

**Многокритериальный выбор перспективных объектов для инвестиций:
СПИ СВИРЬ vs метод Мучника.**

Могилев Павел Геннадьевич

Аспирант 1 года

Московский Физико-Технический Институт

nismorus@gmail.com

1. Введение

В задачах большой размерности лицо, принимающее решение (ЛПР), не способно вручную выбрать наилучший вариант решения и вынуждено решать задачу приблизительно. Применительно к отбору перспективных объектов для инвестиций это влечёт снижение эффективности финансовой деятельности компании, и, как следствие, к неэффективному функционированию рынка [1].

При отборе перспективных объектов инвестиций, аналитики и эксперты чаще всего полагаются на собственный опыт и знания, рассматривая лишь несколько альтернатив и осуществляя отбор вручную. При этом используются данные бухгалтерской отчетности фирм, применяются различные вычислительные средства и аппаратно-человеческие процедуры, такие, как например применение пакета MS Office для вычисления показателей финансовой устойчивости объекта или отбора по некоторым критериям. Одной из таких процедур является алгоритм Мучника, который используется в одной из крупнейших в РФ компаний мобильной связи.

Между тем имеются доступные системы поддержки принятия решений (СППР), которые реализуют различные методы многокритериального выбора. К таким системам относится система выбора и ранжирования объектов СВИРЬ-Р. Эта система хорошо зарекомендовала себя в учебном процессе в рамках курса принятия решений и успешно использовалась для решения практических задач. Отсюда следует актуальность сравнения результатов использования этой системы для автоматизации принятия решений при оценке деятельности компаний мобильной связи с результатами отбора по методу Мучника.

Второй раздел работы посвящен описанию модели выбора, критериев и используемой СППР. Третий раздел описывает используемые для анализа методы отбора и оптимизации. В четвертом разделе производится сравнение результатов методик отбора.

Работа выполнена под руководством д.т.н. С.В. Микони (СПбГУПС). Консультантами работы являлись: к.ф.-м.н. М.А. Александров (РАНХиГС) и к.т.н. А.И. Иоффин (Канада).

2. Инструменты и модель выбора

2.1. Система СВИРЬ

Наиболее простыми процедурами выбора данных из БД являются процедуры ручного выбора. Эти процедуры не требуют создания критериев. Достаточно задать ограничения на параметры (использовать фильтры), то есть оставить только те объекты, которые попадают в некоторый гиперкуб. Подбирая различные ограничения на параметры, мы можем добиться

приемлемого количества объектов, попадающих в гиперкуб, после чего детально рассмотреть каждый из них и принять окончательное решение о перспективности или неперспективности данных компаний.

Более сложными являются процедуры автоматического выбора объектов из БД. Такие процедуры требуют, чтобы система поддержки и принятия решения предварительно прошла обучение и только потом она сможет делать автоматический выбор. Для обучения такой системы требуется наличие данных с готовыми выборами, сделанными экспертами. Обычно такие системы обучаются на каких-то ограниченных данных и поэтому могут применяться только к конкретным базам данных.

Многокритериальный выбор на конечном множестве альтернатив представляет собой один из разделов теории принятия решений. Большинство управленческих задач имеет в качестве исходной информации перечислимое множество альтернатив, характеризуемых многими показателями, что обуславливает актуальность многокритериального выбора на конечном множестве альтернатив.

К типовым задачам многокритериального выбора на конечном множестве альтернатив относятся: выбор наилучшего (среднего, наихудшего) объекта; отбор допустимых объектов; упорядочение объектов по предпочтению; отнесение объекта к одному из заданных классов. Они могут решаться как по отдельности, так и в любых сочетаниях. Для решения задач выбора на конечном множестве альтернатив применяются методы: векторной оптимизации; скалярной оптимизации; многокритериальной классификации и анализа иерархий [2,4].

Система выбора и ранжирования СВИРЬ-Р рассчитана на создание моделей выбора большой размерности, характеризуемых десятками показателей и сотнями оцениваемых объектов. Она реализует все методы, изложенные выше.

Важнейшим критерием определения достоверности метода выбора является ранжированный граф Парето-доминирования (подобно критерию χ -квадрат в статистике), поскольку он отражает минимальную субъективность предпочтений эксперта. Полуустепени вершин графа задают граничные ранги для каждого объекта. Если метод выбора даёт место, выходящее за этот интервал, метод недостоверен.

