

М. Ш. Левин

О ТРЕТЬЕЙ ГРАМОТНОСТИ

Рассматриваются основные аспекты процесса подготовки и принятия решений (ППР) и значимость этих аспектов на современном этапе развития информационных технологий. Анализ основан на использовании шкалы «интеллектуальности». При этом вводится некий набор многокритериальных задач: а) «базовые» (выбор/ранжирование, формирование портфеля, классификация); б) «комплексные» (выявление узких мест в сложных системах, генерация составных альтернатив на основе иерархической композиции; в) «вспомогательные» (поиск информации, выбор специалистов и формирование экспертных групп, построение модели для системы критериев или альтернативы и др.). Указанные задачи предлагается считать элементарными операциями-прототипами («алфавитом») технологии ППР.

1. ВВЕДЕНИЕ

Академик А. П. Ершов в своих выступлениях в 70—80-х гг. определил умение программировать как «вторую грамотность» [1]. Действительно, в средние века, после появления печатных книг, широкие массы населения стали приобретать навыки письма, чтения, счета, и это была «первая грамотность». С распространением компьютеров в 60—70-е гг. круг специалистов, умеющих программировать, резко расширился, и это был этап широкого распространения «второй грамотности». Сейчас компьютерной грамотностью владеют миллионы людей, и это стало повседневной необходимостью. Что же дальше? В последнее десятилетие мы наблюдаем, как на рынок выбрасываются все новые и новые информационные и программные продукты, широко используются компьютерные сети и распределенные базы данных/знаний. Но что теперь является определяющим фактором?

Рассмотрим некую стратификацию компьютерной технологии:

- электронные компоненты (hardware, коммуникации);
- программы (software);
- страта эффективных алгоритмов и человеко-машинных процедур (algorithm-ware);
- страта математических моделей (model-ware);
- информационная страта (данные, знания);
- страта проблем.

По нашему мнению, некоторое решение на уровне страты проблем является, по сути дела, главным результатом использования компьютерных, информационных технологий. После расцвета в 70—80-е гг. теории разработки и анализа эффективных вычислительных алгоритмов (теория сложности и т. п.) эта страта проблем становится все более узким местом: это касается первых ролей человека не только как простого пользователя, но и как исследователя, специалиста, источника информации (эксперта) и лица, принимающего решения (ЛПР). И здесь мы наблюдаем, как в рамках компьютерной технологии электроника, программы, алгоритмы, математические модели сочетаются с психологией, наукой о поведении (behavior science) и приложениями. В качестве некоторых наиболее важных приложений можно упомянуть проектирование

(разработка и анализ наилучших организационно-технических решений), экономическую и финансовую деятельность (формирование, анализ и выбор наилучших экономических планов; анализ и принятие наилучших финансовых решений, стратегическое планирование и т. п.).

Базовой точкой настоящего обзора является эффективность, полезность прикладных задач. А это не что иное, как процесс описания практических ситуаций, подготовки, анализа и принятия решений. Умение успешно выполнять эти этапы на основе новых информационных технологий и можно назвать «третьей грамотностью» (табл. 1). Другими словами, это существенный шаг к культуре мышления, планирования организационной и творческой деятельности и реализации этой культуры в повседневной жизни.

Приведем некоторые известные факты из теории подготовки и принятия решений (ППР) как ответы на следующие вопросы:

1. Что такое прикладные задачи?
2. Что такое процесс подготовки и принятия решений?
3. Что такое структуризация, многокритериальное описание задачи?
4. Какова типизация задач принятия решений?
5. Что такое разработка альтернативных вариантов решений (альтернатив, проектных вариантов)?
6. Что такое многокритериальный анализ решений, выбор наилучших решений?
7. Что такое анализ чувствительности решений?
8. Какими средствами можно осуществлять поддержку различных этапов процесса подготовки, анализа и принятия решений?

Лауреат нобелевской премии Герберт Саймон первым указал на важность рассмотрения слабоструктурированных (ill-structured) задач [2]. Для решения стандартных, формализуемых задач используются, соответственно, стандартные решения и решения, получаемые на основе математических моделей (дифференциальных уравнений, оптимизационных моделей и др.). В случае слабоструктурированных задач возникает неопределенность из-за отсутствия информации и использования информации, получаемой от человека (эксперта, ЛПР).

Фаза	Элементы	Операции	Комбинации
Первая «грамотность» (средние века)	Алфавит, слова, числа	Арифметические, морфологические (чтение, письмо)	Слова, предложения, схемы расчетов
Вторая «грамотность» (60—70-е гг.)	Алфавит, элементы компьютерной грамотности	Логические операции	Схемы вычислений, логической обработки данных — программы
Третья «грамотность» (90-е г. и далее)	Концепты описаний и схем решений прикладных задач, альтернативы, критерии, оценки и др.	«Базовые» задачи принятия решений (выбор/ранжирование, классификация); «вспомогательные» задачи (построение) системы критериев; «комплексные» задачи (генерация альтернатив, выявление узких мест в сложных системах, композиция новых комплексных решений)	Технологические схемы идентификации проблем, сбора и обработки информации, подготовки и принятия решений

Практически на всех стадиях жизненного цикла продукции (НИР, проектирование, изготовление, маркетинг, эксплуатация, утилизация) доля слабоструктурированных, творческих задач значительно увеличивается. Это обуславливает расширение сферы применения современных средств поддержки решения слабоструктурированных задач типа систем поддержки принятия решений (СППР), включая системы на основе баз знаний. Примерами применения слабоструктурированных задач являются задачи на следующих трех организационных уровнях [3]:

1) государственные структуры: планирование политических решений, планирование социально-экономических программ, планирование инвестиций, разработка налоговой политики и др.;

2) фирмы и корпорации: прогнозирование и поиск новых организационно-технических решений, проработка решений на ранних стадиях проектирования, разработка и анализ финансовых стратегий, анализ качества продукции, планирование процесса производства, анализ и планирование стратегий маркетинга, разработка стратегий технического обслуживания, размещение пунктов обслуживания, выбор оборудования, выбор сотрудников и др.;

3) частные лица: выбор места работы, планирование карьеры, выбор места учебы, выбор места жительства, выбор сберегательной программы в банке или страховой компании и др.

В данной статье мы рассмотрим некоторые основные аспекты процесса подготовки и принятия решений, системы поддержки принятия решений, вопросы информационной поддержки и роль специалиста.

2. МЕТОДОЛОГИЯ ПОДГОТОВКИ И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Общая схема процесса подготовки и принятия решений (парадигма принятия решений) включает несколько базовых стадий [3—7]. На первой — «интеллектуальной» — стадии проводится поиск информации, анализ исследуемого процесса, явления или системы и идентифицируется задача. При этом выявляются основ-

ные ресурсные ограничения и т. п. Вторая — «проектная» — стадия включает многокритериальное, многофакторное описание задачи (генерацию возможных вариантов решения — альтернатив, критериев для оценки альтернатив, шкал оценки). На стадии «выбора» производится оценка альтернатив (сбор информации по критериям, выявление предпочтений специалистов, обработка информации), отбираются наилучшие альтернативы и анализируются полученные решения, включая чувствительность. Заключительная стадия является стадией «реализации» выбранного решения. Очевидно, что для поддержки указанных стадий необходимы специальные средства. СППР как раз и ориентированы на помощь специалисту на всех указанных стадиях процесса подготовки и принятия решений [6—9].

