

## Метод принятия решения в задачах выбора на множестве альтернатив по множеству показателей — метод БОФэм

*О. Ф. Быстров*

*Национальный исследовательский университет «МИЭТ», Москва, Россия*

*bof\_de@inbox.ru*

Сопоставляются различные многокритериальные методы принятия решения на множестве альтернатив. Методы сравниваются с использованием примера из транспортной логистики. Среди анализируемых вычислительных процедур — система методов *ExC* и метод БОФа. Кроме того, впервые рассматривается авторская экспоненциальная модификация метода БОФа — метод БОФэм. Отмечается, что оба метода инвариантны к числу и виду используемых показателей, а также к количеству сравниваемых альтернатив. Приведен алгоритм метода БОФэм, работоспособность которого подтверждена расчетами. Использование метода особенно рекомендуется в случае, когда лицо, принимающее решение, склонно к большему учету первого из показателей в их ранжированном ряду. Предполагается, что рассмотренный новый метод расширит возможности имеющегося инструментария аналитической поддержки управленческого решения в экономике и менеджменте.

*Ключевые слова:* многомерная условная оптимизация; система моделей *ExC*; задача выбора; метод БОФа; метод БОФэм; альтернатива; критерий наибольшего результата; модификация метода.

## Decision-Making Technique in Selection Tasks on the Set of Alternatives on the Set of Indicators — the BOFem Method

*O. F. Bystrov*

*National Research University of Electronic Technology, Moscow, Russia*

*bof\_de@inbox.ru*

The author compares various multicriterion decision-making techniques in the set of alternatives using an example in transport logistics. Among computational procedures under analysis there are *ExC* models system and BOFa method. Besides, the author considers for the first time his own exponential variation of BOFa method: the BOFem method, maintaining that both methods are invariant to number and kind of dimensions in use, as well as to number of compared alternatives. The author provides an algorithm of BOFem method using calculations to confirm its working efficiency. He particularly recommends new method in cases when decision maker tends to greater consideration of first dimension in their ordered series. The author did suppose the BOFem method would deepen the potential of existing tools of managerial decision's analytical support in economics and management.

*Keywords:* multicriterion conditional minimization; ExC models system; selection task; BOFa method; BOFem method; alternative; test of largest result; method variation.

Практика показала, что в экономике, менеджменте, логистике и других направлениях деятельности хозяйствующих субъектов при разработке управленческого решения хорошо зарекомендовала себя система методов *ExC* [1].

Система *ExC* представляет собой совокупность моделей (методов) математической поддержки решения руководителя на множестве вариантов (альтернатив, проектов, стратегий и т. п.) по множеству показателей. В данную систему входят процедуры поддержки управленческого решения на основе учета предпочтений менеджера [2]. Методы позволяют выбрать условно оптимальное решение из множества альтернатив по множеству показателей.

Исходные данные для *ExC* представляют в форме матрицы оценок [2, с. 14] характеристик отдельных видов сравниваемых объектов  $W_{ij}$ , где  $i = 1, 2, \dots, n$ ;  $n$  — количество оцениваемых характеристик;  $j = 1, 2, \dots, m$ ;  $m$  — количество сравниваемых объектов. При этом  $W_{ij}$  может быть реальной количественной или балльной оценкой соответствующей характеристики [2, с. 14], данной лицом, принимающим решение (ЛПР). Часто используется диапазон балльных оценок 1—10, где уровень в 10 баллов — высшая оценка, 1 — низшая (худшая).

В зависимости от решаемой задачи может использоваться одна из моделей *ExC*.

Рассмотрим следующий пример: даны основные характеристики шести различных авиакомпаний [2].

$W_1$  — цена;

$W_2$  — безопасность;

$W_3$  — средняя грузоподъемность воздушного судна;

$W_4$  — избирательность по отношению к виду груза;

$W_5$  — качество обслуживания;

$W_6$  — дополнительные услуги.

Потребительские качества (характеристики, показатели) рассматриваемых авиакомпаний имеют оценки, выраженные в баллах (табл. 1).

