

ОСОБЕННОСТИ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КРИТЕРИЯ СРЕДНЕГО ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО В ФОРМАТЕ ЗАДАЧ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ВЫБОРА МЕСТА ДИСЛОКАЦИИ И ФОРМЫ СОБСТВЕННОСТИ СКЛАДА

Аннотация

Для задач многокритериальной оптимизации выбора места дислокации и формы собственности склада при формировании сети распределения в формате традиционных критериев выбора дана иллюстрация возможности неадекватного нахождения наилучшего решения по критерию среднего геометрического относительно системы предпочтений лица, принимающего решения. Даны рекомендации по реализации нового подхода к решению таких задач, чтобы дать менеджеру возможность устранять указанный феномен неадекватного выбора и эффективно использовать указанный критерий выбора.

Ключевые слова: выбор места дислокации склада, выбор формы собственности склада, многокритериальная оптимизация, выбор наилучшего решения, критерий среднего геометрического, феномен неадекватного выбора.

Определение месторасположения (дислокации) склада / складов в определенной территориальной зоне является одной из основных задач, решаемых в процессе формирования сети распределения. Размещение складов в сети распределения оказывает значительное влияние на уровень транспортных расходов, расходов по складированию и грузопереработке, а следовательно, и на уровень и стоимость предлагаемых логистических услуг. В частности, как показано в [7], на выбор влияют и специфика товарооборота, и особенность спроса в регионе сбыта, и возрастающие требования к обслуживанию клиентов, и специфические условия хранения, и т.д.. При этом свои преимущества / недостатки имеет и стратегия складирования запасов на собственном складе, и стратегия складирования запасов на складе логистического посредника (арендуемый склад или СОП) [7]. Кроме того, для каждой формы собственности характерны свои риски. Таким образом, указанная задача может быть представлена как многокритериальная задача оптимизации.

Атрибуты задач такого типа были представлены в [1, 7]. При выборе наилучшего решения лицо, принимающее решение (ЛПР), может руководствоваться различными критериями (частные критерии). Формат такой задачи позволяет учитывать и риски, – задавая соответствующие частные критерии. На практике выбор наилучшего решения может стать проблемой для менеджера. Это обусловливается нежелательными ситуациями из-за феноменов неадекватного выбора. Структура исходных данных для показателей частных критериев может оказаться такой, что будет порождать доминирование показателей одних частных критериев над другими. При этом часть частных критериев вообще не сможет влиять на выбор. Указанные феномены ограничивают арсенал средств менеджера. Для иллюстрации далее будет рассмотрен критерий выбора по методу среднего геометрического. Будут

проиллюстрированы возможности решения задач указанного выше типа на основе нового подхода, позволяющего устранять указанные феномены.

На практике выбор наилучшего решения может стать проблемой для менеджера. Это обуславливается возможностью нежелательных ситуаций, которые будут обуславливаться феноменами неадекватного выбора. Суть указанных феноменов на вербальном или понятийном уровне можно пояснить следующим образом. Структура исходных данных для показателей частных критериев в формате задачи оптимизации может оказаться такой, что будет порождать доминирование показателей одних частных критериев над другими. При этом реализация принятого критерия выбора, в свою очередь, будет приводить к тому, что часть частных критериев вообще не сможет влиять на окончательное решение, т.е. будет участвовать в процедурах выбора лишь формально. Указанные феномены существенно ограничивают арсенал менеджера, поскольку могут приводить к выбору таких решений, которые не будут адекватны предпочтениям ЛПР. Какие средства доступны менеджеру, чтобы не допускать воздействия указанных феноменов на процедуры определения оптимального решения и обеспечить выбор, как можно более адекватный системе предпочтений ЛПР. Эти вопросы волнуют сегодня многих практикующих менеджеров. В данной статье будут проиллюстрированы возможности решения задач указанного выше типа на основе нового подхода, позволяющего устранять указанные феномены.

Атрибуты такого нового подхода к решению задач многокритериальной оптимизации были представлены в [13]. Они предполагают синтез процедур традиционных для теории критериев выбора с процедурами, разработанными в формате процессов аналитической иерархии - АНР (Analytic Hierarchy Process), к которым чаще обращаются как к методу аналитической иерархии [4-13]. Суть подхода состоит в том, что применительно к каждому частному критерию исходно заданные показатели альтернатив заменяются на новые модифицированные показатели по этому частному критерию. Такие «новые показатели» менеджеру надо будет определять дополнительно (кстати, с учетом предпочтений ЛПР). Для этого процедурам оптимизации должны предшествовать процедуры формализации и анализа матриц попарного сравнения анализируемых альтернатив по каждому частному критерию. В рамках такой процедуры будет учтено отношение ЛПР к заданным показателям частных критериев. Это позволит сделать выбор более адекватным предпочтениям ЛПР. После анализа указанных матриц попарных сравнений будут найдены «новые показатели» альтернатив по каждому частному критерию (на основе процедур метода аналитической иерархии, причем с учетом положений и требований к согласованности соответствующих матриц попарных сравнений). Они и заменят исходно заданные показатели частных критериев в формате процедур многокритериальной оптимизации при нахождении наилучшего решения по конкретному критерию выбора. Процедуры оптимизации будут реализованы уже применительно к «новым переоцененным» показателям альтернатив по частным критериям [6]. Для иллюстрации возможностей такого нового подхода применительно к решению задач выбора места дислокации и формы собственности склада далее используем модель, представленную ранее в [1]. Это позволит не только проиллюстрировать новые подходы к решению задач указанного типа, но и сравнить результаты выбора на основе предлагаемого нового подхода к нахождению наилучшего решения с традиционными подходами теории.

