

ISSN 2523-4714

УДК 338.242:330.101.52

А. И. Бельзецкий

ООО «БелМежКомИнвест», Минск, Беларусь

КИНЕТИКА ПОВЕДЕНИЯ РЫНКА КАК ОРГАНИЗОВАННОЙ ЦЕЛОСТНОСТИ

В статье на основе представления об организованной целостности рынка в сочетании с методом фазового пространства, используемом в теории динамических систем, разработана модель кинетического поведения рынка с учетом внешней среды его функционирования. Рассмотрен пример применения кинетической модели для анализа поведения рынка межбанковских кредитов.

Ключевые слова: кинетика, поведение, рынок, организованная целостность

Для цитирования: Бельзецкий, А. И. Кинетика поведения рынка как организованной целостности / А. И. Бельзецкий // Бизнес. Инновации. Экономика : сб. науч. ст. / Ин-т бизнеса БГУ. — Минск, 2022. — Вып. 6. — С. 264–272.

A. Belzetsky

BelMezhKomInvest Ltd, Minsk, Belarus

KINETICS OF MARKET BEHAVIOR AS AN ORGANIZED INTEGRITY

In this article, based on the idea of the organized integrity of the market in combination with the phase space method used in the theory of dynamical systems, a model of the kinetic behavior of the market is developed taking into account the external environment of its functioning. An example of using a kinetic model to analyze the behavior of the interbank loans market is considered.

Keywords: kinetics, behavior, market, organized integrity

For citation: Belzetsky A. Kinetics of market behavior as an organized integrity. *Biznes. Innovatsii. Ekonomika = Business. Innovations. Economics*. Minsk, 2022, iss. 6, pp. 264–272 (in Russian).

Введение

Важным элементом устойчивого развития рыночной экономики является разработка и анализ моделей поведения функционирующих рынков. Существенную роль при этом играют кинетические модели, которые позволяют не только прогнозировать поведение рынка, но и анализировать режимы его устойчивого поведения. В экономической теории к кинетическим моделям можно отнести кейнсианскую модель IS-LM [1], динамическую модель «затраты-выпуск» Леонтьева [2], модель общего равновесия Вальраса — Касселя — Леонтьева [3], модель равновесного экономического роста Харрода — Домара [4; 5], модель бизнес-цикла Самуэльсона [6], модель изменения запаса финансовых активов на душу населения [7, с. 440].

Отличительным признаком кинетических моделей является наличие в них скорости изменения одного или нескольких исследуемых показателей. Кроме того, кинетические модели отличаются от динамических тем, что в явном виде не учитывают динамические свойства или характеристики исследуемого объекта, например, инерцию, демпфирование, ускорение, запаздывание между входным и выходным воздействием и т. д. С другой стороны, кинетические модели проще динамических, но имплицитно содержат динамические свойства исследуемого объекта, в противном случае они не будут достоверно отражать его движение. Например, это проявляется в циклических движениях или странных аттракторах нелинейных динамических систем.

В статье на основе представления об организованной целостности рынка и математических методов решения неоднородных систем дифференциальных уравнений разработана кинетическая модель функционирования рынка и рассмотрен конкретный пример ее использования.

Понятие рынка как организованной целостности

Логико-исторический анализ рынка на исторических стадиях его возникновения, формирования и развития позволил выделить существенные признаки, объясняющие, чем на общем понятийном уровне «рынок» отличается от «не рынка». К существенным признакам рынка относятся: деятельность, субъекты рынка, обмен, объекты обмена, организация обмена, экономический интерес, взаимовыгодность обмена, взаимодействие интересов, множественность и регулярность обменных операций. Синтез выявленных существенных признаков в обобщающий смысловой конструкт, характеризующий их единство и логику научного и прикладного использования, достигается в следующем определении: *рынок — это организованная целостность, в которой субъекты рынка регулярно реализуют свои противоречивые интересы посредством обмена товарами.*

Данное определение включает в себя три части: 1) «организованная целостность»; 2) «субъекты рынка регулярно реализуют свои противоречивые интересы»; 3) «посредством обмена товарами». Первая часть — это родовый признак рынка, определяющий его внутреннюю сущность как фундаментальный закон природы. Вторая часть раскрывает диалектический механизм функционирования и формирования организованной целостности рынка путем реализации противоречивых интересов субъектов рынка. Третья часть — это способ реализации противоречивых интересов субъектов рынка путем обмена товарами и услугами.

