

© Полтавский А.В., Семенов С.С., Бурба А.А.
Poltavskiy A., Semenov S., Burba A.

МЕТОДЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ОБЪЕКТОВ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

METHODS OF MAKING THE DEVELOPMENT OF OBJECTS COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS

Аннотация. Показано, что методы принятия решений находят широкое применение в задачах разработки различных объектов сложных технических систем. Предусматривается комплексирование методов и моделей в условиях выбора и предпочтений для новых объектов.

Annotation. It is shown that decision-making methods are widely used in the problems of development of various objects of complex technical systems. Provides complexing methods and models in terms of choice and preference for new objects.

Ключевые слова. Системный анализ, сложная техническая система, процедура принятия решения, метод принятия решения, лицо, принимающее решение, альтернативный вариант, эффективность, критерий эффективности, сравнительный анализ.

Key words. System analysis, complex technical system, the decision procedure, decision-making methods, decision maker, the alternative, efficiency, effectiveness criterion, comparative analysis.

Введение

В нашей стране в период 70-90-х гг. XX века проблеме принятия обоснованных решений в самых различных областях: при проектировании сложных технических и организационных систем, при планировании развития городов, при выборе программ развития энергетики, освоения новых экономических районов и т. п. уделяли серьезное внимание. Затраты на осуществление решений, связанных с такими сложными объектами и процессами, непрерывно возрастают, а последствия неудачных решений становятся все серьезнее. В современных условиях опыт и интуиция не всегда оказываются в состоянии обеспечить выбор наилучшего решения. В связи с этим стали интенсивно развиваться научные методы принятия решений, возникло новое научное направление – теория принятия решений. Появились целые научные школы по разработке методологии проектирования сложных технических систем (СТС) как в академических структурах, так и в профильных научных организациях,

где важная роль отводилась теории принятия решений.

Переход Российской Федерации на новые экономические отношения, происшедший за последние 20 лет, когда возросла роль обоснования выделяемых денежных средств на разработку и производство продукции, а также выход нашей страны на мировой рынок торговли,

обострил проблему создания высококонкурентной продукции, что может быть обеспечено при усилении роли теории принятия решений. Основное назначение теории принятия решений – помочь лицу, принимающему решение, разобраться в своем отношении к возможным последствиям выбора

Под принятием решений обычно понимается выбор наиболее предпочтительного решения (способа достижения поставленной цели) из множества допустимых альтернативных решений или вообще некоторое упорядочение этого множеств. Последствия выбора различных вариантов альтернативных решений характеризуются определенной степенью достижения

Полтавский Александр Васильевич – доктор технических наук, старший научный сотрудник, старший научный сотрудник ИПУ РАН, тел. 334-84-79;

Семенов Сергей Сергеевич – кандидат технических наук, руководитель группы анализа и перспективного проектирования, Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН;

Бурба Александр Алексеевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ИПУ РАН.

Poltavskiy Alexander – Ph.D., senior scientist, senior scientist, Institute of control sciences of RAS, tel. 334-84-79;

Semenov Sergey - Ph.D., head of analysis and design perspective, Institute of control sciences of VA. Trapeznikov RAS;

Burba Alexander – Ph.D., senior scientist, Institute of control sciences of RAS.

цели выбора и оцениваются лицом, принимающим решение (ЛПР). У него имеются свои представления о достоинствах и недостатках отдельных исходов, свое собственное отношение к ним, а следовательно, и к соответствующим вариантам решений, т.е. существует система предпочтений. Поэтому человек заинтересован в выборе таких альтернативных вариантов, которые представляются ему наилучшими в соответствии с его системой предпочтений. Однако в сложных реальных ситуациях представления лица, принимающего решение, о задаче обычно оказываются неполными и нечеткими. Эти обстоятельства не позволяют ему априори полностью проанализировать различные аспекты последствий сравниваемых вариантов решений, установить их существенность при выборе, сформировать целостное отношение к альтернативным вариантам, а значит, и сформулировать критерий выбора или целевую функцию¹. Таким образом, система предпочтений лица, принимающего решение, является слабоструктуризованной [1]. Такой класс задач принятия решений присущ, как правило, при постановке задач выбора СТС, особенно на начальных этапах формирования технического облика систем. Для решения задач выбора разрабатываются математические модели, Использование модели позволяет провести объективный анализ и сравнение альтернативных вариантов с учетом различных аспектов их последствий, а также отношения ЛПР к этим последствиям, структуризацию исходной содержательной задачи и сформировать критерий или чаще всего систему критериев выбора. В таком виде задача принятия решений становится многокритериальной.

