

КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ¹

Э.А. Трахтенгерц

Формулируются задачи компьютерных систем поддержки принятия решений, рассматриваются факторы, влияющие на возможности таких систем и трудности, возникающие при их реализации и применении. Обсуждаются методы компьютерного анализа ситуаций, компьютерной генерации и оценки возможных решений, моделирования принимаемых решений и компьютерной поддержки согласования групповых решений. Показываются возможности этих систем.

ВВЕДЕНИЕ

Вычислительная техника все шире применяется для решения задач управления. Появление персональных компьютеров позволило каждому руководителю иметь его на столе, обеспечивая доступ к любой базе данных своей фирмы, а Интернет позволяет получать и передавать необходимую информацию не только внутри страны, но и практически во всем мире.

Большинство коммерческих, общественных и государственных организаций уже не принимают серьезных решений без использования элементов компьютерного анализа. Возможности аппаратных и программных средств непрерывно улучшаются, при этом их цена либо не возрастает, либо возрастает незначительно. Корпорации развивают распределенные системы, обеспечивающие легкий доступ к информации, находящейся в различных местах, и объединение их с другими информационными и управляющими системами.

Хотя мы и говорим о компьютерной поддержке принятия управленческих решений, т. е. об использовании формальных оценок и расчетов, роль личных качеств руководителя (эксперта) — его интеллект, субъективные оценки, эрудиция, умение находить решение и т. п. — не уменьшается, а может быть, даже возрастает. *Компьютерные системы*

поддержки управленческих решений вводят новую составляющую в искусство принятия решений: искусство использования средств вычислительной техники, которое должно сочетать оценки и решения, полученные уже устоявшимися (или вновь разработанными) математическими методами, с субъективными оценками, сделанными на основе знаний, опыта и интуиции руководителя. Это связано с тем, что на решение руководителя сильнейшее влияние оказывают его субъективные предпочтения, поэтому в предложенных компьютером вариантах решений руководитель должен видеть их тщательный учет, а не «абстрактное оптимальное» предложение, далекое от его интересов.

1. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

1.1. Задачи компьютерных систем поддержки принятия решений

Принятие решений — каждодневная деятельность человека, часть его повседневной жизни. В большинстве случаев оно заключается в генерации возможных альтернатив решений, их оценке и выборе лучшей альтернативы.

При выборе альтернатив приходится учитывать большое число противоречивых требований и, следовательно, оценивать варианты решений по многим критериям. Противоречивость требований, неоднозначность оценки ситуаций, ошибки в вы-

¹ Сокращенное изложение доклада на II Международной конференции по проблемам управления. Москва. 2003 г.

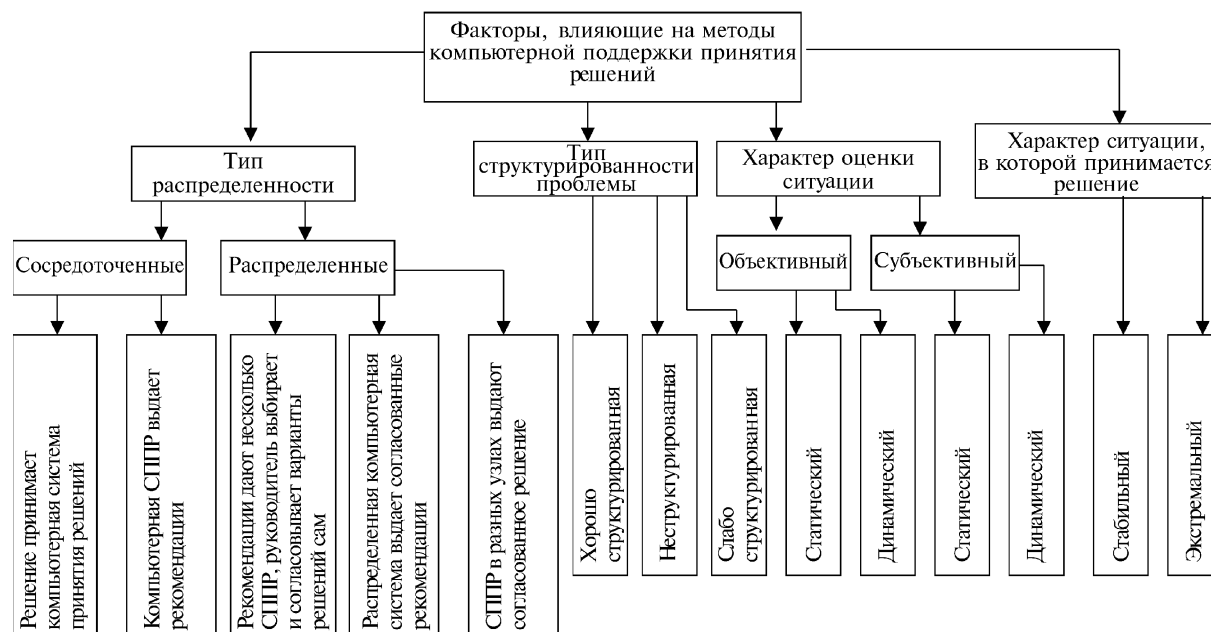


Рис. 1. Факторы, оказывающие влияние на выбор методов компьютерной поддержки принятия решений

боре приоритетов сильно осложняют принятие решений.

Но самое сложное заключается в другом. Изменился круг задач, решаемых человеком в различных сферах своей деятельности. Возникли новые сложные и непривычные для него проблемы. В течение столетий люди могли принимать решения, ориентируясь на один-два главных фактора, не учитывая многие другие. Они жили в мире, где темп изменения окружающей среды был невелик, и новые явления возникали «по очереди», а не сразу.

Сейчас положение изменилось. Большое количество задач, если не большинство, являются многокритериальными, и приходится учитывать большое число факторов. Человеку приходится оценивать множество сил, влияний, интересов и последствий, характеризующих варианты решений.

Формализация методов принятия решений, их оценка и согласование являются чрезвычайно сложной задачей. Увеличение объема информации, поступающей в органы управления и непосредственно к руководителям, усложнение решаемых задач, необходимость учета большого числа взаимосвязанных факторов и быстро меняющейся обстановки настоятельно требуют применения вычислительной техники в процессе принятия решений. В связи с этим появился новый класс вычислительных систем – системы поддержки принятия решений (СППР).

Термин *система поддержки принятия решений* появился в начале 1970-х гг. [1], дано много его оп-

ределений [2–4], характеризующих функции СППР по аналогии с процессом принятия решения человеком. Если исходить из необходимости компьютерной поддержки на всех этапах принятия решения человеком, то СППР можно определить как человеко-машинную систему, позволяющую руководителям использовать свои знания, опыт и интересы, объективные и субъективные модели, оценки и данные для реализации компьютерных методов выработки решений и выполняющую следующие функции:

- 1) анализ обстановки(ситуации);
- 2) генерация возможных управленческих решений (сценариев действий);
- 3) оценка сгенерированных сценариев (действий, решений) и выбор лучшего;
- 4) обеспечение постоянного обмена информацией об обстановке принимаемых решений и согласование групповых решений;
- 5) моделирование принимаемых решений (когда это возможно);
- 6) компьютерный анализ возможных последствий принимаемых решений;
- 7) сбор данных о результатах реализации принятых решений и оценка результатов.

На рис. 1 представлены некоторые факторы, далеко не все, оказывающие влияние на выбор методов компьютерной поддержки принятия решений [5]. Подробно влияние этих факторов рассмотрено в работах [5, 6].



1.2. Влияние неопределенности и субъективности оценок на компьютерную поддержку принятия решения

Термин «неопределенность» был предложен проф. Найтом (F.H. Knight) в 1933 г. [7]. Смысл термина заключается в том, что руководитель (эксперт) не знает или не может оценить вероятность того или иного состояния окружающей среды и результатов, проистекающих из нахождения среды в этом состоянии.

Неопределенность является неотъемлемой частью процессов принятия решений. Принято различать три класса неопределенностей [8]: связанные с неполнотой наших знаний о проблеме, по которой принимается решение; связанные с невозможностью точного учета реакции окружающей среды на наши действия, и, наконец, неточное понимание своих целей лицом, принимающим решение. Свести задачи с подобными неопределенностями к точно поставленным целям нельзя в принципе [8]. Для этого надо «снять» неопределенности. Один из способов снятия заключается в субъективной оценке специалиста (эксперта, конструктора, руководителя), определяющей его предпочтения.

Субъективная оценка руководителя – это оценка, сделанная им на основе собственного опыта, интуиции, предпочтения или интереса, а не на основе абсолютно точного знания.

Задачи, решаемые с помощью СППР, можно подразделить на [9]:

- задачи, для которых характерна возможность объективной оценки результата решения или хотя бы сравнительной оценки двух решений (например, выбор аэродинамических форм летательных аппаратов);
- задачи, для которых такая объективная оценка результатов решения отсутствует, и ее заменяют экспертные оценки людей.

