

Лекция 1.

Анализ задач и методов принятия решений (ПР).

Введение

Как принять правильное решение? Этот вечный вопрос мы задаём себе на протяжении всей жизни. И как часто принимаем решения в лучшем случае на основе интуиции, а зачастую просто «тыча пальцем в небо».

Хорошо известно, что методами рационального осмысления сложных проблем владеют лишь немногие «самородки», которые и преуспевают в жизни. Но как же быть остальным? Ведь решения надо принимать каждый день! А если задача очень сложна, многогранна, информационно неполна, то здесь на одной интуиции далеко не уедешь.

Как сделать процесс принятия решения комфортным, технологичным, а самое главное, эффективным, если Вы – руководитель предприятия, или аналитик, или просто человек, который львиную долю своего времени должен тратить на это?

В настоящее время существует множество информационных технологий, позволяющих предельно облегчить жизнь и помочь в решении проблем, связанных с процессами принятия решений в различных предметных областях.

Процессы принятия решений в различных сферах деятельности во многом аналогичны. Поэтому необходим универсальный метод поддержки принятия решений, соответствующий естественному ходу человеческого мышления.

Под принятием решений понимается особый процесс человеческой деятельности, направленный на выбор наилучшего варианта действий.

Слова «принятие решений» в настоящее время используются очень широко. Говорят, что наилучший вариант решения может быть получен путем математических расчетов, и есть случаи, когда это возможно. Говорят о компьютерах или роботах, принимающих решения, и это тоже имеет место.

Как в жизни отдельного человека, так и в повседневной деятельности организаций принятие решений является важнейшим этапом, который определяет их будущее. Человек выбирает профессию, друзей, партнера по браку, работу, дом и многое другое, причем история его жизни есть последовательность удачных или неудачных решений.

В процессе принятия решений люди могут играть разные роли. Будем называть человека, фактически осуществляющего выбор наилучшего варианта действий, лицом, принимающим решения (ЛПР).

Часто экономические, медицинские, политические, социальные, управленческие проблемы имеют несколько вариантов решений. Зачастую, выбирая одно решение из множества возможных, лицо, принимающее решение, руководствуется только интуитивными представлениями. Вследствие этого принятие решения имеет неопределенный характер, что сказывается на качестве принимаемых решений.

С целью придания ясности процесс подготовки принятия решения на всех этапах сопровождается количественным выражением таких категорий как «предпочтительность», «важность», «желательность» и т.п.

Постановка задачи ПР (ЗПР).

Задачи принятия решения можно рассмотреть следующим образом.

Пусть имеются:

- несколько однотипных альтернатив (объектов, действий и т.п.);
- главный критерий (главная цель) сравнения альтернатив;
- несколько групп однотипных факторов (частных критериев, объектов, действий и т.п.), влияющих известным образом на отбор альтернатив.

Требуется каждой альтернативе поставить в соответствие приоритет (число) – получить рейтинг альтернатив. Причем чем более предпочтительна альтернатива по избранному критерию, тем больше ее приоритет.

Принятие решений основывается на величинах приоритетов.

Выбирая одно решение из множества возможных, лицо, принимающее решение, руководствуется только интуитивными представлениями. Эти представления могут быть непродуманными в деталях (на вопрос «почему?» далеко не всегда может четко ответить даже тот, кто принял решение). Для других людей мотивы принятия решения могут быть и вовсе неясными. Поэтому с целью придания ясности следует найти численную меру для определения того, насколько каждое из решений является подходящим.

Мы будем строить метод принятия решения так, чтобы на всех этапах его реализация сопровождалась количественным выражением таких категорий как «предпочтительность», «важность», «желательность» и т.п.

Пример.

Руководителю фирмы требуется решить, какую программу для управления предприятием следует приобрести. Альтернативы – предлагаемые на рынке программы: «1С Предприятие», «Гольфстрим», «Infor ERP LN», «программа, изготовленная на заказ» и др.

Главная цель – выбор наилучшей программы для управления предприятием. Факторы, определяющие выбор, – параметры программы: стоимость, защищенность информации, гибкость настройки, расширяемость, нетребовательность к ресурсам и др.

Составляется рейтинг программ.

Принимается решение – купить программу, которая стоит первой в рейтинге.

Задача принятия решения имеет две главные разновидности:

1. **задача выбора** (выбрать или отвергнуть несколько вариантов из группы возможных),
2. **задача распределения ресурсов** (каждый из рассматриваемых вариантов учитывается в соответствии с его приоритетом).

Огромное множество задач сводится к задаче принятия решения в приведенной здесь формулировке (хотя мы порой этого и не подозреваем). Заметим, что у реального процесса принятия решения имеются сопутствующие проблемы, которые успешно решаются с помощью метода анализа иерархий.

Альтернативы

Варианты действий принято называть альтернативами. Альтернативы – неотъемлемая часть проблемы принятия решений: если не из чего выбирать, то нет и выбора. Следовательно, для постановки задачи принятия решений необходимо иметь хотя бы две альтернативы. Альтернативы бывают независимыми и зависимыми. Независимыми являются те альтернативы, любые действия с

которыми (удаление из рассмотрения, выделение в качестве единственно лучшей) не влияют на качество других альтернатив. При зависимых альтернативах оценки одних из них оказывают влияние на качество других. Имеются различные типы зависимости альтернатив. Наиболее простым и очевидным является непосредственная групповая зависимость: если решение рассматривать хотя бы одну альтернативу из группы, то надо рассматривать и всю группу.