Рассматривается модель наилучшего выбора места дислокации и формы собственности склада при многих критериях, в формате которой, как и в [1], учитываются показатели пяти частных критериев (для иллюстрации атрибутов нового подхода представленных частных критериев будет достаточно). А именно:

K_1 - совокупные затраты на складирование и грузопереработку (минимизируются);

- K_2 - транспортные затраты (минимизируются);
- K_3 - качество складского сервиса (максимизируется) ;
- K_4 - средние ожидаемые прямые потери при складировании и грузопереработке (риски указанных потерь - минимизируются);
- K_5 - средние ожидаемые потери при транспортировке (риски потерь при транспортировке - минимизируются).

В представленной здесь модели ограничимся (как и в [1]) случаем, когда учет факторов риска реализуется в формате концепции чистых или производственных рисков. Это означает, что при учете факторов риска анализируется только один параметр для каждого фактора риска: средние ожидаемые потери, которые обуславливаются соответствующим риском и требуют минимизации. Другими словами, принимается, что при управлении рисками и ЛПР, и менеджер ориентируются на критерий EVC (expected value criterion – критерий ожидаемого значения), - см., например, [7-8]. Соответственно, при этом частные критерии K_4 и K_5 , которые позволяют учитывать указанные факторы риска, будут представлены только показателями средних ожидаемых потерь из-за соответствующих рисков.

Отметим отдельно также структуру показателей частного критерия K_3 , которые представляют качество складского сервиса. Такие показатели в [1] сначала были представлены рейтинговыми оценками, основанными на специальной шкале (как видим, модель исходно учитывала, что показатели исходно заданных частных критериев могут иметь различную размерность и ориентацию). Каждой рейтинговой оценке ставились в соответствие сопутствующие ожидаемые косвенные потери. Это позволило переопределить рассматриваемую задачу многокритериальной оптимизации так, чтобы показатели всех частных критериев *минимизировались*. При этом для всех частных критериев указанные показатели будут измеряться в денежном выражении.

Далее рассматриваются 12 альтернатив (в общем случае их может быть как угодно много). Они обусловлены необходимостью выбора места дислокации склада в одном из четырех городов (A, B, C и D) и выбором одной из трех форм его собственности. Необходимо выбрать наилучшую из альтернатив (они обозначены буквами городов, причем нижний индекс указывает на форму собственности):

- A_1 – приобретение склада в городе A;
- A_2 – аренда складских мощностей в городе A;
- A_3 – использование склада общего пользования (СОП) в городе A;
- B_1 – приобретение склада в городе B;
- B_2 – аренда складских мощностей в городе B;
- B_3 – использование СОП в городе B;
- C_1 – приобретение склада в городе C;
- C_2 – аренда складских мощностей в городе C;
- C_3 – использование СОП в городе C;
- D_1 – приобретение склада в городе D;
- D_2 – аренда складских мощностей в городе D;
- D_3 – использование СОП в городе D.

Оценки альтернатив по частным критериям представлены в табл. 1. Все частные критерии минимизируются. При этом показатели частных критериев выражены в одних и тех же единицах. Это позволяет менеджеру не заботиться о возможности использования того или иного критерия выбора при нахождении наилучшего решения. В частности, можно будет использовать и критерий среднего геометрического.

Таблица 1.

Оценки альтернатив по частным критериям (тыс. у.е)

	K₁	K₂	K₃	K₄	K₅
A₁	200	50	50	7	15
A₂	100	50	150	17	15
A₃	100	50	50	15	15
B₁	300	40	1	3	10
B₂	70	40	150	20	10
B₃	90	40	50	14	10
C₁	230	60	150	25	13
C₂	80	60	150	4	13
C₃	60	60	50	14	13
D₁	180	70	50	8	12
D₂	50	70	50	13	12
D₃	60	70	50	10	12

Подчеркнем, что альтернатива B_3 доминирует A_2 и A_3 , а альтернатива C_3 доминирует C_1 . Девять из альтернатив (это - A_1 , $B_1 - B_3$, $C_2 - C_3$, $D_1 - D_3$) являются оптимальными по Парето. Любая из них может быть принята в качестве наилучшей (с учетом предпочтений ЛПР). Альтернативы A_2 , A_3 , и C_1 , которые не являются оптимальными по Парето, *будут далее заведомо отброшены* при оптимизации выбора.