2.2. Модель выбора

2.2.1. Данные

Данные для исследования были отобраны из крупнейшей в России базы данных СПАРК - системы раскрытия информации о компаниях, которая содержит информацию практически по всем зарегистрированным в России юридическим лицам.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	СПАРК									
2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	АКТИВЫ всего	Амортиза ция	ВНЕОБОРОТ НЫЕ АКТИВЫ	Валовая прибыль	Внереализа ционные доходы	Выручка от продажи (за минусом НДС, акцизов ...)	ДОЛГОСРОЧ НЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬ СТВА	Дебиторс кая задолжен ность (более года)	Дебиторска я задолженн ость (менее года)	Денежны е средства
4	2007, RUR	2007, RUR	2007, RUR	2007, RUR	2007, RUR	2007, RUR	2007, RUR	2007, RUR	2007, RUR	2007, RUR
5	71 913 000		4 426 000	40 175 000		186 009 000	284 000		8 601 000	58 201 000
6	525 796 000		248 013 000	40 551 000		46 780 000	180 515 000		193 789 000	25 409 000
7	466 064 000	30 098 000	365 663 000	69 527 000		327 478 000	303 000	1 282 000	73 708 000	2 576 000

Рисунок 1. База данных SPARK.

Исходная информация для поиска решения это группа из 60 телекоммуникационных компаний, предоставляющих услуги на территории РФ, параметры которых заданы в базе данных Спарк (SPARK). Используются только отчетные данные на конец 2007 года, т.е. без временной динамики. Из 51 параметра нами было отобрано 18 первичных параметров, формирующих 10 производных параметров. Эти параметры объединены в три частных критерия «Рентабельность», «Ликвидность», «Устойчивость», более детальное описание которых приведено ниже. [5,6]

2.2.2. Формирование критериев

В процессе работы были сформированы следующие частные критерии, использующие показатели, рекомендованные Министерством экономики РФ в качестве основных инструментов оценки деятельности предприятий:

Частный критерий «Рентабельность»

Параметры критерия:

- **Рентабельность инвестированного капитала, %** - Чистая прибыль / (Собственный капитал + Долгосрочные обязательства)
- **Рентабельность основных средств, %** - Чистая прибыль / Основные средства
- **Рентабельность продукции, %** - Чистая прибыль / Себестоимость произведенных товаров и услуг

В данной группе признаков отношение предпочтений по важности формируется следующим образом:

Рентабельность инвестированного капитала > Рентабельность продукции > Рентабельность основных средств

Частный критерий «Ликвидность»

Параметры критерия:

- **Общий коэффициент покрытия** – (Оборотные активы - Долгосрочная дебиторская задолженность)/ Краткосрочные Обязательства)
- **Коэффициент срочной ликвидности** - (Краткосрочная дебиторская задолженность + Денежные средства + Краткосрочные финансовые вложения)/Краткосрочные. Обязательства
- **Коэффициент ликвидности при мобилизации средств** – Запасы/Краткосрочные обязательства

Для анализа данных показателей были использованы рекомендованные значения.

Предпочтения в данной группе признаков формируются как

Коэффициент общей ликвидности > Коэффициент абсолютной ликвидности > > Коэффициент ликвидности при мобилизации средств.

В связи с наличием определенного вида предпочтений по некоторым описанным признакам, возникает необходимость дополнительной экспертной настройки ФП ввиду их специального вида.

Частный критерий «Устойчивость»

Параметры критерия:

- **Соотношение заемных и собственных средств**
- **Маневренность собственных оборотных средств**
- **Период существования фирмы на рынке, дни**
- **Оборотные активы**

Отношения предпочтений по важности в данной группе имеет вид:

Маневренность собственных оборотных средств > Соотношение заем. и собств. средств > Оборотные активы > Период существования фирмы

Соответственно, отношение предпочтений по важности для сформированных групп критериев имеет вид

Рентабельность > Ликвидность > Устойчивость

3. Методы отбора

3.1. Процедуры векторной и скалярной оптимизации

В данной главе рассмотрены методы векторной оптимизации и их применение к выбранной предметной области. Оптимизация по Парето использует отношение Парето-доминирования, которое из двух объектов отдает предпочтение тому, который по всем критериям не хуже, и хотя бы по одному лучше второго. [2]

Лексиминная оптимизация является одним из частных случаев Парето-упорядочения, когда критерии измеряются в одной шкале и не имеют индивидуальности. Это позволяет лучше упорядочивать объекты по сравнению с первым методом.