Примерами последних из них служат принятие экономических и политических решений, большинство задач предварительного проектирования (хотя там есть расчеты, но лишь ориентировочные), задачи медицинской диагностики, во многих случаях принятие решений в чрезвычайных ситуациях и т. д. Для этих задач характерна субъективная оценка человеком качества решения и решающее влияние опыта, знаний и личных интересов руководителя на выработку решения. Более того, чем больше степень неопределенности, тем большее значение в процессе принятия решения имеет субъективная оценка руководителя.

Таким образом, руководитель или эксперт вынужден исходить из своих субъективных представлений об эффективности возможных альтернатив и важности различных критериев. Как уже было

сказано, эта субъективная оценка во многих случаях оказалась основой объединения разнородных физических параметров решаемой проблемы в единую модель, позволяющую оценивать варианты решений. Отметим, что руководители, как правило, редко и неохотно признают фактор неопределенности, заявляя, что их фактически субъективные оценки и прогноз являются оптимальными.

В этой субъективности нет ничего плохого. Опытные руководители и конструкторы хорошо осознают, сколько личного и субъективного они вносят в принимаемые решения. С другой стороны, об успехах и неудачах большинства решений люди могут судить, исходя только из своих субъективных предпочтений и представлений. Таким образом, субъективные оценки должны восприниматься формальным анализом в качестве входных данных. При этом, естественно, полученные результаты также должны восприниматься как субъективные.

Отсюда следует, что для того, чтобы рекомендации системы поддержки принятия решений с доверием воспринимались руководителем, она должна «понимать» его приоритеты и предпочитаемые им средства достижения цели, т. е. должна учитывать его субъективный взгляд на решаемые проблемы. Так как у каждого руководителя он свой, то каждая СППР должна настраиваться индивидуально на каждого руководителя.

1.3. Трудности, возникающие при компьютерной поддержке принятия решений, и возможности их преодоления

Устойчивых традиций применения вычислительной техники для выработки управленческих решений еще не возникло. Это связано со многими методологическими и психологическими трудностями, часть которых обсуждается в этом разделе.

Психологический барьер. Применение средств вычислительной техники для решения задач подобного рода оказалось не только сложным методологически, но во многих случаях эксперты и руководители оказывались перед психологическим барьером, не позволяющим использовать ЭВМ для поддержки принятия решений.

Для многих руководителей старшего поколения сама мысль о том, что какая-то машина, пусть и электронная, будет принимать вместо них решения или хотя бы давать рекомендации, казалась нестерпимой. И это было связано не только с антипатией к машине как «мыслящему инструменту», но и с неумением и непривычкой вырабатывать решения на основе формализованных оценок.

Появление в руководстве государственных учреждений и частных компаний людей нового поколения, конечно, значительно изменило отноше-

ние к вычислительной технике, и в задачах учета и анализа она стала господствовать почти безраздельно, однако применение вычислительной техники для генерации, оценки, согласования и принятия решений все еще наталкивается на определенное недоверие.

Необходимость сохранения конфиденциальности предпочтений и мотивов действий руководителя. Эта проблема может стать серьезным препятствием применения СППР. Далеко не все руководители делятся даже с ближайшими сотрудниками своими планами, тем более, стратегическими, и уж, конечно, своими оценками складывающейся ситуацией. В сложных ситуациях руководитель может не иметь достаточной свободы выбора решения, и ему будет трудно отвергнуть вариант решения, предлагаемый СППР, не раскрывая своих истинных мотивов. Но эта проблема не является непреодолимой. В СППР можно предусмотреть средства кодирования истинных предпочтений руководителя, недоступные для других пользователей системы. Если руководитель уверен, что секретность его оценок и предпочтений будет сохранена, он не будет смотреть на СППР как на врага, выдающего его планы возможным недругам.

Противоречие, возникающее от смешения ответственности математика-программиста и руководителя. Необходимость математических моделей порождает противоречие во взаимодействии руководителя с компьютерной СППР, возникающее от смешения ответственности [10]. Математик, компетентный в математических дисциплинах, несет профессиональную ответственность только за качество решений математически поставленной задачи. Он не компетентен в содержательной стороне процедур принятия проектных решений и не отвечает за них. Тем не менее, через разработанные им модели и алгоритмы решение формирует он. Руководитель, компетентный в содержательных вопросах и отвечающий за конечный результат, в большинстве случаев не в состоянии понять математические методы, и поэтому для него процесс формирования решения не вполне прозрачен. Таким образом, получается, что отвечает за последствия решений руководитель, а формирует решения математик. Это противоречие вызывает недоверие у руководителя и является одной из причин нежелания руководителя работать с компьютерными СППР.

Проблема неопределенности. Об этой серьезной трудности уже говорилось, она подробно рассмотрена в монографии [11].

Решения, принимаемые СППР, противоречат чьим-либо интересам. Методы и алгоритмы выбор решений могут противоречить интересам лиц или коллективов, которые должны пользоваться этой системой. В этом состояла одна из причин, по ко-

торым в Советском Союзе очень трудно было создать и, тем более, эксплуатировать системы автоматического управления.

2. МЕТОДЫ, РЕАЛИЗУЕМЫЕ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

2.1. Структура системы поддержки принятия решений

В соответствии с определением СППР, данным в п. 1.1 (см. поз. 1–7), ее структуру, состав и взаимодействие отдельных блоков можно представить в виде, показанном на рис. 2 (поз. 7 фактически является вариантом анализа на следующем шаге).

Заметим, что по структуре связей СППР, показанной на рис. 2, процесс принятия решений может повторяться, если предлагаемый вариант решения не удовлетворяет руководителя. Решения могут согласовываться как до оценки возможных вариантов решения, сделанных руководителем, так и после нее.

Рассмотрим основные характеристики и некоторые особенности представленных на рис. 2 блоков.

2.2. Анализ сложившейся обстановки

Для анализа сложившейся обстановки широко применяются методы, получившие в отечественной литературе название интеллектуального анализа данных (ИАД), этому русскому понятию соответствуют английские термины Data Mining (добыча данных), On Line Analytical Processing – OLAP (оперативный анализ данных), Knowledge Discovery (обнаружение знаний) или Intelligent Analysis Data (разведывательный анализ данных).

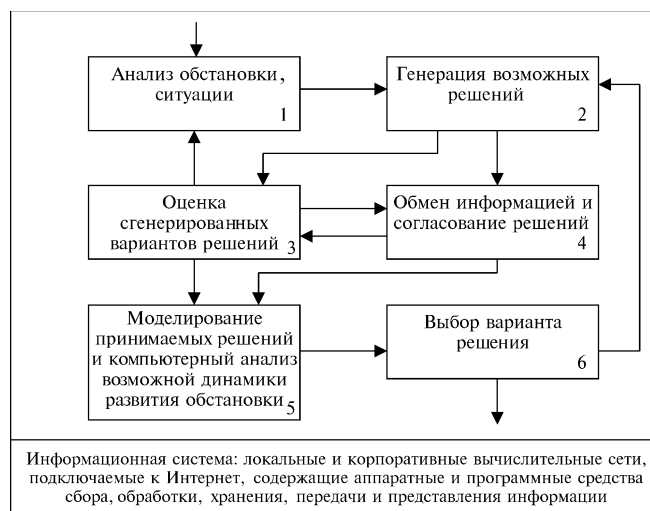


Рис. 2. Структура компьютерной системы поддержки принятия решений



Термин ИАД кажется несколько рекламным. Методы ИАД едва ли более «интеллектуальны», чем методы, применяющиеся в других разделах программного обеспечения, но поскольку термин устоялся, будем им пользоваться.

Интеллектуальный анализ данных заключается в применении алгоритмов обработки для выявления скрытых тенденций, закономерностей, взаимосвязей и перспектив развития процесса, учет которых помогает повысить качество принимаемых решений. Все методы, применяемые в ИАД, являются логическим обобщением различных аналитических подходов, известных уже на протяжении десятилетий. Новизна ИАД заключается в расширении сферы применения этих методов в управлении, которое стало возможно благодаря возросшей доступности данных и удешевлению вычислений. Кроме того, до относительно недавнего времени не существовало компьютерных методов ИАД с дружественным интерфейсом пользователя. Рост интереса к средствам интеллектуального анализа объясняется отчасти и усовершенствованиями в области интерфейса, которые сделали их доступными для специалистов деловой сферы, но, главным образом, возросшими требованиями к результатам анализа, резким увеличением объема перерабатываемой информации, усложнением решаемых задач и временными ограничениями анализа обстановки и принятия решений.

Широкое применение методов ИАД – очередной этап процесса, развивающегося с начала XX века, но получившего особое значение в связи с широким использованием вычислительной техники в управлении, в том числе и в СППР.