В приведенном определении рынка родовый определяющий признак «организованная целостность» понимается как внутренняя сущность рынка, определяющая его специфику, уникальность. Он характеризует состояние упорядоченности любого объекта. Этот признак «...обладает разным уровнем упорядоченности в зависимости от особенностей составляющих его частей и от характера связи между ними. В организованном целом составляющие его элементы находятся в относительно устойчивой и закономерной взаимосвязи» [8, с. 273–274].

Рынок возникает в той сфере деятельности, в которой экономические субъекты связаны экономическими отношениями и во взаимодействии с внешней средой регулярно удовлетворяют свои потребности посредством обмена товарами и услугами. Деятельность субъектов рынка, которая в процессе товарообмена приводит к их определенной упорядоченности формирует организованную целостность: «...человеческая деятельность — от простейших до наиболее сложных ее форм — сводится к организующим процессам» [9, с. 70].

Кинетическая модель поведения рынка

Кинетическая модель поведения рынка описывается линейной неоднородной системой дифференциальных уравнений, в которой скорости изменения экономических выгод основных участников рынка определяются неоднородной структурой организованной целостности рынка:

$$\frac{dX(t)}{dt} = RX(t) + F(t), \quad (1)$$

где $X(t) = \{x_1(t), x_2(t), \dots, x_m(t)\}^T$ — вектор-столбец изменения экономических выгод основных участников рынка; $R = \{r_{ij}\}$ — корреляционная матрица экономических выгод основных участников рынка (покупателей, продавцов, посредников и государства): здесь $i, j = 1, 2, \dots, m$. Элементами этой матрицы являются коэффициенты парной корреляции между изменениями экономических выгод основных участников или сегментов рынка; $F(t) = \{f_1(t), f_2(t), \dots, f_n(t)\}^T$ — вектор-функция скоростей изменения внешнего фактора или показателя, описывающего внешнюю среду; t — время.

С точки зрения моделирования кинетики поведения рынка как организованной целостности важен вопрос, связанный с включением внешней среды в кинетическую модель. В представленной кинетической модели в виде неоднородной системы дифференциальных уравнений

показатель внешней среды включается в модель двояко. С одной стороны, он рассматривается как однопорядковый с другими показателями анализируемого рынка и вводится в кинетическую модель вместе с ними. При этом используется представление о взаимодействии рынка с внешней средой. С другой стороны, показатель внешней среды рассматривается как фактор внешней среды, воздействующей на рынок. В этом случае показатель внешней среды включается в кинетическую модель в виде вектор-функции $F(t)$.

Кроме того, чтобы найти решение системы дифференциальных уравнений (1) для конкретных условий, она дополняется вектором начальных условий:

$$X(0) = X_0, \quad (2)$$

где $X_0 = \{x_{10}, x_{20}, \dots, x_{m0}\}^T$ – вектор-столбец изменений экономических выгод основных участников рынка в начальный момент времени.

Линейные однородные и неоднородные системы дифференциальных уравнений первого порядка подробно изучены в математической теории дифференциальных уравнений [10; 11]. В сформулированном виде общее решение неоднородной системы дифференциальных уравнений (1) с начальным условием (2) имеет вид

$$X(t) = e^{Rt} \left[X_0 + \int_0^t e^{-R\tau} F(\tau) d\tau \right]. \quad (3)$$

Если расчеты проводятся на основе эмпирических данных, то второе слагаемое в правой части уравнения (3) следует вычислять по приближенной формуле расчета интеграла в виде суммы ряда:

$$\int_0^t e^{-R\tau} F(\tau) d\tau \approx \sum_{\tau=0}^n V e^{-\Lambda\tau} V^T F(\tau) \Delta\tau, \quad (4)$$

где n – объем выборки; V – матрица собственных векторов корреляционной матрицы; Λ – диагональная матрица собственных значений корреляционной матрицы; $F(\tau)$ – значение эмпирического ряда внешнего показателя для τ -го измерения; τ – порядковый номер измерения; $\Delta\tau = 1/n$ – промежуток времени между измерениями исходных показателей.

