_5(t) + \sum_{i=1}^4 d_{3,i}x_{5,i} + u_3, \end{aligned} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} \hat{y}_4(t) = & b_{4,0} + b_{4,1}y_4(t-1) + x_1(t)(b_{4,2}y_4(t) + \\ & + b_{4,3}z_8(t)) + b_{4,4}x_1(t)x_2(t) + \sum_{i=1}^4 d_{4,i}l_i + u_4, \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} \hat{y}_5(t) = & b_{5,0} + b_{5,1}y_5(t-1) + b_{5,2}\Delta z_{10}(t) + b_{5,3}z_{12}(t-1) + \\ & + b_{5,4}\Delta g_1(t) + \sum_{i=1}^4 d_{5,i}l_i + u_5, \end{aligned} \quad (17)$$

$$\hat{y}_6(t) = b_{6,0} + b_{6,1}y_6(t-1) + b_{6,2}\Delta z_{10}(t) + u_6, \quad (18)$$

где $t, (t-1)$ — текущий и предыдущий кварталы; $\Delta(\bullet)$ — приращение значения переменной за текущий кварталы; a_{ij}, b_{ij}, d_{ij} — константы (коэффициенты уравнений), $u_j, j = 1, 6$ — случайные величины, с помощью которых формализуется воздействие случайных факторов на процесс денежного обращения.

Центральной частью модели является подмодель банковских резервов, включающая уравнения (3), (5) и (6). Эта модель описывает распределение суммарного объема собственных средств и средств обращения (переменной g , описывающей операции ЦБ на открытом рынке) между ее компонентами: средствами обращения y_1 , обязательными резервами z_6 и свободными средствами z_7 . Разбиение полных резервов на составляющие z_1, z_2, z_6 обусловлено различными способами их определения.

Обязательные резервы определяются тождеством (6) и уравнениями вкладов (14) и (15), где важную роль играет основное средство воздействия ЦБ на открытом рынке (переменная g_1).

Свободные средства Z_4 определяются тождеством (5), как разность между переменной g_1 и суммарным объемом спроса на средства обращения и обязательные резервы.

Заемствованные резервы Z_3 определяются потребностью банков (3), зависящей от явных и неявных ограничений, налагаемых ЦБ на переменные g_1, g_2, g_3 и на другие переменные.

Уравнения (3) - (7) и (13) описывают следующий механизм воздействия переменной g_1 на процесс установления уровня резервов: уменьшение g_1 приводит к уменьшению объемов вкладов и средств обращения, т.е. к уменьшению величины обязательных резервов, и банковская система с целью восстановления желаемого уровня свободных средств стремится к равновесию. Таким образом, при неизменном уровне свободных средств банковская система вынуждена сделать выбор между увеличением объема резервов и коэффициента использования существующих резервов.

Функционирование кредитных рынков описывается тремя подмоделями, каждая из которых включает по два уравнения.

Рынок коммерческих ссуд описывается уравнениями (11) и (8). Входящая в состав (8) переменная Z_{12} учитывает внутреннее ограничение, наложенное на расширение активов банка. Уравнения (17) и (18) описывают рынок залговых и недвижимых. Включение этих уравнений в состав модели денежного обращения обуславливается тем, что поддержание нормальных потоков фондов в упомянутом рынке является одной из основных целей ЦБ. Рынок государственных ценных бумаг описывается уравнениями (2) и (9) соответственно краткосрочных и долгосрочных процентных ставок на эти активы. Включение указанной подмодели в состав модели денежного обращения обусловлено тем, что основным средством воздействия ЦБ на банковскую систему являются ценные бумаги казначейства.

Уравнение (11) описывает изменение процентной ставки на срочные вклады Z_{11} в зависимости от изменения давления на банковскую систему, осуществляемого через ограничение на расширение активов Z_{12} .

Рассмотренные выше подмодели позволяют совместно с уравнениями (13)-(18) имитировать на компьютере процесс денежного обращения как дискретный вероятностный процесс.

Переменная Y_2 , включенная в состав уравнения (13), наряду со средствами обращения является компонентой денежной массы, а процентная ставка срочных вкладов Z_{11} умножается на благосостояние X_1 , чтобы оно имело денежную размерность и отражало изменение цен. Наличие в (13) переменной g_1 отражает существенную связь между политикой ЦБ и объемом средств обращения, а учет квартальных переменных позволяет рассматривать сезонные колебания в спросе на средства обращения. Структура (14) аналогична структуре предыдущего уравнения. Здесь также включены произведение $Z_{12} \cdot X_1$ и переменная g_2 . С помощью переменной

x_2 учитывается влияние изменения личных доходов на объемы бессрочных вкладов. Включение в уравнение (14) произведение $z_{10} \cdot x_1$ отражает влияние минфина (казначейства) на объемы бессрочных вкладов. Структура уравнений (15) - (18) проста и в особом пояснении не нуждается. Присутствующие в (15)-(18) произведения, содержащие переменную x_1 , включены с той же целью, что и в уравнении (13).

