

# К ВОПРОСУ УПРАВЛЕНИЯ ВХОДНЫМ НАБОРОМ КРИТЕРИЕВ ПРИ ВЫБОРЕ СТРАТЕГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОРПОРАТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

**Борzych Никита Юрьевич**

аспирант, РТУ МИРЭА, г. Москва  
allyru@yandex.ru

**Смоленцева Татьяна Евгеньевна**

д.т.н., профессор, РТУ МИРЭА, г. Москва  
smoltan@bk.ru

**Смирнов Михаил Вячеславович**

к.э.н., доцент, РТУ МИРЭА, г. Москва  
mikhailsmirnov@gmail.com

## ON THE ISSUE OF MANAGING THE INPUT SET OF CRITERIA WHEN CHOOSING A STRATEGY FOR DESIGNING CORPORATE INFORMATION SYSTEMS

**N. Borzykh  
T. Smolentseva  
M. Smirnov**

*Summary:* The paper analyzes the methods of multicriteria optimization (MCO). An example of the formation of criteria at the stage of choosing a strategy for designing corporate information systems (CIS) is considered. The article describes the application of the hierarchy analysis method, followed by an analysis of the results obtained. The main issues in the application of MCO are formulated, possible solutions are proposed. A scheme for determining the strategy for designing corporate information systems (CIS) has been formed.

*Keywords:* multi-criteria optimization, hierarchy analysis method, decision support methods, ranking, decision maker, criteria normalization.

**М**ногокритериальная оптимизация актуальна в современном мире, где принятие решений по различным критериям может быть сложным и неоднозначным. Методы МКО позволяют решать задачи, в которых необходимо учитывать несколько критериев одновременно, такие как экономические, экологические и социальные аспекты. Многокритериальная оптимизация применима в различных областях, таких как инженерия, финансы, экология, транспорт, медицина и другие. Она помогает принимать обоснованные и эффективные решения, которые учитывают все необходимые критерии и достигают максимального результата в целевых показателях.

Исследованием методов и алгоритмов поддержки принятия решений по многокритериальному выбору занимались: В.В. Подиновский с книгой «Идеи и методы теории важности критериев», Д.А. Новиков с работой «Теория управления организационными системами», А.А. Лобанов со статьёй «Метод предпочтений как инструмент поддержки принятия решений», Д.С. Набатова «Математические и инструментальные методы поддержки принятия решений» и другие известные ученые. На основе проведенного анализа пришли к выводу о том, что в данных работах исследователи занимались

*Аннотация.* В работе проведен анализ методов многокритериальной оптимизации (МКО). Рассмотрен пример формирования критериев на этапе выбора стратегии проектирования корпоративных информационных систем (КИС). В статье приводится описание применения метода анализа иерархий, с последующим анализом полученных результатов. Сформулированы основные вопросы при применении МКО, предложены возможные варианты решений. Сформирована схема определения стратегии проектирования корпоративных информационных систем (КИС).

*Ключевые слова:* многокритериальная оптимизация, метод анализа иерархий, методы поддержки принятия решений, ранжирование, лицо принимающее решение, нормализация критериев.

поиском оптимального алгоритма многокритериальной оптимизации при поддержке принятия решений.

Далее рассмотрен пример структуры, осуществляющей на начальных итерациях выбор варианта реализации КИС с применением МАИ.

В качестве примера реализации вариантов и возможных критериев на рисунке 1 представлена структурная схема соответствия вариантов с критериями.

Организация осуществляет выбор группы экспертов с последующей оценкой альтернатив в соответствии с сформированными критериями. Результаты представлены в таблице 1. [8]

Далее осуществляется расчет НВП (Нормализованный вектор приоритетов) по формуле 1:

$$\text{НВП}_1 = \frac{a_1}{\sum a_i} \quad (1)$$

где  $a$  — критерий или вариант,  $i$  — номер критерия или варианта в строке.

