

Системный анализ и принятие решений

Лекция 9

Выбор (принятие решений).

Коробов Александр Сергеевич

710-4271

sa_k310@mail.ru

Выбор как реализация цели

- Выбор является действием, придающим всей деятельности целенаправленность. Именно выбор реализует подчиненность всей деятельности определенной цели или совокупности целей
- Полная формализация нахождения наилучшего решения возможна, но лишь для хорошо изученных (хорошо структурированных) задач
- Для решения слабоструктурированных задач полностью формальных алгоритмов не существует
- Принятие решения (выбор) будем представлять как действие над множеством альтернатив, в результате которого получается подмножество выбранных альтернатив (в лучшем случае одна)

Множественность задач выбора

Ситуация выбора может реализовываться в различных вариантах. Отметим основные из них:

- *Множество альтернатив* может быть конечным, счетным или континуальным
- *Оценка альтернативы* может осуществляться по одному или нескольким критериям, которые могут иметь как количественный, так и качественный характер
- *Режим выбора* может быть однократным или повторяющимся
- *Последствия выбора* могут быть точно известны (выбор в условиях определенности), иметь вероятностный характер (выбор в условиях риска), иметь неоднозначный исход (выбор в условиях неопределенности)
- *Ответственность за выбор* может быть односторонней или многосторонней
- *Степень согласованности целей* при многостороннем выборе может варьироваться от полного совпадения целей (кооперативный выбор) до их противоположности (выбор в конфликтной ситуации). Возможны промежуточные случаи (компромиссный выбор, коалиционный выбор, выбор в условиях нарастающего конфликта)

Критериальный язык описания выбора

- Название этого языка связано с основным предположением, состоящим в том, что каждую отдельно взятую альтернативу можно оценить некоторым конкретным (одним) числом, после чего сравнение альтернатив сводится к сравнению соответствующих им чисел.
- Пусть, например, $\{X\}$ – множество альтернатив, а x – некоторая определенная альтернатива, принадлежащая этому множеству.
- Тогда считается, что для всех x может быть задана функция: $q(x)$, которая называется критерием (критерием качества, целевой функцией, функцией предпочтения, функцией полезности и т.п.), обладающая тем свойством, что если альтернатива x_1 предпочтительнее x_2 : (обозначается: $x_1 > x_2$), то: $q(x_1) > q(x_2)$.
- При этом выбор сводится к отысканию альтернативы с наибольшим значением критериальной функции.

Однокритериальный выбор

- Задача однокритериального выбора является достаточно простой в случае если:
 1. Выбор любой альтернативы приводит к однозначно известным последствиям (выбор в условиях определенности)
 2. Параметры альтернативы (x) и функция предпочтения $q(x)$ известны и количественно определимы
 3. Критерий выбора единственен
- К сожалению данные условия на практике встречаются очень редко

Многокритериальный выбор

- Многокритериальные задачи не имеют однозначного общего решения. Поэтому предлагается много способов придать многокритериальной задаче частный вид, допускающий единственное общее решение. Естественно, что для разных способов эти решения являются в общем случае различными. Поэтому едва ли не главное в решении многокритериальной задачи – обоснование данного вида ее постановки.
- Используются различные варианты упрощения многокритериальной задачи выбора. Перечислим некоторые из них:
 1. Сведение многокритериальной задачи к однокритериальной, путем ввода *суперкритерия*.
 2. *Условная максимизация* (находится не глобальный экстремум суперкритерия, а локальный экстремум основного критерия).
 3. Поиск альтернативы с заданными свойствами.
 4. Нахождение *множества Парето*.

Сведение многокритериальной задачи к однокритериальной

- Введем суперкритерий $q_0(x)$, как скалярную функцию векторного аргумента:

$$q_0(x) = q_0((q_1(x), q_2(x), \dots, q_n(x))).$$

- Суперкритерий позволяет упорядочить альтернативы по величине q_0 , выделив тем самым наилучшую (в смысле этого критерия). Вид функции q_0 определяется тем, как конкретно мы представляем себе вклад каждого критерия в суперкритерий. Рассмотрим функцию:

$$q_0 = \text{Сумма}(a_i * q_i / s_i)$$

- Коэффициенты s_i обеспечивают:
1. безразмерность или единую размерность числа $a_i * q_i / s_i$ (различные частные критерии могут иметь разную размерность, и тогда над ними нельзя производить арифметических операций и свести их в суперкритерий);
 2. нормировку, т.е. обеспечение условия: $a_i * q_i / s_i < 1$.
- Коэффициент a_i отражает относительный вклад частных критериев q_i в суперкритерий (весовой коэффициент).
 - Итак, в многокритериальной постановке задача принятия решения о выборе одной из альтернатив сводится к максимизации суперкритерия