Для симметричной положительно определенной корреляционной матрицы матричная экспонента e^{Rt} рассчитывается по формуле

$$e^{Rt} = Q e^{\Lambda t} Q^T, \quad (5)$$

где $e \approx 2,71828\dots$ – основание натурального логарифма; $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_m\}$ – ортогональная $m \times m$ матрица собственных векторов $q_1, q_2, \dots, q_m$ корреляционной матрицы R ; $\Lambda = \text{diag}\{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m\}$ – матрица порядка $m \times m$, на главной диагонали которой стоят $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m$ собственные значения корреляционной матрицы R , а ее внедиагональные элементы равны нулю [11, с. 111].

Собственные значения и собственные векторы корреляционной матрицы определяются путем решения алгебраической проблемы собственных значений [12]:

$$RQ = Q\Lambda. \quad (6)$$

Таким образом, кинетическая модель поведения рынка как организованной целостности описывается неоднородной системой дифференциальных уравнений первого порядка (1) и начальным условием (2). Ее решение в виде функций $x_1(t), x_2(t), \dots, x_m(t)$ характеризует поведение рынка в моменты времени t , а корреляционная матрица (R) отражает тесноту связей между элементами организованной целостности рынка.

Анализ кинетики поведения рынка межбанковских кредитов

Кинетика поведения рынка межбанковских кредитов исследовалась на исторических данных финансового рынка за 2017–2021 гг. [13–15]. В состав исходного множества включены показатели ($R_2, R_3, \dots, R_{10}$) средних за месяц процентных ставок, по которым банки привлекали (размещали) кредиты, вклады (депозиты) на межбанковском рынке у банков резидентов и нерезидентов в национальной валюте на следующие условные стандартные сроки: «1 день» (показатель R_2); «2 дня» (R_3); «3 дня» (R_4); «4–7 дней» (R_5); «8–14 дней» (R_6); «15–21 день» (R_7); «22–30 дней» (R_8);

«31–60 дней» (R_9); «свыше 60 дней» (R_{10}). Кроме того, в состав исходного множества был включен интегральный показатель целостности финансового рынка (R_1), который содержал такие сегменты, как валютный рынок, рынок банковских кредитов, рынок банковских вкладов (депозитов), а также рынок межбанковских кредитов. Показатель R_1 характеризует влияние внешней среды на поведение рынка.

Ложные корреляции между исходными показателями, обусловленные временными трендами [16], исключались путем масштабирования исходных рядов данных посредством расчета их относительных приращений:

$$x_{ij} = (c_{ij} - c_{i-1,j}) / c_{i-1,j}, \quad (7)$$

где x_{ij} — i -е относительное приращение j -го исходного показателя; c_{ij} , $c_{i-1,j}$ — текущее и предыдущее значения j -го исходного показателя.

На основе относительных приращений рядов данных вычислялась корреляционная матрица исходных показателей (табл. 1).

Таблица 1

Корреляционная матрица исходных показателей рынка межбанковских кредитов за 2017–2021 гг.

Table 1

Correlation matrix of initial indicators of the interbank loans market for 2017–2021

Показатель	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7	R_8	R_9	R_{10}
R_1	1,000	0,348	0,392	0,137	0,020	0,013	0,042	–0,128	0,103	–0,086
R_2	0,348	1,000	0,898	0,729	0,821	0,811	0,101	0,303	0,434	0,166
R_3	0,392	0,898	1,000	0,623	0,783	0,784	0,098	0,160	0,301	0,184
R_4	0,137	0,729	0,623	1,000	0,744	0,806	0,064	0,156	0,262	0,174
R_5	0,020	0,821	0,783	0,744	1,000	0,899	0,087	0,162	0,314	0,177
R_6	0,013	0,811	0,784	0,806	0,899	1,000	0,047	0,268	0,257	0,256
R_7	0,042	0,101	0,098	0,064	0,087	0,047	1,000	–0,103	0,069	–0,004
R_8	–0,128	0,303	0,160	0,156	0,162	0,268	–0,103	1,000	0,267	0,115
R_9	0,103	0,434	0,301	0,262	0,314	0,257	0,069	0,267	1,000	0,072
R_{10}	–0,086	0,166	0,184	0,174	0,177	0,256	–0,004	0,115	0,072	1,000

И с т о ч н и к: разработано автором.

