



Семенов С.С., Полтавский А.В., Маклаков В.В., Крянев А.В.

ОБЗОР МЕТОДОВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

С переходом нашей страны на рыночные отношения существенно возросла роль этапа принятия решений при создании высокотехнологичной продукции. В данной статье рассмотрена математическая модель принятия решений при создании сложной технической системы (СТС), позволяющая выбрать предпочтительные варианты реализации СТС из числа альтернативных. Даны определения понятия «эффективность» СТС и основные критерии эффективности, приведены различные типы классификации методов принятия решений, основные свойства и проведен сравнительный анализ наиболее известных методов принятия решений, а также результаты сравнительного анализа различных методов принятия решений при оценке инновационных проектов.

Ключевые слова: системный анализ, сложная техническая система, процедура принятия решений, методы принятия решений, лицо принимающее решение, альтернативный вариант (альтернатива), эффективность, критерии эффективности, сравнительный анализ.

1. Введение и постановка задачи

Затраты на осуществление решений, связанных с СТС 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. Основное назначение теории принятия решений – помочь лицу, принимающему решение, разобраться в своем отношении к возможным последствиям выбора.

Последствия выбора различных вариантов альтернативных решений характеризуются определенной степенью достижения цели выбора и оцениваются лицом, принимающим решение (ЛПР). В сложных реальных ситуациях представления ЛПР 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 сформу-

лизовать критерий выбора или целевую функцию¹. Таким образом, система предпочтений лица, принимающего решение, является слабо структурированной [1].

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].

Целью данной обзорной статьи является рассмотрение методов теории принятия решений, которые могут быть использованы при создании СТС, в том числе и при оценке их технического уровня. Требуется показать значимость методов и моделей принятия решений при формировании новых направлений развития техники и технического облика СТС; рассмотреть процедуры и математическую модель принятия решений при создании СТС; дать понятия об эффективности СТС и основных критериях эффективности.

2. Математическое моделирование в процессе принятия решений при создании и модернизации объектов сложных технических систем

2.1. 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.

Основные положения, которые должны учитываться при построении многокритериальных моделей задач принятия решений следующие:

1. Модель создается исследователем для структуризации и уточнения предпочтений лица, принимающего решение, которое непосредственно участвует в ее разработке.
2. Модель должна быть логически непротиворечивой.
3. Модель должна содержать описание всех важнейших элементов задачи принятия решения, их свойств.
4. Модель должна давать возможность использования реальной информации о задаче, получаемой от экспертов и лица, принимающего решение.
5. Модель должна быть простой и удобной для анализа и использования лицом, принимающим решение.

¹ Конструктор 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).

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

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

где t – постановка (тип) задачи; K – множество критериев; X – множество шкал критериев; S – множество решений; P – система предпочтений лица, принимающего решение; r – выбор окончательного решения.

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.

Важной особенностью разработки многокритериальной модели задачи принятия решений является необходимость получения требуемой информации у людей – лица, принимающего решение, или экспертов, являющихся специалистами в определенной области знаний. Эта особенность, задач принятия решений требует специальной организации всей деятельности по разработке многокритериальной модели, ее исследованию, использованию формализованных методов сравнения вариантов решений. Организация процесса принятия решений является специфической деятельностью, требующей специальных знаний. Поэтому в процессе разработки и исследования многокритериальной модели наряду с ЛПР, и экспертами в тех областях знаний, с которыми связана исследуемая задача, как правило, участвует и консультант – специалист в области теории принятия решений.

При постановке и решении многокритериальных задач чрезвычайно важную роль играет учет большого количества содержательных обстоятельств и представлений, которым трудно дать строгое математическое обоснование. Поэтому в математической модели при решении конкретных многокритериальных задач должны быть отражены как содержательные соображения, не поддающиеся строгой формализации, так и формализованные описания задачи. Только такой совместный подход может привести к практически полезным результатам.

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

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.