Говоря о принятии решений, следует описать общий набор главных компонентов технологии принятия решений ([6, 9—11] и др.). Мы уже упомянули набор альтернатив, набор критериев, данные (оценки альтернатив по критериям и отношения предпочтения на альтернативах). Кроме того, имеются методы решения задач, субъект (специалист, эксперт, ЛПР) и получаемые решения. Каждый из упомянутых компонентов может быть задан аргументом или должен формироваться в процессе решения. Например, множество альтернатив может быть задано или формируется (уточняется) в процессе решения. Подобная ситуация имеет место по отношению к любому компоненту, включая специалиста. В последнем случае формирование (корректировка, адаптация) реализуются в виде процесса обучения. Соответствие этапов и компонентов технологии принятия решений приведено в табл. 2. Кстати, теперь просто описать смысл анализа чувствительности: это анализ изменений решений при незначительных изменениях других компонентов — данных (оценок альтернатив по критериям, отношений предпочтений), критериев (характеристик их значимости), методов, специалистов.

В общем случае среди процедур анализа результатов решения выделяются следующие:

(1) непосредственный анализ данных (определение результата на основе конкретного набора исходных данных);

Таблица 2

Соответствие этапов и компонентов технологии принятия решений

Основные этапы подготовки и принятия решений	Компоненты процесса подготовки и принятия решений			
	Модели, (методы, алгоритмы, процедуры)	Специалисты (эксперты, ЛПР)	Информация	
			данные	знания
1. Идентификация задач	<i>ш</i>	<i>с</i>	<i>с</i>	<i>с</i>
2. Структуризация задач (разработка систем критериев, шкал)	<i>ш</i>	<i>с</i>	<i>с</i>	<i>с</i>
3. Генерация альтернатив (проектных вариантов, стратегий)	<i>т</i>	<i>с</i>	<i>с</i>	<i>с</i>
4. Оценка альтернатив по критериям	<i>ш</i>	<i>с</i>	<i>с</i>	<i>т</i>
5. Решение (выбор лучших альтернатив и т. п.)	<i>с</i>	<i>с</i>	<i>т</i>	<i>с</i>
6. Анализ решений	<i>с</i>	<i>с</i>	<i>т</i>	<i>с</i>

Символы *с*, *т* и *ш* соответствуют, соответственно, сильной, средней и слабой значимости.

(2) сравнение, агрегирование различных результатов;
(3) анализ чувствительности (оценка изменения результата при изменении исходных данных);

(4) анализ влияния (выявление исходных данных, например, критериев, влияющих на выбранные компоненты результата);

(5) анализ возможностей (определение исходных данных, обеспечивающих желаемый, в том числе наилучший, конечный результат);

(6) анализ риска (оценка изменения результата при случайных изменениях исходных данных).

Отметим особо типизацию задач принятия решений. «Базовыми» дискретными задачами принятия решений являются следующие ([9—12] и др.):

выбор лучшей альтернативы или ранжирование альтернатив, формирование портфеля заказов (приложения: выбор лучшего проектного решения, выбор наилучшего варианта инвестиций, оценка технического уровня, формирование портфеля акций, проведение конкурса и др.); классификация альтернатив (приложения: техническая, медицинская диагностика).

Кроме того, на практике часто встречаются более сложные, «комплексные» задачи, включающие упомянутые выше в качестве элементов. К таким задачам относятся, в частности, следующие:

выявление узких мест в сложных системах (в частности, в сетевых транспортных или коммуникационных системах);

генерация альтернатив (генерация новых проектных решений, политических или социально-экономических стратегий, комплексных инвестиций и т. п.).

В процессе решения комплексных задач возникает необходимость в дополнительных «вспомогательных» задачах, например, сбор исходной информации, выбор специалистов и формирование экспертных групп, построение иерархической модели для системы критериев или альтернативы. Указанные задачи трех типов связаны между собой: одни решаются на основе решения других. Перечисленные задачи выполняют функции набора базовых операций-прототипов, которые составляют основу процесса ППР. Их функции анало-

гичны операциям сложения, вычитания, умножения и деления, которые являются базой вычислений. Таким образом, знание «базовых», комплексных и вспомогательных задач принятия решений, умение их идентифицировать и комбинировать в схемы решения, соответствующие практическим ситуациям, и является «третьей грамотностью».

3. О ПРОБЛЕМАХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Ускорение научно-технического прогресса, наблюдаемое в последние годы, связано с рядом особенностей, которые проявляются в виде следующих тенденций:

- 1) увеличение доли комплексных технологий, когда нововведения основываются на достижениях нескольких областей знаний (например: биология, химия, инженерные науки, компьютерные науки, математика);
- 2) ускорение процессов внедрения нововведений;
- 3) уменьшение сроков «макро-технологических циклов, т. е. каждые несколько лет практически (или даже чаще) во всех отраслях происходит смена поколений технологий.

Кроме того, подготовка и принятие решений становится повсеместно частью деятельности каждого работника ([13] и др.). В результате наблюдается повышение доли интеллектуальных операций переработки информации на всех этапах жизненного цикла продукции.

Теперь попытаемся подобрать средство оценки «интеллектуальности». Рассмотрим уровни изобретательских задач по Альтшуллеру [14], которые можно использовать как некую порядковую шкалу при оценке уровня «интеллектуальности» для различных приложений:

1. Использование готового объекта (продукта, технологии, управленческого решения, стратегии, информации, нововведения и др.).
2. Поиск и выбор объекта.
3. Анализ и модификация некоего исходного объекта.
4. Создание (проектирование) нового объекта.
5. Создание (проектирование) системы объектов.

Действительно, интеллектуальными задачами являются задачи четвертого и пятого уровней, задача третьего уровня является промежуточной. Задача поиска и выбора (ранжирования объектов) является часто базовой в процессах ППР. Далее мы будем считать задачи второго и третьего уровней квазиинтеллектуальными или квазитворческими. Отметим, что, ознакомившись с методологией ППР, специалисты со средним уровнем «интеллектуальности» могут успешно решать задачи этих типов. Разумная организация групповой работы позволит успешно решать задачи четвертого и пятого уровней на основе некоторого набора локальных квазиинтеллектуальных задач.

Существуют два основных пути разрешения указанной выше ситуации, связанной с повышением доли интеллектуальных операций переработки информации:

- 1) поиск творческих личностей и подготовка специалистов, способных решать интеллектуальные задачи (поиск, воспитание, обучение). Отметим, что этот путь имеет определенные ограничения, связанные с предрасположенностью людей и возможностями процессов отбора, подготовки и обучения;
- 2) получение глобальных творческих системных решений на основе комбинирования локальных квазитворческих задач.

Последнее является неким аналогом подхода Шеннона к построению надежных систем из ненадежных элементов, только в данном случае мы ориентируемся на построение интеллектуальных решений (типа четвертого и/или пятого уровней) на основе композиции

решений для локальных квазинтеллектуальных задач (второго-третьего уровней). Заметим, что подобный организационный подход используется довольно часто, например, в средние века в мастерских великих живописцев, где отдельные части картин писались учениками.

Таким образом, мы наблюдаем повышение значимости комплексных задач ППР и разработки технологических схем их решения, включающих средства поддержки групповой работы различных специалистов, и, что особенно важно, специальные средства поддержки процессов комплексирования локальных решений, данных, знаний и результатов из различных областей знаний.

