

- space for findpath with rotation. // IEEE Trans. on Syst., Man and Cybern. — 1985. — SMC-15, № 2. — p. 224—233.
42. Red W. E., Truong—Cao H.-V. Configuration maps for robot path planning in two-dimensions. // Trans. of the ASME. — 1985. — № 107. — p. 292—298.
 43. Khalil O. Real-time obstacle avoidance for manipulators and mobile robots. // Proc. IEEE Intern. Conf. on Robotics and Automation, St. Louis, MO, 1985. — p. 500—505.
 44. Носков В. П., Калашев Н. А. Алгоритм иерархического планирования траектории движения транспортного робота. // Многопроцессорные вычислительные структуры. — Таганрог: ТРТИ, 1982. — вып. 4(XIII). — с. 64—66.
 45. Деметьев В. Н., Пяткин В. П. Алгоритм Беллмана в задаче планирования трассы роботом. // Вычислительная математика и программирование. — Новосибирск: ВЦ СО АН СССР, 1974. — с. 36—38.
 46. Каширин В. Н. и др. Система управления автономным транспортным роботом. // Тез. докл. IX Всесоюз. совещ. по проблемам управления. Ереван, 1983. — М.: ВИНТИ, 1983. — с. 247.
 47. Негатев М. Б., Кулаков Ф. М., Покровский А. М. Алгоритмы управления роботами-манипуляторами. — Л.: Машиностроение, 1972. — 248 с.
 48. Управление роботами от ЭВМ. / Под ред. Е. И. Юревича. — Л.: Энергия, 1980. — 264 с.
 49. Ху Т. Целочисленное программирование и потоки в сетях. — М.: Мир, 1974. — 222 с.
 50. Нильсон Н. Искусственный интеллект. Методы поиска решений. — М.: Мир, 1973. — 270 с.
 51. Lee C. Y. An algorithm for path connections and its applications. // IRE Trans. on Electron. Comput. — 1961. — 10, № 3. — p. 346—365.
 52. Bellman R. On a routing problem. // Quart. Appl. Math. — 1985. — 16, № 1. — p. 79—88.
 53. Пяткин В. П., Сиротенко В. Я. Планирование трассы роботом. // Изв. АН СССР. Техн. кибернетика. — 1978. — № 6. — с. 73—78.
 54. Моравец Х. П. Тележка Станфордского университета и ровер Университета Карнеги-Меллона. // ТИИЭР. — 1983. — 71, № 7. — с. 112—128.
 55. Ichikawa Y., Senoh M., Miyata K. Autonomous control of a locomotion vehicle. // Кейоку дзидо сэйге гаккай ромбунсю. — 1984. — 20, № 10. — p. 959—963 (яп.).
 56. Girali G., Sobek R., Chatila R. A multilevel planning and navigation system for a mobile robot: a first approach to Hilaré. // Proc. Int. Joint Conf. on Artificial Intelligence, Tokyo, Japan, 1979. — 1. — p. 66—70.
 57. Canny J. A Voronoi method for the Piano-Movers problem. // Proc. IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, St. Louis, MO, 1985. — p. 530—535.
 58. Hiri J., Huber R., Torras C. Applying a tree-graph model of free-space to the global search of collision-free paths. // Prepr. IFAC Symp. on Robot Control, Barcelona, Spain. — 1985. — p. 257—262.
 59. Кирильченко А. А., Карпов Н. Н., Платонов А. К. Метод поиска в задаче выбора трассы мобильного робота в условиях неопределенности. // Препр. ИГиМ АН СССР. — 1983. — № 16. — 27 с.
 60. Ильян В. А., Ильян Т. Р., Кориков А. М. Вопросы теории алгоритмов управления движением роботов в условиях неполной информации о среде. // Информационные и управляющие системы роботов. — М.: ИГиМ АН СССР, 1982. — с. 170—177.
 61. Петров Б. Н., Ларичев О. И. Интегральные подвижные исследовательские роботы. // Тез. докл. Всесоюз. совещ. по робототехн. системам, Владимир, 1978. — М.: Наука, 1978. — с. 115.
 62. Brooks R. A. A robust layered control system for a mobile robot // IEEE J. of Robotics and Automation. — 1986. — RA-2, № 1. — p. 14—23.
 63. Arzuffel A. Minimum-time 2 1/2 navigator for autonomous mobile robot. // Prepr. IFAC Symp. on Robot Control, Barcelona, Spain. 1985. p. — 493—498.

Итоги науки. Техническая кибернетика
таи 21, стр 131-164, Москва, ВИНТИ.
1987г.

УДК 519.283.681.3

СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

О. И. Ларичев, А. Б. Петровский

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в различных странах мира появилось значительное число работ, относящихся к новому средству решения задач организационного управления — системам поддержки принятия решений (Decision Support Systems). Интерес к системам поддержки принятия решений (СППР) непрерывно растет. Созываются специальные конференции [1—4], издаются книги [5—11], с 1985 г. начал выходить международный журнал Decision Support Systems. Широко рекламируются и продаются коммерческие СППР и пакеты прикладных программ, предназначенные для использования в СППР. В течение ряда лет действует рабочая группа IFIP (Международной федерации по обработке информации) по вопросам СППР. Почему же СППР привлекают внимание многих исследователей?

Во-первых, пройден определенный этап использования ЭВМ в задачах организационного управления. Стали яснее причины провалов и неудач в применении автоматизированных систем управления (АСУ) для обеспечения потребностей руководителей — лиц, принимающих решения (ЛПР) при решении конкретных задач.

Во-вторых, наконились свидетельства о малом использовании моделей, построенных специально для задач принятия решений. Очевидно, невозможно получить в полном объеме всю объективную информацию, необходимую для их успешного применения. Поэтому в такие модели вносятся субъективные допущения и догадки их создателей. В этом кроется причина оттока ЛПР от использования таких моделей в реальных ситуациях принятия решений.

В-третьих, к настоящему времени имеются данные многочисленных психологических исследований возможностей ЛПР в принятии решений. Выяснилось, что возможности человеческой

системы переработки информации достаточно ограничены. Человеку, принимающему решения, нужно помогать, специальным образом организуя процесс получения информации.

Все эти причины объективно обусловили потребность в системах, объединяющих возможности современных ЭВМ и знание человека при принятии решений.

Первые реализации СППР за рубежом появились в сфере бизнеса. Среди деловых решений имеется широкий круг задач, характеризующихся наличием достаточно надежных моделей (модели рынков сбыта товаров, модели управления запасами, модели перевозок и т. д.). При решении таких задач руководителю приходилось неоднократно оценивать результаты, получаемые с помощью этих моделей. Таким образом, возникла необходимость в системе, которая содержала бы в себе массивы данных, систему моделей, средства общения с пользователем. Поскольку выходные переменные моделей служили лишь основой для принятия решений человеком, то задача СППР состояла в предоставлении ЛПР (или группе ЛПР) возможностей анализа различных вариантов решения проблемы, в оказании помощи при формировании и оценке вариантов решений.

В дальнейшем СППР начали применяться и в других сферах деятельности, где человеку или группе людей необходимо проанализировать альтернативы, сравнить их, сделать выбор. Областями профессионального использования СППР стали медицина, юриспруденция, автоматизация проектирования, оценка технологий и др. И этот круг практического применения СППР стремительно расширяется.

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СППР

Существует множество определений СППР, отражающих точки зрения представителей различных дисциплин и научных школ. Так, в [12] СППР определяется, как «основанная на использовании моделей совокупность процедур по обработке данных и суждений, помогающих руководителю в принятии решений».

В [13] предлагается рассматривать СППР в качестве «интерактивных автоматизированных систем, которые помогают лицам, принимающим решения, использовать данные и модели, чтобы решать неструктуризованные проблемы». Позднее это определение было расширено и на решение слабоструктуризованных проблем [8, 14].

В [15] СППР определяется «как компьютерная информационная система, используемая для поддержки различных видов деятельности при принятии решений в ситуациях, где невозможно или нежелательно иметь автоматическую систему, которая полностью выполняет весь процесс решения». Акцент в этом

определении делается на то, что система не заменяет человека, автоматизируя процедуру решения, а обеспечивает его различного рода помощью в ходе решения проблемы.

Большинство исследователей согласны, что СППР предназначены для решения слабоструктуризованных проблем [15]. В соответствии с определением Н. Simon [16], к слабоструктуризованным относятся проблемы, которые содержат как количественные, так и качественные переменные, причем качественные аспекты проблемы имеют тенденцию доминировать. Неструктуризованные проблемы имеют лишь качественное описание.

Судя по примерам практического использования СППР [6, 8, 9, 17], чаще всего под СППР понимаются системы, позволяющие пользователю обрабатывать и анализировать массивы данных с помощью совокупности моделей объективного характера (финансовые расчеты, сбыт, управление запасами и т. п.). Вместе с тем в последние годы выявились новые классы задач принятия решений, требующих привлечения СППР.

В процессе принятия решений возникла необходимость в субъективных, экспертных моделях (прогнозы продаж продукции, реакции конкурентов и т. д.), которые могут быть крайне полезны для ЛПР. Возникла также необходимость в учете знаний многих экспертов, в анализе принятых ранее решений. В структуре СППР появился блок «база знаний», и такие системы получили название «интеллектуальных» [18, 19].

Развитие технических и программных средств, позволяющих «индустриализировать» технологию создания новых систем, привело к формированию еще одной точки зрения на СППР, которая получила название «адаптивного проектирования» [22]. Сторонники этого подхода считают, что термин СППР имеет право на существование только в тех случаях, когда «конечная система» возникает в ходе адаптивного процесса проектирования и внедрения.

Основным постулатом адаптивного подхода является итеративность процесса разработки «конечного продукта», в ходе которого пользователь, разработчик и система многократно взаимодействуют друг на друга. Основным методом построения СППР в рамках данного подхода является прототипирование систем [23], когда разработчиком вначале создается макет («прототип») системы, обладающий основными чертами желаемой СППР, который в результате совместной работы разработчика и пользователя доводится до требуемой конечной системы.

