

И. В. Сухорукова, Г. П. Фомин, Д. А. Максимов

КОМПОЗИЦИЯ МЕТОДОВ В МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПО ФОРМИРОВАНИЮ АССОРТИМЕНТА ПРОДУКЦИИ

Аннотация

Предметом статьи являются механизмы формирования оптимального ассортимента выпускаемой, закупаемой или продаваемой продукции различными предприятиями, как производственными, так и торговыми. Были зафиксированы огромные издержки по хранению продукции разного вида, но в то же время отсутствие в предлагаемом ассортименте пользующихся спросом товаров, даже относящихся к одной группе. Поэтому целью настоящей статьи является объединение различных математических методов в композиции с методами многокритериальной оптимизации по формированию оптимального ассортимента продукции. Актуальность исследования, представленного в статье, обусловлена практической потребностью выбора оптимального ассортимента, удовлетворяющего множеству противоречивых ограничений и критериев. В связи с этим появилась необходимость разработать методику, позволяющую найти множество решений, каждое из которых превосходит остальные решения не менее чем по одному параметру. С экономической точки зрения мы рассматриваем не одну целевую функцию, а строим несколько подобных функций, причем каждая из них имеет оптимальное решение для своих собственных значений независимых переменных. Такого рода оптимизационные задачи всегда возникают в различных областях человеческой деятельности, поскольку все они носят все же многокритериальный характер. При этом нахождение оптимального решения позволяет достичь экономии не только денежных и материальных ресурсов, а и другой стороны значительно сокращает время и отходы производства. Для решения поставленной задачи существуют различные методы оптимизации, каждый из которых обладает как достоинствами, так и недостатками. В связи с этим возникает исследовательская задача по использованию преимуществ и устранению недостатков в виде композиции методов в многокритериальной оптимизации. Здесь рассматривается пример использования предлагаемой композиции методов в решении непростой задачи выбора марки автомобиля на авторынке. В результате построена методика формирования оптимального ассортимента продукции с определением экономических рисков, что позволяет использовать предлагаемый алгоритм как в производственной сфере, так и на предприятиях торговли.

Ключевые слова

Выбор, оптимальность, многокритериальность, метод иерархий, целевая функция, оптимальный ассортимент, экономические риски.

I. V. Sukhorukova, G. P. Fomin, D. A. Maksimov

COMPOSITION OF METHODS IN MULTI-CRITERIA OPTIMIZATION FOR THE FORMATION OF PRODUCT RANGE

Annotation

Subject of article is the mechanisms for the formation of optimal assortment of manufactured, purchased or sold products by various enterprises, both manufacturing and trading. The huge costs of storing products of various kinds were fixed, but at the same time, absence of goods in demand in offered assortment, even those belonging to the same group. Therefore, purpose of this study is to combine various mathematical methods in composition with multicriteria optimization methods for the formation of an optimal product range. Relevance of this study is due to practical need to select the optimal assortment that satisfies many conflict-

ing restrictions and criteria. In this regard, it became necessary to develop a technique that allows you to find many solutions, each of which surpasses the rest of solutions in at least one parameter. From an economic point of view, we are considering not one objective function, but constructing several objective functions, each of which has an optimal solution for its own values of independent variables. Such optimization problems always arise in various fields of human activity, since all of them are nevertheless multi-criteria in nature. At the same time, finding the optimal solution allows you to achieve savings not only in cash and material resources, but also on other hand, significantly reduce production time and waste. To solve this problem, there are various optimization methods, each of which has both advantages and disadvantages. In this regard, there arises a research task to use the advantages and eliminate the disadvantages in form of composition of methods in multi-criteria optimization. Here we consider an example of using the proposed composition of methods in solving the difficult problem of choosing a car brand in the car market. As a result, methodology was developed for the formation of optimal product range with the identification of economic risks, which allows the proposed algorithm to be used both in the manufacturing sector and in trade enterprises.

Keywords

Choice, optimality, multi-criteria, hierarchy method, objective function, optimal assortment, economic risks.

