

О МОДЕЛИРОВАНИИ МАКРОДИНАМИКИ ЭКОНОМИКИ ПЕРЕХОДНОГО ПЕРИОДА

Эрнест Аксень

В статье описаны подходы, которые разработаны для моделирования макроэкономики экономики переходного типа и позволяют учитывать финансовые риски и гиперинфляционные опасения. Предлагаемая методика позволяет строить стохастические модели для исследования влияния государственной экономической политики на динамику макроэкономических показателей.

1. Краткий обзор существующих подходов к макроэкономическому моделированию

Прежде всего отметим, что, на наш взгляд, в настоящее время наблюдается недостаток экономико-математических моделей, учитывающих особенности экономик переходного типа и предназначенных для нахождения адекватных решений социально-экономических проблем и разработки оптимальных путей экономического развития.

Можно выделить два основных класса экономико-математических моделей, разрабатываемых и используемых отечественными учеными в макроэкономических исследованиях:

- 1) структурные модели (балансовые и т. п.) (см., напр., [2]);
- 2) эконометрические модели (регрессионные, корреляционные, факторный анализ, временные ряды и др.) (см., напр., [3; 4]).

С помощью структурных моделей исследуются взаимосвязи между различными запасами и потоками в национальной экономике, на основе установленных взаимосвязей выявляются закономерности развития экономической системы. При этом все шире используется система национальных счетов. При эконометрическом моделировании широко используются статистические данные за прошлые периоды времени, а на основе этих данных выявляются основные тренды экономического развития.

Однако модели, используемые отечественными учеными для исследования макроэкономического развития, как правило, не описывают мотивы поведения экономических агентов и не исследуют влияние реальных и воображаемых рисков на решения, принимаемые на микроуровне. Следовательно, вышеуказанные модели не в состоянии дать полную картину того, что реально происходит в экономике.

По нашему мнению, причиной вышеуказанных недостатков отечественных разработок в области экономико-математического моделирования на макроуровне является слабое использование мощного аппарата экономической теории. Для оправдания недостаточного применения основ экономической теории при построении экономико-математических моделей национальной экономики достаточно широко используется аргумент, состоящий в указании на неприспособленность западной экономической теории к реалиям Беларуси и других постсоветских республик. На наш взгляд, такая аргументация используется некорректно. Действительно, западные модели достаточно хорошо приспособлены к условиям постсоветских экономик, и их не следует без соответствующей модификации и адаптации использовать для экономического анализа в наших условиях. Однако при разработке моделей национальной экономики необходимо использовать универсальный фундамент экономической теории (например, идеи максимизации полезности экономических агентов, теории спроса, предложения, рыночного равновесия).

При моделировании поведения фирм (см. п. 3.1) и иностранных инвесторов (см. п. 3.3) нами использовались идеи нобелевского лауреата Г. Марковица (см. [9]), согласно которым при построении оптимального инвестиционного портфеля должны учитываться не только ожидаемая доходность, но и риск.

В нашей модели использованы подходы лауреата Нобелевской премии Р. Мертона, состоящие в оптимизации портфеля активов инвестора и его потребления (см. [10]) и основанные на максимизации функционала межвременной полезности. Отметим, что эти идеи были развиты Р. Мертоном для финансовой экономики. Однако в последнее время они получили широкое распространение в макроэкономическом моделировании (см. [11]).

Важно отметить использование нами подходов, разработанных нобелевскими лауреатами Дж. Акерлофом и Дж. Стиглицем для анализа рынков с асимметричной информацией (см. [7; 8]). Эти подходы состоят в том, что различные субъекты экономики имеют разную информацию и ведут себя соответствующим образом. В нашей модели это относится к гиперинфляционным опасениям субъектов экономики и к опасениям дефолтов собственного и заемного капитала (пп. 3.1–3.3).