Задачи принятия решений существенно различаются также в зависимости от наличия альтернатив на момент выработки политики и принятия решений. Встречаются задачи, когда все альтернативы уже заданы, уже определены, и необходимо лишь выбрать лучшие из этого множества. Например, мы можем искать наиболее эффективную фирму из уже имеющихся, определять лучший университет, лучшую из построенных яхт и т.д. Особенностью этих задач является замкнутое, нерасширяющееся множество альтернатив. Но существует множество задач другого типа, где все альтернативы или их значительная часть появляются после принятия основных решений. Например, необходимо разработать правило открытия кредитов в банке для организаций или частных лиц. Здесь альтернативы (конкретные организации или лица) принципиально появляются лишь после выработки и оглашения правил. Когда альтернатив много (сотни и тысячи), внимание ЛПР не может сосредоточиться на каждой из них. В таких ситуациях возрастает необходимость в четких правилах выбора, в процедурах использования экспертов, в разработке совокупности правил, позволяющих проводить в жизнь непротиворечивую и последовательную политику. Во всем этом существует потребность и тогда, когда число альтернатив невелико (до 20). В таких задачах, как, например, выбор плана политической кампании, выбор трассы газопровода, выбор плана развития города, основных альтернатив, с рассмотрения которых начинается выбор, сравнительно немного. Но они не являются единственно возможными. Часто на их основе в процессе выбора возникают новые альтернативы. Первичные, основные альтернативы не всегда удовлетворяют участников процесса выбора. Однако они помогают им понять, чего конкретно не хватает, что реализуемо при данной ситуации, а что нет. Этот класс задач можно назвать задачами с конструируемыми альтернативами.

Критерии

Варианты решений характеризуются различными показателями их привлекательности для ЛПР. Эти показатели называют признаками, факторами, атрибутами или критериями. Будем называть критериями оценки альтернатив показатели их привлекательности (или непривлекательности) для участников процесса выбора. В профессиональной деятельности выбор критериев часто определяется многолетней практикой, опытом. В подавляющем большинстве задач выбора имеется достаточно много критериев оценок вариантов решений. Эти критерии могут быть независимыми или зависимыми. Зависимыми называются те критерии, при которых оценка альтернативы по одному из них определяет (однозначно либо с большой степенью вероятности) оценку по другому критерию. Так, мы можем ожидать, что высококачественная элитная квартира является, как правило, другой. Зависимость между критериями приводит к появлению целостных образов альтернатив, которые имеют для каждого из участников процесса выбора определенное смысловое содержание. На сложность задач принятия решений влияет также количество критериев. При небольшом числе

критериев (два-три) задача сравнения двух альтернатив достаточно проста и прозрачна, качества по критериям могут быть непосредственно сопоставлены и выработан компромисс. При большом числе критериев задача становится малообозримой. К счастью, при большом количестве критериев они обычно могут быть объединены в группы, имеющие конкретное смысловое значение и название. Основанием для естественной группировки критериев является возможность выделить плюсы и минусы альтернатив, их достоинства и недостатки (например, стоимость и эффективность). Такие группы, как правило, независимы. Выявление структуры на множестве критериев делает процесс принятия решений значительно более осмысленным и эффективным.

Оценки по критериям

Использование критериев для оценки альтернатив требует определения градаций качества: лучших, худших и промежуточных оценок. Иначе говоря, существуют шкалы оценок по критериям. В принятии решений принято различать шкалы непрерывных и дискретных оценок, шкалы количественных и качественных оценок. Так, для критерия «стоимость» может быть использована непрерывная количественная шкала оценок (в денежных единицах). Для критерия «наличие дачи» может быть качественная двоичная шкала: есть либо нет. Кроме категорий «качественные - количественные», «непрерывные - дискретные» в принятии решений различают следующие типы шкал.

1. Шкала порядка — оценки упорядочены по возрастанию или убыванию качества. Примером может служить шкала экологической чистоты района около места жительства:

- очень чистый район;
- вполне удовлетворительный по чистоте;
- экологическое загрязнение велико.

2. Шкала равных интервалов - интервальная шкала. Для этой шкалы имеются равные расстояния по изменению качества между оценками. Например, шкала дополнительной прибыли для предпринимателя может быть следующей: 1 млн, 2 млн, 3 млн и т.д. Для интервальной шкалы характерно, что начало отсчета выбирается произвольно, так же как и шаг (расстояние между оценками) шкалы.

3. Шкала пропорциональных оценок - идеальная шкала. Примером является шкала оценок по критерию стоимости, отсчет в которой начинается с установленного значения (например, с нулевой стоимости).

В принятии решений чаще всего используются порядковые шкалы и шкалы пропорциональных оценок.

Процесс принятия решений

Не следует думать, что принятие решений есть одномоментный акт. Очень часто это достаточно длинный и мучительный процесс. Можно выделить в нем три этапа: поиск информации, поиск и нахождение альтернатив и выбор лучшей альтернативы.