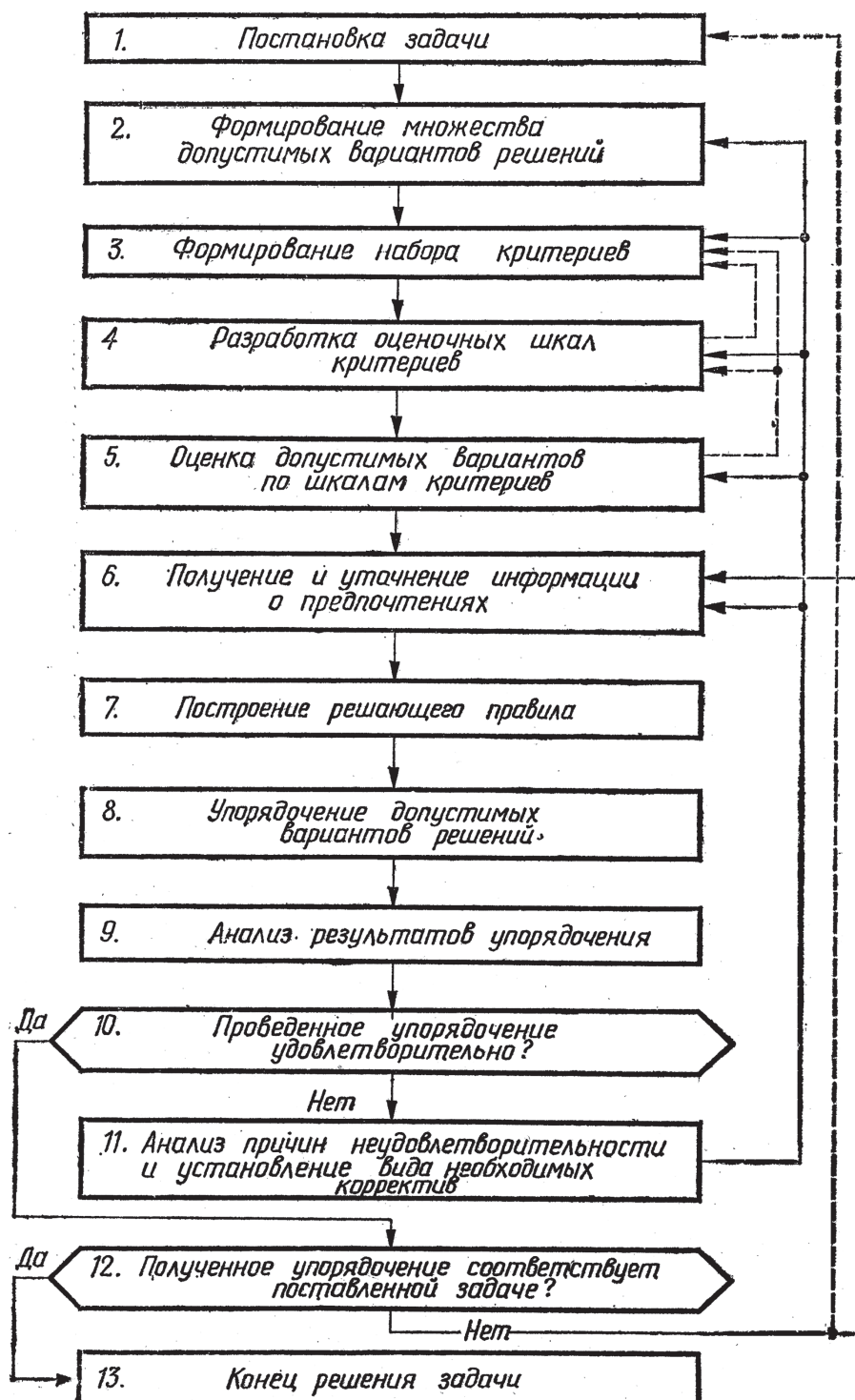


Рис. 1. Структурная схема итеративной диалоговой процедуры принятия решений

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

Для пятого этапа характерным является оценка допустимых вариантов решений по шкалам выделенных критериев.

Построение общего 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.

При невозможности полученного упорядочения (этап 10) исследуются причины неудовлетворительности (этап 11). Такими причинами могут являться:

- 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.

¹ Для 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 подставляются 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).

3. Критерии эффективности СТС

В конечном итоге ЛПР, анализируя возможные альтернативные пути реализации достижения поставленной цели и задачи, 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.

Критерий эффективности W в общем виде может быть записан следующим образом [7]:

$$W = \Phi(U, S, C), \quad (2)$$

где Φ – некоторый функционал; U – вектор управления СТС:

$$U = (u_1, u_2, \dots, u_n),$$

S – вектор, характеризующий внешнюю среду; C – вектор, характеризующий процесс (или систему).

Вектор C можно представить в виде

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

где вектор $K = (k_1, \dots, k_m)$ характеризует структуру системы, а вектор $P = (p_1, \dots, p_k)$ является вектором параметров (или конкретных числовых характеристик системы).