Автор:

Аксень Эрнест Маврицевич — кандидат физико-математических наук, доцент кафедры прикладной математики и экономической кибернетики Белорусского государственного экономического университета

Рецензенты:

Медведев Виталий Федосович — доктор экономических наук, профессор, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, научный сотрудник Центра исследования мировой экономики и международных экономических отношений Института экономики Национальной академии наук Беларуси

Быков Алексей Александрович — доктор экономических наук, доцент, заведующий кафедрой экономики и управления Белорусского государственного экономического университета

2. Основные черты предлагаемой методики моделирования макроэкономики экономики переходного типа

Перечислим основные черты разработанных нами и описанных в настоящей статье подходов к моделированию макроэкономики экономики переходного типа:

- использование микроэкономических основ для учета рыночных механизмов (через максимизацию полезности);
- учет производственных и финансовых рисков;
- учет инфляционных опасений населения, а также опасений возможных дефолтов финансовых организаций;
- учет государственной экономической политики (роль государства значительно расширена по сравнению с западными макромоделями);
- возможность отслеживания развития экономической системы в динамике.

Предлагаем при построении моделей разделять субъективную и объективную динамику переменных. Под субъективной динамикой понимаем ожидаемую экономическими агентами динамику переменных модели. Субъективная динамика может отличаться от того, что происходит в реальности. Для описания реальной динамики мы используем термин «объективная динамика».

Например, в условиях модели полагается, что у домашних хозяйств существуют гиперинфляционные опасения. Однако реальная государственная экономическая политика может исключать такую возможность. В модели это означает, что в субъективной динамике, ожидаемой домашними хозяйствами, присутствует возможность гиперинфляции, а в объективной — ее нет.

Отметим, что в соответствии с теорией информационной асимметрии (см. [7; 8]) у разных экономических агентов разные ожидания.

Для моделирования случайных колебаний переменных как для объективной, так и для субъективной динамики экономической системы предлагаем использовать векторный стандартный винеровский процесс (броуновское движение) (см. [5]). Такой подход является общепринятым в современной экономической науке (см. [11]).

Для моделирования возможных дефолтов уровня цен (т. е. гиперинфляции), собственного и заемного капитала в субъективной динамике экономических агентов предлагаем использовать случайные пуассоновские меры (см. [11]).

3. Описание разработанной динамической макромоделли

3.1. Моделирование поведения фирм

Под фирмами-резидентами в данном контексте понимаются организации любых форм собственности, относящиеся к любым отраслям народного хозяйства и принимающие участие в создании национального ВВП.

В модели предполагается, что собственный капитал фирм-резидентов равен: $E = K + Q + M_E^d + M_E^f + B_E^d + B_E^f$ где K — основной капитал; Q — материальные оборотные активы; M_E^d и M_E^f — денежные запасы фирм-резидентов, соответственно в национальной и иностранной валютах; B_E^d и B_E^f — их чистый заемный капитал, соответственно в национальной и иностранной валютах. (Под чистым заемным капиталом фирм-резидентов понимается разность между обязательствами других экономических агентов перед фирмами-резидентами и обязательствами фирм-резидентов перед другими экономическими агентами.)

Используем следующее представление для стохастического дифференциала $dY(t)$ кумулятивного ВВП:

$$dY(t) = \mu_Y(t)d\tau + \sigma_Y(t)dW(t), \quad (1)$$

где $\mu_Y(t)$ и $\sigma_Y(t)$ — случайные процессы; $W(t)$ — векторный стандартный винеровский процесс (см. [2]).

Представление (1) для динамики производства ВВП широко распространено в современной мировой экономической литературе (см. [11]).

Экономический смысл коэффициентов $\mu_Y(t)$ и $\sigma_Y(t)$ состоит в следующем. Значение $\mu_Y(t)$ — это ожидаемая интенсивность производства ВВП в момент времени t . Значение $\sigma_Y(t)$ описывает случайные отклонения ВВП за малый промежуток времени $(t, t + \Delta t)$ от своего ожидаемого значения, равного $\mu_Y(t)\Delta t$. При этом дисперсия данного отклонения равна $\|\sigma_Y(t)\|^2 \Delta t$, где $\|\sigma_Y(t)\|$ — евклидова норма вектора $\sigma_Y(t)$.

В модели считается, что:

$$\mu_Y(\tau) = \mu_Y[\gamma(\tau), K(\tau), Q(\tau), L_E(\tau), M_E^d(\tau), M_E^f(\tau)], \quad (2)$$

$$\sigma_Y(\tau) = \sigma_Y[\gamma(\tau), K(\tau), Q(\tau), L_E(\tau), M_E^d(\tau), M_E^f(\tau)], \quad (3)$$

где $\mu_Y(\gamma, K, Q, L_E, M_E^d, M_E^f)$ и $\sigma_Y(\gamma, K, Q, L_E, M_E^d, M_E^f)$ — экзогенно заданные функции от уровня γ технологии производства, основного капитала K , материального оборотного капитала Q , трудовых ресурсов L_E (занятых в национальной экономике) и денежных запасов M_E^d и M_E^f фирм-резидентов в национальной и иностранной валютах, соответственно.

