Тема 8. Качественные методы принятия решений.

Общие черты неструктуризованных проблем

Большинство возникающих на практике проблем являются *неструктуризованными*, т.е. для них трудно построить модель проблемной ситуации в том виде, который мы рассматривали, большинство характеристик в них является качественными.

Так, проблемы принятия стратегических решений экономического и политического характера, проблемы планирования научных исследований и разработок, конкурсного отбора проектов, большинство проблем личного выбора относятся к неструктуризованным.

Пример 1.

К неструктуризованным можно отнести следующие проблемы.

1) Руководителю, ответственному за распределение ресурсов на проведение научных исследований, необходимо разработать политику оценки различных проектов с учетом таких критериев, как новизна, научная важность, квалификация исполнителей.
2) Редакции журнала нужно выработать систему оценивания поступающих рукописей и создать для этой цели анкету для рецензентов, отражающую основные критерии, принятые редакцией: новизна материала, соответствие профилю журнала, отсутствие ошибок, качество изложения материала и т.п.
3) Абитуриенту необходимо выбрать вуз для поступления. При этом, для него важны критерии: конкурс, трудность экзаменов, престижность профессии и др.

Неструктуризованные проблемы имеют следующие *общие черты*:

1) Они являются проблемами *уникального* выбора, т.е. каждый раз проблема является новой для ЛПР либо обладает новыми особенностями, по сравнению с встречавшимися.
2) Они связаны с *неопределенностью* в оценках альтернативных вариантов решения проблемы, обусловленной нехваткой информации на момент решения проблемы.

3) Оценки альтернатив имеют *качественный* характер и чаще всего сформулированы в *словесном* виде.
4) Общая оценка рассматриваемого варианта может быть получена только на основе *субъективных* предпочтений ЛПР.
5) Оценки вариантов по критериям могут быть получены только от *экспертов*.

Указанные особенности позволяют сформулировать следующие *требования* к методам решения этого класса задач.

1) Методы решения должны быть приспособлены к естественному для ЛПР языку описания проблемы. Обычно это означает *вербальное* (словесное) описание оценок по критериям.
2) В этих методах должны использоваться только такие способы получения информации от ЛПР и экспертов, которые, согласно данным психологических исследований, соответствуют возможностям человеческой системы переработки информации (т.е. эти методы должны быть *психологически корректными*).
3) При словесном описании критериальных оценок можно использовать логические процедуры их преобразования для построения *решающих правил* ЛПР (т.е. правил проведения сравнения вариантов). Эти операции должны быть математически корректными.
4) В методах принятия решений должны быть предусмотрены средства проверки информации, полученной от ЛПР, на *непротиворечивость* в ходе её получения, средства поиска и устранения противоречий.
5) Метод должен обеспечивать для ЛПР возможность получения *объяснений* на понятном ему языке.

Вышеперечисленным требованиям удовлетворяют методы, специально разработанные для решения неструктуризованных проблем. Эти методы принятия решений называются *качественными*.

К ним относятся, например, методы ЗАПРОС и ОРКЛАСС, разработанные в Институте системного анализа АН СССР. Далее мы рассмотрим эти два метода.

Метод ЗАПРОС

Метод *ЗАмкнутых ПРоцедур и Опорных Ситуаций (ЗАПРОС)* применяется для упорядочения многокритериальных альтернатив.

Постановка задачи:

Дано:

1) $K = \{f_1,\ldots,f_n\}$ – множество критериев с порядковыми шкалами.
2) N_i – число оценок по шкале критерия f_i.
3) $X_i = \{x_1^{(i)},\ldots,x_{Ni}^{(i)}\}$ – шкала критерия f_i, $x_k^{(i)}$ – вербальные оценки по критерию.
4) $Y = X_1\times\ldots\times X_n$ – множество векторных оценок вида $y^{(j)} = (y_1^{(j)},\ldots,y_n^{(j)})$.
5) $A = \{a^{(1)},\ldots,a^{(m)}\} \subseteq Y$ – множество векторных оценок, описывающих реальные альтернативы.