На первом этапе собирается вся доступная на момент принятия решения информация: фактические данные, мнение экспертов. Там, где это возможно, строятся математические модели; проводятся социологические опросы; определяются взгляды на проблему со стороны активных групп, влияющих на ее решение. Второй этап связан с определением того, что можно, а что нельзя делать

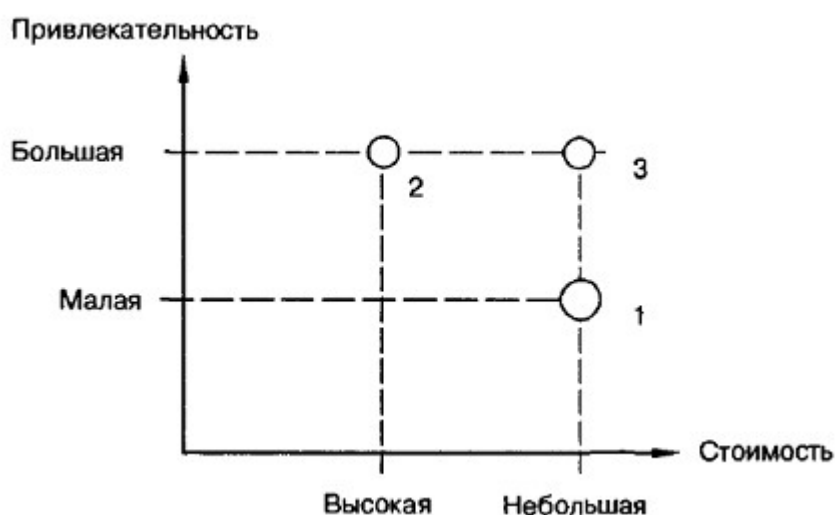
в имеющейся ситуации, т. е. с определением вариантов решений (альтернатив). И уже третий этап включает в себя сравнение альтернатив и выбор наилучшего варианта (или вариантов) решения.

Множество Эджворта-Парето

Введем следующее определение. Назовем альтернативу А доминирующей по отношению к альтернативе В, если по всем критериям оценки альтернативы А не хуже, чем альтернативы В, а хотя бы по одному критерию оценка А лучше. При этом альтернатива В называется доминируемой.

Таблица 1. Оценка альтернатив

Альтернатива	Критерий	
	Стоимость	Привлекательность
Альтернатива 1	Небольшая	Малая
Альтернатива 2	Высокая	Большая
Альтернатива 3	Небольшая	Большая



По одному из критериев лучше альтернатива 2, по другому - альтернатива 1.

Введем следующее определение: альтернативы относятся к множеству Эджворта-Парето (Э-П), если каждая из них превосходит любую другую по какому-то из критериев. Множество Эджворта-Парето названо так по именам ученых, впервые обративших внимание на альтернативы, не уступающие друг другу по критериальным оценкам, т. е. на альтернативы, не находящиеся в отношении доминирования. Альтернативы, принадлежащие множеству Э-П, принято называть несравнимыми. Их действительно невозможно сравнить непосредственно на основе критериальных оценок. Но если решение должно быть принято, то сравнение альтернатив, принадлежащих множеству Э-П, возможно на основе дополнительной информации.

Такое сравнение является основным для упомянутого выше третьего этапа процесса принятия решений. Нетрудно убедиться, что множество Э-П включает в себя наиболее «контрастные» альтернативы, сложные для сравнения. Если стоит задача выбора одной лучшей альтернативы, то она обязательно принадлежит множеству Э-П. Поэтому во многих методах принятия решений очень важен этап выделения множества Э-П из всего множества заданных альтернатив. Один из возможных способов решения этой задачи состоит в попарном сравнении

альтернатив и исключении доминируемых. Задача выделения множества Э-П обычно рассматривается как предварительная. За ней следует наиболее существенный этап принятия решений.

Типовые задачи принятия решений

В современной науке о принятии решений центральное место занимают многокритериальные задачи выбора. Считается, что учет многих критериев приближает постановку задачи к реальной жизни. Традиционно принято различать три основные задачи принятия решений.

1. Упорядочение альтернатив. Для ряда задач представляется вполне обоснованным требование определить порядок на множестве альтернатив. Так, члены семьи упорядочивают по степени необходимости будущие покупки, руководители фирм упорядочивают по прибыльности объекты капиталовложений и т.д. В общем случае требование упорядочения альтернатив означает определение относительной ценности каждой из альтернатив.

2. Распределение альтернатив по классам решений. Такие задачи часто встречаются в повседневной жизни. Так, при покупке квартиры или дома, при обмене квартиры люди обычно делят альтернативы на две группы: заслуживающие и не заслуживающие более подробного изучения, требующего затрат сил и средств. Группы товаров различаются по качеству. Абитуриент делит на группы вузы, в которые он стремится поступить. Точно так же люди часто выделяют для себя группы книг (по привлекательности для чтения), туристские маршруты и т.д.

