

## **МЕТОД ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ УСТУПОК В СОГЛАСОВАНИИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИНТЕРЕСОВ**

**Н.Ю. Мутовкина<sup>1</sup>, Е.Н. Ястребова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Тверской государственной технической университет, г. Тверь

<sup>2</sup>Тверской государственной университет, г. Тверь

Целью данной работы является демонстрация возможностей метода последовательных уступок для решения задачи оптимального распределения ограниченного количества ресурсов между филиалами компании и предотвращении конфликтов. Предлагается для предотвращения конфликтов осуществлять распределение ресурсов последовательно, выявляя приоритетность самих претендентов на ресурсы и доли от значений их целевых функций, которыми они готовы поступиться ради благополучия компании в целом. Эти величины называются экономическими уступками. Научной новизной обладает предлагаемый в статье алгоритм согласования экономических интересов хозяйствующих субъектов, их структурных подразделений, филиалов, представительств на основе метода последовательных уступок, хорошо зарекомендовавшего себя в решении задач многокритериальной оптимизации. Решается задача максимизации прибыли в каждом из филиалов компании в условиях ограниченных ресурсов. Используются экспертные методы в определении приоритета целевых функций филиалов и в установлении величин их уступок. Приведен числовой пример решения задачи максимизации прибыли при разных вариантах ранжирования по важности целевых функций филиалов компании.

**Ключевые слова:** *многокритериальная оптимизация, уступка, максимизация прибыли, математическое программирование, экспертное оценивание.*

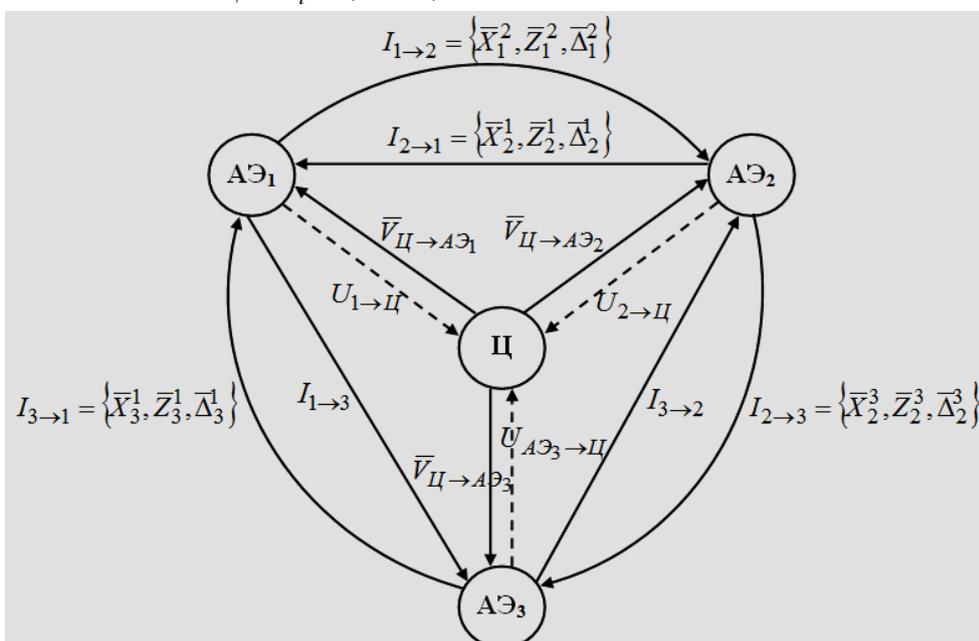
Деятельность хозяйствующих субъектов, под которыми понимаются предприятия и организации различных форм собственности, производящие и/или продающие продукцию, оказывающие услуги населению, сложна и многогранна. Успех хозяйствующего субъекта, конкурентоспособность и эффективность его деятельности во многом зависят от влияния как внешних, так и внутренних факторов, перечень которых уже хорошо известен. В качестве основного внешнего фактора здесь рассматривается спрос на производимую и реализуемую предприятием (его филиалами) продукцию нескольких видов в различных населенных пунктах, а внутренним фактором выступает ограниченность ресурсов производства этих видов продукции. Объектом исследования являются промышленные предприятия, принадлежащие одной компании, расположенные в различных регионах страны (или в различных районах региона), управляемые руководством компании, производящие и реализующие продукцию нескольких видов, которая пользуется определенным спросом у населения. Далее применяется терминология из теории активных систем [1, с. 5; 2, с. 36, с. 55]. Центр –