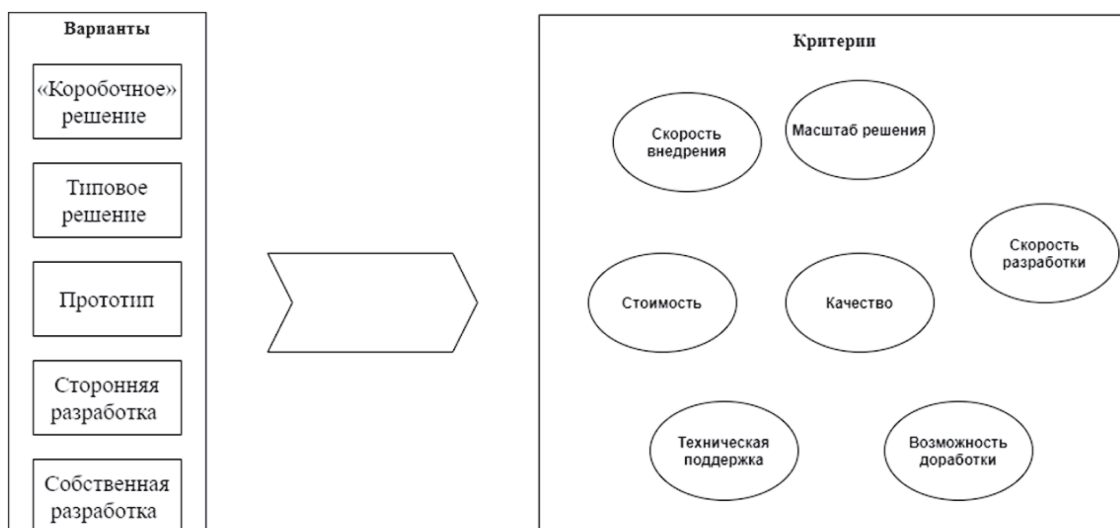


Рис. 1. Схема соответствия вариантов с критериями

Таблица 1.

Выданная оценка ЛПР

	«Коробочное» решение	Типовое решение	Прототип	Заказное решение	
				Сторонняя разработка	Собственная разработка
Стоимость	Недорого	Дёшево	Недорого	Дорого	Очень дорого
Масштаб решения	Среднее	Крупное	Крупное	Среднее	Небольшое
Качество	Высокое	Высокое	Среднее	Высокое/Среднее	Среднее
Скорость внедрения	0	0	3–6	24–36	24–36
Скорость разработки	1–3	3–6	6–12	24–36	24–36
Техническая поддержка	Нет	Есть	Есть	Зависит от договора	Есть(своя)
Возможность доработки	Нет	Есть	Есть	Есть	Есть

Таблица 2.

Сравнение критериев

	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>	K <sub>7</sub>	Средние геометрические	Нормализованный вектор приоритетов (НВП) — Вес критерия
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K <sub>1</sub>	1	1	3	5	4	9	9	4,571428571	0,308747856
K <sub>2</sub>	1	1	4	4	3	9	9	4,428571429	0,299099485
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K <sub>3</sub>	1/3	1/4	1	2	3	4	3	1,94047619	0,131057033
K <sub>4</sub>	1/5	1/4	1/2	1	3	4	3	1,707142857	0,115298027
K <sub>5</sub>	1/4	1/3	1/3	1/3	1	4	2	1,178571429	0,079599057
K <sub>6</sub>	1/9	1/9	1/4	1/4	1/4	1	2	0,567460317	0,038325472
K <sub>7</sub>	1/9	1/9	1/3	1/3	1/2	1/2	1	0,412698413	0,02787307
Сумма								14,80634921	1
$\lambda_{max}$								7,754917989	
ИС								0,125819665	
ОС								0,095317928	

Проверка согласованности локальных приоритетов производится путем расчета следующих характеристик: Собственного значения матрицы ( $\lambda_{max}$ ), индекса согласования (ИС), отношения согласованности (ОС). Благодаря перечисленным характеристикам реализуется возможность проверки на корректное заполнение исходных данных. [1, 2, 3]

Попарное сравнение вариантов по каждому критерию, и заполнялись соответствующие таблицы. Для каждой таблицы проводится проверка согласованности локального ранжирования путем расчета следующих трех характеристик. Результаты сравнения представлены в таблицах 3–9.

