

УДК 330.47

МОДЕЛЬ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОРТФЕЛЯ НА ОСНОВЕ МИНИМАКСНОГО КРИТЕРИЯ**И.Ю. Выгодчикова**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», Саратов, email: vigodchikova@info.sgu.ru

***Аннотация.** В статье разработана модель инвестиционного портфеля с использованием минимаксного критерия оптимальности, обоснованы математические свойства и построен эффективный алгоритм, позволяющий управлять портфелем инвестора в режиме реального времени. Исследование основано на решении задачи минимизации риска портфеля с негладким функционалом. Получены формулы расчета долей инвестиций, однозначно определяющие оптимальную структуру портфеля. Наряду с традиционными оценками волатильности в разработанной модели могут быть использованы различные оценки и индикаторы риска для активов, входящих в портфель (рейтинги, финансовые индексы, ошибки аппроксимации и другие оценки риска). Использование данного подхода повышает качество управления инвестиционным портфелем даже в условиях повышенной турбулентности на финансовых рынках, поскольку минимаксный критерий позволяет добиться наиболее сбалансированного распределения риска между активами, математический аппарат дает точное решение, а вычислительный алгоритм отличается высокой скоростью.*

***Ключевые слова:** портфельные инвестиции, риск, оптимизация, минимаксный критерий, вычислительный алгоритм.*

MODEL OF INVESTMENT PORTFOLIO BASED ON MINIMAX CRITERION**I.Yu. Vygodchikova**

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saratov National Research State University named after N.G. Chernyshevsky", Saratov, email: vigodchikova@info.sgu.ru

***Abstract.** The article authors developed a model of investment portfolio using minimax criterion of optimality, substantiated mathematical properties and built an effective algorithm that allows managing investor's portfolio in real time. The study is based on solving the problem of minimizing risk for a portfolio with nonsmooth functional. Formulas for calculation of investment shares are obtained that uniquely determine optimal portfolio structure. Along with traditional estimates of volatility, various estimates and risk indicators can be used in the developed model for assets included in the portfolio (ratings, financial indices, approximation errors, and other risk assessments). Using this approach improves the quality of investment portfolio management even in conditions of increased turbulence in financial markets, since the minimax criterion allows achieving the most balanced distribution of risk between assets, the mathematical apparatus gives exact solution, and the computational algorithm is characterized by high speed.*

***Keywords:** portfolio investment, risk, optimization, minimax criterion, computational algorithm.*

Дата поступления статьи в редакцию: 24.12.2025

Дата принятия статьи в печать: 18.02.2026

Введение

В настоящее время роботизированные системы принятия решений занимают всё более важное место в финансах, бизнесе и других областях экономики [1, 2]. Использование классического портфельного подхода, основанного на решении задачи Г.М. Марковица [3], требует знания ковариационной матрицы доходности активов, что приводит к громоздким вычислительным процедурам [4, 5]. Учитывая растущий объем информации, инвесторы должны пересматривать свой портфель быстрее, чем будут обработаны данные для его формирования. Ситуация обостряется, когда на поведение инвестора влияют непредсказуемые события на финансовых рынках, что приводит к состоянию дискомфорта и противоречий, вызванного нарушением последовательности сбора, обработки данных, построению модели и получением оптимального решения [6, 7]. Поэтому актуальным направлением исследований является развитие методов оптимизации инвестиционного портфеля [8-10].

Одним из наиболее популярных методов управления рисками является диверсификация портфеля, то есть стратегия ограничения риска компании путем распределения инвестиций и других ресурсов между несколькими областями деятельности – производством разнородных товаров и предоставлением

различных услуг. Инвестиционный портфель — один из вариантов реализации методов диверсификации. Идея применения метода оптимизации к анализу инвестиционного портфеля была впервые предложена Гарри Максом Марковицем [3]. Главная проблема при применении его подхода заключается в необходимости оценки риска портфеля, связанного с расчетом дисперсии.

В отличие от подхода Г. Марковица, предлагаемая модель инвестиционного портфеля основана на критерии минимизации максимального вклада риска входящих в портфель активов за счёт отыскания рациональной долевого структуры портфеля. Применение такого подхода снимает жёсткие ограничения к используемой оценке риска, и позволяет, наряду с традиционными оценками риска с помощью волатильности активов, использовать также другие показатели риска, такие как рейтинги [11, 12], финансовые индексы [13], ошибки аппроксимации [14,15] и т. д.