В качестве примера рассмотрим метод моделирования процессов распространения радиоактивных веществ в окружающей среде [12]. Проблема состоит в том, что на ранней стадии аварии данные мониторинга степени радиационного загрязнения носят фрагментарный характер, и задача СППР заключается в том, чтобы на основе этих фрагментарных данных восстановить цельную картину состояния загрязнения окружающей среды в зоне поражения. На основе этих данных будут проведены обсуждения и принято групповое решение различными специалистами и организациями по ликвидации последствий радиоактивного заражения. Задача восстановления целостной картины по фрагментарным данным достаточно типична для проблем, решаемых с помощью ИАД.

База данных пространственно привязана к данным, полученным в результате измерений происшедшего загрязнения. На ее основе строится поле данных, позволяющее по координатам точки рассчитать предполагаемое значение исследуемого параметра и точность этой оценки. Все поля данных строятся и хранятся единообразно в виде суммы

конечных элементов, каждый из которых является минимальной параболой с областью определения на ячейке, равномерной по каждой координате:

$$V(x, y) = a + bx + cy + dxy,$$

где $(x, y) \in [0,1] \cdot [0,1]$ – относительные координаты точки внутри соответствующей ячейки, $V(x, y)$ – значения поля в точке (x, y) , a, b, c и d – коэффициенты, зависящие от значений поля в узлах сетки.

Одним из методов оперативного построения полей является метод весовых коэффициентов. Он достаточно прост и может быть хорошей иллюстрацией идей, используемых для восстановления недостающих данных. Результаты измерений интерполируются системой в узлы равномерной сетки по формуле:

$$V_j = \frac{\sum_i Z_i W_i}{\sum_i W_i}, \quad W_i = \exp\left(-\frac{9}{2} \times \frac{R_i^2}{(kd)^2}\right),$$

где V_j – значение поля в j -м узле сетки, Z_i – значение измерения в i -й точке, W_i – «вес» значения в i -й точке, R_i – расстояние от i -й точки до j -го узла, d – шаг сетки, k – безразмерный параметр, задаваемый экспертом. Усреднение производится по результатам измерений в точках, лежащих внутри ближайших к узлу прямоугольных ячеек сетки до глубины k .

По вычисленным значениям V_j система строит карту распространения загрязнений и распечатывает или высвечивает ее на дисплеях участников принятия решений. Эта карта входит в набор исходных данных, по которым в дальнейшем будет приниматься групповое решение по ликвидации последствий радиоактивного заражения.

Интеллектуальные системы компьютерного анализа данных могут основываться на двух подходах. *Первый* заключается в том, что в системе фиксируется опыт эксперта, который и используется для оценки создавшейся ситуации. На этом подходе основывается построение экспертных систем.

Второй подход базируется на анализе исторических данных, описывающих поведение изучаемого объекта, принятых в прошлом решениях, их результатах (например, анализе временных рядов стоимости валют и акций, статистики продаж различного рода товаров, результатов выборов и т.п.).

Наконец, *третий подход* – комбинация первых двух: результаты, полученные при анализе исторических данных, оцениваются на основе опыта эксперта.

В последнее время резко возрос интерес ко второму и третьему подходам. Это объясняется тем, что в связи с резким усложнением управленческих задач возникли новые потребности в глубоком

анализе поступающей и хранящейся в базах данных информации, выполняемом в реальном масштабе времени.

Применение методов ИАД порождает проблему субъективного выбора метода и требуют, как это ни странно, субъективного критического осмысления результатов анализа [13].

Отметим, что проблема адекватности модели и выбора метода стояла всегда. Но после появления парадигмы ИАД и придания анализу данных прекрасного, удобного и выразительного интерфейса специалист, принимающий решение, оказался с машиной один на один. Эта проблема оказалась для него скрытой, и он перестал чувствовать необходимость выбора метода и понимания его положительных и отрицательных свойств, а также влияние характеристик метода, например, выбор метрики, на конечный результат расчета.

2.3. Генерация вариантов решений

Компьютерную генерацию возможных решений (сценариев) можно осуществить посредством: программной реализации аналитических или имитационных моделей, с помощью экспертных систем, генерации сценариев путем комбинации различных операций, заданных руководителем или взятых из базы данных, и, наконец, подхода, получившего название ситуационного управления.

Обычно различают два типа методов: поисковые и нормативные [14]. Поисковый метод – это определение возможных состояний системы в будущем. Нормативный метод – определение путей и сроков достижения возможных состояний системы, принимаемых в качестве цели.

Генерируемые решения можно подразделить на:

- неожиданные, принципиально новые решения, на которые компьютер пока не способен;
- решения, основанные на типовых сценариях, по аналогии, на основе комбинации известных частных решений; генерация таких решений доступна компьютеру.

Однако, так или иначе, руководитель должен сначала структурировать решаемую проблему, т. е. расчленить ее, если это необходимо, на части. При управлении производством это может быть деление его на функции и задачи, выделение работ, связанных с реинжинирингом предприятия, формирование деревьев целей и решений, формирование составных частей различных проектов, бизнес-планов и др.

Описание грамматических правил, алгоритмов их построения и генерации вариантов дано в работе [15].

Поскольку временные характеристики чрезвычайно важны при выработке решений по ликвидации чрезвычайных ситуаций, построим для решения задачи параллельно-временную порождающую

