

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ В ЭКОНОМИКЕ

УДК 330.4

JEL C65

ПРЯМЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ АЛЬТЕРНАТИВ КАК ИНСТРУМЕНТ ФОРМИРОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОРТФЕЛЯ

Попова Маргарита Игоревна, ассист., асп.

Попова Елена Витальевна, д-р экон. наук, канд. физ.-мат. наук, проф.

Гогина Алина Дмитриевна, маг.

Лукашова Валерия Денисовна, маг.

Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, ул. Калинина, 13, Краснодар, Россия, 350044; e-mail: elena-popov@yandex.ru

Предмет: формирование инвестиционного портфеля, задача сложная, так как инвестору приходится одновременно решать две противоречащих задачи, а именно, максимизировать прибыль и минимизировать риск. В целях минимизации риска при инвестировании и, соответственно, при выборе наиболее приемлемого из возможных вариантов компоновки ценных бумаг в портфель инвестор решает в реальном времени многокритериальную задачу. В исследовании адаптирована модель многокритериального анализа и реализован алгоритм ранжирования ценных бумаг, которые представляют собой элементы паретовского множества, т.е. векторно несравнимые альтернативы. *Цель:* Исследование, разработка и демонстрация применения многокритериальных методов и моделей комплексной оценки финансовых показателей акционерных компаний с точки зрения инвестиционной привлекательности для рядового клиента или инвестора с целью формирования инвестиционного портфеля. *Дизайн исследования:* адаптация и применение методов многокритериальной оптимизации при анализе финансовых данных компаний на базе применения прямых методов оценки альтернатив (обобщенного решающего правила), что позволяет получить оперативную и прозрачную информацию для принятия управленческих решений в постоянно изменяющихся условиях бизнес-процессов. *Результаты:* авторами представлен процесс отбора критериев оценки риска и, как результат, формирование векторной целевой функции, обоснован выбор математического инструментария «обобщенное решающее правило» и на реальных данных финансово-

го рынка продемонстрировано ранжирование ценных бумаг с точки зрения возрастания инвестиционного риска для формирования управленческого решения.

Ключевые слова: многокритериальная оптимизация, многокритериальная модель, прямые методы оценки альтернатив, паретовское множество, инвестиционный портфель.

DOI: 10.17308/meps/2078-9017/2024/2/19-29

Введение

На сегодняшний день экономика современных развитых стран построена на финансовых притоках и оттоках реального сектора – частных инвестиций. Чаще всего одним из основных участников является государство, оно непосредственно принимает участие в инвестиционных процессах с помощью вложений капитала в развитие государственного сектора, преимущественно через политику льготного кредитования, предоставление различных субсидий, дотаций, грантов, а также эмиссию государственных ценных бумаг как одного из надежных инструментов на рынке.

Частные инвесторы формируют, как правило, консервативные инвестиционные портфели, при этом выбирая политику наименьшего риска для себя и своих вложений. Основная же цель создания инвестиционного портфеля – это всегда про прибыль, однако, все зависит от эмитентов. Для коммерческой организации сформировать инвестиционный портфель – реализация инвестиционной стратегии через проекты и финансовые инструменты. Для частного инвестора – доход или сохранение накопленных денежных средств, путем покупки ценных бумаг и формирования из них портфеля. Далее, исходя из целей и подцелей, с учетом стратегии и тактики, формируется решение для достижения поставленных задач [1, 4].

Получение максимальной прибыли, при минимальном риске, при этом обеспеченное максимальной надежностью и защитой от риска потери средств – основная экономическая задача повышения качества инвестирования. Данная цель не может быть достигнута без исследования такого бизнес-процесса, как оптимизация инвестиционного портфеля.

Залог успешного доходного инвестиционного портфеля – качественная оценка рисков менеджментом организации или квалифицированными участниками фондового рынка [6, 12].