Опыт использования СППР показал, что поддержка, оказываемая СППР, далеко не всегда бывает достаточной [43]. Очень часто возникают информационная перегруженность ЛПР, сложная проблема учета противоречивых оценок по многим критериям, выявления предпочтений ЛПР. Для разрешения этих проблем необходимы использование современных ме-

тодов принятия решений [20] и разработка специальных средств общения человека и ЭВМ [21]. Наличие «дружественного» человеко-машинного интерфейса, обеспечивающего удобную связь пользователя с системой, стало одной из отличительных черт СППР [6, 15].

Таким образом, в СППР объединяются на общей основе подходы, характерные для следующих направлений исследований:

- принятие решений;
- извлечение и представление знаний;
- построение человеко-машинных (диалоговых) систем.

Синергетическое взаимодействие этих направлений создает СППР как качественно новое средство для принятия решений. Можно дать следующее определение СППР.

Системы поддержки принятия решений являются человеко-машинными системами, которые позволяют лицам, принимающим решения, использовать данные, знания, объективные и субъективные модели для анализа и решения слабоструктуризованных проблем.

Концептуальная модель СППР, соответствующая данному определению, представлена на рис. 1. Интерфейс «пользователь—система» содержит средства для генерации и управления диалогом.

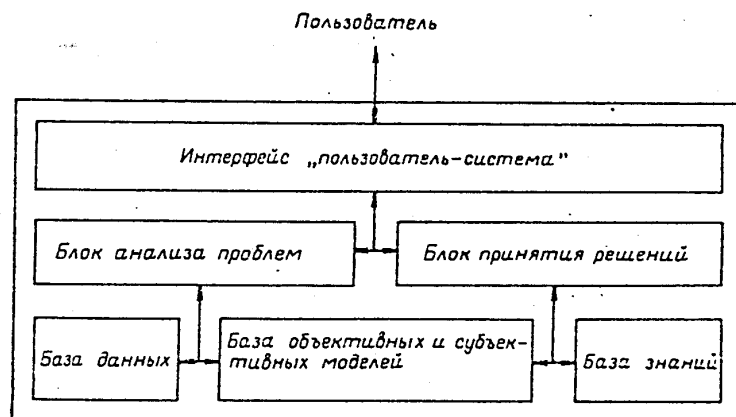


Рис. 1. Концептуальная модель СППР

Блоки анализа проблем и принятия решений включают в себя процедуры и методы, позволяющие сформулировать поставленную проблему, с помощью баз данных (БД), моделей (БМ) и знаний (БЗ) проанализировать возможности ее решения и получить результат. В СППР включаются также средства для из-

влечения данных и знаний, построения моделей и манипулирования ими. Сравнение предложенной схемы с другими концептуальными моделями СППР будет проведено ниже.

2. КЛАССИФИКАЦИЯ СППР.

2.1. Основания классификации

Анализируя эволюцию представлений о СППР, авторы [15] отмечают постепенный переход от общих формулировок «что делает СППР» к операциональным характеристикам «каким образом может достигаться цель СППР». Для систематизации представлений о СППР рассмотрим подходы к их классификации. Анализ существующих точек зрения на разработку и применение систем, на способы получения, представления и структуризации информации, на возможности интерфейса «пользователь—система», на специфические отличия СППР от других типов автоматизированных систем позволяет выделить в качестве оснований классификации СППР следующие наиболее существенные признаки [69]:

- концептуальные модели;
- пользователи системы;
- решаемые задачи;
- обеспечивающие средства;
- области применения.

Подходы к классификации СППР представлены в табл. 1.

2.2. Концептуальные модели

Рассматривая существующие концептуальные модели СППР, можно выделить подходы, основанные на использовании идеологии информационных систем, искусственного интеллекта, и инструментальный подход.

В рамках информационного подхода СППР относят к классу автоматизированных информационных систем, основное назначение которых — «улучшить деятельность работников умственного труда (knowledge workers) в организациях путем применения информационной технологии» [24].

Особенности информационного подхода отражает концептуальная СППР R. Sprague [14, 24]. Основными компонентами этой модели являются (рис. 2) интерфейс «пользователь—система», БД и БМ, которые соответствуют аналогичным блокам рис. 1.

Интерфейс «пользователь—система» обеспечивает связь пользователя с каждой из баз и включает в себя программные средства для управления БД, управления БМ, управления и генерации диалога. Интерфейс «пользователь—система» дол-

Классификация СППР

Таблица 1

Основания классификации		Виды систем
Концептуальные модели	Информационный подход [24, 25, 44]	Концептуальная СППР R. Sprague «Эволюционирующая» СППР
	Подход, основанный на знаниях [7, 32, 34]	«Характерная» СППР R. Boscsek et al «Расширенная характерная» СППР
Пользователи	Инструментальный подход [15, 24, 26, 33]	Специализированная СППР СППР—генератор СППР—инструментарий
	Иерархический уровень управления [9, 36]	СППР для высшего звена СППР для среднего звена СППР для низшего звена
	Способ взаимодействия пользователя с системой [6]	СППР в терминальном режиме СППР в режиме «клерка» СППР в режиме «посредника» СППР в автоматизированном режиме
	Степень зависимости лиц в процессе принятия решений [22]	Системы персональной поддержки Системы групповой поддержки Системы организационной поддержки
Задачи принятия решений	Степень новизны проблемы [20, 38]	СППР для уникальных проблем СППР для повторяющихся проблем
	Характер описания проблемы [20, 38]	СППР для проблем целостного выбора СППР для проблем многокритериального выбора
	Тип модели [20, 38]	СППР с объективными моделями СППР с субъективными моделями
Программные средства	Характер выполняемых функций [6]	СППР, ориентированная на данные СППР, ориентированная на модели
	Уровень процедурности языков интерфейса «пользователь-система» [7]	СППР с процедурными языками СППР с командными языками СППР с непроцедурными языками

Продолжение таблицы 1

Основания классификации		Виды систем
Области применения	Профессиональная сфера деятельности [6, 8, 49]	СППР в микроэкономике СППР в макроэкономике СППР в конторской деятельности СППР для оценки технологий СППР в юриспруденции СППР в медицине и др.
	Временной горизонт [6, 8, 15]	СППР для стратегического планирования (долгосрочные решения) СППР для руководства (среднесрочные решения) СППР для оперативного управления (краткосрочные решения)

жен обладать характеристиками, позволяющими: управлять разнообразными стилями ведения диалога; изменять стиль диалога по выбору пользователя; предоставлять данные в различных формах и видах; обеспечивать гибкую поддержку пользователя.

Эффективность СППР связана с широтой спектра используемых данных. Поэтому БД СППР включает в себя как ко-

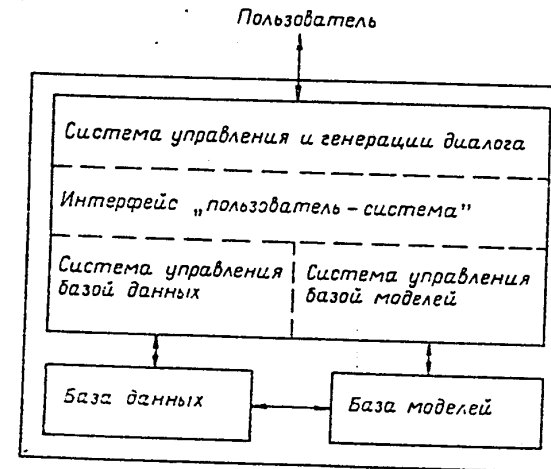


Рис. 2. Концептуальная модель СППР [24] (информационный подход)

личественную, так и качественную информацию из различных источников. В этой связи особую актуальность приобретают вопросы разработки процедур «извлечения» данных из этих источников. Средства создания и ведения БД должны предоставлять следующие возможности: объединять различные источники данных, используя процедуры извлечения информации; легко и быстро добавлять и исключать источники данных; представлять логическую структуру данных в терминах пользователя; иметь полный набор функций управления данными.

Важной особенностью СППР является их способность формировать модели для принятия решений. Предполагается, что в БМ следует встраивать не локальные модели, а модели, объединенные с БД. Процедуры моделирования должны обеспечивать гибкость построения моделей, в частности из готовых блоков, подпрограмм, и легкость управления ими, а система управления — возможность: каталогизировать и обслуживать широкий спектр моделей, поддерживающих все уровни управления; быстро и легко создавать новые модели; связывать эти модели с соответствующими БД; управлять БМ с помощью функций управления.

Обобщением модели R. Sprague [24] является «эволюционирующая» СППР [25], которая наряду с интерфейсом «пользователь—система», БД и БМ включает в себя базу текстов и базу правил. Добавление дополнительных компонентов расширяет информационную базу СППР как в сторону использования менее структурированных видов информации (тексты на естественном языке, индексированные документы), так и в сторону более структурированных форм информации (правила представления декларативных знаний, эвристические процедуры).

Усложнение информационной структуры СППР по мере перехода от базы текстов через БД и БМ к базе правил обеспечивает возможность эволюционного развития системы как при изменении когнитивного стиля и информационных потребностей пользователя, так и при изменении проблемной области. Пока эта эволюция осуществляется «вручную» в процессе проектирования СППР. Настоящая эволюция, считает R. Bellew [25], произойдет тогда, когда система сможет автоматически распознавать и формировать «эволюционирующие» связи между компонентами СППР, обеспечивающие динамичный обмен информацией в процессе информационной поддержки.

Особенности СППР, связанные с необходимостью использования различных источников информации, моделей и методов при решении слабоструктурированных проблем, привлекли внимание исследователей и разработчиков к вопросам представления знаний в системе [19, 26], которые традиционно изучались специалистами в области искусственного интеллекта. Основные достижения в этой области принято связывать с построением

методов и средств для анализа изображений, распознавания речи, созданием экспертных систем [27—30].

Экспертные системы (ЭС) — это компьютерные системы, призванные эффективно заменить человека — эксперта в конкретных (достаточно узких) предметных областях. Традиционными компонентами ЭС служат [28—30] диалоговый процессор взаимодействия с пользователем, БД, БЗ, механизм логического вывода. К ним часто добавляются средства для извлечения знаний и объяснения действий системы. Нетрудно заметить, что основные элементы ЭС присутствуют на схеме СППР (рис. 1).