4. КОМПЛЕКСНЫЕ ЗАДАЧИ И СХЕМЫ РЕШЕНИЯ

Комплексные задачи подготовки и принятия решений требуют особого внимания, так как большинство практических задач являются сложными и требуют организационной поддержки процесса решения, включая следующее [15]:

- 1) разбиение на ряд подзадач (декомпозиция);
- 2) подбор подходящих средств (например, методов, экспертов, форм представления информации);
- 3) агрегирование результатов;
- 4) планирование процесса решения (разработка и реализация схем решения задач типа технологических схем производственных процессов, включая этапы сбора информации, анализа информации, декомпозиции или распараллеливания процесса обработки информации, агрегирования результатов и др.).

Теперь рассмотрим подробнее несколько базовых последовательно-параллельных комплексных задач.

Задача выявления узкого места в сложной системе соответствует типовой задаче многокритериального ранжирования/выбора, но по важности в приложениях требует выделения в особый класс. Эта задача заключается в формировании набора компонентов системы и их сравнении по некоторому набору критериев с целью выявления наиболее важных по каким-либо соображениям компонентов (узких мест). Такой подход может оказаться крайне необходимым при анализе сложных технических систем, исследовании транспортных или коммуникационных сетей, при поиске мест воздействия на организационно-экономическую или экологическую систему. Пример задачи выявления узких мест описан в [11, 16], где анализируются 34 компонента газоперекачивающего агрегата с учетом шести разнородных критериев (частота отказа, время и стоимость восстановления, влияние на другие компоненты, масштабы использования компонента в других технических системах, влияние на безопасность труда людей). В результате решения задачи выявляются компоненты, требующие особого внимания (доработки, улучшения качества с учетом технических, экономических и экологических критериев).

Теперь рассмотрим следующую комплексную задачу — иерархическую композицию. Это действительно комплексная проблема и на прикладном уровне, и на уровне организации процесса решения. Здесь реализуется принцип декомпозируемости систем и иерархический подход к процессу решения задач [17]. Подобные идеи лежат в основе подходов к проектированию и генерации решений в технике и управлении, например:

- а) морфологический анализ [18—20];
- б) таблицы подготовки альтернативных решений в управлении [21];
- в) метод анализа иерархий [22]

г) модульное проектирование и синтез [23—25 и др.];

д) иерархическое проектирование и планирование [26—32 и др.];

е) организационные схемы и среды (frameworks, environments) для иерархического проектирования [33, 34 и др.];

ж) методы системной интеграции [35 и др.];

з) среды для поддержки групповой работы, включая групповую подготовку и принятие решений [36—39 и др.].

Задача иерархической композиции как раз и соответствует подходу к генерации высокотворческих системных решений на основе комплексирования результатов решения локальных квазинтеллектуальных задач.

Рассмотрим иерархическую композицию на примере иерархического морфологического многокритериального проектирования (ИММП), описанного в [40] применительно к проектированию человеко-машинного интерфейса, а в [41] — в качестве средства планирования развития информационного центра. ИММП состоит из следующих шагов (рис. 1):

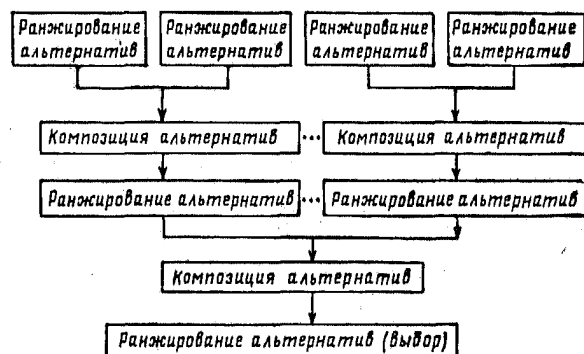


Рис. 1. Пример схемы иерархической композиции

- 1) иерархическая декомпозиция сложной системы (задачи) на подзадачи (морфоклассы), т. е. построение иерархической модели «сверху—вниз»;
- 2) построение системы критериев качества решений для каждой подзадачи;
- 3) генерация для каждой задачи нижнего уровня иерархии альтернативных локальных вариантов решения;

4) оценка альтернативных вариантов по критериям и их ранжирование, т. е. формирование некоторой порядковой шкалы качества альтернатив;

5) оценка качества совместимости альтернатив из разных морфоклассов;

6) композиция локальных альтернатив с учетом их локального качества и качества их совместимости. В результате формируются составные альтернативы для более высокого иерархического уровня.

Последние три этапа повторяются итеративно для иерархических уровней исходной системы (проектирование «снизу—вверх»). Таким образом, используются две задачи принятия решений:

- (1) многокритериальный анализ и ранжирование;
- (2) композиция (агрегация локальных решений).

Но дополнительно возникает важная задача построения иерархической схемы системы (декомпозиция), т. е. структурного моделирования сложной проблемы (исходной задачи, системы критериев).

Как итог можно выделить две базовые системные задачи [15]: 1) декомпозиция (распараллеливание);

2) композиция (агрегация). Возможные подходы к реализации этих системных операций в рамках технологии подготовки и принятия решений приведены в табл. 3.

Таблица 3

Реализация декомпозиции и композиции

Операции	Реализация
Декомпозиция (распараллеливание)	1) по критериям, например в методе анализа иерархий Саати [22]; 2) по альтернативам; 3) по компонентам альтернатив в методах модульного иерархического проектирования, планирования ([18, 19, 20, 23, 24, 28, 32, 33, 53] и др.); 4) по людям, например, в методах организации экспертиз типа Дельфи ([54] и др.); 5) по методам (иерархия методов в СППР СОМБИ [42, 43])
Композиция (агрегация)	1) по результатам (поиск консенсуса) — [11, 56] и др., 2) по альтернативам, т. е. формирование комплексных альтернатив (методы проектирования, например, ИММП [40, 41])

Таким образом, планирование процесса подготовки и принятия решений заключается в построении технологической схемы переработки информации на основе типовых задач принятия решений (выбор, ранжирование, классификация) и указанных системных операций с учетом рационального использования имеющихся ресурсов (методы, компьютеры, люди и др.). При этом декомпозиция исходной задачи, как правило, направлена на учет ресурсных ограничений (ограничения методов, ограничения по возможностям людей при обработке информации) и на повышение надежности результатов благодаря избыточной параллельной обработке информации на основе нескольких методов, экспертов и др.

Следует отметить, что декомпозиции по разным компонентам технологии подготовки и принятия решений часто совпадают. Например, при анализе продукции можно использовать различные группы экспертов (разработчики, специалисты по изготовлению, специалисты по техническому обслуживанию, специалисты по эксплуатации). В этом случае каждая группа специалистов естественным образом будет применять свой опыт и знания, которые связаны с соответствующим этапом жизненного цикла продукции, т. е. использовать свою систему критериев (например, технологичность изготовления, технологичность ремонта и технического обслуживания, технологичность эксплуатации и т. п.). В этом случае декомпозиции по экспертам и по критериям по сути совпадают. Аналогично, при анализе сложных объектов могут использоваться группы экспертов, представляющие различные области знаний (инженеры, экономисты, юристы, психологи и др.). Кстати, это будет соответствовать реализации принципов системного анализа.

