

Методы поддержки принятия решений

Павел Горский, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Российского института экономики, политики и права (РИЭПП). Специализируется в областях: поддержка принятия решений, аналитические рейтинги, экспертные опросы, хранение и обработка больших массивов данных. До 2002 года - исполнительный директор **Центра экспертных технологий**.

Член Международного общества многокритериального принятия решений **International Society on Multiple Criteria Decision Making**.

Автор нескольких методик аналитических рейтингов, нашедших практическое применение. Среди них:

- методика рейтинга компьютерных фирм России
- методика рейтинга менеджеров информационных технологий
- методика рейтинга российских предприятий (совместно с экспертами Moody's)

Методики Павла прошли апробацию и были одобрены экспертами таких компаний как:

- "Interfax" (АФИ)
- Российская ассоциация туристических агентств (РАТА)
- Евроазиатское рейтинговое агентство (EA Ratings)

Павел является консультантом рейтинговых проектов журналов: "Карьера", "Бизон" ("Бизнес-он-лайн").

Имеет 4 авторских свидетельства на системы поддержки принятия решений в разных областях, получил сертификат компании "Ernst & Young" по курсу "Корпоративные финансы".

Научный руководитель Павла, которого он считает своим Учителем в науке - **Литвак Борис Григорьевич**.

Что это за материал и на кого он рассчитан

Перед вами попытка изложить основные идеи прикладной дисциплины под названием "Методы поддержки принятия решений" (английские эквиваленты - Decision Science, Decision Making) для людей, имеющих любое высшее техническое образование. Гуманитарии тоже могут попробовать почитать. Шанс понять основные идеи есть и у них.

Материал расположен в логической последовательности, т.е. каждый следующий раздел опирается на понятия, введенные в предыдущих разделах. Исключение составляет раздел "Заключение". Даже если Вы не собираетесь читать весь текст, советую прочитать хотя бы "Заключение". В нем обсуждаются общие вопросы, которые вольно или невольно возникают при попытке применить на практике методы поддержки принятия решений.

Общее описание проблемы

Людам приходится принимать решения почти везде и почти всегда. В ходе военных действий, в политике, при управлении предприятием, при выборе автомобиля или варианта обмена квартиры и еще в тысячах других случаев. Занимаются люди этим интересным, нередко захватывающим и часто небезопасным делом со времен фараонов и по сей день. Поэтому достоин удивления тот факт, что люди осознали то, КАК они принимают решения совсем недавно (по историческим меркам) - вскоре после Второй мировой войны. Оказалось, что схема процесса принятия решения не зависит от той области, в которой принимается решение. Иначе говоря, законы принятия решений едины для всех предметных областей. Это утверждение кажется сомнительным, но я предлагаю читателю пока просто принять его на веру.

Определим, сначала, основные понятия. Прежде всего, отметим, что принятие решений по существу есть не что иное, как **ВЫБОР**. Принять решение - значит выбрать конкретный вариант действий из некоторого множества вариантов. Рассмотрим примеры. Необходимо принять решение - идти ли сегодня вечером в театр? Здесь перед нами два варианта выбора: 1) идти, 2) не идти. С выбором квартиры или машины все ясно само собой. Здесь, как и в примере с театром, выбирается *один наилучший* вариант. Выбор победителя тендера - еще один пример выбора одного наилучшего варианта. (Справка. Тендер - это соревнование потенциальных подрядчиков за право выполнить заданную работу. Другое название тендера - *подрядные торги*). Приведу пример, когда выбирается не один, а несколько вариантов. Пусть некий Фонд хочет инвестировать свои средства. Варианты выбора - набор доступных инвестиционных проектов. Если фонд проводит конкурс проектов, то он может отобрать столько проектов, сколько в состоянии профинансировать.

В описываемой дисциплине варианты выбора принято называть *альтернативами*. Этим термином мы и будем пользоваться в дальнейшем. Далее заметим, что в названии дисциплины есть слово **поддержка**. Это означает, что мы будем заниматься не собственно принятием решений, а подготовкой рекомендаций для того лица (тех лиц), которому (которым) нужно решение принимать. Для лица, принимающего решения введено общеупотребительное сокращение **ЛПР**. В дальнейшем будем использовать также следующие сокращения:

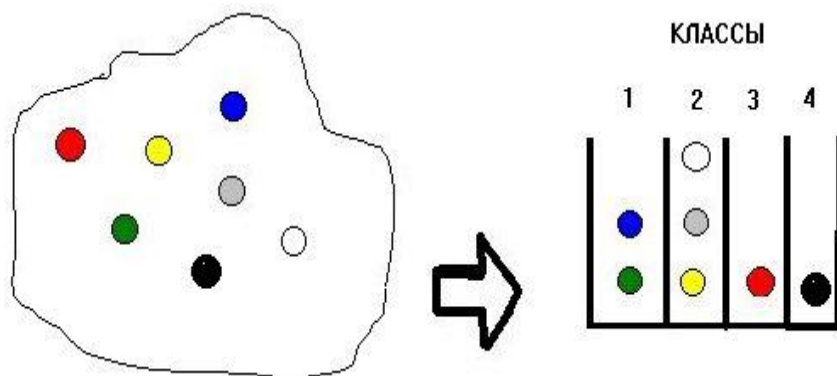
ПР - принятие решений, **ЗПР** - задача принятия решения, **СППР** - система поддержки принятия решений.

Итак, решение есть **ВЫБОР**. Приглядимся к нему подробнее. Прежде всего, заметим, что первоначально у нас может не быть даже множества альтернатив, из которых предстоит делать выбор. Например, мы хотим обменять квартиру. Тогда, прежде всего, придется заняться подбором вариантов обмена. Это и есть первый этап решения проблемы, который называют "формирование множества альтернатив". Первоначально, множество альтернатив чаще всего аморфно, т.е. не имеет структуры. Точнее говоря, чаще всего мы не можем сразу сказать, какая альтернатива лучше, а какая хуже. Оказывается, задачу выбора можно решить, если каким-либо образом *структурировать* множество альтернатив.