Выбор весовых коэффициентов

- Основная проблема в многокритериальной постановке задачи принятия решений состоит в том, что необходимо найти такой аналитический вид коэффициентов a_i , который бы обеспечил следующие свойства модели:
 1. высокую степень адекватности предметной области и точке зрения экспертов;
 2. минимальные вычислительные трудности максимизации суперкритерия, т.е. его расчета для разных альтернатив;
 3. устойчивость результатов максимизации суперкритерия от малых возмущений исходных данных.
- Устойчивость решения означает, что малое изменение исходных данных должно приводить к малому изменению величины суперкритерия, и, соответственно, к малому изменению принимаемого решения. То есть практически на тех же исходных данных должно приниматься или тоже самое, или очень близкое решение.

Условная максимизация

- Данный метод использует факт, что частные критерии обычно неравнозначны между собой
- Метод состоит в выделении одного основного критерия, при этом остальные критерии задаются диапазонами значений и играют роль ограничителей
- Основной задачей является нахождение условного экстремума основного критерия в приемлемых диапазонах остальных критериев

Поиск альтернативы с заданными свойствами

- Применим в случае, когда заранее могут быть указаны значения частных критериев (или их границы)
- Задача состоит в:
 - Поиске альтернативы, удовлетворяющей этим требованиям или установлении факта отсутствия данной альтернативы
 - Поиске альтернативы, которая подходит к поставленным целям ближе всего

Нахождение паретовского множества

- Метод состоит в попарном сравнении всех представленных альтернатив
- Если предпочтение хотя бы по одному критерию расходится с предпочтением по другому, то такие альтернативы признаются несравнимыми.
- В результате попарного сравнения все худшие альтернативы отбрасываются, а оставшиеся несравнимые между собой принимаются.
- Если все максимально достижимые критерии не относятся к одной альтернативе, то принятые альтернативы образуют множество Парето.
- При необходимости выбрать одну альтернативу предлагается вводить добавочные критерии или ограничения, бросать жребий либо прибегать к услугам экспертов

Метод анализа иерархий (МАИ)

- Часто используемый в последнее время метод принятия решений - МАИ, опирающийся на многокритериальное описание проблемы, был предложен и детально описан Саати Т.
- В методе используется дерево критериев, в котором общие критерии разделяются на критерии частного характера. Для каждой группы критериев определяются коэффициенты важности.
- Альтернативы также сравниваются между собой по отдельным критериям с целью определения каждой из них.
- Средством определения коэффициентов важности критериев либо критериальной ценности альтернатив является попарное сравнение.
- Результат сравнения оценивается по бальной шкале. На основе таких сравнений вычисляются коэффициенты важности критериев, оценки альтернатив и находится общая оценка как взвешенная сумма оценок критериев.
- В ходе детального исследования МАИ были выявлены следующие существенные недостатки, такие как:
 - Рассогласование оценок, связанное с трудностями оценки отношений сложных элементов - 1-й вид рассогласования.
 - Рассогласование 2-го вида, связанное с предложенной дискретной шкалой для оценки элементов.
 - Резкое увеличение количества оценок с увеличением набора элементов. Не рекомендуется набор элементов больше 9.

Групповой выбор

- Пусть имеется группа лиц, имеющих право принимать участие в коллективном принятии решений.
- Предположим, что эта группа рассматривает некоторый набор альтернатив, и каждый член группы осуществляет свой выбор.
- Ставится задача о выработке решения, которое определенным образом согласует индивидуальные выборы и в каком-то смысле выражает “общее мнение” группы, т.е. принимается за групповой выбор.
- Естественно, различным принципам согласования индивидуальных решений будут соответствовать различные групповые решения.