Введение

Актуальность представленного в статье исследования обусловлена практической потребностью выбора оптимального решения, удовлетворяющего множеству различных, зачастую противоречивых ограничений и критериев. Предметом исследования являются механизмы формирования оптимального ассортимента выпускаемой, закупаемой или продаваемой продукции различными предприятиями: производственными или торговыми. Необходимо разработать методику, позволяющую найти множество решений, каждое из которых превосходит остальные решения не менее чем по одному заданному параметру. Данные решения в математике принято называть оптимальными по Парето [1–3]. Сложность решения поставленной проблемы заключается в ограниченном применении классических методик решения оптимизационных задач [4–7]. Требуется построить композицию математических методов поиска решений, наиболее близко приближенных к истинному множеству (фронту) Парето. При построении модели также необходимо учитывать максимально возможное количество ограничений с тем, чтобы рассмотреть

различные критерии, часто конфликтующие между собой. Применение указанных требований позволит описать множество различных решений, другими словами рассмотреть большую часть предполагаемого фронта. С экономической точки зрения мы рассматриваем не одну целевую функцию, а строим несколько целевых функций, причем каждая из них имеет оптимальное решение для своих собственных значений независимых переменных. Такого рода оптимизационные задачи все чаще возникают в различных областях человеческой деятельности [8–12]. Нахождение оптимального решения позволяет достичь экономии денежных и материальных ресурсов, значительно сокращает время, снижает издержки и отходы производства.

Материалы и методы

Для решения поставленной задачи существуют различные методы многокритериальной оптимизации, каждый из которых обладает как достоинствами, так и недостатками [13–15]. В связи с этим возникает исследовательская задача по использованию преимуществ методов и устранению недостатков в виде композиции методов в проведении многокритериальной оптимизации. Суще-

ствуют математические методы, которые позволяют в условиях многокритериальности обосновать выбор решения. Однако исследователя интересует такой метод, который учитывал бы мнение участников операций и характеристики самого объекта выбора. С этой целью мы решили применить метод анализа иерархий (МАИ) и группы совокупных

методов, для их сравнения и объединения имеющихся преимуществ и убрать существующие недостатки и представить в виде композиции.

Поиск оптимального варианта выполнен на примере выбора автомобиля и формирования оптимальной структуры продаж.

Таблица 1 — Показатели группы автомобилей одного класса

Показатель	Ford Focus	Hyundai Elantra	Mitsubishi Lancer	Toyota Corolla	Nissan Almera
Объем двигателя, куб. см	1587	1591	1583	1593	1521
Максимальная скорость, км/ч	180	190	183	190	177
Время разгона до 100 км/ч	11,9	10	11,8	10,2	13,1
Расход топлива л/100 км	7,1	6,6	7,15	7,45	7,05
Мощность, л.с.	100	122	98	100	98
Масса полная, кг	1570	1680	1750	1655	1690
Рейтинг угодности	4	5	2	1	3
Цена, тыс. руб.	751	759	769	769	765

Результаты

На основе представленных данных определяем вес показателей (табл. 1), для чего используем метод парных сравнений.

Вычисляем сумму баллов по каждому показателю:

$$S_i = \sum_{j=1}^n b_{ij}. \quad (1)$$

И определяем вес каждого отдельного показателя:

$$M_i = \frac{S_i}{n^2} = \frac{S_i}{49}. \quad (2)$$

При этом учитываем выполнение дополнительного условия:

$$\sum_{i=1}^n M_i = 1,0.$$

Ранжирование показателей определяется значением ранга R_i .

1. Рейтинг угодности — $R_{ру}(0,26)$.
2. Расход топлива — $R_{рт}(0,22)$.
3. Время разгона — $R_{вр}(0,18)$.
4. Максимальная скорость — $R_{мс}(0,14)$.
5. Мощность — $R_{мп}(0,1)$.
6. Объем двигателя — $R_{од}(0,06)$.
7. Масса полная — $R_{м}(0,02)$.

Таблица 2 — Матрица парных сравнений

	Род	Рмс	Рвр	Ррт	Рм	Рмс	Рру	S1	M	R
Род	1	2	2	0	0	2	0	7	0,14	4
Рмс	0	1	2	0	0	2	0	5	0,10	5
Рвр	0	0	1	0	0	2	0	3	0,06	6
Ррт	2	2	2	1	0	2	0	9	0,18	3
Рм	2	2	2	2	1	2	2	13	0,26	1
Рмп	0	0	0	0	0	1	0	1	0,02	7
Рру	2	2	2	2	0	0	1	11	0,22	2

Для нахождения значений целевой функции, соответствующей каждому автомобилю, введем бальную оценку

показателей. Считаем, что чем лучше качественное содержание показателя, тем выше его балл оценки.