Исходные данные для частных критериев будут преобразованы к новому специальному формату их представления на основе подхода, представленного в [13]. Такое преобразование будет реализовано на основе сравнения исходных показателей по каждому частному критерию. Сравнение показателей альтернатив реализует ЛПР (по каждому частному критерию будет своя матрица попарных сравнений). Наиболее эффективно эта процедура формализуется на основе методов, разработанных в формате отмеченных выше процессов аналитической иерархии. Преимущества такого подхода базируются на том, что используемая при сравнении специальная 10-балльная шкала была разработана в формате указанного метода психологами. Она включает легкодоступные для понимания и индивидуальной интерпретации основные опорные положения/уровни при оценке превосходства одной альтернативы перед другой (сравнения реализуются по каждому конкретному частному критерию). Так, если ЛПР считает альтернативы одинаково значимыми / важными с точки зрения некоторого частного критерия, то согласно указанной шкале при их сравнении в соответствующей матрице попарных сравнений (по этому частному критерию) будет поставлен 1 балл. Умеренное превосходство будет отмечено 3 баллами, существенное превосходство – 5 баллами, большое превосходство – 7 баллами, а очень большое превосходство – 9 баллами. Обратные величины ($1/3$, $1/5$, $1/7$, $1/10$) соответствуют обратному направлению сравнений. Подчеркнем, что ЛПР может выставлять и любые промежуточные баллы, а не только целочисленные по указанной шкале (соответственно это относится и к указанным обратным величинам).

В формате таких процедур сравнений формируется матрица попарных сравнений показателей альтернатив по каждому частному критерию. Для каждой матрицы необходимо удостовериться в том, что реализованные в ней суждения ЛПР согласованы. При этом согласованность суждений ЛПР характеризуется специальным показателем - индексом согласованности (*ИС*). По требованиям метода АНР индекс согласованности не должен превышать величины 0,1. В случае несогласованности суждений ЛПР будет иметь место нарушение принципа транзитивности, которое может приводить к неадекватным результатам выбора (поэтому в таком случае ЛПР

необходимо пересмотреть матрицу сравнений). Процедуры проверки условий согласованности хорошо отработаны в формате метода АНР [4, 14]. Поэтому их описание опускается. На основе анализа полученных матриц попарных сравнений будут определены «оценки важности» исходно заданных показателей альтернатив по каждому частному критерию. Указанные «оценки важности» показателей альтернатив по конкретному частному критерию будут использованы в качестве модифицированных или преобразованных показателей по этому частному критерию. Именно они и лягут в основу процедур оптимизации выбора наилучшей альтернативы. Использование такого специального формата для показателей частных критериев позволяет менеджеру перейти к более удобному представлению задачи оптимизации.

- Новые оценки для показателей альтернатив будут представлены в едином безразмерном формате (в этой статье они будут представлены в %), что позволит менеджеру использовать любые критерии выбора без ограничения на размерность исходных показателей частных критериев и формат их определения.
- Более того, такой специальный единый формат для показателей частных критериев позволит менеджеру устранять нежелательные феномены неадекватного выбора, когда отдельные частные критерии лишены возможности оказать влияние на оптимальный выбор из-за структуры анализируемых исходных показателей, обуславливающих феномен доминирования показателей одних частных критериев над другими.
- Направление оптимизации всех частных критериев всегда также будет единым (максимизация модифицированных показателей), что позволит менеджеру также избегать феноменов неадекватного выбора, обуславливаемых так называемыми феноменами «слепоты» [3] относительно исходных показателей отдельных частных критериев.

Реализуем атрибуты указанного подхода к многокритериальной оптимизации для рассматриваемой здесь задачи выбора места дислокации и формы собственности склада. Для этого необходимо сформировать матрицы попарных сравнений альтернатив по частным критериям K_1 - K_5 . Начнем с частного критерия K_1 .

Исходно заданные показатели / оценки анализируемых альтернатив по этому критерию уже были представлены выше в табл. 2. Процедуры попарных сравнений анализируемых девяти альтернатив по указанному частному критерию K_1 (применительно к указанным выше позициям системы предпочтений ЛПР) представлены соответственно в таблице 3.

