

ISSN 2523-4714
УДК 339.13.017

А. И. Бельзецкий

ООО «БелМежКомИнвест», Минск, Беларусь

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ЦЕЛОСТНОСТИ РЫНКА

В статье на основе методологии холизма разработана корреляционная модель рынка как целостности во взаимодействии с внешней средой. На примере финансового рынка исследовано качество разработанной модели.

Ключевые слова: рынок, методология холизма, целостность, корреляционная модель, корреляционный анализ

Для цитирования: Бельзецкий, А. И. Корреляционный анализ целостности рынка / А. И. Бельзецкий // Бизнес. Инновации. Экономика : сб. науч. ст. / Ин-т бизнеса БГУ. — Минск, 2024. — Вып. 9. — С. 181–189.

A. Belzetsky

BelMezhKomInvest Limited Liability Company, Minsk, Belarus

CORRELATION ANALYSIS OF MARKET INTEGRITY

The article uses the holism methodology to develop a correlation model of the market as an integrity in interaction with the external environment. The quality of the developed model is studied using the example of the financial market.

Keywords: market, holism methodology, integrity, correlation model, correlation analysis

For citation: Belzetsky A. Correlation analysis of market integrity. *Biznes. Innovatsii. Ekonomika = Business. Innovations. Economics*. Minsk, 2024, iss. 9, pp. 181–189 (in Russian).

Введение

Необходимость реализации современных задач диктует новые требования к исследованию роли рынка в качестве механизма устойчивого развития экономики. Маркетология — это наука о рынках, изучающая явления и процессы функционирующего рынка как целого во взаимосвязи с внешней средой [1]. Объектом исследования маркетологии является рынок как специфическая форма упорядочения общества в организованную целостность для удовлетворения его потребностей посредством обмена товарами и услугами. Методология холизма [2] позволяет исследовать рынок как сложно организованный объект, который, являясь самостоятельной целостностью, одновременно представляет собой структурный элемент внешней среды.

Цель статьи — на основе методологии холизма разработать корреляционную модель рынка как целостности во взаимодействии с внешней средой, и на примере финансового рынка исследовать качество разработанной модели.

Концептуализация целостности рынка

С позиций методологии холизма исходная ситуация исследования заключается в том, что в качестве объекта измерения выступает некоторая среда, содержащая объект изучения (рынок), со своими собственными свойствами, и в этой среде необходимо идентифицировать объект исследования