S o u r c e: author's developed.

Анализ корреляционной матрицы исходных показателей позволяет заключить, что измеряемая социально-экономическая среда, которая включает в себя исследуемый рынок, является неоднородной, поскольку коэффициенты корреляции между исходными показателями различны и изменяются в широком диапазоне от –0,128 до 0,899 (диагональные элементы, характеризующие корреляцию показателя с самим собой, при анализе тесноты связей не учитываются). Теснота связей между одними показателями низкая, а между другими довольно высокая, что позволяет их группировать в целостности.

Спектральное разложение корреляционной матрицы осуществлялось путем решения алгебраической проблемы собственных значений методом вращения Якоби [17, с. 296–299]. Получены следующие собственные векторы (рис. 1) и собственные значения корреляционной матрицы (см. табл. 1): $\lambda_1 = 4,50$; $\lambda_2 = 1,32$; $\lambda_3 = 1,06$; $\lambda_4 = 0,98$; $\lambda_5 = 0,87$; $\lambda_6 = 0,66$; $\lambda_7 = 0,36$; $\lambda_8 = 0,11$; $\lambda_9 = 0,09$; $\lambda_{10} = 0,06$.

Собственные значения и собственные векторы корреляционной матрицы исходных показателей определяют структуру организованной целостности рынка, а значения ее определителя и следа позволяют определить режим равновесия рынка вблизи точки равновесия. Например, наибольшие абсолютные значения первого собственного вектора имеют показатели R_2 , R_3 , ..., R_6 . Поэтому они относятся к одной и той же целостности $I_1 = \{R_2, R_3, \dots, R_6\}$. Для второго собственного вектора наибольшее значение имеет только один показатель R_1 , который относится

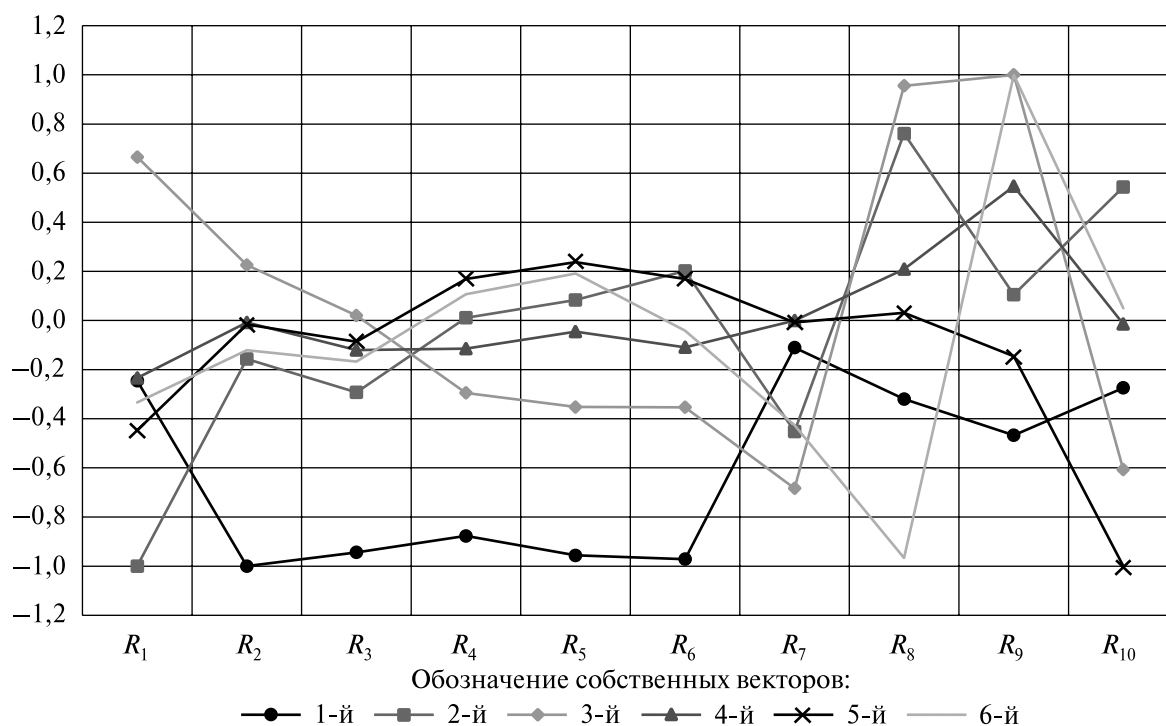


Рис. 1. Собственные векторы корреляционной матрицы исходных показателей рынка межбанковских кредитов

И с т о ч н и к: разработано автором.