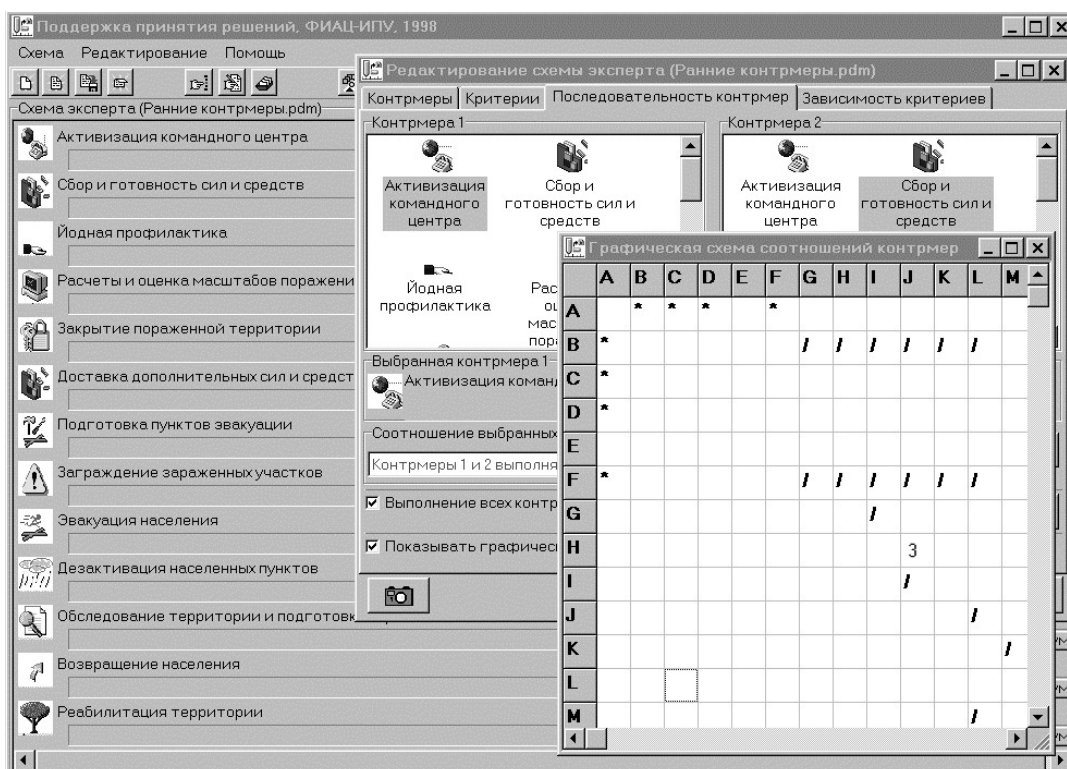


Рис. 3. Фрагмент интерфейса генерации данных и результат диалога

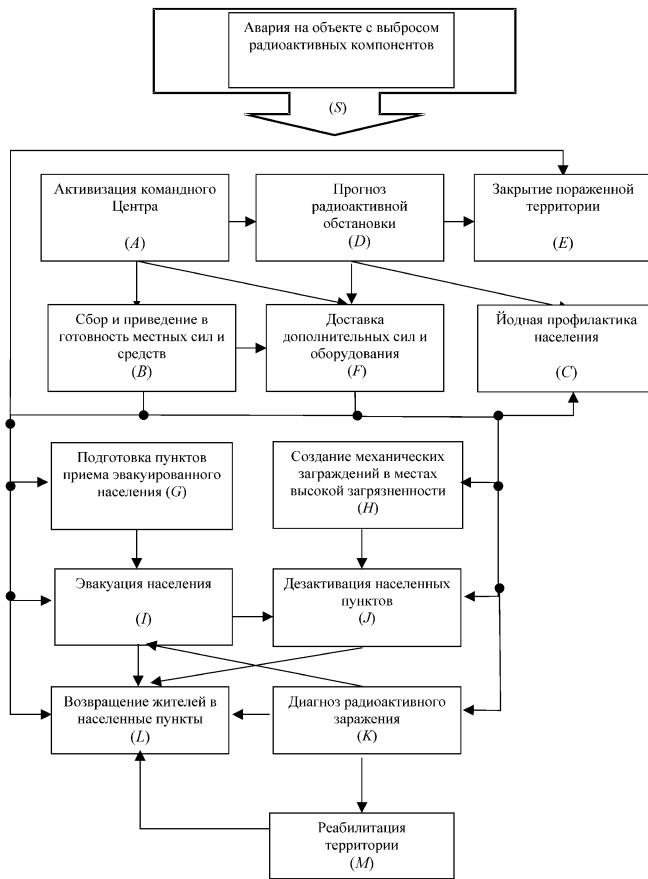


Рис. 4. Схема возможных контрмер, построенная СППР по результатам диалога

грамматику. Для построения грамматики будем использовать информацию о возможной последовательности операций, параллельности их выполнения и организации циклов (если они есть), полученную в процессе диалога руководителя или эксперта с СППР. Результат диалога показан на рис. 3 [12]. На рис. 4 дана схема вариантов возможных контрмер, построенная системой по результатам диалога. Задача заключается в выборе из них наилучшего в сложившихся условиях.

Штрих у символа *A* (на рис. 3 не обозначен) означает начало выполнения параллельного процесса, значки «*» означают, что операции, показанные в столбце и строке, которые образуют клетку, могут выполняться параллельно. Заметим, что возможность параллелизма вовсе не означает его обязательности, операции *B*, *C*, *D* и *F* могут быть выполнены и последовательно друг за другом. Значок «/» означает, что после операции, указанной в строке матрицы, выполняется операция, указанная в столбце. Число 3 на пересечении строки *H* и столбца *J* указывает на необходимость повторения последовательности операций *HJ* 3 раза, т. е. организацию цикла.

Исходя из матрицы (см. рис. 3), система поддержки принятия решений генерирует следующую грамматику:

$$\begin{aligned}
 &A' \rightarrow C(t_C); B \rightarrow C(t_C); B \rightarrow L(t_L); F \rightarrow G(t_G); \\
 &I \rightarrow L(t_L); I \rightarrow J(t_J); \\
 &A' \rightarrow B(t_B); B \rightarrow F(t_E); D \rightarrow F(t_E); F \rightarrow K(t_K); \\
 &J \rightarrow I(t_I); M \rightarrow F(t_E); \\
 &A' \rightarrow C(t_C); B \rightarrow E(t_E); D \rightarrow B(t_B); F \rightarrow H(t_H); \\
 &J \rightarrow L(t_L); M \rightarrow L(t_M); \\
 &A' \rightarrow F(t_E); B \rightarrow H(t_H); D \rightarrow C(t_C); F \rightarrow L(t_L); \\
 &K \rightarrow M(t_M); \\
 &B \rightarrow E(t_E); B \rightarrow J(t_J); D \rightarrow J(t_J); G \rightarrow I(t_I); \\
 &K \rightarrow L(t_L); \\
 &B \rightarrow I(t_I); B \rightarrow K(t_K); F \rightarrow I(t_I); F \rightarrow C(t_C); \\
 &H \rightarrow J(t_J).
 \end{aligned}$$

Времена выполнения операций также указываются руководителем в качестве критерия данного действия (контрмеры). При оценке временных характеристик t_X выполнения операций X необходимо учесть влияние операции X_i на время выполнения операции X_j . Времена выполнения операций для решения рассматриваемой задачи приведены в табл. 1. В столбце t_X в условных единицах указаны времена автономного выполнения операций, когда выполнение этой операции не совмещается с другой, дополняющей ее.

Дробь в клетке табл. 1 показывает, как сокращается время выполнения операции x_i , указанной в строке, если она выполняется совместно с операцией x_j , указанной в столбце. Черта в таблице показывает, что время выполнения операции x_i не зависит от выполнения операции x_j . Наконец, времена выполнения операции, зависящие от объема

Таблица 1

Времена выполнения операций и их взаимное влияние

Операции X	t_X	G	H	K	J	I
A	2	—	—	—	—	—
B	5	—	—	—	—	—
C	3	—	—	—	—	—
D	1	—	—	—	—	—
E	24	—	—	—	—	—
F	12	—	—	—	—	—
G	6	—	1/2	3/4	1/3	2/3
H	12	1/4	—	1/2	1/2	—
I	8	1/2	—	3/4	1/2	—
J	36	1/18	—	—	—	1/9
K	18	3/12	—	—	—	1/3
L	12	—	—	—	—	—
M	120	—	—	—	—	—

работ, например, дезактивация населенных пунктов, обследование территорий и т. п., указаны для единицы объема работы: 1 км² загрязненной территории, анализа 1 пробы и т. д. на единицу оборудования. Такие характеристики, как время активизации командного пункта, сбор и приведение в готовность сил и средств и т. п. указаны в абсолютных единицах. Возможно введение и других условий.

Идея алгоритма проста: если можно, то идем вперед, порождая цепочки символов, если цепочка порождена – возвращаемся назад до полного перебора всех грамматических правил. Алгоритм подробно описан в работе [15].

Описывая процесс при помощи такой грамматики, можно получить все допустимые сценарии, из которых СППР впоследствии выберет лучший.

Теперь перейдем к поисковому прогнозу, который фактически решает задачу прогнозирования и отвечает на вопрос, что вероятнее всего произойдет при условии сохранения существующих тенденций. Для реализации поискового метода часто применяются различные статистические методы. В качестве примера рассмотрим схему прогнозирования по общей трендовой модели с использованием непротиворечивых экспертных оценок [16].

Пусть известна история прогнозируемого процесса, представленного в виде последовательности результатов наблюдений:

$$\tilde{y}_t, \quad t = \overline{1, m}, \quad (1)$$

а множество непротиворечивых экспертных оценок

$$\{w^l, \quad l = \overline{1, L}\} \quad (2)$$

представимо конъюнкцией $\bigcup_{l \in L} w^l$.

Вообще, w^l может быть сложным высказыванием, состоящим из нескольких элементарных высказываний. В частном случае w^l может быть одним высказыванием типа

$$\alpha^l + \beta^l y_\mu^l \geq \gamma^l + \delta^l y_\nu^l, \quad l = \overline{1, L}, \quad (3)$$

где μ и ν – моменты периода упреждений, а α , β , γ , δ – оценки, задаваемые экспертами. Ниже рассматривается этот простой случай.

При прогнозировании ключевым вопросом всегда является выбор класса модели. Этот выбор зависит от субъективных предпочтений эксперта и может оказать серьезное влияние на результат прогнозирования.

Пусть выбран класс моделей с линейными по параметрам зависимостями:

$$F(t, \theta) = (\theta, \varphi(t)), \quad (4)$$

определенными в дискретные моменты времени $t = \overline{1, m}$, где θ – вектор параметров $\theta = (\theta_1, \dots, \theta_k)$, а φ – векторная функция $\varphi = (\varphi_1, \dots, \varphi_k)$, компонентами которой являются известные векторные

функции времени, а $(\theta, \varphi(t)) = \sum_{i=1}^k \theta_i \varphi_i(t)$ – скалярное произведение. Зависимость (4) называется функцией (моделью) тренда.

Задача заключается в отыскании прогнозной последовательности, наиболее согласованной с результатами наблюдений (1) и экспертными оценками (2).

Ввиду того, что период наблюдений недостаточен для получения надежных статистических выводов и(или) процесс может отклониться от стационарного режима, при оценивании параметров модели часто требуют ее соответствия экспертным оценкам, а уже затем – результатам наблюдений. Т. е. в этом методе прогнозирования используются субъективные предпочтения экспертов.

Соответствие модели (4) экспертным оценкам (2) означает, что $y_t = (\theta, \varphi(t))$, $t = \overline{m+1, m+n}$ и, следовательно, должны выполняться линейные неравенства (3).

Соответствие модели (4) результатам наблюдений (1) определяется тем, насколько вычисленные по модели значения временного ряда близки к наблюдаемым. В качестве меры близости может быть взята сумма

$$D(\theta) = \sum_{t=1}^m R(\tilde{y}_t - (\theta, \varphi(t))), \quad (5)$$

где R – некоторая строго выпуклая функция (например, квадрат или модуль вещественного числа).

В результате приходим к задаче минимизации:

$$\min_{\theta_i} D(\theta) \quad (6)$$

с ограничениями (3).