Таблица 1

**Оценки потребительских качеств различных авиакомпаний**

Авиа-компания	Показатель					
	$W_1$	$W_2$	$W_3$	$W_4$	$W_5$	$W_6$
$A_1$	3	10	9	10	8	9
$A_2$	4	9	8	8	8	9
$A_3$	7	4	6	7	6	8
$A_4$	9	6	6	6	8	5
$A_5$	10	2	4	2	3	3
$A_6$	8	8	6	7	8	6

Одна из моделей системы методов *ExC* связана с использованием эталонной альтернативы. При ее применении таблица 1 дополняется строкой, характеризующей эталон (табл. 2). В качестве такового, как правило, выбирается компания-лидер (в рассматриваемом примере — рынка перевозок).

Таблица 2

**Эталонная строка оценки**

$W_i$	$W_1$	$W_2$	$W_3$	$W_4$	$W_5$	$W_6$
$A_{\text{эталон}}$	9	6	7	8	7	7

Требуется принять решение о выборе авиаперевозчика. В рамках системы *ExC* оно может быть получено с использованием модели (метода): главного показателя, ограничений, разделительной, лексикографической и др. [2, с. 15].

Все перечисленные модели (методы) из комплекса процедур *ExC* позволяют выбрать условно оптимальное решение. Однако они, как и все формально-аналитические методы, обладают рядом недостатков, общий и главный из которых состоит в необходимости преобразовать реальную задачу под используемую формальную схему — одну из моделей *ExC* [2]. Для реальных прикладных задач эти методы недостаточно адекватны. В связи с этим в 1993 г. автором предложен альтернативный метод, который опубликован им в работе [3]. Данный метод (условно назван методом БОФа) объединяет в общий алгоритм фрагменты из ряда известных методов и агрегирует в обобщенную оценку числовые и нечисловые значения практически неограниченного количества показателей для неограниченного числа альтернатив.

Базовый вариант алгоритма метода БОФа [3] позволяет решать реальные задачи выбора [4; 5; 6; 7; 8; 9] без ограничений числа альтернатив, количества и вида используемых показателей.

Сравнение альтернатив любым из методов — это по сути установление рейтинга на множестве сравниваемых объектов [10; 11].

Рейтинговое оценивание объектов, как следует из практики, несомненно может быть основано на методе БОФа [3; 11; 12; 13]. Однако, как известно, универсальных моделей и методов не существует. Этот исследовательский инструмент постоянно совершенствуется, среди прочего путем модификации известных методов. Так, метод БОФа, согласно формуле

$$C_j = 1 - [(R_j - 1) / n], \quad (1)$$

приводит к линейной зависимости коэффициентов важности ( $C_j$ ) показателей (характеристик) от значений их рангов ( $R_j$ ). В случае, когда ЛПР склонно

к большему учету первого из показателей в их ранжированном ряду, более адекватен расчет  $C_j$  по зависимости

$$C_j = \exp(k - k R_j), \quad (2)$$

где  $k$  — параметр уравнения.

С учетом изложенного модификация метода БОФа — метод БОФэм — в условиях рассматриваемого примера (табл. 1) реализуется посредством алгоритма из восьми операций.

1. Отобрать необходимое количество показателей (индикаторов, параметров, характеристик); в рассматриваемом примере  $n = 6$ .

2. Назначить показателям ранги по их важности, в соответствии с личными предпочтениями ЛПР.

Таблица 3

Ранги показателей,  $R_j$

$W_1$	$W_2$	$W_3$	$W_4$	$W_5$	$W_6$
2	1	3	4	5	6

3. Определить, какую долю от максимального значения коэффициента важности (равного 1) наиболее важного показателя составляет коэффициент важности наименее важного показателя. Обозначим это число символом  $d$ . Пусть  $d = 0,1$ .

*Примечание:* данное действие можно применить к любому показателю, начиная со второго по важности.

4. Решить относительно  $k$  уравнение:

$$\begin{aligned} d &= \exp(k - k R); \\ d &= \exp(k - 6k), \end{aligned} \quad (3)$$

где  $R$  — ранг наименее важного показателя,

$$\begin{aligned} k &= \ln d / (1 - R) = \\ &= \ln(0,1) / (1 - 6) = 0,46. \end{aligned} \quad (4)$$

5. Определить по формуле (2) весовые коэффициенты  $C_j$  каждого показателя и нормировать полученные результаты суммой их значений (табл. 4).