Fig. 1. Eigenvectors of the correlation matrix of the initial indicators of the interbank loans market
S o u r c e: author's developed.

к целостности I_2 . Следовательно, внешняя среда, которую характеризует этот показатель, выделяется как целостность относительно исследуемого рынка. Анализ остальных собственных векторов дает еще три целостности: $I_3 = \{R_8, R_9\}$; $I_4 = \{R_7\}$; $I_5 = \{R_{10}\}$, которые представляют сегменты рынка межбанковских кредитов.

Таким образом, анализ структуры организованной целостности рынка межбанковских кредитов показывает, что она неоднородна и для исследования кинетики поведения рынка в первую очередь должны изучаться ядро рынка (I_1) и внешняя среда (I_2), поскольку им соответствуют наибольшие собственные значения корреляционной матрицы ($\lambda_1 = 4,50$; $\lambda_2 = 1,32$). Остальные сегменты рынка (I_3, I_4, I_5) играют второстепенную роль ($\lambda_3 = 1,06$; $\lambda_4 = 0,98$; $\lambda_5 = 0,87$).

Результаты спектрального разложения корреляционной матрицы исходных показателей использовались для расчета матрицы относительных приращений рядов данных показателей R_1-R_{10} . При этом в качестве начальных условий принимались относительные приращения процентных ставок за январь–февраль 2017 г. Найденные относительные приращения показателей R_1-R_{10} пересчитывались к абсолютным значениям процентных ставок по формуле

$$c_{ij} = c_{i-1,j}(1 + x_{ij}), \quad (8)$$

где c_{ij} – расчетное i -е значение j -го исходного показателя; x_{ij} – рассчитанное i -е относительное приращение j -го исходного показателя; $c_{i-1,j}$ – предыдущее расчетное значение j -го исходного показателя.

Абсолютные значения показателя R_2 на фоне его эмпирических значений представлены на рис. 2. Теоретическая кривая в целом верно отражает характер изменения процентных ставок. С течением времени она имеет сначала горизонтальный участок, затем снижение и наконец выход на новый горизонтальный участок процентных ставок. Аналогичную картину изменения процентных ставок и их соответствие эмпирическим рядам данных имеют показатели R_3, R_4, R_5, R_6 .

Рис. 2. Динамика показателя R_2 в 2017–2021 гг.

И с т о ч н и к: разработано автором.

Fig. 2. Dynamics of the R_2 indicator in 2017–2021

S o u r c e: author's developed.

Для анализа кинетики поведения рынка можно воспользоваться его фазовыми портретами – это геометрическое представление траекторий поведения рынка в фазовых плоскостях. Среди этих траекторий имеется некоторое число основных, которые определяют качественные свойства поведения рынка. К ним относятся прежде всего точки равновесия, отвечающие стационарным режимам поведения, и замкнутые траектории (предельные циклы), соответствующие режимам периодических движений. Режим устойчивого или неустойчивого поведения рынка можно оценить по поведению соседних фазовых траекторий. Устойчивое равновесие или цикл притягивает все близкие фазовые траектории, т. е. с течением времени траектории сближаются. Наоборот, неустойчивое поведение «отталкивает» хотя бы некоторые из них, т. е. траектории расходятся во времени. Таким образом, «...фазовая плоскость, разбитая на траектории, дает легко обозримый „портрет“ динамической системы, она позволяет сразу, одним взглядом охватить всю совокупность движений, могущих возникнуть при всевозможных начальных условиях» [18, с. 40].

В случае двух показателей интегральная кривая, проходящая через точку начальных условий (t_0, R_{10}, R_{20}) для одних и тех же значений R_{10} и R_{20} и различных значениях t_0 (рис. 3), проектируется в одну и ту же фазовую траекторию, проходящую через точку с координатами (R_{10}, R_{20}) фазовой плоскости OR_1R_2 . На фазовой плоскости отсутствует ось времени, которая на фазовых траекториях заменена стрелками, указывающими направление движения рынка.