ЭС и СППР как конкретные программные продукты в ряде случаев могут выглядеть внешне одинаково. Однако они имеют существенное различие в своей целевой направленности: СППР призвана помочь ЛПР в решении стоящей перед ним проблемы, а ЭС — заменить человека при решении проблемы. Вместе с тем разрабатываемые в рамках искусственного интеллекта концепции могут оказаться плодотворными и для СППР [7, 31—33, 67].

Отличительной особенностью СППР, основанных на знаниях (knowledge-based systems), является, по мнению их создателей, явное выделение отсутствовавшего ранее аспекта поддержки решений: способности к «пониманию» проблемы, т. е. способности воспринять запрос пользователя, извлечь pertinentную информацию и подготовить ответ. Степень участия программных средств человеко-машинной системы в этом процессе предлагается рассматривать в качестве грубой меры (искусственного) интеллекта СППР [7].

Основанная на знаниях «характерная» СППР, предложенная R. Bopczek et al [7, 32], состоит из трех взаимодействующих частей: языковой системы (СЯ), системы знаний (СЗ) и системы обработки проблем (рис. 3). СЯ по своему назначению аналогична интерфейсу «пользователь—система» на рис. 1, который обеспечивает коммуникации между пользователем и всеми компонентами СППР. С помощью СЯ пользователь формулирует проблему и управляет процессом ее решения, используя предоставляемые системой языковые средства (синтаксические, семантические).

СЗ (базы данных и знаний на рис. 1) содержит информацию о проблемной области. СЗ различаются по характеру содержащихся в них данных и по используемым методам представления знаний (иерархические структуры, графы, семантические сети, фреймы, системы продукций, исчисление предикатов и др.). Определенная организация данных в соответствии с целями системы является ключевым моментом в построении СЗ.

Система обработки проблем или проблемный процессор (ПП) является механизмом, связывающим СЯ и СЗ. ПП обес-

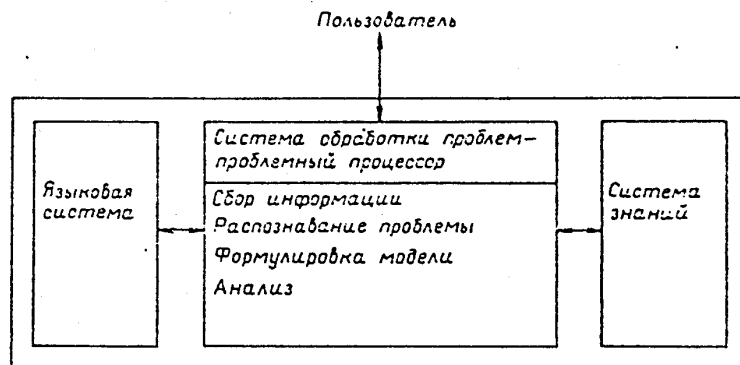


Рис. 3. Концептуальная модель СППР [7, 32] (подход, основанный на знаниях)

печивает сбор информации, распознавание проблемы, формулировку модели, ее анализ и т. д. ПП воспринимает описание проблемы, сделанное в соответствии с синтаксисом СЯ, и использует знания, организованные по принятым в СЗ правилам, для того чтобы создать информацию, необходимую для поддержки решения. ПП является динамичной компонентой СППР, отражающей (моделирующей) образцы поведения человека, решающего проблему. Как минимум, ПП должен обладать способностями объединять информацию, получаемую от пользователя через СЯ и СЗ, и, используя модели, преобразовывать формулировку проблемы в детальные процедуры, выполнение которых даст ответ. В более сложных случаях ПП должен уметь формулировать модели, необходимые для решения поставленной проблемы. Таким образом, ПП выполняет функции блоков анализа проблем и принятия решений на рис. 1.

Основное внимание в рассмотренной выше схеме уделяется стадии определения проблемы. В [34] схема R. Boczcek расширяется и на стадию решения проблемы. В состав ПП «расширенной характерной» СППР включаются следующие составляющие: 1) сбор данных, 2) распознавание проблемы, 3) формулировка концептуальной модели, 4) формулировка эмпирической модели, 5) верификация, 6) анализ, 7) поиск допустимых решений, 8) проверка правильности (обоснованности) решения, 9) генерация решения, 10) выполнение. Использование этих составляющих в процедуре принятия решений зависит от типа проблемы и модельного цикла. В случае хорошо структурированных проблем исключаются стадии 2, 8 и 9. При нормативном аксиоматическом подходе используются только стадии 3, 7 и 9. В схеме R. Boczcek главную роль играют стадии 1, 4 и 7.

Возросшее внимание к методам разработки и внедрения

СППР обусловило появление инструментального подхода в концептуальных моделях СППР. В зависимости от спецификации решаемых задач и используемых технологических средств R. Sprague [24] предложил выделять три уровня систем: специализированные или прикладные; генераторы, «инструментарий».

Специализированные СППР, с которыми работают конечные пользователи (отдельные лица или группы людей), служат для поддержки решения отдельных прикладных задач в конкретных ситуациях. СППР-генераторы представляют собой пакеты связанных программных средств поиска и выдачи данных, моделирования и прочее, которые используются конструкторами прикладных СППР для разработки специализированных систем и могут быть быстро «встроены» в прикладную систему. СППР-инструментарий соответствует высшему уровню технологичности и предоставляет в распоряжение разработчиков наиболее мощные средства, в том числе специализированные языки, совершенные операционные системы, средства ввода-вывода и отображения информации и прочее.

По мнению авторов обзора [15], СППР-генераторы должны состоять из следующих основных частей: пользовательский и лингвистический интерфейсы, системы управления данными и моделями, система извлечения данных, системная директория. Функции первых четырех компонент аналогичны функциям интерфейса «пользователь-система» в модели R. Sprague (рис. 2), языковой системы и, частично, проблемного процессора в модели R. Boczcek (рис. 3). Разделение пользовательского и лингвистического интерфейсов преследовало цель отделить обеспечение пользователя различными информационными каналами связи с системой (многоаспектный ввод — вывод информации, графика, речевой ввод-вывод, световое перо и прочее) от задач преобразования и управления сообщениями и операциями в системе. Назначение системы извлечения данных — загрузка базы данных СППР. При использовании различных источников информации, где, как правило, данные имеют различную структуру, конвертирование данных может оказаться достаточно трудной проблемой. В системной директории содержатся метазнания о системе, позволяющие помочь пользователю ознакомиться с системой, уменьшить необходимость полной детализации проблемы, предотвратить неправильное использование системы.

2.3. Пользователи системы

В классификации СППР по их ориентированности на пользователей различают иерархический уровень пользователя, способ взаимодействия пользователя с системой, степень взаимной зависимости лиц в процессе принятия решения.

В сфере организационного управления принято выделять высший, средний и низший уровни иерархической структуры. Наиболее распространенной является точка зрения, что СППР предназначены для руководителей *высшего и среднего звеньев* административной иерархии, т. е. для тех, деятельность которых непосредственно связана с принятием решений [9, 35, 36]. Однако руководители высшего эшелона чаще выступают как лица, «ратифицирующие» решения, подготовленные их сотрудниками, которые формируют альтернативы и готовят обоснование для выбора. Возможно, поэтому руководители высшего уровня редко оказываются среди конечных пользователей системы [5]. В связи с этим в качестве ЛПР в [15] предлагается рассматривать людей (или группы лиц), которые заинтересованы в анализе альтернативных решений и хотят влиять на решение. В их числе могут быть и руководители, и аналитики-посредники, и эксперты — специалисты в различных областях, и сотрудники административного аппарата.

S. Alter [6] предлагает различать способы взаимодействия пользователя с СППР в зависимости от того, каким образом ЛПР получает информацию от системы. Возможны следующие схемы общения с системой:

терминальный режим — ЛПР работает непосредственно с системой в интерактивном (on-line) режиме, ЛПР сам конструирует запросы к системе, получает и интерпретирует ответы и использует их в процессе принятия решения или для поиска дополнительной информации;

режим «клерка» — ЛПР чаще работает с системой в режиме непрямого (off-line) доступа, ЛПР конструирует запросы, которые затем обрабатываются системой с использованием кодируемых форм; ожидая получения ответов, ЛПР может заниматься другой работой;

режим «посредника» — ЛПР использует систему через посредников, которые, получив запросы руководителя, формализуют их, выполняют с помощью системы анализ проблемы, фильтруют и интерпретируют выдаваемые системой результаты;

режим «на подпись» (автоматизированный) — ЛПР получает стандартные, повторяющиеся сообщения, которые автоматически (без специального запроса) генерируются системой; ЛПР использует выдаваемую системой информацию совместно с информацией, получаемой из других источников.

Еще один возможный подход к классификации ориентированных на пользователя СППР основан на степени взаимной зависимости лиц, участвующих в процессе принятия решений. Р. Кеен [22] выделяет три типа организационных решений:

— *независимое решение* — ЛПР несет полную ответственность и обладает всей полнотой власти, чтобы принять решение и обеспечить его реализацию;

— *групповое зависимое решение* — решение принимается в результате обсуждения и взаимодействия между ЛПР, связанными общей зависимостью;

— *последовательно-зависимое решение* — ЛПР принимает только часть решения, которое затем передается кому-либо еще.

Исходя из этого различаются *системы персональной, групповой и организационной поддержки*. Первые служат для поддержки индивидуальных решений отдельных лиц, вторые — для поддержки переговоров между ЛПР, третьи — для поддержки организационных процессов.

2.4. Задачи принятия решений

Фасетная классификация задач принятия решений была обоснована в [20, 38]. В качестве одного из оснований деления выступает степень новизны задачи. Выделяются новые *уникальные* проблемы и проблемы *повторяющиеся*. Вторым аспектом классификации является характер описания проблемы: *целостный* (целостный образ вариантов решений) или *многокритериальный* (принятие решений с векторным критерием). В задачах многокритериального выбора часто требуется привлечение экспертов, обладающих специальными знаниями об объекте. И наконец, проблемы принятия решений отличаются типом модели, определяющей связи между параметрами задачи. Эти модели могут быть *объективными*, основанными на формализованных закономерностях, либо *субъективными*, основанными на предпочтениях ЛПР. Декартово произведение дихотомий задает восемь классов задач принятия решений, каждому из которых могут быть поставлены в соответствие различные методы принятия решений и использующие их СППР.