Оптимизация по приоритету критериев обеспечивает линейный порядок объектов и учет важности критериев. При этом если по более приоритетному критерию был получен строгий порядок, менее приоритетные не учитываются. С учетом предположения о дальнейшем экспертном анализе полученных результатов, мы допускаем использование данного метода в нашем исследовании.

Методы скалярной оптимизации: Метод штрафов (скаляризация векторных оценок) и методы обобщающих функций. В качестве обобщающей функции наибольшее распространение получила усредняющая функция математического ожидания, если использовать в качестве долей целого важность j -го показателя в векторе $w = (w_1, \dots, w_j, \dots, w_n)$. Такой подход называется аддитивной сверткой. Так же, как и для однокритериальной функции, значение аддитивной подлежит максимизации.

Мультипликативная функция (средневзвешенная геометрическая свертка) использует дисперсию оценок. Ее аналогом для линейного случая является максиминная функция, реализующая нахождение наилучшего объекта по наихудшему свойству. [2,3]

По сравнению с методами векторной оптимизации для скалярной оптимизации требуется знание вида обобщающей функции, границы шкал признаков и их весовые коэффициенты. Эти знания являются экспертными, поэтому в многомерном пространстве скалярная оптимизация объектов не может быть однозначной. Поэтому важно было изучить влияние свойств выше перечисленных функций, шкал признаков и весовых коэффициентов на результаты оптимизации. [4]

- Переход от векторной оценки к скалярной обеспечивает линейное упорядочивание.
- Ранги, полученные применением скалярной оценки, попадают в диапазоны допустимых рангов, рассчитанных по графу Парето-доминирования.

- При использовании мультипликативной ОФ с прямыми сомножителями многие объекты получают нулевую оценку из-за того, что ОФ равна нулю если значение признака лежит на границе диапазона.
- При расширении диапазонов признаков нулевые значения ОФ пропадают (что логично из предыдущего)
- При поэтапном расширении диапазонов признаков, порядок по выбранным критериям стабилизируется быстрее, чем в корневой таблице.
- Наиболее близкий порядок дают аддитивная и мультипликативная функции с дополнительными сомножителями из-за своего компенсирующего действия.
- Заметное отличие порядка объектов дает применение минимаксной функции, она также дает уменьшение точности оценки.
- Рейтинги объектов, полученные методом приоритетов и с помощью обобщающей функции различны, т.к. различна важность признаков и в методе приоритетов используются только признаки с целевыми критериями.
- Метод приоритетов менее достоверен, чем метод скалярной оптимизации с аддитивной функцией.

3.2. Процедуры метода Мучника

Алгоритм Мучника реализует *метод последовательного отбора*, который позволяет решать задачи многокритериального выбора. Метод предполагает наличие ранжированных по важности критериев, при которых никакой успех по критериям нижнего уровня не может компенсировать неудачу по критерию более высокого уровня. [5]

При формировании частных критериев могут использоваться как первичные, так и производные параметры. Один и тот же параметр может входить в один или несколько частных критериев. С другой стороны, частный критерий может содержать один или несколько параметров.

Интегральный критерий или функция полезности в явном виде не задается. Функция полезности реализуется путем последовательного применения частных критериев. Базовая процедура выбора ориентирована на итерационный алгоритм формирования групп перспективных компаний

- 1) Выбираются лучшие компании по первому критерию (самый важный)
- 2) Из них лучшие по второму критерию
- 3) Из них лучшие по третьему критерию

4) Из них лучшие по ... критерию

Итерация заканчивается, и мы получаем наиболее перспективную группу: 'самые-самые'. Перед следующей итерацией полученная группа компаний удаляется из рассмотрения и шаги 1)-4) повторяются с оставшимися компаниями. После каждой итерации получаем следующую по перспективности группу. Процесс заканчивается, когда получим заданное число групп. Таким образом, мы имеем распределение компаний на группы по степени перспективности: 'самые-самые', и т.д.

Интегральный индекс

В данной работе мы используем мажоритарный алгоритм. В случае формирования нескольких групп компаний итерационная процедура оказывается громоздкой, поскольку после каждой итерации она требует удаления из рассмотрения уже отобранных компаний. Этого можно избежать, если ввести т.н. интегральный индекс компании, как комбинацию ее критериев. Такая комбинация должна учитывать абсолютный приоритет критериев. Тогда после ранжировки компаний по интегральному индексу достаточно установить граничные значения этого индекса для выделения разных по привлекательности групп.