На фазовом портрете изображены наиболее типичные траектории, анализ которых позволяет сделать вывод о поведении конкретной траектории поведения рынка (рис. 4). В частности, важной является следующая информация: 1) наличие или отсутствие неподвижных точек и периодических орбит, их взаимное расположение; 2) поведение остальных траекторий рынка при $n \rightarrow \infty$.

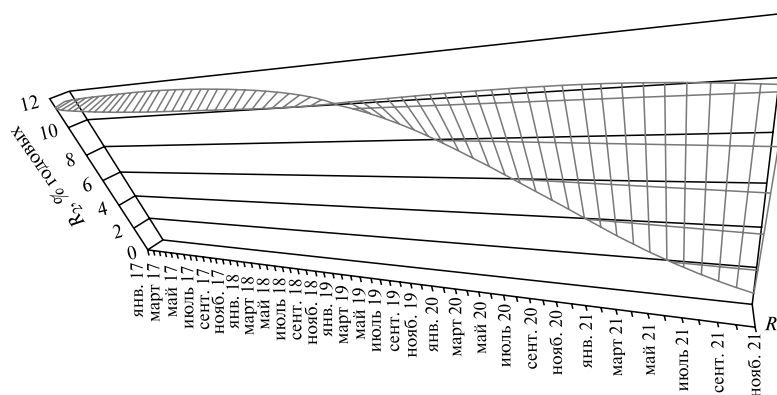


Рис. 3. Фазовое пространство R_1-R_2-t рынка межбанковских кредитов

И с т о ч н и к: разработано автором.

Fig. 3. Phase space R_1-R_2-t of the interbank loans market

S o u r c e: author's developed.