Бурное развитие компьютерных и информационных технологий привело к тому, что, начиная с 90-х годов XX в., на основе современного математического аппарата в области теории принятия решений в различных областях знаний и техники были созданы автоматизированные системы поддержки принятия решений (СППР). При этом сохраняется актуальность проблемы использования того или иного метода теории принятия решений, на базе которого создается СППР [2–10].

В данной статье рассмотрены классификация и особенности известных методов теории принятия решений, которые могут быть использованы при создании СТС, в том числе и при оценке их технического уровня.

1. Моделирование в процессах принятия решений при создании и модернизации объектов сложных технических систем

1.1. Особенности моделирования многокритериальных задач

Характерной особенностью СТС является многокритериальность, которая означает, что степень совершенства системы, качеств выполнения ею своих функций зависит от нескольких выходных характеристик. Поэтому и при проектировании системы, и при сравнении альтернативных технических решений надо учитывать вклад каждой из этих характеристик.

Практическое проектирование неизбежно приводит к появлению альтернативных технических решений. Они возникают когда проектирование ведется на конкурсных началах разными коллективами, а также одним коллективом. Поэтому переход от проекта к разработке и к освоению системы в производстве настоятельно требует выбрать из имеющихся альтернатив предпочтительную. Многокритериальность системы вызывает трудность решения задачи выбора, если одна из альтернатив превосходит другую по одной группе критериев, но уступает ей по другой.

Решение может считаться наилучшим лишь для данного ЛПР в соответствии с поставленной целью. Модель задачи принятия решений должна представлять эту задачу в упрощенном, очищенном от посторонних факторов, четко структурированном виде. Подробность и точность модельного описания задачи зависят от того, насколько глубоко лицом, принимающим решение, осознана суть стоящей задачи, изучены возможные аспекты последствий альтернативных вариантов, установлена ответственность признаков, влияющих на конечный результат.

1.2. Основные элементы многокритериальной модели сложной технической системы

Многокритериальная модель для задачи принятия решений может быть представлена в следующем виде [11]:

$$\langle t, X, S, K, X, f, P, r \rangle, \quad (1)$$

где t – постановка (тип) задачи; S – множество решений; K – множество критериев; X – множество шкал критериев; f – отображение множества допустимых решений в множество векторных оценок; P – система предпочтений лица, принимающего решение; r – решающее правило.

¹Конструктор всегда работает в условиях альтернатив: и принимая решения на участие в конкурсе, и в ходе проектирования и разработки оружия. Конечно, случаются и озарения, когда первый вариант оказывается и единственно верным. Но это исключение из правил. Выход на качественно новый уровень в разработке конструкций обеспечивают все-таки альтернативные решения. Они требуют от конструктора решительности, точности в выборе наиболее оптимального и целесообразного варианта (Калашников М.Т. Записки конструктора-оружейника. – М.: Воениздат, 1992. – 300 с. – С. 271).

Рассмотрим содержательные определения элементов модели.

Постановка задачи характеризует цели лица, которое принимает решение (ЛПР).

Совокупность решений, удовлетворяющих в каждой задаче определенным ограничениям и рассматриваемых как возможные способы достижения поставленной цели, представлено множеством S . Элементы множества S называются также допустимыми решениями, вариантами решений, стратегиями, действиями, альтернативами, вариантами и т. п. Множество решений (конечное или бесконечное) либо задается, либо формируется в ходе исследования.

Каждое решение оценивается по нескольким критериям K_1, K_2, \dots, K_n . В качестве критериев могут быть выбраны основные показатели, которые:

- признаются лицом, принимающим решение, в качестве характеристик степени достижения подцелей поставленной цели;
- являются общими и измеримыми для всех допустимых решений;
- характеризуют общую ценность решений таким образом, что у лица, принимающего решение, имеется стремление получить по ним наиболее предпочтительные оценки (т. е. они не могут быть представлены в виде ограничений).

Множество критериев (векторный критерий) в некоторых задачах бывает задано, но обычно оно формируется в процессе исследования.

Для каждого из критериев должна быть задана или построена шкала, представляющая собой множество упорядоченных оценок. Шкалы X_1, X_2, \dots, X_n , образующие множество X , могут быть числовыми и нечисловыми; числовые шкалы могут быть дискретными и непрерывными. Множество X может содержать шкалы различных типов.

Каждое решение оценивается по шкалам X_1, X_2, \dots, X_n , т.е. каждому решению s из S ставится в соответствие n -мерная векторная оценка $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, где x_i – некоторое значение i -го критерия по шкале X_i . Таким образом, множеству допустимых решений S ставится в соответствие множество допустимых векторных оценок (исходов) $A \subseteq Y$ с помощью отображения $f: S \rightarrow A$.