Требуется: построить упорядочение многокритериальных альтернатив (множества А) на основе предпочтений ЛПР.

Пример 2.

Рассмотрим задачу отбора наукоемких проектов для финансирования частным фондом.

Можно выделить следующие 4 критерия оценки проекта.

Степень реализации (f_1). Шкала состоит из 3-х оценок ($N_1=3$): 1) есть единичное изделие ($x_1^{(1)}$); 2) разработана технология ($x_2^{(1)}$); 3) есть идея ($x_3^{(1)}$).

Окупаемость (f_2). Шкала имеет вид ($N_2=3$): 1) менее, чем через полгода после начала производства ($x_1^{(2)}$); 2) через год после начала производства ($x_2^{(2)}$); 3) через два года и более с начала производства ($x_3^{(2)}$).

Сложность организации производства (f_3). Шкала из 3-х оценок: 1) малая ($x_1^{(3)}$); 2) средняя ($x_2^{(3)}$); 3) большая ($x_3^{(3)}$).

Спрос на продукт разработки (f_4). Шкала ($N_4=3$): 1) высокий ($x_1^{(4)}$); 2) достаточный ($x_2^{(4)}$); 3) неопределенный ($x_3^{(4)}$).

Множество А будет состоять из векторных оценок сравниваемых проектов, например: $a^{(i)}$ = (есть идея, через год, средняя, достаточный).

Метод ЗАПРОС в данном случае может быть применен для упорядочивания сравниваемых вариантов по предпочтительности с учетом заданных критериев, после чего уже будет осуществлен отбор наиболее предпочтительных проектов.

Основная идея метода ЗАПРОС заключается в том, что ЛПР предлагается сравнивать не реальные альтернативы (векторные оценки из множества A), а некоторые гипотетические варианты (их векторные оценки из множества Y).

По результатам этого сравнения строится отношение предпочтения, которое, при выполнении некоторого условия, позволит сравнить произвольные оценки из Y, а значит и оценки из A.

Из психологических исследований известно, что человек может адекватно сравнить две векторные оценки, если они отличаются не более, чем двумя компонентами. Такая пара оценок будет являться *допустимой для опроса*. Только такие пары мы можем предлагать ЛПР для сравнения. Исходя из этого, и формируется набор оценок для сравнения.

Векторную оценку, имеющую только худшие значения по всем критериям, будем называть *первой опорной ситуацией*; векторную оценку, имеющую только лучшие значения по всем критериям, будем называть *второй опорной ситуацией*.

Списком векторных оценок у опорной ситуации будем называть подмножество векторных оценок из Y, имеющих по всем критериям, кроме одного, такие же значения, что и у опорной ситуации.

В целях общности, перейдем от исходных шкал X_i к шкалам $B_i=\{1,\ldots,N_i\}$. Далее везде под Y будем подразумевать уже $B_1\times\ldots\times B_n$.

Пример 3.

Заданы три критерия, у каждого шкала с тремя оценками.

У первой опорной ситуации список векторных оценок будет иметь вид: $L_1 = \{ (1,1,2), (1,1,3), (1,2,1), (1,3,1), (2,1,1), (3,1,1) \}$; у второй: $L_2 = \{ (3,3,1), (3,3,2), (3,1,3), (3,2,3), (1,3,3), (2,3,3) \}$.

Очевидно, что пары в каждом из этих списков являются допустимыми для опроса. Именно они и предъявляются ЛПР для сравнения. По результатам опроса строятся отношения R_1 на L_1 и R_2 на L_2.