Цель исследования

Целью статьи является разработка модели инвестиционного портфеля на основе минимаксного критерия оптимальности, создание вычислительного алгоритма и применение алгоритма для построения долевого структуры финансирования инновационных предприятий Саратовской области.

Одной из задач работы является разработка математического метода формирования инвестиционного портфеля, позволяющего проводить точные расчеты с высокой скоростью, независимо от объема исходных данных. Другой задачей является построение алгоритма оптимизации инвестиционного портфеля, дополненного возможностью учета оценок риска в вероятностной, рейтинговой и балльной шкале. Эти возможности позволяют использовать в построении алгоритмической процедуры новые критерии для построения оптимального портфеля, учитывающие важные показатели финансово-экономической деятельности предприятий.

Инновационно-ориентированными компаниями считаются компании, которые: работают в высокотехнологичных, наукоемких секторах экономики и реализуют активную инновационную стратегию. Как показывает практика, научно-интенсивные проекты, несмотря на высокие инвестиции, позволяют в будущем получать высокую прибыль, которая обеспечит инвестору стабильный доход в течение длительного времени. Однако такие проекты характеризуются более высоким уровнем риска и более разнообразными его видами, что требует построения более сложных моделей для их оценки. Задача усложняется большим количеством компаний-однодневок, созданных для различных стартап-проектов, которые обещают высокую прибыль, но в итоге сворачивают бизнес и оказываются неплатежеспособными. Поэтому при оценке инновационных проектов необходимо учитывать большое количество разнородных критериев и ключевых экономических показателей предприятия.

В данной работе в качестве исследуемых инновационных предприятий выбраны три региональные компании, работающие в сфере высоких технологий: «Ламинированное стекло», «Нита-фарм», «Биоамид».

Методы исследования

Введём в рассмотрение переменную θ_i , которая обозначает долю актива с номером i в портфеле, и пусть $\theta = (\theta_1, \dots, \theta_n)$ — вектор неизвестных долей активов (эти компоненты необходимо получить в результате решения оптимизационной задачи). Оценки риска активов, включенных в портфель, будут обозначаться как $V_i > 0$, $i = \overline{1, n}$. Эти значения могут представлять собой любые количественные показатели, характеризующие риск [14]. Оценки риска являются входными параметрами модели, их значения должны быть рассчитаны до построения модели [16]. Оценки риска активов портфеля могут представлять собой, например, статистические оценки финансовых рисков (стандартное отклонение, дисперсия), вероятностные оценки финансовых потерь (вероятность неплатежеспособности, Value at Risk), экспертные оценки, количественные показатели финансового анализа (финансовый левередж), рейтинговые оценки т.д.

Рассмотрим максимальную оценку риска активов как оценку риска инвестиционного портфеля, учитывая доли таких активов в портфеле:

$$\Psi(\theta) = \max_{i=1, n} V_i \theta_i.$$

Необходимо пропорционально диверсифицировать риски между всеми активами портфеля, выбирая вес (долю) каждого актива в портфеле:

$$\Psi(\theta) = \max_{i=1, n} V_i \theta_i \rightarrow \min_{\theta \in D}, \quad (1)$$

$$D = \{ \theta = (\theta_1, \dots, \theta_n) \in R^n : \sum_{i=1}^n \theta_i = 1 \}. \quad (2)$$

Набор (2) не подразумевает каких-либо дополнительных ограничений на структуру инвестиционного портфеля. Установив доходности активов $\eta_1 > \dots > \eta_n$ (для определённости), наложим ограничение η_p на доходность портфеля для формулирования модели:

$$\Psi(\theta) = \max_{i=1, n} V_i \theta_i \rightarrow \min_{\theta \in \Omega}, \quad (3)$$

$$\Omega = \{ \theta = (\theta_1, \dots, \theta_n) \in R^n : \sum_{i=1}^n \theta_i = 1, \sum_{i=1}^n \eta_i \theta_i = \eta_p \}. \quad (4)$$

Множество (4), в отличие от множества (2), содержит дополнительное требование к доходности инвестиционного портфеля. Поскольку отказаться от получения более высокой доходности можно только при условии снижения риска, рассматриваем случай, когда $\eta_1 > \dots > \eta_n > 0$ и $V_1 > \dots > V_n > 0$. Представим экономическую интерпретацию задач (1) и (3) с использованием анализа следующей простейшей ситуации. Например, предположим, что существуют экспертные оценки рисков трех инновационных проектов (V), 3, 2, 1 соответственно (первый проект с рейтингом «3» – наиболее рискованный). Необходимо распределить финансовые ресурсы, снизив риск. Следуя здравому смыслу, целесообразно инвестировать больше средств в инновационный проект с меньшим риском. Таким образом, искомые доли должны находиться в следующей пропорции: $1/3 : 1/2 : 1/1$ ($1/3 + 1/2 + 1/1 = 11/6$). Отсюда получаем следующее решение задач (1)-(2): $(1/3) / (11/6) = 2/11$, $(1/2) / (11/6) = 3/11$, $(1/1) / (11/6) = 6/11$.