Таблица 4

## Весовые и нормированные весовые коэффициенты показателей

Показатель	$W_1$	$W_2$	$W_3$	$W_4$	$W_5$	$W_6$
Весовые коэффициенты показателей	0,63	1	0,40	0,25	0,16	0,10
Нормированные весовые коэффициенты показателей	$0,63 / 2,54 = 0,25$	0,39	0,16	0,1	0,06	0,04

Сумма весовых коэффициентов показателей равна 2,54.

Графическое отображение зависимости весовых коэффициентов

показателей и нормированных весовых коэффициентов показателей от рангов представлено на рисунках 1 (экспонента) и 2.

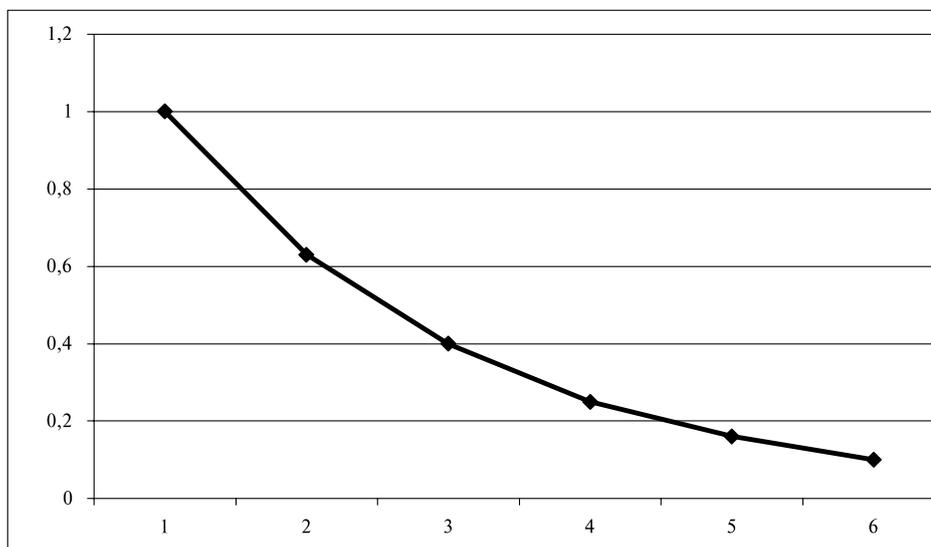


Рис. 1. Зависимость весовых коэффициентов показателей от рангов

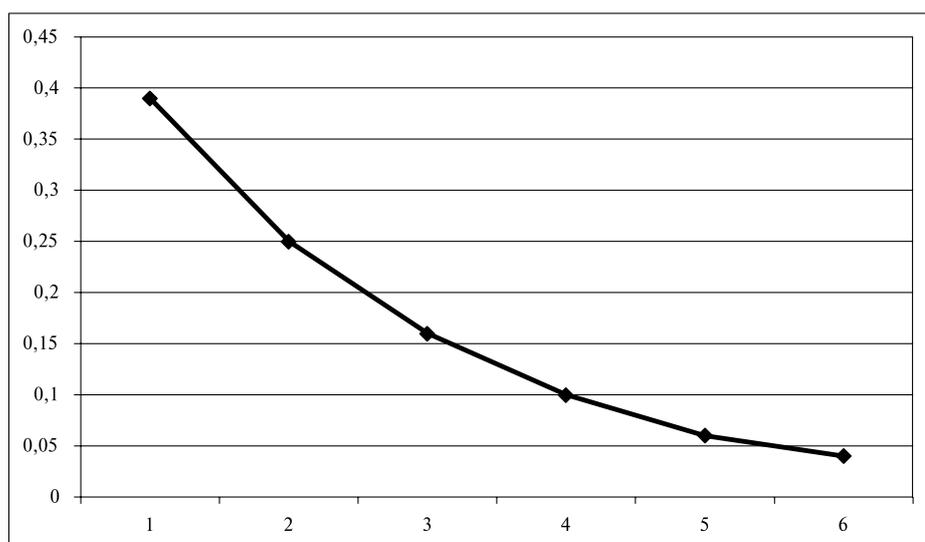


Рис. 2. Зависимость нормированных весовых коэффициентов показателей от рангов

6. Определить нормированные значения весовых коэффициентов сравниваемых вариантов по каждому показателю как отношение значений в каждой