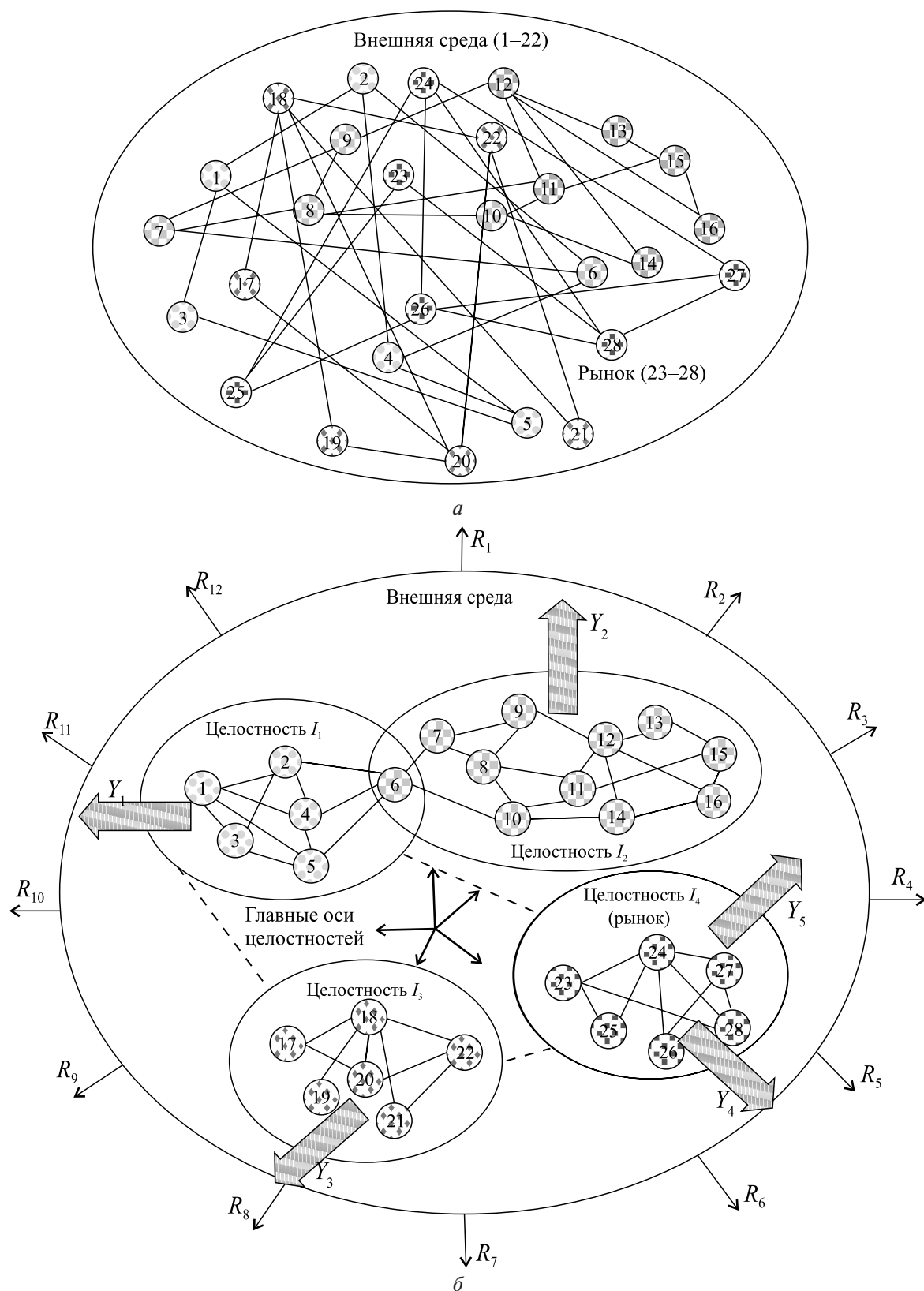


Рис. 1. Исходное представление (а) и концептуальная модель (б) целостности рынка
Источники: разработано автором.

Fig. 1. Initial representation (a) and conceptual model (b) of market integrity
Source: author's developed.

как целостность. При этом неизвестно, существует ли одна целостность или их несколько, и каковы связи между ними, т. е. неизвестна структура среды. С другой стороны, каждая целостность, если она существует в поддающейся измерению среде, представляет собой новое качество, которое не зависит от свойств других целостностей, иначе она не была бы самостоятельной, а слилась бы с другой целостностью или растворилась во внешней среде. «Целостность — внутреннее единство объекта, его относительная автономность, независимость от окружающей среды» [3, с. 1486]. Поскольку качества измеряемых целостностей не зависят друг от друга, то для каждой целостности должен существовать свой интегральный показатель, который не зависит от интегральных показателей других целостностей. Предположение о существовании и независимости интегральных показателей может быть сформулировано в виде следующей *гипотезы измерения целостности*: *целостность смешанной неоднородной среды характеризуется независимыми друг от друга интегральными показателями, которые имеют связи с измеряемыми показателями* [1].

Гипотеза не накладывает ограничений на количество интегральных показателей для одной целостности. Условием существования гипотезы является смешанная неоднородная среда.

Пример схемы измерения целостности рынка и его среды представлен на рис. 1. Для наглядности на рис. 1, б все целостности разнесены и показаны независимыми друг от друга с сохранением связей между элементами: $R_1, R_2, \dots, R_m$ — исходными показателями, которые измеряют наблюдаемые признаки исследуемой среды; $Y_1, Y_2, \dots, Y_p$ — интегральными показателями. На самом деле все элементы внешней среды рынка и связи между ними перемешаны как это показано на рис. 1, а. В зависимости от числа степеней свободы одна целостность может иметь один или несколько интегральных показателей. Например, целостность I_4 , которая представляет собой изучаемый рынок, имеет две степени свободы, поэтому она характеризуется двумя интегральными показателями Y_4 и Y_5 . Пунктирными линиями показаны возможные взаимосвязи между целостностями, которые могут быть измерены с помощью канонических корреляций [1].