Если каждая пара критериев из K не зависит по предпочтению от остальных критериев, то построенные отношения R_1 и R_2 позволяют сравнивать произвольные оценки из Y следующим образом:

– векторная оценка $y^{(i)} = (y_1^{(i)},\ldots,y_n^{(i)}) \in Y$ не менее предпочтительна, чем векторная оценка $y^{(j)} = (y_1^{(j)},\ldots,y_n^{(j)}) \in Y$, если для любого критерия $f_s\in K$ есть критерий $f_{t(s)} \in K$ такой, что выполняется $(1,\dots,1,y_s^{(i)},1,\dots,1)\ R_1\ (1,\dots,1,y_t^{(j)},1,\dots,1)$, причем $t(s)$ – биекция, т.е. при всех $s \neq q$ верно, что $t(s) \neq t(q)$;

– векторная оценка $y^{(i)} = (y_1^{(i)},\dots,y_n^{(i)}) \in Y$ не менее предпочтительна, чем векторная оценка $y^{(j)} = (y_1^{(j)},\dots,y_n^{(j)}) \in Y$, если для любого критерия $f_s \in K$ есть критерий $f_{t(s)} \in K$ такой, что выполняется $(N_1,\dots,N_{s-1},y_s^{(i)},N_{s+1},\dots,N_n)\ R_2\ (N_1,\dots,N_{t-1},y_t^{(j)},N_{t+1},\dots,N_n)$, причем $t(s)$ – биекция, т.е. при всех $s \neq q$ верно, что $t(s) \neq t(q)$.

Условие независимости критериев проверяется косвенным образом в ходе:

1) построения отношений R_1 и R_2 по результатам опроса;
2) сравнения реальных альтернатив с использованием R_1 и R_2.

А именно, для произвольных номеров s и k рассмотрим оценки из списка L_1:

$y^{(i)} = (1,\dots,1,N_s,1,\dots,1,1,1,\dots,1)$;

$y^{(j)} = (1,\dots,1,1,1,\dots,1,N_t,1,\dots,1)$;

и оценки из списка L_2:

$y'^{(i)} = (N_1,\dots,N_{s-1},N_s,N_{s+1},\dots,N_{t-1},1,N_{t+1},\dots,N_n)$;

$y'^{(j)} = (N_1,\dots,N_{s-1},1,N_{s+1},\dots,N_{t-1},N_t,N_{t+1},\dots,N_n)$.

Из результатов опроса должно следовать в случае $y^{(i)}\ R_1\ y^{(j)}$, что $y'^{(i)}\ R_2\ y'^{(j)}$. Невыполнение этого условия будет говорить о нарушении независимости критериев f_s и f_t от остальных.

Кроме того, зависимость критериев выявляется, если сравнения пары оценок реальных альтернатив с использованием R_1 и R_2 дают противоположные результаты.

Для устранения зависимости каких-либо двух критериев от остальных необходимо переформулировать задачу, объединив эти два критерия в один.

Полученная от ЛПР информация должна проверяться на непротиворечивость. Поэтому отношения R_1 и R_2 строятся непосредственно во время проведения опроса ЛПР, причем после каждого ответа ЛПР они дополняются по транзитивности (строится т.н. *транзитивное замыкание*). В случае нетранзитивности тройки нетранзитивных оценок предъявляются ЛПР с требованием изменить ответы так, чтобы устранить это противоречие.

Метод ОРКЛАСС

Метод ОРдинальной КЛАССификации применяется для решения задач *порядковой классификации*.

Задача порядковой классификации заключается в том, чтобы на рассматриваемом множестве альтернатив выделить классы решений, упорядоченные по предпочтительности.

В простейшем случае необходимо отнести каждый из сравниваемых вариантов к одному из двух классов («подходит» и «не подходит»).

Постановка задачи:

Дано:

1) $K = \{f_1,\ldots,f_n\}$ – множество критериев с порядковыми шкалами.
2) N_i – число оценок по шкале критерия f_i.
3) $X_i = \{x_1^{(i)},\ldots,x_{N_i}^{(i)}\}$ – шкала критерия f_i, $x_k^{(i)}$ – вербальные оценки по критерию.
4) $Y = X_1 \times \ldots \times X_n$ – множество векторных оценок вида $y^{(j)} = (y_1^{(j)},\ldots,y_n^{(j)})$.
5) Q – число упорядоченных классов решений.