Таблица 2

Сравнение альтернатив по частному критерию K_1

	A_1	B_1	B_2	B_3	C_2	C_3	D_1	D_2	D_3
A_1	1	2	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1/2	1/2
B_1	1/2	1	1/4	1/4	1/4	1/4	1/2	1/4	1/4
B_2	2	4	1	1	1	1	2	1	1
B_3	2	4	1	1	1	1	2	1	1

C₂	2	4	1	1	1	1	2	1	1
C₃	2	4	1	1	1	1	2	1	1
D₁	1	2	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1/2	1/2
D₂	2	4	1	1	1	1	2	1	1
D₃	2	4	1	1	1	1	2	1	1

В качестве комментария, относящегося к характеристике и структуре показателей табл. 2, отметим следующее. Заполнение табл. 2 происходит в результате попарных сравнений исходных показателей рассматриваемых альтернатив относительно друг друга при нейтральной позиции предпочтений ЛПР (применительно к исходно заданным показателям альтернатив по критерию K_1). При этом важность показателя для ЛПР оценивается для альтернативы, представленной в каждой строке по отношению к альтернативе, представленной в каждом столбце. В частности, при сравнении пары альтернатив A_1 и B_1 (именно в таком порядке) по частному критерию K_1 при указанной позиции предпочтений ЛПР отметим следующее. На пересечении первой строки и второго столбца матрицы попарных сравнений в табл. 2 стоит значение «2». Это означает, что по мнению ЛПР показатель альтернативы A_1 менее, чем умеренно, но все же превосходит показатель альтернативы B_1 .

Соответственно показатель альтернативы B_1 менее, чем умеренно уступает показателю альтернативы A_1 , что отражено на пересечении второй строки и первого столбца в табл. 2. значением «1/2». По диагонали матриц такого типа стоят единицы (показатель любой альтернативы имеет одинаковую «важность» по отношению к самому себе).

Для матрицы попарных сравнений достаточно заполнить ячейки, в которых будут стоять числа, не меньшие, чем единица. Остальные ячейки заполняются автоматически (обратными величинами), используя то обстоятельство, что матрицы такого типа являются обратно-симметричными.

Процедуры анализа такой матрицы оформляются на основе введения дополнительного столбца. В табл. 3 приведен требуемый дополнительный столбец (соответствующий собственному вектору) для матрицы сравнений из табл. 2. Для него дополнительно реализуется процедура специальной «нормировки»: каждый его элемент делится на сумму всех элементов столбца (после такой нормировки сумма элементов нового дополнительного столбца будет равна единице, что позволяет легко переходить к представлению найденных оценок важности для показателей альтернатив - или просто оценок важности альтернатив - по конкретному частному критерию в %).

В рассматриваемой ситуации сумма элементов дополнительного столбца в табл. 3 составляет 9,91. Реализация требуемой операции «нормировки» должна обеспечить, чтобы сумма нормированных таких показателей давала единицу. Поэтому указанная процедура «нормировки» для первого / верхнего элемента дополнительного столбца (в первой строке) дает: $0,63 / 9,91 = 0,064$. Аналогичным образом находятся все остальные элементы указанного «нормированного» столбца в табл. 3. Далее полученные «оценки важности» показателей альтернатив представляются процентами (см. предпоследний столбец табл. 3).

Далее формат процедур аналитической иерархии требует проверки суждений ЛПР (представленных в матрице сравнений альтернатив по каждому частному критерию) на согласованность. Для расчета *индекса согласованности (ИС)* в формате метода АНР необходимо реализовать следующие специальные процедуры. Формализуется еще один дополнительный столбец (далее его называем λ -столбец). Компоненты такого столбца обозначаем через $(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9)$. Они представлены в последнем столбце табл. 3. Элементы λ -столбца получены в виде вектора, являющегося результатом умножения матрицы попарных сравнений на найденный «нормированный» столбец (справа). Например, параметр λ_1 получен как результат следующих действий

$$\lambda_1 = 1 \cdot 0,064 + 2 \cdot 0,043 + 1/2 \cdot 0,137 + 1/2 \cdot 0,137 + 1/2 \cdot 0,137 + \\ + 1/2 \cdot 0,137 + 1 \cdot 0,064 + 1/2 \cdot 0,137 + 1/2 \cdot 0,137 = 0,597$$

и т.д.

Далее находятся отношения соответствующих найденных элементов: 1) элементов указанного λ -столбца; 2) и элементов найденного «нормированного» столбца:

$$\begin{array}{ll} 1) \lambda_1 / 0,064 = 9,381; & 2) \lambda_2 / 0,043 = 9,672; \\ 3) \lambda_3 / 0,137 = 9,186; & 4) \lambda_4 / 0,137 = 9,186; \\ 5) \lambda_5 / 0,137 = 9,186; & 6) \lambda_6 / 0,137 = 9,186; \\ 7) \lambda_7 / 0,069 = 9,186; & 8) \lambda_8 / 0,137 = 9,186 \\ 9) \lambda_9 / 0,137 = 9,186 \end{array}$$