Для удобства интегральный индекс компании обычно определяют как сумму значений частных критериев с весами, кратными 10-и.

При индексации объектов по параметру рассматривается всё множество значений параметра, и устанавливаются один или два порога для разделения объектов по успешности. Но этот способ решает задачу *классификации* объектов по упорядоченным по качеству классам всего лишь по одному критерию. Поэтому этот способ не относится к задачам многокритериальной оптимизации.

Мажоритарное суммирование реализуется двумя способами: *итерационным отбором* и расчётом *интегрального индекса*.

Итерационный отбор решает задачу *классификации* объектов по *всем* критериям, используя принцип многомерной сортировки. Поэтому его можно считать разновидностью метода лексикографической оптимизации применительно к задаче классификации. Здесь реализуется принцип главного критерия, ибо объекты, выделенные в группу по более важному критерию, ***не оцениваются по менее важным критериям***. Как таковое, мажоритарное суммирование в нём отсутствует.

Расчёт интегрального индекса является довольно грубой реализацией средневзвешенных расстояний между объектами, поскольку важность каждого

последующего критерия на *порядок* (в десять раз!) меньше, чем предыдущего. Такая оценка важности критериев ничем не обоснована. Кроме того, если критерии имеют неодинаковые шкалы, отсутствие нормализации их значений влечёт ошибки в вычислении интегрального индекса.

4. Сравнение методов отбора.

В таблице приведен сравнительный рейтинг по критерию Аддитивной свертки и по методу Мучника: Налицо явная согласованность результатов отбора.

Таблица 1. Сопоставление ручного и автоматического методов.

Метод Мучника	Аддитивная свертка
ЗАО "БАЙКАЛ-ТРАНСТЕЛЕКОМ"	ООО "РАДИОСТАНЦИЯ СЕРЕБРЯНЫЙ ДОЖДЬ"
ЗАО "ВБТ"	ООО "БОРОДИНО-ТЕЛЕКОМ"
ЗАО "ИНТЕГРАЦИЯ СВЯЗИ"	ЗАО "СТАРТЕЛЕКОМ"
ЗАО "РК "ВЕКТОР"	ООО "МЕГАПЕЙДЖ"
ЗАО "СТАРТЕЛЕКОМ"	ЗАО "ССУ"
ООО "КУБТЕЛЕКОМ"	ООО "ТЕЛЕСЕТ"
ООО "МЕГАПЕЙДЖ"	ЗАО "БАЙКАЛ-ТРАНСТЕЛЕКОМ"
ООО "НАХОДКА ТЕЛЕКОМ"	ООО "НАХОДКА ТЕЛЕКОМ"
ООО "ОКТОД"	ООО "ПРЕСТИЖ-ИНТЕРНЕТ"
ООО "РАДИОСТАНЦИЯ СЕРЕБРЯНЫЙ ДОЖДЬ"	ООО "ДАГТЕЛЕКОМ"

Сразу отметим, что метод Мучника не позволяет выявить *наилучший из всех отобранных* объектов, т.е. *наилучшие* объекты не проранжированы друг относительно друга. Сумма интегральных индексов, очевидно, может быть одинаковой как у первых n объектов, так и у всех объектов.

В качестве примера рассмотрим пару объектов: ЗАО «Интеграция связи» и ООО«Мегапейдж» (9 и 44 на рис 5.2-5.3 соотв.). «Мегапейдж» занимает 9 место в рейтинге по Мучнику и 4 в рейтинге метода скалярной оптимизации (Аддитивная свертка с назначением весов). На графе Парето-доминирования видно, что «Мегапейдж» находится на первом уровне ранжирования, являясь недоминируемым объектом. При этом он доминирует над 11 объектами. «Интеграция связи» же находится на 3-ем уровне ранжирования, доминируема 3-мя объектами и доминирует над 5-ю. Это априори означает, что в финальном рейтинге «Интеграция связи» никак не может быть лучше «Мегапейджа» (что мы наблюдаем в методе Мучника, где «Интеграция связи» стоит на 3-ем месте). Заметим, однако, что топ 10

свертки не содержит (9) вообще. (9) занимает лишь 20-ю строчку в полученном линейном рейтинге объектов.