3. Выделение лучшей альтернативы. Эта задача традиционно считалась одной из основных в принятии решений. Она часто встречается на практике. Выбор одного предмета при покупке, выбор места работы, выбор проекта сложного технического устройства — эти примеры хорошо знакомы. Кроме того, такие задачи распространены в мире политических решений, где альтернатив сравнительно немного, но они достаточно сложны для изучения и сравнения. Например, необходим лучший вариант организации обмена денег, лучший вариант проведения земельной реформы и т.д. Заметим, что особенностью многих задач принятия политических решений является конструирование новых альтернатив в процессе решения проблем.

Выводы

1. Принятие решений - это специфический, жизненно важный процесс человеческой деятельности, направленный на выбор наилучшего варианта действий.

2. В принятии решений принято различать следующие персональные позиции людей:

- лицо, принимающее решения (ЛПР);
- владелец проблемы;
- участник активной группы;
- избиратель;
- член группы, принимающей согласованные решения;
- эксперт;
- консультант по принятию решений;
- помощник ЛПР.

3. Варианты действий принято называть альтернативами; показатели

привлекательности альтернатив называют критериями. Уровень привлекательности определяется оценкой по критерию.

4. В процессе принятия решений выделяют три этапа, поиск информации, поиск альтернатив, выбор лучшей (или лучших) альтернатив.

5. Альтернативы, недоминируемые другими, принадлежат множеству Эджворта - Парето.

6. Традиционно принято выделять следующие задачи принятия решений:

- упорядочение альтернатив, имеющих оценки по многим критериям;
- классификация многокритериальных альтернатив;
- выделение лучшей альтернативы.

Метод анализа иерархий.

Метод анализа иерархий – методологическая основа для решения задач выбора альтернатив посредством их многокритериального рейтингования. Метод анализа иерархий создан американским ученым Т. Саати и вырос в настоящее время в обширный междисциплинарный раздел науки, имеющий строгие математические и психологические обоснования и многочисленные приложения.

Основное применение метода – поддержка принятия решений посредством иерархической композиции задачи и рейтингования альтернативных решений. Имея в виду это обстоятельство, перечислим возможности метода.

1) Метод позволяет провести анализ проблемы. При этом проблема принятия решения представляется в виде иерархически упорядоченных:

- главной цели (главного критерия) рейтингования возможных решений,
- нескольких групп однотипных факторов, так или иначе влияющих на рейтинг,
- группы возможных решений,
- системы связей, указывающих на взаимное влияние факторов и решений.

2) Метод позволяет провести сбор данных по проблеме.

В соответствии с результатами иерархической декомпозиции модель ситуации принятия решения имеет кластерную структуру. Набор возможных решений и все факторы, влияющие на приоритеты решений, разбиваются на относительно небольшие группы – кластеры. Разработанная в методе анализа иерархий процедура парных сравнений позволяет определить приоритеты объектов, входящих в каждый кластер. Для этого используется метод собственного вектора. Итак, сложная проблема сбора данных разбивается на ряд более простых, решаемых для кластеров.

3) Метод позволяет оценить противоречивость данных и минимизировать ее.

С этой целью в методе анализа иерархий разработаны процедуры согласования. В частности, имеется возможность определять наиболее противоречивые данные, что позволяет выявить наименее ясные участки проблемы и организовать более тщательное выборочное обдумывание проблемы.

Метод позволяет провести синтез проблемы принятия решения.

После того, как проведен анализ проблемы и собраны данные по всем кластерам, по специальному алгоритму рассчитывается итоговый рейтинг - набор приоритетов альтернативных решений. Свойства этого рейтинга позволяют

осуществлять поддержку принятия решений. Например, принимается решение с наибольшим приоритетом. Кроме того, метод позволяет построить рейтинги для групп факторов, что позволяет оценивать важность каждого фактора.

5) Метод позволяет организовать обсуждение проблемы, способствует достижению консенсуса.

Мнения, возникающие при обсуждении проблемы принятия решения, сами могут в данной ситуации рассматриваться в качестве возможных решений. Поэтому метод анализа иерархии можно применить для определения важности учета мнения каждого участника обсуждения.

6) Метод позволяет оценить важность учета каждого решения и важность учета каждого фактора, влияющего на приоритеты решений.

Величина приоритета напрямую связана с оптимальностью решения. Поэтому решения с низкими приоритетами отвергаются как несущественные. Метод позволяет оценивать приоритеты факторов. Поэтому, если при исключении некоторого фактора приоритеты решений изменяются незначительно, такой фактор можно считать несущественным для рассматриваемой задачи.

7) Метод позволяет оценить устойчивость принимаемого решения.

Принимаемое решение можно считать обоснованным лишь при условии, что неточность данных или неточность структуры модели ситуации принятия решения не влияют существенно на рейтинг альтернативных решений.

Преимущества и недостатки метода

В рамках метода анализа иерархий нет общих правил для формирования структуры модели принятия решения. Это является отражением реальной ситуации принятия решения, поскольку всегда для одной и той же проблемы имеется целый спектр мнений. Метод позволяет учесть это обстоятельство с помощью построения дополнительной модели для согласования различных мнений, посредством определения их приоритетов. Таким образом, метод позволяет учитывать «человеческий фактор» при подготовке принятия решения. Это одно из важных достоинств данного метода перед другими методами принятия решений.