руководство компании осуществляет общее управление, контролирует взаимодействие управляющих структур филиалов, распределяет ресурсы компании между филиалами в зависимости от показателей финансово-хозяйственной деятельности каждого из них, приводимых в периодической отчетности. Активные элементы (АЭ) – руководство филиалов производственной компании. Задачами каждого АЭ являются: общая организация работы филиала, осуществление управляющих воздействий на персонал филиала с целью обеспечения бесперебойной работы, координация и контроль деятельности подчиненных структур и подразделений филиала.

Естественно, что каждый АЭ решает оптимизационные задачи с соответствующими критериями оптимальности, отражающими его интересы. Этими критериями могут быть максимизация прибыли, рентабельности выпускаемой продукции, ее качества; минимизация времени на изготовление продукции (оптимизация производственного цикла), финансовых, трудовых, материальных и иных затрат; расширение рынков сбыта и другие. В теории оптимизации и активных систем такие критерии называются целевыми функциями (ЦФ). Обычно каждый АЭ преследует несколько целей, например, максимум прибыли при некотором допустимом уровне затрат и качества продукции или минимум затрат при некотором заданном уровне прибыли и уровне качества продукции не ниже допустимого (соответствующем ГОСТам). Центр также имеет определенные ЦФ, которые представляют собой критерии оптимизации финансово-хозяйственной деятельности компании и могут не совпадать с ЦФ АЭ [7, с. 20–26]. Например, вполне логичным желанием Центра является закрытие убыточного филиала (дочернего предприятия) и перераспределение ресурсов между прибыльными подразделениями, что идет вразрез с интересами самого филиала. Идеальной ситуацией является полное совпадение интересов Центра и АЭ, однако, это утопия. В реальной жизни, как правило, не бывает идеальных ситуаций во взаимодействии нескольких лично заинтересованных субъектов. В хозяйствующих субъектах постоянно возникают противоречия, споры, подчас перерастающие в конфликты. Существует множество публикаций, в которых предлагаются самые разнообразные методы решения конфликтных ситуаций, ухода от них и сглаживания последствий от конфликтов [9, с. 255–261; 10, с. 70–76; 11, с. 74]. Здесь же рассматривается ситуация, когда Центр перманентно вынужден решать задачу распределения ограниченного количества ресурсов между филиалами (подразделениями) с тем, чтобы расходование этих ресурсов приносило больший эффект (доход, прибыль). Каждый из филиалов борется за лидерство и желает получить больше ресурсов, что может стать причиной конфликта как между АЭ, так и между АЭ и Центром. При этом продукция, производимая и реализуемая каждым из филиалов, пользуется разным спросом в соответствующих регионах, а, следовательно, филиалы получают различную выручку от ее продажи. Управляющие воздействия Центра в этом случае сводятся к такому распределению ресурсов, чтобы максимизировать общий доход от деятельности филиалов, не ухудшив при этом положение каждого из них.

Графическая постановка задачи представлена на рис. 1. Согласно схеме (рис. 1), компания имеет три филиала, территориально удаленных друг от друга и от центрального предприятия (офиса). Поставки в филиалы ресурсов

( $\bar{Z}$ ), необходимых для производства продукции ( $\bar{X}$ ), осуществляются централизованно. Объемы производства  $\bar{X}$  устанавливает Центр по результатам анализа спроса на продукцию. Таким образом, управление Центра выражается как  $\bar{V}_{Ц \rightarrow AЭ_i} = \{\bar{X}_i, \bar{Z}_i\}$ , где  $i$  – номер филиала.