Наиболее близкими к распространенному пониманию СППР являются многокритериальные задачи принятия решений с объективными моделями.

Примерами таких задач служат многокритериальные задачи математического программирования, задачи о назначениях, упаковке, ранге и т. д. [39]. Специфика таких задач определяется наличием объективной и достаточно надежной модели, а также наличием многих критериев, характеризующих качество решения.

Методы решения многокритериальных задач с объективными моделями получили название «человечно-машинных процедур принятия решений» [40]. В процессе решения ЛПР обучается, понимает возможности, предоставляемые объективной моделью, а также осознает необходимость компромисса между противоречивыми критериями.

2.5. Программные средства

Используемые в СППР средства нацелены на обеспечение пользователя разнообразным технологическим инструментарием и создание комфортных условий для работы пользователя с системой. Принято выделять технические и программные средства. Особенности технических средств определяются возможностями ЭВМ и здесь обсуждаться не будут.

Рассмотрим характеристики СППР, связанные со спецификой их программного обеспечения. В одной из первых классификаций такого рода S. Alter [6] подразделяет СППР на семь типов в зависимости от степени поддержки пользователя и характера выполняемых функций:

- системы извлечения данных, обеспечивающие возможность непосредственного доступа к отдельным элементам данных;

- системы анализа данных, позволяющие манипулировать данными, используя специально разработанные средства или средства общего назначения;

- системы анализа информации, обеспечивающие доступ к нескольким базам данных и небольшим моделям;

- расчетные модели, позволяющие оценивать последствия действий на основе вычисляемых процедур;

- «изобразительные» (representational) модели, позволяющие оценивать последствия действий на основе частично определенных имитационных моделей;

- оптимизационные модели, обеспечивающие выбор направления действий, генерируя оптимальные решения, удовлетворяющие набору ограничений;

- «рекомендующие» (suggestion) модели, которые позволяют сгенерировать наборы альтернатив в случае слабоструктурированных задач.

Первые три системы, ориентированные на данные, выполняют поиск и выдачу данных и/или анализ данных. Оставшиеся системы, ориентированные на модели, обеспечивают вычисления, имитационное или оптимизационное моделирование, которые позволяют сформировать варианты решений и/или получить решение.

Примеры СППР, ориентированных на данные и модели, приведены в [6]. Классификация S. Alter оказала явное влияние на формирование информационной концепции СППР, описанной в предыдущем разделе.

Дескриптивная классификационная схема R. Boczczek [7] базируется на уровне процедурности языков общения пользователя с СППР. Основные функции интерфейса «пользователь—система» связаны с управлением данными и моделями. Языки для управления поиском и выдачей данных можно разделить на три группы:

- пользователь формирует в явном виде условия поиска и выдачи данных, заранее имея представление о физической и логической организации данных;

- пользователь обращается к одному из нескольких генераторов сообщений, входящему в языковой процессор; типы выдаваемых сообщений определяются заранее исходя из предполагаемых потребностей пользователя;

- пользователь определяет желаемые данные, не зная организации данных; система обладает определенными способностями к распознаванию проблем.

Языки для управления вычислениями разбиваются также на три группы:

- пользователь специфицирует в явном виде все вычисления и строит программируемые модели, используя языки программирования различного уровня;

- пользователь имеет возможность обращаться к одной из нескольких моделей, используя связанные с моделью параметры; группы моделей формируются заранее исходя из предполагаемых потребностей пользователя;

- пользователь формулирует проблему в желаемых терминах; система определяет логику моделирования, генерирует модель и выполняет решение.

Таким образом, языки интерфейса «пользователь—система» имеют три уровня процедурности. На первом уровне используются *процедурные языки*, которые требуют явного пошагового описания процедур поиска, выдачи, вычислений. На втором уровне используются *командные языки*, обращающиеся к заранее определенным генераторам сообщений или моделям. На третьем уровне используются *непроцедурные языки*, позволяющие пользователю формулировать желаемые данные или результаты в достаточно общем виде. Декартово произведение трех уровней процедурности языков управления данными и языков управления моделями дает девять возможных классов СППР. При этом следует иметь в виду, что вследствие нечеткости шкал границы между классами языков достаточно условны и размыты [7].

СППР эволюционирует от систем, использующих процедурные языки, к системам с непроцедурными языками. Современные СППР-генераторы находятся на промежуточном уровне процедурности языков. Авторы обзора [15] отдают предпочтение классификации СППР по степени процедурности языков интерфейса, считая, что они соответствуют исторической перспективе развития СППР и фокусируют внимание на ключевом вопросе проектирования этих систем.

2.6. Области применения

В редакционной статье журнала *Decision Support Systems* (1985, № 1, стр. 2) в качестве областей применения систем поддержки принятия решений были выделены: микроэкономика, макроэкономика, автоматизация офиса (канторская деятельность), оценка и распространение технологий, юриспруденция, медицина, другие приложения.

Классификация СППР по профессиональным сферам деятельности является достаточно естественной и аналогична классификации других автоматизированных систем.

Организационные решения в соответствии с классификацией [41] принято разделять по временному горизонту на стратегическое планирование, руководство, оперативное управление. Многие авторы и ранних [13, 42, 35], и более поздних работ [9, 36, 37] считают, что сферой применения СППР является именно *стратегическое планирование и руководство*, где чаще проявляется необходимость решения слабоструктурированных проблем, а для хорошо структурированных задач *оперативного управления* больше подходят автоматизированные системы обработки управленческой информации [6, 32]. В других работах [6, 8, 15, 44] справедливо указывается, что СППР могут оказаться полезными при принятии и долгосрочных, и краткосрочных решений, где возможны слабоструктурированные задачи.

Рассмотрим некоторые из областей применения СППР более подробно.

Планирование и прогнозирование деятельности предприятий (от мелких фирм до крупнейших корпораций) является, по-видимому, наиболее широкой сферой практического применения систем поддержки принятия решений. За последнее десятилетие появилось множество реализаций СППР, задачами которых является обеспечение руководителей разного ранга средствами, которые не только предоставляют им новые данные, но и пробуждают интерес, интуицию, деловую активность хозяйственных руководителей. Для выявления эффективных решений в конкретных ситуациях в этих средствах аккумулируется как собственный опыт руководителя, так и опыт многих других управляющих. В составе СППР имеется большой набор методов и моделей, в том числе математическое программирование, статистический анализ, теория статистических решений и принятия решений при неопределенности, эвристические методы, включающие адаптивность и обучение при решении слабоструктурированных задач, методы теории игр и многие другие подходы.

СППР в области планирования предоставляют пользователю следующие возможности [45]:

- язык моделирования, с помощью которого описывается

структура исследуемой проблемы в виде ряда соотношений, связывающих входные, выходные и управляемые переменные;

- генерация сообщений различного вида, в том числе стандартные сообщения фиксированного формата; сообщения, формируемые на основе параметров модели; язык сообщений, позволяющий выбрать переменные и формы их представления; графические сообщения, включающие в себя графики, диаграммы, гистограммы и другие виды представления информации;
- аналитические средства, состоящие из моделей и пакетов программ.

Поскольку в большинстве случаев руководители и сотрудники аппарата управления не могут точно указать программистам и конструкторам моделей, какие ситуации им потребуются рассматривать в будущем, аналитические средства СППР обычно реализуются в виде различных пакетов обработки, организованных так, что пользователь имеет возможность формулировать задания в терминах привычного для него профессионального языка плановика.

Реальные проблемы, встающие перед руководством фирмы, связаны как с текущим, так и с долгосрочным планированием деятельности. Типичные примеры стратегического планирования содержат оценку рыночной ситуации, долговременное кредитование, распределение средств на исследования и разработки в различных сферах деятельности корпораций, оптимальное распределение средств производства и т. п.

СППР, предназначенные для решения задач планирования, как правило, реализуются на мощных ЭВМ. Основными языками программирования являются: ФОРТРАН, Ассемблер, ПЛ/1. Стоимость этих крупных систем колеблется от нескольких тысяч до нескольких сотен тысяч долларов. Лишь крупные корпорации нуждаются в полном объеме средств, предоставляемых системами. Средние и мелкие фирмы обычно арендуют линии связи и работают с такими системами с удаленных терминалов в режиме разделения времени.

Интеллектуальная деятельность работников сферы управления направлена на сбор и анализ необходимой информации, генерацию, обсуждение и распространение новых идей, на принятие соответствующих решений. Использование СППР в сфере автоматизации канторского труда [46, 47] направлено на повышение эффективности путем повышения качества создаваемой информации и улучшения коммуникационных связей, понимаемых в самом широком смысле. Указанная цель достигается благодаря следующим функциям СППР [48]:

- поддержке процессов генерирования информации в соответствии с индивидуальными способностями каждого работника;

- поддержке процессов точной и быстрой передачи и распространения информации, появляющейся в результате интеллектуальной деятельности управленческого персонала;

— поддержке процессов хранения, поиска и выдачи требуемой информации, когда это необходимо.

СППР конторского труда включают различные подсистемы и соответствующее математическое обеспечение, которые определяют основные элементы поддержки деятельности как отдельных исполнителей и подразделений, так и всей конторы в целом.

Медицинские СППР создаются на основе знаний опытных врачей и призваны служить помощником при *диагностике заболеваний* для врача меньшей квалификации. При этом именно разница в квалификации определяет степень реальной поддержки в принятии врачебных решений. Диагностические системы используют предварительно разработанную экспертом структуризацию предметной области: набор симптомов, характеризующий определенную группу заболеваний с возможными значениями этих симптомов. Путем длительной работы специалиста по построению баз знаний и опытного врача-эксперта создается база знаний. При наличии определенной совокупности данных, характеризующих состояние пациента, медицинская СППР может помочь врачу в постановке диагноза и указать возможные пути лечения болезни.

3. РЕАЛИЗАЦИЯ

Разработка и реализация СППР превратилась за рубежом в быстро развивающуюся область бизнеса. Перечень «коммерческих» СППР насчитывает десятки названий. Рассмотрим более подробно несколько конкретных систем.