Правила голосования

- Правила согласования индивидуальных решений при групповом выборе называются правилами голосования.
- Наиболее распространенным является “правило большинства”, при котором за групповое решение принимается альтернатива, получившая наибольшее число голосов.
- Необходимо понимать, что такое решение отражает лишь распространенность различных точек зрения в группе, а не действительно оптимальный вариант, за который вообще никто может и не проголосовать. “Истина не определяется путем голосования”.
- Кроме того, существуют так называемые “парадоксы голосования”, наиболее известный из которых парадокс Эрроу.
- Эти парадоксы могут привести, и иногда действительно приводят, к очень неприятным особенностям процедуры голосования: например бывают случаи, когда группа вообще не может принять единственного решения (нет кворума или каждый голосует за свой уникальный вариант, и т.д.), а иногда (при многоступенчатом голосовании) меньшинство может навязать свою волю большинству.

Экспертные методы выбора

- При исследовании сложных систем часто возникают проблемы, которые по различным причинам не могут быть строго поставлены и решены с применением разработанного в настоящее время математического аппарата. В этих случаях прибегают к услугам экспертов (системных аналитиков), чей опыт и интуиция помогают уменьшить сложность проблемы.
- Однако, необходимо учитывать, что эксперты сами представляют собой сверхсложные системы, и их деятельность сама зависит от многих внешних и внутренних условий. Поэтому в методиках организации экспертных оценок большое внимание уделяется созданию благоприятных внешних и психологических условий для работы экспертов.
- Взаимодействие между экспертами может как стимулировать, так и подавлять их деятельность. Поэтому в разных случаях используют различные методы экспертизы, отличающиеся характером взаимодействия экспертов друг с другом: анонимные и открытые опросы и анкетирования, совещания, дискуссии и т.д.
- Существуют различные методы математической обработки мнений экспертов. Экспертам предлагают оценить различные альтернативы либо одним, либо системой показателей. Кроме того им предлагают оценить степень важности каждого показателя (его “вес” или “вклад”). Самим экспертам также приписывается уровень компетентности, соответствующий его вкладу в результирующее мнение группы.

Метод «Делфи»

- Метод Дельфи представляет собой многотуровую процедуру анкетирования с обработкой и сообщением результатов каждого тура экспертам, работающим отдельно друг от друга.
- Этот метод был разработан Хелмером и Гордоном (США) в середине 50-х годов для составления всевозможных прогнозов.
- Особенностью метода является то, что какие-либо дискуссии между экспертами запрещены, что, по мнению авторов метода, исключает роль психологических и эмоциональных факторов, неизбежно проявляющихся во время открытой дискуссии.
- Итеративная процедура опроса с сообщением результатов обработки после каждого тура обеспечивает лучшее согласование мнений экспертов, поскольку эксперты, давшие сильно отклоняющиеся оценки, вынуждены критически осмыслить свои суждения и обстоятельно их аргументировать.
- Необходимость аргументации или корректировки своих оценок не означает, что целью экспертизы является получение полной согласованности мнений экспертов.
- Конечным результатом может оказаться выявление двух или более групп мнений, отражающих принадлежность экспертов к различным научным школам, ведомствам или категориям лиц. Получение такого результата является также полезным, поскольку позволяет выяснить наличие различных точек зрения и поставить задачу проведения исследований в данной области.

Этапы метода «Делфи»

- Экспертам предлагается ответить на ряд вопросов и свои ответы аргументировать.
- Полученные от эксперта данные обрабатываются с целью выделения среднего или медианы и крайних значений оценок.
- Экспертам сообщаются результаты обработки первого тура опроса с указанием расположения оценок каждого эксперта. Если оценка эксперта сильно отклоняется от среднего значения, то его просят аргументировать свое мнение или изменить оценку.
- Во втором туре эксперты аргументируют или изменяют свою оценку с объяснением причин корректировки. Результаты опроса во втором туре обрабатываются и сообщаются экспертам. Если после первого тура производилась корректировка оценок, то результаты обработки второго тура содержат новые средние и крайние значения оценок экспертов.
- Далее процедура повторяется
- Обычно после третьего или четвертого тура оценки экспертов стабилизируются, что и служит критерием прекращения дальнейшего опроса.