Требуется на основании предпочтений ЛПР построить разбиение множества Y на Q непересекающихся подмножеств (классов решений): $Y = Y_1 \cup \ldots \cup Y_Q$; $Y_i \cap Y_j = \varnothing$ при $i \neq j$. Существенное отличие от задач, решаемых по методу ЗАПРОС состоит в том, что множество реальных альтернатив неизвестно заранее, именно поэтому нужно классифицировать все возможные варианты из Y.

Пример 4.

Перед банком стоит задача классификации предприятий-клиентов по принципу «давать или не давать» кредит с учетом следующих критериев:

1) срок кредита (3 месяца, 6 месяцев, год, несколько лет);
2) репутация клиента (процветающее предприятие, достаточно стабильное предприятие, предприятие сомнительной стабильности);
3) ликвидность залога (высокая, средняя, невысокая).

Банку необходимо иметь некоторое решающее правило, которое позволит отнести к одному из классов клиента с любым сочетанием оценок по критериям.

Очевидно, что следует давать краткосрочный кредит процветающим предприятиям с высокой ликвидностью залога и не следует давать долгосрочный кредит нестабильным предприятиям с невысокой ликвидностью залога. Но в остальных случаях требуется привлекать ЛПР.

Итак, необходимо для каждой альтернативы указать, к какому классу решений она относится. Идея метода ОРКЛАСС заключается в том, что ЛПР предлагается осуществить классификацию не всех возможных альтернатив, а только некоторых из них, на основании которой можно будет автоматически классифицировать остальные.

В целях общности, перейдем от исходных шкал X_i к балльным шкалам $B_i=\{1,\ldots,N_i\}$. Далее везде под Y будем подразумевать уже $B_1\times\ldots\times B_n$.

На Y всегда определено отношение строгого предпочтения по Парето: $y^{(i)}\ P^0\ y^{(j)} \Leftrightarrow \forall f_k\in K\ \ b_k^{(i)}\le b_k^{(j)}$ и $\exists f_q\in K\ \ b_q^{(i)}<b_q^{(j)}$, где $b_k^{(i)}$ – оценка по шкале B_k, соответствующая оценке $y_k^{(i)}$ по шкале X_k. Очевидно, что если $y^{(i)}\ P^0\ y^{(j)}$, то $y^{(i)}$ не может быть отнесена к классу с большим номером, чем $y^{(j)}$.

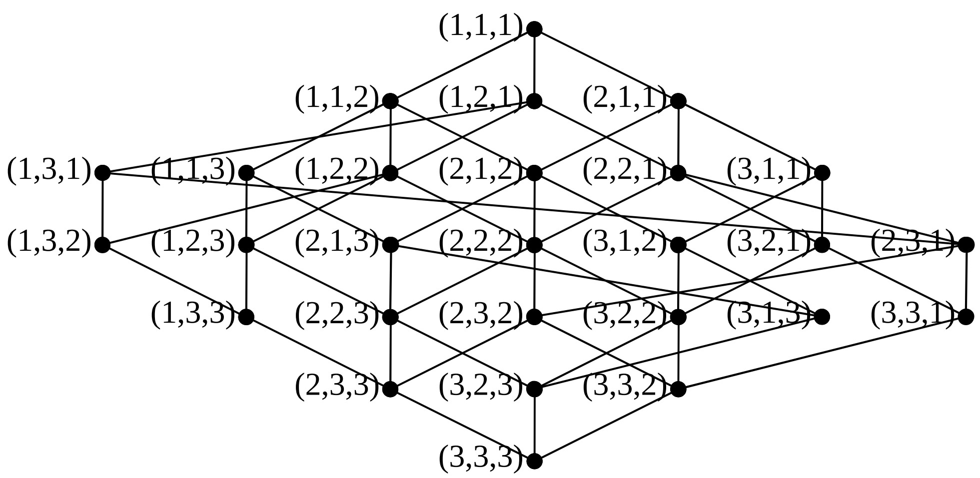
Обозначим через G_i множество номеров классов, допустимых на текущем этапе опроса ЛПР для векторной оценки $y^{(i)}\in Y$. До начала опроса $G_i = \{1,\ldots,Q\}$ для всех векторных оценок $y^{(i)}$, кроме оценки $y^{(i')} = (1,\ldots,1)$, для которой $G_{i'} = \{1\}$, и $y^{(i'')} = (N_1,\ldots,N_n)$, для которой $G_{i''} = \{Q\}$.