Система PIMS (Profit Impact of Marketing Strategy) [8] была разработана на основе обобщения опыта торговых операций и рыночной деятельности сотен фирм с учетом различных факторов (раздел рынков сбыта, распределение капиталовложений, структура управления и т. д.). Фирмы — члены клуба PIMS регулярно получают отчеты, касающиеся каждого из анализируемых рыночных продуктов. Отчеты отражают состояние дел с данным продуктом на фирме по сравнению со средним мировым уровнем или с фирмами-конкурентами, предлагают для рассмотрения несколько стратегий кратко- и долгосрочного планирования с оценкой вероятности тех или иных возможных последствий применения стратегий, указывают на оптимальную стратегию, которая выбирается с учетом возможных изменений конъюнктуры на рынке и опыта успешной деятельности в подобных ситуациях. Системой могут воспользоваться и представители фирм, не входящих в клуб PIMS. Любой пользователь за определенную плату может подключиться к базе данных PIMS с помощью удаленного терминала через телефонную линию.

Сеанс интерактивной работы с системой начинается обычно с обзора состояния рынка определенного продукта и продолжается с помощью диалога, основанного на использовании средств типа «Что если». Вопросы могут относиться практически к любой части модели планирования например: «Каков должен быть уровень конкретного вида продукции, выпускаемой фирмой, и как он должен меняться ежегодно, если требуется получить прибыль в первый год не менее 700 тыс. долл, а последующий прирост прибыли должен быть не менее 15% в год».

Используя средства обработки запросов «Что если», руководитель получает возможность обращаться и к базе данных, и к базе моделей на языке финансового планирования и фактически конструировать собственные модели, проигрывая на них воображаемые ситуации в интерактивном режиме. Вопросы типа «Что произойдет, если внести определенные изменения в данные или в модель?» требуют привлечения математических моделей, включающих статистические модели и методы Монте—Карло, методы математического программирования, анализ деревьев решений и др.

Система IFPS (Interactive Financial Planning System) [8] поддерживает процессы решения проблем путем построения легко понимаемых моделей деловых ситуаций. Основные особенности IFPS, которые делают систему полезным инструментом для руководителей, включают в себя язык моделирования и структуру команд, позволяющие описывать проблемы на привычном для пользователя языке и получать результаты решений в табличном виде. При этом пользователь может вызывать различные программы, вносить комментарии, указывать логические условия, ограничения на использование данных, проводить процедуры, связанные с анализом риска и множеством иных функций.

Диапазон применения IFPS достаточно широк и включает в себя такие разнообразные типы задач, как подведение балансовых итогов, распределение прибыли по статьям доходов, предсказание изменений валютных курсов, прогнозирование, оптимизация соотношения импорт-экспорт, анализ риска, разработка стратегии сбыта продукции, выбор исследовательских проектов, стратегическое планирование, оценка последствий слияния и раздела фирм, планирование прибыли, бюджета, оценка состояния дел, планирование развития различных районов, выбор между стратегиями приобретения и собственного изготовления продукции и др. В 1982 г. система эксплуатировалась почти в 1000 фирмах.

Система ISDS (Investment Strategy Decision System) [49] предназначена для руководителей, отвечающих за формирование «портфеля заказов» на научные исследования, разработки, испытания и оценку опытных образцов в крупных организа-

циях. Основной особенностью этой задачи является высокая степень неопределенности конечных результатов планирования, вследствие чего в долгосрочных планах приходится изменять ежегодно почти половину показателей. Система обеспечивает выполнение следующих процедур: предварительный отбор предложений по исследованиям, разработкам и испытаниям; сравнительное оценивание новых предложений одно с другим и с уже ведущимися работами; объединение отобранных предложений и продолжающихся работ в инвестиционные группы, каждая из которых формируется в соответствии с программными целями, политикой и бюджетными ограничениями; сравнительный анализ вариантов распределения долгосрочных капиталовложений; представление итоговых данных по различным трендам изменения капиталовложений; представление статистической информации, необходимой для отчетности.

Наряду с основными подсистемами, ориентированными на данные и ориентированными на модели [6], в составе системы ISDS имеется подсистема «исторических аналогий», в которой накапливается опыт практического использования системы. Подсистема помогает руководителю учесть прошлые успехи и неудачи при формировании вариантов планов долгосрочных капиталовложений, позволяет проверить правильность решений «в исторической перспективе», сравнив их с аналогичными ситуациями в прошлом.

Прогресс вычислительной техники в направлении миниатюризации, приведший к появлению персональных ЭВМ, оказал заметное влияние на развитие СППР индивидуального назначения. Примером такой системы является система MAUD (MultiAttribute Utility Decomposition) [50]. Разработчики MAUD характеризуют ее как чрезвычайно гибкую интерактивную систему, предназначенную для помощи в ситуациях индивидуального выбора.

Система работает во взаимодействии с пользователем, развивая и меняя его представление о проблеме. Ограничение, накладываемое системой MAUD, требует, чтобы структура и содержание проблемы описывались в терминах многокритериальной оценки альтернативных вариантов.

Работа с системой начинается с краткого описания объектов, между которыми будет делаться выбор. Пользователю предлагается на языке, близком к естественному, дать многокритериальную оценку каждого из рассматриваемых объектов. Система проверяет согласованность информации, получаемой от пользователя, выявляет противоречия и определяет ценность поступающей информации. После ввода информации в систему и оценки объектов выявляются предпочтения пользователя с помощью алгоритмов, основанных на концепциях многокритериальной теории полезности. На основе предпочтений пользователя система ранжирует объекты, сопровождая упоря-

доченный список вариантов сведениями о взвешенной важности каждого из критериев оценки.

В ходе работы с системой пользователь может вносить коррективы, вводить и исключать объекты, критерии, изменять свои оценки и предпочтения. Система следит за непротиворечивостью действий пользователя. Работа может быть прервана практически на любом этапе и продолжена в последующий момент.

Система нашла широкое применение в «центрах занятости» в Великобритании для помощи при выборе возможного места работы на основании выяснения личных представлений человека о предпочитаемом характере работы.

Система ЗАПРОС представляет собой другой пример применения СППР в задачах принятия индивидуальных решений [51]. Метод ЗАПРОС (ЗАмкнутые ПРОцедуры у Опорных Ситуаций) позволяет на основе выявления предпочтений ЛПР построить квазипорядок на заданном множестве многокритериальных объектов. В отличие от подхода, основанного на построении функций полезности [52, 50], в методе ЗАПРОС процедуры выявления предпочтений ЛПР психологически обоснованы.

ЛПР предъявляются для сравнения пары «многокритериальных оценок у так называемых опорных ситуаций», характеризующихся сочетаниями лучших или худших оценок по всем критериям. Получаемая от ЛПР информация проверяется на непротиворечивость путем построения замкнутых процедур, в которых информация дублируется, причем количество избыточной информации возрастает с увеличением сложности задачи. Полученная на таких сравнениях информация от ЛПР является единственной основой построения квазипорядка на множестве альтернатив.

Предполагается, что критерии и шкалы выявлены и построены заранее. Вопросы к ЛПР формулируются в виде словесных определений на привычном для него языке (шкалы критериев порядковые). В случае противоречий ЛПР предъявляются противоречивые пары для определения правильного ответа. В ЭВМ заложены правила преобразования полученной информации, позволяющие получить квазипорядок на множестве многокритериальных альтернатив.

Система ЗАПРОС использована для решения задач оценки и выбора предложений для формирования «портфеля заказов» на проведение научных исследований.

4. ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭВМ В ЗАДАЧАХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Применение СППР в реальных задачах принятия решений требует проведения анализа возможностей и ограничений использования ЭВМ в существующих методах принятия решений, ставит вопрос о критериях построения СППР, наиболее адекватных характеру решаемых задач на основе сочетания возможностей вычислительной техники и способностей человека при обработке информации.

4.1. Особенности использования ЭВМ в методах принятия решений

Методы принятия решений появились задолго до ЭВМ, и вычисления, осуществляемые в этих методах, никак не были связаны с ЭВМ. В ряде случаев в этом просто не было необходимости. Так, при использовании наиболее известного из прямых методов (т. е. методов, где задается вид зависимости функции полезности от оценок по отдельным критериям) — метода взвешенных сумм оценок по критериям — единственная вычислительная операция состоит в умножении весов на оценки и последующем суммировании. Ясно, что для выполнения таких операций ЭВМ не нужны. Сравнительно простыми являются вычисления, осуществляемые при применении методов компенсации и методов порогов несравнимости (классификацию методов см. в [39]). При небольшом количестве альтернатив (до 20), достаточно реальном количестве критериев (до 10) такой анализ вполне может осуществляться вручную.

Несколько сложнее вычислительные операции в аксиоматических методах, берущих начало от работ фон Неймана и Моргенштерна [53]. Например, для вычисления эквивалента определенности лотерей требуется перебор ряда значений ценности и вероятностей.

Появление и распространение ЭВМ сделало естественной постановку вопроса об использовании ЭВМ для ускорения вычислений. Были предприняты попытки «автоматизации» методов принятия решений. Для аксиоматических методов в конце 70-х годов была разработана процедура [54], которая полностью «автоматизировала» аксиоматический подход, изложенный в книге [52].

Наряду с автоматизацией аксиоматических методов известно об автоматизации ряда прямых методов (например, процедура SMART, разработанная W. Edwards [55]). Был поставлен на ЭВМ известный метод «ЭЛЕКТРА» [56]. Нам неизвестно о диалоговых процедурах, относящихся к методам компенсации, но здесь, видимо, нет принципиальных трудностей для их построения.

Отметим еще раз, что во всех этих применениях ЭВМ речь идет о простой «автоматизации», о переложении на ЭВМ расчетов, ранее выполнявшихся аналитиком.

Существенное отличие по целям работы внесла только система MAUD, в которой делалась попытка перехода к общению ЭВМ — ЛПР без участия в этом процессе консультанта-аналитика [50]. W. Edwards и его коллеги провели сопоставительный анализ использования MAUD и непосредственной работы аналитика [57]. В результате исследований выяснилось, что итоги работы аналитика и диалоговой процедуры были достаточно близки, хотя по числу выявленных критериев аналитик превосходил ЭВМ. Авторы исследования оценили результаты, как свидетельствующие в пользу непосредственного диалога ЭВМ — ЛПР. Отметим, однако, дополнительную деталь: значительное количество испытуемых захотело в будущем пользоваться услугами аналитика, а не просто использовать ЭВМ в диалоговом режиме. Исследователи объясняют это обстоятельство отсутствием у испытуемых умения и опыта в обращении с ЭВМ.