Проанализировав конечный результат сравнения в Таблице 10, приходим к выводу, что с наибольшим приоритетным значением вариант под номером 2 — Типовое решение.

Оценки в матрице считаются согласованными, если  $ООС \leq 10-15\%$ , в противном случае их надо пересматривать. В нашем случае получаем чуть более 4 %, это гово-

рит о том, что матрицы подсчитаны верно и ЛПР корректно указал своё видение оценки вариантов. [4,7,11]

Основные вопросы при использовании МКО в контексте рассмотренного примера можно обобщить следующим образом. [6]

1. Нормализация критериев: согласование критериев с одинаковой шкалой измерения.
2. Выбор принципов оптимизации: определение того, почему оптимальное решение лучше альтернативных вариантов.
3. Проблема рассмотрения иерархии критериев: возникает, когда по ряду причин становится очевидным, что один критерий предпочтительнее другого.

Решение многокритериальной задачи часто сводится к созданию набора оптимальных по Парето множеств и выбору одного из них на основе «здорового смысла» или других критериев. Основными недостатками методов, использующих критериальные ограничения, являются субъективность выбора эталонов и выбора уступок. Например, при использовании метода последовательных уступок необходимо учитывать, что они могут не совпа-

Таблица 3.

Сравнение вариантов по критерию  $K_1$

$K_1$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	Средние геометрические	Нормализованный вектор приоритетов (НВП) — Вес критерия
$B_1$	1	1/2	1	4	5	2,3	0,256887565
$B_2$	2	1	2	5	6	3,2	0,357408786
$B_3$	1	1/2	1	4	5	2,3	0,256887565
$B_4$	1/4	1/5	1/4	1	2	0,74	0,082650782
$B_5$	1/5	1/6	1/5	1/2	1	0,413333333	0,046165302
Сумма						8,953333333	1
$\lambda_{max}$						5,207743857	
ИС						0,051935964	
ОС						0,039345427	

Таблица 4.

Сравнение вариантов по критерию  $K_2$

$K_2$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	Средние геометрические	Нормализованный вектор приоритетов (НВП) — Вес критерия
$B_1$	1	1	3	2	3	2	0,309278351
$B_2$	1	1	3	2	3	2	0,309278351
$B_3$	1/3	1/3	1	2	1	0,933333333	0,144329897
$B_4$	1/2	1/2	1/2	1	1/2	0,6	0,092783505
$B_5$	1/3	1/3	1	2	1	0,933333333	0,144329897
Сумма						6,466666667	1
$\lambda_{max}$						5,24742268	
ИС						0,06185567	
ОС						0,046860356	

Таблица 5.

Сравнение вариантов по критерию  $K_3$ 

$K_3$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	Средние геометрические	Нормализованный вектор приоритетов (НВП) — Вес критерия
$B_1$	1	1/3	1/3	1/2	1	0,633333333	0,097938144
$B_2$	3	1	1	2	3	2	0,309278351
$B_3$	3	1	1	2	3	2	0,309278351
$B_4$	2	1/2	1/2	1	2	1,2	0,18556701
$B_5$	1	1/3	1/3	1/2	1	0,633333333	0,097938144
Сумма						6,466666667	1
$\lambda_{\max}$						5	
ИС						0,007731959	
ОС						0,005857545	

Таблица 6.