Найдем параметры варианта решения, решая задачу линейного программирования. Воспользовавшись известным способом перехода от задачи минимизации суммы модулей к задаче линейного программирования, сведем к последней задачу (3), (5) и (6), выбрав из соотношения (5) в качестве функции R модуль вещественного числа:

$$D(\theta) = \sum_{t=1}^m |\tilde{y}_t - (\theta, \varphi(t))|.$$



С этой целью введем вспомогательные переменные:

$$r_t = \begin{cases} \tilde{y}_t - (\theta, \varphi(t)), & \tilde{y}_t > (\theta, \varphi(t)) \\ 0, & \tilde{y}_t \geq (\theta, \varphi(t)), \end{cases}$$

$$S_t = \begin{cases} (\theta, \varphi(t)) - \tilde{y}_t, & (\theta, \varphi(t)) > \tilde{y}_t \\ 0, & (\theta, \varphi(t)) \leq \tilde{y}_t. \end{cases}$$

Ясно, что $|\tilde{y}_t - (\theta, \varphi(t))| = r_t + S_t$ и $\tilde{y}_t - (\theta, \varphi(t)) = r_t - S_t$.

Поэтому вместо задачи (3), (5) и (6) переходим к задаче минимизации линейной формы:

$$\min_{\theta, r_t, S_t} \sum_{t=1}^m (r_t + S_t)$$

при ограничениях (3) и дополнительных ограничениях:

$$(\theta, \varphi(t)) + r_t - S_t = \tilde{y}_t, \quad t = \overline{1, m}$$

$$r_t S_t \geq 0, \quad t = \overline{1, m}.$$

Решая задачу, находим вектор оценок параметров $\hat{\theta} = (\theta_1, \dots, \theta_k)$, а затем прогнозную последовательность:

$$\hat{y}_t = (\hat{\theta}, \varphi(t)), \quad t = \overline{m+1, m+n}.$$

Так как система неравенств (3) в случае непротиворечивости экспертных оценок совместна, задача минимизации имеет решение, и это решение единственно в силу строгой выпуклости функции R и, следовательно, функции D .

Заметим, что решение задачи при заданных экспертных оценках действительно единственное, но в большинстве случаев сами экспертные оценки сильно зависят от состава экспертов, их опыта в решаемой проблеме и т. п.

2.4. Оценка возможных вариантов решений в соответствии с предпочтениями руководителя

В процессе принятия нового решения человек в состоянии рассмотреть несколько вариантов и во многих случаях не замечает лучший или опасный (пример – «зевки» в шахматах). Система поддержки принятия решений способна генерировать, если не все, то очень большое число возможных решений. Но генерация большого числа решений имеет смысл только в том случае, если сама СППР сможет их оценить и проранжировать с учетом предпочтений руководителя. (Показывать много, например, 200 вариантов, руководителю бессмысленно. Он не в состоянии проанализировать все варианты).

Для представления лучших вариантов решений, сгенерированных с помощью СППР, их необходимо оценить, проранжировать и выбрать лучшие.

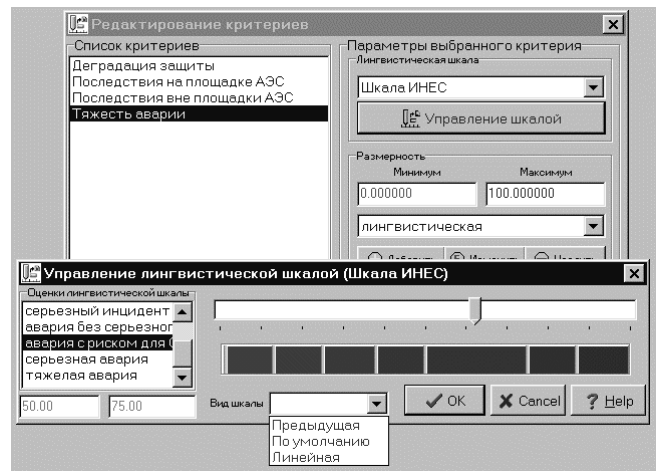


Рис. 5. Фрагмент интерфейса редактирования критериев и их «весов»

Варианты решений оцениваются с помощью математических моделей и обязательно с учетом предпочтений руководителя.

Некоторые модели, далеко не все, условия и области их применения на примере нефтегазового производства показаны в табл. 2. Подчеркнем, что в этих моделях, несмотря на возможную строгость математической формулировки задачи, результат моделирования может зависеть от субъективных предпочтений эксперта в выборе метрики, базовых шкал, коэффициентов уравнений (во многих случаях это оказывается очень сложной задачей), функций принадлежности множеству и т. д.

Как уже отмечалось, выбор критериев оказывает серьезнейшее влияние на результаты оценок вариантов. На рис. 5 показан интерфейс редактирования критериев и определения их «весов» [12].

Построение функций предпочтения руководителя во многих случаях оказывается для него достаточно сложной задачей. В этих случаях для оценки вариантов решений можно воспользоваться отношениями предпочтений руководителя.

Предложено много методов ранжирования, рассмотрим в качестве примера один из них, предполагающий использование отношений предпочтения руководителя и введения функций согласия.

Отношение предпочтения по j -му критерию $p_j(k, l)$ для пары альтернатив (A_k, A_l) определим соотношением:

$$p_j(k, l) = \begin{cases} \frac{r_{kj} - r_{lj}}{m_j}, & \text{если } r_{kj} > r_{lj} \\ 0 & \text{— в противном случае,} \end{cases} \quad (7)$$

где m_j – балльность шкалы оценок руководителя по j -му критерию.

Отношение предпочтения (7) может быть названо отношением нечеткого предпочтения, так как r_{rj} и r_{lj} – лингвистические, т.е. нечеткие переменные, характеризующие критериальные оценки руководителя k -ой и l -ой альтернативы по j -му критерию.

Отношение предпочтения по паре альтернатив (A_k, A_l) определим соотношением:

$$P(k, l) = \sum_{j=1}^J k_j p_j(k, l) = \sum_{j=1}^J k_j \begin{cases} \frac{r_{kj} - r_{lj}}{m_j}, & \text{если } r_{kj} > r_{lj} \\ 0 & \text{в противном случае,} \end{cases} \quad (8)$$

где k_j – «нормированный» вес (значимость) j -го критерия.

Заметим, что (8) есть функция согласия с тем, что k предпочтительнее l , а функция $P(l, k)$ – функция несогласия с этим утверждением;

$k_j = \bar{k}_j / \sum_{j=1}^J \bar{k}_j$, где \bar{k}_j – лингвистическое или балльное значение «веса» j -го критерия.

Нечеткое отношение доминирования альтернативы A_k над альтернативой A_l определим функцией $\mu_D(k, l)$, характеризующей интенсивность доминирования

$$\mu_D(k, l) = \begin{cases} P(k, l) - P(l, k), & \text{если } P(k, l) > P(l, k) \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (9)$$

Поскольку $\mu_D(k, l)$ – размытое множество альтернатив $A_k, A_l, \forall k, \forall l$ таких, что они доминируются альтернативой A_k , естественно определить отношение недоминирования $\mu_{ND}(k, l)$ как дополнение к $\mu_D(k, l)$:

$$\mu_{ND}(k, l) = 1 - \mu_D(k, l). \quad (10)$$

Аналогично, $\mu_{ND}(k, l)$ – размытое множество альтернатив $A_k, \forall k$, не доминируемое альтернативой A_k . Таким образом, получаем множество недоминируемых альтернатив $\mu^*(A_k)$, которое получается следующим очевидным образом:

$$\begin{aligned} \mu_D^*(A_k) &= \min_{l=l, \dots, m} \mu_{ND}(k, l) = \min[1 - \mu_D(k, l)] = \\ &= 1 - \max_{l \neq k} \mu_D(l, k) = 1 - \max[P(l, k) - P(k, l)]. \end{aligned} \quad (11)$$

Таблица 2

Некоторые математические модели, условия и области их применения на примере нефтегазового производства

Наименование модели	Условия применения	Области применения
Субъективные вероятности (байесовский анализ)	Достаточный объем надежной информации, которая может быть обработана статистическими методами. Исследуемый процесс должен быть стационарен и описываться формулой Байеса	Оценка надежности оборудования, оценка потребности в различных материалах, комплектующих, процессов добычи и транспорта нефти и газа
Нечеткие множества	Алгоритмы управления несложны и могут быть описаны простыми правилами, точное определение параметров не нужно или невозможно. Аналитическое описание системы не требуется, достаточно описания того, как процессом управляет опытный оператор	Системы оперативного управления процессами добычи, транспорта и переработки нефти и газа; организация геофизических исследований скважин
Многокритериальные функции предпочтения	Руководитель или эксперт обладает необходимым опытом и знаниями, способен осуществить критериальный анализ ситуации, прогнозировать динамику событий, оценить важность используемых критериев, дать критериальную оценку значениям физических параметров и построить функцию предпочтения	Автоматизация проектирования, экономический анализ, управление производством в добыче, транспорте и переработке нефти и газа; организация геофизических исследований скважин
Нейронные сети	Умение построить общую функцию, описывающую процесс управления или распознавания, представить ее множеством более простых функций и расположить эти простые функции в иерархической сети нейронов	Экономический анализ, геологоразведка, управление технологическими объектами
Системы алгебраических и дифференциальных уравнений, системы массового обслуживания и другие традиционные методы моделирования и оптимизации	Умение и возможность сформулировать задачу в строгой математической постановке	Все основные и обслуживающие процессы нефтегазового производства, его экономический анализ и управление



Лучшая альтернатива соответствует условию:

$$\mu^*(A_k^*) = \max_{k=1, \dots, m} \mu^*(A_k) = 1 - \min_{\substack{k=1, \dots, m \\ l=1, \dots, m \\ l \neq k}} \{ [P(l, k) - P(k, l)] \}. \quad (12)$$

Алгоритм ранжирования альтернатив может иметь следующий вид.