Корреляционная модель целостности

Корреляционная модель целостности — это система матричных уравнений, в которой описывается теснота внутренних и внешних связей целостностей среды на основе матрицы рядов данных исходных показателей. Гипотеза измерения целостности позволяет представить модель целостности среды рынка в виде системы матричных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{Z^T Y}{n-1} = A, \\ \frac{Y^T Y}{n-1} = C, \end{cases} \quad (1)$$

где Z — матрица порядка $n \times m$ рядов данных измеренных показателей: здесь n — число наблюдений (объем выборки); m — число исходных показателей; t — символ транспонирования матрицы; Y — матрица порядка $n \times p$ рядов данных интегральных показателей: здесь p — число интегральных показателей; A — матрица порядка $m \times p$ коэффициентов корреляции между исходными показателями и интегральными показателями; C — корреляционная матрица порядка $p \times p$ интегральных показателей.

Первое уравнение системы (1) отражает проявление целостности во внешней среде, описывая взаимосвязь между интегральными показателями и измеряемыми исходными показателями. Предполагается, что ряды данных всех показателей центрированы и нормированы по среднеквадратичному отклонению.

Второе уравнение системы (1) отражает зависимость или независимость целостностей друг от друга в виде коррелированных или некоррелированных интегральных показателей. Левая часть уравнения содержит формулу для вычисления корреляционной матрицы интегральных показателей, а его правая часть равна единичной матрице, если интегральные показатели независимы. В противном случае корреляционная матрица правой части системы уравнений будет отличаться

от единичной, а ее внедиагональные элементы будут равны коэффициентам корреляции между соответствующими интегральными показателями.

Измеряемая среда содержит целостности, если существуют такие смешанные неоднородности, теснота внутренних связей которых превосходит тесноту внешних связей (операциональное определение целостности). Зная ряды данных интегральных показателей, можно проанализировать тесноту связей между ними и исходными показателями и получить представление о свойствах, составе, структуре и динамике поведения целостностей как внешней среды, так и самого рынка.

Корреляционный анализ целостности

Корреляционный анализ целостности — это метод обработки данных, с помощью которого на основе эмпирических рядов данных исходных показателей в смешанной неоднородной среде выявляются целостности, то есть такие образования, у которых теснота внутренних связей превышает тесноту внешних связей, и дается им пространственно-временная количественная характеристика. В эмпирическом моделировании корреляционный анализ целостности представляет собой набор процедур для оценки параметров матриц A и Y корреляционной модели целостности (1). Наиболее простой формой корреляционного анализа целостности является линейное ортогональное преобразование системы координат исходных показателей, которое может быть получено с помощью сингулярного разложения в следующем виде:

$$A = V \Sigma C^{1/2} / \sqrt{n-1}, \quad (2)$$

$$Y = UC^{1/2} \sqrt{(n-1)}, \quad (3)$$

где A — матрица целостных образов; V — матрица правых сингулярных векторов; $\Sigma = \text{diag}\{\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_m\}$ — матрица сингулярных чисел; n — число значений исходного ряда данных (объем выборки); Y — матрица интегральных показателей целостностей; U — матрица левых сингулярных векторов.

Сингулярным разложением действительной матрицы Z называется ее факторизация вида $Z = U \Sigma V^T$. В процессе сингулярного разложения столбцы матриц U и V подбираются таким образом, чтобы они были ортогональными, а матрица Σ превратилась бы в диагональную матрицу с неотрицательными диагональными элементами [4].