Затем приближенными методами определяется оценка максимального собственного значения матрицы сравнений. Для этого определяется показатель λ_{\max} как среднее арифметическое указанных найденных отношений:

$$\lambda_{\max} = (9,381 + \dots + 9,186) / 9 = 9,262.$$

Наконец, зная n – число сравниваемых объектов (в данном случае $n=9$, поскольку сравниваются заданные девять альтернатив), находится так называемый индекс согласованности *ИС*, для которого в формате метода аналитической иерархии разработана специальная формула:

$$ИС = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}.$$

По этой формуле имеем:

$$ИС = \frac{9,262 - 9}{8} = 0,0327.$$

Обратим внимание на то что степень согласованности считается приемлемой, если $ИС \leq 0,1$. Степень согласованности сравнений ЛПР в данном случае приемлема, поскольку согласно требованиям метода, как уже было отмечено выше, индекс согласованности не превышает 0,1. Поскольку степень согласованности достаточная, то указанную матрицу и полученные новые модифицированные оценки для показателей частного критерия K_1 (т.е. соответствующие оценки важности с учетом предпочтений ЛПР) можно использовать в формате последующих процедур оптимизации при выборе места дислокации и формы собственности склада).

Аналогичные процедуры попарного сравнения анализируемых альтернатив и проверки суждений ЛПР на согласованность реализуются применительно к каждому частному критерию. Индексы согласованности соответствующих попарных матриц сравнения должны удовлетворять требованиям метода.

Таблица 3

«Оценки важности» показателей альтернатив по частному критерию K_1

	A₁	B₁	B₂	B₃	C₂	C₃	D₁	D₂	D₃	Дополнительный столбец	«Нормированный» столбец	Оценка важности %	λ -столбец
A₁	1	2	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1/2	1/2	0,630	0,064	6,4	0,597
B₁	1/2	1	1/4	1/4	1/4	1/4	1/2	1/4	1/4	0,429	0,043	4,3	0,419
B₂	2	4	1	1	1	1	2	1	1	1,361	0,137	13,7	1,262
B₃	2	4	1	1	1	1	2	1	1	1,361	0,137	13,7	1,262
C₂	2	4	1	1	1	1	2	1	1	1,361	0,137	13,7	1,262
C₃	2	4	1	1	1	1	2	1	1	1,361	0,137	13,7	1,262
D₁	1	2	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1/2	1/2	0,680	0,069	6,9	0,631
D₂	2	4	1	1	1	1	2	1	1	1,361	0,137	13,7	1,262
D₃	2	4	1	1	1	1	2	1	1	1,361	0,137	13,7	1,262

Далее, в таблице 4 сведены все найденные «новые модифицированные оценки» для показателей альтернатив по заданным пяти частным критериям при анализируемых разных позициях сравнения таких показателей, характеризующих систему предпочтений ЛПР.

Как уже отмечалось, для удобств иллюстрации «новые модифицированные оценки» для показателей альтернатив представлены в процентном измерении, хотя для реализации метода можно использовать и другие формы представления найденных новых модифицированных оценок.

Их можно интерпретировать как модифицированные показатели исходно заданных частных критериев, формат которых позволяет дополнительно учитывать предпочтения ЛПР. Чтобы подчеркнуть такую особенность, анализируемые частные критерии применительно к новому специальному формату представления их показателей далее обозначаются через $G_1 - G_5$.

При этом подчеркнем следующую специфику такого нового формата задачи многокритериальной оптимизации:

1) все указанные показатели нового модифицированного формата представления оценок частных критериев *максимизируются* (задача многокритериальной оптимизации $G_i \rightarrow \max$);

2) кроме того, все они в любой ситуации (независимо от единиц измерения исходно заданных частных критериев $K_1 - K_5$, которые были заданы в исходной задаче $K_i \rightarrow \min$) будут всегда иметь *одинаковую общую размерность*: это будут безразмерные показатели.

Подчеркнем, что указанные обстоятельства очень удобны для менеджеров, поскольку:

- во первых, позволяют им не заботиться о возможности использования тех или иных критериев выбора для оптимизации решения (а именно, - теперь в новом формате задачи многокритериальной оптимизации можно использовать любые известные менеджеру критерии выбора).
- во вторых, также позволяют избегать нежелательных процедур неадекватного выбора, обусловливаемых феноменом «слепоты» к показателям отдельных частных критериев, который сопутствует задачам многокритериальной оптимизации с разной ориентацией направленности процедур оптимизации для заданных частных критериев [3].

Переход к указанному новому модифицированному формату представления показателей частных критериев, который представлен в таблицах 4 может обусловить следующий феномен. На основе полученных новых показателей альтернатив менеджер может дополнительно выявить такие решения, которые с учетом реализованной конкретной системы предпочтений ЛПР (представленной при формировании матриц попарного сравнения альтернатив по каждому частному критерию) не смогут претендовать на выбор в качестве оптимальных.