графе (столбце) таблицы 1 к сумме значений в этом столбце. Результаты нормирования представлены в таблице 5.

Таблица 5

**Нормированные значения весовых коэффициентов сравниваемых вариантов по каждому показателю**

Авиа-компания	Показатель					
	$W_1$	$W_2$	$W_3$	$W_4$	$W_5$	$W_6$
A <sub>1</sub>	0,073	0,26	0,23	0,25	0,20	0,23
A <sub>2</sub>	0,10	0,23	0,21	0,2	0,20	0,23
A <sub>3</sub>	0,17	0,10	0,153	0,175	0,15	0,20
A <sub>4</sub>	0,22	0,15	0,153	0,15	0,20	0,125
A <sub>5</sub>	0,24	0,05	0,10	0,05	0,07	0,075
A <sub>6</sub>	0,20	0,21	0,153	0,175	0,20	0,15

7. Рассчитать значения обобщенного показателя (ОПА<sub>у</sub>) для каждого варианта как сумму попарных произведений значений второй строки таблицы 4 и значений каждой строки таблицы 5:

$$\begin{aligned} \text{ОПА}_1 &= 0,25 \cdot 0,073 + 0,39 \cdot 0,10 + \\ &+ 0,16 \cdot 0,17 + 0,10 \cdot 0,22 + \\ &+ 0,06 \cdot 0,24 + 0,04 \cdot 0,20 = 0,129. \end{aligned}$$

Аналогично получим значения обобщенного показателя для других вариантов: ОПА<sub>2</sub> = 0,19; ОПА<sub>3</sub> = 0,14; ОПА<sub>4</sub> = 0,17; ОПА<sub>5</sub> = 0,11; ОПА<sub>6</sub> = 0,19.

8. Принять решение о выборе варианта, сравнив значения обобщенного показателя по критерию наибольшего результата.

Таким решением для рассматриваемого примера является выбор компании А<sub>2</sub> или А<sub>6</sub>.

Следует заметить, что балльные оценки показателей в таблице 1 использованы для упрощения иллюстрации метода. На практике могут использоваться реальные количественные и нечисловые показатели.

При использовании метода БОФЭм необходимо также иметь в виду, что в случае наличия характеристик (показателей), для которых меньшие значения предпочтительнее больших (например, различного рода издержки), реальные значения показателей в таблице 1 заменяются их обратными величинами, рассчитанными с точностью не менее чем две значащие цифры после десятичного разделителя.

При использовании атрибутивных показателей (таких как риск: высокий, средний или низкий) для заполнения соответствующих столбцов (граф) таблицы 5 применяется базовая процедура метода БОФа [3; 11; 12; 13].

Итак, в настоящей статье автором впервые предложен метод принятия решений на множестве альтернатив по множеству показателей, представляющий собой экспоненциальную модификацию метода БОФа, — метод БОФЭм, расширяющий возможности известного инструментария аналитической поддержки управленческого решения в экономике и менеджменте.

