

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СТОХАСТИЧЕСКОЙ МИКРОДИНАМИКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАВНОВЕСИЯ В СИСТЕМАХ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБМЕНА

Новикова Д.С.

Российский университет дружбы народов, [dsnovikova@rambler.ru](mailto:dsnovikova@rambler.ru)

*Работа посвящена исследованию равновесия в системах экономического обмена с помощью методов стохастической микродинамики (МСМ). Рассмотрена модель системы экономических агентов со стохастическим поведением, проведено ее компьютерное моделирование.*

Ключевые слова: стохастическая микродинамика, метод Монте Карло, система экономического обмена, равновесие

### Введение

В современном мире одной из актуальных проблем в области экономики является изучение взаимосвязи экономических процессов, протекающих на микро- и макроуровне.

Объект исследования настоящей работы (экономика) предполагает специфическое устройство и состоит из большого числа экономически мотивированных агентов, изменение состояния которых происходит под воздействием собственных «динамических» характеристик и в результате взаимодействия с другими агентами. Исследуемый объект в этом случае, очевидно, приобретает новые «системные» свойства, которые отличаются от индивидуальных свойств агентов.

Динамика исследуемой в работе системы в этом случае реализуется на двух уровнях: макроуровне (уровень системы в целом) и микроуровне (уровень экономических агентов). Микро- и макропроцессы образуют своеобразный контур: микропроцессы трансформируются в макропроцессы («прямая» связь), на основе которых формируется экономическая среда, влияющая на микропроцессы экономических агентов («обратная» связь) [1].

Описанная проблема относится к классу более общих проблем, связанных с изучением соотношения индивидуального и коллективного, которые изучаются в самых разных областях науки [2-6].

Настоящая работа посвящена экспериментальному исследованию возникновения равновесного макросостояния в системе экономических агентов со стохастическим поведением. В качестве подхода предлагается использовать методы стохастической микродинамики (МСМ) [7], направленные на прямое компьютерное моделирование, заключающееся в имитации процессов, происходящих в системе.

### Описание модели системы экономических агентов

Исследуемая экономическая система состоит из большого числа  $N$  экономически мотивированных агентов и функционирует в двух временных шкалах: «быстрого» и «медленного» времени. В шкале «быстрого» времени реализуется микродинамика системы, в шкале «медленного» времени - макродинамика.

Предполагается, что каждый экономический агент  $i$  в каждый момент времени  $t$  может находиться в роли продавца или в роли покупателя и обладает некоторым количеством товара  $n_i(t)$  и денег  $m_i(t)$ , а также определенной ценой своего товара  $v_i(t)$ .

Агенты действуют в экономической среде, и обладают индивидуальным поведением при принятии решений. Такое поведение определяется двумя параметрами: количеством товара  $q_i(t)$ , которое планирует продать агент, находясь в роли продавца, и количеством денег  $w_i(t)$ , которое планирует потратить агент, находясь в роли покупателя. Таким образом, состояние агента  $i$  описывается вектором:

$$x_i(t) = \begin{pmatrix} n_i(t) \\ m_i(t) \\ v_i(t) \\ u_i(t) \\ w_i(t) \\ i \end{pmatrix}, \quad i = 1, \bar{N},$$

Каждый агент характеризуется собственной динамикой, которая определяется случайным изменением цены товара, по которой агент готов продать единицу товара в момент времени  $t$ .

Взаимодействие агентов реализуется в совершении сделки купли-продажи. Роль агентов в сделке (продавец или покупатель) устанавливается случайным образом. Рассматриваются только парные взаимодействия.

Сделка возможна тогда и только тогда, когда у покупателя есть необходимое количество денег, чтобы заплатить за товар по условленной цене, а у продавца – необходимое количество товара для продажи. Наряду с этими ограничениями существуют дополнительные ограничения, определяемые на основании индивидуальных характеристик агентов, участвующих в сделке.

Предполагается, что покупатели выбирают продавца, исходя из того, насколько выгодна сделка с каждым из них. Сделка тем более выгодна, чем меньше затрат несет покупатель при ее совершении.