Основные понятия о структурировании множества альтернатив

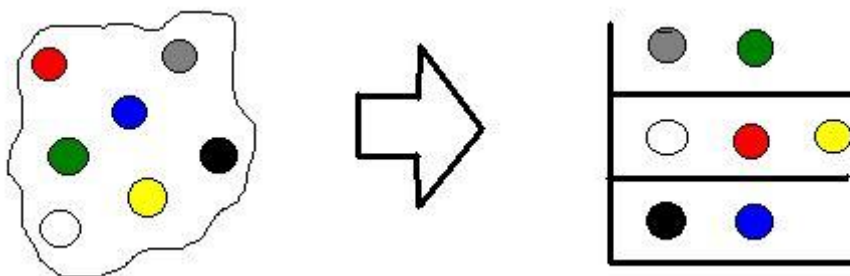
Рассмотрим основные типы структур. Первый из них называется **КЛАССИФИКАЦИЯ**.

Рассмотрим рисунок



Слева изображено неструктурированное множество альтернатив. Справа показано разбиение исходного множества на 4 класса. Можно считать, что каждый класс есть подмножество исходного множества альтернатив. Здесь важно отметить, что классы НЕУПОРЯДОЧЕНЫ друг относительно друга. Т.е. нельзя сказать, что какой-то класс "важнее (лучше, старше, дороже и п.т.)" другого. Например, людей можно классифицировать по полу или национальности. Правильная постановка диагноза - также пример *классификации*. Компьютерные системы, помогающие врачу ставить диагноз, существуют. И решают они именно задачу классификации, т.е. отнесения больного к нужному классу, который эквивалентен названию болезни. (А как же быть с *легкими* и *тяжелыми* заболеваниями? Ведь по определению классы НЕ упорядочены. Действительно, заболевания можно упорядочивать по тяжести, но здесь мы договоримся не принимать это в расчет.)

Второй способ структурирования называется СТРАТИФИКАЦИЯ. Это название произошло от английского термина "**страта**", (strata) что означает "слой", "пласт". Иными словами, *стратификация* есть разбиение множества на ряд уровней или слоев. В отличие от *классов*, страты упорядочены. Рассмотрим рисунок



Серая и зеленая альтернативы помещены на верхнюю страту. Это означает, что они одинаковы по значимости (для ЛПР) и, одновременно, важнее (лучше) остальных альтернатив. В примере с обменом квартиры, если удалось стратифицировать варианты, то окончательный выбор, естественно, будет сделан среди вариантов, занимающих верхнюю страту. Удобно считать, что страты выражают некоторые уровни "качества". Несколько примеров классических стратификаций:

- оценки уровня знаний ("отлично", "хорошо" и т.д.)
- звезды отелей
- спортивные разряды

Связь страт с неким абстрактным "качеством" крайне важна для понимания идеи стратификации. Пятизвездный отель не просто лучше двухзвездного, а можно говорить **на сколько** он лучше.

Следующий способ структурирования называется РАНЖИРОВАНИЕ. Внешне он напоминает стратификацию (см. предыдущий рисунок), но в отличие от нее уровни НЕ выражают "качества", а трактуются просто как "номер в списке". Это различие настолько важно, что на нем стоит остановиться подробнее. Упорядочение называется ранжировкой, если указан только номер места объекта в упорядочении (и больше **ничего**). Если нам сообщают только места, полученные спортсменами по результатам соревнований (но не сообщают результаты), то это - типичная ранжировка. Например, объявляют, что первые 3 места распределились следующим образом:

1. Иванов
2. Петров
3. Сидоров

Если указанные спортсмены - прыгуны в высоту, то, зная результаты каждого, можно было бы говорить *на сколько*, к примеру, Иванов прыгнул выше Петрова или Сидорова. Знание только мест (без результатов) дает нам право говорить, что Иванов лучше Петрова, но не дает нам возможности говорить "на сколько лучше". Места в ранжировке естественно называются "рангами". Ранг 1 принято присваивать наилучшему объекту. (Вспомним морское "капитан 1-го ранга"). Итак, в отличие от стратификации, здесь играет роль только **номер** "полочки", на которую кладут альтернативы. Один и тот же ранг может быть присвоен нескольким объектам. Тогда ранжировка называется *нестрогой*. Тогда как в *строгой* ранжировке каждому объекту присваивается уникальный номер ранга. В терминах спортивного примера, нестрогая ранжировка - это когда Петров и Сидоров делят второе место.

Мы рассмотрели в общих чертах основные понятия структуризации множества альтернатив. Вспомним теперь, что структура была нам нужна не сама по себе, а с целью выполнить ВЫБОР. Классификация здесь стоит особняком, поскольку для нее выбор сводится по сути к выбору определенного класса, к которому следует отнести альтернативу. Стратификация и ранжировка предоставляют нам более широкие возможности выбора. Но как выполнить структуризацию? Как найти структуру в изначально аморфном множестве альтернатив? Этим мы теперь и займемся. Методы структуризации - это по существу и есть сердцевина поддержки принятия решений.

Структурирование множества альтернатив с использованием критериев

В этом случае, исходная модель имеет вид следующей таблицы.

	k_1	k_2	...	k_m
a_1	x_{11}	x_{12}	...	x_{1m}
a_2	x_{21}	x_{22}
...
a_n	x_{n1}	x_{n2}	...	x_{nm}

Имена строк (желтый фон) представляют имена альтернатив, имена столбцов (голубой) - имена критериев. На пересечении i -й строки и j -го столбца записывается оценка x_{ij} альтернативы a_i по критерию k_j . Назовем такую форму представления модели выбора "критериальной таблицей".