На рис. 2 представлен пример технологической схемы, основанной на декомпозиции по методам и композиции по результатам, реализованный в СППР СОМБИ [42, 43, 44]. При этом в качестве различных методов применяются модификации метода порогов несоразмерности ELECTRE [45].

Схема решения на основе декомпозиции по критериям (например, ранжирование исходного множества

альтернатив по нескольким подгруппам критериев с последующей агрегацией результатов) близка к идее метода уступок [46], где альтернативы отбираются последовательно (сначала по первой группе критериев, затем по второй и т. д.). Подобный подход был применен, например, при многокритериальном выборе коммуникационных компонентов автоматизированных информационных систем [47, 48].

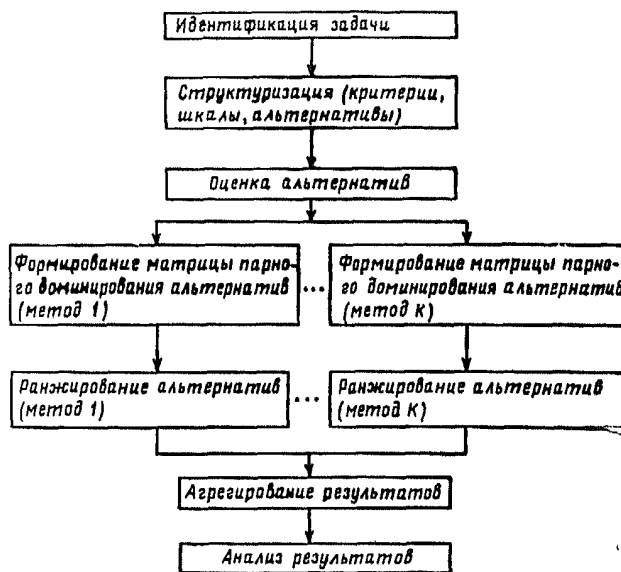


Рис. 2. Пример последовательно-параллельной схемы с параллелизацией по методам

Другой пример схемы решения связан с экологическим анализом предприятий в Москве (работа проводилась в 1990 г. в НИИ Генплана Москвы при участии автора статьи как специалиста по ППР — (рис. 3).

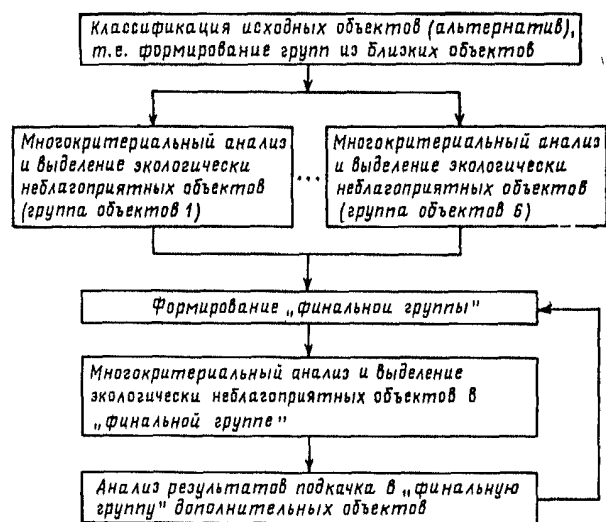


Рис. 3. Пример последовательно-параллельной схемы с параллелизацией по альтернативам и интерактивной обратной связью

Для упрощения этапов многокритериального анализа исходное множество альтернатив (три сотни московских заводов) были разбиты на шесть групп «близких» объектов. В качестве классифицирующего признака был использован архитектурно-планировочный параметр — занимаемая площадь. В каждой группе был проведен многокритериальный анализ (ранжирование) и выделено несколько наиболее неблагоприятных в экологическом отношении предприятий. Из последних была сформирована «финальная группа» для выделения самых экологически неблагоприятных объектов. Анализ результатов многокритериального ранжирования в «финальной группе» показал, что целесообразно дополнить «финальную группу» рядом объектов из исходной группы крупных предприятий, не вошедших в «финальную группу» на первом этапе, т. е. была осуществлена «подкачка» объектов из групп, включающих наиболее неблагоприятные объекты. Подобные схемы решения часто используются при спортивных соревнованиях.

Отметим, что подходы к планированию процессов решения рассматривались давно ([49—51] и др.). Такое планирование представляет собой вариант проектирования сложных технологических систем. При этом можно использовать и формальные модели, например, методы искусственного интеллекта ([49, 51] и др.), оптимизационные модели ([23, 24] и др.).

Дополнительно укажем на важность задач реконструкции и реинжиниринга, которые встречаются в последнее время повсеместно. В настоящее время практически любая деятельность осуществляется в рамках уже существующих традиций, систем различного вида, включая технику, экономику и финансы, право, экологию и др. В результате нельзя не учитывать такую ситуацию. Наиболее наглядно это проявляется в строительной политике в больших городах и в электронике (повторное использование схемных и др. решений), но аналогичные явления приняты массовый характер в индустрии создания программ (повторное использование программных компонентов), в информационных технологиях, в управленческой деятельности ([13, 52] и др.).

В целом существуют три возможные стратегии:

- а) отказ от накопленного («расчистка») и создание новой системы (так, в основном, строили города римляне: разрушить старые постройки, выровнять площадку и построить новый город по типовому проекту);
- б) модификация существующей системы (в основном частичная модификация);
- в) создание новой системы с существенным (до 70—90%) использованием компонентов и проектных решений старой системы.

Естественно, третья стратегия требует сложного и творческого адаптивного подхода, включающего целостный и покомпонентный анализ существующей и проектируемой систем на основе многокритериального анализа, выявления узких мест, иерархической композиции и т. п., т. е. всего арсенала технологии ППР.

5. СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Довольно долго первые СППР, в основном, были ориентированы на третью стадию общей схемы принятия решений — выбор — и базировались на одном или нескольких методах решения задачи многокритериального выбора/ранжирования альтернатив. Разработка таких систем оформилась в некое самостоятельное направление в начале 80-х гг. Появились монографии [6, 8], посвященные построению СППР и систем близких классов, регулярно публикуются обзоры програм-

мных продуктов [56—60]. Наиболее известный и широко распространенный программный продукт (здесь и далее рассматриваются только программы для персональных компьютеров) — Expert Choice (Expert Choice Inc., 1983), реализующий метод анализа иерархий Саати [22]. Главными альтернативными методами являются следующие:

- (1) использование теории функции полезности [61, 62];
- (2) outranking methods как в методе ELECTRE [45], PROMETHEE [63];
- (3) интерактивные методы многокритериального анализа ([64, 65] и др.);
- (4) использование баз знаний и нейронных сетей [66, 67];
- (5) комбинированные методы [68]

Базовая структура СППР включает следующие компоненты ([6, 7, 8, 69, 70] и др.): интерфейс, база данных, база знаний, база моделей, HELPER (помощь, обучение). Современная СППР дополнительно включает различные средства поддержки для широкого набора типовых задач принятия решений, их комбинирования. В последние годы СППР разрабатываются в виде интегрированных пакетов, ориентированных на поддержку нескольких стадий процесса подготовки и принятия решений и включающих дополнительные компоненты. Можно привести следующий перечень базовых компонентов современных СППР:

1. Модели (библиотека многокритериальных методов, методы обработки интервальных оценок и размытых множеств, методы построения методов в режиме on-line, статистическая обработка, базы знаний, процедуры анализа решений).
2. Поддержка предварительной стадии (процедуры предварительной обработки, средства идентификации и структуризации задач).
3. Средства организационного взаимодействия (графический интерфейс, обучающие подсистемы, экспертные процедуры, поддержки групповой и/или распределенной работы).
4. Информационная поддержка (коммуникации с базами данных, гипермедиа подсистемы).