Широко известное выражение (2) можно рассматривать как математическую модель управляемого процесса (системы). С помощью этой модели можно искать наилучшее (рациональное) управление, структуру и параметры при заданной структуре.

Критерий эффективности может быть скалярным, т.е. характеризоваться одним единственным числом, или может быть векторным, характеризующимся совокупностью чисел. В соответствии с характером выбранного метода исследования и критерия принято различать однокритериальные и многокритериальные задачи принятия решений.

Классификация критериев эффективности приведена в табл. 1. 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.

Таблица 1. Классификация критериев эффективности

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

Следует отметить, что критерий «эффективность-стоимость» широко используется в военном деле при анализе боевого применения оружия [13]. Рассмотрим соотношение между стоимостью и эффективностью системы оружия в решении поставленных задач. Обычно это соотношение выражается, как правило, графиком, показанным на рис. 2.

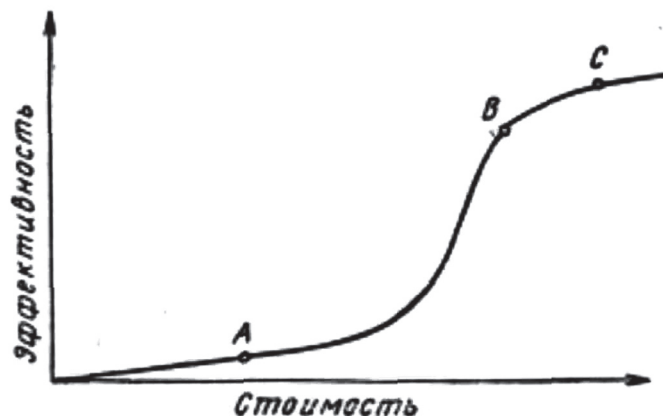


Рис. 2. Типовая кривая соотношения стоимости и эффективности систем оружия

Если некую систему оружия можно представить точкой *A* 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 *B*. Если у нас будет достаточно средств, то можно создать систему, соответствующую точке *C*. 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 очень 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 неоправданная 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».

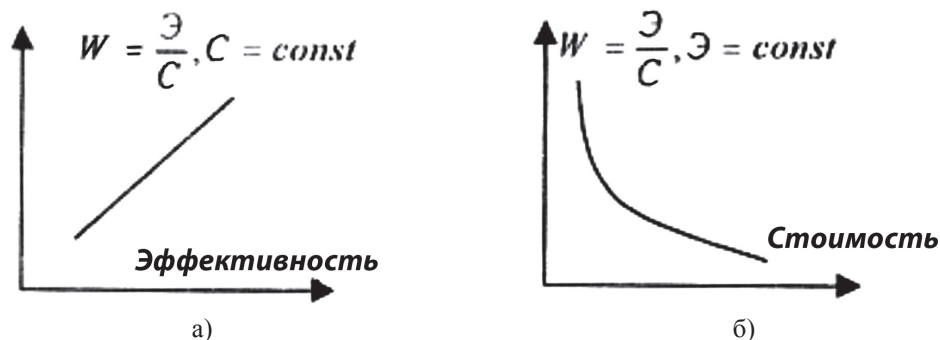


Рис. 3. Зависимость отношения

а – $W = (\mathcal{E}/C)$ от эффективности (при $C = \text{const}$); б – $W = (\mathcal{E}/C)$ от стоимости (при $\mathcal{E} = \text{const}$).

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» пользователь должен внимательно относиться к тому, насколько критерий отвечает пользовательскому пониманию задачи, и корректировать его особенности путем ограничения области применения типа: «стоимость не выше, чем ...», «эффективность не ниже, чем ...».

С 28 апреля по 3 мая 2014 г. в Мексике прошел Первый международный конгресс передовой науки (The First International Congress of Advanced Science), посвященный исследованию перспектив развития человечества в XXI веке. В ходе него видные ученые разных стран мира обменивались результатами своих научных исследований по проблемам перспектив социального развития общества с учетом новейших достижений современной науки и технологий. В работе конгресса приняли участие ученые восьми стран мира: Мексики, Венесуэлы, Германии, России, Бразилии, Кубы, Китая и Норвегии.