Представление задач (1)-(2) и (3)-(4) в виде задач линейного программирования требует дополнительных преобразований негладкой целевой функции этих задач. Во многих программных приложениях решение достигается приближенными методами. При этом точность вычислений значительно снижается с увеличением числа ограничений, то есть с увеличением числа активов в портфеле. Более того, невозможно однозначно ответить на вопрос о существовании какого-либо решения вообще.

Использование существующих методов решения этих задач не позволяет визуализировать функциональную зависимость исходных данных и результата оптимизации, что не всегда удобно на практике. Поэтому важной проблемой является получение решений задач (1)-(2) и (3)-(4) в виде явных функциональных зависимостей выходных параметров, то есть долей активов, включенных в портфель, от входных параметров – доходностей и рисков активов и требуемой доходности портфеля. Приведем точные формулы расчета. Начнем с более простой задачи.

Результаты исследования

1.1. Решение задачи (1) – (2)

Получены следующие формулы. Положим:

$$v = \sum_{i=1}^n V_i^{-1}.$$

Теорема 1. Вектор θ^* с компонентами $\theta_1^*, \dots, \theta_n^*$:

$$\theta_i^* = 1 / (v V_i), \quad i = \overline{1, n}, \quad (5)$$

является решением задачи (1) – (2).

Алгоритм решения задачи (1) – (2) состоит в следующем: вычислить доли инвестирования активов по формулам (5).

С использованием доходностей активов долевая структура инвестирования может быть модифицирована, например, по формулам (6).

$$\theta_i^{**} = \eta_i \theta_i^* \left(\sum_{k=1}^n \eta_k \theta_k^* \right)^{-1}, \quad i = \overline{1, n}. \quad (6)$$

Однако формулы (6) не дают решения задачи (3)-(4).

Если доходность активов не устраивает инвестора, необходимо отложить финансовые вложения до получения новых данных, являющихся приемлемыми для инвестора (к примеру, на год).

1.2. Решение задачи (3)-(4)

Положим

$$\gamma = \sum_{i=1}^n \eta_i V_i^{-1}, \quad \eta_p^* = \gamma / v.$$

Теорема 2. Решением задачи (3)-(4) является вектор θ^* с компонентами $\theta_1^*, \dots, \theta_n^*$, определяемыми, в зависимости от η_p , по формулам:

1) если $\eta_p = \eta_p^*$, то $\theta_i^* = 1 / (v V_i)$, $i = \overline{1, n}$,

2) если $\eta_1 > \eta_p > \eta_p^*$, то $\theta_i^* = \frac{\eta_p - \eta_n}{V_i(\gamma - \eta_n v)}$, $i = \overline{1, n-1}$,

$$\theta_n^* = ((\eta_1 - \eta_p) / V_1 + \dots + (\eta_{n-1} - \eta_p) / V_{n-1}) / (\gamma - \eta_n v);$$

3) если $\eta_n < \eta_p < \eta_p^*$, то $\theta_i^* = \frac{\eta_p - \eta_1}{V_i(\gamma - \eta_1 v)}$, $i = \overline{2, n}$,

$$\theta_1^* = ((\eta_2 - \eta_p) / V_2 + \dots + (\eta_n - \eta_p) / V_n) / (\gamma - \eta_1 v).$$

Алгоритм решения задачи (3)-(4) с использованием теоремы 2 включает следующие последовательные действия:

1) вычислить значения

$$v = \sum_{i=1}^n V_i^{-1}, \quad \gamma = \sum_{i=1}^n \eta_i V_i^{-1}, \quad \eta_p^* = \gamma / v,$$

2) сравнить η_p и η_p^* ,

3) вычислить компоненты вектора $\theta^* = (\theta_1^*, \dots, \theta_n^*)$ в зависимости от условий, изложенных в теореме 2.