Обзор современных западных СППР содержится в [6, 59, 60], отечественные СППР для IBM PC рассмотрены в [44]. Следует отметить, что для пользователя, как правило, наиболее важным оказывается не научный уровень реализованных в СППР методов многокритериального выбора/ранжирования альтернатив, а простота работы с системой и ориентированная на пользователя и наполненная его информацией база данных.

При классификации СППР используют различные классифицирующие факторы. В качестве таких классифицирующих факторов можно применять процедуры анализа чувствительности решений, подсистемы поддержки выбора методов решения и др. Один из вариантов взгляда на эволюцию СППР основывается на переходе от «элемента» к некоторому набору и далее — к иерархии.

Рассмотренная выше порядковая шкала [14] может быть использована для анализа компонентов технологии принятия решений (люди, модели и алгоритмы, информация) [43, 71]. Очевидно, что указанная шкала относится ко всем основным концептам технологии принятия решений: критерии, шкалы, альтернативы, оценки, результаты. В качестве основных операций рассмотрим следующие:

- 1) информационный поиск, логический;
- 2) многокритериальный выбор/ранжирование;
- 3) аппроксимация, агрегирование, модификация;
- 4) построение структуры концепта;
- 5) композиция нового комплексного концепта.

Таблица 4

Базовые операции и их реализация

Базовые операции	Подходы к реализации
1. Информационный поиск (логический отбор данных)	Традиционный логический поиск
2. Многокритериальный выбор/ранжирование	Многокритериальный анализ (см. выше)
4. Аппроксимация, агрегирование Модификация	Аппроксимация структур, поиск консенсуса ([11, 12, 55, 80, 81] и др.) Параметрическая оптимизация ([82, 83] и др.) Организационные методы типа мозгового штурма и др. ([54, 84, 85] и др.)
5. Построение и ведение структуры	Синтез иерархических структур ([86, 87] и др.) Структурное моделирование [73, 88, 89, 90]
6. Композиция нового комплексного концепта	Организационные методы генерации комплексных решений типа мозгового штурма и т. п. ([14, 54, 84, 85] и др.) Морфологический анализ [18, 19, 20] Методы математического программирования ([23, 24] и др.) Иерархическое морфологическое многокритериальное проектирование [40, 41, 71]

В табл. 4 представлены основные подходы к реализации указанных операций.

Первые СППР были ориентированы на простейшие задачи первых уровней, типа отбора альтернатив на основе заданных (исходных) критериев, шкал и методов. На следующей стадии стали исследовать системы критериев, включая построение иерархических систем критериев, как в методе анализа иерархий [22], а анализировать качество решения (анализ чувствительности решения, выявление наиболее важных исходных критериев и т. п.). При этом в основном применяется какой-нибудь один метод решения задачи (например, методы функции полезности, метод Саати, интерактивный многокритериальный анализ). Современные СППР, как правило, включают библиотеку моделей (методов) и, даже, интеллектуальные средства поддержки выбора метода для конкретной ситуации принятия решений. Кроме того, большое внимание уделяется учету неопределенности на основе использования интервальных шкал, аппарата размытых множеств.

Сейчас, насколько можно судить по литературе, разрабатываются интегрированные СППР с указанной выше структурой, включающие библиотеки для оценки и анализа альтернатив, специальный инструментальный искусственного интеллекта, средства анализа решений, подсистемы гипермедиа для обучения пользования и помощи в идентификации/структуризации задач [7, 71, 72].

Особое значение приобретает создание удобного для пользователя интерфейса, включая трехмерную графику ([40, 73—75] и др.).

Среди последних тенденций следует указать следующие:

- 1) разработка систем поддержки групповой работы ([36, 37] и др.);
- 2) встраивание в СППР систем, основанных на базах знаний (продукционные системы, нейронные сети

и т. п.) как дополнительных средствах для задач принятия решений и для вспомогательных задач типа выбора методов решения и др. [6, 76, 77];

3) включение в состав СППР специальных средств для планирования процесса решения и управления моделями [78];

4) увеличение значимости графического интерфейса ([40, 71, 75] и др.);

5) включение в СППР мощных систем гипер-медиа [7, 71, 72, 79];

6) использование специальных средств для поддержки задач интеллектуальных уровней (генерация комплексных альтернатив, построение иерархических систем критериев, формирование групп специалистов, генерация комплексных моделей) [22, 40, 41].

Задачи последнего типа базируются на операциях иерархической композиции (построения структуры концепта и композиции нового комплексного концепта [71]).

6. ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА

Значимость информационной поддержки процесса подготовки и принятия решений возросла в последние годы. Во-первых, это связано с тем, что СППР практически сливаются с управляющими информационными системами (Management Information Systems — MIS — [6, 7] и др.). Такое слияние сказалось на информационной поддержке этапов оценки альтернатив за счет получения исходных данных из различных баз данных ([72] и др.). Следующим естественным шагом явилось использование гипертекстовых технологий для включения в СППР специализированных подсистем типа HELPER с целью обучения специалиста аспектам технологии принятия решений (типовые задачи, модели, методы и др.).

В табл. 5 представлено описание основных процессов информационной поддержки для стадий принятия решений. При этом следует учесть, что эта информа-

Таблица 5

Стадии принятия решений и информационная поддержка

Стадии принятия решений	Концепты	Базовые процессы информационной поддержки
1. Идентификация задачи	Типы проблем Ресурсы Узкие места Цели Ограничения	Поиск и выбор проблем-аналогов Выбор и/или композиция целей
2. Структуризация задачи	Критерии Шкалы	Выбор и/или композиция критериев Выбор/построение шкал
3. Генерация альтернатив	Альтернативы Эксперты	Поиск и выбор альтернатив-аналогов, Композиция комплексных альтернатив
4. Оценка альтернатив	Методы оценивания Оценки Эксперты	Поиск данных по альтернативам Поиск и выбор экспертов Формирование экспертных групп
5. Выбор/ранжирование или др.	Методы решения Эксперты ЛПР	Поиск и выбор методов решений Поиск и выбор экспертов
6. Анализ	Методы анализа Эксперты ЛПР	Поиск и выбор методов анализа Поиск и выбор экспертов

ционная поддержка базируется как на традиционных процессах поиска информации в базах данных, так и на использовании гиперинформационных (гипертекст, гипермедиа) технологий. Кроме того, поскольку концепты технологии принятия решений часто являются нечетко определенными составными объектами со сложными связями, нужно использовать семантические сети и адаптировать информационные процессы к пользователю и задаче.

7. О РОЛИ СПЕЦИАЛИСТА

Выше мы уже упоминали об участниках процесса ППР:

- 1) ЛПР (главное лицо, ответственное за результат подготовки и принятия решений);
- 2) эксперт (сбор исходных данных, генерация альтернатив, оценивание альтернатив и предпочтений);
- 3) специалист по организации и проведению технологии ППР.