На конференции высказывалось мнение о том, что важнейшим условием поступательного развития общества является правильно выбранная критериальная база качества общественной жизнедеятельности. При этом отмечалось, что современные подходы основываются на понятиях выгоды и прибыли, а смысл развития общества в целом и его подсистем (вплоть до отдельного человека) сводится к достижению максимальной прибыли. Такой подход ориентирует экономическую и любую другую деятельность на максимизацию прибыли, но не на прирост общественно полезного продукта. То есть целью развития общества становится не достижение в максимальной степени развития каждого отдельного человека и общества в целом, а извлечение наибольшей прибыли на всех уровнях организации общества, порой в ущерб объективным общественно значимым интересам. А это влечет разбалансировку всей системы общественного производства. Собственно, известные кризисы капитализма и являются такой разбалансировкой.

Поэтому высшим критерием эффективности любого производства на любом уровне его иерархии должно стать соответствие его потребностям общества. Эффективность общественного производства в целом должна оцениваться степенью соответствия номенклатуры и объема потребностей номенклатуре и объему производства продукции всех видов. В таком понимании такие критерии, как прибыль, выгода или рентабельность, носят сугубо частный и локальный, вспомогательный характер и не могут быть использованы в качестве главных, как это имеет место сегодня. Тогда смысл развития общества будет сводиться не к гонке за прибылью, а к устранению возникающих естественных дисбалансов, позволяя осуществлять реально бескризисное развитие общества. То есть целью развития общества становится не извлечение наибольшей прибыли, а достижение максимальной степени развития общества в целом¹.

4. Классификация методов принятия 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).

¹ Сивков К. Будущее за социализмом // Военно-промышленный курьер. – 2014. – № 19 (537). – 28 мая – 3 июня. – С. 3

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 индивидуального принятия решений и задачи коллективного принятия решений [15, 16].

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.

Краткая характеристика указанных методов приведена в монографии [15]. Используемый принцип классификации позволяет наглядно, на наш взгляд, достаточно четко выделить четыре большие группы методов, причем три группы относятся к принятию решений в условиях определенности, а четвертая – к принятию решений в условиях неопределенности.

5. Сравнительный анализ методов принятия решений при создании СТС

5.1. Обзор методов принятия решений

В области теории принятия решений за последние годы опубликовано много научных работ, посвященных как выбору вариантов при создании СТС, [15, 17-20], 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 решений и методы 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 анализа иерархий;
- 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 Дельфи, 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).

Таблица 2. Основные признаки метода ранжирования

Наименование метода	Сущность метода	Область применения	Достоинства метода	Недостатки метода	Примечание
Метод ранжирования	При ранжировании эксперт должен расположить объекты (факторы) в порядке, который представляется ему наиболее рациональным, и приписать каждому из них числа натурального ряда (1, 2, 3, и т.д.).	На практике данный метод в чистом виде используется редко. Чаще всего он используется в сочетании с другим методом упорядочения, обеспечивающим более четкое различие сравниваемых объектов.	1. Простота. 2. Оперативность. 3. Малые финансовые затраты.	1. Зависимость точности и надежности ранжирования от количества объектов. 2. Субъективность оценки. 3. Метод не дает ответа на степень удаления одного объекта от другого.	Порядковая шкала получаемая в результате ранжирования должна удовлетворять условию равенства числа рангов числу ранжируемых объектов.

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 факторы, которые нельзя точно измерить, но можно сопоставить степень обладания каждым из них этим качеством («лучше», «важнее», «полезнее»). Основные свойства метода ранжирования сведены в табл. 2.

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. Известен ряд работ, в которых приведены основные свойства популярных методов теории принятия решений и рекомендации по их использованию [5, 7, 16, 21, 22].

5.2. Пример сравнительного анализа методов принятия решений

В монографии [22] на основе обзора методов теории принятия решений, используемых при оценке СТС и других объектов, и их 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. 4 приведены результаты решения задач выбора рационального инновационного проекта, полученные разными методами: метод анализа иерархий [23], метод отношения предпочтения, нечеткий метод, аддитивная свертка, максимальная свертка. Заметим, что при оценке инновационных проектов возможно использование групповой экспертизы [24].