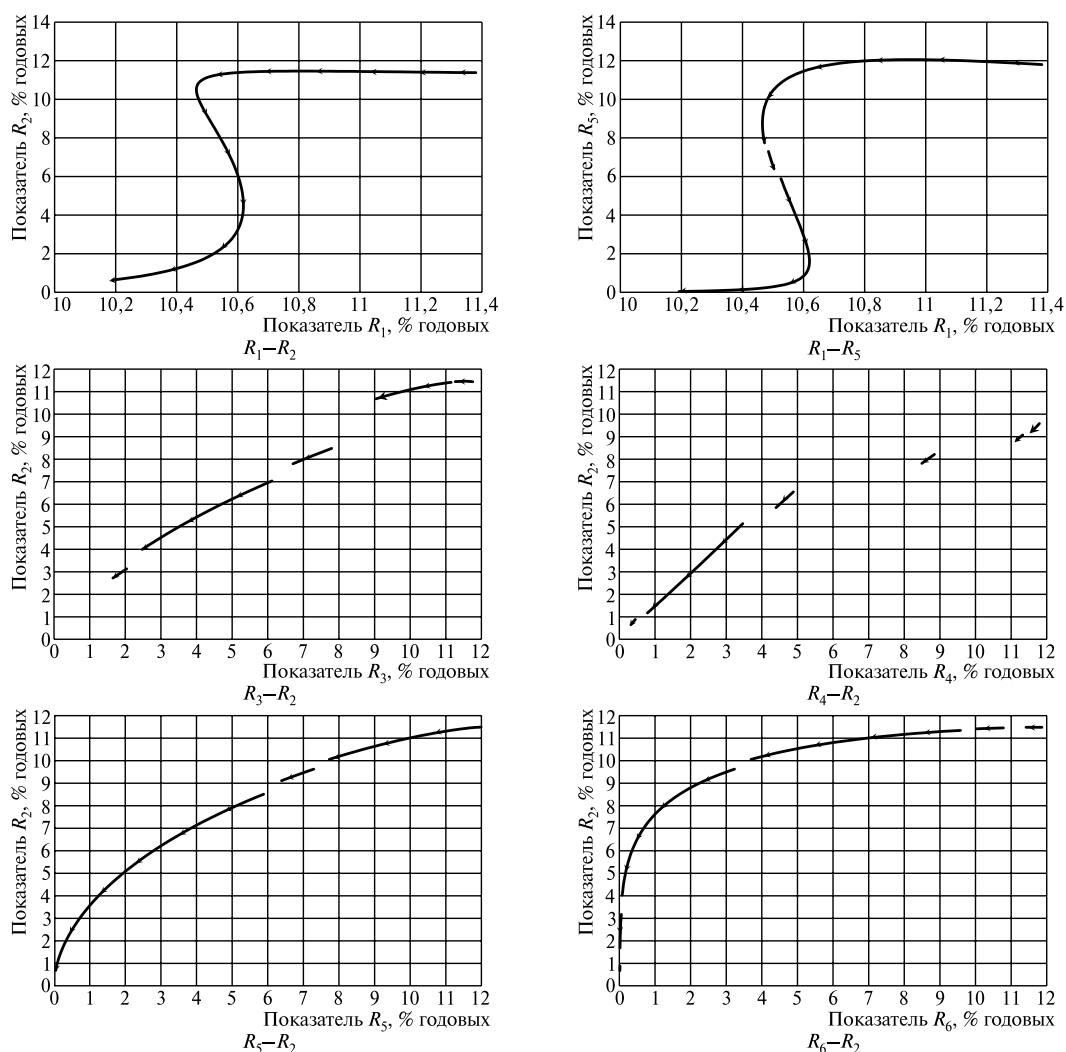


Рис. 4. Фазовые портреты поведения рынка межбанковских кредитов за 2017–2021 гг.

И с т о ч н и к: разработано автором.

Fig. 4. Phase portraits of the behavior of the interbank loans market for 2017–2021

S o u r c e: author's developed.

Для двух показателей фазовым пространством является фазовая плоскость, где двумя переменными являются экономические выгоды R_i и R_j i -го и j -го основных участников или сегментов рынка. В этом случае график фазового портрета дает качественную информацию о кинетике поведения рынка. На всех фазовых портретах фазовые траектории представляют собой кривые, стремящиеся к узлу, характеризующему устойчивое поведение рынка межбанковских кредитов. Стрелки на фазовых траекториях показывают, что рынок как организованная целостность перемещается во времени к этому узлу. Причем положение точки равновесия определяется исключительно внутренними свойствами рынка, а внешние воздействия приводят к отклонению рынка от точки равновесия. При снятии внешнего воздействия движение рынка направляется к точке равновесия.

Заключение

Таким образом, представление об организованной целостности рынка позволило разработать кинетическую модель поведения рынка в виде неоднородной системы дифференциальных уравнений, получить решение этой системы и использовать метод фазового пространства для изучения поведения рынка. Главное преимущество разработанного метода в том, что для отображения состояния такой сложной целостности, как рынок, достаточно одной фазовой точки в фазовом пространстве состояний, а поведение рынка как организованной целостности можно исследовать по движению фазовой точки в этом пространстве. При этом кинетическая модель поведения рынка представляет собой систему неоднородных дифференциальных уравнений, связывающую скорость изменения экономической выгоды основных участников рынка или его сегментов с неоднородной структурой организованной целостности рынка с учетом внешней среды функционирования рынка. Кинетическая модель позволяет оценить свойства и режимы поведения рынка, а также определить критические значения некоторых параметров поведения с точки зрения устойчивости рынка.

Анализ фазовых портретов рынка межбанковских кредитов показал, что для периода 2017–2021 гг. его поведение является устойчивым, поскольку на всех фазовых траекториях рынок как организованная целостность перемещается во времени к устойчивому узлу.