Результаты применения модели (3) – (4) для отыскания долевой структуры инвестирования инновационных предприятий Саратовской области за 2015 год (для получения данных использовалась Бухгалтерская отчетность предприятий за 2015 год) с требуемой доходностью портфеля 36% (в качестве показателя доходности использован показатель рентабельности собственного капитала [16]) представлены в таблице 1.

Таблица 1

Долевая структура инвестирования предприятий в соответствие с моделью (3)-(4), 2015

	Ламинированное стекло	Нита-Фарм	Биоамид
Чистая прибыль, тыс. руб.	6 376	143 289	18 983
Заёмный капитал, тыс. руб.	8 324	133 397	25 561
Собственный капитал, тыс. руб.	10 381	512 111	100 279
Риск (финансовый леввередж)	80%	26%	25%
Рентабельность собственного капитала	61%	28%	19%
Доли инвестирования (θ_i)	24.4%	75.2%	0.4%

Результаты применения модели (1) – (2) для отыскания долевой структуры инвестирования инновационных предприятий Саратовской области за 2016 год (исп. Бухгалтерская отчетность компаний за 2016 год) представлены в таблице 2. Доходность портфеля составила 34%. Применение модели (3)-(4) в 2016 году не представляется возможным, поскольку не соблюдены условия, чтобы предприятия с более высоким риском обладали большей доходностью (у Биоамид доходность выше, чем у Нита-Фарм, а риск ниже).

Результаты применения модели (1) – (2) для отыскания долевой структуры инвестирования инновационных предприятий Саратовской области за 2017 год (исп. Бухгалтерская отчетность компаний за 2017 год) представлены в таблице 3. Доходность портфеля составила 50%. Применение модели (3)-(4) в 2017 году не представляется возможным, поскольку не соблюдены условия, чтобы предприятия с более высоким риском обладали большей доходностью (у Биоамид доходность выше, чем у Нита-Фарм, а риск ниже).

Таблица 2

Долевая структура инвестирования предприятий в соответствие с моделью (1)-(2), 2016

	Ламинированное стекло	Нита-Фарм	Биоамид
Чистая прибыль, тыс. руб.	4 577	199 514	41 790
Заёмный капитал, тыс. руб.	5 920	151 464	26 454
Собственный капитал, тыс. руб.	11 681	711 625	125 330
Риск (финансовый левередж)	51%	21,3%	21,1%
Рентабельность собственного капитала	39%	28%	33%
Доли инвестирования (θ_i)	17,3%	41,2%	41,5%

Таблица 3

Долевая структура инвестирования предприятий в соответствие с моделью (1)-(2), 2017

	Ламинированное стекло	Нита-Фарм	Биоамид
Чистая прибыль, тыс. руб.	6 844	262 080	164 811
Заёмный капитал, тыс. руб.	5 036	303 924	58 005
Собственный капитал, тыс. руб.	10 833	973 705	269 581
Риск (финансовый левередж)	46%	31%	22%
Рентабельность собственного капитала	63%	27%	61%
Доли инвестирования (θ_i)	21,5%	32,0%	46,5%

Таблица 4

Долевая структура инвестирования предприятий в соответствие с моделью (1)-(2), 2018

	Ламинированное стекло	Нита-Фарм	Биоамид
Чистая прибыль, тыс. руб.	5053	226967	263093
Заёмный капитал, тыс. руб.	2130	346791	136816
Собственный капитал, тыс. руб.	15558	1200672	335107
Риск (финансовый левередж)	14%	29%	41%
Рентабельность собственного капитала	32%	19%	79%
Доли инвестирования (θ_i)	48%	13%	39%

Таблица 5

Долевая структура инвестирования предприятий в соответствие с моделью (1)-(2), 2019

	Ламинированное стекло	Нита-Фарм	Биоамид
Чистая прибыль, тыс. руб.	-663	287941	223375
Заёмный капитал, тыс. руб.	3272	262568	163223
Собственный капитал, тыс. руб.	13304	1488613	442054
Риск (финансовый левередж)	25%	18%	37%
Рентабельность собственного капитала	-5% (убытки, вложения капитала отсутствуют до новых данных)	18%	51%
Доли инвестирования (θ_i)	0%	42%	58%

Таблица 6

Долевая структура инвестирования предприятий в соответствие с моделью (1)-(2), 2020

	Ламинированное стекло	Нита-Фарм	Биоамид
Чистая прибыль, тыс. руб.	-41	490458	96522
Заёмный капитал, тыс. руб.	3620	303924	134814
Собственный капитал, тыс. руб.	13211	1979071	404114
Риск (финансовый левередж)	27%	31%	24%
Рентабельность собственного капитала	0% (нет прибыли, вложения капитала отсутствуют до новых данных)	60%	40%
Доли инвестирования (θ_i)	0%	60%	40%

Следует отметить, что применение модели Марковица к данным, представленным в таблицах 1-3, невозможно из-за отсутствия необходимых оценок стандартных отклонений доходности активов и корреляционной матрицы.