Функционально-стоимостной анализ

- Автором метода функционально-стоимостного анализа является Майлз. Цель метода - ускорить поиск путей снижения себестоимости изделия в проектных и производственных организациях.
- Данный метод включает следующие этапы:
 - 1. Организовать бригаду по функционально-стоимостному анализу, в которую включают консультанта по методу и представителей всех различных служб.
 - 2. Сформулировать функцию всего изделия и определить требования по параметрам изделия.
 - 3. Составить подробную калькуляцию себестоимости всех технологических операций по производству изделия, включающую расходы на приобретение материалов и комплектующих.
 - 4. По каждой детали изделия комплексная бригада выполняет следующие шаги:
 - определяет все функции детали;
 - составляет перечень цен самых дешевых из всех известных устройств, способных выполнять эти функции и получает суммарную цену выполнения всех функций, представляющую нижнюю границу цены детали;
 - выбирает функционально совместимые устройства наиболее низкой стоимости
 - оформляет изменения исходного изделия.
 - 5. Представить результаты стоимостного анализа на одобрение консультантам по функционально-стоимостному анализу, конструкторскому бюро, администрации.

Метод «за – против»

- Каждой представленной альтернативе «прикрепляют» по 2 представителя концепции «за» (защитники) и столько же «против» (критики)
- Этапы выбора:
 1. Представители концепции «за» и «против» получают слово и в сжатом виде приводят свои аргументы, которые фиксируются жюри на «табло доводов» (продолжительность 10-15 минут)
 2. Представители концепции «за» и «против» меняются ролями и приводят дополнительные доводы
 3. Жюри обсуждает все доводы и при необходимости их дополняет и выбирает лучшие
 4. Жюри дробится на группы по 4-6 человек, задачей которых является независимая обработка и совершенствование принятых вариантов

Эвристические методы

- К эвристическим методам относят следующие методы:
 - метод взвешенной суммы оценок критериев.
 - Каждой альтернативе дается числовая (бальная) оценка по каждому из критериев. Критериям приписывается количественные веса, характеризующие их сравнительную важность. Веса умножаются на критериальные оценки, полученные числа суммируются - так определяется ценность альтернативы. Далее выбирается альтернатива с наибольшим показателем ценности.
 - метод компенсации.
 - Данный метод используется при попарном сравнении альтернатив.
- Достоинством всех эвристических методов является простота и удобство, а основным недостатком то, что все они не имеют научного обоснования.
- Таким образом, проведенный анализ показал, что рассмотренные методы, положенные в основу теории принятия решения, носят аксиоматический и эвристический характер, т.е. не имеют строгого научного доказательства.
- Данные методы не позволяют интеллектуализировать процесс принятия решения, так как выработка окончательного решения всегда остается за ЛПР. Поэтому, предложен подход, ориентированный на методы интеллектуального анализа данных, необходимых ЛПР в процессе принятия решения.

Выбор в условиях неопределенности

- Выбор в условиях определенности – это частный случай выбора в условиях неопределенности (когда неопределенность близка к нулю).
- Но неопределенность чего конкретно имеется в виду?
- В современной теории выбора считается, что в задачах принятия решений существует три основных вида неопределенности:
 1. информационная (статистическая) неопределенность исходных данных для принятия решений;
 2. неопределенность последствий принятия решений (выбора);
 3. расплывчатость в описании компонент процесса принятия решений.

Выбор в условиях статистической неопределенности

- Данные, полученные о предметной области, не могут рассматриваться как абсолютно точные.
- Эти данные нас интересуют не сами по себе, а лишь в качестве сигналов, которые, возможно, несут определенную информацию о том, что нас в действительности интересует.
- То есть, реалистичнее считать, что мы имеем дело с данными, не только зашумленными и неточными, но еще и косвенными, а возможно и не полными.
- В этих условиях используется теория статистических решений.
- В этой теории существует два основных источника неопределенности.
 - неизвестно, какому распределению подчиняются исходные данные.
 - неизвестно, какое распределение имеет то множество (генеральная совокупность), о котором мы хотим сделать выводы по его подмножеству, образующему исходные данные.
- Статистические процедуры это и есть процедуры принятия решений, снимающих оба эти вида неопределенности.