Наибольшей популярностью при исследовании инвестиционного риска пользуется модель Г. Марковица – оптимизации инвестиционного портфеля через многокритериальную функцию, состоящую из множества Парето-оптимальных решений, а также основанную на оценке соотношения понятий риска и доходности, расположенных на так называемой границе Парето-эффективных инвестиционных портфелей [3, 7]. Данная модель ставит главной целью – формирование портфеля с оптимальным соотношением критериев, риска и доходности, достигая при этом следующего условия:

максимизация доходности при минимальном уровне риска и минимизация риска при минимально допустимом значении доходности.

Риск частичной или полной потери вложений – самый распространённый, как в частном, так и в корпоративном инвестировании.

Представленное исследование предполагает оценивать инвестиционный портфель, ранжируя по степени риска ценные бумаги с помощью построения многокритериальной модели, а в качестве критериев, входящих в векторную целевую функцию (ВЦФ), предлагается использовать ряд классических показателей, которые напрямую количественно оценивают ценную бумагу:

1. Коэффициент P/E (цена/прибыль). Мультипликатор позволяет оценить перспективность покупки акций компании для получения прибыли в будущем. С помощью данного коэффициента можно сравнить несколько разных по капитализации компаний и сделать правильный выбор в пользу наиболее выгодного предложения.

2. Коэффициент P/B (цена/балансовая стоимость). Показывает отношение рыночной капитализации компании к ее балансовой стоимости активов. Данный показатель является ключевым с точки зрения ликвидности вложений.

3. Коэффициент P/S (цена/объем продаж). Оценивает компанию по объему продаж и дает представление о том, сколько инвестор платит за 1 рубль (доллар) ее выручки. Чем ниже P/S, тем лучше, и тем меньше инвестор платит за каждый доллар, получаемый компанией с продаж.

4. Коэффициент ROE (рентабельность собственного капитала). Иными словами, оценка доходности собственного капитала.

5. Коэффициент ROA (рентабельность активов). Главный показатель оценки политики качества менеджмента организации в сфере активов организации.

6. Коэффициент Net Margin (процентная доля выручки, в виде чистой прибыли). В данном показателе высокая роль отводится маржинальности бизнеса: насколько фирма устойчива к падению цен или наоборот, подъему спроса на рынке. Параметр напрямую зависит от рода деятельности корпорации и от гибкости менеджмента к адаптации меняющихся условий. Высокое значение данного коэффициента оценивается как положительный момент.

7. Индекс DSI – показатель стабильности дивидендных выплат. Комфортное значение для организации данного показателя сводится к единице, показывая качественную политику выплаты дивидендов.

Таким образом, решение заключается в качественном отборе объекта x из множества X и определении наиболее рационального варианта, тем самым решая проблему через соотношение «риск-доходность».

Методология исследования

Методология исследования включает в себя положения экономиче-

ской теории, построение векторно-целевой функции, а также ранжирование ценных бумаг в портфеле с помощью инструментария многокритериальной оптимизации прямых методов оценки альтернатив (обобщающего решающего правила).

Предоставление инвестору портфеля, состоящего из проранжированных по степени риска ценных бумаг входящих в его состав – ставится основной целью исследования.

Выбор же критериев оценки и построение векторно-целевой функции является исследовательской задачей, решение которой предложено в настоящей работе.

Отдельно отметим, что в качестве математического инструментария многокритериальной оптимизации авторы предлагают использовать обобщенное решающее правило (ОРП) [5, 7, 9, 10], относящееся к прямым методам оценки альтернатив. Перечислим основные допущения [10], которых необходимо придерживаться при использовании как известных прямых методов оценки альтернатив, так и ОРП:

1. Критерии $F_v(x)$, составляющие векторно-целевую функцию (ВЦФ), должны быть однородными по виду экстремума: либо все критерии данной ВЦФ являются минимизируемыми, либо все они являются максимизируемыми.