Доходность собственного капитала фирм-резидентов $y_E(t, T)$ за промежуток времени $(t, T]$ определим по формуле $y_E(t, T) = \Pi_E(t, T)/E(t)$, где $\Pi_E(t, T)$ — прибыль фирм-резидентов за промежуток времени $(t, T]$; $E(t)$ — их собственный капитал в момент времени T .

В модели предполагается, что в каждый момент времени t фирмы-резиденты максимизируют ожидаемую полезность доходности собственного капитала $E_t\{u_E[y_E(t, T)]\}$, где E_t — оператор математического ожидания в текущий момент времени t ; $u_E(y_E)$ — заданная функция полезности фирм-резидентов.

Заметим, что подходы, основанные на максимизации ожидаемой полезности доходности портфеля активов, широко используются в настоящее время в финансовом моделировании.

Максимизация функционала $E_t\{u_E[y_E(t, T)]\}$ является достаточно сложной задачей оптимального управления.

В соответствии с разработанной нами методикой эта задача сводится к максимизации выражения

$$u'_E(0)r_E + \frac{1}{2}u''_E(0)\sigma_E\sigma_E^T + \lambda_E \int u_E[\zeta_E(x)]P_E(dx), \quad (4)$$

при ограничении

$$K + Q + M_E^d + M_E^f + B_E^d + B_E^f = E, \quad (5)$$

по переменным по переменным $K, Q, M_E^d, M_E^f, B_E^d, B_E^f$ и L_E , где скаляр r_E , вектор σ_E и функция $\zeta_E(x)$ выражаются в явном виде через перечисленные выше переменные (см. [1]). (Переменная L_E соответствует уровню трудовых ресурсов, занятых в национальной экономике; $P_E(dx)$ — распределение скачка пуассоновской меры.)

3.2. Моделирование поведения домашних хозяйств

В модели предполагается, что суммарное богатство домашних хозяйств H состоит из их материального имущества R (включая недвижимость и землю), денежных запасов M_H^d и M_H^f в национальной и иностранной валютах, заемного капитала B_H^d и B_H^f (в национальной и иностранной валютах) и части собственного капитала E_H фирм-резидентов, принадлежащей домашним хозяйствам: $H = R + M_H^d + M_H^f + B_H^d + B_H^f + E_H$.

Мы предполагаем, что домашние хозяйства максимизируют следующий функционал межвременной полезности:

$$E_t \left\{ \int_t^T e^{\theta_H(\tau-t)} u_H[C_H(\tau), R(\tau), M_H^d(\tau)] d\tau + e^{-\theta_H(T-t)} V_H[H(T)] \right\}, \quad (6)$$

где E_t — оператор математического ожидания (в текущий момент времени t); θ_H — экзогенно заданная норма межвременных предпочтений; $u_H(C_H, R, M_H^d)$ — экзогенно заданная функция полезности домашних хозяйств; $V_H(H)$ — функция оценки терминального состояния домашних хозяйств.

В соответствии с разработанной нами методикой эта задача сводится к максимизации выражения

$$u'_H(C_H, R, M_H^d) + V'_H(H)\mu_H + \frac{1}{2}V''_H(H)\sigma_H[\sigma_H]^T + \lambda_H \int V_H[H + \zeta_H(x)]P_H(dx) \quad (7)$$

при ограничении

$$R + M_H^d + M_H^f + B_H^d + B_H^f + E_H = H, \quad (8)$$

по переменным $C_H, R, M_H^d, M_H^f, B_H^d, B_H^f$ и E_H , где скаляр μ_H , вектор σ_H и функция $\zeta_H(x)$ выражаются в явном виде через перечисленные выше переменные (см. [1]). (Переменная C_H соответствует интенсивности потребления домашних хозяйств; $P_H(dx)$ — распределение скачка пуассоновской меры.)

3.3. Моделирование поведения иностранных инвесторов

В модели предполагается, что иностранный капитал в национальной экономике состоит из заемного капитала B_F^d и B_F^f в национальной и иностранной валютах и части собственного капитала фирм-резидентов E_F .