В теории принятия решений предполагается, что каждое лицо, принимающее решение, имеет некоторую систему предпочтений, из которой оно исходит при рациональных действиях. Под системой предпочтений лица, принимающего решение, будем понимать совокупность обычно не структурированных (тем более не формализованных) его представлений, связанных с достоин-

ствами и недостатками сравниваемых решений. Предпочтения ЛПР структурируются, выявляются и формализуются (а иногда и окончательно формируются) обычно только в ходе специального исследования, направленного на построение модели. В многокритериальной модели система предпочтений описывается некоторой совокупностью P некоторых множеств с отношениями предпочтения (например, множеств критериев, интервалов между оценками допустимых решений определенного вида и т. п.).

Решающее правило (один из методов принятия решения) представляет собой принцип сравнения векторных оценок и вынесения суждений о предпочтительности одних из них по отношению к другим; оно может быть задано в виде аналитического выражения, алгоритма или словесной формулировки. Решающее правило должно приводить к такому упорядочению множества допустимых решений, которое соответствует содержательной постановке задачи и согласуется с принятыми в модели допущениями и системой предпочтений лица, принимающего решение.

Основные проблемы, возникающие при построении различных моделей многокритериальных задач, связаны с трудностями получения информации, необходимой для разработки таких моделей. Как правило, при анализе конкретных многокритериальных задач оказывается, что:

- отсутствует полный перечень всех допустимых вариантов решений;
- неизвестен или не является полным перечень критериев, характеризующих качество решений;
- не построены все или некоторые шкалы критериев;
- не получены оценки всех вариантов решений по шкалам критериев;
- не сформировано решающее правило, позволяющее получить требуемое в задаче упорядочение.

1.3. Структурная схема процесса построения и использования модели

Построение моделей многокритериальных задач принятия решений является сложной процедурой, состоящей из формализованных и неформализованных этапов. В процессе построения и исследования многокритериальной модели участвуют три группы лиц: лицо, принимающее решение, консультант и эксперты.

На рис. 1 в качестве примера представлена одна из множества процедур принятия решения из 13 этапов при решении дискретной многокритериальной задачи. Результаты исследования модели позволяют получить упо-

рядочение множества допустимых решений, согласованное с принятыми допущениями и используемой информацией. Возможно построение различных вариантов и моделей, достоинства и недостатки которых могут быть выявлены только на основе их сравнительного анализа и практического использования.

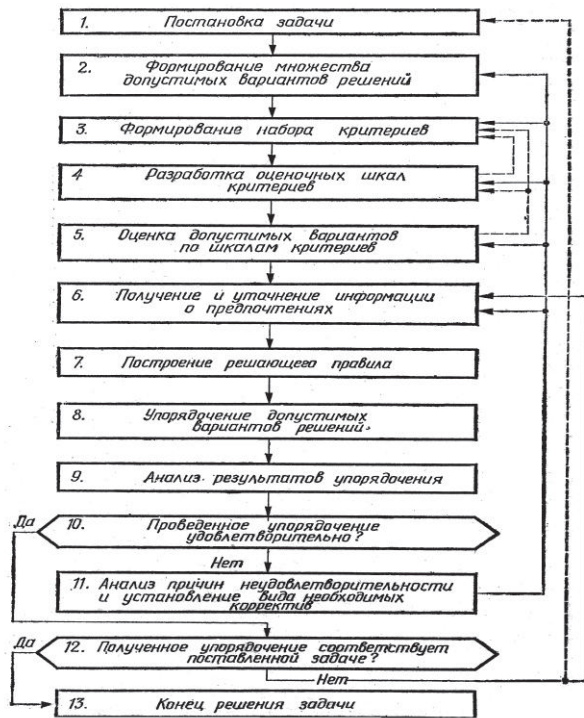


Рис. 1. Структурная схема итеративной диалоговой процедуры принятия решений

Рассмотрим теперь структурную схему итеративной диалоговой процедуры принятия решений.

На первом этапе осуществляется постановка задачи, т.е. устанавливается вид требуемого упорядочения вариантов решений, формируется цель предстоящего исследования и содержательное значение понятия "вариант решения".

На втором этапе формируется множество вариантов решений, проверяется возможность использования их для достижения поставленной цели, устанавливается смысл понятия "допустимость", разрабатывается способ проверки допустимости вариантов решений и выделяется их множество,

Затем (третий этап) проводится анализ возможных последствий реализации выделенных вариантов решений, определяется перечень показателей, характеризующих возможные последствия, и формируется набор критериев, достаточно полно характеризующих эти последствия.

На четвертом этапе разрабатываются оценочные шкалы выделенного набора критериев. Реализация опе-

раций третьего и четвертого этапов, представляет собой сложную процедуру. Эти два этапа очень тесно связаны друг с другом.

Пятым этапом является оценка допустимых вариантов решений по шкалам выделенных критериев.