Безусловно, эта модель широко известна большинству читателей. Ведь именно в такой форме публикуются многие "рейтинги", результаты сравнительного анализа и т.п. Читатель, привыкший иметь дело с критериальными таблицами, обычно сразу же припоминает нехитрый способ упорядочения альтернатив. В подавляющем большинстве случаев это – так называемая "линейная свертка" (взвешенная сумма) – любимый всеми народами и во все времена способ обработки критериальной таблицы. Суть его проста. Сначала некоторым образом выбираются весовые коэффициенты критериев. Обозначим их вектором (w_1, w_2, \dots, w_m) . Затем, для каждой альтернативы (каждой i -ой строки таблицы) рассчитывается следующая величина

$$s_i = x_{i1} w_1 + x_{i2} w_2 + \dots + x_{im} w_m \text{ (сумма берется для всех } j \text{ от } 1 \text{ до } m).$$

Наконец, принимается правило: чем больше значение s_i , тем лучше альтернатива a_i . Вот и все!

К сожалению, эта схема, не всегда дает верный результат! Неискушенного читателя это утверждение всегда приводит в недоумение. Следуют заявления типа того, что приведенная схема "соответствует здравому смыслу", или "отвечает интуитивному представлению о сравнительном качестве альтернатив" и т.п. Здесь мы сталкиваемся с типичной ситуацией, которая удачно выражается известной фразой "наука начинается там, где кончается здравый смысл". Увы, это так! В конце XX-го века математика достигла такого уровня абстрактности, что здравый смысл отступил на второй план. В одной из классических книг по методам ППР, а именно, в книге американских математиков Р.Л. Кини и Х. Райфа "Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения" (Москва, изд-во "Радио и связь", 1981) строго доказано, что линейная свертка корректна только тогда, когда все критерии попарно независимы по предпочтению. Что такое "зависимость" критериев, какие виды зависимости бывают, и что из этого следует – все это выходит за рамки нашего краткого введения.

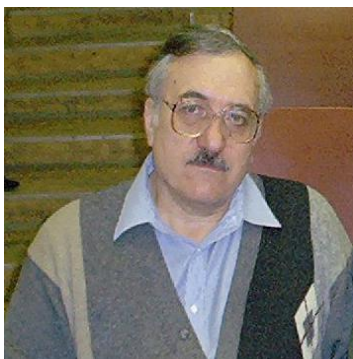
Идем дальше. Оказывается, линейная свертка основана на неявном постулате: "низкая оценка по одному критерию может быть компенсирована высокой оценкой по другому". Однако, этот постулат верен отнюдь не для всех моделей сравнительной оценки "качества". Простейший пример – ухудшение качества изображения телевизора не может быть компенсировано улучшением качества его звука.

Но и это еще не все. Серьезные проблемы связаны с критериями. Прежде всего, не всегда удается обосновать тот набор критериев, который необходим и достаточен для решения ЗПР. Может показаться, что набор критериев "естественно" возникает в каждой конкретной задаче. Но, увы, это далеко не так.

Еще сложнее обстоит дело с весами критериев. Можно даже сказать, что веса критериев – самое тонкое место в проблеме критериального упорядочения альтернатив. Чаще всего веса назначают, исходя из интуитивного представления о сравнительной важности критериев. Однако исследования показывают, что человек (эксперт, ЛПР) не способен непосредственно назначать критериям корректные численные веса. Более того, есть данные, (они еще не опубликованы) которые свидетельствуют о том, что человек не может корректно назначать веса даже на базе нечисловых шкал. Почему же люди так часто и так охотно манипулируют взвешенной суммой? По этому поводу не могу удержаться от искушения процитировать отрывок из великолепной книги Елены Сергеевны Вентцель "Исследование операций (задачи, принципы, методология)". В следующем отрывке веса критериев называются "коэффициентами", альтернативы – "решениями".

"Здесь мы встречаемся с очень типичным для подобных ситуаций приемом – "переносом произвола из одной инстанции в другую". Простой выбор компромиссного решения на основе мысленного сопоставления всех "за" и "против" каждого решения кажется слишком произвольным, недостаточно "научным". А вот маневрирование с формулой, включающей (пусть столь же произвольно назначенные) коэффициенты – совсем другое дело. Это уже "наука"! По существу же никакой науки тут нет, и нечего обманывать самих себя".

Книга была написана в конце 70-х годов. Интересно, что примерно в это же время зародился научный подход к проблеме весов критериев.



Его автор – замечательный математик Владислав Владимирович Подиновский. Он продолжает активно работать над обсуждаемой проблемой, совмещая научные изыскания с преподавательской деятельностью.

В цитированной книге Е.С.Вентцель есть ссылка на одну из ранних работ Подиновского, написанную им в соавторстве с В.М. Гавриловым: "Оптимизация по последовательно применяемым критериям", - Москва, "Советское радио", 1975. Любопытно, что анализ всего лишь одного подхода (последовательного рассмотрения упорядоченных по важности критериев) занял около 8 печатных листов! В дальнейшем, Подиновскому удалось дать строгое определение понятию "важность критерия" и опубликовать в этой области прикладной математики несколько монографий и множество статей. Владислав Владимирович по праву может считаться основоположником научного подхода к проблеме важности критериев. По сей день он остается признанным авторитетом №1 в мире по этой проблеме. Но вернемся к существу вопроса.

Если все так сложно, то как все же взяться за структурирование альтернатив, представленных в виде критериальной таблицы? Этим мы сейчас и займемся. Прежде всего, заметим, что в таблице могут оказаться альтернативы, которые имеют оценки по *всем* критериям хуже, чем другие альтернативы. Сразу ясно, что такие альтернативы неконкурентоспособны. Их можно смело вычеркивать из таблицы. После вычеркивания заведомо наихудших альтернатив, в таблице остаются только такие альтернативы, которые *хотя бы по одному критерию*, не хуже, чем другие. Множество таких альтернатив получило название "множество недоминируемых альтернатив", или "множество Парето".



Знакомьтесь - итальянский экономист и социолог Вильфредо Парето (1848 - 1923). Именно он первый обратил внимание на то обстоятельство, что начинать упорядочение многокритериальных альтернатив нужно с удаления явно худших.

С его именем связано еще одно математическое понятие. В статистике известна "диаграмма Парето". Это – гистограмма, упорядоченная по убыванию высоты "столбиков".