1. Инициализация задачи: задание базовых шкал, определение по ним критериальных оценок альтернатив, которые сводятся в матрицу оценок E и вектор V «весов» критериев.

2. Вычисление значений отношений предпочтения по каждому критерию для каждой пары альтернатив $p_j(k, l), \forall k, \forall l, \forall j$ по формуле (7).

3. Вычисление значений отношений предпочтения по каждому критерию для каждой пары альтернатив $P(k, l), \forall k, \forall l$ по формуле (8).

4. Вычисление отношений доминирования по формуле (9).

5. Вычисление отношений недоминирования по формуле (10).

6. Вычисление интенсивности доминирования каждой альтернативы по формуле (11).

7. Определение лучшей альтернативы по формуле (12). Ранжирование альтернатив.

2.5. Согласование групповых решений на основе предпочтений руководителей

Процедура принятия групповых решений несравненно сложнее процедуры принятия индивидуальных решений. Поэтому системы поддержки принятия групповых решений иногда рассматривают как самостоятельные системы и называют системами поддержки переговоров (СПП). В дальнейшем изложении компьютерная поддержка групповых решений дается как описание функционирования СПП. Она подробно рассмотрена в работе [6].

Если исходить из описываемой в литературе часто встречающейся последовательности этапов проведения переговоров и принятия решения (без применения вычислительной техники), то структура системы поддержки переговоров может выглядеть так, как показано на рис. 6 [6] (стрелками показана последовательность и возможная цикличность процесса).

Видно, что при такой структуре компьютерная СПП может осуществлять поддержку на всех этапах, начиная от сбора информации и кончая оформлением документов по принятому решению.

Конечно, это только схема, иллюстрирующая функции СПП. Поскольку переговоры ведутся по самым разным поводам, в различных условиях, при различных отношениях участников переговоров друг к другу, структура переговоров, представленная на рис. 6, не является универсальной, но она показывает общую схему подготовки к пере-



Рис. 6. Структура компьютерной системы поддержки переговоров

говорам и их проведения с помощью СПП. В каждом конкретном случае отдельные элементы этой схемы могут отсутствовать, а какие-то новые – появляться. Структуры программных комплексов реальных СПП могут отличаться от этой схемы, но функционирование СПП удобно рассматривать, опираясь на эту структуру.

На рис. 7 показано чередование двух фаз принятия индивидуальных решений и переговоров, из которых состоит процесс переговоров: фазы принятия индивидуальных решений и фазы ведения переговоров [17].

Руководитель осознает необходимость вступления в переговоры и заключения соглашения тогда, когда возникает потребность проведения совместных действий. Такая необходимость может возникнуть в результате резкого изменения обстановки, например, чрезвычайного происшествия, падения спроса на выпускаемую продукцию, потерю голосов

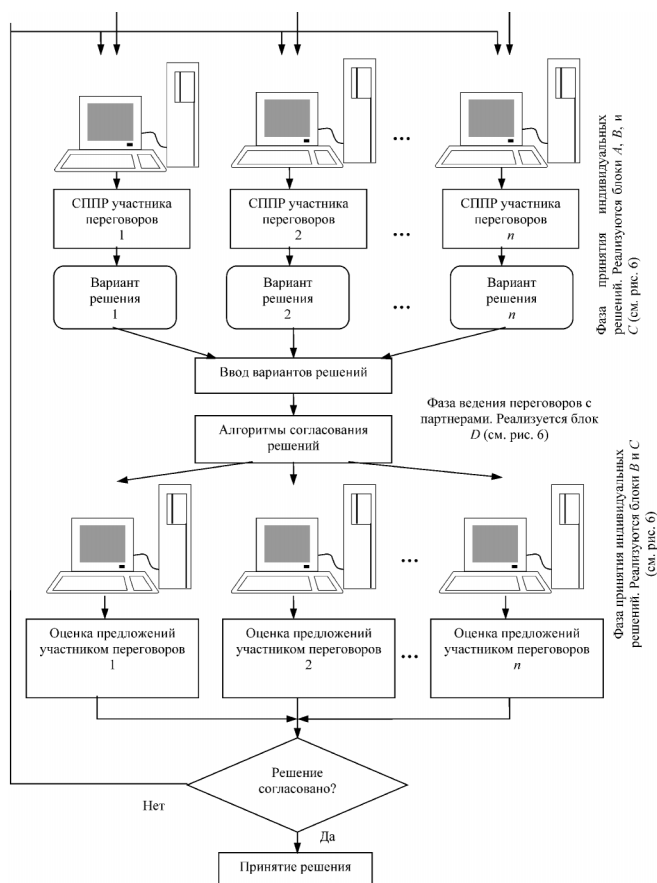


Рис. 7. Чередование фаз принятия индивидуальных решений и переговоров

на выборах и т. д., но может существовать и перманентно, например, при продаже и покупке товаров.

Переговоры – тяжелая работа. Множество возникающих в ходе переговоров вариантов может подавить участников и заставить их исходить из чисто эвристических или эмоциональных предпосылок, а не из вариантов решений, обоснованных расчетами. Часто участники переговоров не могут достичь соглашения, хотя хорошее решение существует.

В литературе, посвященной компьютерной СПП, не всегда уделяется внимание человеческому фактору. Однако применение компьютера в процессе переговоров не снижает роль человека, его искусство вести переговоры по-прежнему остается одним из решающих факторов успеха.

3. ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

3.1. Возможности анализа, генерации и оценки вариантов решений

Содержание §§ 1 и 2 показывает, что компьютерные системы поддержки принятия управленческих решений, являясь мощным инструментом,

могут представить и уже представляют руководителям и экспертам следующие возможности.

- Легко обрабатывать большие объемы информации в реальном масштабе времени, позволяя им наряду с объективными оценками и точными математическими методами вводить свои субъективные, присущие только им, методы анализа, генерации и оценки возможных вариантов принимаемых решений, используя при этом всю мощь программного обеспечения для реализации своего стиля управления.
- Значительно сокращать время принятия решений, что особенно важно в условиях экстремальных ситуаций. Это положение применительно к процессу ликвидации последствий ядерных аварий иллюстрирует рис. 8 [12]. Видно, что максимальный эффект от принятия решений может быть достигнут в первый день аварии, а ясного понимания возникшей ситуации еще нет. Только с помощью компьютерных СППР можно провести необходимый анализ и рассмотреть возможные варианты решений.
- Осуществлять разносторонний анализ ситуации. Ряд примеров приведен в п. 2.2.
- Генерировать различные варианты управленческих решений. Примеры таких вариантов приведены в п. 2.3.
- Оценивать варианты с учетом субъективных предпочтений руководителей.
- Определять разброс оценок, возникающий вследствие неопределенностей, которые всегда имеют место при выработке управленческих решений. Разброс определяется как разность между оценками вариантов, сгенерированных СППР.
- Применять наряду с устоявшимися, традиционными методами и объективными данными свои субъективные, присущие только им методы генерации и оценки возможных вариантов

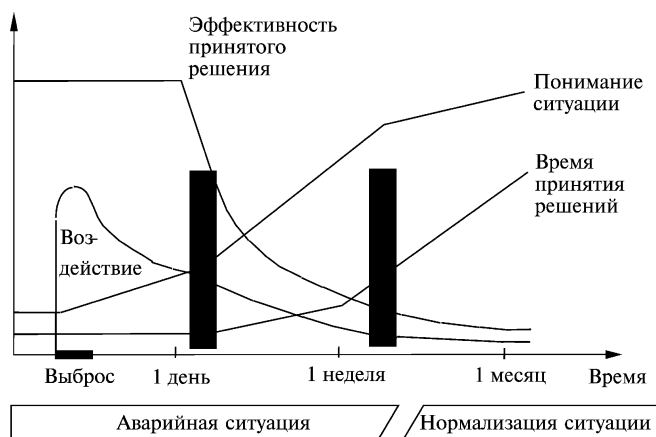


Рис. 8. Соотношения между уровнем понимания возникшей аварийной ситуации, временем принятия решения и эффективностью его воздействия



управленческих решений. Эта субъективность возникает из-за неопределенностей при анализе, генерации и оценке решений. Субъективные оценки и методы воспринимаются СППР в качестве входных данных и моделей, настраивая ее на субъективные интересы руководителя.