2. Условия соизмеримости: все критерии данной ВЦФ имеют одну и ту же единицу измерения.

Для включения в ВЦФ оценки выбранных ЦБ предлагается рассмотреть следующие показатели:

– мультипликатор цена/чистая прибыль

$$F_1(x) = \frac{\text{Капитализация компании}}{\text{Общая прибыль}} \rightarrow \min;$$

– мультипликатор цена/балансовая стоимость

$$F_2(x) = \frac{\text{Капитализация}}{\text{Балансовая стоимость компании}} \rightarrow \min;$$

– мультипликатор цена/объем продаж

$$F_3(x) = \frac{\text{Рыночная стоимость компании}}{\text{Объем продаж}} \rightarrow \min;$$

– рентабельность собственного капитала компании

$$F_4(x) = \frac{\text{Чистая прибыль}}{\text{Собственный капитал}} * 100\% \rightarrow \max;$$

– рентабельность активов организации

$$F_5(x) = \frac{\text{Чистая прибыль}}{\text{Активы компании}} * 100\% \rightarrow \max;$$

– чистая рентабельность или чистая маржа

$$F_6(x) = \frac{\text{Чистая прибыль}}{\text{Выручка}} \rightarrow \max;$$

– индекс стабильности дивидендов

$$F_7(x) = \frac{(C+U)}{14} \rightarrow \max;$$

– ожидаемая доходность в виде математического ожидания

$$F_8(x) = M = \sum_{i=1}^L P_i D_i \rightarrow \max;$$

– среднеквадратическое отклонение в качестве меры риска,

$$F_9(x) = \sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}} \rightarrow \min;$$

– коэффициент асимметрии

$$F_{10}(x) = A = \sum_{i=1}^L \left(\frac{D_i(x) - D(x)}{\sigma(x)} \right)^3 P_i \rightarrow \max;$$

– коэффициент эксцесса

$$F_{11}(x) = E = \sum_{i=1}^L \left(\frac{D_i(x) - D(x)}{\sigma(x)} \right)^4 P_i \rightarrow \max.$$

Данная выборка анализируемых показателей не имеет одинаковый вид экстремума, а именно показатели 1, 2, 3 и 9 – направлены на достижение минимума.

Так как большинство показателей имеют вид экстремума – максимальный, а цель исследования определение варианта с наименьшим риском вложений, следует привести критерии к одному виду экстремума.

Воспользуемся подходом, который состоит в том, чтобы для данного исходного показателя вычислять его обратное значение, т. е. первоначальное минимизируемое значение возводить в степень (-1).

Полученная в результате проведенного исследования ВЦФ:

$$F(x) = (F_1(x), F_2(x), \dots, F_{11}(x)).$$

Рассмотрим акции российских компаний из различных секторов, а именно: Банк ВТБ (ПАО), ПАО «Газпром», ПАО «ФосАгро», ПАО «Магнит» и ПАО «Аэрофлот». Для каждой фирмы выберем или рассчитаем необходимые показатели оценки риска [6] и отразим полученные данные в таблице 1.

Таблица 1

Исходные данные для расчета

№	Компания	P/E	P/B	P/S	ROE	ROA	Net Margin (NM)	Индекс DSI
1	VTBR	-1,19	0,48	1,54	-40,01	-2,51	-128,48	0.2
2	GAZP	3,14	0,23	0,33	7,98	5,02	11,24	0.4
3	PHOR	4,48	4,19	1,45	93,42	4,54	32,43	0.86
4	MGNT	15,92	2,14	0,19	13,47	2	1,19	0,2
5	MOEX.AFLT	-4,22	-0,98	0,29	-23,53	-3,11	-7,01	0,00

Значения критериев математического ожидания (M), асимметрии (A), эксцесса (E) и среднее квадратическое отклонение (σ) рассчитаны на основании цен закрытия акций соответствующих компаний за год с месячным шагом начиная с 01.10.2022 г. по 01.10.2023 г. в программе Microsoft Excel, на основании данных сайта Финанс.ру.

