

## **МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

### **Введение**

Одной из характерных черт современной экономики по праву считается юридическая и экономическая самостоятельность отечественных предприятий. В то же время, обретая долгожданную свободу, большинство из предприятий столкнулось с весьма серьезными трудностями, препятствующими не только их собственному развитию, но и выходу экономики страны в целом из кризисного состояния, в котором она находится в настоящее время.

Эти трудности связаны с явным недостатком у руководителей предприятий опыта и навыков стратегического мышления, что приводит зачастую к импульсивности и непредсказуемости принимаемых решений, носящих преимущественно оперативный, в лучшем случае тактический характер, и продиктованных порой чисто личными корыстными интересами.

Умение принимать эффективные решения отличает высококвалифицированных специалистов и жизненно успешных людей. Это обстоятельство определило давний и неугасающий интерес к разработке формальных методов, правил, алгоритмов, процедур, которым можно обучить, как альтернативы субъективному интуитивному искусству принятия решений. В процессе исследований было установлено, что принимаемые решения различаются по значимости последствий, особенностям ситуаций, в которых принимается решение, степени полноты и точности исходной информации, но с формальной точки зрения имеют общую методологию и инструментарий реализации. При этом большинство формальных процедур принятия решений является инвариантными предметной области. [4]

### **Постановка задачи**

Вся человеческая целенаправленная деятельность, как бытовая, так и профессиональная представляет собой последовательность актов принятия решений. Во сколько встать утром, как одеться, каким маршрутом ехать на работу, решение текущих или уникальных профессиональных задач - все требует принятия решений. Они отличаются сложностью, возможными последствиями, но с формальной точки зрения могут быть представлены одной обобщенной моделью, инвариантной конкретному содержанию проблемы принятия решений. Анализ позволяет выделить следующие основные задачи обобщенной процедуры принятия решения:

- формирование цели, ее анализ и формализация;

© А.А. Стенин, В.В. Денисенко, 2003

-определение множества возможных путей ее достижения (множества решений);

- формирование оценки (меры) позволяющей сравнивать (ранжировать) возможные решения между собой по качеству;

-выбор из возможного множества экстремального, т.е. наилучшего по качеству единственного решения.

В теории принятия решений совокупность перечисленных задач образует общую проблему принятия решений.

### **Определение абстрактной целенаправленной системы**

Рассматривается обобщенная процедура принятия решения, как синтез абстрактной системы обеспечивающей достижение заданной цели. При такой постановке возникает необходимость формального определения абстрактной системы.

Различают естественные (нецеленаправленные) и искусственные, созданные для достижения некоторые цели (целенаправленные) системы. В дальнейшем будем рассматривать только целенаправленные системы.

В зависимости от целей анализа и уровня абстрагирования известны различные определения системы. Самым общим из них является теоретико-множественное описание [1]. В этом случае под системой понимается множество  $M$  однородных или разнородных элементов, на котором реализовано множество отношений (связей)  $R$ , упорядочивающих элементы в структуру, обладающую множеством свойств  $P$ , позволяющих достичь заданной цели. Таким образом, упорядочение множества элементов и отношений между ними образуют некоторую структуру вида

$$C = (M \times R)$$

которая может быть интерпретирована как нецеленаправленная система. Это связано с тем, что каждая структура обладает некоторыми свойствами, в том числе системными, т.е. такими, которые не вытекают прямо из свойств составляющих ее элементов, а являются результатом упорядочения, взаимодействия элементов на базе реализованных отношений. Таким образом, любая структура является *нецеленаправленной системой*. Примером является солнечная система, элементами которой является солнце, планеты и другие космические тела, а отношения описываются законами Кеплера.

В том случае, если задана цель системы, отображение данной цели на множество свойств выделяет некоторое подмножество  $P \subset R$ . Именно это подмножество  $P$  позволяет достичь цели. Следовательно, необходимо решать задачу осознанного (целеустремленного) синтеза целенаправленной системы, т.е. выбора структуры системы со свойствами, обеспечивающими достижение цели. Таким образом, целеустремленная система может быть определена как упорядоченное множество

$$S = \langle (M \times R) \times P \rangle \quad (1)$$

причем, первичным для ее синтеза является задание множества свойств.

Примером целенаправленной системы является любая экономическая система. Здесь в качестве ее элементов выступают субъекты экономики, множество отношений образуют производственные, финансовые, социальные и т.д. отношения. Совместно они определяют структуру экономики. В зависимости от конкретного набора элементов и отношений экономическая структура обладает уникальными свойствами, например, является капиталистической или социалистической. Целью экономической системы является удовлетворение потребностей общества.