Построение решающего правила, приводящего к требуемому упорядочению вариантов решений, может проводиться в несколько этапов. На шестом этапе осуществляется получение некоторой информации о предпочтениях лица, принимающего решение. Эта информация характеризует оценку влияния различных изменений оценок по шкалам критериев на общее качество (полезность, ценность) решения. После этого на седьмом этапе информация используется для построения соответствующего решающего правила. На основе построенного решающего правила проводится сравнение и упорядочение вариантов решений (этап 8). Результаты упорядочения анализируются на этапе 9.

В случае неудовлетворенности полученного упорядочения (этап 10) исследуются причины неудовлетворительности (этап 11). Такими причинами могут сказаться:

- неадекватность использованной информации или допущений интуитивным предпочтениям;
- исключение из анализа какого-либо допустимого варианта решения;
- неполнота набора критериев, используемых в модели;
- несоответствие шкал критериев возможностям оценки;
- неточности или ошибки при оценке некоторых допустимых вариантов;
- неточное определение понятия "допустимый вариант".

В зависимости от причин, которые привели к неудовлетворительности проведенного упорядочения вариантов решений, в рассматриваемую модель вносятся необходимые уточнения, дополнения или исправления (возможные коррективы указаны) и повторяются соответствующие этапы. Если упорядочение вариантов оказывается удовлетворительным (этап 10), то при использовании решающих правил, приводящих к частичному упорядочению векторных оценок, проверяется, соответствует ли его вид поставленной задаче (этап 12).

В случае, когда упорядочение вариантов решений, полученное на некотором шаге, признается лицом, принимающим решение, удовлетворительным и отвечает поставленной задаче, это упорядочение выбирается в качестве окончательного (этап 13). Если лицо, принимающее решение, действует рационально, оно должно

выбрать вариант решения в соответствии с полученным упорядочением¹.

2. Эффективность сложной технической системы

В конечном итоге ЛПР, анализируя возможные альтернативные пути реализации достижения поставленной цели, выбирает наиболее эффективные.

Эффективность есть обобщенное определяющее функциональное свойство системы, реализующее операцию, которое раскрывается через категорию цели (желаемый результат) и объективно выражается степенью достижения цели с учетом затрат ресурсов и времени на реализацию операции [12]. Формирование критерия оценки качества принимаемых решений является одной из основных задач в процессе управления любым объектом. Для нахождения оптимального (рационального) управления (решения) необходимо установить зависимость между выбранным критерием эффективности и факторами, влияющими на его величину.

Широко известно, что критерий эффективности W в общем виде может быть записан следующим образом [7]:

$$W = \Phi(U, S, C), \tag{2}$$

где Φ – некоторый функционал; U – вектор управляющих воздействий на систему

$$U = f(u_1, u_2, \dots, u_n); \quad i=1, \dots, n;$$

S – вектор, характеризующий параметры среды;

C – вектор, характеризующий непосредственно сам процесс (или систему).

Вектор C можно представить в виде

$$C = \Phi(K, P),$$

где вектор $K = (k_i)$ характеризует структуру системы, а вектор $P = (p_i)$ является вектором параметров (или конкретного набора числовых характеристик системы).

Широко известное выражение (2) можно рассматривать как математическую модель наблюдаемого управляемого процесса (или системы). С помощью этой модели можно искать наилучшее (рациональное) управление, структуру, а также параметры заданной структуры.

Критерий эффективности может быть скалярным, т.е. характеризоваться одним единственным числом, или может быть векторным, характеризующимся совокупно-

стью чисел. В соответствии с характером выбранного метода исследования и критерия принято различать однокритериальные и многокритериальные задачи принятия решений.

Классификация критериев эффективности приведена в таблице. При выборе критерия эффективности операции всегда следует придерживаться согласованности цели, задачам операции и критерия эффективности. В случаях, когда определен требуемый результат операции, критерий наибольшей вероятностной гарантии лучше согласован с целью операции, чем критерий наибольшего среднего результата.

Классификация критериев эффективности

Критерии эффективности сложной технической системы	
Критерий пригодности	Критерии приемлемого результата: допустимой гарантии; допустимого гарантированного результата и др.
Критерий оптимальности	Критерии наибольшего результата: наибольшего среднего результата; наибольшей вероятности гарантии; наибольшего гарантированного результата и др.
Критерий адаптивности	Критерии селекции: свободы выбора решений; самоорганизации и др.

Критерий "эффективность-стоимость" широко используется в системах двойного назначения (ДН), например, в военном деле при анализе боевого применения оружия [13]. Покажем это на примере соотношения между стоимостью и эффективностью системы оружия в решении поставленных задач. Обычно это соотношение выражается, как правило, графиком, показанным на рис. 2 (в целях визуализации).