Особую роль играет специалист по подготовке и принятию решений. Эта роль напоминает роль врача, только в данном случае в качестве объекта анализа и преобразования обычно выступает крайне сложная и многофакторная система (организационно-техническая, социально-экономическая, экологическая, политическая). Отметим, что медицина также является ярким примером применения процессов подготовки и принятия решений. Но в этой области за долгие годы сложились некоторые моральные нормы поведения специалистов по подготовке и принятию решений (врачей) — кодекс поведения, отвечающий клятве Гиппократова. Последняя включает несколько базовых принципов (лечить не болезнь, а больного, соблюдать осторожность, приносить пользу и не вредить, учитывать внешнюю среду, помогать природе) [91]. Автор данной статьи в выступлении на «круглом столе» III Всесоюзной конференции «Проблемы и методы принятия решений в организационных системах управления» (Звенигород, декабрь 1988 г.) предложил некий набор принципов, аналогичный клятве Гиппократова, которым должен следовать специалист по подготовке и принятию решений. Перечень функций специалиста включает следующее:

- 1) оценить задачу, ЛПР, требуемые ресурсы (время, информация, ЛПР, эксперты, методы), важность и области возможных последствий;
- 2) понять реальную суть анализируемого процесса, явления;
- 3) спланировать процедуру поддержки и принятия решений;
- 4) подобрать экспертов, методы;
- 5) подготовить (обучить) ЛПР, включая объяснение важности различных последствий принимаемых решений и ответственности за них;
- 6) обеспечить требуемый интерфейс: а) между компонентами информационных технологий (компьютеры, информационные системы, программное обеспечение) и людьми (ЛПР, эксперты), б) между людьми (организационные аспекты);
- 7) управлять ходом процесса подготовки и принятия решений, включая вопросы оперативной адаптации всей технологии (обучение людей, уточнение информации, корректировка методов);
- 8) обеспечить валидность исходной информации и готовящихся решений;
- 9) провести тщательный анализ последствий подготовленных решений;
- 10) нести моральную ответственность за принимаемые решения;
- 11) отказаться от участия в процессе подготовки и принятия решений при неправильных действиях, кото-

рые могут привести к ошибочным результатам, например, в следующих областях: а) идентификация проблемы; б) организация процесса решения; в) оценка последствий принимаемых решений.

Дополнительно хотелось бы указать на важность правильного соответствия творческих типов людей характеру решаемых задач. Усилиями ряда психологов, включая Пиаже и др. [92, 93], была выявлена некоторая порядковая шкала для оценки уровней творческого развития индивидуума, которая в упрощенном виде имеет следующий вид:

- работа с конкретными объектами;
- работа с абстрактными объектами, но в рамках стандартных схем решений;
- работа с абстрактными объектами и построение схем решений на основе метода проб и ошибок;
- работа с абстрактными объектами на основе построения плана решений.

С другой стороны, Г. С. Альтшуллер ввел близкую шкалу интеллектуальности изобретательных задач, которую мы использовали выше (использование исходного объекта, выбор, модификация, проектирование нового объекта, проектирование системы объектов).

Указанные две порядковые шкалы практически соответствуют друг другу. При этом естественным образом в практических ситуациях возникает проблема анализа людей и возникающих задач и выявление соответствия между ними. На разных этапах существования некой организационной системы (например, фирмы) могут требоваться различные типы личностей. В частности, во время структурных перестроек (переход на выпуск новой продукции или на новую технологию, коренное изменение маркетинговой политики) необходимы творческие личности с высокой склонностью к решению интеллектуальных задач. В то же время при решении типовых (стандартных) задач (например, расширение производства) на ключевые роли должны выходить люди, не склонные к излишней интеллектуальности. Практически любое нарушение указанного соответствия, когда люди ответственны за несвойственные им задачи (т. е. творческий профиль специалиста не соответствует профилю решаемых задач), может привести к непоправимым результатам.

8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Отметим некоторые базовые тенденции и важные направления в области третьей грамотности:

1. Становление и «интеллектуализация» индустрии консультационного сервиса на основе широкого применения методов подготовки и принятия решений, включая многокритериальный анализ, комплексную интеллектуальную обработку информации и знаний.
2. Расширение сферы активного использования СППР, в первую очередь в таких областях, как маркетинг; анализ финансовой деятельности, включая анализ инвестиций, биржевую деятельность; анализ безопасности и риска; экология; учебный процесс; машиностроение, включая проектирование и планирование производства.
3. Использование специальных средств для поддержки задач интеллектуальных уровней (генерация комплексных альтернатив, построение иерархических систем критериев, формирование групп специалистов, генерация комплексных моделей).
4. Применение информационных средств поддержки этапов подготовки и принятия решений, включая следующие:
 - а) гиперинформационные системы для обучения пользователя и помощи в идентификации и структуризации задач;