Это означает, что могут выявиться альтернативные решения, не оптимальные по Парето в новом формате их представления. Разумеется, такие альтернативы могут быть исключены из процедур дальнейшего анализа для выбора наилучшего решения.

Таблица 4

Модифицированные/переоцененные показатели частных критериев

	G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	G ₅
A ₁	6,4	11,9	7,9	14,7	4,9
B ₁	4,3	22,4	46,1	27,5	17,2
B ₂	13,7	22,4	3,3	2,6	17,2
B ₃	13,7	18,3	7,9	5	17,2
C ₂	13,7	6,5	2,9	24,1	8,9
C ₃	13,7	6,4	7,9	6,3	8,9
D ₁	6,9	4	7,9	9,7	8,2
D ₂	13,7	4,3	7,9	5,4	8,2
D ₃	13,7	4	7,9	4,7	9,6
УТ	13,7	22,4	46,1	14,7	17,2

В данном случае, все альтернативы, представленные в табл. 4., оптимальны по Парето.

Признаки феномена доминирования показателей частных критериев в формате процедур выбора по методу среднего геометрического. При оптимизации решения по методу среднего геометрического функция выбора строится на основе результирующего показателя произведения оценок всех частных критериев для анализируемых альтернатив. Признак феномена доминирования оценок одних частных критериев над другими, когда последние не влияют на выбираемое решение, при таком подходе к оптимизации менеджеру будет проще и нагляднее обнаружить, если от таких результирующих показателей дополнительного столбца для критерия выбора перейти к их логарифмам (по любому основанию, большему единицы – далее используются десятичные логарифмы).

При этом в качестве элементов дополнительного столбца в формате табличного представления задачи многокритериальной оптимизации по методу среднего геометрического будут уже выступать величины следующего вида: $\lg(a_{i1} \cdot a_{i2} \cdot \dots \cdot a_{iN})$, где a_{ik} - оценки k -го частного критерия для альтернативы i . Такие показатели критериальной функции можно представить в виде суммы логарифмов $\lg(a_{i1}) + \lg(a_{i2}) + \dots + \lg(a_{iN})$.

Соответственно в таком формате представления указанных оценок процедуры выбора по методу среднего геометрического будут совпадать с процедурами выбора по методу взвешенной суммы оценок частных критериев (но после перехода к логарифмам оценок для всех частных критериев) с равными весами.

Очевидно, что переход к указанному логарифмическому представлению всех оценок частных критериев и дальнейшее использование их суммы для показателя критерия выбора не изменит ранжирования альтернатив в формате метода выбора по среднему геометрическому (по произведениям).

Однако, после реализации указанного перехода менеджеру будет легче обнаружить наличие или отсутствие признаков феномена доминирования показателей одних частных критериев над другими. Проиллюстрируем это на примере организации таких процедур выбора для задачи нахождения наилучшего места дислокации и формы собственности склада при девяти анализируемых альтернативах, исходно заданные оценки которых по пяти частным критериям были представлены в табл. 1.

Метод выбора по среднему геометрическому (традиционный формат). Каждой альтернативе менеджер сопоставляет показатель, который является средним геометрическим по значениям всех частных критериев для этой альтернативы. Наилучшее решение соответствует альтернативе с наименьшим из показателей указанного типа (при минимизации частных критериев в формате задачи многокритериальной оптимизации $K_i \rightarrow \min$).

Подчеркнем, что выбор не изменится, если вместо указанного показателя менеджер будет использовать показатель произведения всех значений частных критериев для каждой альтернативы (в таком случае указанный критерий выбора называют критерием произведений). Требуемые процедуры выбора представлены в табл. 5.

Наименьшее значение показателя функции выбора по критерию произведений (оно в рассматриваемом случае в табл. 5 равно $3,6 \cdot 10^5$) соответствует альтернативе B_1 . Соответственно, наилучшим решением по этому критерию будет строительство собственного склада в городе В. При этом по данному критерию анализируемые альтернативы ранжированы в следующем порядке:

$$B_1, B_3, D_3, D_2, C_3, C_2, A_1, D_1, B_2.$$

Анализ адекватности выбора по критерию среднего геометрического (т.е. анализ на отсутствие или присутствие нежелательного феномена доминирования показателей одних частных критериев над другими) в этом формате представления оценок частных критериев затруднителен.

Поэтому переходим к анализу процедур выбора на основе их десятичных логарифмов. Это позволит более просто и явно обнаружить присутствие или отсутствие указанного нежелательного феномена.

Таблица 5.