Сравнение вариантов по критерию  $K_4$ 

$K_4$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	Средние геометрические	Нормализованный вектор приоритетов (НВП) — Вес критерия
$B_1$	1	1	3	5	5	3	0,347758887
$B_2$	1	1	3	5	5	3	0,347758887
$B_3$	1/3	1/3	1	3	3	1,533333333	0,177743431
$B_4$	1/5	1/5	1/3	1	1	0,546666667	0,063369397
$B_5$	1/5	1/5	1/3	1	1	0,546666667	0,063369397
Сумма						8,626666667	1
$\lambda_{\max}$						5 1/6	
ИС						0,041215868	
ОС						0,031224143	

Таблица 7.

Сравнение вариантов по критерию  $K_5$ 

$K_5$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	Средние геометрические	Нормализованный вектор приоритетов (НВП) — Вес критерия
$B_1$	1	2	3	5	5	3,2	0,391198044
$B_2$	1/2	1	2	4	4	2,3	0,281173594
$B_3$	1/3	1/2	1	3	3	1,566666667	0,191524042
$B_4$	1/5	1/4	1/3	1	1	0,556666667	0,06805216
$B_5$	1/5	1/4	1/3	1	1	0,556666667	0,06805216
Сумма						8,18	1
$\lambda_{\max}$						5,18065743	
ИС						0,045164358	
ОС						0,034215422	

Таблица 8.

Сравнение вариантов по критерию  $K_6$

$K_6$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	Средние геометрические	Нормализованный вектор приоритетов (НВП) — Вес критерия
$B_1$	1	1/3	1/3	1/2	1/4	0,483333333	0,075718016
$B_2$	3	1	1	2	1/2	1,5	0,234986945
$B_3$	3	1	1	2	1/2	1,5	0,234986945
$B_4$	2	1/2	1/2	1	2	1,2	0,187989556
$B_5$	4	2	1	1/2	1	1,7	0,266318538
Сумма						6,383333333	1
$\lambda_{\max}$						5,280678851	
ИС						0,070169713	
ОС						0,053158873	

Таблица 9.

Сравнение вариантов по критерию  $K_7$

$K_7$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	Средние геометрические	Нормализованный вектор приоритетов (НВП) — Вес критерия
$B_1$	1	3	3	3	3	2,6	0,428571429
$B_2$	1/3	1	1	1	1	0,866666667	0,142857143
$B_3$	1/3	1	1	1	1	0,866666667	0,142857143
$B_4$	1/3	1	1	1	1	0,866666667	0,142857143
$B_5$	1/3	1	1	1	1	0,866666667	0,142857143
Сумма						6,066666667	1
$\lambda_{\max}$						5	
ИС						0	
ОС						0	

Таблица 10.

Расчет итоговых значений приоритетов

	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	$K_6$	$K_7$	Итоговые значения приоритетов
	0,30874	0,29909	0,13105	0,11529	0,07959	0,03832	0,02787	
$B_1$	0,25688	0,30927	0,09793	0,34775	0,39119	0,07571	0,42857	0,27071
$B_2$	0,35740	0,30927	0,30927	0,34775	0,28117	0,23498	0,14285	0,31882
$B_3$	0,25688	0,14432	0,30927	0,17774	0,19152	0,23498	0,14285	0,21172
$B_4$	0,08265	0,09278	0,1855	0,06336	0,06805	0,18798	0,14285	0,10148
$B_5$	0,04616	0,14432	0,09793	0,06336	0,06805	0,26631	0,14285	0,09715
ИС	0,05193	0,0618	0,00773	0,04121	0,04516	0,07016	0	1
ОИС								0,04656
ООС								0,04157

дать друг с другом, поэтому нормализация критериев должна быть организована заранее. [5,10,12]

Во всех случаях многокритериальные задачи оптимизации сводятся к однокритериальным задачам. Существует множество способов построения такого конечного критерия, ни один из которых не может быть выбран по умолчанию. Для каждой задачи выбор должен осуществлять ЛПР.