- б) средства коммуникации с компьютерными сетями для выходы на базы данных;
- в) использование «интеллектуальной» обработки информации (третий уровень и выше) на основе комплексных методов многокритериального анализа и композиции данных и/или знаний.
5. Расширение сферы применения задач типа реконструкции и реинжиниринга, требующих технологии ППР.
6. Возрастание потребностей в обучении третьей грамотности (технологии ППР) не только специалистов в области управления, но и экономистов, инженеров и др., включая широкие слои населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ершов А. П. Человек и машина.— М.: Знание, 1985.— Вып. 4.— 32 с.
2. Simon H., Newell A. Heuristic problem solving: the next advance in operations research // *Operations Research*.— 1958.— Vol. 6, № 1.— P. 1—10.
3. Simon H. A., Dantzig G. B., Hogarth R., Plott C. R., Raiffa H., Schelling T. C., Shepsle K. A., Thaler R., Tversky A., Winter S. Decision Making and Problem Solving // *Interfaces*.— 1987.— Vol. 17, № 5.— P. 11—31.
4. Simon H. A. The New Science of Management Decision.— N. Y.: Harper and Row, 1977.
5. Humphreys P. Intelligence in Decision Support // *New Directions in Research on Decision Making*.— Amsterdam: Elsevier Science Publishers B. V. (North Holland), 1986.— P. 333—361.
6. Turban E. Decision Support System and Expert System: Management Support System.— 2nd ed.— N. Y.: Macmillan, 1990.
7. Forgionne G. A. Decision Technology System: A Vehicle to Consolidate Decision Making Support // *Information Processing & Management*.— 1991.— Vol. 27, № 6.— P. 679—697.
8. Sprague R. H., Carlson E. D. Decision Support Systems.— N. J., Prentice-Hall, Cliffs, 1982.
9. Левин М. Ш. Применение оптимизационных комбинаторных моделей в автоматизированных системах // *Обзор. информ. Сер. С-9. Автоматизированные системы проектирования и управления*.— М.: ВНИИТЭМР, 1986.— Вып. 1.— 64 с.
10. Емельянов С. В., Ларичев О. И. Многокритериальные методы принятия решений.— М.: Знание, 1985.— 32 с.
11. Белкин А. Р., Левин М. Ш. Принятие решений: комбинаторные модели аппроксимации информации.— М.: Наука.— 1990.— 160 с.
12. Миркин Б. Г. Проблемы группового выбора.— М.: Наука, 1974.— 256 с.
13. Hammer M., Champy J. Reengineering the corporation: A manifesto for business revolution // *Harper business*.— 1993.
14. Альтшуллер Г. С. Алгоритм изобретения.— М.: Московский рабочий, 1973.— 296 с.
15. Levin M. Sh. Some Complicated Discrete Multi-Criteria Decision Making Problems // *Proceedings of Tenth Int. Conf. on Multiple Criteria Decision Making*.— Taiwan, 1992.— Vol. 3.— P. 449—458.
16. Левин М. Ш. Типовой подход к оценке качества машиностроительной продукции.— М.: ВНИИКИ, 1988.— Вып. 4.— 64 с.
17. Simon H. A. Models of Discovery and other Topics in the Methodology of Science.— Boston: D. Reidel Publishing Company, Dordrecht-Holland, 1977.
18. Zwicky F. Discovery invention, research through the morphological approach.— N. Y.: McMillan & Co., 1969.
19. Эйрес Р. Научно-техническое прогнозирование и долгосрочное планирование/Пер. с англ.— М.: Мир, 1971.— 296 с.
20. Дубов Ю. А., Травкин С. И., Якимец В. Н. Многокритериальные модели формирования и выбора вариантов систем.— М.: Наука, 1986.— 296 с.
21. Howard R. A. Decision Analysis: Practice and Promise // *Management Science*.— 1988.— Vol. 34, № 6.— P. 679—695.
22. Саати Т. Принятие решений: Метод анализа иерархий/Пер. с англ.— М.: Радио и связь, 1993.— 320 с.
23. Grossmann I. E. Mixed-Integer Non-linear Programming Techniques for the Synthesis of Engineering Systems // *Research in Engineering Design*.— 1990.— Vol. 1, № 2/3.— P. 205—228.
24. Berman O., Ashrafi N. Optimization Models for Reliability of Modular Software Systems // *IEEE Transactions on Software Engineering*.— 1993.— Vol. 19, № 11.— P. 1119—1123.
25. Tsukune H., Tsukamoto M., Matsushita T., Tomita F., Okada K., Ogasawara T., Takase K., Yuba T. Modular Manufacturing // *J. of Intelligent Manufacturing*.— 1993.— Vol. 4, № 2.— P. 163—181.
26. Краснощеков П. С., Морозов В. В., Федоров В. В. Декомпозиция в задачах проектирования // *Изв. АН СССР. Сер. Техн. кибернетика*.— 1979.— № 2.— С. 7—17.
27. Поспелов Г. С., Ириков В. А. Программно-целевое планирование и управление.— М.: Сов. Радио, 1976.— 440 с.
28. Краснощеков П. С., Петров А. А., Федоров В. В. Информатика и проектирование.— М.: Знание, 1986.— 48 с.
29. Kuppuraju N., Ittimakin P., Mistree F. Design Through Selection: A Method That Works // *Design Studies*.— 1985.— Vol. 6, № 2.— P. 91—106.
30. Березовский Б. А., Конторер Л. А. Эффективный алгоритм построения множества недоминируемых вариантов декомпозируемых объектов // *Автоматика и телемеханика*.— 1987.— 1.— С. 115—121.
31. Sause R., Powell G. H. A Design Process Model for Computer Integrated Structural Engineering: Design Phases and Tasks // *Engineering with Computers*.— 1991.— Vol. 7, № 3.— P. 145—160.
32. Harhalakis G., Lin C. P., Nagi R., Proth J. M. Hierarchical Decision Making in Computer Integrated Manufacturing Systems // *Proc. of the Third Intern. Conference on Computer Integrated Manufacturing*.— Los Alamitos: CS Press, 1992.— P. 15—24.
33. Demes G. H., Fenves S. J., Grossmann I. E., Hendrickson C. T., Mitchell T. M., Prinz F. B., Sewiorek D. P., Subrahmanian E., Talukdar S., Westerberg A. W. The Engineering Design Research Center of Carnegie Mellon University // *Proceedings of the IEEE*.— 1993.— Vol. 81, № 1.— P. 10—23.
34. Liebis D. C., Jain A. JESSI COMMON FRAMEWORK Design Management—The Means to Configuration and Execution of the Design Process // *Proceedings of European Design Automation Conference EURO-DAC'92*.— Los Alamitos: CS Press, 1992.— P. 552—557.
35. Ramamoorthy C. V., Chandra C., Kim H. G., Shim Y. C., Vij V. Systems Integration: Problems and Approaches // *Proceedings of The Second Inter-*