Таблица 3 — Балльная оценка показателей автомобилей

	1	2	3	4	5	М
P _{од}	1521-1535,4	1535,4-1549,8	1549,8-1564,2	1564,2-1578,6	1578,6-1593	0,06
P _{мс}	177-179,6	179,6-182,2	182,2-184,8	184,8-187,4	187,4-190	0,14
P _{вр}	13,1-12,48	12,48-11,86	11,86-11,24	11,24-10,62	10,62-10	0,18
P _{рт}	7,45-7,28	7,28-7,11	7,11-6,94	6,94-6,77	6,77-6,6	0,22
P _{мп}	98-102,8	102,8-107,6	107,6-112,4	112,4-117,2	117,2-122	0,1
P _м	1750-1714	1714-1678	1678-1642	1642-1606	1606-1570	0,02
P _{ру}	5-4,2	4,2-3,4	3,4-2,6	2,6-1,8	1,8-1	0,26

Затем находим интегральную оценку качества автомобиля без учета стоимости:

$$Q(a_i) = \sum_{i=1}^n M_i \times B_i(p_i), \quad (3)$$

а результаты запишем в таблицу 4.

Таблица 4 — Расчетные величины оценки параметров

Автомобиль	Интегральная оценка качества автомобиля, Q	Отношение цена/качество, Ц/Q	Доля от выделенной суммы на закупку	Риск упущенной выгоды, %
Ford Focus	2,36	318,22	0,163	-3,6
Hyundai Elantra	3,96	191,67	0,274	7,4
Mitsubishi Lancer	2,7	284,81	0,187	-1,3
Toyota Corolla	3,62	212,43	0,25	5,0
Nissan Almera	1,8	425	0,124	-7,5

Проводим сравнительный анализ интегральных характеристик каждого из автомобилей $Q_{HyundaiElantra} > Q_{ToyotaCorolla} > Q_{MitsubishiLancer} > Q_{FordFocus} > Q_{NissanAlmera}$ и выбор оптимального автомобиля осуществляем по минимальному отношению цена/качество (Ц/Q). Минимальное отношение цена/качество также указывает на автомобиль Hyundai Elantra.

Формируя критерии покупки учитываем, что денежные средства следует распределять в количествах, определяемых отношением характеристики качества к общей величине качеств. Все данные расчетов представлены в таблице 4. Затем нужно разделить выделенные средства в вычисленных долях на стоимость товара. Это позволит найти

число автомобилей, подлежащее закупке по каждой фирме и с учётом торговой наценки, определим планируемую выручку от продажи.

Теперь для нахождения оптимального решения используем метод анализа иерархий. Следует заметить, что в МАИ применяется девятибалльная шкала абсолютных значений для оценки силы суждений [7], поэтому построим матрицу парных сравнений, используя эту шкалу (табл. 5). При сравнении двух критериев K_i и K_j задают вопросы следующего характера: какой из сравниваемых из критериев является более важным для покупателя, насколько он важнее с точки зрения функции цели F .

Таблица 5 — Матрица парных сравнений для МАИ

	Род	Рмс	Рвр	Ррт	Рм	Рмп	Рру
Род	1	2	3	$1/2$	$1/4$	4	$1/3$
Рмс	$1/2$	1	2	$1/3$	$1/5$	3	$1/4$
Рвр	$1/3$	$1/2$	1	$1/4$	$1/6$	2	$1/5$
Ррт	2	3	4	1	$1/3$	5	$1/2$
Рм	4	5	6	3	1	7	2
Рмп	$1/4$	$1/3$	$1/2$	$1/5$	$1/7$	1	$1/5$
Рру	3	4	5	2	$1/2$	5	1

Рассчитаем нормированный собственный вектор. С математической точки зрения нормированный собственный вектор (вектор приоритетов) — это нормализованный на единицу главный собственный вектор матрицы парных сравнений.

$$W = \frac{\theta_i}{\theta}, \quad (4)$$

где $\theta_i =$

$$\sqrt[7]{a_{i1} * a_{i2} * a_{i3} * a_{i4} * a_{i5} * a_{i6} * a_{i7}},$$

$i = 1, \dots, 7,$

$$\theta = \theta_1 + \dots + \theta_7.$$

Нормированный собственный вектор матрицы равен: $W = (0.104; 0.068; 0.045; 0.159; 0.355; 0.0324; 0.236)$.