Р и с . 1. Взаимодействие руководства филиалов и центрального руководства компании

Отклики АЭ в виде получаемых под воздействием управления Центра числовых значений их функций полезности  $U_{i \rightarrow Ц}$  изображены на рис. 1 штриховыми стрелками. Кроме того, АЭ взаимодействуют друг с другом, сообщая объемы выпускаемой продукции, ресурсную обеспеченность и в условиях нехватки ресурсов – величины уступок  $\bar{\Delta} = \{\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_k\}$  по ЦФ, на которые они готовы ради благополучия компании. Если руководство филиалов не может прийти к согласию относительно величины уступки, тогда ее назначает Центр. АЭ могут сообщать недостоверную информацию, занижая или завышая значения своих ЦФ, как друг другу, так и Центру. Поэтому в целях предотвращения манипулирования информацией Центр при принятии решения руководствуется следующими правилами:

- 1) чем больше ресурсов запросит АЭ, тем больше будет величина его уступки;
- 2) Центр контролирует все информационные потоки и анализирует их на предмет сходства информационных сообщений; если какой-либо из АЭ сообщает всем разную информацию, то проводится проверка его финансово-хозяйственной деятельности. Результаты проверки служат основанием для принятия соответствующих ограничительных мер;
- 3) Центр периодически сам проводит анализ маркетинговой ситуации на рынке выпускаемой продукции; собирает и анализирует отзывы

потребителей продукции филиалов; делает выводы о результативности работы каждого филиала и о соответствии их запросов реальному положению дел.

Компромисс, полученный в результате процесса согласования плановых решений, обладает экономической выгодностью для каждого из участников и эффективностью по Парето [4, с. 27].

Задачи многокритериальной оптимизации в реальной жизни встречаются гораздо чаще, чем однокритериальной оптимизации и характерны для ситуаций, когда АЭ имеет несколько целей, которые не могут быть выражены одним критерием. Требуется найти точку области допустимых решений (ОДР), которая минимизирует или максимизирует все такие критерии. Если в задачах многокритериальной оптимизации предусмотрено сопоставление однородных критериев отдельных подсистем (например, филиалов компании), то это задачи векторной оптимизации.

Пусть  $U_i(\bar{X})$  –  $i$ -й частный критерий, где  $\bar{X}$  – допустимое решение, а ОДР обозначим через  $D$ . С учетом того, что изменением знака функции задачу минимизации всегда можно свести к задаче максимизации, то кратко задачу многокритериальной оптимизации можно сформулировать с.о.:

$$U(\bar{X}) = \langle U_1(\bar{X}), U_2(\bar{X}), \dots, U_j(\bar{X}), \dots, U_m(\bar{X}) \rangle \rightarrow \max, \quad (1)$$
$$\bar{X} \in D.$$

Одни частные критерии могут противоречить друг другу, другие действуют в одном направлении, третьи индифферентны друг другу. Поэтому процесс решения многокритериальных задач неизбежно связан с экспертным оцениванием как самих критериев, так и отношений между ними.

Известен ряд методов решения задач многокритериальной оптимизации [3, с. 16; 4, с. 47, 6, с. 12]:

1) оптимизация одного признанного наиболее важным критерия; остальные критерии при этом играют роль дополнительных ограничений;