Мы считаем, что иностранные инвесторы максимизируют ожидаемую полезность доходности $y_E(t, T)$ портфеля своих активов: $E_t\{u_F[y_F(t, T)]\}$, где E_t — оператор математического ожидания в текущий момент времени t ; $u_F(y_F)$ — функция полезности иностранных инвесторов.

В результате анализа задачи максимизации полезности иностранных инвесторов нами получены уравнения, описывающие поведение иностранных инвесторов по отношению к национальной экономике (см. [1]).

3.4. Моделирование государственной экономической политики

Под государственными активами в модели понимаются активы, находящиеся в собственности органов государственного управления и кредитно-денежного регулирования.

В условиях модели предполагается, что государственные активы состоят из золотого запаса GL , денежных запасов M_G^f в иностранной валюте, заемного капитала B_G^d и B_G^f в национальной и иностранной валютах и части собственного капитала E_G фирм-резидентов. Таким образом, суммарные государственные активы G равны: $G = GL + M_G^f + B_G^d + B_G^f + E_G$.

Определим вектор S реального состояния экономики как вектор, описывающий решения, принимаемые фирмами-резидентами и домашними хозяйствами, структуру государственных активов, налоговую, бюджетную и монетарную политику, уровень технологии производства, уровень инфляции, процентные ставки, а также некоторые другие показатели (см. [1]).

Экономическая политика государства в отношении своих активов моделируется как набор функций, описывающих зависимость государственных активов от вектора S реального состояния экономики, т. е. $GL = GL(S)$, $M_G^f = M_G^f(S)$, $B_G^d = B_G^d(S)$, $B_G^f = B_G^f(S)$, $E_G = E_G(S)$. Параметры налоговой и монетарной политики также моделируются как функции, зависящие от вектора реального состояния экономики. В целом государственная экономическая политика описывается векторной функцией $X_G = X_G(S)$, отражающей зависимость вектора X_G государственных активов и потоков от вектора S реального состояния экономики (см. [1]).

3.5. Моделирование равновесного состояния экономики

Вектор S реального состояния экономики называется равновесным, если для него выполняются, во-первых, условия оптимального поведения фирм-резидентов, домашних хозяйств и иностранных инвесторов (см. пп. 3.1–3.3), во-вторых, условия согласованности с государственной экономической политикой (см. п. 3.4) и, в-третьих, следующие условия равновесия на рынках собственного и заемного капитала и труда:

$$E_H + E_F + E_G = E, \quad B_E^d + B_H^d + B_F^d + B_G^d = 0, \quad B_E^f + B_H^f + B_F^f + B_G^f = 0, \quad L_E = L, \quad (9)$$

где L — экзогенно заданный уровень трудовых ресурсов в национальной экономике.

Равновесный вектор реального состояния экономики однозначно определяется вектором Z , состоящим из суммарных активов домашних хозяйств H , суммарных государственных активов G , уровня технологии производства γ , ожидаемого уровня инфляции i_d для национальной валюты, а также из нескольких других компонент (см. [1]). Таким образом, можно считать, что вектор S реального состояния экономики является функцией от вектора Z : $S = S(Z)$.

Нахождение равновесного вектора S реального состояния экономики при заданном векторе Z сводится к решению системы нелинейных уравнений, описывающих равновесие.

3.6. Моделирование макроэкономической динамики

Для описания динамики вектора Z мы получили (см. [1]) следующее векторное стохастическое дифференциальное уравнение:

$$dZ(t) = \mu_z[Z(t)]dt + \sigma_z[Z(t)]dW(t), \quad (10)$$

где μ_z и σ_z — функции от вектора Z .

Уравнение (10) позволяет найти значения компонент вектора Z в любой момент времени. В свою очередь, уже известные значения компонент вектора Z , как указано выше, позволяют найти значения компонент вектора S равновесного состояния экономики.

3.7. Оценивание параметров модели

Численное оценивание параметров модели аналогично оцениванию параметров классических эконометрических моделей (например, регрессионных). В его основе лежит идея, состоящая в том, что получаемые в рамках модели расчетные значения переменных должны как можно более адекватно соответствовать реальным данным.