Модели (2) и (3) описывают открытую смешанную неоднородную пространственно-временную целостность внешней среды рынка. Матрица целостных образов содержит все сведения о ее свойствах, составе и структуре. Столбцы матрицы целостных образов указывают направления главных осей, а ее строки позволяют определить состав главных целостностей. Множество всех коэффициентов, расположенных в столбце матрицы целостных образов, называется собственной формой целостности. Номер собственной формы целостности равен номеру столбца матрицы целостных образов, т. е. номеру соответствующей целостности. Матрица рядов данных интегральных показателей характеризует динамику их изменения. Причем к одной целостности может относиться несколько интегральных показателей, если эта целостность имеет несколько степеней свободы.

Корреляционный анализ целостности финансового рынка

Рассмотрим пример анализа целостности финансового рынка на основе исторических данных за 2019–2023 гг. [5–7]. В качестве показателей, характеризующих внешнюю среду финансового рынка, использовались: месячный объем валового внутреннего продукта в текущих ценах (R_1), млн р.; месячный темп роста потребительских цен (R_2), %; месячный темп роста цен производителей промышленной продукции (R_3), %; месячный объем экспорта товаров и услуг (R_4), млн долл. США; месячный объем импорта товаров и услуг (R_5), млн долл. США; месячный объем доходов консолидированного бюджета (без ФСЗН) (R_6), млн р.; месячная выручка от реализации продукции, товаров, работ, услуг (R_7), млн р.; денежные доходы населения (R_8), млн р. нарастающим итогом с начала года; средний за месяц агрегат рублевой денежной массы $M2^*$ (R_9), млн р.

Для валютного рынка использовались показатели среднемесячного официального курса белорусского рубля по отношению к российскому рублю за 100 российских рублей (R_{10}); за 1 долл. США (R_{11}); за 1 евро (R_{12}). Для рынка межбанковских кредитов использовались показатели сред-

немесячных процентных ставок, по которым банки привлекали (размещали) кредиты, вклады (депозиты) на межбанковском рынке в национальной валюте на следующие сроки: «1 день» (R_{13}), «2 дня» (R_{14}) и «4–7 дней» (R_{15}). Для рынка банковских вкладов (депозитов), использовались показатели среднемесячных процентных ставок в национальной валюте по обязательствам банков (R_{16}), по всем срочным вкладам (депозитам) (R_{17}) и по новым вкладам (депозитам) (R_{18}). Для рынка банковских кредитов выбирались показатели среднемесячных процентных ставок кредитов банков в национальной валюте по новым кредитам без учета межбанковских кредитов, но с учетом льготных кредитов (R_{19}); по всем кредитам, но без учета межбанковских и льготных кредитов (R_{20}); а также по новым кредитам, но без учета межбанковских и льготных кредитов (R_{21}).

Для проверки стационарности рядов данных исходных показателей $R_1, R_2, \dots, R_{21}$ применялся расширенный тест Дики – Фуллера с константой и линейным трендом [8, с. 382]. Нестационарные ряды данных исходных показателей масштабировались путем расчета их приращений, после чего ряды данных всех исходных показателей центрировались и приводились к единичной дисперсии.

Результаты измерения целостности среды финансового рынка за 2019–2023 гг. представлены на рис. 2. На первом уровне иерархической структуры целостности внешней среды финансового рынка расположены главные целостности $I_1, I_2, \dots, I_8$. Прочие целостности I_9 ,