Список использованных источников

1. *Gordon, R.* Macroeconomics / R. Gordon. — Boston : Pearson, 2014. — 630 p.
2. *Leontief, W.* Input-Output economics / W. Leontief. — New York : Oxford University Press, 1986. — 436 p.
3. *Cassel, G.* The Theory of Social Economy / G. Cassel. — New York : Augustus M. Kelley, 1967. — 720 p.
4. *Harrod, R.* An Essay in Dynamic Theory / R. Harrod // *Economic J.* — 1939. — № 49. — P. 14–33.
5. *Domar, E.* Capital Expansion, Rate of Growth and Employment / E. Domar // *Econometrica.* — 1946. — Vol. 14, № 2. — P. 137–147.
6. *Samuelson, P.* Foundations of Economic Analysis / P. Samuelson. — Cambridge : Harvard University Press, 1947. — 447 p.
7. *Асемоглу, Д.* Введение в теорию современного экономического роста : в 2 т. / Д. Асемоглу. — М. : Дело РАНХиГС, 2018. — Т. 1. — 928 с.
8. *Спиркин, А.* Философия / А. Спиркин. — М. : Гардарики, 2006. — 736 с.
9. *Богданов, А.* Тектология: (Всеобщая организационная наука) : в 2 кн. / А. Богданов. — М. : Экономика, 1989. — Кн. 1. — 304 с.
10. *Арнольд, В.* Обыкновенные дифференциальные уравнения / В. Арнольд. — М. : МЦНМО, 2012. — 344 с.
11. *Умнов, А.* Основы теории обыкновенных дифференциальных уравнений / А. Умнов, Е. Умнов. — М. : МФТИ, 2020. — 320 с.
12. *Уилкинсон, Дж.* Алгебраическая проблема собственных значений / Дж. Уилкинсон. — М. : Наука, 1970. — 565 с.
13. Статистический бюллетень / Национальный банк Республики Беларусь. — Минск, 2017. — № 12 (222). — 262 с.
14. Статистический бюллетень / Национальный банк Республики Беларусь. — Минск, 2019. — № 12 (246). — 255 с.

15. Статистический бюллетень / Национальный банк Республики Беларусь. — Минск, 2021. — № 12 (270). — 276 с.
16. Хацкевич, Г. Эконометрика : учебник / Г. Хацкевич, Т. Русилко. — Минск : РИВШ, 2021. — 452 с.
17. Бельзецкий, А. Фондовые индексы: оценка качества / А. Бельзецкий. — М. : Новое знание, 2006. — 310 с.
18. Андронов, А. Теория колебаний / А. Андронов, А. Витт, М. Хайкин. — М. : Наука, 1981. — 918 с.

References

1. Gordon R. Macroeconomics. Boston, 2014. 630 p.
2. Leontief W. Input-Output economics. New York, 1986. 436 p.
3. Cassel G. The Theory of Social Economy. New York, 1967. 720 p.
4. Harrod R. An Essay in Dynamic Theory. *Economic Journal*, 1939, no. 49, pp. 14–33.
5. Domar E. Capital Expansion, Rate of Growth and Employment. *Econometrica*, 1946, vol. 14, no. 2, pp. 137–147.
6. Samuelson P. Foundations of Economic Analysis. Cambridge, 1947. 447 p.
7. Asemoglu D. Introduction to the theory of modern economic growth. Moscow, 2018, vol. 1. 928 p. (in Russian).
8. Spirkin A. Philosophy. Moscow, 2006. 736 p. (in Russian).
9. Bogdanov A. Tectology: (General organizational science). Moscow, 1989, Book 1. 304 p. (in Russian).
10. Arnold V. Ordinary differential equations. Moscow, 2012. 344 p. (in Russian).
11. Umnov A., Umnov E. Fundamentals of the theory of ordinary differential equations. Moscow, 2020. 320 p. (in Russian).
12. Wilkinson J. H. The algebraic eigenvalue problem. Oxford, 1965. 662 p.
13. Statistical Bulletin. Minsk, National Bank of the Republic of Belarus, 2017, no. 12 (222). 262 p. (in Russian).
14. Statistical Bulletin. Minsk, National Bank of the Republic of Belarus, 2019, no. 12 (246). 255 p. (in Russian).
15. Statistical Bulletin. Minsk, National Bank of the Republic of Belarus, 2021, no. 12 (270). 276 p. (in Russian).
16. Khatskevich G., Rusilko T. *Econometrica*. Minsk, 2021. 452 p. (in Russian).
17. Bel'zetsky A. Stock indexes: quality assessment. Moscow, 2006. 310 p. (in Russian).
18. Andronov A., Witt A., Khaykin M. Theory of oscillations. Moscow, 1981. 918 p. (in Russian).

Информация об авторе

Бельзецкий Анатолий Иосифович — кандидат технических наук, директор, ООО «БелМежКомИнвест», e-mail: bmki07@mail.ru

Information about the author

Belzetsky A. — PhD in Engineering sciences, director, BelMezhKomInvest Ltd, e-mail: bmki07@mail.ru

Статья поступила в редколлегию 01.06.2022

Received by editorial board 01.06.2022