Поскольку цель опроса состоит в однозначном отнесении каждой векторной оценки к одному из Q классов, то, в конечном итоге, требуется, чтобы все G_i состояли из одного номера.

Пусть ЛПР отнесло векторную оценку $y^{(i)}$ к классу Y_l. Тогда, если для некоторой оценки $y^{(j)}$ выполняется $y^{(j)}\ P^0\ y^{(i)}$, то $y^{(j)}\notin Y_k$ при k>l; аналогично, если $y^{(i)}\ P^0\ y^{(j)}$, то $y^{(j)}\notin Y_k$ при k<l. Таким образом, по результатам каждого ответа ЛПР множества G_i могут уменьшаться (в частном случае, до одного номера – тогда соответствующая оценка автоматически попадает в класс с этим номером).

Пример 5.

В примере 4 диаграмма Хассе для отношения Парето имеет вид:



Если клиент с оценкой (2,2,2) отнесен ЛПР к классу 1 («давать кредит»), то клиенты с оценками (1,1,1), (1,2,1), (1,1,2), (2,1,1), (1,2,2), (2,1,2), (2,2,1) (т.е. более предпочтительными по одному или нескольким критериям) не могут быть отнесены к классу 2 («не давать кредит»). В данном случае, они автоматически попадут в класс 1.

Представляется разумным предлагать ЛПР для классификации наиболее *информативные* варианты, т.е. такие, отнесение которых к некоторому классу позволяло бы автоматически классифицировать как можно больше остальных вариантов из Y.

В методе ОРКЛАСС используется следующий *показатель информативности* векторной оценки $y^{(i)}$: $\Phi_i = \Sigma p_{il} \cdot g_{il}$ по всем $l \in G_i$, где p_{il} – вероятность попадания оценки $y^{(i)}$ в класс Y_l, а g_{il} – число векторных оценок из Y, классифицируемых автоматически, если ЛПР отнесет $y^{(i)}$ к Y_l.

Оценивание вероятностей p_{il} осуществляется различными эвристическими методами, например, на основе меры близости $y^{(i)}$ к "среднему" элементу класса Y_l.

Процедура опроса по методу ОРКЛАСС:

1) Определить подмножество Y_g оценок $y^{(j)}$, для которых G_j содержит более одного номера. Если таких нет, то все оценки классифицированы, опрос заканчивается. В противном случае:
2) Для каждого $y^{(i)} \in Y_g$ вычислить p_{il}, g_{il}, а по ним – Φ_i.
3) Выбрать среди $y^{(i)} \in Y_g$ оценку с максимальным показателем эффективности и предъявить её ЛПР для классификации.
4) Модифицировать G_i в соответствии с результатом классификации и вернуться к шагу 1.

Уменьшение числа вопросов, задаваемых ЛПР по методу ОРКЛАСС, весьма значительно. Так, для 5-ти критериев с 3-мя градациями множество всех возможных оценок будет состоять из $3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 = 243$ вариантов, но для классификации на 2 класса потребуется, в среднем, 10 вопросов.

В ответах ЛПР всегда возможны ошибки и противоречия. Они обнаруживаются в случае несоответствия результатов классификации ЛПР на шаге 3 и автоматической классификации на шаге 4. В методе ОРКЛАСС предусмотрена достаточно сложная процедура, в ходе которой они устраняются и опрос продолжается.