3.8. Исследование сценариев развития национальной экономики при различных вариантах государственной экономической политики

Варианты государственной экономической политики описываются в модели различными функциями $X_G = X_G(S)$ (см. п. 3.4). Равновесное состояние экономики, а следовательно, и динамика экономической системы зависят от выбора функции $X_G = X_G(S)$. Таким образом, исследование сценариев развития национальной экономики сводится к анализу влияния выбора функции $X_G = X_G(S)$ на динамику экономической системы.

Разработанные нами и изложенные выше подходы могут быть использованы для построения и исследования широкого класса стохастических непрерывно-временных моделей, основанных на идеях максимизации полезности экономическими агентами и на принципах рыночного равновесия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аксень, Э. М. Стохастическое моделирование динамики макроэкономических показателей. Минск: БГЭУ, 2006.
2. Комков, В. Н. Финансовое программирование в переходной экономике. Минск: БГУ, 1999.
3. Кравцов, М. К. Двухкритериальная модель оптимизации валового внутреннего продукта с учетом рационального использования топливно-энергетических ресурсов / М. К. Кравцов, А. В. Пашкевич, Д. П. Подкопаев // Бел. экономика: анализ, прогноз, регулирование. 2002. № 12. С. 21–29.
4. Кравцов, М. К. Эконометрический анализ временных рядов основных макроэкономических показателей / М. К. Кравцов, А. В. Пашкевич, Н. М. Бурдыко // Там же. 2005. № 3. С. 3–22.
5. Пугачев, В. С. Теория стохастических систем / В. С. Пугачев, И. Н. Синицын. М.: Логос, 2000.
6. Руденков, В. М. Развитие экономики Беларуси: модель и проблемы // Бел. журн. междунар. права и междунар. отношений. 2003. № 1. С. 76–79.
7. Akerlof, G. A. Rational Models of Irrational Behavior / G. A. Akerlof, J. L. Yellen // American Economic Review. 1987. V. 77. N 2. P. 137–142.
8. Greenwald, B. C. Asymmetric Information and the New Theory of the Firm: Financial Constraints and Risk Behavior / B. C. Greenwald, J. E. Stiglitz // Ibid. 1990. V. 80. N 2. P. 160–165.
9. Markowitz, H. M. Investment for the Long Run: New Evidence for an Old Rule // Journal of Finance. 1976. V. 31. N 5. P. 1273–1286.
10. Merton, R. C. Optimum Consumption and Portfolio Rules in a Continuous Time Model // Journal of Economic Theory 3. 1971. December. P. 373–413.
11. Turnovsky, S. J. Methods of Macroeconomic Dynamics. Cambridge: MIT Press, 2000.

«О моделировании макродинамики экономики переходного типа» (Эрнест Аксень)

В статье описаны подходы, разработанные автором для моделирования макродинамики экономики переходного типа и позволяющие учитывать финансовые риски и гиперинфляционные опасения. Государственная экономическая политика описывается функцией, отражающей зависимость вектора государственных активов и потоков от вектора реального состояния экономики. Под равновесным состоянием экономики в модели понимается состояние, для которого выполняются, во-первых, условия оптимального поведения фирм-резидентов, домашних хозяйств и иностранных инвесторов, во-вторых, условия согласованности с государственной экономической политикой и, в-третьих, условия равновесия на рынках собственного и заемного капитала и труда. Предлагаемая методика позволяет строить стохастические модели для исследования влияния государственной экономической политики на динамику макроэкономических показателей. Представленные в статье подходы могут быть использованы при построении и исследовании широкого класса стохастических непрерывно-временных моделей, основанных на идеях максимизации полезности экономическими агентами и на принципах рыночного равновесия.

«On Modeling of Macrodynamics for Transition Economy» (Ernest Aksen)

The paper describes the approaches developed by the author for modeling the macrodynamics for a transition economy which allow to take into account financial risks and hyperinflation anticipations. A state economic policy is described by a function reflecting the dependence of the vector of the state assets and flows on the vector of economy's real state. An equilibrium state of economy is defined in our model as a state for which, first, the condition of resident firms', households' and foreign investors' optimal behavior holds; second, the condition of consistency with the state economic policy is satisfied; and third, there is an equilibrium at the markets of equity, borrowed capital and labour. The suggested methodology allows to construct stochastic models for exploring the impact of state economic policy on the dynamics of macroeconomic indicators. The presented approaches can be used while constructing and exploring the broad range of stochastic continuous-time models based on the ideas of utility maximization by economic agents and on the principles of market equilibrium.