Конкретизация теоретико-множественного описания системы связана с заданием множеств  $M, R, P$ . При этом множества являются конечными и поддаются информативному описанию только в том случае, если определен уровень детализации множества элементов. Так, например, с точки зрения конечного пользователя персональный компьютер как техническую систему можно рассматривать состоящим из четырех элементов – системного блока, монитора, принтера, системы управления (клавиатура и манипулятор “мышь”), для конструктора необходим более подробный уровень элементного описания и так вплоть до атомно-молекулярного уровня, на котором создается вычислительный процессор. Каждому элементному уровню соответствует множество отношений. Выбор уровня описания определяется целями и задачами, для решения которых используется описание.

Аналогично в зависимости от целей анализа любая экономическая система может рассматривать на макро- и микроэкономическом уровнях, что требует соответствующего уровня детализации элементов и отношений экономической структуры. [4]

Любое описание системы представляет собой абстрактную модель. Определение такой модели [2] тесно связано с определением абстрактного языка. *Абстрактным языком* называется некоторый алфавит (конечное множество понятий), на котором задана грамматика, т.е. правила упорядочения и манипулирования знаками алфавита. Любое высказывание, записанное на абстрактном языке, является формулой. Набор формул описывающих то или иное явление, процесс и т.д. является *абстрактной моделью*. В зависимости от языка модели могут быть вербальными (естественно-языковыми), графическими, математическими и т.д. Таким образом, описание любой системы связано с *синтезом модели*.

Независимо от вида языка описания различают два вида моделей:

- имитационные;
- оптимизационные

Имитационные модели описывают на том или ином уровне абстракции и степени подробности взаимосвязь элементов, отношений и свойств, т.е. устанавливают зависимость вида  $P = F(M, R)$ , где  $F$  - оператор связи, и ориентированы на получение ответов на вопросы типа

“что будет, если ...”. Примером является Кеплеровская модель солнечной системы. В отличие от этого оптимизационные модели ориентированы на получение ответов на вопросы типа “что нужно, чтобы ...”, т.е. определение таких элементов, отношений и свойств, которые обеспечивают достижение желаемой цели, при этом наилучшим, наиболее эффективным образом. Это связано с определением и присоединением к имитационной модели оптимизационного функционала вида  $\Theta|P| \rightarrow \underset{M,R}{extr}$

который называется *целевой функцией* или функцией цели. Примером оптимизационной модели является модель производственного предприятия, позволяющая с учетом всех внутренних и внешних характеристик определить такую номенклатуру выпускаемой продукции, которая максимизирует прибыль предприятия. В этом случае прибыль является целевой функцией.

Теория принятия решений предполагает, что имитационная модель оптимизируемой системы задана (разработка такой модели является задачей специалиста конкретной предметной области) Проблема заключается в синтезе целевой функции и решении оптимизационной задачи, т.е. определении таких значений характеристик системы, которые ее экстремизируют. Исследование общих методологических, алгоритмических и вычислительных аспектов решения указанной проблемы придают теории принятия решений междисциплинарный характер и составляют ее предмет.

Проблема синтеза системы, рассмотренная выше, включает в себя следующие задачи: определение цели; анализ цели и выделение свойств, которыми должна обладать система, для ее достижения; определение множества структур, обладающих требуемыми свойствами; выбор из них наилучшего варианта. Это означает, что проблема принятия решений может быть интерпретирована как проблема синтеза абстрактной системы.

### **Анализ основных задач синтеза системы**

**Формирование цели:** Цель – это некоторое желаемое состояние, достижение которого требует выполнения целенаправленных действий. Состояние системы описывается значением ее свойств, измеренных в определенной метрике, т.е с помощью определенной меры. Если фактическое и желаемое состояния не совпадают, возникает проблемная ситуация. Решение проблемы связано с устранением указанного рассогласования. В этом случае желаемое состояние является целью, а способ ее достижения - решением проблемы.

**Определение свойств.** На начальном этапе цель чаще всего определяется в виде обобщенного естественно-языкового (вербального) высказывания. Дальнейший конструктивный целенаправленный анализ связан с выделением и измерением требуемых для достижения цели функциональных качеств (свойств). В общем случае, как правило, не удается выделить единственное свойство, которое достаточно полно характеризует систему. Поэтому приходится определять некоторое множество

свойств, каждое из которых характеризует частное (локальное) функциональное качество, а вместе они достаточно полно характеризуют систему как целое. Таким образом, система характеризуется множеством свойств

$$P = \{p_1, p_2 \dots p_n\}$$

Частные свойства по определению имеют различный функциональный смысл, размерность, интервалы возможных значений и измеряются в различных шкалах.

Наличие того или иного набора свойств определяет принадлежность к классу систем определенной целевой направленности, например, цифровые вычислительные машины, производственные предприятия и т.д., а конкретные значения этих свойств, измеренные в каких либо шкалах - степень достижения цели (функциональное совершенство системы в целом).