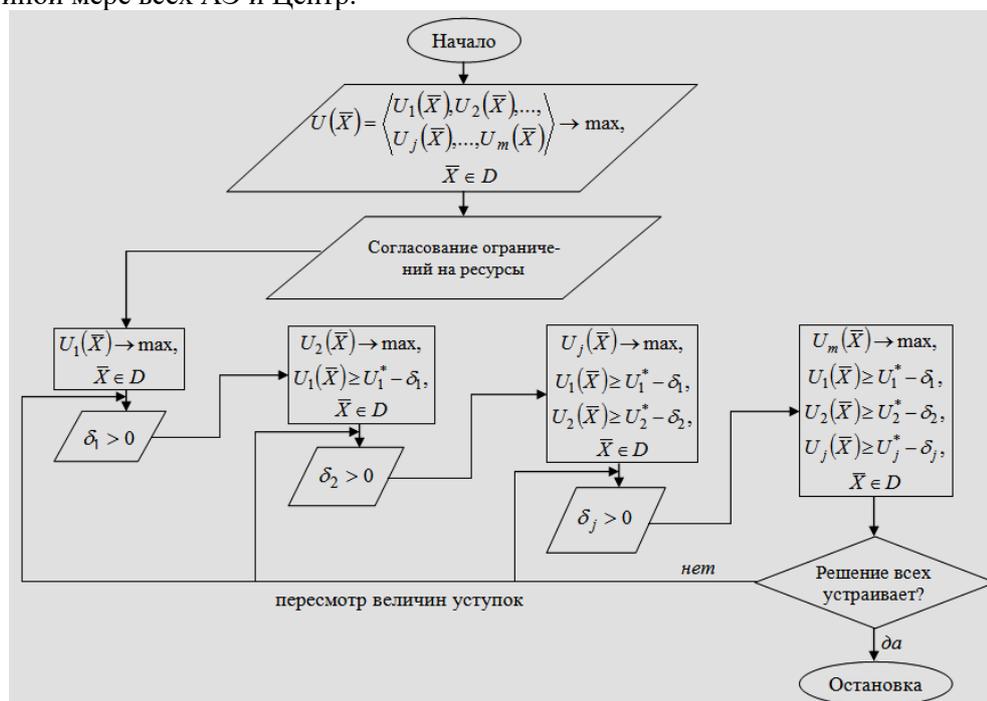
2) линейная свертка критериев, т.е. их сведение к одному критерию с помощью экспертных весовых коэффициентов для каждого из критериев таким образом, что более важный критерий получает более высокий вес;

3) метод последовательных уступок (метод компромиссов), предполагающий упорядочение заданного множества критериев в порядке убывания их важности и последовательную оптимизацию по каждому из них.

Пусть все частные критерии (1) стремятся к максимуму и пронумерованы в порядке убывания их важности [5, с. 51; 8, с. 91 – 105]. Тогда метод последовательных уступок соответствует алгоритму, представленному на рис. 2.

После формализации ЦФ АЭ, определения Центром имеющихся в его распоряжении ресурсов, ранжирования ЦФ АЭ в порядке убывания их важности для Центра находится максимальное значение первого по важности критерия в ОДР путем решения однокритериальной задачи. Затем, исходя из практических соображений и принятой точности (5 – 10 % от наименьшего значения критерия), назначается величина допустимого отклонения  $\delta_1 > 0$  (экономически оправданной уступки) критерия  $U_1$ . Далее определяется максимальное значение второго критерия ( $U_2$ ) при условии, что значение

первого критерия не должно отклоняться от своего максимального значения более чем на величину допустимой уступки. Снова назначается величина уступки  $\delta_2 > 0$  по второму критерию, которая вместе с первой уступкой используется для нахождения условного экстремума  $j$ -го частного критерия. Аналогичные процедуры повторяются до тех пор, пока не будет выявлено максимальное значение последнего по важности критерия  $U_m$  при условии, что значение каждого из первых  $m-1$  частных критериев отличается от соответствующего условного максимума не более чем на величину согласованной уступки по данному критерию. Полученное на последнем этапе решение доводится до сведения АЭ и согласовывается с ними. Если все АЭ согласны, то полученное решение считается оптимальным. Если имеются возражения, то величины уступок пересматриваются и алгоритм повторяется. И так до тех пор, пока не будет получено решение, устраивающее в той или иной мере всех АЭ и Центр.