Итак, рассматривая 4 группы методов принятия решений (аксиоматические, прямые, компенсации и порогов несравнимости) можно сделать следующий вывод: использование ЭВМ, безусловно, может помочь аналитику-консультанту в практическом применении методов.

В 60-е годы появились первые человеко-машинные процедуры принятия решений, ориентированные на определенный круг задач. В этих задачах модель, описывающая реальную ситуацию принятия решений, является столь же надежной и проверенной, как и модели в исследовании операций [40]. Однако, в отличие от исследования операций, качество решения оценивается по многим критериям, что делает проблему в целом слабо структурированной. В таких задачах модель имеет обычно сложное аналитическое описание [58, 59] (что обуславливает использование ЭВМ), а процедура выработки решения — диалоговый, итеративный характер. С точки зрения организации диалога ЭВМ — ЛПР, эти задачи требуют высокой эффективности алгоритмов проведения расчетов на ЭВМ, с тем чтобы диалог мог происходить в реальном масштабе времени.

Появление и широкое распространение ЭВМ создало объективные предпосылки для разработки новых методов принятия решений, реализация которых принципиально невозможна без применения ЭВМ, так как они требуют большого объема вычислений на каждом шаге диалога ЭВМ — ЛПР. Эти методы ориентированы на широко распространенные на практике задачи принятия решений с субъективными моделями.

Одной из таких задач является задача прямой классификации [60]. Имеется совокупность критериев с порядковыми шкалами, которые характеризуют множество рассматриваемых

объектов. Задача ЛПР состоит в отнесении объектов к одному из нескольких классов решений (порядковых или номинальных).

Предложенный в [60] способ решения этой задачи состоит в расчете информативности каждой из точек N -мерной решетки (N — число критериев) и выборе наиболее информативной точки для предъявления ЛПР. Ясно, что даже при умеренном числе критериев и оценок на порядковых шкалах критериев количество точек N -мерной решетки может быть весьма велико. При этом время между двумя очередными предъявлениями объекта ЛПР для отнесения его к одному из нескольких классов решений не может быть больше нескольких минут. И хотя количество неизвестных (по принадлежности к одному из классов решений) объектов убывает с каждым ответом ЛПР (используется отношение доминирования, возникающее при порядковых шкалах критериев), только возможности современных ЭВМ позволяют решать реальные задачи непосредственной классификации.

Можно высказать предположение, что в будущем появятся и другие методы принятия решений, активно использующие вычислительные мощности и быстроедействие современных ЭВМ.

4.2. Организация диалога ЛПР — ЭВМ

Существует ряд проблем организации эффективного взаимодействия ЛПР—ЭВМ в рамках традиционных методов принятия решений, а также в задачах с объективными моделями. Прежде всего следует упомянуть о корректности процедур получения информации от человека. Этот вопрос, на наш взгляд, является одним из наиболее важных.

В работе [39] выделены наиболее распространенные в принятии решений операции по переработке информации человеком. Эти операции делятся на три группы: операции с названиями критериев; операции со значениями на шкалах критериев; операции с многокритериальными объектами.

В [39] выделено всего 10 элементарных, т. е. не разложимых на другие, операций, которые характеризуют большинство известных методов принятия решений. Имеющиеся данные психологических исследований позволяют дать оценку элементарным операциям с точки зрения возможностей их безошибочного выполнения человеком. Эти оценки могут рассматриваться как ориентиры, позволяющие оценить корректность способа получения информации от человека и метода принятия решения в целом.

Требование корректности включает в себя:

- использование корректных элементарных операций;
- использование языка получения информации, привычного и понятного для ЛПР;

— использование только таких вопросов, которые находятся в «границах возможностей» ЛПР [61].

Второе требование к диалогу ЛПР—ЭВМ может быть названо «комфортностью». Оно включает в себя:

— эффективные процедуры обработки информации, позволяющие предъявлять ЛПР вопросы через достаточно короткие интервалы времени;

— возможность получения необходимых пояснений на каждом этапе диалога;

— контроль возможных ошибок, которые может допустить ЛПР в ходе диалога, и предъявление ЛПР противоречивых элементов информации для уточнения ответов и своих предпочтений.

Третье требование состоит в правильном определении ведущей стороны диалога. Иногда целесообразно сделать ведущей стороной ЭВМ, заложив в нее общую схему метода принятия решений, и определить для ЛПР роль источника информации. В других случаях или на других этапах процедуры целесообразно дать ЛПР возможность самому определять ход диалога (например, выбирая из меню разные варианты).

Сказанное выше относится к построению человека-машинных процедур принятия решений, в которых сам метод принятия решений определен заранее. Намного более сложным является решение с помощью ЭВМ вопроса структуризации проблемы.

4.3. Структуризация проблемы

Как известно, первым этапом при применении методов принятия решений является предварительный анализ проблемы и ее структуризация. Обычно этот этап осуществляется опытным консультантом-аналитиком. Именно на этом этапе определяется, что следует принять во внимание, а что отбросить, в чем состоит подлинная (а не кажущаяся) проблема, каковы основные участники ее решения и основные факторы.

Из-за сложности процесса предварительного анализа, наличия многих неформализуемых факторов обычно не делалось никаких попыток строгой формализации этого процесса. Все научные рекомендации сводились обычно к общей схеме системного подхода [62] — выделить цель, подцели, изучить средства их достижения и т. д. Появление ЭВМ внесло новое и в этот этап принятия решений.

Новый подход к структуризации был связан с появлением системы MAUD [50], которая стала одной из первых попыток использовать ЭВМ для структуризации проблемы (нахождения критериев, шкал оценки объектов по критериям). Можно сказать, что система MAUD была «пустой», то есть в ней не содержалось никаких априорных сведений об изучаемой проблеме,

знания поступали во время диалога с ЛПР. Критерии определялись путем анализа различий между объектами. Хотя названия критериев предполагали использование словесных оценок качества, далее использовалась числовая шкала измерений. ЛПР работал как с множеством объектов, так и с множеством критериев.

Анализ использования MAUD позволяет обнаружить как плюсы, так и минусы подобной системы. Создаваемая иллюзия собеседника, несомненно, делала диалог привлекательным для пользователя. Таким образом, в определенной степени достигалась цель «помочь человеку лучше узнать, чего же он сам хочет». Выявление критериев по оценке контрастов между альтернативами является интересным методологическим приемом.

К недостаткам системы MAUD следует прежде всего отнести определенную пассивность системы по отношению к пользователю. ЛПР мог неудачно сформулировать критерии, забыть важный критерий — ему никто не помогал, так как система не имела априорных знаний. Вторым существенным недостатком было использование приемов и методов построения многокритериальной функции полезности и связанные с этим некорректные методы получения информации.

Само появление системы MAUD ставит вопрос о целесообразности использования ЭВМ на самых ранних этапах структуризации проблемы. На наш взгляд, такие возможности весьма ограничены. Умение правильно увидеть структуру проблемы есть искусство, подкрепленное опытом и интуицией. Успех в таком анализе зависит от объединения усилий ЛПР и консультанта. Классификация типов проблем и типов структур может оказаться при этом полезной информацией. Но ЭВМ становится полезной не ранее, чем предварительное решение о типе структуры уже сделано. Если, например, было принято решение, что описание проблемы может оцениваться совокупностью критериев, то уже после этого можно использовать ЭВМ для помощи в дальнейшей структуризации.

4.4. Помощь в принятии коллективных решений

Хотя методологическое обоснование практических методов принятия коллективных решений находится еще на первоначальных этапах разработки, тем не менее уже появляются человеко-машинные системы, предназначенные для помощи группе лиц, принимающих решения [63].

Прежде всего следует отметить системы, предназначенные для достаточно формализованных задач (например, финансовых [64]). Группа ЛПР работает в одной комнате за индивидуальными дисплеями. Каждый из них вносит в ЭВМ свой ответ на предлагаемый вопрос (оценка продукта компании, предсказание спроса и т. д.). ЭВМ выдает на дисплее усредненную

информацию, а также распределение оценок, после чего ЛПР может пересмотреть свои оценки. Ценность таких систем заключается не в том или ином методе согласования мнений (эти методы далеки от совершенства), а в предоставлении группе ЛПР возможности совместного анализа, обмена мнениями, использования общего банка данных. При практическом использовании таких систем чаще всего нужен консультант-«дирижер».

Другим способом согласования коллективных мнений является проведение так называемых автоматизированных конференций по принятию решений (*Automated Decision Conference*). Такие конференции успешно проводятся в State University of New York [65], London School of Economics and Political Science, в других организациях. До начала конференции консультант получает необходимые данные, характеризующие предметную область, к которой относится принимаемое решение. Эта информация вводится в ЭВМ, где находится также одна или несколько моделей для принятия решений. Группа ЛПР работает один-два дня с консультантом, который вводит получаемую от них информацию в модель, предъявляет группе полученное решение, ведет обсуждение, вносит изменения оценки и т. д. Для успеха в этой работе консультант должен обладать достаточным опытом и хорошей интуицией. Чаще всего он использует ЭВМ для анализа чувствительности решений к изменению мнений отдельных ЛПР.

5. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Рассматривая эволюцию СППР, авторы [66] выделяют два поколения систем. Основные различия между ними приведены в табл. 2.

Таким образом, на начальном этапе своего развития СППР рассматривалась как компьютеризованная помощь в принятии решений. При этом явно предполагалось, что сама проблема достаточно ясна и понятна. Роль СППР сводилась к помощи в получении и обработке больших объемов данных с использованием жестко заданных моделей и в оформлении результатов решения.