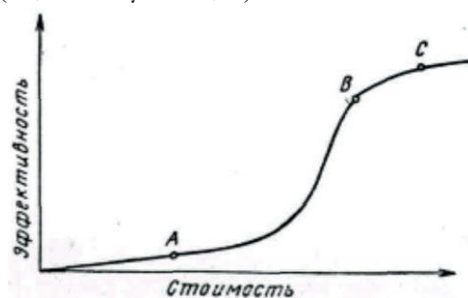


Рис. 2. Типовая кривая соотношения стоимости и эффективности систем оружия

¹Для выбора предпочтительной альтернативы между двумя вариантами СТС достаточно установить перечень частных критериев анализируемой системы (x_1, x_2, \dots, x_n) и выбрать обобщенный критерий X (целевую функцию) и установить аналитическую зависимость X от частных критериев $X = \Phi(x_1, x_2, \dots, x_n)$. Затем определяется численное значение обобщенного критерия X_1 для системы варианта 1 и X_2 для системы варианта 2. Далее подставляется в выражение для обобщенного критерия численные значения частных критериев, содержащихся в проектах двух сравниваемых вариантов СТС. Предпочтительным является тот вариант, для которого обобщенный критерий имеет большую величину. Формирование обобщенных критериев на основе объективно существующих связей с частными критериями должно способствовать правильному выбору предпочтительной альтернативы (Брахман Т.Р. Многокритериальность и выбор альтернативы в технике. – М.: Радио и связь, 1984. – 288 с. – С. 56).

Если некую систему оружия можно представить точкой А на графике, то задачи этой системы явно превышают возможности бюджета. Тогда следует либо выбрать более скромные цели, либо вовсе отказаться от такой системы оружия, либо решиться на большие расходы и создать систему оружия с характеристиками, соответствующими точке В. Если у нас будет достаточно средств, то можно создать систему, соответствующую точке С. Однако здесь мы вкладываем в систему больше денег, чем это экономически целесообразно, и следует либо искать другие системы оружия, либо ставить более ограниченные задачи. Если по оценке исследователя и того, кто использует результаты его работы, альтернативы, признанные лучшими в анализе по модели, будут приемлемы, то процесс анализа на этом заканчивается. В противном случае следует продолжать поиск других лучших альтернатив или выбрать более скромные цели. Введение критерия "эффективность-стоимость" в виде отношения "эффективности" к "стоимости" позволяет ЛПР принимать обоснованные решения при создании СТС. Популярность данного критерия объясняется тем, что он достаточно прост и ясен. Отношение эффективности принимаемого решения к затратам на его реализацию показывает, с одной стороны, насколько оправданы производимые вложения, и, с другой стороны, во что может обойтись неоправданное экономия средств. Однако заложенная в нем идеология не столь проста, как кажется на первый взгляд. Дело в том, что зависимость критерия от эффективности линейная, а зависимость его от стоимости гиперболическая (рис. 3). [7]. В силу этого он отдает явное предпочтение дешевым решениям (проектам), а в дорогих относится к затратам весьма "снисходительно".

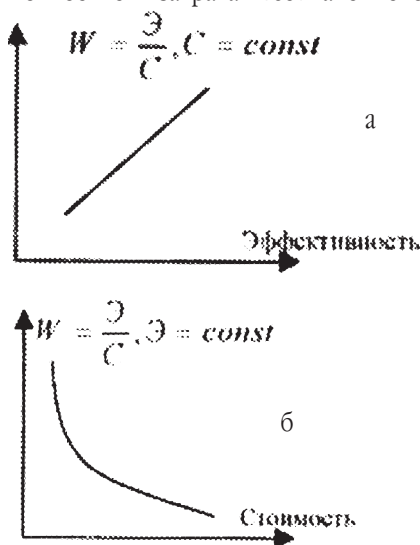


Рис. 3. Схематизация представления зависимости отношения:
 а – $W = \frac{\Delta}{C}$ от стоимости (при $C = \text{const}$);
 б – $W = \frac{\Delta}{C}$ от стоимости (при $\Delta = \text{const}$)

К достоинствам критерия "эффективность-стоимость" следует отнести простоту и прозрачность, к недостаткам – зависимость критерия от эффективности линейная, а от стоимости гиперболическая.

При обращении к критериям "эффективность-стоимость" следует внимательно относиться к тому, насколько критерий отвечает пониманию задачи, и корректировать его особенности путем ограничения области применения типа: "стоимость не выше, чем ...", "эффективность не ниже, чем ...".

3. Классификация методов принятия управленческих решений

Существует множество классификаций методов и моделей принятия решений, основанных на применении различных признаков [14]. При классификации каждый из элементов выражения (1) может служить ее признаком и характеризоваться следующими свойствами:

1. По виду отображения f . Отображение множества S и K может иметь детерминированный характер, вероятностный или неопределенный вид, в соответствии с чем задачи принятия решений могут быть разделены на задачи в условиях риска и задачи в условиях неопределенности.