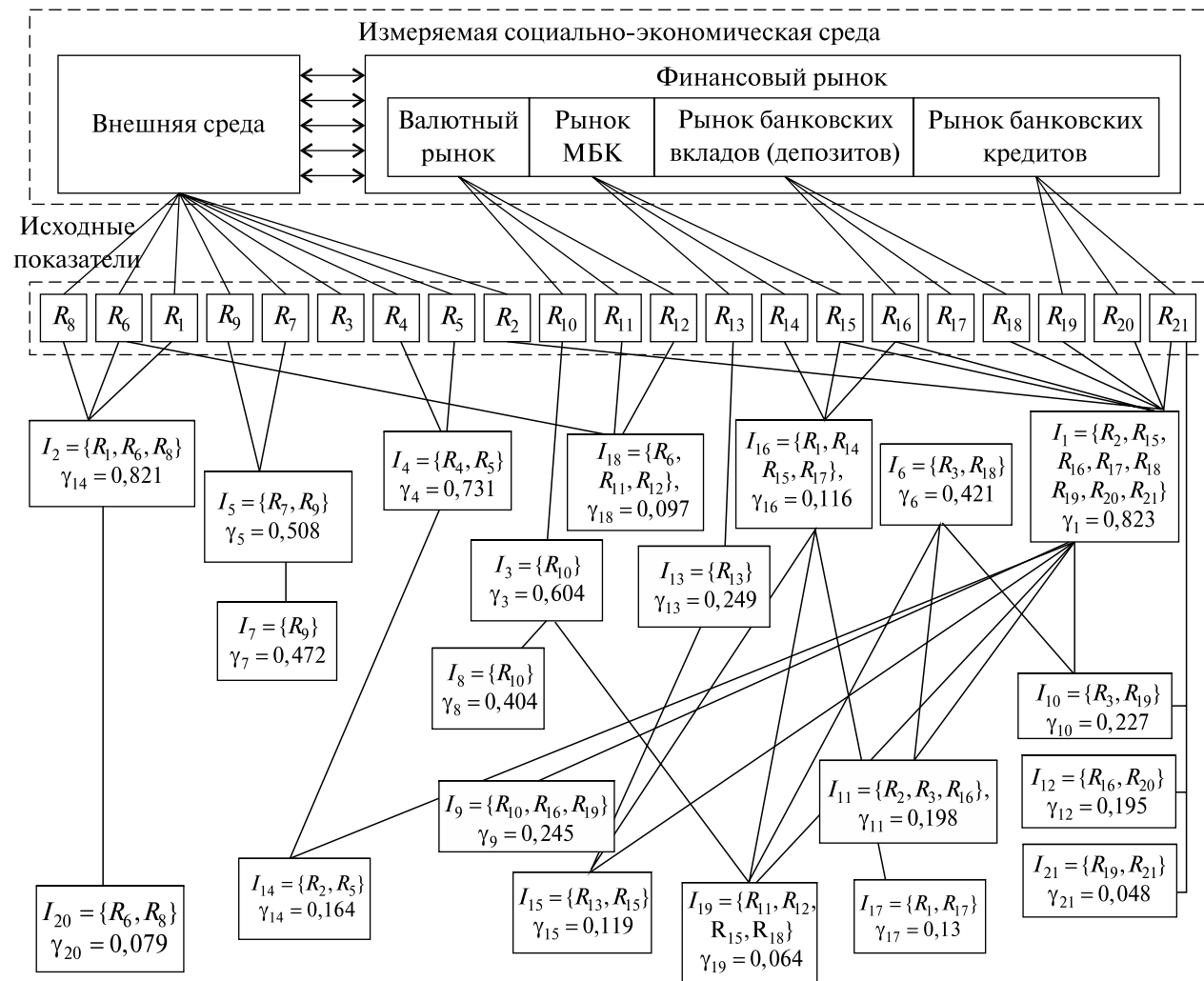


Рис. 2. Схема измерения и структура целостности среды финансового рынка

И с т о ч н и к: разработано автором.

Fig. 2. The measurement scheme and the structure of the integrity of the financial market environment

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

$I_{10}, \dots, I_{21}$ образуют второй и последующие уровни иерархии. Состав прочих целостностей определяется на основе анализа спектра собственных форм целостностей таким же образом, как и состав главных целостностей. На прочие целостности приходится 7,3 % общей изменчивости исходных показателей.

Качество корреляционной модели целостности

Качество корреляционной модели целостности среды финансового рынка оценивается коэффициентом детерминации, который характеризует долю исходной информации, содержащуюся в интегральных показателях главных целостностей. Для рассматриваемого случая его значение равно 0,88, а значение статистики Фишера для этого показателя составило 9,79 при его критическом значении, равном 2,80. Поскольку фактическое значение F -статистики Фишера превышает его критическое значение, то модель целостности и коэффициент детерминации статистически значимы с вероятностью 0,95.