Основными целями СППР следующего поколения должны, по нашему мнению, стать:

- помощь в обеспечении лучшего понимания решаемой проблемы (структуризация проблемы; генерирование различных постановок задачи, наборов исходных данных, переменных и ограничений; выявление предпочтений; формирование критериев оценки);

- помощь в решении проблемы (генерирование и/или выбор моделей и методов решения; сбор и проверка данных; необ-

ходимых для решения; выполнение требуемых вычислений; оформление и выдача результатов);

— помощь в анализе решения (анализ «что если», «почему не» и другие виды анализа; объяснение хода решения; поиск и выдача сведений об аналогичных решениях в прошлом и последствиях их реализации).

Два поколения СППР [65]

Таблица 2

	1 поколение	2 поколение
Временной горизонт	1970—1980	1980—
Управление данными	Большое количество информации, внешние и внутренние банки данных, обработка и оценка данных	Необходимое и достаточное количество информации о фактах в соответствии с восприятием ЛПР, охватывающим скрытые предположения, интересы и ценности оценки
Управление вычислениями (моделирование)	Модели, разработанные специалистами для специфических проблем	Гибкие модели, которые следуют образу мышления ЛПР в процессе принятия решения
Пользовательский интерфейс (язык общения)	Языки программирования, разработанные для больших ЭВМ, используемые исключительно специалистами	Программные средства, дружественные пользователю, естественный язык, непосредственное использование конечным пользователем

Развитие СППР идет по следующим направлениям:

— объединение СППР с автоматизированными информационными системами, используемыми в организационном управлении, и системами связи;

— сближение СППР с экспертными системами и появление «интеллектуальных» СППР;

— совершенствование технологической базы СППР.

Интегрированные информационные центры (ИИЦ) предназначаются для крупных организаций и охватывают все иерархические уровни управления, основные виды производственной деятельности и типы выполняемых функций [9, 18]. Важнейшими компонентами ИИЦ/СППР являются интегрированный словарь данных, методы доступа к информации, средства сбора, обработки и передачи данных, модели долгосрочных и повседневных деловых операций. Однако ИИЦ/СППР представляют собой не просто наборы программных и технических средств. Они обеспечивают руководителей и управленческий персонал средствами для сбора и объединения многоцелевой информации, получаемой из внутренних и внешних источников; преобра-

зования информации в виды, пригодные для принятия решений; непосредственного и быстрого доступа к необходимой информации; обработки и выдачи информации на привычном для пользователя языке.

ИИЦ/СППР, базирующиеся на использовании рабочих станций и интеллектуальных терминалов, процессорных устройств и сетей связи приближают возможности ЭВМ к рабочим местам руководителей и конторских служащих, к их повседневной деятельности по принятию решений, позволяя выполнять ее более эффективно. Подобные системы способны поддерживать также групповое принятие решений, ускоряя этот процесс и обеспечивая более высокую степень согласованности. Аналогичный подход к автоматизации конторского труда получил название C and C (Computers and Communication) [48]. Широкое внедрение ИИЦ/СППР, как считает автор [9], будет способствовать переходу к безбумажной технологии в сфере управленческой деятельности.

Экспертные системы и СППР в той или иной мере основаны на использовании знаний [19, 28, 30]. Общим для обеих систем является стремление их создателей помочь пользователю в решении стоящих перед ним проблем, используя накопленный опыт. Большинство традиционных СППР работает с числовыми данными, аналитическими моделями и решает проблемы, которые предварительно описываются на языке таких моделей. Однако СППР приобретает черты искусственного интеллекта, если в структуру СППР включается база знаний и используется механизм (логических) выводов. Механизмы вывода в большинстве случаев основаны на технике эвристического поиска [67]. В этом случае СППР проявляет способность к выводам при неполной исходной информации, вероятностным выводам, к выработке суждений и объяснений, которые выдаются пользователю в качестве советов. Использование «интеллектуальных» СППР позволяет снять определенную нагрузку с пользователя по сравнению с традиционными системами.

Технологическая база СППР развивается стремительно. Каждый год появляются все новые и новые технические и программные средства, охватывающие новые, неожиданные перспективы в сфере автоматизации различных областей человеческой деятельности, которые сейчас даже трудно оценить в полной мере. Внедрение персональных ЭВМ, текстовых процессоров, «интеллектуальных» терминалов, рабочих станций и локальных сетей обмена информацией, включающих в себя различные виды связи (телефон, телекс, телеграф, телевидение), создает новую технологическую среду, которая изменяет характер и содержание труда.

Революционизирующее влияние на развитие СППР несомненно оказали персональные ЭВМ (ПЭВМ), созданные в середине 70-х годов. Появление ПЭВМ, дешевых и обладающих

большими возможностями, изменило устоявшиеся представления о способах общения человека с машиной, существенно расширило круг пользователей ЭВМ, позволило лицам, не имеющим специальных знаний и навыков программирования, активно использовать их в своей профессиональной деятельности. На базе ПЭВМ могут создаваться специализированные индивидуальные системы. ПЭВМ могут объединяться в сети, подсоединяться к сетям, существующим информационным банкам, получая оттуда необходимые пользователю данные. ПЭВМ могут использоваться в домашних условиях, создавая необходимую среду для профессиональной трудовой деятельности [68].

Обеспечение пользователя простыми и удобными средствами общения с ЭВМ и решение прикладных задач связано с развитием программных средств поддержки «дружественного» интерфейса, управления динамическими базами данных, манипулирования моделями, построения баз экспертных знаний. При разработке специализированных СППР наряду с традиционными языками высокого уровня ФОРТРАН, ПЛ/1, БЕПРИК, ПАСКАЛЬ, APL и другими все большую роль будут играть языки программирования LISP, PROLOG, MODULA и языки представления знаний KRL, FRL, KEE, LOOPS и другие, характерные для систем искусственного интеллекта [15, 31, 19].

Еще одним многообещающим технологическим нововведением является компьютерная графика [70]. Стало банальным утверждение о все возрастающем потоке информации, грозящим превратиться в «информационное безумие», которое может серьезно подорвать способности индивидуума принимать решения и выполнять действия. Существуют пределы человеческой способности воспринимать и перерабатывать разные виды информации. Наиболее информативным является зрительный канал, который пока в общении с ЭВМ используется не рационально. Представление данных в виде текстов и таблиц будет все больше заменяться графическими движущимися изображениями. Возможность манипулирования образами повышает «коммуникабельность» систем, предоставляет человеку эффективные средства управления, открывающие новые, неизведанные возможности. Пионерами внедрения «икогографии», которая стремительно распространилась в сфере ЭВМ, были создатели машины Apple. По мнению специалистов, в будущем графический язык может стать средством общения людей, обеспечивающим их единство и взаимопонимание.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СППР становятся новым мощным средством решения проблем в организационных системах управления. Важно при этом еще раз подчеркнуть слово «поддержка» в названии системы:

СППР только помогают людям принимать лучшие решения. Новые средства могут подсказать неожиданный вопрос, помочь разобраться в ситуации, но они не заменяют и не смогут заменить творчески мыслящего руководителя. В будущем (пока таких СППР еще нет) появятся системы, которые смогут подстраиваться под стиль мышления человека, имитировать приемы его работы, которые станут как бы продолжением «Я» руководителя.

Существуют некоторые принципиальные границы — СППР сама по себе не сможет породить качественно новый вариант решения. Однако есть надежда, что такой вариант может возникнуть либо в процессе диалога человека с СППР, либо как догадка, которой способствовал этот диалог. Уже одна эта надежда оправдывает, на наш взгляд, усилия, направленные на разработку все более совершенных систем поддержки принятия решений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ

1. Decision Support Systems: Issues and Challenges. / Ed. by G. Fick and R. H. Sprague. — Oxford: Pergamon Press, 1980. — 189 p.
2. Decision Support Systems. / Ed. by M. J. Ginzberg, W. Reitman, E. A. Stohr. — Amsterdam: North-Holland Publ. Co., 1982. — 174 p.
3. Processes and Tools for Decision Support. / Ed. by H. G. Sol. — Amsterdam: North-Holland Publ. Co., 1983. — 259 p.
4. Knowledge Representation for Decision Support Systems. / Ed. by L. B. Mettler and R. H. Sprague. — Amsterdam: North-Holland Publ. Co., 1985. — 267 p.
5. Keen P. G. W., Scott Morton M. S. Decision Support Systems: An Organizational Perspective. — Reading, Mass.: Addison-Wesley Publ. Co., 1978.
6. Alter S. A. Decision Support Systems: Current Practice and Continuing Challenges. — Reading, Mass.: Addison-Wesley Publ. Co., 1980. — 316 p.
7. Bonczek R. H., Holsapple C. W., Whinston A. B. Foundation of Decision Support Systems. — N. Y.: Academic Press, 1981. — 393 p.
8. Thierau J. R. Decision Support Systems for Effective Planning and Control. — Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, Inc., 1982. — 536 p.
9. Hansen R. H. The Why, What and How Decision Support. — N. Y.: AMA Management Briefing, 1984. — 73 p.
10. Theory, Software and Test Examples for Decision Support Systems. / Ed. by A. Levandowski and Wierzbicki — Laxenburg: IASA, 1985. — 286 p.
11. Борисов А. Н., Вилюкс Э. Р., Сухарь Л. Я. Диалоговые системы принятия решений на базе мини-ЭВМ: информационное, математическое, программное обеспечение. — Рига: Зинатне, 1986. — 195 с.
12. Little J. D. C. Models and Managers: The Concept of a Decision Calculus. // Management Science. — 1970. — 16, № 8. — p. B466—B485.
13. Gorry G. A., Scott Morton M. S. A Framework for Management Information Systems. // Sloan Management Review. — 1971. — 13, № 1. — p. 55—70.
14. Sprague R. H. A Framework for Development of the Decision Support Systems. // MIS Quarterly. — 1980. — 4, № 4. — p. 1—26.
15. Ginzberg M. J., Stohr E. A. Decision Support Systems: Issues and Perspectives. // Processes and Tools for Decision Support. / Ed. by H. G. Sol. — Amsterdam: North-Holland Publ. Co., 1983. — p. 9—31.