Парето – это фамилия (ударение на букве "е").

Итак, множество Парето мы получили. Что дальше? А дальше нужно все же задуматься о сравнительной важности (значимости) критериев. Прежде всего, критерии нужно попытаться *качественно* упорядочить по важности, т.е. упорядочить без назначения им весов. Сделать это можно, например, методом парных сравнений. Оказывается, что существуют методы структурирования альтернатив, построенные на использовании *только* информации о результатах попарного сравнения критериев по важности. Автор исторически одного из первых методов этого класса – все тот же В.В.Подиновский. Суть метода можно упрощенно пояснить на следующем примере. Пусть имеется 2 альтернативы и 2 критерия. И пусть задана критериальная таблица.

	k_1	k_2
a	x	y
b	z	t

Пусть, далее, известно, что критерий k_1 важнее критерия k_2 ($k_1 > k_2$). Тогда, если $y = t$ и $x > z$, то можно утверждать, что $a > b$. При этом не играет роли *насколько* x больше z . Обратим внимание на то, что для упорядочения альтернатив нам не понадобились веса критериев. Мы использовали только *качественную* информацию о сравнительной важности критериев. Заметим, что если $y < t$, то метод ничего не может сказать об относительной предпочтительности альтернатив. Это говорит о том, что метод является достаточно *грубым*. Если распространить описанную логику на таблицы произвольного размера – получим метод Подиновского. Он описан в статье "Многокритериальные задачи с упорядоченными по важности критериями" (журнал "Автоматика и телемеханика", №11, 1979 год). Несмотря на кажущуюся простоту, общее описание метода доступно только хорошо подготовленным математикам.

Самым известным, классическим методом упорядочения альтернатив на основе качественной информации о сравнительной важности критериев является метод, основанный на понятии "единая порядковая шкала" (ЕПШ). Для объяснения этого понятия возьмем школьный пример. Пусть ставится задача упорядочить учеников некоторого класса по оценкам, полученным ими только по двум предметам. Для определенности пусть этими предметами будут математика и физкультура. Задано также, что математика важнее физкультуры (да простят меня учителя физкультуры!). Решим задачу "в лоб", т.е. перечислим все возможные пары оценок и упорядочим их по убыванию предпочтительности. Две верхние строчки такого упорядочения построить легко. Это

Ранг	Математика	Физкультура
1	5	5
2	5	4

А дальше мы сразу наталкиваемся на проблему. Что лучше (5, 3) или (4, 5)? Со всей откровенностью приходится признаться, что ответ на это вопрос зависит от *произвола* лица, принимающего решение. Если для этого лица математика *значительно* важнее физкультуры, скорее всего, будет принято решение считать (5,3) более важным, чем (4,5). Тогда первые четыре строчки будут выглядеть так

Ранг	Математика	Физкультура
1	5	5
2	5	4
3	5	3
4	4	5

Продолжая в том же духе, можно достроить всю таблицу до конца. Она, естественно, завершится парой отметок (1,1). Таблица такого типа и называется "единой порядковой шкалой". Пользоваться ею – одно удовольствие! Сравнение любой пары учеников сводится к поиску в таблице соответствующих их оценкам строк. Тот, чья строка оказалась выше – считается лучше. Если все так замечательно, почему же ЕПШ не нашла широкого распространения? Ответ прост – она может быть построена только для небольшого числа критериев. Попробуйте построить ЕПШ хотя бы для 7 школьных предметов, и вы быстро убедитесь в справедливости указанного недостатка.

Итак, мы рассмотрели несколько способов упорядочения (структуризации) альтернатив без построения обобщенного критерия. Кстати, в теории принятия решений обобщенный критерий получил название "функция ценности" или "функция полезности". Линейная свертка – простейший пример функции полезности. Таких функций разработано достаточно много. Есть, например, мультипликативная свертка. Она используется в моделях, основанных на постулате: "низкая оценка хотя бы по одному критерию влечет за собой низкое значение функции полезности" (вспомните пример с телевизором!). Записывается такая свертка следующим образом

$$s_i = \prod x_{ij}^{w_j} \text{ (произведение берется для всех } j \text{ от } 1 \text{ до } m \text{).}$$

При этом, должны быть выполнены условия: $x_{ij} \in [0, 1]$ и сумма всех $w_j = 1$. (где w – вес критерия)

В теории многокритериального анализа метод структурирования множества альтернатив (с учетом весов критериев или без него) принято называть "решающим правилом". Разнообразие решающих правил очень велико. Мы познакомились только с самыми простыми из них. Даже беглое описание основных классов решающих правил выходит за рамки этого краткого введения. В заключение этого раздела для развлечения читателей приведу одно из самых замысловатых решающих правил. Оно родилось в недрах известной французской школы математиков, возглавляемой Б.Руа, получило название "Метод Электра" и на русском языке опубликовано в статье: Б.Руа "Классификация и выбор при наличии нескольких критериев" (в сборнике "Вопросы анализа и процедуры принятия решений", под редакцией И.Ф.Шахнова, М., изд. "Мир", 1976 г.). "Электра" относится к редкому классу методов, использующих численные веса критериев, но не использующих функцию полезности.

Рассмотрим следующую таблицу.