Этап выделения требуемых свойств системы является очень важным, так набор свойств определяет как степень соответствия цели, так и потенциальную эффективность системы. С одной стороны набор должен быть ограниченным, т.е. учитывать только наиболее важные, определяющие свойства, а с другой - достаточно полно характеризовать систему и ее возможности. Определение такого компромисса в общем случае, особенно для сложных, масштабных систем, является далеко не тривиальной задачей. В реальной практике проектирования систем она решается на предпроектных этапах: технико-экономического обоснования (ТЭО) и разработки технического задания (ТЗ). Эти этапы определяются государственным стандартом, регламентирующим процесс проектирования. В процесс их выполнения проводится предпроектное обследование, выявление и изучение прототипов, анализ научной и патентной литературы, учет результатов предварительных научно-исследовательских (НИР) и опытно-конструкторских (ОКР) работ.

Выделение множества допустимых решений. Как вытекает из общего определения системы, свойства могут быть реализованы только на упорядоченном множестве элементов и отношений, т.е. структур (1). Задание конкретного подмножества свойств  $P$ , которыми должна обладать система, путем их отображения на универсумы (полные множества) элементов  $M$  и отношений  $R$ , определяет их подмножества  $M$  и  $R$ , на которых в принципе реализуема система с заданными свойствами. В свою очередь упорядоченное множество

$$C' = (M \times R)$$

образует множество структур. Множество  $C'$  содержит все возможные варианты построения системы отличающиеся качественно т.е наборами элементов и/или отношений, или количественно, т.е. значениями параметров (характеристик) элементов и/или отношений при одинаковом их составе. Это множество определяет область существования системы с заданными свойствами. Не все варианты решений, принадлежащие

области существования  $C'$ , являются возможными, допустимыми или целесообразными по техническим, технологическим, социальным, экономическим, экологическим, морально-этическим и т.д. соображениям. Учет этих ограничений выделяет из множества  $'$  подмножество  $X$ , которое в дальнейшем будет называться *допустимым множеством решений*. Ограничения, выделяющие  $X$ , могут быть заданы в явном виде, непосредственно исключая из рассмотрения некоторые элементы, отношения или структуры, например, ограничение на продолжительность рабочей смены или требование, чтобы все расчеты осуществлялись в национальной валюте, или опосредствовано, например, ограничение на стоимость системы в целом, экологические требования и т.д. [3]

Формально ограничения в общем случае задаются в виде комбинации равенств и неравенств, которые могут представлять собой линейные или нелинейные соотношения различной сложности. Корректность ограничений определяется условиями

$$X \subset C' \text{ или } X \cap C' \neq \emptyset$$

Первое из них означает, что множество допустимых решений  $X$  должно являться подмножеством области существования, а второе, что их пересечение не должно быть пустым множеством. В противном случае синтез системы с требуемыми свойствами в принципе невозможен.

Следует иметь в виду, что отображение свойств  $P$  на множества  $M$  и  $R$  и выделение подмножества структур  $C'$ , на которых они достижимы, может иметь различную степень определенности, что определяет сложность задачи синтеза системы.

Если задание класса системы, ее цели и основных характеристик (свойств) достаточно полно и однозначно определяет ее составные части (элементы) и их взаимосвязи (отношения) как, например, в случае создания стандартной персональной ЭВМ или производственного предприятия - это *задача прикладного синтеза* (проектирования) системы. В противном случае требуется проведение специальных научных исследований по установлению элементов и отношений, на которых достижимы заданные свойства. [5]

Конечной целью решения общей задачи принятия решения является определение (выбор) единственного наиболее эффективного (качественного) решения  $x^0$  из некоторого множества  $X$ .

Для этого необходимо выполнить следующие процедуры.

1. определить множество решений  $X$ . Эта задача включает в себя два этапа.

1.1. Содержательное задание множества, т.е. определение перечня значимых характеристик, при наличии которых элемент включается в множество. Указанные характеристики в теории принятия решений называются независимыми переменными. Набор независимых переменных обозначается  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ , при этом, если  $n = 1$ , переменная называется одномерной при  $n > 1$  – многомерной.