Помимо проблемы с приведением к однокритериальным задачам остается вопрос по определению критерия оценки качества работы экспертов или ЛПР. В рассмотренном методе анализа иерархий задано направление по созданию такого инструмента, однако он не всегда может быть применим. Часть экспертов, внимательно относящаяся к числам, вольно или невольно начинают себя контролировать, чтобы вдруг не нарушить принцип транзитивности и тем самым изменяя результат.

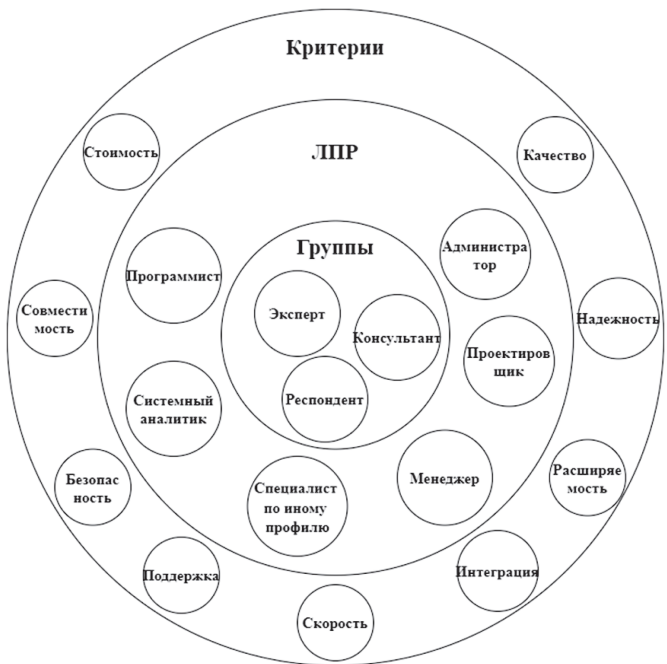


Рис. 2. Схема разбиения ЛПР на группы

Одно из направлений формулирования проблемы заключается в том, что данные, предоставленные выбранным экспертом (ЛПР), могут не всегда совпадать с полученными результатами с учетом применения рассмотренных методов. Несоответствие полученных результатов может быть вызвано недостаточной компетенцией эксперта или его специфическим отношением к задаче. Для снижения ошибок, можно разделить экспертов на группы и ранжировать их в зависимости от их компетенций в разных областях. Это применимо при многокритериальном выборе, когда ЛПР может оказывать существенное влияние на принятие решений. Применение групп из ЛПР будет способствовать снижению вероятности ошибок на этапе принятия решений. [9]

На рисунке 2 показана схема разбиения ЛПР на группы, которая может быть применима в контексте рассматриваемой задачи. В схеме представлены: критерии выбора с характеристиками, определяющими стратегию проектирования КИС, а также ЛПР с различной специализацией в организационной структуре. Также на схеме в подмножестве представлены возможные варианты определения групп ЛПР. Оценка специалиста будет зависеть от его роли: эксперта, консультанта или респондента, в зависимости от того, какой критерий используется. Эксперты будут иметь наибольшее влияние на решение, а респондентам будет предложено прохождение опросников для определения общего мнения в компании. Процесс определения стратегии проектирования КИС можно представить в виде следующей схемы (рисунок 3).