Р и с . 2 . Алгоритм метода последовательных уступок

Есть Центр, в котором сосредоточены ресурсы  $Z_1, Z_2, Z_3$  и  $Z_4$ , используемые для производства продукция видов  $\Pi_1, \Pi_2$  и  $\Pi_3$ . Производством продукции и ее реализацией занимаются три филиала компании (Центра), которые в соответствии с принятой терминологией будем называть активными элементами (АЭ). Эти филиалы конкурируют друг с другом в борьбе за ресурсы. Изучив спрос на продукцию, Центр установил, что при реализации единицы продукции каждого вида каждый из АЭ получает вырубку, размеры которой приведены в табл. 1.

Таблица 1

## Выручка филиалов от реализации продукции

Филиал компании	Выручка от реализации единицы продукции, ден. ед.		
	$P_1$	$P_2$	$P_3$
$AЭ_1$	20	30	27
$AЭ_2$	16	32	25
$AЭ_3$	22	27	28

Запасы ресурсов у компании ограничены. Из-за различий в технологии и качестве установленного оборудования на производство одной единицы продукции каждого вида филиалам требуется то количество ресурсов, которое показано в табл. 2.

Таблица 2

## Запасы ресурсов и их расходование на единицу продукции каждого вида

Виды продукции	Виды ресурсов			
	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$
$P_1$	7	3	5	10
$P_2$	8	2	6	7
$P_3$	5	4	4	9
Запасы ресурсов, ед.	1 500	1 000	3 800	1 790

Целью АЭ является максимизация собственной выручки, а целью Центра – максимизация совокупной выручки. Для того, чтобы выяснить, какому из АЭ отдать предпочтение при распределении ресурсов, применяется метод последовательных уступок, алгоритм которого представлен на рис. 2. Экспертно были установлены величины уступок  $\delta_1 = 8\%$  и  $\delta_2 = 6\%$ , т.е. первый (по значимости) АЭ уступает второму 8% от максимального значения своей ЦФ, а второй АЭ уступает третьему 6% от максимального значения своей ЦФ. В табл. 3 показаны варианты решений поставленной задачи при разном ранжировании ЦФ АЭ по значимости и неизменных величинах уступок.

Таблица 3

## Решения, полученные при разном ранжировании ЦФ АЭ по важности

Вариант ранжирования	Значения ЦФ	Выпуск продукции		
		$x_1$	$x_2$	$x_3$
$ЦФ_{AЭ_1}$	6 468	0	122	104
$ЦФ_{AЭ_2}$	6 191	0	163	39
$ЦФ_{AЭ_3}$	5 899	0	65	148
$ЦФ_{AЭ_1}$	6 468	0	122	104
$ЦФ_{AЭ_3}$	5 899	0	65	148
$ЦФ_{AЭ_2}$	6 191	0	163	39

Вариант ранжирования	Значения ЦФ	Выпуск продукции		
		$x_1$	$x_2$	$x_3$
$ЦФ_{AЭ_2}$	6 504	0	122	104
$ЦФ_{AЭ_1}$	6 075	0	81	135
$ЦФ_{AЭ_3}$	5 758	0	38	169
$ЦФ_{AЭ_2}$	6 504	0	122	104
$ЦФ_{AЭ_3}$	5 968	0	80	136
$ЦФ_{AЭ_1}$	5 911	23	134	53
$ЦФ_{AЭ_3}$	6 206	0	122	104
$ЦФ_{AЭ_1}$	6 096	0	151	58
$ЦФ_{AЭ_2}$	6 060	0	180	12
$ЦФ_{AЭ_3}$	6 206	0	122	104
$ЦФ_{AЭ_2}$	6 282	0	151	58
$ЦФ_{AЭ_1}$	5 925	33	117	65

Очевидно, что если все виды товаров социально значимы (спрос на них есть всегда), то лучшие варианты решения задачи – четвертый и шестой: первый АЭ обеспечит производство продукции каждого вида и при ее реализации получит достаточную выручку.