С помощью переменной z_{11} , включенной в уравнение (17), учитывается влияние внутренних ограничений, налагаемых на расширение активов банка, процентную ставку ценных бумаг минфина (казначейства). На эту ставку влияет также изменение процентной ставки на облигации казначейства, которая, в свою очередь, оказывает существенное влияние на процентную ставку срочных вкладов (см. уравнение (18)).

Аддитивное влияние различных внутренних и внешних случайных факторов на эндогенные переменные учитывается с помощью коррелированных между собой нормально распределенных случайных величин u_j , $j=1,6$ с математическими ожиданиями 0 и дисперсиями σ_j^2 , $j=1,6$.

На основании статистических данных, полученных в процессе функционирования банковской системы РА за 1994-1996 гг. и применения эконометрического пакета программ Eviews (WINDOWS) произведена оценка коэффициентов уравнений (1) - (18). Оценены также среднеквадратические отклонения эндогенных переменных, коэффициент детерминации R^2 и D - статистика Дарбина-Уотсона для каждого уравнения, которые характеризуют их адекватность и пригодность.

С учетом статистических данных и уравнений (13)-(18) произведена также оценка ковариационной матрицы $\text{COV}(u_1, u_2, \dots, u_6)$ и дисперсий случайных величин u_j , $j=1,6$, которые необходимы для имитации их возможных реализаций на компьютере. В соответствии с соотношениями (1) - (18) разработана блок-схема моделирующего алгоритма процесса денежного обращения и составлена имитационная программа на языке C++ (WINDOWS). Модель обладает удобством проведения машинных экспериментов и необходимыми программными средствами обработки и отображения их результатов.

Кроме оценки адекватности отдельных подмоделей, с помощью коэффициента R^2 и D-статистики с применением прагматического подхода [1, 3] оценивались адекватность и пригодность разработанной имитационной модели в целом. В соответствии с этим подходом статистические данные о реальном процессе денежного обращения сравнивались с результатами машинных экспериментов. Сравнение фактических и имитированных временных зависимостей эндогенных переменных позволило визуально убедиться в их довольно хорошем совпадении. Применению более точных методов (спектральный анализ и т.п. [1, 3, 4]) для оценки адекватности разработанной модели препятствует малый объем статистических данных, использованных при построении модели, что обусловлено кратковременной деятельностью банковской системы РА, созданной в 1994 г.

С целью оценки чувствительности имитационной модели к различным вариантам ЛКП и определения направлений изменения эндогенных

переменных, проводились следующие машинные эксперименты. При первом эксперименте рассматривался вариант ДКП, предполагающий уменьшение суммарного объема средств обращения и собственных средств банков (переменная g_1) на 0,25%. При втором и третьем экспериментах были увеличены процентные ставки на бессрочные g_4 и срочные g_5 вклады на 0,5%. Четвертый эксперимент осуществлялся при увеличении учетной ставки ЦБ на 0,5%.

На основании анализа результатов машинных экспериментов сделаны следующие основные выводы.

1. Во всех экспериментах наблюдаемые изменения эндогенных переменных и переменных состояния вследствие изменения управляющих переменных в основном подтверждают предположения об ожидаемых последствиях рассматриваемых вариантов ДКП и соответствуют логике и закономерностям реального процесса денежного обращения. Это свидетельствует о соответствии поведения разработанной модели и реального процесса денежного обращения.

2. Имитационная модель достаточно чувствительна к различным вариантам ДКП, что позволяет использовать ее для выбора наилучшего варианта ДКП.

3. Сравнительно низкая чувствительность некоторых эндогенных переменных связана с отсутствием в составе модели других секторов экономики.

С целью дальнейшего усовершенствования разработанной модели предусматривается включить в ее состав подмодели производственного и тех других неденежных секторов, которые взаимодействуют с процессом денежного обращения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нейлор Т. Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем. - М.: Мир, 1975. - 500 с.
2. Ford J.I. Current Issues in Open Economy Macroeconomics. Paradoxes, Policies and Problems. - Aldershot, Hants: Edward Elgar, 1990. - 223 p.
3. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем - Искусство и наука. - М.: Мир, 1978. - 418 с.
4. Box G.E.P., Jenkins G.M., Reinsel G.C. Time Series Analysis. Forecasting and Control. - Prentice-hall: Englewood Cliffs, N.J., 1994. - 598 p.

ГИУА

20.11.1997