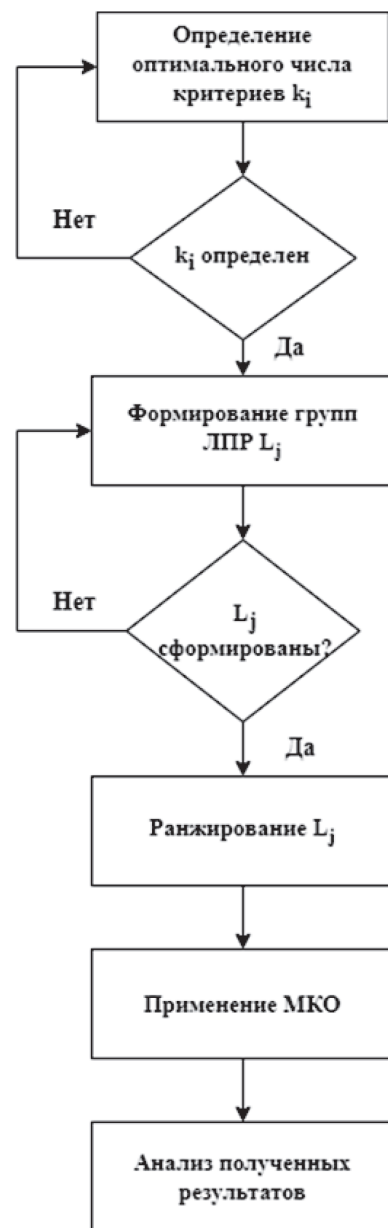


Рис. 3. Процесс определения стратегии проектирования КИС

Можно отметить, что исследование проблемы соответствия результатов МКО, является актуальным в контексте выбора стратегии при проектировании КИС. Были проанализированы работы в данном направлении и рассмотрены методика анализа иерархий, выделены основные вопросы, недостатки текущих методов МКО и предложены

возможные направления решений. Сформирована схема определения стратегии проектирования КИС с предложением разбиения ЛППР на группы с различной специализацией. Это позволит повысить соответствие результатов МКО, при выборе стратегии проектирования КИС.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лотов А.В. Конспект лекций по теории и методам многокритериальной оптимизации. Учебное пособие/ Лотов А.В., Поспелова И.И. — Москва, 2014/ [Электронный ресурс]: <http://www.ccas.ru/mmes/mmeda/Lotov&Posp.pdf> (дата обращения 17.03.2023)
2. Lubentsov A.V. The advantage of the method of hierarchy analysis, the statistical methods of decision support/ Lubentsov A.V., Bobrov V.Nn, Desyotov D.B., Noev A.N — Journal of Physics: Conference Series 1203 (2019), С. 8.
3. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: аналитические сети. — М.: Либроком, 2009, С. 357
4. Гудков П.А. Методы сравнительного анализа. Учеб. пособие. — Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2008, С. 81.
5. Коробов В.Б. «Проблемы использования метода анализа иерархий и пути их решения» / Коробов В.Б., Тутьгин А.Г. — Экономика и управление, № 8 (130), 2016, С. 60–65.
6. Колесников В.Л. Решение многокритериальных задач, оптимальных по Парето / Колесников В.Л., Бракович А.И., Жук Я.А. — Труды БГТУ. Серия 3: Физико-математические науки и информатика, №. 6 (170), 2014, С. 128–130.
7. Набатова, Д.С. Математические и инструментальные методы поддержки принятия решений: учебник и практикум для вузов / Д.С. Набатова. — Москва: Издательство Юрайт, 2023, С. 292.
8. Халин В.Г. Укрупненная классификация систем поддержки принятия решений / Халин В.Г., Чернова Г.В., Юрков А.В. Прикладная информатика, №3 (63), 2016, С. 53–62.
9. Баскаков А.А. Роли и квалификация членов команды ИТ-проекта / Новые импульсы развития: вопросы научных исследований, №. 7, 2020, С. 24–27.
10. Астахова Т.Н., / Анализ моделей и принципов системного моделирования для решения многокритериальной задачи принятия решений / Астахова Т.Н., Романов А.В., Кривоногов С.В. International Journal of Open Information Technologies, № 8, 2020, С. 17–25.
11. Легалов А.И. «Поддержка многокритериального анализа в сложных иерархических системах» / Легалов А.И., Ледаев Д.Н., Анкудинов А.В. Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии, №. 1, 2010, С. 35–44.
12. А.В. Калач «К вопросу выбора критериев при проектировании корпоративных информационных систем» / Калач А.В., Смоленцева Т.Е., Борзых Н.Ю. Вестник Воронежского института ФСИИ России, 2022. №4. С. 72–75.