В результате расчетов и преобразований получаем таблицу 2, отражающую численные значения критериев.

Отметим, что в таблице 2 прослеживается противоречие, а именно нарушается условие в несоизмеримом представлении конкурирующих критериев.

Для корректного применения обобщенного решающего правила требуется устранить противоречия соизмеримости – пронормируем значения $F_4(x_i)$, $F_6(x_i)$, $F_8(x_i)$ и $F_9(x_i)$. Алгоритм нормирования представляет собой процедуру умножения каждого значения на соответствующий нормирующий коэффициент α_k [6, 9].

Для каждого из критериев $F_4(x_i)$, $F_6(x_i)$, $F_8(x_i)$ и $F_9(x_i)$ выбираем «эталонное значение» по следующим формулам:

$$F_4(x_i): \alpha_4^{ROE} = \frac{1}{F_{4(k)}^{max} - F_{4(k)}^{min}} = \frac{1}{93,42 - (-40,01)} = 0,0075,$$

$$F_6(x_i): \alpha_6^{NM} = \frac{1}{F_{6(k)}^{max} - F_{6(k)}^{min}} = \frac{1}{32,43 - (-128,48)} = 0,0062,$$

$$F_8(x_i): \alpha_8^M = \frac{1}{F_{8(k)}^{max} - F_{8(k)}^{min}} = \frac{1}{6975,77 - 0,02} = 0,0001,$$

$$F_9(x_i): \alpha_9^\sigma = \frac{1}{F_{9(k)}^{max} - F_{9(k)}^{min}} = \frac{1}{429,14 - 0,001} = 0,0023.$$

Умножив каждое значение столбцов $F_4(x_i)$, $F_6(x_i)$, $F_8(x_i)$ и $F_9(x_i)$ таблицы 2 получим результативную таблицу 3 нормированных значений.

Таблица 2

Значения исследуемых критериев

Компания и ее обозначение(x_i)	$F_1(x_i)$	$F_2(x_i)$	$F_3(x_i)$	$F_4(x_i)$	$F_5(x_i)$	$F_6(x_i)$	$F_7(x_i)$	$F_8(x_i)$	$F_9(x_i)$	$F_{10}(x_i)$	$F_{11}(x_i)$
VTBR x_1	-0,8	2,08	0,65	-40,0	-2,51	-128,5	0.2	168,2	5,26	0,26	-0,26

Компания и ее обозначение(x_i)	$F_1(x_i)$	$F_2(x_i)$	$F_3(x_i)$	$F_4(x_i)$	$F_5(x_i)$	$F_6(x_i)$	$F_7(x_i)$	$F_8(x_i)$	$F_9(x_i)$	$F_{10}(x_i)$	$F_{11}(x_i)$
GAZP x_2	0,3	4,35	3,03	7,98	5,02	11,24	0,4	0,02	0,001	0,95	-1,34
PHOR x_3	0,2	0,24	0,69	93,4	4,54	32,43	0,9	6975,8	429,1	0,02	-1,63
MGNT x_4	0,1	0,47	5,26	13,5	2	1,19	0,2	4630,9	418,5	0,53	-1,25
MOEX.AFLT x_5	-0,2	-1,02	3,45	-23,5	-3,11	-7,01	0,0	35,7	7,16	-0,21	-1,57

Алгоритм ранжирования «обобщенное решающее правило» – это комплексная процедура применения прямых методов оценки альтернатив, опирающаяся на три основных решающих правила (РП):

1. f_k^1 – MINSUM,
2. f_k^2 – MINMAX,
3. f_k^3 – «расстояние до идеальной точки».