	$\Gamma^+(x > y)$	$\Gamma^-(x = y)$	$\Gamma(x < y)$
a	x	x	x
b	y	y	y

Пусть сравниваются две альтернативы **a** и **b**. Пусть все веса $\{w_1, w_2, \dots, w_m\}$ критериев есть положительные действительные числа и сумма этих чисел равна **W**. Разобьем все множество критериев на 3 группы. В первую группу (обозначим ее Γ^+) включим критерии, для которых **a** лучше **b**, т.е. оценки **a** больше оценок **b** ($x > y$). Во вторую группу (Γ), включим критерии, для которых справедливо $x=y$, наконец, в последнюю группу (Γ^-), включим критерии, для которых $x < y$. Отметим, что вопрос происхождения весов критериев лежит за рамками метода. Важно также, что группа Γ не пуста, иначе можно было бы сразу сделать вывод, что **a** > **b**. Введем величину, называемую "индекс согласия" (имеется в виду согласие с тем, что **a** > **b**) и определяемую как

$$c(\mathbf{a} > \mathbf{b}) = (1/W) \sum w_j, \text{ где сумма берется для всех критериев, входящих в группу } \Gamma^+$$

Вторую величину назовем "индекс несогласия" и определим как

$d(\mathbf{a} > \mathbf{b}) = (1/d_{\max}) \max (y_j - x_j)$ для всех j , принадлежащих весам, входящим в группу Γ . Здесь d_{\max} – максимальный размах шкалы оценок по критериям. Например, если оценки выставляются в разных шкалах и максимальная шкала имеет 10 градаций, то $d_{\max} = 10$. Заметим, что для группы Γ справедливо $y_j > x_j$ для всех j , поэтому разность $(y_j - x_j)$ всегда положительна.

Введем две константы: "порог согласия" **p** (величина, немногим меньшая 1), и "порог несогласия" **q** (величина, немногим большая нуля). И, наконец, определим, что будем считать альтернативу **a** предпочтительнее альтернативы **b** (**a** > **b**) тогда и только тогда, когда справедливо: $c(\mathbf{a} > \mathbf{b})$ больше или равно **p** и одновременно $d(\mathbf{a} > \mathbf{b})$ меньше или равно **q**. Содержательно это означает, что мы принимаем альтернативу **a** предпочтительнее альтернативы **b** в том и только в том случае, когда удельная сумма весов критериев, для которых (**a** > **b**) достаточно велика, а максимальное единичное превосходство второй альтернативы над первой достаточно мало. Пороги согласия и несогласия выбираются из содержательных соображений.

В дальнейшем, при детальном анализе метода "Электра", у него выявились некоторые недостатки. Группа Руа совершенствовала метод. Появились методы "Электра II" и "Электра III".

Аналитическая иерархическая процедура Саати

В начале 1970 года американский математик **Томас Саати** разработал процедуру поддержки принятия решений, которую назвал "Analytic hierarchy process" (АНП). Авторы русского издания перевели это название как "Метод анализа иерархий" (см. книгу: Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. - М.: Радио и Связь, 1993). Этот метод относится к классу критериальных и занимает особое место, благодаря тому, что он получил исключительно широкое распространение и активно применяется по сей день, особенно в США. По этой причине он заслуживает подробного описания в отдельном разделе. Не следует думать, что его выдающаяся популярность объясняется какими-либо важными преимуществами этого метода, по сравнению с другими. Я думаю, что здесь мы сталкиваемся с известным психологическим феноменом: продукт, появившийся первым и удачно удовлетворяющий определенную потребность, захватывает рынок. Более поздние продукты, зачастую более совершенные, часто оказываются неспособны вытеснить удачливого первенца.

На основе этого метода разработаны достаточно серьезные системы поддержки принятия решений, например "Expert choice"

Описание метода выполним на конкретном примере выбора автомобиля.

Альтернативы:

- Жигули
- Москвич
- Иж
- Волга

Критерии:

- стиль
- надежность
- ЭКОНОМИЯ ТОПЛИВА

В основе АНР все та же линейная свертка, но оценки альтернатив и веса критериев получаются особым образом. Его мы сейчас и рассмотрим.

В модели АНР вместо критериальной таблицы принята иерархия. Представим ее следующим образом:

Уровень 0 : Цель - выбрать автомобиль.

Уровень 1: Критерии -

- стиль
- надежность
- экономичность

Уровней может быть сколько угодно. Например, критерий 1-го уровня "надежность" можно раскрыть уровнем 2 как: 1) надежность двигателя, 2) надежность кузова, 3) надежность ходовой части. Надежность ходовой части можно далее раскрыть уровнем 3, например, как а) надежность тормозной системы, б) надежность подвески и т.д. Мы же, для простоты объяснения, ограничимся Уровнем 1.

Теперь нужно получить оценки каждой альтернативы по каждому критерию. Если существуют объективные оценки, то они просто выписываются и нормируются таким образом, чтобы их сумма была равна единице. Например, если бы нас интересовал критерий "максимальная скорость" и имелись бы соответствующие данные по каждому автомобилю, то нужно было бы составить следующую таблицу.

Альтернативы	Максимальная скорость (км/час)	Нормированное значение
Жигули	140	0,259
Москвич	130	0,241
Иж	120	0,222
Волга	150	0,278
<i>Сумма</i>		<i>1,000</i>

А как быть с таким критерием как "стиль", для которого не существует объективных оценок? В этом случае процедура Саати рекомендует использовать парные сравнения. Для фиксации результата сравнения пары альтернатив может использоваться, например, шкала следующего типа:

1	- равноценность
3	- умеренное превосходство
5	- сильное превосходство
7	- очень сильное превосходство
9	- высшее (крайнее) превосходство

Лицо, принимающее решение (ЛПР), просят попарно сравнить альтернативы. Результат парных сравнений альтернатив для критерия "стиль" записывается в виде таблицы

	Жигули	Москвич	Иж	Волга
Жигули	1/1	1/4	4/1	1/6
Москвич	4/1	1/1	4/1	1/4
Иж	1/4	1/4	1/1	1/5
Волга	6/1	4/1	5/1	1/1

Простые дроби в клетках трактуются следующим образом. Например, на пересечении строки "Москвич" и столбца "Жигули" записана дробь 4/1. Это выражает мнение ЛПР о том, что "стильность" Москвича" в 4 раза выше, чем "стильность" Жигулей. Здесь вместо приведенной выше шкалы превосходства использовалось понятие "быть лучше в N раз", что также допустимо. Далее простые дроби переводятся в десятичные. Получается такая таблица.