Следовательно, ранжированный перечень потребительских характеристик автомобиля будет выглядеть следующим образом:

1. Мощность $(0,355)/0,26=1,365 - 5$.
2. Рейтинг угодности $(0,236) / 0,22 = 1,073 - 1$.
3. Расход топлива $(0,159) / 0,18 = 0,883 - 2$.

4. Объем двигателя $(0,104) / 0,14 = 0,743 - 6$.

5. Максимальная скорость $(0,068) / 0,1 = 0,68 - 4$.

6. Время разгона до 100 км/ч $(0,045) / 0,06 = 0,75 - 3$.

7. Масса полная $(0,0324) / 0,02 = 1,62 - 7$.

Определим согласованность суждений в матрице.

$$OO=OC=\frac{UO}{M(uo)} = 0,0268, \quad (5)$$

где $M(uo)$ — среднее значение индекса однородности случайным образом составленной матрицы парных сравнений, которое основано на экспериментальных данных. Значение есть табличная величина, входным параметром выступает размерность матрицы. Получим величину $OC < 0,1$, следовательно, матрица согласованна, пересмотра суждений не требуется.

Далее выполним парные сравнения марок автомобилей A_k относительно каждого критерия K_j .

1. Критерий «Объем двигателя».

Р _{од}	Ford	Hyundai	Mitsubishi	Toyota	Nissan
Ford	1	$1/3$	3	$1/4$	7
Hyundai	3	1	4	$1/2$	8
Mitsubishi	$1/3$	$1/4$	1	$1/5$	6
Toyota	4	2	5	1	9
Nissan	$1/7$	$1/8$	$1/6$	$1/9$	1

Нормированный собственный вектор: $W = (0.154; 0.291; 0.0881; 0.438; 0.0282)$.

Составим ранжированный список по критерию объем двигателя:

1. Toyota Corolla.
2. Hyundai Elantra.
3. Ford Focus.

4. Mitsubishi Lancer.

5. Nissan Almera.

Проверим согласованность суждений для данной матрицы:

$$\lambda_{\max} = 5.32501.$$

$$UC = \frac{5.32501 - 5}{5 - 1} = 0.0813$$

$$OC = 0,0813/1,12 = 0,0726.$$

2. Критерий «Максимальная скорость».

	Ford	Hyundai	Mitsubishi	Toyota	Nissan
Ford	1	$1/5$	$1/2$	$1/5$	3
Hyundai	5	1	4	1	6
Mitsubishi	2	$1/4$	1	$1/4$	4
Toyota	5	1	4	1	6
Nissan	$1/3$	$1/6$	$1/4$	$1/6$	1

Нормированный собственный вектор: $W = (0.0827; 0.373; 0.127; 0.373; 0.044)$.

Составим ранжированный список по критерию максимальная скорость:

1. Hyundai Elantra и Toyota Corolla.

2. Mitsubishi Lance.

3. Ford Focus.

4. Nissan Almera.

Проверим согласованность суждений для данной матрицы.

$$OC = 0.0382.$$

3. Критерий «Время разгона до 100 км/ч».

$P_{вр}$	Ford	Hyundai	Mitsubishi	Toyota	Nissan
Ford	1	$1/7$	1	$1/5$	5
Hyundai	7	1	7	2	9
Mitsubishi	1	$1/7$	1	$1/5$	5
Toyota	5	$1/2$	5	1	8
Nissan	$1/5$	$1/9$	$1/5$	$1/8$	1

Нормированный собственный вектор: $W = (0.0855; 0.487; 0.0855; 0.312; 0.0297)$.

Ранжированный список по критерию время разгона до 100 км/ч

1. Hyundai Elantra.

2. Toyota Corolla.

3. Ford Focus и Mitsubishi Lancer.

4. Nissan Almera.

Рассчитаем согласованность суждений для данной матрицы:

$$OC = 0.0633.$$

4. Критерий «Расход топлива».