Выбор наилучшего решения по критерию среднего геометрического

	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	Показатель критерия произведений
A_1	200	50	50	7	15	$525 \cdot 10^5$
B_1	300	40	1	3	10	$3,6 \cdot 10^5$
B_2	70	40	150	20	10	$840 \cdot 10^5$
B_3	90	40	50	14	10	$252 \cdot 10^5$
C_2	80	60	150	4	13	$374,4 \cdot 10^5$
C_3	60	60	50	14	13	$327,6 \cdot 10^5$
D_1	180	70	50	8	12	$604,8 \cdot 10^5$
D_2	50	70	50	13	12	$273 \cdot 10^5$
D_3	60	70	50	10	12	$252 \cdot 10^5$

Метод выбора по среднему геометрическому (переход к логарифмам оценок). Оценки альтернатив по частным критериям теперь (при анализе адекватности процедур выбора) будут представлены их десятичными логарифмами. Каждой альтернативе менеджер сопоставляет показатель, который является суммой указанных логарифмов оценок по всем частным критериям.

Наилучшее решение соответствует альтернативе с наименьшим из показателей указанного типа (для задач, формат которых подразумевает минимизацию всех заданных частных критериев). Требуемые процедуры представлены в табл. 6.

Наименьшее значение показателя функции выбора по критерию произведений в табл. 6 (оно равно 5,56) соответствует альтернативе B_1 . Соответственно наилучшим решением в формате такого подхода к оптимизации, как мы уже знаем, будет строительство собственного склада в городе В. Обратите внимание на то, что *ранжирование* альтернатив при переходе к такому формату оценок частных критериев сохранилось, что и подчеркивалось выше.

Таблица 6.

Выбор наилучшего решения по критерию среднего геометрического
(с использованием перехода к логарифмическому представлению оценок)

	$\lg(K_1)$	$\lg(K_2)$	$\lg(K_3)$	$\lg(K_4)$	$\lg(K_5)$	Логарифм показателя критерия произведений
A₁	2,30	1,70	1,70	0,85	1,18	7,73
B₁	2,48	1,60	0,00	0,48	1,00	5,56
B₂	1,85	1,60	2,18	1,30	1,00	7,93
B₃	1,95	1,60	1,70	1,15	1,00	7,40
C₂	1,90	1,78	2,18	0,60	1,11	7,57
C₃	1,78	1,78	1,70	1,15	1,11	7,52
D₁	2,26	1,85	1,70	0,90	1,08	7,79
D₂	1,70	1,85	1,70	1,11	1,08	7,44
D₃	1,78	1,85	1,70	1,00	1,08	7,41

Структура показателей функции выбора теперь (как отдельных слагаемых результирующего показателя альтернативы, на основе которого указывается наилучшее решение) легко просматривается. Анализ адекватности выбора по критерию среднего геометрического показывает, **что присутствует феномен доминирования: показатели частного критерия K_5 не влияют на оптимальное решение** (в формате процедур этого критерия выбора).

Другими словами, указанный выбор не изменится, если исключить частный критерий K_5 из числа исходно задаваемых частных критериев в формате рассматриваемой задачи оптимального выбора места дислокации и формы собственности склада (проверьте это самостоятельно).

Выбор по модифицированному критерию среднего геометрического (без перехода к логарифмам). При таком подходе к *максимизации модифицированных оценок частных критериев* (в формате предложенного в этой главе подхода к оптимизации при многих критериях) требуется максимизация показателя среднего

геометрического. В таблице 7 приведен окончательный результат для процедур выбора после предложенной и рассмотренной модификации (задача многокритериальной оптимизации $G_i \rightarrow \max$).

Наибольшее значение показателя дополнительного столбца в табл. 7 (указанное значение равно 2100286,5) соответствует альтернативе B_1 . При этом по данному критерию анализируемые альтернативы ранжированы в следующем порядке:

$$B_1, B_3, C_2, B_2, A_1, C_3, D_2, D_3, D_1.$$

Анализ адекватности выбора по модифицированному критерию среднего геометрического, как и в предыдущей ситуации, требует дополнительных исследований. Поэтому, для такого анализа далее надо будет перейти к представлению указанных оценок частных критериев на основе их десятичных логарифмов.

Таблица 7.

Выбор по модифицированному критерию среднего геометрического (задача $G_i \rightarrow \max$ при *нейтральной позиции* предпочтений ЛПР)

	G_1	G_2	G_3	G_4	G_5	Значения функции выбора
A_1	6,4	11,9	7,9	14,7	4,9	43337,9
B_1	4,3	22,4	46,1	27,5	17,2	2100286,5
B_2	13,7	22,4	3,3	2,6	17,2	45288,1
B_3	13,7	18,3	7,9	5	17,2	170332,4
C_2	13,7	6,5	2,9	24,1	8,9	55391,0
C_3	13,7	6,4	7,9	6,3	8,9	38838,1
D_1	6,9	4	7,9	9,7	8,2	17342,9
D_2	13,7	4,3	7,9	5,4	8,2	20607,4
D_3	13,7	4	7,9	4,7	9,6	19533,4

Имеется ли воздействие феномена неадекватного выбора покажет следующий анализ (см. переход к логарифмам оценок).