- national Conference on Systems Integration / Ed. Ng, P. A. et al.— Los Alamitos: IEEE Computer Press, 1993.— P. 522—529.
36. Bui T. X. Co-oP: A Group Decision Support System for Cooperative Multiple Criteria Group Decision Making // Lecture Notes in Computer Sciences. Vol. 290.— N. Y.: Springer-Verlag, 1987.
 37. Kyng M. Designing for Cooperation: Cooperating in Design // Comm. of the ACM.— 1991.— Vol. 34, № 12.— P. 65—75.
 38. Sriram D., Logeher R. The MIT Dice Project // Computer.— 1993.— January.— P. 64—65.
 39. Трахтенгерц Э. А. Построение распределенной системы группового проектирования // Автоматика и телемеханика.— 1993.— № 9.— С. 154—174.
 40. Levin M. Sh. Hierarchical Design of User Interfaces // Human-Computer Interaction. Lecture Notes in Computer Science. Vol. 876 / Ed. B. Blumenthal, J. Gornostaev, C. Unger.— Berlin: Springer-Verlag, 1994.— P. 140—151.
 41. Левин М. Ш. Задача планирования информационного центра // НТИ. Сер. 2.— 1995.— № 2.— С. 16—24.
 42. Левин М. Ш., Михайлов А. А. Фрагменты технологии стратификации объектов: Препринт/ВНИИСИ.— М., 1988.— 60 с.
 43. Levin M. Sh. Hierarchical Components of Human-Computer Systems // Human-Computer Interaction. Lecture Notes in Computer Science. Vol. 753 / Ed. L. E. Bass, J. Gornostaev, C. Unger.— Berlin: Springer-Verlag, 1993.— P. 37—52.
 44. Иоффин А. И. Системы поддержки принятия решений // Мир ПК.— 1993.— № 5.— С. 47—57.
 45. Руа Б. Классификация и выбор при наличии нескольких критериев // Вопросы анализа и процедуры принятия решений.— М.: Мир, 1976.— С. 80—107.
 46. Вентцель Е. С. Исследование операций: Задачи, принципы, методология.— М.: Наука, 1988.— 208 с.
 47. Левин М. Ш., Магидсон Д. Б. Проектирование связи в АС НТИ // НТИ. Сер. 2.— 1990.— № 1.— С. 19—25.
 48. Левин М. Ш., Магидсон Д. Б., Самсонова Е. П. Выбор модемов в информационно-вычислительных сетях // НТИ. Сер. 2.— 1990.— № 10.— С. 18—24.
 49. Newell A., Simon H. A. Human problem solving.— N. Y.: Prentice Hall Englewood Cliffs, 1972.
 50. Акофф Р. Л. Искусство решения проблем / Пер. с англ.— М.: Мир, 1982.— 220 с.
 51. Поспелов Д. А. Ситуационное управление: теория и практика.— М.: Наука, 1986.— 288 с.
 52. Fischer G. Cognitive View of Reuse and Redesign // IEEE Software.— 1987.— July.— P. 60—72.
 53. Haimes Y. Y. Hierarchical Analysis of Water Resources Systems. Modeling and Optimization of Large-Scale Systems.— N. Y.: McGraw-Hill, 1977.
 54. Панкова Л. А., Петровский А. М., Шнейдерман М. В. Организация экспертизы и анализ экспертной информации.— М.: Наука, 1984.— 180 с.
 55. Cook W. D., Kress M. Ordinal Information and Preference Structures: Decision Models and Applications.— N. J.: Prentice Hall // Englewood Cliffs, 1992.
 56. Golden B. L., Heyner A., Power D. Decision Insight System for Microcomputers: A Criterial Evaluation // Computer and Operations Research.— 1986.— Vol. 13, № 2/3.— P. 287—300.
 57. Ларичев О. И., Петровский А. Б. Системы поддержки принятия решений. Современное состояние и перспективы развития // Итоги науки и техники. Сер. Техническая кибернетика.— М.: ВИНТИ, 1987.— Т. 21.— С. 131—164.
 58. Левин М. Ш. Автоматизированные средства многокритериального анализа машиностроительных объектов.— М.: ВНИИТЭМР, 1990.— 36 с.
 59. Buede D. M. Superior Design Features of Decision Analytic Software // Computers and Operations Research.— 1992.— Vol. 19, № 1.— P. 43—57.
 60. Buede D. M. Software Review: Overview of the MCDA Software Market // J. of Multi-Criteria Decision Analysis.— 1992.— Vol. 1, № 1.— P. 59—61.
 61. Фишберн П. Теория полезности для принятия решений.— М.: Наука, 1978.— 352 с.
 62. Кини Р. Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения.— М.: Радио и связь, 1981.— 560 с.
 63. Brans J. P., Vincke P., Mareschal B. How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method // European J. of Operational Research.— 1986.— Vol. 24, № 2.— P. 228—238.
 64. Koksalan M. M., Karwan M. H., Zionts S. An Improved Method for Solving Multiple Criteria Problems Involving Discrete Alternatives // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics.— 1984.— Vol. SMC-14.— P. 24—34.
 65. Korhonen P., Wallenius J., Zionts S. Solving the Discrete Multiple Criteria Problem Using Convex Cones // Management Science.— 1984.— Vol. 30, № 11.— P. 1336—1345.
 66. Li H. L. Solving Discrete Multicriteria Decision Problems Based on Logic-Based Decision Support Systems // Decision Support Systems.— 1987.— Vol. 3.— P. 101—118.
 67. Wang J., Malakooti B. A Feedforward Neural Network for Multiple Criteria Decision Making // Computers and Operations Research.— 1992.— Vol. 19, № 2.— P. 151—167.
 68. Fedra K., Zhao C., Winkelbauer L. Interactive Multicriteria Decision Support: Combining Rule-based and Numerical Approaches // User-Oriented Methodology and Techniques of Decision Analysis and Support. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems. Vol. 397 / Ed. J. Wessels, A. P. Wierzbicki.— Vienna: Springer-Verlag, 1993.— P. 48—64.
 69. Saxena K. B. C. Computer-Aided Decision Support Engineering // Recent Developments in Decision Support Systems. NATO ASI. Ser. F 101 // Ed. C. W. Holsapple, A. B. Whinston.— N. Y., 1993.— P. 313—335.
 70. Kaula R. Integrating Decision Support Systems in Organizations: A Three-level Framework // Industrial Management & Data Systems.— 1994.— Vol. 94, № 4.— P. 6—14.
 71. Levin M. Sh. Towards hypertexts and decision making // Proceedings of Intl. Conf. EWHCI'95, Moscow.— 1995.— Vol. 2.— P. 22—37.
 72. Kimbrough S. O., Pritchett C., Bieber M., Bhargava H. The Coast Guard's KSS Project // Interfaces.— 1990.— Vol. 20, № 6.— P. 5—16.
 73. Jones C. V. User Interface Development and Decision Support Systems // Recent Developments in Decision Support Systems. NATO ASI. Ser. F 101 / Ed. C. W. Holsapple, A. B. Whinston.— N. Y., 1993.— P. 205—207.
 74. Mareschal B., Brans J.-P. Geometrical Representation for MCDA // European J. of Operational Research.— 1988.— Vol. 34.— P. 69—77.
 75. Vetschera R., Walterscheid H. Graphical Interaction in Multi-Criteria Decision Support: Some Implementation Issues // User-Oriented Methodology and Technology of Decision Analysis and Support. Lecture Notes in Economics and Mathematical Sys-

- tems. Vol. 397 / Ed. J. Wessels, A. P. Wierzbicki.— Vienna: Springer-Verlag, 1993.— P. 79—87.
76. Sutherland J. W. Assessing the Artificial Intelligence Contribution to Decision Technology // IEEE Transactions on Syst. Man, and Cybernetics.— 1986.— Vol. 16, № 1.— P. 3—20.
 77. White C. C. A survey on the integration of decision analysis and expert systems for decision support // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics.— 1990.— Vol. 20, № 2.— P. 358—364.
 78. Muhanna W. A., Pick R. A. Meta-modeling Concepts and Tools for Model Management: A Systems Approach // Management Science.— 1994.— Vol. 40, № 9.— P. 1093—1123.
 79. Левин М. Ш. Иерархическая гипертекстовая система // НТИ. Сер. 2.— 1989.— № 6.— С. 10—13.
 80. Hubert L., Arabie P. Comparing Partitions // J. of Classification.— 1985.— Vol. 2, № 2/3.— P. 193—218.
 81. Kemeny J. G., Snell J. L. Mathematical Models in the Social Sciences.— Cambridge, Mass.: MIT Press, 1972.
 82. Соболев И. М., Статников Р. Б. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями.— М.: Наука, 1981.— 110 с.
 83. Buede D. M., Choisser R. W. Providing an Analytical Structure for Key System Choices // J. of Multi-Criteria Decision Analysis.— 1992.— Vol. 1, № 1.— P. 17—27.
 84. Souder W. E., Ziegler R. W. A Review of Creativity and Problem Solving Techniques // Research Management.— 1977.— Vol. 20, № 4.— P. 34—42.
 85. Камаев В. А., Никитин С. В., Залевский Ф. Я. Поисковое конструирование // Итоги науки и техники. Сер. Техн. кибернетика.— М.: ВИНТИ, 1986.— Т. 19.— С. 142—189.
 86. Alexander C. Notes on the Synthesis of Form.— Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1964.
 87. Waller R. J. The Synthesis of Hierarchical Structures: Techniques and Applications // Decision Sciences.— 1976.— Vol. 7.— P. 659—674.
 88. Lendaris G. G. Structural Modeling — A Tutorial Guide // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics.— 1980.— Vol. 10, № 12.— P. 807—840.
 89. Geoffrion A. M. The SML Language for Structured Modeling // Operations Research.— 1992.— Vol. 40, № 1.— P. 38—75.
 90. Garlan D., Krueger C. W., Lerner B. S. TransformGen: Automating the Maintenance of Structured Environments // ACM Trans. on Programming Languages and Systems.— 1994.— Vol. 16, № 3.— P. 727—774.
 91. Бородулин Ф. Р. Лекции по истории медицины. Лекции 4—6.— М., 1955.— 57 с.
 92. Piaget J. Biology and Knowledge.— Chicago: The University of Chicago Press, 1971.
 93. Вычислить инженера // НТП.— 1990.— № 5—6.— С. 13.

Материал поступил в редакцию 01.04.95.