Результаты применения модели (1) – (2) для отыскания долевого структуры инвестирования инновационных предприятий для данных за 2018-2020 годы представлены в таблицах 4–6.

Из-за COVID-2019 фармацевтические компании получили высокую прибыль, однако инвестор должен контролировать процесс в динамике и формировать портфель с учётом перспективных изменений. Поэтому инвестору рекомендуется модифицировать портфель на 2019–2020 годы, выполнив корректировку долей инвестирования по уровню собственного капитала следующим образом.

Пусть E_i – объем собственного капитала i -го предприятия. С учетом собственного капитала решения задач (1)-(2) и (3)-(4) (5) корректируются, для этого применяются формулы (7).

$$\theta_i^{***} = E_i \theta_i^* \left(\sum_{k=1}^n E_k \theta_k^* \right)^{-1}, \quad i = \overline{1, n}. \quad (7)$$

С учетом формул (7) инвестиции между предприятиями распределяются согласно таблице 7.

Таблица 7

Долевая структура инвестирования предприятий после корректировки

Год	Ламинированное стекло	Нита-Фарм	Биоамид
2015	0,93%	98,96%	0,10%
2016	0,72%	84,32%	14,95%
2017	0,60%	72,60%	26,80%
2018	2%	54%	44%
2019	0%	42%	58%
2020	0%	60%	40%

Следует отметить, что применение модели Марковица к данным, представленным в таблицах 1-4, невозможно из-за отсутствия необходимых оценок стандартных отклонений доходности активов и корреляционной матрицы.

Таблица 7 показывает, что доли предприятий в портфеле после внесении корректировок существенно изменились. Так, предприятие «Ламинированное стекло», имеющее объем капитала более чем в 20 раз меньший, нежели «Биоамид», получает меньше инвестиций, чем «Биоамид», а предприятие «Нита-Фарм», по объему капитала более чем в три раза опережающее «Биоамид», претендует на максимальный процент инвестиций. Все предприятия обладают высокой рентабельностью, а внесенная в модель корректировка позволяет оптимизировать график финансирования и объем ресурсов, учитывая не только факторы риска, но и способность к рациональному усвоению инвестиций для усовершенствования технологий и развитие наукоёмких разработок.

Выводы

В статье предлагается экономико-математический инструментарий для выбора инвестиционного портфеля на основе решения задачи минимизации портфельного риска с негладким функционалом. Получены формулы для расчета инвестиционных долей, однозначно определяющих оптимальную структуру портфеля. Разработан алгоритм формирования инвестиционного портфеля, включающий процедуры учета различных видов риска и ключевых финансовых показателей предприятия.

Анализ данных показал значительное влияние COVID-19 на принятие решений руководством компании относительно структуры капитала в пользу увеличения доли собственного капитала. Для этого необходимо отказаться от привлечения дополнительных заимствований, что приводит к снижению уровня риска и уровня рентабельности и, как следствие, к необходимости модификации структуры инвестиционного портфеля.

Исследование посвящено разработке оригинальных инструментов для комплексной оценки структуры капитала и эффективного распределения инвестиций для предприятий инновационного сектора на основе модели минимакса.

Приведено математическое обоснование с использованием новой модели минимаксной оптимизации портфеля и иерархической процедуры корректировки оптимальных инвестиционных долей.

Данный подход может быть использован для принятия долгосрочных решений инвестором, готовым увеличить свои инвестиции в сбалансированные компании и постепенно снижать риски потери стабильности, увеличивая долю собственного капитала и совершенствуя производственные технологии для стабилизации бизнеса и роста прибыли в будущем.

Использование математического аппарата при анализе структуры капитала инновационного инфраструктурного предприятия позволяет делать выводы о его конкурентоспособности, инвестиционной привлекательности и своевременно принимать меры, направленные на сохранение, упразднение или реформирование бизнеса.