Формирование структуры модели принятия решения в методе анализа иерархий достаточно трудоемкий процесс. Однако в итоге удастся получить детальное представление о том, как именно взаимодействуют факторы, влияющие на приоритеты альтернативных решений, и сами решения. Как именно формируются рейтинги возможных решений и рейтинги, отражающие важность факторов. Процедуры расчетов рейтингов в методе анализа иерархий достаточно просты (он не похож на «черный ящик»), что выгодно отличает данный метод от других методов принятия решений.

Сбор данных для поддержки принятия решения осуществляется главным образом с помощью процедуры парных сравнений. Результаты парных сравнений могут быть противоречивыми. (Метод предоставляет большие возможности для выявления противоречий в данных.) При этом возникает необходимость пересмотра данных для минимизации противоречий. Процедура парных сравнений и процесс пересмотра результатов сравнений для минимизации противоречий часто являются трудоемкими. Однако в итоге лицо, принимающее решение, приобретает уверенность, что используемые данные являются вполне осмысленными.

В рамках метода анализа иерархий нет средств для проверки достоверности данных. Это важный недостаток, ограничивающий отчасти возможности применения метода. Однако метод применяется главным образом в тех случаях, когда в принципе не может быть объективных данных, а ведущими мотивами для принятия решения являются предпочтения людей. При этом процедура парных сравнений для сбора данных практически не имеет достойных альтернатив. Если сбор данных проведен с помощью опытных экспертов и в данных нет существенных противоречий, то качество таких данных признается удовлетворительным.

Схема применения метода совершенно не зависит от сферы деятельности, в которой принимается решение. Поэтому метод является универсальным, его применение позволяет организовать систему поддержки принятия решений.

Работа по подготовке принятия решений часто является слишком трудоемкой для одного человека. Модель, составленная с помощью метода анализа иерархий, всегда имеет кластерную структуру. Применение метода позволяет разбить большую задачу, на ряд малых самостоятельных задач. Благодаря этому для подготовки принятия решения можно привлечь экспертов, работающих независимо друг от друга над локальными задачами. Эксперты могут не знать ничего о характере принимаемого решения, что отчасти способствует сохранению. В частности, благодаря этому удастся сохранить в тайне информацию о подготовке решения.

Метод дает только способ рейтингования альтернатив, но не имеет внутренних средств для интерпретации рейтингов, т.е. считается, что человек, принимающий решение, зная рейтинг возможных решений, должен в зависимости от ситуации сам сделать вывод.) Это следует признать недостатком метода.

Данный метод может служить надстройкой для других методов, призванных решать плохо формализованные задачи, где более адекватно подходят человеческие опыт и интуиция, нежели сложные математические расчеты. Метод дает удобные средства учета экспертной информации для решения различных задач.

Метод отражает естественный ход человеческого мышления и дает более общий подход, чем метод логических цепей. Он дает не только способ выявления наиболее предпочтительного решения, но и позволяет количественно выразить степень предпочтительности посредством рейтингования. Это способствует полному и адекватному выявлению предпочтений лица, принимающего решение. Кроме того, оценка меры противоречивости использованных данных позволяет установить степень доверия к полученному результату.

Структура модели принятия решения в методе анализа иерархий представляет собой схему (граф), которая включает:

- 1) набор альтернативных решений,
- 2) главный критерий рейтингования решений,
- 3) набор групп однотипных факторов, влияющих на рейтинг,
- 4) множество направленных связей, указывающих на влияния решений, критерия и факторов друг на друга.

Структура модели отражает результат анализа ситуации принятия решения.

Для вычисления приоритетов альтернативных решений к структуре необходимо добавить информацию о силе влияний решений, критерия и факторов друг на друга.

После того как сформирована структура и собраны все данные, модель принятия решения готова, т.е. в ней могут быть получены рейтинги приоритетов решений и факторов. Знание приоритетов используется для поддержки принятия решения.

Структуры

1) Узел – общее название для всех возможных решений (альтернатив), главного критерия (главной цели) рейтингования решений, всех факторов, от которых, так или иначе, зависит рейтинг. Название узла совпадает с названием соответствующего решения, критерия или фактора. Заметим, что с математической точки зрения схема ситуации принятия решения (структура модели), которая строится в методе анализа иерархий, является графом. Таким образом, понятие «узел» вполне оправдано. Ясно также, что решения, критерий и факторы являются «узлами» проблемы принятия решения.

2) Уровень – группа всех однотипных (равноправных, однородных, гомогенных и т.п.) узлов. Название уровня отражает назначения, функцию группы узлов в ситуации принятия решения. Каждый узел определяется не только своим названием, но и названием уровня, которому он принадлежит. Ясно, что отдельный уровень образуют альтернативные решения (узлы этого уровня однотипны в том смысле, что они являются решениями; прочие узлы таковыми не являются). Главный критерий рейтингования, как правило, один – это отдельный уровень. На рейтинг оказывают влияние несколько групп факторов – это также уровни.

3) Вершина – узел, соответствующий главному критерию (главной цели) отбора альтернатив.

4) Связь – указание на наличие влияния одного узла (доминирующего) на другой (подчиненный).