	Жигули	Москвич	Иж	Волга
Жигули	1,00	0,25	4,00	0,17
Москвич	4,00	1,00	4,00	0,25
Иж	0,25	0,25	1,00	0,20
Волга	6,00	4,00	5,00	1,00

Эта таблица есть не что иное, как таблица результатов парных сравнений (см. раздел "Некритериальное структурирование множества альтернатив"). Поступим с ней так же, как мы поступали в указанном разделе - посчитаем *строчные суммы*.

	Жигули	Москвич	Иж	Волга	Сумма по строке
Жигули	1,00	0,25	4,00	0,17	5,42
Москвич	4,00	1,00	4,00	0,25	9,25
Иж	0,25	0,25	1,00	0,20	1,70
Волга	6,00	4,00	5,00	1,00	16,00
				Сумма	32,37

Теперь, в отличие от прежнего, нормируем суммы таким образом, чтобы их сумма в свою очередь была равна 1. Для этого просто разделим сумму каждой строки на 32,37 (сумма последнего столбца, т.е. сумма самих строчных сумм). Получим:

	Жигули	Москвич	Иж	Волга	Сумма
Жигули	1,00	0,25	4,00	0,17	0,116
Москвич	4,00	1,00	4,00	0,25	0,247
Иж	0,25	0,25	1,00	0,20	0,060
Волга	6,00	4,00	5,00	1,00	0,577
				Сумма	1,00

В методе Саати полученные таким образом нормированные суммы принимаются в качестве *оценок альтернатив по критерию "стильность"*. Отметим, что полученные оценки отражают исключительно точку зрения конкретного ЛПР. На самом деле, вместо строчных сумм Саати рекомендует использовать *собственный вектор* матрицы парных сравнений, считая его более точной оценкой. Мы же для простоты ограничимся строчными суммами, которые допустимы, но, с точки зрения Саати, менее точны.

Аналогичным образом получают веса критериев. Предположим, конкретное ЛПР сравнило попарно критерии с точки зрения их сравнительной важности. Запишем результаты сравнений в виде таблицы.

	Стиль	Надежность	Экономичность
Стиль	1/1	1/2	3/1
Надежность	2/1	1/1	4/1
Экономичность	1/3	1/4	1/1

Как и прежде, утверждение типа "надежность в 2 раза важнее стиля" записывается в виде дроби 2/1.

Применяя к этой таблице описанную выше процедуру, получим веса критериев: $w_1 = 0,32$ (стиль), $w_2 = 0,56$ (надежность), $w_3 = 0,12$ (экономичность).

Таким образом, мы можем получить как веса критериев, так и оценки альтернатив по критериям:

	Стиль	Надежность	Экономичность
Жигули	0,116	0,379	0,301
Москвич	0,247	0,290	0,239
Иж	0,060	0,074	0,212
Волга	0,577	0,257	0,248

Далее, применяя линейную свертку (взвешенную сумму), получим следующие *интегральные оценки альтернатив (функция полезности)*:

Жигули – 0,306;
 Москвич – 0,272;
 Иж – 0,094;
 Волга – 0,328.

Затем производится анализ отношения стоимость/эффективность. Используется отношение полученной интегральной оценки к нормированной стоимости. Наилучшей считается альтернатива, для которой указанное отношение *максимально*.

В рамках нашего примера, сведем все необходимые данные в следующую таблицу:

	Стоимость в \$	Стоимость нормированная	Функция полезности	Отношение
Жигули	4 000	0,24	0,306	1,28
Москвич	3 000	0,18	0,272	1,51
Иж	2 500	0,15	0,094	0,63
Волга	7 000	0,43	0,328	0,76
Сумма	16 000	1,00	1,00	

Таким образом, учитывая предпочтения данного конкретного ЛПР, процедура АНР рекомендует ему выбрать Москвич.

Несколько заключительных замечаний

Как я уже отметил в начале этого раздела, исключительно широкий опыт практического использования АНР придал процедуре этакий магический ореол. Не смотря на это, я попробую, по возможности объективно, отметить ее достоинства и недостатки.

Главным достоинством процедуры я считаю тот факт, что веса критериев и оценки по субъективным критериям не назначаются прямым волевым методом (как чаще всего пытаются делать, не сильно задумываясь о корректности такого волюнтаризма), а на основе парных сравнений. При этом, на мой взгляд, остается неопределенным (интуитивным) понятие "превосходство в N раз", но все равно - это большой шаг вперед. Нельзя не отметить, что сравнительно недавно Подиновским сделана попытка точно определить, что означает *количественное* превосходство одного критерия над другим (см. журнал "Автоматика и телемеханика" №5 за 2000 год).

Другое достоинство - представление критериев в виде иерархии (дерева). Такая структура, если вдуматься, внутренне присуща самому понятию "критерий", т.е. критерии по своей природе иерархичны. Используя *одну* критериальную таблицу, мы по сути дела упрощаем ситуацию, выполняя оценку либо для верхних уровней дерева критериев, либо для самых нижних (как говорят математики "для листьев дерева"). Большой беды в этом нет, но при оценке сложных альтернатив полезнее мыслить в терминах дерева критериев.

Теперь о недостатках. Первый касается шкалы превосходства. Напомню, что Саати предлагает следующую шкалу:

- 1 - равноценность
- 3 - умеренное превосходство
- 5 - сильное превосходство
- 7 - очень сильное превосходство
- 9 - высшее (крайнее) превосходство

Теперь представим ситуацию, когда одновременно справедливы следующие 2 утверждения: а) "альтернатива А1 очень сильно превосходит альтернативу А2" и б) "альтернатива А2 очень сильно превосходит альтернативу А3". Что можно сказать о превосходстве альтернативы А1 над альтернативой А3? Логично было бы сделать заключение, что альтернатива А1 превосходит альтернативу А3 в 49 раз (7 умножить на 7)!? Но этот вывод явно не укладывается в рамки заданной шкалы. Как же быть? Процедура АНР не дает ответа на этот каверзный вопрос. Скорее всего, придется удовлетвориться утверждением типа: "альтернатива А1 имеет высшее превосходство над альтернативой А3" и в дальнейшем использовать градацию шкалы "9".