Недостатком применения метода является обеспечение им относительно медленной сходимости интересов. В условиях ограниченности времени этот метод не всегда подходит для решения подобных задач оптимизации, поскольку главную трудность представляют назначение и согласование величин уступок, особенно при увеличении числа ЦФ АЭ. Кроме того, метод последовательных уступок можно использовать при условии формирования неизменного для всей задачи априорного ранжирования критериев.

Для принятия обоснованных решений относительно важности каждого критерия необходимо опираться на опыт, интуицию и знания специалистов в данной предметной области – экспертов. Возникающие противоречия можно решать несколькими способами, наиболее известны из которых метод экспертных оценок, метод мозгового штурма, метод Дельфи (дельфийского оракула).

### Список литературы

1. Бурков В.Н. Основы математической теории активных систем. М.: Наука, 1977. 255 с.
2. Гераськин М.И. Согласование экономических интересов в корпоративных структурах. М.: ИПУ РАН. Изд-во «Анко». 2005. 293 с.
3. Кини Р.Л. Принятие решения при многих критериях: предпочтения и замещения / Р.Л. Кини, Х. Райфа. Под ред. Шахнова И.Ф.; М.: Радио и связь, 1981. 560 с.

4. Ларичев О.И. Объективные модели и субъективные решения. М.: Наука, 1987. 143 с.
5. Лотов А.В. Введение в экономико-математическое моделирование. М.: Главная редакция физико-математической литературы, 1984. 392 с.
6. Штойер Р. Многокритериальная оптимизация. Теория, вычисления и приложения. М.: Радио и связь, 1992. 504 с.
7. Щепкин А.В. Внутрифирменное управление (модели и методы). М.: ИПУ РАН, 2001. 80 с.
8. Бродецкий Г.Л. Возможности метода последовательных уступок при выборе решения по многим критериям / Г.Л. Бродецкий, Д.А. Гусев, О.А. Мазунина, А.В. Фель // Логистика и управление цепями поставок. 2017. № 3 (80). С. 91–105.
9. Мутовкина Н.Ю. Методы согласованного управления конфликтом в многоагентной системе / Н.Ю. Мутовкина, В.Н. Кузнецов, А.Ю. Ключин // Системы управления и информационные технологии, 2014. № 3.2 (57). С. 255–261.
10. Семенов Н.А. Программное обеспечение информационной технологии решения конфликтных ситуаций в многоагентной среде / Н.А. Семенов, А.Ю. Ключин, Н.Ю. Мутовкина // Программные продукты и системы: Международный научно-практ. журнал, № 2 (114), 2016. С. 70–76.
11. Myerson, R.B. Game theory: Analysis of Conflict / R.B. Myerson. London: Harvard Univ. Press, 2001. – 4th printing. 568 p.

## **THE METHOD OF SUCCESSIVE CONCESSIONS IN THE COORDINATION OF ECONOMIC INTERESTS**

**N.Yu. Mutovkina<sup>1</sup>, E.N. Yastrebova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Tver State Technical University, Tver

<sup>2</sup> Tver State University, Tver

The aim of this work is to demonstrate the capabilities of the method of successive concessions to solving the problem of optimal allocation of a limited number of resources between the branches of the company. As practice shows, when resources are shared, there may be conflicts both between the management of the company, responsible for the distribution of resources and the applicants for them, and between the applicants themselves. In order to prevent conflict situations, it is proposed to consistently allocate resources, determining the priority of the applicants for resources and the share of the values of their target functions, from which they are ready to give up for the benefit of the company. These numeric values are called economic concessions. The offered algorithm of coordination of economic interests of economic entities, their structural divisions, branches and representations on the basis of the method of successive concessions which solve the problems of multicriteria optimization has a novelty. The task is to maximize profits in each of the branches of the company in terms of limited resources. The authors use the expert methods to determine the priority of the target functions of branches and to establish the values of their concessions. The article gives a numerical example of the solution of a profit maximization problem using different variants of the target functions ranking according to their importance.