Таблица 3

Результаты применения процедуры нормирования к таблице 2

Компания и ее обозначение(x_i)	$F_1(x_i)$	$F_2(x_i)$	$F_3(x_i)$	$F_4(x_i)$	$F_5(x_i)$	$F_6(x_i)$	$F_7(x_i)$	$F_8(x_i)$	$F_9(x_i)$	$F_{10}(x_i)$	$F_{11}(x_i)$
VTBR x_1	-0,84	2,08	0,65	-0,30	-2,51	-0,80	0,2	0,02	0,01	0,26	-0,26
GAZP x_2	0,32	4,35	3,03	0,06	5,02	0,07	0,4	0,00	0,00	0,95	-1,34
PHOR x_3	0,22	0,24	0,69	0,70	4,54	0,20	0,86	0,70	0,99	0,02	-1,63
MGNT x_4	0,06	0,47	5,26	0,10	2	0,01	0,2	0,46	0,96	0,53	-1,25
MOEX.AFLT x_5	-0,24	-1,02	3,45	-0,18	-3,11	-0,04	0,00	0,00	0,02	-0,21	-1,57

Используя данные таблицы 3 и РП MINSUM, MINMAX и «расстояние до идеальной точки», к полученному множеству $X = \{x_1, x_2, \dots, x_5\}$ применяем ОРП подробно прописанного для различных сфер исследований в [4, 7].

По результатам первой проведенной итерации используемого ОРП получаем значения решающих правил, из которых следует, что компания x_4 (ПАО «Магнит») принимает минимальное значение в каждом из трёх решающих правил.

Далее для определения следующей компании за x_4 (ПАО «Магнит») из паретовского множества удаляем найденную компанию-лидера и к оставшемуся подмножеству снова применяем ОРП.

В результате проведенных итераций мы получаем следующую последовательность объектов в порядке возрастания риска: x_4, x_1, x_5, x_3, x_2 .

Заключение

Согласно проведенным расчетам, в результате применения прямых методов многокритериальной оптимизации составлена проранжированная последовательность ценных бумаг по мере оценки их риска в порядке его возрастания на основе предложенной ВЦФ, состоящей как из финансовых показателей, так и статических показателей, оценивающих риск вложения в данную ЦБ.

Итак, на первых местах стоят компании, имеющие наименьший риск для вложения денежных средств:

ПАО «Магнит».

Банк ВТБ (ПАО).

ПАО «Аэрофлот».

ПАО «ФосАгро».

ПАО «Газпром».

Для данного исследования использовались пять крупных компаний нашей страны из разных отраслей. Отметим, что предложенный авторами многокритериальный анализ, базирующийся на применении обобщенного решающего правила, можно считать универсальным, использование которого возможно независимо от специализации исследователя. Также следует упомянуть, что данная оценка может быть видоизменена и дополнена как другими критериями оценки, так и выбором как ЦБ, так и компаний, не являющихся участником финансового рынка ЦБ – в зависимости от цели эксперта. Отметим, что задача количественной оценки риска – это отдельная задача, которая продолжит исследование авторов, включая создание автоматизированной системы поддержки принятия решений, реализующей в том числе алгоритм обобщенного решающего правила и дающей возможность его использования как для решения задач финансового и экономического характера, так и в других сферах исследований.