Обязательным условием конструктивности процедуры принятия решения является требование, чтобы все независимые переменные были измерены в количественных шкалах, т.е. все они должны иметь численные значения. В этом случае любое значение независимой переменной может быть интерпретировано как точка  $n$ -мерного пространства. При  $n = 1 (x \in R^1)$  – точка на числовой оси, при  $n = 2 (x \in R^2)$  – точка на плоскости,  $n = 3 (x \in R^3)$  – точка в 3-мерном пространстве,  $n > 3$  – точка  $n$ -мерного пространства. Положение точки определяется значениями независимых переменных (см. рисунок)

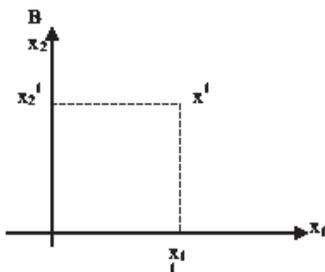


Рис. 1 – Геометрическая интерпретация независимых переменных

### 1.2 Задание границ множества решений $X$ .

Это второй этап реализации процедуры формирования множества решений, при этом возможны две ситуации.

А. На независимые переменные  $x_i$  не наложены никакие дополнительные ограничения, кроме естественно вытекающих из содержательного смысла переменной в контексте конкретной задачи принятия решений. Например, цена изделия не может быть отрицательной, но может изменяться в интервале  $[0, \infty]$ ; а прибыль может быть отрицательной и изменяться в интервале  $[-\infty, +\infty]$ . Это означает, что множество решений совпадает с областью существования  $X^S$  системы, которая анализируется.

Б. Альтернативная ситуация заключается в том, что границы множества решений  $X$  заданы четко в виде набора ограничений (равенствами или неравенствами) на значения каждой независимой переменной или комбинации (суммы, произведения и т.д.) части или всех переменных. Например,  $x_1 > a$  или  $x_1 \geq bx_2$  ( $a$  и  $b$  – некоторые числа). Множество заданное ограничениями на значения управляемых переменных, называется допустимым множеством решений  $X_\partial$ . Оно является подмножеством области существования  $X_\partial \subset X^S$ .

2. Сформировать скалярную меру эффективности (качества) решений  $x \in X$ . В качестве такой меры в общем случае выступает функция обобщенной полезности  $P(x)$ . Эту функцию часто называют функцией цели, так как она характеризует степень достижения цели.

Наличие скалярной функции цели позволяет сравнить, т.е. устано-

вить отношение порядка на любой паре решений  $x^1 : x^2 \in X$  из множества решений.

При этом определяется не только какое решение эффективнее (предпочтительнее), например  $x^1 \succ x^2$ , но и сила предпочтительности, т.е. на сколько или во сколько раз одно решение эффективнее другого. [5]

Аналогично можно установить отношение порядка (т.е. ранжировать по эффективности) на любом счетном или конечном множестве решений. Например, по итогам финансового года можно определить эффективность работы всех отделений крупного банка, региональных филиалов фирмы, провести сравнительный анализ нескольких инвестиционных проектов и т.д. Однако в общем случае лицо принимающее решение (ЛПР) интересуется только одно, наиболее эффективное из всех возможных решение. С формальной точки зрения это означает, что ЛПР интересуется только крайний (минимальный или максимальный в зависимости от смысла функции цели) элемент упорядоченного ряда решений. Такое решение называется экстремальным (от латинского *extremum* - крайний) или оптимальным (от латинского *optimus* - наилучший).

Общая постановка задачи определения экстремального (оптимально-го) решения  $x^0$  имеет следующий вид

$$x^0 = \underset{x \in X}{extr} f(x)$$

где  $f(x)$  – целевая функция. Эта задача далеко не тривиальная и методы ее решений существенно зависят от вида функции цели  $f(x)$ , способа задания и особенностей множества  $X$ , числа управляемых переменных (размерности задачи) и т.д. [3]

### Заключение

Анализ и получение решений на модели производится с помощью аналитических и численных методов. Численный метод предусматривает подстановку конкретных значений параметров в модель. Адекватность модели, т.е. точность ее соответствия реальным процессам проверяется путем сопоставления полученных с ее помощью численных оценок с фактическими результатами, полученными в реальных условиях. По результатам оценки адекватности производится корректировка модели. При этом все предыдущие этапы могут повторяться по несколько раз. Окончательное решение может быть представлено к реализации в виде ряда рабочих процедур, которые должны быть легко поняты и применены тем, кто будет отвечать за их осуществление. Перечисленные этапы не обязательно выполняются в указанном порядке. Многие из них осуществляются одновременно. Достаточно часто формулировка постановки задачи уточняется фактически вплоть до принятия окончательного решения.

### Литература

1. Энциклопедия кибернетики, т2 – К.: главная редакция украинской советской энциклопедии, 1974. – с.335-339

2. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 128с.
3. Гремейер Ю.Б. Введение в теорию исследований операций. – М.: Наука, 1971. – 384с.
4. Эконометрика: Учебник/под ред. Елисеевой И.И. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 344с.
5. Ларичев О.И. Мошкович Е.М. Количественные методы принятия решений. – М.: Физмат 1996. – 208с.