Основной недостаток, на мой взгляд, заключается в том, что парные сравнения используются для получения *количественных* значений. Серьезные исследования последнего десятилетия приводят к выводу, что корректнее и надежнее использовать

парные сравнения для получения *только качественных* заключений, типа: "критерий К1 важнее критерия К2", не уточняя *на сколько* важнее.

Тем не менее, можно рекомендовать процедуру АНР для использования, особенно непрофессионалами, с целью получить грубую оценку функции полезности, не придавая ей смысла "истины в последней инстанции".

Групповые решения

До сих пор можно было считать, что у нас есть один эксперт или один ЛПР. А что делать, если их несколько? Пусть, для примера, мы готовим предложения для одного ЛПР и хотим учесть мнение нескольких экспертов. Рассмотрим такой случай применительно к модели критериального выбора.

При групповой экспертизе наиболее типична следующая ситуация:

- у экспертов разные мнения по поводу *набора* критериев,
- у экспертов разные мнения о сравнительной значимости критериев,
- эксперты дают разные оценки альтернатив по критериям.

Можно сказать, что методы группового выбора позволяют структуризовать множество альтернатив в ситуации "разногласия" суждений экспертов. Для начала вспомним, как преодолевается разница мнений в обычной практике. На ум тут же приходит способ решения спорных вопросов методами голосования: консенсус (полное согласие), простое большинство, квалифицированное большинство. При всей хрестоматийности и широкой распространенности, эти методы имеют по меньшей мере один существенный недостаток. Они отбрасывают мнение меньшинства (кроме консенсуса, где изначальное меньшинство попросту сводится на нет путем убеждения). В методах поддержки принятия решений пытаются, по возможности, обрабатывать экспертные суждения без отбрасывания. Действительно, ведь мы имеем дело с экспертами, т.е. со специалистами высокой квалификации. Как же можно просто отбрасывать их мнения? Иногда к отбрасыванию все же прибегают, но – в редких случаях, например, в методах так называемой "борьбы с манипулированием", т.е. сознательным искажением экспертами своих оценок с целью лоббирования тех или иных альтернатив. Любители фигурного катания знают, что при выставлении оценки участнику соревнований крайние оценки судей отбрасываются, а оставшиеся усредняются. Это пример одного из простых методов борьбы с манипулированием.

Какие же методы применяются для решения проблем, обозначенных в начале этого раздела? При формировании набора критериев можно попросить каждого эксперта дать свое множество критериев, а затем объединить все множества в одно. Если есть жесткое ограничение по количеству критериев, то тут без отбрасывания не обойтись. Проще всего упорядочить критерии по частоте упоминания и "подвести черту" в том месте, которое удовлетворяет заданному ограничению.

Итак, набор критериев сформирован. Как получить их сравнительную значимость? Здесь хорош, например, метод построения компромиссной ранжировки. Каждый эксперт дает свою ранжировку критериев по важности. На основе индивидуальных ранжировок нужно построить обобщенную. Это можно сделать разными методами. Наиболее корректным (но и наиболее трудоемким) считается метод "медианы Кемени" (по имени автора – американского математика и экономиста, лауреата Нобелевской премии). Для нахождения медианы, прежде всего, нужно задать способ определения расстояния между ранжировками, как говорят математики "определить метрику в пространстве ранжировок".

После этого, нужно найти (построить) такую ранжировку, суммарное расстояние от которой до всех заданных экспертных ранжировок было бы минимально. Искомая ранжировка и будет медианой Кемени. Заметим, что тем самым мы получаем обобщенное мнение экспертов не отбрасывая ни одного мнения, поскольку при построении медианы существенно учитываются все индивидуальные ранжировки.

Теперь займемся оценками альтернатив по критериям. Эта часть текста, к сожалению, содержит математические категории и читателям-гуманитариям рекомендуется ее пропустить. Итак, первое, что приходит в голову – нужно взять среднее арифметическое оценок экспертов. К сожалению, все не так просто. Прежде всего, нужно задуматься о согласованности экспертных суждений. Действительно, если эксперты оценивают реальный объект, то их оценки не должны сильно расходиться. А если они все-таки существенно расходятся? Тогда, прежде всего, нельзя использовать среднее арифметическое, поскольку тогда мы получаем так называемую "среднюю температуру по больнице". Действительно, если сложить температуру всех высокотемпературных больных и температуру тел в морге, а потом поделить на общее количество замеров, то можно получить 36,6°. Свидетельствует ли это о том, что "в среднем" все находящиеся в больнице здоровы? Тем не менее, абсурдность усреднения оценок без предварительного анализа согласованности мало кто понимает. А как считать согласованность? Если распределение оценок близко к Гауссовому, можно использовать стандартное отклонение. Если нет, нужно использовать непараметрические методы расчета согласованности. А если согласованность все же оказалась низкой? В этом случае нужно пытаться выяснить причину расхождений и по возможности попытаться устранить ее. Часто причиной может быть отсутствие важной информации у некоторых экспертов. Иногда ситуация слишком неопределенна, "размыта". В некоторых случаях эксперты разбиваются на две устойчивые группы (ситуация разных научных школ, или ситуация "разработчики-эксплуатанты"). В этом случае также нельзя строить обобщенные оценки. Группы нужно уметь выявлять и обрабатывать отдельно. Таким образом, способ обработки оценок в каждом конкретном случае должен подбираться индивидуально и тщательно обосновываться.

Примеры практического применения описанных методов

Один из примеров связан с рационированием капитала. Под другим углом зрения его можно рассматривать как конкурс инвестиционных проектов. Пример можно почитать здесь.

Из практического опыта автора можно выделить следующие, наиболее интересные проекты:

ПРОЕКТ	ЗАКАЗЧИК	ПЕРИОД	МЕТОД
Рейтинг российских банков	Издательство "ИнфоАрт"	Октябрь, 1999	Некритериальное упорядочение методом неполных парных сравнений
Рейтинг провайдеров Интернет	Издательство "ИнфоАрт"	Март, 1999	Некритериальное упорядочение методом неполных парных сравнений
Методика рейтинга менеджеров информационных	Microsoft (Московское представительство), Агентство "Дейтор"	1998	Критериальное упорядочение. Веса критериев по Подиновскому.