Основные свойства корреляционной целостности среды финансового рынка содержатся в матрицах целостных образов и интегральных показателей целостностей. Для детальной оценки качества корреляционной целостности, необходимо ряды данных интегральных показателей сопоставить с рядами данных исходных показателей, предварительно преобразовав их к сопоставимому виду по формуле

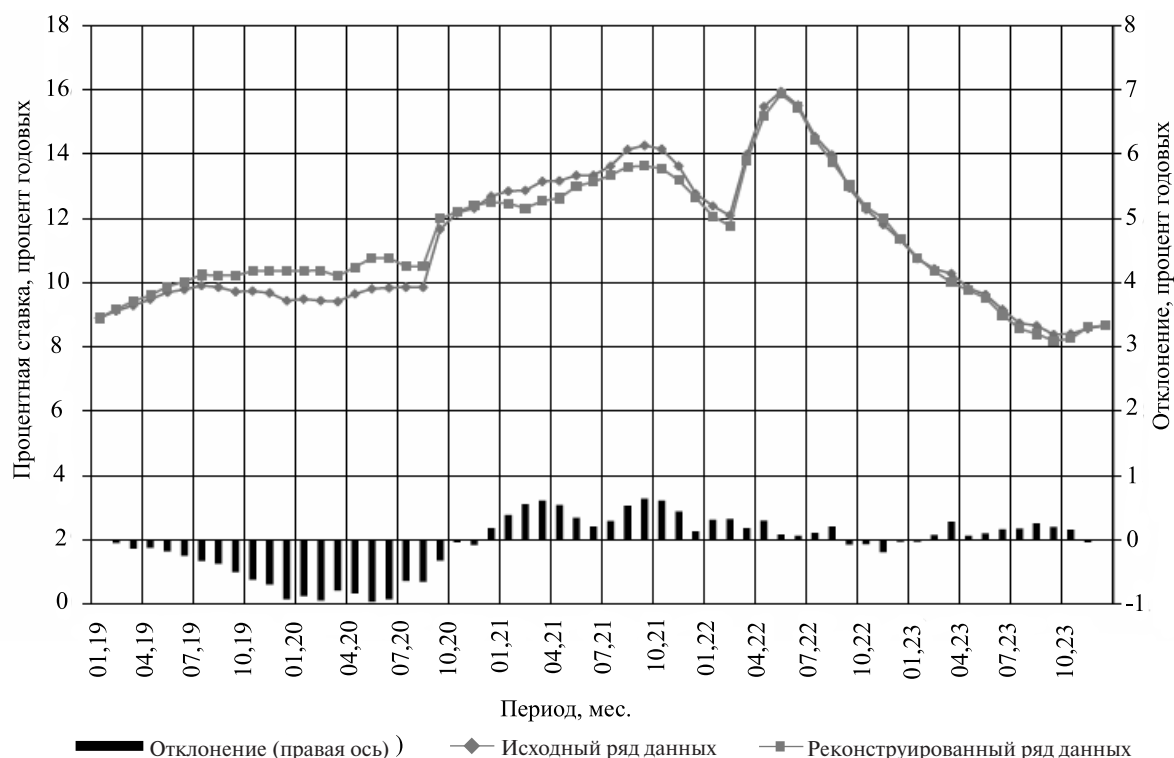
$$Y_z = U_r \Sigma_r V_r^T \quad (4)$$

где Y_z — матрица рядов данных размером $n \times m$ интегральных показателей главных целостностей в системе координат исходных показателей; U_r — матрица размером $n \times p$ левых сингулярных векторов; $\Sigma_r = \text{diag}\{\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_p\}$ — матрица размером $p \times p$ сингулярных чисел; V_r — матрица размером $m \times p$ правых сингулярных векторов.

В результате будет получена матрица Y_z реконструированных рядов данных исходных показателей. Причем реконструированный ряд данных каждого исходного показателя равен сумме рядов данных интегральных показателей всех главных целостностей. Затем вычисляются ряды остатков как разница между исходными и реконструированными рядами данных. Остатки выступают интегральной характеристикой реконструированных рядов данных исходных показателей.