$P_{рт}$	Ford	Hyundai	Mitsubishi	Toyota	Nissan
Ford	1	$1/5$	2	4	$1/2$
Hyundai	5	1	6	7	5
Mitsubishi	$1/2$	$1/6$	1	3	$1/2$
Toyota	$1/4$	$1/7$	$1/3$	1	$1/5$
Nissan	2	$1/5$	2	5	1

Нормированный собственный вектор: $W = (0.129; 0.561; 0.0885; 0.0421; 0.179)$.

Ранжированный список по критерию расход топлива:

1. Hyundai Elantra.
2. Nissan Almera.

3. Ford Focus.

4. Mitsubishi Lancer.

5. Toyota Corolla.

Рассчитаем согласованность суждений для данной матрицы:

$$OC = 0.0506.$$

5. Критерий «Мощность».

P_m	Ford	Hyundai	Mitsubishi	Toyota	Nissan
Ford	1	$1/8$	2	$1/4$	2
Hyundai	8	1	9	5	9
Mitsubishi	$1/2$	$1/9$	1	$1/5$	1
Toyota	4	$1/5$	5	1	5
Nissan	$1/2$	$1/9$	1	$1/5$	1

Нормированный собственный вектор: $W = (0.0768; 0.612; 0.0473; 0.217; 0.0473)$.

Ранжированный список по критерию мощность:

1. Hyundai Elantra.

2. Toyota Corolla.
3. Ford Focus.
4. Mitsubishi Lancer и Nissan Almera.

Рассчитаем согласованность суждений для данной матрицы.

$$OC = 0.037.$$

6. Критерий «Масса полная».

	Ford	Hyundai	Mitsubishi	Toyota	Nissan
Ford	1	5	9	4	6
Hyundai	$\frac{1}{5}$	1	4	$\frac{1}{3}$	2
Mitsubishi	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{4}$	1	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{4}$
Toyota	$\frac{1}{4}$	3	6	1	4
Nissan	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{2}$	4	$\frac{1}{4}$	1

Нормированный собственный вектор: $W = (0.537; 0.113; 0.0345; 0.235; 0.0802)$.

Ранжированный список по критерию масса полная:

1. Ford Focus.

2. Toyota Corolla.
 3. Hyundai Elantra.
 4. Nissan Almera.
 5. Mitsubishi Lancer.
- OC=0.0606

7. Критерий «Рейтинг угодности».

P _{py}	Ford	Hyundai	Mitsubishi	Toyota	Nissan
Ford	1	$\frac{1}{2}$	3	5	2
Hyundai	2	1	4	7	3
Mitsubishi	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	1	2	$\frac{1}{2}$
Toyota	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{3}$
Nissan	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	2	3	1

Нормированный собственный вектор: $W = (0.266; 0.432; 0.0942; 0.0529; 0.155)$.

Ранжированный список по критерию рейтинг угодности:

1. Hyundai Elantra.
2. Ford Focus.
3. Nissan Almera.
4. Mitsubishi Lancer.
5. Toyota Corolla.

Рассчитаем согласованность суждений для данной матрицы:

$$OC=0.00763.$$

В результате проведенных вычислений мы рассчитали обобщенные характеристики по каждой марке автомобиля и расположили их в порядке их убывания:

1. Hyundai Elantra (0.49).
2. Toyota Corolla (0.189).
3. Ford Focus (0.153).
4. Nissan Almera (0.092).

5. Mitsubishi Lancer (0.076).

Максимальным элементом в матрице является 0.49. Следовательно, наиболее важным параметром при выборе будет являться Hyundai.

Проводим операцию выбора автомобиля по критерию цена/качество:

$$1. Ц/Q_{FordFocus} = 751/0,153 = 4908,5.$$

$$2. Ц/Q_{HyundaiElantra} = 759/0,49 = 1548,98.$$

$$3. Ц/Q_{MitsubishiLancer} = 769/0,076 = 10118,42.$$

$$4. Ц/Q_{ToyotaCorolla} = 769/0,189 = 4068,78.$$

$$5. Ц/Q_{NissanAlmera} = 765/0,092 = 8315,22.$$

Минимальное отношение цена/качество автомобиля указывает на выбор автомобиля Hyundai Elantra.

Обсуждение

Мы решили задачу двумя методами. В результате установили, что оба метода показали практически один и

тот же результат. Ранжированные списки, сделанные по матрице парных сравнений весов показателей (критериев) и по интегральной оценке качества в комбинированном методе и в МАИ совпадают абсолютно. В обоих методах на первом месте стоит Hyundai Elantra, на последнем — Mitsubishi Lancer.