На схеме связь изображается стрелкой. Направление связи (и соответствующей стрелки) совпадает с направлением влияния. С точки зрения теории графов связь – дуга направленного графа. Связь от узла-фактора к узлу-решению означает, что предпочтительность (важность, оптимальность) решения оценивается с точки зрения воздействия данного фактора. Связь от вершины к узлу-фактору означает, что важность учета фактора оценивается с точки зрения главного критерия рейтингования альтернатив. Связь от узла-фактора к узлу-фактору означает, что важность учета второго фактора рассматривается с точки зрения первого фактора.

5) Кластер – группа узлов одного уровня, подчиненных некоторому узлу другого уровня – вершине кластера (доминирующему узлу). Кластеры образуются при расстановке связей между узлами, т.е. при расстановке связей происходит формирование кластерной структуры. Важность узлов кластера друг относительно друга оценивается в соответствии с тем, какой узел является вершиной кластера.

Кластер определяется:

- 1) своей вершиной,
- 2) названием уровня,
- 3) списком узлов.

6) Система (структура модели, схема ситуации принятия решения) –

совокупность всех узлов, сгруппированных по уровням, и всех связей между узлами. С математической точки зрения системы, которыми приходится оперировать в методе анализа иерархий, являются – направленными графами (сетями). Связи образуют пути, ведущие от одних узлов к другим. Все пути так или иначе являются частями основных путей, ведущих от главного критерия рейтингования через факторы к альтернативам, т.е. основные пути, по сути, являются логическими цепочками, ведущими к выбору одной из альтернатив. Эта система является иерархической (но не является строгой иерархией).

Попутно заметим, что даже для простых задач структуры моделей, строящихся с помощью метода анализа иерархий, представляют собой довольно сложные схемы. Однако это свидетельствует лишь о том, что метод позволяет вскрыть реальную сложность задач, которые человеку приходится решать мысленно.

Название системы отражает ее назначение, принадлежность к сфере деятельности, в которой принимается решение.

7) Иерархия – система, в которой уровни расположены и пронумерованы так, что:

- 1) нижний уровень содержит рейтингуемые альтернативы,
- 2) узлы уровней с большими номерами могут доминировать только над узлами уровней с меньшими номерами. Таким образом, в иерархии связи определяют пути одной направленности - от вершины к альтернативам через промежуточные уровни, которые состоят из узлов-факторов. Система представляет собой строгую иерархию, если допустимы связи только между соседними уровнями от верхнего уровня к нижнему.

8) Система с обратными связями. Система имеет обратные связи, если при любом способе нумерации уровней в системе есть узлы, доминирующие и над узлами уровней с большими номерами, и над узлами уровней с меньшими номерами, т.е. система имеет обратные связи, если ни при каких перестановках уровней она не сводится к иерархии. Кроме того, понять различия в структуре иерархии и системы с обратными связями можно, рассматривая пути, образованные связями. Если в системе нет ни одного такого уровня, что по путям, начинающимся в узлах этого уровня, можно попасть в узлы того же уровня, то система является иерархией, т.е. в иерархии любой путь может пересекаться с каждым уровнем лишь однажды. Если в системе имеются такие уровни, что по пути, начинающемуся в одном из узлов этого уровня, можно попасть в один из узлов того же уровня, то система имеет обратные связи. Т.е. в системе с обратными связями обязательно есть пути, пересекающие некоторые уровни хотя бы дважды.

Формирование структуры без обратных связей (иерархии) и формирование структуры с обратными связями производятся по определенным правилам.

Данные

1) Приоритет узла в кластере – положительное число, служащее для количественного выражения важности (веса, значимости, предпочтительности и т.п.) данного узла в кластере относительно остальных узлов кластера в соответствии с критерием, заключенным в вершине кластера. Сумма всех приоритетов узлов кластера равна единице. Поэтому часто приоритеты можно трактовать как вероятности, доли общего ресурса и т.п. в зависимости от рассматриваемого случая.

Часто трудно непосредственно определить набор приоритетов (вектор приоритетов) узлов кластера. Тогда используется процедура парных сравнений и метод собственного вектора.

2) Парные сравнения узлов кластера – оценки (качественные или количественные) отношения приоритета одного узла к приоритету другого, т.е. результаты парных сравнений – это оценки важности (предпочтительности, вероятности и т.п.) каждого узла кластера относительно каждого из других по критерию, заключенному в вершине кластера. Результат парного сравнения – оценка отношения «весов» сравниваемых объектов («веса» объектов численно выражают их предпочтительность, оптимальность, значимость и т.п.). Цель парных сравнений – определение приоритетов узлов кластера. Для того, чтобы уточнить, в каком смысле название вершины кластера является критерием для проведения сравнений используется формулировка критерия для парных сравнений.

Для проведения парных сравнений задаются параметры: шкала сравнений и способ сравнений. При проведении парного сравнения объектов и достаточно установить только один из результатов (оценка отношения «веса» объекта и весу объекта) или, так как.

3) Шкала сравнений – упорядоченный набор градаций (терминов, чисел и т.п.) для выражения результатов парных сравнений. Шкала сравнений позволяет выражать оценки отношений значений приоритетов узлов, поэтому ее деления – безразмерные величины. Шкалы, используемые в методе анализа иерархий, являются шкалами отношений. Т.е. если результату сравнения пары объектов ставится в соответствие значение на шкале, то число – оценка отношения «весов» объектов («веса» объектов численно выражают их предпочтительность, оптимальность, значимость и т.п.).