16. Simon H. A. The New Science of Management Decision. — Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, Inc., 1975. — 175 p.
17. Loie P. Decision Support Systems: an Idea in Search of an Identity. // Computerworld. — 1982. — XVI, № 44. — p. 1.
18. Fox M. S. The Intelligent Management System: An Overview. // Processes and Tools for Decision Support. / Ed. by H. G. Sol. — Amsterdam: North-Holland Publ. Co., 1983. — p. 105—130.
19. Fedorowicz J., Williams G. B. Representing Modeling Knowledge in an Intelligent Decision Support System. // Decision Support Systems. — 1986. — № 2. — p. 3—14.
20. Ларичев О. И. Проблемы взаимодействия человек—ЭВМ в системах поддержки принятия решений. // Процедуры оценивания многокритериальных объектов. — М.: ВНИИСПИ, 1984. — с. 20—23.
21. Деннинг В., Эсиг Г., Маас С. Диалоговые системы «человек—ЭВМ». Адаптация к требованиям пользователя: Пер с англ. — М.: Мир, 1984. — 112 с.
22. Keen P. G. W. Decision Support Systems: A Research Perspective. // Knowledge Representation for Decision Support Systems. / Ed. by L. B. Methlie and R. H. Sprague. — Amsterdam: North-Holland Publ. Co., 1985. — p. 23—44.
23. Henderson J. C., Ingraham R. S. Prototyping for DSS: A Critical Appraisal. // Processes and Tools for Decision Support. / Ed. by H. G. Sol. — Amsterdam: North-Holland Publ. Co., 1983. — p. 79—95.
24. Sprague R. H. A Framework for Research on Decision Support Systems. // Decision Support Systems: Issues and Challenges. Ed. by G. Fick and R. H. Sprague. — Oxford: Pergamon Press, 1980. — p. 5—22.
25. Bellw R. K. Evolutionary Decision Support Systems: An Architecture Based on Information Structure. // Knowledge Representation for Decision Support Systems. / Ed. by L. B. Methlie and R. H. Sprague. — Amsterdam: North-Holland Publ. Co., 1985. — p. 147—160.
26. Bosman A., Sol H. G. Knowledge Representation and Information Systems Design. // Ibid. — p. 81—91.
27. Антолюк Б. Д. Разработка экспертных систем искусственного интеллекта в США. — М.: ВНИИСПИ, 1985. — 77 с.
28. Алексеева Е. Ф., Стефанюк В. Л. Экспертные системы — состояние и перспективы. // Техническая кибернетика. — 1984. — № 5. — с. 153—167.
29. Blanning R. W. Management Applications of Expert Systems. // Inform. and Management. — 1984. — 7. — p. 311—316.
30. Ford F. A. Decision Support Systems and Expert Systems: A Comparison. // Inform. and Management. — 1985. — 8. — p. 21—26.
31. Fox M. S. Knowledge Representation for Decision Support. // Knowledge Representation for Decision Support Systems. Ed. by L. B. Methlie and R. H. Sprague. — Amsterdam: North-Holland Publ. Co., 1985. — p. 3—26.
32. Bonczek R. H., Holsapple C. W., Whinston A. B. The Evolution from MIS to DSS: Extension of Data Management to Model Management. // Decision Support Systems. / Ed. by M. J. Ginzberg, W. Reitman, E. A. Stohr. — Amsterdam: North-Holland Publ. Co., 1982. — p. 61—78.
33. Sol H. G. Process and Tools for Decision Support Inferences for Future Developments. // Processes and Tools for Decision Support. / Ed. by H. G. Sol. — Amsterdam: North-Holland Publ. Co., 1983. — p. 1—6.
34. Bosman A. Decision Support Systems, Problem Processing and Coordination. // Ibid. — p. 79—92.
35. Keen P. G. W. Computer Systems for Top Managers: A Modest Proposal. // Sloan Management Rev. — 1976. — 18, № 1. — p. 1—17.
36. Martin C. J., Winch G. W. Senior Managers and Computers. // Management Decision. — 1984. — 22, № 2. — p. 12—24.
37. Goul M., Shane B., Tongue F. M. Using a Knowledge-Based Decision Support System in Strategic Planning Decisions: An Empirical Study. // J. of Management Inform. Systems. — 1985. — 11, № 4. — p. 70—84.
38. Larichev O. I. Problem of Man—Machine Interaction in Decision Support Systems. // Knowledge Representation for Decision Support Systems. / Ed. by L. B. Methlie and R. H. Sprague. — Amsterdam: North-Holland Publ. Co., 1985. — p. 27—39.
39. Евсеев С. В., Ларичев О. И. Многокритериальные методы принятия решений. — М.: Знание, 1985. — 32 с.
40. Ларичев О. И. Человеко-машинные процедуры принятия решений. // Автоматика и телемеханика. — 1971. — № 12. — с. 131—142.
41. Anthony R. N., Planning and Control Systems: A Framework for Analysis. — Boston: Harvard University, Graduate School of Business Administration, 1965. — 180 p.
42. Scott Morton M. S. Management Decision Systems: Computer—Based Support for Decision Making. — Cambridge, Mass.: Harvard Univ., 1971.
43. Goslar M. D., Green G. I., Hughes T. H. Decision Support Systems: An Empirical Assessment for Decision Making. // Decision Sciences. — 1986. — 17. — p. 79—91.
44. Петровский А. Б., Стернин М. Ю., Моргоев В. К., Путинцев А. Н. Система поддержки принятия решений для задач прогнозирования и планирования научных исследований. // Тр. Всес. конф. Теория, методология и практика системных исследований. Москва, 29—31 янв. 1985 г. Секция 10. Методы и процедуры принятия решений. — М.: ВНИИСПИ, 1984. — с. 50—51.
45. Hurst E. G., Kohner M. R. Optimization in Interactive Planning Systems. // Decision Support Systems. / Ed. by M. J. Ginzberg, W. Reitman, E. A. Stohr. — Amsterdam: North-Holland Publ. Co., 1982. — 97—119.
46. Кочетков Г. Б. Автоматизация конторского труда в США. Теория и практика «сознания будущего». — М.: Наука, 1985. — 224 с.
47. Earnest L. A Look Back at an Office of the Future. // Decision Support Systems: Issues and Challenges. / Ed. by G. Fick and R. H. Sprague. — Oxford: Pergamon Press, 1980. — p. 119—126.
48. Watanabe H., Shimazaki N. Overviews of the C and C Office System. — Structure of Office System. // NEC Research and Development, Special Issue on «C and C Office System». — 1985. — p. 3—15.
49. Stephenson R. W., Stephenson M. K. Design Requirements for Decision Support Systems for RDTE. // Inform. Proc. and Management. — 1983. — 19, № 6. — p. 391—397.
50. Humphreys P. C., Wisudha A. MAUD4. — London: The London School of Economics and Political Science, Technical Report 82—5. 1982.
51. Ларичев О. И., Зуев Ю. А., Гнеденко Л. С. Метод ЗАПРОС (Замкнутые Процедуры у Опорных Ситуаций) решения слабоструктуризованных проблем выбора при многих критериях. — М.: ВНИИСПИ, 1979. — 75 с.
52. Кини Р. Л., Райфа Г. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения: Пер. с англ. — М.: Радио и связь, 1981. — 560 с.
53. Фон Нейман Дж., Моргенштерн О. Теория игр и экономическое поведение: Пер. с англ. — М.: Наука, 1970. — 707 с.
54. Keeney R., Sicherman A. An Interactive Computer Program for Assessing and Analyzing Preferences Concerning Multiple Objectives. — Laxenburg: NASA Research Memorandum RM—75—12, 1975.
55. Edwards W. How to Use Multi-Attribute Utility Measurement for Social Decision Making. — Los Angeles: Soc. Science Research Inst., Research Report 76—3, 1976. — 54 p.
56. Roy B. Classement et choix en presence de points de vue multiples (la methode ELECTRE). // Rev. Franc. Inform. et Recher. Oper. — 1986. — 2, № 8 — p. 57—75.
57. John R. S., von Winterfeldt D., Edwards W. The Quality and User Acceptance of Multiattribute Utility Analysis Performed by Computer and Analyst. // Analysing and Aiding Decision Processes. / Ed. by P. Humphreys, O. Svenson, A. Vary. — Budapest: Akademiai Kiado, 1983. — p. 302—319.
58. Ларичев О. И., Поляков О. А. Человеко-машинные процедуры решения многокритериальных задач математического программирования. // Экономика и мат. методы. — 1980. — 16, № 1. — с. 129—145.
59. Соболев Н. М., Статников Р. Б. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями. — М.: Наука, 1981. — 110 с.

60. Ларичев О. И., Мошковиц Е. М. Задачи классификации в принятии решений. // Докл. АН СССР — 1986. — 287, № 3 — с. 567—570.
 61. Ларичев О. И., Мошковиц Е. М. О возможностях получения от человека непротиворечивых оценок многомерных альтернатив. // Дескриптивный подход к изучению процесса принятия решений при многих критериях. — М.: ВНИИИИ. 1980. — с. 60—67.
 62. Ларичев О. И. Наука и искусство принятия решений. — М.: Наука. 1979. — 200 с.
 63. Huber G. P. Issues of Design of Group Decision Support Systems. // MIS Quarterly. — 1984. — 8, № 9. — p. 195—204.
 64. Kersten G. E. NEGO — Group Decision Support System. // Information and Management. — 1985. — 8, № 5. — p. 237—246.
 65. Miller R. G., Rohrbaugh J. Microcomputers and Strategic Decision Making. // Public Productivity Review. — 1985 (Summer) — p. 175—189.
 66. Paprika Z., Kiss I. Interactions in Decision Support Systems: Devision of Labor in DSSs. // Eng. Costs and Production Economics. — 1985. — 8, № 4 — p. 281—289.
 67. Elam J. J., Henderson J. C. Knowledge Engineering Concepts for Decision Support System Design and Implementation. // Inform. and Management. — 1983. — № 6. — p. 109—114.
 68. Брябрин В. М. Профессиональные персональные ЭВМ. // Прикладная информатика. Вып. 2 (7). — М.: Финансы и статистика. 1984. — с. 143—162.
 69. Петровский А. Б., Стернин М. Ю., Моргосов В. К. Системы поддержки принятия решений. — М.: ВНИИИИ. 1987. — 42 с.
 70. Petoji A. Pixel Power: the Grafic Revolution in Computers. // The Futurist. — 1985. — XIX, № 3. — p. 30—34.
-