Причины некорректного применения теории статистических решений

Необходимо отметить, что существует ряд причин, которые приводят к некорректному применению статистических методов:

1. статистические выводы, как и любые другие, всегда имеют некоторую определенную надежность или достоверность. Но, в отличие от многих других случаев, достоверность статистических выводов известна и определяется в ходе статистического исследования;
2. качество решения, полученного в результате применения статистической процедуры зависит, от качества исходных данных;
3. не следует подвергать статистической обработке данные, не имеющие статистической природы

Неопределенность последствий

- Когда последствия выбора той или иной альтернативы однозначно определяются самой альтернативой, тогда можно не различать альтернативу и ее последствия, считая само собой разумеющимся, что выбирая альтернативу мы в действительности выбираем ее последствия.
- Однако, в реальной практике нередко приходится иметь дело с более сложной ситуацией, когда выбор той или иной альтернативы неоднозначно определяет последствия сделанного выбора.
- В случае дискретного набора альтернатив и исходов их выбора, при условии, что сам набор возможных исходов общий для всех альтернатив, можно считать, что различные альтернативы отличаются друг от друга распределением вероятностей исходов. Эти распределения вероятностей вообще говоря могут зависеть от результатов выбора альтернатив и реально наступивших в результате этого исходов. В простейшем случае исходы равновероятны. Сами исходы обычно имеют смысл выигрышей или потерь и выражаются количественно.
- Если исходы равны для всех альтернатив, то выбирать нечего. Если же они различны, то можно сравнивать альтернативы, вводя для них те или иные количественные оценки. Разнообразие задач теории игр связано с различным выбором числовых характеристик потерь и выигрышей в результате выбора альтернатив, различными степенями конфликтности между сторонами, выбирающими альтернативы и т.д.

Выбор при расплывчатой неопределенности

- Любая задача выбора является задачей целевого сужения множества альтернатив. Как формальное описание альтернатив (сам их перечень, перечень их признаков или параметров), так и описание правил их сравнения (критериев, отношений) всегда даются в терминах той или иной измерительной шкалы (даже тогда, когда тот, кто это делает, не знает об этом).
- Известно, все шкалы размыты, но в разной степени. Под термином “размытие” понимается свойство шкал, состоящее в том, что всегда можно предъявить такие две альтернативы, которые различимы, т.е. различны в одной шкале и неразличимы, т.е. тождественны в другой – более размытой. Чем меньше градаций в некоторой шкале, тем более она размыта.
- Таким образом, мы можем четко видеть альтернативы, и одновременно нечетко их классифицировать, т.е. иметь неопределенность в вопросе о том, к каким классам они относятся. Уже в первой работе по принятию решений в расплывчатой ситуации Беллман и Заде выдвинули идею, состоящую в том, что и цели, и ограничения должны представляться как размытые (нечеткие) множества на множестве альтернатив.

Недостатки оптимизационного подхода

- Во всех рассмотренных выше задачах выбора и методах принятия решений проблема состояла в том, чтобы в исходном множестве найти наилучшие в заданных условиях, т.е. оптимальные в определенном смысле альтернативы.
- Идея оптимальности является центральной идеей кибернетики и прочно вошла в практику проектирования и эксплуатации технических систем. Вместе с тем эта идея требует осторожного к себе отношения, когда мы пытаемся перенести ее в область управления сложными, большими и слабо детерминированными системами, такими, например, как социально-экономические системы.
- Итак, идею оптимальности, чрезвычайно плодотворную для систем, поддающихся адекватной математической формализации, нельзя перенести на сложные системы.
- Конечно, математические модели, которые удается иногда предложить для таких систем, можно оптимизировать. Однако всегда следует учитывать сильную упрощенность этих моделей, а также то, что степень их адекватности фактически неизвестна.
- Поэтому не известно, какое чисто практическое значение имеет эта оптимизация. Высокая практичность оптимизации в технических системах не должна порождать иллюзий, что она будет настолько же эффективна при оптимизации сложных систем. Содержательное математическое моделирование сложных систем является весьма затруднительным, приблизительным и неточным. Чем сложнее система, тем осторожнее следует относиться к идее ее оптимизации.
- Поэтому, при разработке методов управления сложными, большими слабо детерминированными системами, авторы считают основным не оптимальность выбранного подхода с формальной математической точки зрения, а его адекватность поставленной цели и самому характеру объекта управления.