Авторский подход отличается возможностью использования различных индикаторов риска при анализе портфеля. Предложенная модель также работает в случаях, когда традиционные методы портфельного инвестирования неприменимы из-за отсутствия необходимой оценки риска.

Применение предложенного подхода повышает качество управления инвестиционным портфелем даже в условиях турбулентности на финансовых рынках, поскольку критерий минимакса позволяет достичь сбалансированного распределения риска между активами, включенными в портфель, а вычислительный алгоритм отличается высокой скоростью.

Литература

1. Косорукова И.В., Прокимнов Н.Н. Стоимость и цена бизнеса: сущность и связь с финансовыми показателями // Прикладная информатика. 2013. № 5 (47). С. 112-124.
2. Borodin A., Tvaronavičienė M., Vygodchikova I., Kulikov A., Skuratova M., Shchegolevatykh N. Improving the Development Technology of an Oil and Gas Company Using the Minimax Optimality Criterion // Energies. 2021. Vol. 14 (11). P. 3177.
3. Markovitz H.M. Portfolio selection // Journal of Finances. 1952. Vol. 7(1). P. 77-91.
4. Hong Y., Jin X. Semi-analytical solutions for dynamic portfolio choice in jump-diffusion models and the optimal bond-stock mix // European Journal of Operational Research. 2018. Vol. 265. P. 389-398.
5. Выгодчикова И.Ю. Финансовый анализ инновационных предприятий Приволжского федерального округа // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2017. Т. 10. № 11(341). С. 1245-1256. DOI: 10.24891/fa.10.11.1245 EDN: ZRWQIB.
6. Hallerbach W., Ning H., Soppe A., Spronk J. A framework for managing a portfolio of socially responsible investments // European Journal of Operational Research. 2004. Vol. 153. P. 517-29. DOI: 10.1016/S0377-2217(03)00172-3 EDN: ESZTSN.
7. Kelley E.K., Tetlock P.C. Retail short selling and stock prices // Review of Financial Studies. 2017. Vol. 30. P. 801-34. DOI: 10.1093/rfs/hhw089 EDN: YZYHQN.
8. Froot K.A., Ramadorai T. Institutional portfolio flows and international investments // Review of Financial Studies. 2008. Vol. 21. P. 937. EDN: IWDWTP.
9. Guasoni P., Muhle-Karbe J., Xing H. Robust portfolios and weak incentives in long-run investments // Mathematical Finance. 2017. P. 27 3-37. DOI: 10.1111/mafi.12087 EDN: YVUWWZ.
10. Pham H. Smooth solutions to optimal investment models with stochastic volatilities and portfolio constraints // Applied Mathematics and Optimization. 2002. Vol. 46. P. 55-78. DOI: 10.1007/s00245-002-0735-5 EDN: BEATPZ.
11. Воронов Д.С. Оценка конкурентоспособности крупнейших компаний России по итогам 2015 // Современная конкуренция. 2016. № 10. С. 118-143. EDN: WEFKNP.
12. Vygodchikova I.Y., Gorskiy M.A., Khalikov M.A., Zayed N.M. Assessment Of Phosagro's Capital Structure Based At Two Hierarchical Methods Of Integral Ranking Of Important Financial And Economic Activity Indicators // Academy of Strategic Management Journal this link is disabled. 2021. Vol. 20 (1). P. 1-8. EDN: INGBRC.
13. Выгодчикова И.Ю. Метод построения рейтинга конкурентоспособности российских компаний // Современная конкуренция. 2018. Т. 12. № 2 (68)-3(69). С. 5-17. EDN: XQOLDF.
14. Выгодчикова И.Ю., Гусятников В.Н. Инструментарий принятия решений на основе применения минимаксного индикатора для интервальных данных динамики фондового рынка // Прикладная информатика. 2018. Т. 13. № 2 (74). С. 109-119. EDN: YWZSND.
15. Zhang W., Wang J. Nonlinear stochastic exclusion financial dynamics modeling and complexity behaviors // Nonlinear Dynamics. 2017. Vol. 88. P. 921-35. DOI: 10.1007/s11071-016-3285-0 EDN: YXAHNN.
16. Выгодчикова И.Ю., Гусятников В.Н., Акимова С.А. Модель формирования инвестиционного портфеля с использованием минимаксного критерия // Вестник СГСЭУ. 2018. № 3 (72). С. 170-174. EDN: XTGFJFZ.