**Ключевые слова:** *multicriteria optimization, concession, profit maximization, mathematical programming, expert evaluation*

*Об авторах:*

МУТОВКИНА Наталия Юрьевна – канд. техн. наук, доцент, кафедра «Бухгалтерский учет и финансы», Тверской государственный технический университет, доцент кафедры, e-mail: [letter-boxNM@yandex.ru](mailto:letter-boxNM@yandex.ru)

ЯСТРЕБОВА Елена Николаевна – канд. экон. наук, доцент, кафедра «Бухгалтерский учет», Тверской государственный университет, e-mail: [e.iastrebowa@yandex.ru](mailto:e.iastrebowa@yandex.ru)

*About the authors:*

MUTOVKINA Nataliya Yur'evna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Accounting and Finance of Tver State Technical University, Associate Professor, e-mail: [letter-boxNM@yandex.ru](mailto:letter-boxNM@yandex.ru)

YASTREBOVA Elena Nikolaevna – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Accounting Department of Tver State University, Associate Professor, e-mail: [e.iastrebowa@yandex.ru](mailto:e.iastrebowa@yandex.ru)

## References

1. Burkov V.N. Osnovy matematicheskoy teorii aktivnyh sistem. M.: Nauka, 1977. 255 s.
2. Geras'kin M.I. Soglasovanie jekonomicheskikh interesov v korporativnyh strukturah. M.: IPU RAN. Izd-vo «Anko». 2005. 293 s.
3. Kini R.L. Prinjatje reshenija pri mnogih kriterijah: predpochtenija i zameshenija / R.L. Kini, H. Rajfa. Pod red. Shahnova I.F.; M.: Radio i svjaz', 1981. 560 s.
4. Larichev O.I. Ob#ektivnye modeli i sub#ektivnye reshenija. M.: Nauka, 1987. 143 s.
5. Lotov A.V. Vvedenie v jekonomiko-matematicheskoe modelirovanie. M.: Glavnaja redakcija fiziko-matematicheskoy literatury, 1984. 392 s.
6. Shtojer R. Mnogokriterial'naja optimizacija. Teorija, vychislenija i prilozhenija. M.: Radio i svjaz', 1992. 504 s.
7. Shhepkin A.V. Vnutrifirmennoe upravlenie (modeli i metody). M.: IPU RAN, 2001. 80 s.
8. Brodeckij G.L. Vozможности metoda posledovatel'nyh ustupok pri vybore reshenija po mnogim kriterijam / G.L. Brodeckij, D.A. Gusev, O.A. Mazunina, A.V. Fel' // Logistika i upravlenie cepjami postavok. 2017. № 3 (80). S. 91–105.
9. Mutovkina N.Ju. Metody soglasovannogo upravlenija konfliktom v mnogoagentnoj sisteme / N.Ju. Mutovkina, V.N. Kuznecov, A.Ju. Kljushin // Sistemy upravlenija i informacionnye tehnologii, 2014. № 3.2 (57). S. 255–261.
10. Semenov N.A. Programmnoe obespechenie informacionnoj tehnologii reshenija konfliktnyh situacij v mnogoagentnoj srede / N.A. Semenov, A.Ju. Kljushin, N.Ju. Mutovkina // Programmnye produkty i sistemy: Mezhdunarodnyj nauchno-prakt. zhurnal, № 2 (114), 2016. S. 70–76.
11. Myerson, R.B. Game theory: Analysis of Conflict / R.B. Myerson. London: Harvard Univ. Press, 2001. – 4th printing. 568 p.