## Литература

1. **Малых В. В.** Современные методы практического маркетинга. Стратегии, прикладные методы, тренинги и практикум. М.: Изд-во МПСИ; Воронеж: Модэк, 2006. 228 с. (Б-ка менеджера).
2. **Быстров О. Ф., Бугай К. Н.** Многокритериальные методы принятия решений в задачах транспортной логистики // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2014. № 202. С. 14—16.
3. Теоретические основы моделирования военно-технических систем / О. Ф. Быстров, А. В. Мальцев, Г. Н. Охотников и др.; под ред. О. Ф. Быстрова. М.: РВСН, 1993. 488 с.
4. **Берсенева Н. С.** Альтернативные инвестиционные проекты: сравнительный анализ // Аудиторские ведомости. 2011. № 3. С. 75—81.
5. **Кубарева О. А., Арсентьева А. С., Быстров О. Ф.** Сравнительный анализ и выбор цепи поставок груза по критерию «стоимость-время» // Вестник науки и образования. 2018. Т. 1 № 5 (41). С. 43—45.
6. **Полковникова Ю. А.** Комплексные исследования по выбору оптимальных условий микрокапсулирования лекарственной субстанции нейротропного действия // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 4. С. 554.
7. **Салихова Э. Ш., Николаева М. А., Зотова О. Ф.** Оценка и выбор лечебно-профилактических учреждений в условиях добровольного медицинского страхования // Менеджер здравоохранения. 2005. № 7: июль. С. 29—38.
8. **Смирнова Н. А.** Рейтинговое оценивание финансовой устойчивости предприятия с использованием метода БОФа // Новая наука как результат инновационного развития общества: сб. статей по итогам Междунар. науч.-практ. конф. (Сургут, 22 апр. 2017): в 17 ч. Ч. 4. Стерлитамак: АМИ, 2017. С. 187—191.
9. **Спешилова Н. В., Сгибнева А. К.** Применение математических методов к оценке эффективности инвестирования агропромышленного комплекса Оренбургской области // Интернет-журнал Науковедение: [Электронный ресурс]. 2015. Т. 7 № 6 (31). URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/54EVN615.pdf> (дата обращения: 31.07.2018).
10. **Быстров О. Ф.** Инвестиционные рейтинги сложных экономических систем: теория, технология расчета, практика. М.: Изд-во МГОУ, 2007. 217 с.: ил.
11. Инновационные методы обоснования решений в экономике и менеджменте: монография / А. В. Бандурин, А. И. Болонин, О. Ф. Быстров и др.; под ред. О. Ф. Быстрова.

М.: Московский гос. ин-т индустрии туризма, 2011. 212 с.: ил., табл.

12. **Быстров О. Ф.** Метод БОФа в экономике и менеджменте. М.: Palmarium Academic Publishing, 2013. 96 с.

13. **Быстров О. Ф., Тарасов Д. Э.** Теория менеджмента: монография: [Электрон. текстовые дан.]. М.: Русайнс, 2017. 182 с.

14. **Кажемекайте А. Р.** Использование метода БОФа при интернационализации предприятия // Молодежный вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2013. № 3 (8). С. 103—107.

Поступила после доработки 26.07.2018

**Быстров Олег Филаретович** — доктор экономических наук, профессор, Почетный работник высшего профессионального образования РФ, профессор кафедры экономической теории и финансов Национального исследовательского университета «МИЭТ» (124498, Москва, г. Зеленоград, пл. Шокина, д. 1), [bof\\_de@inbox.ru](mailto:bof_de@inbox.ru)

## References

1. Malykh V. V. *Sovremennye metody prakticheskogo marketinga. Strategii, prikladnye metody, treningi i praktikum* (Modern Techniques of Practical Marketing. Strategies, Applied Approaches, Trainings and Workshops), M., Izd-vo MPSI, Voronezh, Modek, 2006, 228 p., B-ka menedzhera.
2. Bystrov O. F., Bugai K. N. *Mnogokriterial'nye metody prinyatiya reshenii v zadachakh transportnoi logistiki* (Multidimensional Conditional Optimization in Logistics with use of Methods of Decision-Making on the Set of Alternatives on the Set of Indicators), *Nauchnyi vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta grazhdanskoi aviatsii*, 2014, No. 202, pp. 14—16.
3. *Teoreticheskie osnovy modelirovaniya voenno-tekhnicheskikh sistem* (Theoretical Basis of Military Technical Systems Modelling), by O. F. Bystrov, A. V. Mal'tsev, G. N. Okhotnikov i dr., pod red. O. F. Bystrova, M., RVSN, 1993, 488 p.
4. Berseneva N. S. *Al'ternativnye investitsionnye proekty: sravnitel'nyi analiz* (Multiple Choice Investment Projects: Comparative Analysis), *Auditorskie vedomosti*, 2011, No. 3, pp. 75—81.
5. Kubareva O. A., Arsent'eva A. S., Bystrov O. F. *Sravnitel'nyi analiz i vybor tsepi postavok gruzha po kriteriyu "stoimost'-vremya"* (Comparative Analysis and Choice of the Supply Chain of Cargo According to the "Cost-Time" Criteria), *Vestnik nauki i obrazovaniya*, 2018, T. 1 No. 5 (41), pp. 43—45.