систем предприятий			
Методика рейтинга компьютерных фирм России	Российский компьютерный Союз, Агентство "Дейтор"	1997	Критериальное упорядочение. Веса критериев по Подиновскому. Медиана Кемени. Оценка согласованности экспертов. Защита от манипулирования
Методика построения рейтинга надежности предприятий. (Совместно с Dun & Bradstreet и Ernst & Young)	Российский Центр приватизации	1996	Функция ценности аддитивного типа над деревом критериев.
Рейтинг приоритетов развития банка	Один из крупных банков Москвы	1996	Медиана Кемени.
Рейтинг проектов, претендующих на финансирование	Министерство топлива и энергетики РФ, Министерство промышленности РФ	1993 -1994	Метод рациионирования капитала.

Заключение

У читателей обычно возникает неизменный вопрос: почему методы поддержки принятия решений так мало применяются на практике? У меня есть своя точка зрения на эту проблему, которую я попытаюсь изложить. Прежде всего замечу, что слова "мало применяются" нужно уточнить. Где, когда и кем мало применяются? Например, в Америке есть огромная корпорация RAND, которая только и занимается тем, что выполняет проекты в области поддержки принятия решений. В России вообще консалтинг пока еще развит слабо, а такой специфический – и подавно. Я знаю это не понаслышке. С 1993 по 1997 годы я работал в московском представительстве компании "Ernst & Young" – одного из мировых лидеров в области консалтинга. С тех пор мало что изменилось, хотя робкие подвижки все же есть.

По моим представлениям, история с поддержкой принятия решений сильно напоминает историю медицины. На заре врачевания эскулапов считали, в основном, шарлатанами и предпочитали лечиться самостоятельно. Этот пережиток не полностью изжит и по сей день, если учесть масштабы вреда от самолечения. То же и с ПР. Психологический барьер менеджеров и ЛПР будет сдавать позиции даже медленнее, чем в случае с медициной, потому что *ничего не болит*. Т.е., на мой взгляд, НЕОЧЕВИДНОСТЬ ПОСЛЕДСТВИЙ является главным тормозом в продвижении ПР в практику. Действительно, методы поддержки принятия решений не гарантируют от ошибок, они

только позволяют *свести вероятность ошибки к минимуму*. Ошибка хирурга может привести к смерти пациента. Если ошибется архитектор – может рухнуть здание. Если ошибся конструктор самолета – аппарат может не взлететь. А если решение менеджера обошлось фирме в \$500 тыс., а могло обойтись в \$300, то этого, чаще всего, никто не заметит! Почему? Да потому, что выйти на сумму 300 можно было бы в том случае, если бы менеджер изначально по другому готовил решение, а ведь время назад не повернешь! Сравнить не с чем! Нельзя же каждое решение принимать и выполнять в разных вариантах!

Тут есть еще загвоздка. Все принимаемые решения можно условно разделить на *повторяющиеся* и *уникальные*. Как изучать и оптимизировать повторяющиеся решения – давно известно. Методы поддержки принятия решений, обсуждаемые в этом введении, как раз и рассчитаны на помощь в принятии уникальных решений. А любой успешный современный менеджер априори считает, что именно в этой области ничто не заменит его опыт и интуицию. Это устойчивое заблуждение многократно и успешно опровергалось. Один из последних примеров. Специалисты по методам ПР из Голландии как-то проанализировали большой массив известных важных решений в области дипломатии и смоделировали последствия для тех случаев, если бы решение принималось с использованием методов поддержки ПР. Выяснилось, что 70% принятых решений оказались существенно хуже, чем могли бы быть.

Американские консультанты, которые наиболее продвинуты в этой области, дают такую оценку: один доллар, вложенный в поддержку ПР, приносит в среднем 3 доллара прибыли. Это – в сравнительно устойчивой и предсказуемой экономике. В условиях же современной России, без риска сильно ошибиться, можно увеличить этот коэффициент в 2 – 3 раза.



О проблемах восприятия современными менеджерами методов поддержки принятия решений и сопутствующих им мифах хорошо написал один из основоположников развития науки о принятии решений в России Олег Иванович Ларичев. С его мнением можно познакомиться [здесь](#)

Если после чтения этого материала, хотя бы один из действующих или будущих ЛПР решит использовать методы ПР в своей практике – я буду считать, что старался не зря.

Популярная литература:

1. Ларичев О.И. Наука и искусство принятия решений. – М.: Наука, 1979.
2. Емельянов С.В., Ларичев О.И. Многокритериальные методы принятия решений.- М.: Знание, 1985
3. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. - М.: Логос, 2000

(рекомендовано Министерством образования РФ в качестве учебника для студентов ВУЗ'ов).

Литература для профессионалов:

1. Белкин А.Р., Левин М.Ш. Принятие решений: комбинаторные модели аппроксимации информации. - М.: Наука, 1990
2. Литвак Б.Г. Экспертная информация: методы получения и анализа. - М.: Радио и связь, 1981
3. Кини Р.Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. - М.: Радио и связь, 1981.
4. Миркин Б.Г. Проблема группового выбора.- М.: Наука, 1974.
5. Гафт М.Г. Принятие решений при многих критериях.- М.: Знание, 1979.
6. Гафт М.Г., Подиновский В.В. О построении решающих правил в задачах принятия решений. - Автоматика и телемеханика, №6, 1981.
7. Подиновский В.В. Многокритериальные задачи с упорядоченными по важности критериями. - Автоматика и телемеханика, 1976, №11.
8. Ларичев О.И., Мошкович Е.М. Качественные методы принятия решений. - М.: Физматлит, 1996.
9. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. - М.: Радио и Связь, 1993.
10. Подиновский В.В. Количественная важность критериев. Автоматика и телемеханика, №5, 2000 г.