Шкала является количественной, если результаты парных сравнений выражаются непосредственно с помощью чисел.

Шкала является качественной, если результаты парных сравнений выражаются с помощью с градаций-предпочтений. Градациям качественных шкал, используемых в методе анализа иерархий, соответствуют числа. Т.е. качественные шкалы предоставляют возможность опосредованного оценивания приоритетов через предпочтения. Дискретная шкала имеет конечных набор градаций (при переходе от одной градации к другой значение парного сравнения изменяется скачком).

Дискретной шкале соответствует конечный набор чисел. Дискретные шкалы отличаются по величине наибольшего значения (при количественных сравнениях) или по количеству основных градаций (при качественных сравнениях).

Если число – верхний предел шкалы, то – нижний предел шкалы, т.е. все результаты парных сравнений, выраженные в такой шкале, лежат в пределах от до. Если результату сравнения пары объектов соответствует единица, то значения «весов» объектов оцениваются как равные. Кроме того, для дискретной шкалы – количество градаций для выражения превосходства одного из сравниваемых объектов над другим. При этом дискретная шкала имеет градации. В качестве градаций непрерывной шкалы может использоваться любое из действительных чисел от до.

Непрерывная шкала имеет непрерывный набор градаций (между основными делениями шкалы есть всевозможные промежуточные). Градациям непрерывной

шкалы соответствуют числа на отрезке числовой прямой. Непрерывные шкалы отличаются по величине наибольшего значения (при количественных сравнениях) или по количеству основных градаций (при качественных сравнениях). Если «вес» объекта оценивается как превышающий «вес» объекта, результату парного сравнения объектов и соответствует значение на шкале, большее единицы. В противном случае лежит на шкале слева от единицы. В соответствии с этим правилом осуществляется и перевод градаций качественных шкал в числовые значения.

4) Способ сравнений определяется набором парных сравнений, необходимых для определения приоритетов узлов кластера. При сравнениях с эталоном (по Стивенсу) выбирается один из узлов кластера, с которым сравниваются все остальные. При проведении классических сравнений (по Саати) каждый узел кластера сравнивается со всеми остальными узлами кластера.

5) Сравнения кластеров - процедура оценки важности (приоритетности, силы подчинения) кластеров, имеющих общую вершину.

Кластеры сравниваются друг с другом по критерию, заданному названием их вершины. Для проведения сравнений используется та же методика, что и для сравнений узлов в кластере.

Фактически при сравнении кластеров, подчиненных одному узлу, производится рейтингование уровней по критерию, определяемому этим узлом.

6) Матрица сравнений – таблица числовых значений парных сравнений (для узлов кластера или для кластеров, имеющих общую вершину).

7) Индекс согласованности – количественная оценка противоречивости результатов сравнений (для системы в целом, для узлов одного кластера или для кластеров, имеющих общую вершину). Следует иметь в виду, что между достоверностью и непротиворечивостью сравнений нет явной связи. Противоречия в сравнениях возникают из-за субъективных ошибок экспертов. Индекс согласованности не зависит от шкал сравнений, но зависит от количества парных сравнений. Индекс согласованности – положительное число. Чем меньше противоречий в сравнениях, тем меньше значение индекса согласованности. При использовании способа сравнений с эталоном значение индекса согласованности равно нулю.

8) Достоверность результата сравнения – количественной оценка, характеризующая степень неточности (размытости) результата сравнения, связанная с компетентностью эксперта, уровнем доверия к данным и т.п. Достоверность сравнения выражается долей единицы (или в процентах). Нулю соответствуют абсолютно недостоверные сравнения, единице (или 100%) – абсолютно достоверные сравнения. На основе значений достоверности сравнений для кластеров, имеющих общую вершину, и значений достоверности парных сравнений в кластерах определяется достоверность данных в масштабах всей системы.

9) Относительная согласованность матрицы сравнений – отношение индекса согласованности к среднестатистическому значению индекса согласованности при случайном выборе коэффициентов матрицы сравнений. Относительная согласованность для системы в целом характеризует взвешенное среднее значение относительной согласованности по всем матрицам сравнений. Данные можно считать практически непротиворечивыми (достаточно

согласованными), если значение относительной согласованности меньше чем 0,1. Это заключение справедливо как для данных кластера, так и для данных в масштабе всей системы.

10) Идеальные сравнения – наиболее близкие к имеющимся непротиворечивые результаты сравнений. Идеальным сравнениям соответствуют нулевой индекс согласованности и, соответственно, нулевое значение относительной согласованности. Знание идеальных сравнений используется при проведении процедуры согласования для кластеров, позволяющей скорректировать сравнения для уменьшения их противоречивости.

11) Наиболее противоречивые сравнения – это результаты нескольких парных сравнений узлов одного кластера или кластеров, имеющих общую вершину, вносящие наибольший вклад в значение относительной согласованности.

Результаты

1) Итоговый вектор приоритетов – рейтинг альтернатив. Каждой альтернативе (каждому возможному решению) ставится в соответствие положительное число – приоритет. Приоритет количественно выражает важность (предпочтительность, вероятность, оптимальность и т.п.) альтернативы в соответствии с главным критерием. Сумма приоритетов всех альтернатив равна единице. Вследствие этого часто допустимо отождествление приоритетов с вероятностями. Для поддержки принятия решения в основном с помощью итогового вектора приоритетов производится интерпретация результатов применения метода. Например, принимается решение с наибольшим приоритетом, отвергается решение с наименьшим приоритетом и т.п.