Список источников

1. Байгузина Л.З. Формирование инвестиционного портфеля из реальных инвестиционных проектов // *Наука и образование: новое время*, 2017, no. 2(19), с. 45-49.
2. Горпинченко К.Н. Методика оценки инвестиционной привлекательности инновационных проектов в зерновом производстве / К.Н. Горпинченко, Е.В. Попова // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*, 2014, no. 96, с. 163-182.
3. Горпинченко К.Н. Оценка инвестиционной привлекательности инновационных проектов в зерновом производстве / К.Н. Горпинченко, Е.В. Попова, В.И. Тиякова // *Современная экономика: проблемы и решения*, 2013, no. 12(48), с. 80-89.
4. Казаков П.В. Программная система многокритериальной оптимизации методом эволюционного моделирования инвестиционного портфеля // *Транспортное машиностроение*, 2019, no. 7 (80), с. 9.
5. Кумратова А.М. Экономико-математическое моделирование риска в задачах управления ресурсами здравоохранения / А.М. Кумратова, Е.В. Попова, А.З. Биджиев; Кубанский государственный аграрный университет. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2014. 168 с.
6. Перепелица В.А. Анализ основных исторических и современных определений понятия риск / В.А. Перепелица, Е.В. Попова, Д.Н. Савинская // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*, 2011, no. 72, с. 210-223.
7. Попова Е.В. *Математические модели и методы оценки рисков социально-экономических процессов*: специальность 08.00.13. Математические и инструментальные методы экономики: диссертация на соискание ученой степени доктора экономических наук / Попова Елена Витальевна. Черкесск, 2002. 240 с.
8. Попова Е.В. *Методы и модели многокритериальной оптимизации*: монография / Е.В. Попова, Д.А. Замотайлова, А.М. Кумратова. Краснодар, КубГАУ, ИП Дедков И.В., 2020. 183 с.
9. Попова Е.В. Методы моделирования поведения экономических систем на основе анализа временных рядов / Е.В. Попова, А.М. Кумратова, М.И. Попова // *Экономическое прогнозирование: модели и методы: материалы X международной научно-практической конференции*, Воронеж, 05–07 июня 2014 года. Воронеж, Научная книга, 2014, с. 200-206.
10. Попова Е.В. Управление рисками в вопросах безопасности инвестиций в АПК / Е.В. Попова, А.М. Кумратова // *Экономическое прогнозирование: модели и методы: материалы X международной научно-практической конференции*, Воронеж, 05–07 июня 2014 года. Воронеж, Научная книга, 2014, с. 194-200.
11. *Рынок сахара: современные методы исследования динамики* / Е.В. Попова, Т.М. Леншова, Д.Н. Савинская, С.А. Чижиков. Краснодар, Кубанский государственный аграрный университет, 2012. 186 с.
12. Markowitz H. Portfolio Selection // *Journal of Finance*, 1952, 7, no. 1, pp. 71-91.

DIRECT METHODS OF EVALUATING ALTERNATIVES AS A TOOL FORMATION OF AN INVESTMENT PORTFOLIO

Popova Margarita Igorevna, Assist. Prof., graduate student

Popova Elena Vitalievna, Dr. Sci. (Econ.), Prof.

Gogina Alina Dmitrievna, M.A. student

Lukashova Valeria Denisovna, M.A. student

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin», Kalinin str., 13, Krasnodar, Russia, 350044; e-mail: elena-popov@yandex.ru

Importance: forming an investment portfolio is a difficult task, since an investor has to simultaneously solve two contradictory tasks, namely, maximize profit and minimize risk. In order to minimize the risk of investing and, accordingly, when choosing the most acceptable of the possible options for the layout of securities in the portfolio, the investor solves a multi-criteria task in real time. The study adapted a model of multicriteria analysis and implemented an algorithm for ranking securities that represent elements of the Pareto set, i.e. vector incomparable alternatives. *Purpose:* to research, develop and demonstrate the use of multi-criteria methods and models for the comprehensive assessment of financial performance of joint-stock companies in terms of investment attractiveness for an ordinary client or investor in order to form an investment portfolio. *Research design:* Adaptation and application of multicriteria optimization methods in the analysis of financial data of companies based on the use of direct methods for evaluating alternatives (generalized decision rule), which allows you to obtain operational and transparent information for making managerial decisions in constantly changing business process conditions. *Results:* the authors presented the process of selecting risk assessment criteria and, as a result, the formation of a vector objective function, justified the choice of mathematical tools «generalized decisive rule» and demonstrated the ranking of securities in terms of increasing investment risk for the formation of a management decision on real financial market data.