Можно заметить, что веса показателей в матрицах парных сравнений критериев в комбинированном методе и МАИ не совпадают. Расчет корреляционной зависимости с помощью программного обеспечения Microsoft Office Excel весов критериев, которые были рассчитаны в обоих методах, установил, что существует сильная взаимосвязь между ними (0,95). Следовательно, объ-

ективно можно сказать, что методы показали один и тот же результат. Проанализируем аналогичным способом интегральные оценки качества автомобилей в обоих методах. Расчет корреляционной зависимости интегральных оценок автомобиля также установил сильную взаимосвязь (0,84). В результате можно утверждать, что полученный результат в комбинированном методе и в МАИ является идентичным. Ввиду того что методы показали одно и то же, мы решили создать на их основе композиционный метод в многокритериальной оптимизации.

В статье проведен анализ сильных и слабых сторон и возможностей комбинированного метода и метода анализа иерархий, что представлено в таблице 6.

Таблица 6 — Преимущества и недостатки комбинированного метода и МАИ

Комбинированный метод		Метода анализа иерархий	
Преимущества	Недостатки	Преимущества	Недостатки
1) КМ является достаточно простым методом решения задач многокритериальной оптимизации. Это значит, что на его освоение уходит меньше сил и времени; 2) требуется значительно меньше времени для решения многокритериальной задачи при использовании комбинированного метода, чем МАИ; 3) использование матрицы парных сравнений для нахождения весов показателей. Учитываем человеческий фактор		1) Использование шкалы от 1 до 9 повышает степень чувствительности 2) Расчет индекса согласованности позволяет избежать нарушений в логике экспертов относительно важности (значимости) показателей и критериев	1) Метод является итеративным, достаточно сложным для понимания. 2) Шкала Саати является прерывистой

МАИ — метод трудоемкий и имеет недостатки по сложности применения и сомнения по некоторым существенным позициям, например, шкала неравномерная, и начало не аргументировано и к оценке рисков сложно подойти и качество эксперта оценивается своеобразно. На основе сравнения преимущества и недостатков методов, предлагаем композицию методов, который будет включать преимущества обоих методов.

Композиция методов в многокритериальной оптимизации:

1. Для нахождения весов критериев будем использовать матрицу парных сравнений, т. к. она легка в восприятии экспертами.

2. Для нахождения весов альтернатив относительно каждого критерия будем использовать МАИ и десятибалльную шкалу.

3. Для того чтобы избежать нарушений в логике экспертов, будем рассчитывать индекс согласованности матриц.

4. Оценка качества будет проводиться путем иерархического синтеза, используемого в МАИ.

Выводы

Предложен алгоритм совместного использования преимуществ изложенных методов в соответствии с предложенной последовательностью для формирования оптимального ассортимента выпускаемой, закупаемой или продаваемой продукции различными производственными или торговыми предприятиями. Это позволит снизить издержки по хранению продукции разного вида, но в то же время учесть в предлагаемом ассортименте адекватно пользующихся спросом товаров.