3.2. Возможности согласования групповых решений

Компьютерные СПП в процессе согласования групповых решений могут оказать (и оказывают) существенную помощь в нахождении общего взгляда на проблему и выработку согласованного решения, несмотря на противоречия интересов участников переговоров, их оценок существующей ситуации и методов достижения цели.

Системы поддержки переговоров вводят новую составляющую в искусство ведения переговоров: искусство применения средств вычислительной техники, которые предоставляют участникам переговоров помимо перечисленных в § 2 ряд дополнительных возможностей. Рассмотрим некоторые из них.

Определение характера разрешения противоречий. Его можно классифицировать в терминах отношения к удовлетворению требований своих и оппонента:

- эгоистический, удовлетворение своих требований важно, а партнера – нет;
- компромиссный, важно удовлетворение требований как своих, так и требований партнера;
- безразличный, удовлетворение требований как своих, так и партнера не имеет значения;
- уступчивый, имеют значение только требования партнера по переговорам, которые и удовлетворяются (самый яркий пример переговоров этого типа – безоговорочная капитуляция).

Обозначим функцию полезности результатов переговоров для одной из сторон $\pi(z)$, а для другой – $\psi(z)$. Каждая сторона знает свою функцию, но, как правило, не знает функции другой; z – векторы аргументов этих двух функций. Область определения аргументов может быть общей для обеих функций или своя для каждой функции, но они обязательно должны пересекаться. Поскольку нас интересует только область пересечения, то она и обозначена вектором z .

Точки экстремумов функций обозначим $\pi(z_0^x)$ и $\psi(z_0^y)$. В общем случае точки z_0^x и z_0^y не совпадают. Каждая из сторон хочет, чтобы моментом окончания переговоров стала точка экстремума, но точка момента окончания в значительной степени зависит от тактики проведения переговоров. Поэтому функции, описывающие ход переговоров, можно рассматривать как композиции двух функций. Для

стороны X это композиция функций $\pi(z)$ и $\alpha(z)$, а для стороны Y – композиция функций $\psi(z)$ и $\beta(z)$, где $\alpha(z)$ и $\beta(z)$ – функции, характеризующие тактику переговоров сторон X и Y , соответственно. Эти композиции запишем в виде функций $f_x(\pi(z), \alpha(z))$ и $f_y(\psi(z), \beta(z))$.

Если обозначить точку достижения соглашения через z_c , то обе стороны будут стремиться к тому, чтобы:

$$|\pi(z_0^x) - f^x(\pi(z_c^x), \alpha(z_c^x))| \rightarrow \min$$

$$|\psi(z_0^y) - f^y(\psi(z_c^y), \beta(z_c^y))| \rightarrow \min.$$

При эгоистической тактике партнера X $f^x(\pi(z_c^x), \alpha(z_c^x)) = \pi(z_0^x)$, независимо от тактики партнера Y .

При компромиссной тактике партнеров X и Y $A|\pi(z_0^x) - f^x(\pi(z_c^x), \alpha(z_c^x))| = B|\psi(z_0^y) - f^y(\psi(z_c^y), \beta(z_c^y))|$, где A и B – векторы, на которых достигается компромисс, так как в общем случае

$$|\pi(z_0^x) - f^x(\pi(z_c^x), \alpha(z_c^x))| \neq$$

$$|\psi(z_0^y) - f^y(\psi(z_c^y), \beta(z_c^y))|.$$

При безразличной тактике партнеров X и Y ни характер функций $\alpha(z)$, $\beta(z)$, ни значения функций $\pi(z_c^x)$ и $\psi(z_c^y)$ роли не играют.

При уступчивой тактике партнера X $f^x(\pi(z_c^x), \alpha(z_c^x)) = \psi(z_0^y)$ независимо от тактики партнера Y .

Формирование первого предложения. Выбор стартовых позиций, с которых начинаются переговоры, может быть различным, например, минимально (или максимально) возможные значения параметров, какое-нибудь среднее значение, параметры, заведомо неприемлемые для одной из сторон и т.д.

Такой выбор можно наблюдать как при попытках решить бытовые вопросы, так и при обсуждении проблем очень высокого уровня. Один из подходов выбора стартовых позиций переговоров может заключаться в следующем: попытаться сформировать оптимальную в каком-либо смысле область (или области) значений параметров и начинать переговоры с нее, а еще лучше сформировать множество пересечений таких областей всех участников переговоров с тем, чтобы в дальнейшем искать согласование решения внутри этого множества или в некоторых его окрестностях. Такими областями могут быть Парето-оптимальные или Нэш-эквивалентные значения.

Заметим, что сужение множества выбора до Парето-оптимального или Нэш-равновесного множества важно не только само по себе, но еще и

потому, что на более узком подмножестве могут выполняться упрощающие дальнейший анализ допущения о предпочтениях (например, о виде функции полезности), которые заведомо несправедливы для множества всех решений. Кроме того, Парето-оптимальные решения могут обладать интересными и практически важными свойствами, не присущими другим решениям.

При согласовании решений часто встречается задача о разделении ресурсов между подразделениями одной организации.

Ниже приводится возможная математическая постановка задачи нахождения первого Парето-оптимального предложения при переговорах о разделении ресурсов [18].

Пусть n подразделений хотят разделить некоторый ресурс. Обозначим вклад, например, затраты каждого i -го подразделения через x_i , а общие затраты через $X = \sum_{i=1}^n x_i$.

Общий механизм распределения ресурса опишем формулой:

$$S_i = g_i + \frac{1}{n} \left(1 - \sum_{j=1}^n g_j \right), \quad i = \overline{1, n},$$

где S_i – часть ресурса, получаемого i -м подразделением, функция g_j определена на (x_j/X) , непрерывна и дважды дифференцируема. Эта формула интересна тем, что при $\sum_{j=1}^n S_j = 1$ в зависимости от характера функции g_j получаем разные схемы разделения ресурса S :

- если $g_j(x_j/X) = (x_j/X)$, $\forall_j = \overline{1, n}$, тогда $S_j = (x_j/X)$ – схема пропорционального разделения;
- если $g_j(x_j/X) = b > 0$, $\forall_j = \overline{1, n}$, тогда $S_j = (1/n)$ – схема равного разделения;
- если $g_j(x_j/X) = (1-a)(x_j/X)$, $0 \leq a \leq 1$, тогда $S_j = (1-a)(x_j/X) + (a/n)$ – схема разделения Сена.

Функция g_j обладает следующими свойствами: $0 \leq g_j' \leq 1$; $g_j'' \leq 0$, $g_j(0) = 0$. Ниже приводится пример такой функции и ее свойства:

$$\begin{aligned} g_i(x_i/X) &= (x_i/X)^{1/2}, \quad g_i(0) = 0, \\ g_j' &= 1/2(x_i/X)^{-1/2} > 0, \quad g_j'' = -1/4(x_i/X)^{-3/2} < 0, \\ \sum_{i=1}^n S_i &= \sum_{i=1}^n ((x_i/X)^{1/2} + \sum_{i=1}^n (1/n) - \\ &- \sum_{i=1}^n \left[\sum_{i=1}^n (x_i/X)^{1/2} \right] (1/n) = 1. \end{aligned}$$

Пусть функции полезности U_i каждого члена группы идентичны и описываются часто применяемой формулой, несмотря на жесткое требование к ней: $U_i = S_i F - V_i(x_i)$, где $V_i(\cdot)$ – дважды дифференцируемая, выпуклая и возрастающая по x_i функция, характеризующая i -го участника производства, а функция производительности F всех участников считается дважды дифференцируемой, строго возрастающей и квазивогнутой. Таким образом, на функции F и $V_i(\cdot)$ накладывается ряд ограничений.

Парето-оптимальная продуктивность (совместная производительность) достигается, когда каждый участник производства обеспечивает необходимый уровень совместных усилий. Совместная производительность определяется соотношением:

$$W = \sum_{i=1}^n U_i = F - \sum_{i=1}^n V_i(x_i).$$

Парето-эффективность достигается при выполнении условий: $F' - V_i'(x_i) = 0$, $i = \overline{1, n}$.

Решения этих уравнений образуют множество $\{x_j^*\}$, $i = \overline{1, n}$ максимальных значений, что и означает Парето-оптимальный результат совместной деятельности. Затем, в соответствии с видом функции g_j (в зависимости от того, какой тип распределения считается более предпочтительным) определяются Парето-оптимальные значения S_j . Это множество и может стать основой для первого предложения согласования значений x_i и S_i (предлагаемых затрат и долей получаемого ресурса каждым участником переговоров).