### Результаты моделирования

В связи с тем, что поведение агентов в рассматриваемой модели имеет стохастическую составляющую, для получения достоверных результатов моделирования в работе использовался метод статистических испытаний (метод Монте-Карло) [8].

Макросостояние системы представляет собой распределение агентов по финансовым уровням. Финансовые уровни представляют собой множества, которым может принадлежать или не принадлежать агент. Пусть

$$f = \max_{i=1, \bar{N}} \bar{m}_i(t), t \in [0, T],$$

где  $\bar{m}_i(t)$  – среднее по ансамблю значение вектора состояния агента  $i$  по координате  $m$ , определяющее количество денег у агента. Тогда в зависимости от выбранного числа финансовых уровней  $h$  интервал  $[0, f]$  разбивается на  $h$  отрезков одинаковой длины.

Объектом исследования была система, состоящая из 100 экономических агентов: 80 покупателей и 5 продавцов. В системе находился 1 млн. ед. товара и 1 млн. денежных единиц. Моделирование проводилось при 4500 временных шагах (300 шагов в шкале «быстрого» времени и 15 шагов в шкале «медленного»), 200 испытаниях Монте Карло и 6 финансовых уровней.

На рис. 1 представлена динамика макросостояния описанной системы. Как видно из графиков, начиная с некоторого момента времени, число агентов, принадлежащих каждому финансовому уровню, перестает меняться, что свидетельствует о наступлении стабилизации макросостояния системы.

### Выводы

В результате работы было экспериментально установлено возникновение равновесного макросостояния системы экономических агентов со стохастическим поведением, теоретическое обоснование которого дано в рамках теории макросистем [9].

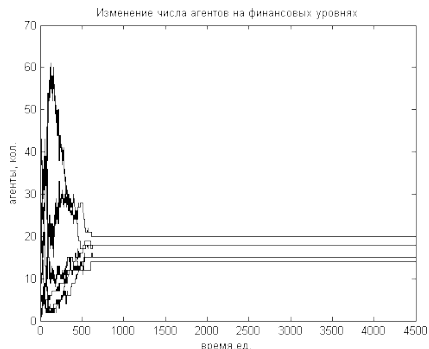


Рис. 1. Изменение макросостояния системы

### Литература

1. Попков Ю.С. Стохастическая микро- и макродинамика пространственного экономического обмена// Информационные технологии и вычислительные системы, 2011, №4, с.3-15
2. Meerkov S.M. "Mathematical Theory of Behavior – Individual and Collective behavior of Reardable Elements"// Mathematical Bioscience, 1979. V.43. P. 41-106
3. Haken H. Synergetics. Springer-Verlag, Heidelberg, 1974.
4. Prigogine I.,Stengers I. Order out of Chaos. Heinemann, London, 1984.
5. Weidlich W., Haag G. Interregional Migration: Dynamic Theory and Comparative Analysis. Springer-Verlag, Berlin, 1988.
6. Вайдлих В. Социодинамика. Системный подход к моделированию в социальных науках. М.: УРСС, 2004.
7. Двуреченская М.А., Попков А.Ю., Попков Ю.С., Шкловский Е.Ю. Модели и алгоритмы стохастической микродинамики. Труды ИСА РАН, 2011, т.61, вып. 1, с.14-30
8. Соболев И.М. Численные методы Монте-Карло. М.: Наука, 1973.
9. Попков Ю.С. Теория макросистем. М.:УРСС, 1999.

## APPLICATION OF THE STOCHASTIC MICRODYNAMIC METHODS TO THE RESEARCH OF STABILITY IN THE SYSTEMS OF ECONOMIC EXCHANGE

Novikova D.S.

Peoples' Friendship University of Russia, dsnovikova@rambler.ru

*The paper is devoted to the research of stability in the systems of economic exchange with the use of the stochastic microdynamic methods. During the research the model of the system of economic agents with stochastic behavior has been observed and its computer processing has been conducted.*

Key words: stochastic microdynamics, Monte Carlo method, system of economic exchange, stability