2. По насыщенности множества K . Множество критериев выбора может содержать один элемент или несколько, что дает основание определить задачи принятия решений как задачи со скалярным критерием или задачи с векторным критерием (многокритериальное принятие решений),

3. По типу системы предпочтения P . Предпочтения могут формироваться одним лицом или коллективом, и в зависимости от этого задачи принятия решений можно классифицировать на задачи индивидуально принятых решений и задачи коллективного принятия решений [15].

Методы и модели индивидуального принятия решений при многих критериях можно разделить на следующие основные группы:

блоки первой группы:

- лексикографические методы;
- аксиоматические методы многокритериальной теории полезности;
- методы сравнения многомерных альтернатив (методы доминирования, компенсации, порогов несравнимости);

блоки второй группы:

- методы построения обобщенного критерия;
- вербальные методы;

- методы теории нечетких множеств;
- интеллектуальные методы.

Методы принятия коллективных решений можно разделить на следующие группы:

блоки первой группы:

- методы коллективного бесконфликтного выбора;
- методы группового выбора;
- методы кооперации (распределение затрат и прибыли);

блоки второй группы:

- динамические методы коллективного выбора в конфликтных ситуациях;
- задачи о назначениях;
- методы формирования коллективного поведения.

Из множества нам известных методов и подходов к принятию решений наибольший интерес представляют те, которые дают возможность учитывать многокритериальность и неопределенность, а также позволяют осуществлять выбор решений из множеств альтернатив различного типа при наличии критериев, имеющих разные типы шкал измерения (эти методы относятся к четвертой группе). Иная схема классификации методов анализа сложных систем приведена на рис. 4, которые представлены двумя – неформальными с привлечением знаний и опыта специалистов и формальными методами, связанными с описанием проблемы на основе математических методов [17].

законом (основа модели) или экспериментом.

При определении перспективы развития техники и оценки технического уровня СТС классификацию используемых методов можно представить в виде:

- методов, основанных на технико-экономическом прогнозировании технического уровня сложных систем;
- методов, основанных на статистическом прогнозировании технического уровня сложных систем;
- экспертных методов прогнозирования и оценки технического уровня сложных систем;
- комплексного метода оценивания технического уровня сложных технических систем.

4. Методы принятия управленческих решений в создании объектов сложных технических систем

В области теории принятия решений за последние годы вышло много научных работ, посвященных как выбору вариантов при создании СТС [15, 18–20], так и непосредственно развитию методов теории принятия решений. Среди них можно отметить монографию [15], в которой изложены методы теории принятия решений, включающие методы анализа иерархий и аналитических сетей, методы, основанные на теории нечетких множеств, метод кластерного анализа и комбинаторно-морфологического анализа и синтеза систем, эвристические методы поиска новых решений, интеллектуальные методы и системы для поддержки процедур принятия стратегических реше-

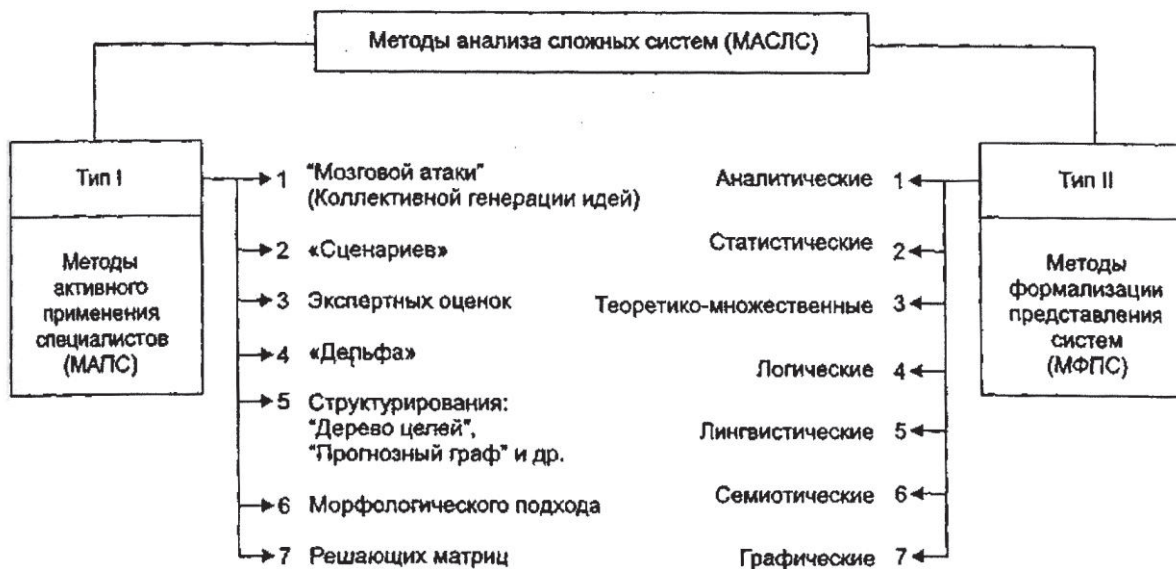


Рис. 4. Схематизация классификации методов анализа сложных систем

Постановка задачи предназначена для перевода ее словесного (вербального) описания в формальное. Для рекомендации решения данного класса задач по формализованному методу должна быть разработана модель, адекватность которой подтверждается фундаментальным