Пример динамики показателя R_{17} в виде его исходного ряда данных и ряда данных, реконструированного на основе интегральных показателей главных целостностей $I_1, I_2, \dots, I_8$, показан на рис. 3. Показатель R_{17} входит в состав исходных показателей целостности I_1 . Реконструированный ряд данных показывает изменчивость главных целостностей, которая отражается показателем R_{17} . Основная доля изменений показателя R_{17} связана с изменчивостью первой целостности среды финансового рынка. Остатки между рядами данных (столбиковая диаграмма) обусловлены спецификой показателя R_{17} , исключением из рассмотрения информации, содержащейся в прочих целостностях, и случайными факторами.

Расчет и анализ статистических параметров рядов остатков для всех исходных показателей $R_1, R_2, \dots, R_{21}$ дает детальную картину соответствия модели корреляционной целостности среды финансового рынка реальным данным (см. таблицу). Для исходных показателей остатки в определенной степени случайны и не имеют систематических ошибок, поскольку их математические ожидания близки к нулю. Свойства остатков близки к свойствам гауссовского белого шума, т. е. имеют нормальный закон распределения с нулевым математическим ожиданием, постоянную дисперсию на всех участках анализируемого периода в соответствии с критерием Бреуша — Пагана [8] и независимые разновременные значения в соответствии с критерием Бреуша — Годфри [8]. Значения эксцесса и асимметрии показывают, что частотное распределение остатков близко к нормальному закону по критерию хи-квадрат [8]. Остатки не содержат каких-либо закономерностей, не учтенных в модели измерения, поскольку абсолютные значения коэффициентов автокорреляции ниже их критических значений. Абсолютные значения остатков существенно ниже соответствующих значений исходных рядов данных.

Рис. 3. Динамика показателя R_{17} в 2019–2023 гг.

Источник: разработано автором.

Fig. 3. Dynamics of the R_{17} indicator in 2019–2023

Source: author's developed.

**Статистические параметры остатков реконструированных
рядов данных исходных показателей финансового рынка**

**Statistical parameters of the residues
of the reconstructed data series of the initial indicators of the financial market**

Статистический параметр остатков	Исходный показатель									
	R_{11}	R_{12}	R_{13}	R_{14}	R_{15}	R_{16}	R_{17}	R_{18}	R_{19}	R_{20}
Математическое ожидание	0,019	0,060	0,000	0,413	−1,201	0,041	−0,054	−0,337	0,012	0,198
Среднеквадратичное отклонение	0,069	0,114	1,691	0,970	0,995	0,351	0,437	0,654	0,811	0,365
Сумма квадратов остатков	0,303	0,981	168,751	993,3	615,698	7,387	11,438	32,046	38,837	10,220
Экссесс	2,290	2,068	3,289	1,467	2,162	5,201	2,463	1,997	2,704	2,470
Асимметрия	0,374	0,106	0,478	0,381	−0,486	0,192	−0,612	−0,033	−0,826	0,632
Нормальность распределения по критерию хи-квадрат	Да	Да	Да	Нет	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Автокорреляция по критерию Бреуша – Годфри	Нет	Нет	Нет	Да	Да	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Гетероскедастичность по критерию Бреуша – Пагана	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Коэффициент детерминации R^2	0,954	0,826	0,851	0,584	0,672	0,948	0,947	0,958	0,880	0,920
Значимость коэффициента детерминации R^2	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да

Источник: разработано автором.

Source: author's developed.

Заключение

В отличие от корреляционного анализа, который изучает характер и степень связи случайных величин [8], а также регрессионного анализа, исследующего характер и форму связи между зависимыми и независимыми переменными [8], корреляционный анализ целостности изучает характер и степень неоднородности и анизотропии корреляционного поля, образуемого случайными величинами. Целостности формируются в направлениях наибольшей тесноты связей, поскольку по определению объект обладает целостностью, если теснота внутренних связей между его элементами или компонентами превышает тесноту внешних связей. Следовательно, знание неоднородности и анизотропии корреляционного поля, формируемого значениями исходных показателей, измеряющих свойства смешанной среды, позволяет выявить целостности в исследуемой среде.