Keywords: multi-criteria optimization, multi-criteria model, direct methods for evaluating alternatives, Pareto set, investment portfolio.

References

1. Bayguzina L.Z. Formirovaniye investitsionnogo portfelya iz real'nykh investitsionnykh proyektov. *Nauka i obrazovaniye: novoye vremya*, 2017, no. 2 (19), pp. 45-49. (In Russ.)
2. Gorpinchenko K.N. Metodika ot-senki investitsionnoy privlekatel'nosti innovatsionnykh proyektov v zernovom proizvodstve / K.N. Gorpinchenko, Ye.V. Popova. *Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*,

2014, no. 96, pp. 163-182. (In Russ.)

3. Gorpichenko K.N. Otsenka investitsionnoy privlekatel'nosti innovatsionnykh proyektov v zernovom proizvodstve / K.N. Gorpichenko, Ye.V. Popova, V.I. Tinyakova. *Sovremennaya ekonomika: problemy i resheniya*, 2013, no. 12(48), pp. 80-89. (In Russ.)

4. Kazakov P.V. Programmnaya sistema mnogokriterial'noy optimizatsii metodom evolyutsionnogo modelirovaniya investitsionnogo portfelya. *Transportnoye mashinostroyeniye*, 2019, no. 7 (80), p. 9. (In Russ.)

5. Kumratova A.M. *Ekonomiko-matematicheskoye modelirovaniye riska v zadachakh upravleniya resursami zdravookhraneniya* / A.M. Kumratova, Ye.V. Popova, A.Z. Bidzhiyev; Kubanskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet. Krasnodar, Kubanskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet imeni I.T. Trubilina, 2014. 168 p. (In Russ.)

6. Perepelitsa V.A. Analiz osnovnykh istoricheskikh i sovremennykh opredeleniy ponyatiya «risk» / V.A. Perepelitsa, Ye.V. Popova, D.N. Savinskaya. *Politematicheskyy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2011, no. 72, pp. 210-223. (In Russ.)

7. Popova Ye.V. *Matematicheskiye modeli i metody otsenki riskov sotsial'no-ekonomicheskikh protsessov: spetsial'nost' 08.00.13 «Matematicheskiye i instrumental'nyye metody ekonomiki»*: dis-

sertatsiya na soiskaniye uchenoy stepeni doktora ekonomicheskikh nauk. Cherkessk, 2002. 240 p. (In Russ.)

8. Popova Ye.V. *Metody i modeli mnogokriterial'noy optimizatsii*: monografiya / Ye.V. Popova, D.A. Zamotaylova, A.M. Kumratova. Krasnodar, KubGAU, IP Dedkov I.V., 2020. 183 p. (In Russ.)

9. Popova Ye.V. Metody modelirovaniya povedeniya ekonomicheskikh sistem na osnove analiza vremennykh ryadov / Ye.V. Popova, A.M. Kumratova, M.I. Popova. *Ekonomicheskoye prognozirovaniye: modeli i metody: materialy X mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*, Voronezh, 05-07 iyunya 2014 goda. Voronezh, Nauchnaya kniga, 2014, pp. 200-206. (In Russ.)

10. Popova Ye.V. Upravleniye riskami v voprosakh bezopasnosti investitsiy v APK / Ye.V. Popova, A.M. Kumratova. *Ekonomicheskoye prognozirovaniye: modeli i metody: materialy X mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*, Voronezh, 05-07 iyunya 2014 goda. Voronezh, Nauchnaya kniga, 2014, pp. 194-200. (In Russ.)

11. *Rynok sakhara: sovremennyye metody issledovaniya dinamiki* / Ye.V. Popova, T.M. Lenshova, D.N. Savinskaya, S.A. Chizhikov. Krasnodar, Kubanskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2012. 186 p. (In Russ.)

12. Markowits H. Portfolio Selection. *Journal of Finance*, 1952, 7, no. 1, pp. 71-91. (In Eng.)