Реализация итерационного процесса согласования предложений участников переговоров. Процесс согласования согласно схемам (см. рис. 6 и 7) полностью принадлежит фазе переговоров. Методы согласования и проблемы, подлежащие согласованию, очень разнообразны и дать их обзор сложно. Поэтому здесь в качестве примера согласования рассматривается метод сближения значений параметров при минимизации максимального выигрыша. Некоторые другие методы рассмотрены, например, в работе [19].

Пусть имеется $i = \overline{1, I}$ параметров оценки объекта (или процесса) V_i , подлежащих согласованию J участниками обсуждения. Каждый участник вводит свои значения каждого параметра V_{ij} , которые могут совпадать или различаться. Задача системы – помочь согласованию этих параметров.

Для этого вводится переменная $R_{ij}(V_{ij})$, характеризующая степень удовлетворения j -м участником переговоров данным значениям параметра V_i .



Диапазон шкалы, по которой определяется величина R_{ij} в зависимости от значений V_{ij} может быть различным.

Пусть V_{ij}^k – значение i -го параметра в выбранном множестве K значений параметров, заданным j -м участником переговоров. Каждое множество содержит одно значение для каждого i -го параметра. Каждый участник может задавать несколько таких множеств.

Для каждого множества k значений V_{ij}^k степень относительного удовлетворения j -го участника определяется СПП по соотношению:

$$TS_j^k = \sum_i W_{ij} R_{ij}(V_{ij}^k), \quad j = \overline{1, J},$$

где W_{ij} – «вес» i -го значения параметра для j -го участника; $\sum_i W_{ij} = 1, j = \overline{1, J}$.

Индивидуальные веса W_{ij} определяются самим участником переговоров. Таким образом, для каждого участника переговоров выбирается наиболее удовлетворяющее его множество k значений параметров и соответственные значения $V_{ij}, i = \overline{1, I}, j = \overline{1, J}$.

Пусть $TS_j^* = \sum_i W_{ij} R_{ij}(V_{ij}), j = \overline{1, J}$ – степень удовлетворения j -м участником от определенных им значений параметров V_{ij} , а $TS_j = \sum_i W_{ij} R_{ij}(V_i), j = \overline{1, J}$ – относительное удовлетворение каждым участником от значений согласованных параметров V_i .

Задача системы найти такое множество значений V_i , которое обеспечило бы сохранение степени удовлетворенности каждым участником этим множеством, минимизируя при этом их максимальный выигрыш. Это может быть достигнуто решением оптимизационной задачи:

$$V = \max(MNGAIN + TGAIN/M)$$

при ограничении

$$MNGAIN \leq (TS_j - TS_j^*) W_j, \quad j = \overline{1, J},$$

где $TGAIN = \sum_j (TS_j - TS_j^*)$, $MNGAIN$ – минимальный выигрыш при удовлетворении значениями V_i ; M – число больше минимального выигрыша, ко-

торый может получить участник обсуждения при предложенных им значениях V_i , число M определяется системой; W_j – «вес» выигрыша j -го участника (вычисляется системой).

Если полученные значения V_j не удовлетворяют участников обсуждения, они корректируют значения V_{ij} и R_{ij} , вводят откорректированные значения в систему, и процесс повторяется.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Компьютерные системы поддержки принятия управленческих решений:

- являются эффективным инструментом генерации вариантов решений, их оценки и выбора наилучшего образа действий;
- могут и должны «настраиваться» на субъективные оценки и предпочтения руководителя, позволяя ему наряду с объективными оценками применять свои субъективные, присущие только ему методы генерации и оценки возможных вариантов принимаемых решений, используя всю мощь программного обеспечения для реализации своего стиля выработки и принятия решений;
- дают возможность руководителю легко обрабатывать большие объемы информации в реальном масштабе времени, позволяя ему получать объективные данные и делать свои субъективные оценки;
- вводят новую составляющую в искусство принятия решений – искусство использования вычислительной техники.

Компьютерные системы поддержки переговоров могут оказать существенную помощь в нахождении общего взгляда на проблему и выработку согласованного решения, несмотря на противоречия интересов участников переговоров, их оценок и методов достижения цели.

Неопределенность, возникающая при оценке ситуации и выборе средств достижения цели, принуждает руководителя или эксперта использовать субъективные оценки анализа ситуации и вариантов решений, основанных на его знаниях, опыте и интересах.

Сегодня уже многие специалисты, связанные с принятием решений, осознают необходимость формальных методов их анализа, генерации, оценки и оптимизации с помощью компьютерных систем, поскольку они во многих случаях обеспечивают принятие правильных и своевременных решений. Эта тенденция становится одним из перспективных направлений применения вычислительной техники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Eom S.B. Decision support systems research: reference disciplines and a cumulative tradition // The International Journal of Management Science, — 1995. — Vol. 23. № 5. — P. 511–523.
2. Ларичев О.И., Мошкович Е.М. Качественные методы принятия решений. — М.: Наука, 1996.
3. Simonovic A., Slobodan P. Decision support for sustainable water resources development in water resources planning in a changing world // Proceeding of International UNESCO symposium. — Karlsruhe, Germany, 1994. — Pt. III. — P. 3–13.
4. Ginzberg M.J., Stohr E. A. A decision support: Issues and Perspectives // Processes and Tools for Decision Support. — Amsterdam, North — Holland Publ. Co, 1983.
5. Трахтенгерц Э.А. Возможности и реализация компьютерных систем поддержки принятия решений // Известия РАН. Теория и способы управления. — 2001. — № 3. — С. 86–113.
6. Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка переговоров при согласовании управленческих решений. — М.: СИНТЕГ, 2003.
7. Turban E. Decision support and expert systems. — N-Y.: Maxwell Macmillan, 1990. — P. 50.
8. Мусеев Н.Н. Предисловие // Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. — М.: Наука, 1981.
9. Ларичев О.И. Некоторые проблемы искусственного интеллекта // Сб. тр. ВНИИСИ. — 1990. — № 10. — С. 3–9.
10. Ириков В.А., Тренин В.Н. Распределенные системы принятия решений. — М.: Наука, 1999.
11. Трахтенгерц Э.А. Субъективность в компьютерной поддержке управленческих решений. — М.: СИНТЕГ, 2002.
12. Шершаков В.М. Исследование и разработка методов и программных систем поддержки принятия решений в чрезвычайных ситуациях, связанных с радиоактивным заражением окружающей среды: Дис. д-ра техн. наук. — М.: Ин-т проблем управления, 2001.
13. Панкова Л.А., Трахтенгерц Э.А. Субъективность в интеллектуальном анализе данных. М.: Ин-т проблем управления, 1999.
14. Бельский А.Г., Федосеева И.Н. Прогнозирование состояния динамических сложных систем в условиях неопределенности. — М.: ВЦ РАН, 1999.
15. Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка принятия решений. — М.: СИНТЕГ, 1998.
16. Головченко В.Б. Прогнозирование временных рядов по разнородной информации. — Новосибирск: Наука, 1999.
17. Трахтенгерц Э.А. Анализ ведения деловых переговоров с помощью компьютерных систем поддержки принятия групповых решений // Изв. РАН. Теория и системы управления. — 2002. — № 6. — С. 98–123.
18. Fabella R.V. Generalized sharing, membership size and Pareto efficiency in teams // Theory and Decision. — 2000. — № 48. — P. 47–60.
19. Thiessen E.M., Loucks D.P., Stedinger J.R. Computer-assisted negotiations of water resources conflicts // Group Decisions and Negotiation. — 1998. — № 7. — P. 109–129.

☎ (095) 334-88-40

E-mail: tracht@ipu.rssi.ru



УДК 62-50

АНТРОПОЦЕНТРИЧЕСКОЕ ИНФОРМАЦИОННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ (вопросы терминологии)

В.Л. Эпштейн

Обсуждаются понятия и соответствующие им термины: Антропоцентрическое информационное взаимодействие, Знание, Информация, Информационный объект, Гранула знания, Антропоцентрическая база знаний.

Прежде чем спорить, давайте договоримся о терминах.

Вольтер

ВВЕДЕНИЕ

Проблема информационного взаимодействия человека с компьютером является одной из важнейших научных проблем постиндустриального общества.

Это следует из того простого факта, что в постиндустриальную эпоху знание, структурированная информация, результаты фундаментальных исследований (даже незавершенных) становятся очень дорогим товаром и главным производствен-

ным ресурсом [1], а компьютер — основным орудием труда ученых, преподавателей, учащихся, менеджеров, политических деятелей, всех «работников знания» (knowledge workers)¹.

¹ Knowledge workers (KW) — новая социальная группа в постиндустриальных странах, для обозначения которой в русском языке еще нет общепринятого названия. Численность KW составляет более 70% совокупной рабочей силы США, в то время как численность фабрично-производственного персонала снизилась до 12% [1].