методами теории полезности и теории игр. Особенности задач системного анализа и проблемы, связанные с решением многокритериальных задач рассмотрены в монографии [10], в которой изложены методы многовекторной оптимизации и многовекторного ранжирования.

Анализ методической литературы по теории принятия решений и научно-технической литературы по проектированию СТС показывает, что при выборе основных направлений развития объектов техники и создании СТС, в том числе при оценке их технического уровня могут быть использованы следующие методы принятия решений:

- методы свертки векторного критерия;
- метод минимизации уступок;
- метод оптимизации по доминирующему критерию;
- методы ранжирования (метод парных (бинарных) отношений), метод последовательных уступок);
- метод весовых коэффициентов;
- метод идеальной точки;
- метод ЭЛЕКТРА;
- метод анализа иерархий;
- статистические методы оценки уровня качества продукции (корреляционный анализ и регрессионный анализ);
- спектральный метод ранжирования альтернативных вариантов;
- метод нечеткого отношения предпочтения;
- метод предпочтения;
- метод решающих матриц;
- метод документаций;
- метод тестов;
- метод Парето;
- метод оценки непротиворечивости суждений;
- метод смешанной альтернативы;
- метод согласования оценок;
- экспертные методы (метод Дельфы, метод комиссий, метод суда, метод "мозговой атаки" или "мозгового штурма", или "коллективной генерации идей" и разновидности – индивидуальный "мозговой штурм", массовый "мозговой штурм", письменный "мозговой штурм", двойной "мозговой штурм", обратный "мозговой штурм", "конференция идей");
- метод взаимной оценки и самооценки, метод сложных экспертиз).

Методы упорядочения могут использоваться в случаях, когда:

- затруднено использование вероятностных методов;
- из общего числа альтернатив или каких-либо характерных признаков (факторов) необходимо выделить наиболее важные;
- нужно сравнить некоторые количественные факторы, точные измерения которых связаны со значительными трудностями;
- необходимо оценить какие-либо качественные фак-

торы, которые нельзя точно измерить, но можно сопоставить степень обладания каждого из них этим качеством ("лучше", "важнее", "полезнее").

Для ЛПР при проектировании новых образцов техники или оценке их технического уровня всегда возникает вопрос целесообразности использования того или другого метода принятия решений. Еще более ответственная задача встает перед разработчиками СППР, когда они выбирают математический аппарат теории принятия решений, на базе которого разрабатывается в дальнейшем автоматизированный программно-аппаратный комплекс. Известны работы, в которых приведены основные свойства популярных методов теории принятия решений и рекомендации по их использованию [5, 7, 16, 21, 22].

В монографии [22] на основе обзора методов теории принятия решений, используемых при оценке СТС и других объектов на основе сопоставительного анализа, рекомендованы для практического анализа метод весовых коэффициентов, метод идеальной точки, метод ЭЛЕКТРА. В информационно-аналитической системе "Оценка и выбор" для оценки объектов имеется возможность применить два первых метода. Сопоставительный анализ различных методов принятия решений приведен в монографии [15]. На рис. 5 приведены результаты решения задач выбора рационального инновационного проекта, полученные разными методами: методом анализа иерархий [23], методом отношения предпочтения, нечетким методом, аддитивной сверткой, максимальной сверткой.

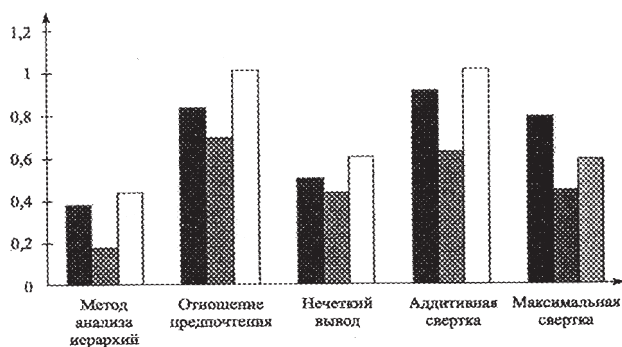


Рис. 5. Структурная схема итеративной диалоговой процедуры принятия решений

На основе проведенного анализа вытекает следующий вывод, что:

- каждый метод имеет свои ограничения, и исследователь должен получить представление о методе перед тем, каким образом далее применить метод;
- основной проблемой многокритериального выбора из структур СТС является выбор критериев, а также возможные способы вычисления интегральных оценок;

- эвристический подход дает широкие возможности для представления информации.