Выбор по модифицированному критерию среднего геометрического (переход к логарифмам оценок). Оценки альтернатив по частным критериям теперь надо представить их десятичными логарифмами. Каждой альтернативе менеджер сопоставляет показатель, который является суммой указанных логарифмов модифицированных оценок по всем частным критериям (после их модификации на основе процедур, рассмотренных в этой главе).

Наилучшее решение соответствует альтернативе наибольшим из показателей указанного типа (т.к. все частные критерии G_i после модификации максимизируются). Требуемые процедуры представлены в таблице 8.

Таблица 8.

Выбор по модифицированному критерию среднего геометрического (формат задачи $G_i \rightarrow \max$) с использованием перехода к логарифмическому представлению оценок

	$\lg(G_1)$	$\lg(G_2)$	$\lg(G_3)$	$\lg(G_4)$	$\lg(G_5)$	Логарифм показателя функции выбора
A₁	0,81	1,08	0,90	1,17	0,69	4,64
B₁	0,63	1,35	1,66	1,44	1,24	6,32
B₂	1,14	1,35	0,52	0,41	1,24	4,66
B₃	1,14	1,26	0,90	0,70	1,24	5,23
C₂	1,14	0,81	0,46	1,38	0,95	4,74
C₃	1,14	0,81	0,90	0,80	0,95	4,59
D₁	0,84	0,60	0,90	0,99	0,91	4,24
D₂	1,14	0,63	0,90	0,73	0,91	4,31
D₃	1,14	0,60	0,90	0,67	0,98	4,29

Наибольшее значение показателя функции выбора в табл. 8 (оно равно 6,32) соответствует альтернативе B_1 . Поэтому наилучшим решением в формате анализируемого подхода к оптимизации использующего предложенную модификацию, как мы уже знаем (поскольку переход к логарифмам оценок частных критериев не изменяет выбора при таком подходе к оптимизации), будет строительство собственного склада в городе В.

Обратим внимание на то, что *ранжирование* альтернатив при переходе к логарифмическому формату оценок частных критериев, естественно, сохранилось. Структура показателей функции выбора и в этом случае (как отдельных слагаемых результирующего показателя альтернативы) после перехода к логарифмам анализируемых оценок легко просматривается. Анализ адекватности выбора показывает, что **признаков феномена доминирования нет: показатели всех частных критериев теперь влияют на оптимальный выбор**. Действительно, небольшие отклонения таких показателей частных критериев G_i уже могут изменить выбор наилучшего решения.

Представленные материалы иллюстрируют тот факт, что используя указанную модификацию, менеджер получает новый инструмент нахождения наилучших решений, который можно использовать для решения задач многокритериальной оптимизации места дислокации и формы собственности склада без опаски воздействия отмеченных выше нежелательных феноменов.

Литература

1. Бродецкий Г., Гусев Д. Многокритериальная задача выбора места дислокации и формы собственности склада с учетом рисков // Журн. РИСК, №4, 2008.
2. Бродецкий Г.Л. Моделирование логистических систем. – М.: «Вершина», 2006.
3. Бродецкий Г.Л. Проблема феномена «слепоты» для смешанных форматов задач многокритериальной оптимизации цепей поставок // Журн. «Логистика и управление цепями поставок», № 1, 2009
4. Бродецкий Г. Системная аналитика принятия решений в исследованиях логистики. – М.: МЦЛ ГУ-ВШЭ, 2004.
5. Бродецкий Г.Л., Гусев Д.А, Елин Е.А. Управление рисками в логистике. – М.: «Академия», 2010.
6. Бродецкий Г., Бродецкая Н., Гусев Д. Эффективные инструменты многокритериальной оптимизации в логистике // Журн. РИСК, №2, 2010.
7. Дыбская В.В. Управление складированием в цепях поставок. – М.: «Альфа-Пресс», 2009.
8. Зайцев Е., Пеховский О. Алгоритмы оптимального позиционирования складов в транспортно-логистической сети. // Логистика сегодня, №2, 2004.
9. Интегрированная логистика накопительно-распределительных комплексов (склады, транспортные узлы, терминалы) / Под общ. ред. Л. Миротина. - М.: «Экзамен», 2003.
10. Корпоративная логистика. / Под ред. проф. В. Сергеева – М.: «Инфра-М», 2006
11. Логистика: Практическая энциклопедия. /Под научн. ред. проф. В. Сергеева – М.: «МЦФЭР», 2007.
12. Модели и методы теории логистики. / Под ред. В. Лукинского. - СПб.: Питер, 2003.
13. Саати Т., Керис К. Аналитическое планирование и организация систем. – М.: «Радио и связь», 1991.
14. Шикин Е., Чхартишвили А. Математические методы и модели в управлении. – М.: «Дело», 2000.