6. Polkovnikova Yu. A. Kompleksnye issledovaniya po vyboru optimal'nykh uslovii mikrokap-sulirovaniya lekarstvennoi substantzii neirotropno-go deistviya (Multiple Investigations of the Optimal Conditions of Microencapsulation of Drug Substances Neurotropic Action), *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2015, No. 4, p. 554.
7. Salikhova E. Sh., Nikolaeva M. A., Zotova O. F. Otsenka i vybor lechebno-profilakticheskikh uchrezhdenii v usloviyakh dobrovol'nogo meditsinskogo strakhovaniya (Prevention and Treatment Facility Appraisal and Selection under Conditions of Private Health Insurance Scheme), *Menedzher zdra-vookhraneniya*, 2005, No. 7, July, pp. 29—38.
8. Smirnova N. A. Reitingovoe otsenivanie finansovoi ustoichivosti predpriyatiya s ispol'zovaniem metoda BOFa (Facilities' Financial Sustainability Ranking Score with Use of BOFa Method), *Novaya nauka kak rezul'tat innovatsionnogo razvitiya obshchestva, sb. statei po itogam Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (Surgut, 22 apr. 2017)*, v 17 ch., Ch. 4, Sterlitamak, AMI, 2017, pp. 187—191.
9. Speshilova N. V., Sgibneva A. K. "Primenenie matematicheskikh metodov k otsenke effektivnosti investirovaniya agropromyshlennogo kompleksa Orenburgskoi oblasti" (The Application of Mathematical Methods to the Estimation of Efficiency of Investments of the Agro-Industrial Complex of the Orenburg Region). *Internet-zhurnal Naukovedenie*, vol. 7, No. 6, 2015, <<https://naukovedenie.ru/PDF/54EVN615.pdf>>.
10. Bystrov O. F. Investitsionnye reitingi slozhnykh ekonomicheskikh sistem: teoriya, tekhnologiya rascheta, praktika (Investment Ratings of Complicated Economic Systems: Theory, Calculation Technology, and Practice), M., Izd-vo MGOU, 2007, 217 p., il.
11. Innovatsionnye metody obosnovaniya reshenii v ekonomike i menedzhmente (Innovative Methods of Ground for a Decision in Economics and Management), monografiya, by A. V. Bandurin, A. I. Bolonin, O. F. Bystrov i dr., pod red. O. F. Bystrova, M., Moskovskii gos. in-t industrii turizma, 2011, 212 p., il., tabl.
12. Bystrov O. F. Metod BOFa v ekonomike i menedzhmente (BOFa Method in Economics and Management), M., Palmarium Academic Publishing, 2013, 96 p.
13. Bystrov O. F., Tarasov D. E. Teoriya menedzhmenta (Theory of Management), monografiya, electronic, M., Rusains, 2017, 182 p.
14. Kazhemekaite A. R. Ispol'zovanie metoda BOFa pri internatsionalizatsii predpriyatiya (BOFa Method Use at Internationalization of an Enterprise), *Molodezhnyi vestnik Ufimskogo gosudarstvennogo aviatsionnogo tekhnicheskogo universiteta*, 2013, No. 3 (8), pp. 103—107.

Submitted after updating 26.07.2018

**Bystrov Oleg F.**, Doctor of Economics, Professor, Honorary Worker of RF Higher Vocational Education, professor at Economic Theory and Finance Department, National Research University of Electronic Technology (Russia, 124498, Moscow, Zelenograd, Shokin sq., 1), [bof\\_de@inbox.ru](mailto:bof_de@inbox.ru)