Представленная в статье корреляционная модель целостности рынка имеет следующие особенности. Во-первых, поскольку целостность изучаемого объекта (рынка) изначально неизвестна и недоступна для прямого измерения, корреляционная модель описывает целостность среды, элемент которой — изучаемый объект. Во-вторых, корреляционная модель является пространственно-временной, поскольку описывает свойства, состав, структуру и динамику поведения целостности среды. В-третьих, корреляционная модель учитывает степени свободы целостностей, что принципиально отличает ее от эконометрических и статистических моделей. В-четвертых, корреляционная модель является смешанной, учитывающей разнообразие пространственного расположения разнородных элементов целостности и связей между ними. В-пятых, корреляционная модель — комплексная и универсальная, поскольку описывает целостность не только социально-экономических объектов, но и объектов любой природы, между которыми существуют динамические связи. В-шестых, корреляционная модель применяется непосредственно к рядам данных измеряемых показателей, без промежуточного вычисления ковариационной или корреляционной матрицы, что характерно для эконометрических методов и методов многомерной статистики. Результаты измерения целостности среды финансового рынка подтвердили высокое качество корреляционной модели.

Список использованных источников

1. Бельзецкий, А. Маркетология: общая теория рынков / А. Бельзецкий. — Минск : Колорград, 2022. — 475 с.
2. Бельзецкий, А. Методологические основы холизма / А. Бельзецкий // Бизнес. Инновации. Экономика : сб. науч. ст. / Ин-т бизнеса БГУ. — Минск, 2023. — Вып. 8. — С. 147–157.
3. Советский энциклопедический словарь / под ред. А. Прохорова. — М. : Сов. энцикл., 1989. — 1632 с.
4. Golub G. Calculating the Singular Values and Pseudoinverse of a Matrix / G. Golub, W. Kahan // *SIAM J. on Numerical Analysis*. — 1965. — Ser. B. — Vol. 2, № 2. — P. 205–223.
5. Статистический бюллетень / Национальный банк Республики Беларусь. — Минск, 2019. — № 12 (246). — 255 с.
6. Статистический бюллетень / Национальный банк Республики Беларусь. — Минск, 2021. — № 12 (270). — 276 с.
7. Статистический бюллетень / Национальный банк Республики Беларусь. — Минск, 2023. — № 12 (294). — 265 с.
9. Хацкевич, Г. Эконометрика : учебник / Г. Хацкевич, Т. Русилко. — Минск : РИВШ, 2021. — 452 с.

References

1. Belzetsky A. *Marketology: general theory of markets*. Minsk, 2022. 475 p. (in Russian).
2. Belzetsky A. Methodological foundations of holism. *Biznes. Innovatsii. Ekonomika = Business. Innovations. Economics*. Minsk, 2023, iss. 8, pp. 147–157 (in Russian).
3. Prokhorov A. (ed.) *The Soviet Encyclopedic Dictionary*. Moscow, 1989. 1632 p. (in Russian).
4. Golub G., Kahan W. Calculating the Singular Values and Pseudoinverse of a Matrix. *SIAM Journal on Numerical Analysis*. 1965, ser. B., vol. 2, no 2, pp. 205–223.

5. *Statistical Bulletin*. National Bank of the Republic of Belarus, 2019, Minsk, no. 12 (246). 255 p. (in Russian).
6. *Statistical Bulletin*. National Bank of the Republic of Belarus, Minsk, 2021, no. 12 (270). 276 p. (in Russian).
7. *Statistical Bulletin*. National Bank of the Republic of Belarus, Minsk, 2023, no. 12 (294). 265 p. (in Russian).
8. Khatskevich G., Rusilko T. *Econometrica*. Minsk, 2021. 452 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 Technical sciences; director, BelMezhKomInvest Ltd, e-mail: bmki07@mail.ru

Статья поступила в редколлегию 29.04.2024

Received by editorial board 29.04.2024