Библиографический список

1. Фомин, Г. П. Экономико-математические методы и модели в коммерческой деятельности. — М., 2017.
2. Alonso, J. A., Lamata, M. T. Consistency in the analytic hierarchy process: a new approach // *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*. — 2006. — Vol. 14. — № 4. — P. 445–459.
3. Barron, F. H. Selecting a best multiattribute alternative with partial information about attribute weights // *Acta Psychologica*. — 1992. — Vol. 80. — P. 91–103.
4. Belton, V., Stewart, T. Multiple criteria decision analyses: integrated approach. — Boston, 2002.
5. Censor, Y. Pareto optimality in multiobjective problems // *Applied mathematics and optimization*. — 1977. — Vol. 4. — P. 41–59.
6. Lootsma, F. A. Multi-Criteria Decision Analysis via Ratio and Difference Judgement. — Dordrecht, 1999.
7. Saaty, T. L. Analytic Hierarchy Process. — New York, 1980.
8. Sukhorukova, I. V., Chistyakova, N. A. Optimization of formation of capital structure of insurance company, taking into account the national specifics of insurance // *Journal of Reviews on Global Economics*. — 2018. — Vol. 7. — P. 146–151.
9. Popov, V. A. Inflation and consumer basket // *Journal of Reviews on Global Economics*. — 2018. — Vol. 7. — Special Issue. — P. 453–456.
10. Sukhorukova, I. V., Chistyakova, N. A. Insurance of the termination risk of projects with joint companion activity // *Journal of Reviews on Global Economics*. — 2019. — Vol. 8. — P. 269–274.
11. Фомин, Г. П., Сухорукова, И. В., Мушуров, В. А. Методы оценки операционных рисков в торговле // *Вестник Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова*. — 2019. — № 5 (107). — С. 156–162.
12. Власов, Д. А., Синчуков, А. В. MS EXCEL как система поддержки принятия решений // *International Journal of Open Information Technologies*. — 2019. — Т. 7. — № 3. — С. 50–59.
13. Ляхницкая, О. В., Гарный, Д. В., Смирязин, Д. П. Задача многокритериальной оптимизации транспортных потоков // *Актуальные проблемы науки и техники : материалы национальной науч.-практ. конф.* — 2019. — С. 543–544.
14. Аристова, Е. М. Некоторые подходы к решению задач линейной многокритериальной оптимизации // *Современные методы теории краевых задач : материалы междунар. конф. Воронежская весенняя математическая школа Понтрягинские чтения XXX*. — 2019. С. 31.
15. Лабинский, А. Ю. Использование генетического алгоритма для многокритериальной оптимизации // *Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты)*. — 2018. — № 4 (28). — С. 5–9.

Bibliographic list

1. Fomin, G. P. Economic and mathematical methods and models in commercial activities. — M., 2017.
2. Alonso, J. A., Lamata, M. T. Consistency in the analytic hierarchy process: a new approach // *International Journal of*

Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems. — 2006. — Vol. 14. — № 4. — P. 445–459.

3. *Barron, F. H.* Selecting a best multiattribute alternative with partial information about attribute weights // *Acta Psychologica*. — 1992. — Vol. 80. — P. 91–103.

4. *Belton, V., Stewart, T.* Multiple criteria decision analyses: integrated approach. — Boston, 2002.

5. *Censor, Y.* Pareto optimality in multiobjective problems // *Applied mathematics and optimization*. — 1977. — Vol. 4. — P. 41–59.

6. *Lootsma, F. A.* Multi-Criteria Decision Analysis via Ratio and Difference Judgement. — Dordrecht, 1999.

7. *Saaty, T. L.* Analytic Hierarchy Process. — New York, 1980.

8. *Sukhorukova, I. V., Chistyakova, N. A.* Optimization of formation of capital structure of insurance company, taking into account the national specifics of insurance // *Journal of Reviews on Global Economics*. — 2018. — Vol. 7. — P. 146–151.

9. *Popov, V. A.* Inflation and consumer basket // *Journal of Reviews on Global Economics*. — 2018. — Vol. 7. — Special Issue. — P. 453–456.

10. *Sukhorukova, I. V., Chistyakova, N. A.* Insurance of the termination risk

of projects with joint companion activity // *Journal of Reviews on Global Economics*. — 2019. — Vol. 8. — P. 269–274.

11. *Fomin, G. P., Sukhorukova, I. V., Mushrub, V. A.* Methods of assessing operational risks in trade // *Bulletin of Russian University of Economics named by G. V. Plekhanov*. — 2019. — № 5 (107). — P. 156–162.

12. *Vlasov, D. A., Sinchukov, A. V.* MS EXCEL as a decision support system // *International Journal of Open Information Technologies*. — 2019. — Vol. 7. — № 3. — P. 50–59.

13. *Lyakhnitskaya, O. V., Garmy, D. V., Smiryagin, D. P.* Problem of multicriteria optimization of traffic flows // *Actual problems of science and technology: Materials of national scient.-pract. conf.* — 2019. — P. 543–544.

14. *Aristova, E. M.* Some approaches to solving linear multicriteria optimization problems // *Modern methods of theory of boundary value problems: Materials of international conf. Voronezh Spring Mathematical School Pontryagin Readings* — XXX. — 2019. — P. 31.

15. *Labinsky, A. Yu.* Using the genetic algorithm for multicriteria optimization // *Natural and technogenic risks (physical, mathematical and applied aspects)*. — 2018. — № 4 (28). — P. 5–9.