2) Вектор приоритетов уровня - рейтинг узлов данного уровня. Вектор приоритетов уровня вычисляется в предположении, что узлы данного уровня являются альтернативами. Все уровни, кроме тех, что содержат альтернативы и главный критерий рейтингования альтернатив, состоят из факторов, влияющих на итоговый вектор приоритетов. Таким образом, приоритеты узлов-факторов количественно характеризуют важность учета каждого фактора относительно других факторов того же уровня. При вычислении вектора приоритетов уровня рассматриваются только такие пути, образованные связями, которые ведут от вершины к узлам данного уровня. Приоритет узла в системе – это соответствующая компонента вектора приоритетов уровня, которому принадлежит данный узел.

3) Вектор приоритетов кластера – рейтинг узлов кластера. Вектор приоритетов узлов кластера может задаваться напрямую (без проведения сравнений) или рассчитываться на основе матрицы сравнений.

4) Показатели согласованности и достоверности для системы в целом, характеризующие качество данных, использованных для вычисления векторов приоритетов, также являются результатами. Величины этих показателей позволяют оценить степень доверия к результатам, полученным с помощью метода анализа иерархий. Знание показателей согласованности позволяет решать промежуточную задачу выявления участков проблемы, по которым имеется наиболее противоречивая

информация. Решение такой задачи позволяет сделать сбор и корректировку данных более целенаправленными.

5) Устойчивость вектора приоритетов – качественная характеристика чувствительности значений приоритетов к малым изменениям данных или структуры модели.

Очевидно, данные, используемые для принятия решений, всегда более или менее неточны. Поэтому чем меньше чувствительность значений приоритетов, тем больше обоснованность использования этих приоритетов для поддержки принятия решения.

В зависимости от решаемой задачи определяется понятие «существенное изменение рейтинга» (смена лидера, смена аутсайдера и т.п.). Если при малых изменениях данных или структуры рейтинг изменяется несущественно, то он считается устойчивым.

5) Существенные элементы структуры – это узлы или связи между узлами, удаление которых приводит к существенному изменению рейтинга. Очевидно, заранее бывает чрезвычайно сложно определить, какие факторы являются определяющими для принятия решения, а какими можно пренебречь. Часто при принятии решений происходит упрощение ситуации (отбрасывание ряда факторов) или делается попытка учесть максимально возможное количество факторов. Поэтому поиск существенных факторов является важной самостоятельной задачей в процессе подготовки принятия решения.

6) Приоритет узла в модели – соответствующая компонента вектора приоритетов уровня, которому принадлежит данный узел. Допустим, в решаемой задаче близость приоритета к единице (к нулю) ассоциируется с предпочтительностью оптимальностью и т.п. Тогда, как правило, узлы с малыми (с большими) приоритетами оказываются несущественными.

7) Приоритет кластера в модели. Если некоторый узел является вершиной только одного кластера, то приоритет кластера в модели совпадает с приоритетом его вершины. (В модели, структура которой является строгой иерархией, так определяется приоритет для каждого кластера.) Если некоторый узел является вершиной нескольких кластеров, то для них устанавливаются приоритеты относительно общей вершины. Приоритет каждого из таких кластеров определяется как произведение приоритета относительно вершины на приоритет узла-вершины в модели.

Эффективность применения метода

Если для принятия решений достаточно использовать только объективные данные, то в смысле точности и скорости получения результата более предпочтительными могут быть другие методы (например, методы оптимизации целевого критерия).

Метод может быть излишне громоздким для принятия решения в простых ситуациях, из-за того, что для сбора данных требуется провести много парных сравнений. Однако, если рассматривается масштабная проблема и цена последствия неправильного решения высока, требуется адекватный инструментарий. Метод анализа иерархий позволяет разбить сложную проблему на ряд простых, выявить противоречия.

В задачах принятия стратегических решений часто приходится опираться скорее на опыт и интуицию специалистов, нежели на имеющиеся объективные

данные. В этом случае результаты, полученные методом анализа иерархий, могут быть более реалистичными, чем результаты, полученные другими методами.

Рейтинги возможных решений получаются на основе «прозрачных» принципов. Поэтому они могут быть более убедительными, чем информация для поддержки принятия решения, полученная с помощью моделей типа «черного ящика». В таких моделях входная информация о проблеме преобразуется в выходную информацию о принятии решения по «непрозрачным» принципам и структура ситуации принятия решения не раскрывается.

Метод анализа иерархий не требует упрощения структуры задачи, априорного отбрасывания некоторых признаков. Поэтому он эффективнее других аналитических инструментов позволяет учитывать влияние всевозможных факторов на выбор решения.

Составление структуры модели принятия решения может быть трудоемким процессом. Однако, если она составлена, то она может затем применяться многократно. Остается лишь корректировать эту структуру и наполнять ее данными. При этом решение типичных задач может быть поставлено на поток. Таким образом, применение метода становится более эффективным.