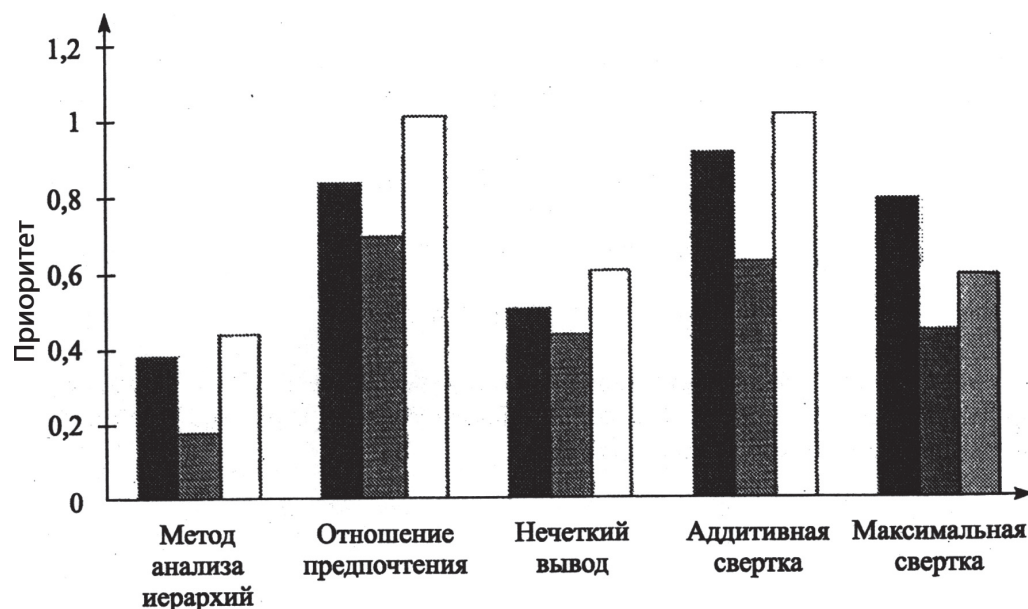


Рис. 4. Результаты сравнительного анализа, полученных различными методами принятия решений при оценке инновационных проектов

Несмотря на то, что исходная информация является последовательной и непротиворечивой, полученные результаты отличаются. Как отмечено в работе [15] несовпадение результатов, полученных разными методами, объясняется, с одной стороны, разными способами представления экспертной информации, с другой стороны, различием подходов к принятию решений. В основу метода анализа иерархий и метода отношений предпочтения заложен подход, основанный на попарных сравнениях объектов и нормированных весовых коэффициентов. Максимальная свертка использует подход, при котором лучшей считается альтернатива, имеющая минимальные недостатки по всем критериям. Аддитивная свертка предполагает подход, когда низкие оценки по критериям имеют одинаковый статус по сравнению с высокими. Нечеткий вывод реализует эвристический подход.

На основе проведенного анализа вытекает вывод, что:

- каждый метод имеет свои ограничения, исследователь должен досконально изучить метод перед его дальнейшим применением.
- основной проблемой многокритериального выбора из структур СТС является выбор критериев, а также возможные способы вычисления интегральных оценок;
- широкие возможности для представления информации дает эвристический подход.

6. Заключение

1. В ходе проведенных исследований:

- показана значимость методов и моделей принятия решений при формировании новых направлений развития техники и технического облика СТС;
- рассмотрена одна из процедур и возможная математическая модель принятия решений при создании СТС;
- приведены понятия об эффективности СТС и основные критерии эффективности;
- рассмотрены различные типы методов принятия решений.

По взглядам ведущих экономистов мира для осуществления поступательного движения общества высшим критерием эффективности любого производства на любом уровне его иерархии должно стать соответствие его потребностям общества, а не достижение максимальной прибыли.

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 и недостаточно представлен в научно-методической литературе в интересах оценки технического уровня СТС.

3. Для получения достоверных оценок о техническом уровне анализируемых объектов техники необходимо использовать новые методические подходы, основанные на комплексном моделировании и рациональном применении уже зарекомендовавших себя методов теории принятия решений.

Литература

1. **Оптнер С.А.** Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем. – М.: Сов. Радио, 1969. – 216 с.
2. **Лотов А.В., Бушенков В.А., Каменев Г.К.** Компьютер и поиск компромисса. Метод достижимых целей. – М.: Наука, 1997. – 240 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. Алгоритмический аспект. – Киев: Наукова думка, 2002. – 382 с.
6. **Костогрызов А.И., Нистратов Г.А.** Стандартизация, математическое моделирование, рациональное управление и сертификация в области системной и прикладной 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., Поспелова 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., Алескерев 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, 1993. – 320 с.
24. **Крянев А.В., Тихомирова А.Н., Сидоренко Е.В.** Групповая экспертиза инновационных проектов с использованием байесовского подхода // Экономика и математические методы. – 2013. – 49 (2). – С. – 134-139.