Выводы

1. В ходе проведенных исследований:
 - показана значимость методов и моделей принятия решений при формировании новых направлений развития объектов техники и технического облика СТС;
 - рассмотрены процедуры и модель принятия решений при создании СТС;
 - приведены понятия об эффективности СТС и основной критерий эффективности;
 - рассмотрены различные типы классификации методов и моделей принятия решений;

- представлены основные свойства некоторых известных методов принятия решений.

2. Анализ источников по проблемам теории и практики принятия решений показал, что сопоставительный анализ методов принятия решений является важным фактором выбора рационального метода принятия решений для проведения конкретных практических работ в интересах оценки технического уровня объектов СТС.
3. Для получения достоверных оценок технического уровня анализируемых объектов техники необходимо использовать методические подходы, основанные на комплексном моделировании и рациональном применении зарекомендовавших методов теории принятия решений.

Литература

1. Оптнер С.А. Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем. – М.: Сов. Радио, 1969. – 216 с.
2. Иоффин А.И. Разработка и применение автоматизированного многокритериального метода оценки качества продукции. – Автореферат диссертации. – М., 1992. – 17 с.
3. Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка принятия решений. – М.: Синтек, 1998. – 376 с.
4. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Компьютерная поддержка изобретательства (методы, системы, примеры применения). – М.: Машиностроение, 1998. – 476 с.
5. Тоценко В.Г. Методы и системы поддержки принятия решений. – Киев: Наукова думка, 2002. – 382 с.
6. Костогрызлов А.И., Нистратов Г.А. Стандартизация, математическое моделирование, рациональное управление и сертификация в области системной инженерии. – М.: Изд-во ВПК и 3 ЦНИИ МО РФ, 2004. – 396 с.
7. Бомас В.В., Судаков В.А., Афонин К.А. Поддержка принятия многокритериальных решений по предпочтениям пользователя. СППР DSB/UTES. Под ред. В.В. Бомаса. – М.: Изд-во МАИ, 2006. – 172 с.
8. Семенов С.С. Оценка технического уровня систем наведения управляемого авиационного оружия класса "воздух-поверхность" // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2006. – № 8 – С. 7-11; № 9 – С. 13-23; № 10 – С. 12-18.
9. Лотов А.В., Поселова И.И. Многокритериальные задачи принятия решений. Метод достижимых целей. – М.: МАКС Пресс, 2008. – 197 с.
10. Сафронов В.В. Основы системного анализа: методы многовекторной оптимизации и многовекторного ранжирования. – Саратов. Научная книга, 2009. – 329 с.
11. Гафт М.Г. Принятие решений при многих критериях. – М.: "Знание", 1979. – 64 с.
12. Надежность и эффективность в технике: Справочник. Т.3. Эффективность технических систем / Под общ. ред. В. Ф. Уткина, Ю. В. Крючкова. – М.: Машиностроение, 1988. – 328 с.
13. Квейд Э. Анализ сложных систем. Под ред. П.И. Ануреева, И. М. Верещагина. – М., Сов. радио, 1969. – 520 с.
14. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных странах. – М.: Логос, 2000. – 296 с.
15. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Системный анализ стратегических решений в инноватике. Математические, эвристические и интеллектуальные методы системного анализа и синтеза инноваций. – М. Книжный дом "ЛИБРОКОМ", 2013. – 304 с.
16. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Анализ, синтез, планирование решений в экономике. – М.: "Финансы и статистика", 2000. – 368 с.
17. Разумов О.С., Благодатских В.А. Системные знания: концепция, методология, практика. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 400 с.
18. Дубов Ю. А., Травкин С.И., Якимец В.Н. Многокритериальные модели формирования и выбора вариантов систем. – М.: Наука, 1986. – 296 с.
19. Айзерман М.А., Алескеров Ф.Т. Выбор вариантов. Основы теории. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. – 237 с.
20. Березовский Б.А., Гнедин А.В. Задача наилучшего выбора. – М.: Наука, 1984. – 196 с.
21. Мушик Э., Мюллер П. Методы принятия технических решений. – М.: Мир, 1990. – 208 с.
22. Семенов С.С., Харчев В.Н., Иоффин А.И. Оценка технического уровня образцов вооружения и военной техники. – М.: Радио и связь, 2004. – 552 с.
23. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 2003. – 320 с.

Материал поступил в редакцию 19. 03. 2014 г.