В качестве еще одного примера выберем ЗАО «ВБТ». Объект занимает 2 место в рейтинге по Мучнику и 11 в аддитивной свертке. Это легко объяснить, анализируя вклад признаков в результирующую оценку объекта. Вклад по самому приоритетному признаку «Рентабельность» составляет всего 11%, что, безусловно, не учитывается при отборе методом Мучника. Так-же можно объяснить наличие на 4 месте в рейтинге по Мучнику и на 32(!) в свертке ЗАО «РК ВЕКТОР»: 2 уровень в графе, доминируем 3-мя объектами, доминирует над 5-ю. Но при этом вклад «Рентабельности» в оценку порядка 1% (Рис 2).

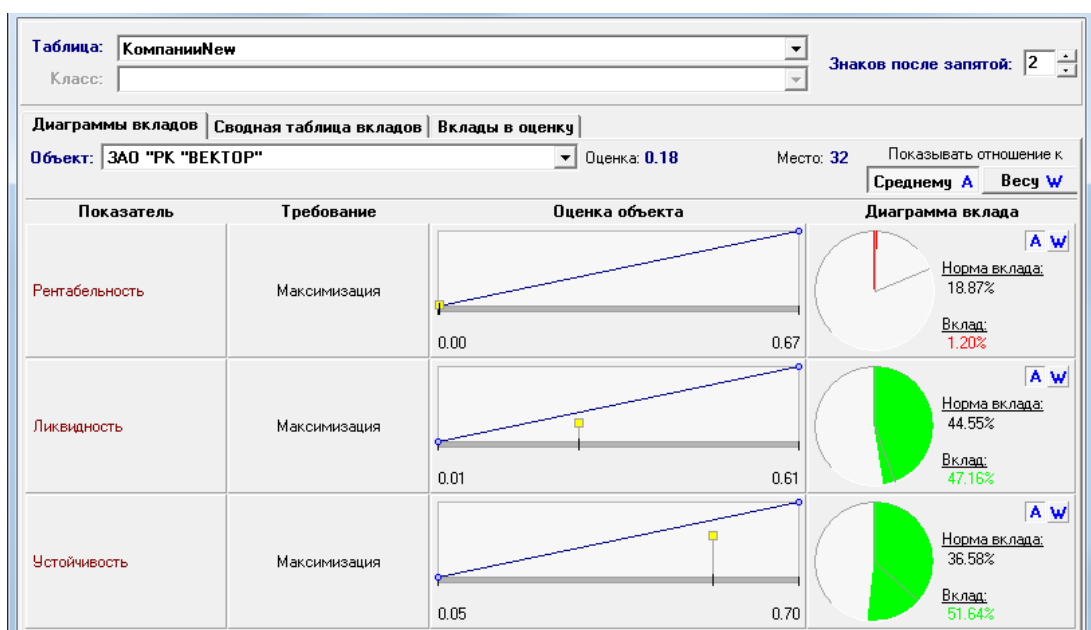


Рис 2. Диаграммы вкладов признаков в оценку ЗАО «РК ВЕКТОР»

Кроме описанных случаев отбор методом Мучника не учитывает, что в общем случае при использовании ограничительного критерия его ФП может быть нелинейной.

5. Заключение

Получены следующие научные результаты и выводы

- В список, полученный по методу Мучника вошли объекты с 3-го и 4-го уровня доминирования, что само собой наталкивает на мысль о несостоятельности решения данным методом, либо об очень ограниченном количестве задач, для решения которых целесообразно его применять
- В Методе Мучника нельзя получить соотношение показателей, т.к. фактически это метод последовательного отбора

- Отбор ведется фактически только по самому сильному критерию, при этом совсем теряется информация о менее важных критериях
- Метод Мучника не учитывает полезность, функцию которой можно получить при качественном анализе показателя, а затем использовать для решения задач МКВ в СППР
- Метод Мучника не ранжирует отобранные им объекты между собой, не позволяя при этом выявить наилучший из всех.

Используемая литература:

1. Гафт М.Г. Принятие решений при многих критериях. М.: Знание, 1979.
2. Емельянов С.В., Ларичев О.И. Многокритериальные методы принятия решений, М.: Знание, 1985.
3. Ларичев О.И. Наука и искусство принятия решений. М.: Наука, 1979.
4. Микони С.В. Многокритериальный выбор на конечном множестве альтернатив: Учебное пособие. СПб.: Лань, 2009.
5. Александров М., Мафтер И. Выбор объектов инвестиций в бизнес-приложениях. Конспект лекции, РАНХиГС. 2011.
6. Жернов П., Применение техники кластер-анализа для выявления перспективных компаний мобильной связи по данным БД Спарк, ВКР, РАНХиГС, 2010.