

К. А. Аксенов, Н. В. Гончарова

СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Часть 1

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ ВУЗОВ

Рекомендовано Региональным отделением УрФО учебно-методического объединения вузов Российской Федерации по образованию в области радиотехники, электроники, биомедицинской техники и автоматизации в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки «Управление в технических системах в УрФО»

**Книга доступна в электронной библиотечной системе
biblio-online.ru**

Москва ■ Юрайт ■ 2018
Екатеринбург ■ Издательство Уральского университета

УДК 681.5.01:005(075.8)
ББК 32.965я73+65.050.2я73
А42

Авторы:

Аксенов Константин Александрович — кандидат технических наук, доцент Департамента информационных технологий и автоматики Института радиоэлектроники и информационных технологий — РтФ Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина;

Гончарова Наталья Вадимовна — кандидат технических наук, доцент кафедры экономики и управления на металлургических и машиностроительных предприятиях Высшей школы экономики и менеджмента Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина.

Рецензенты:

Центр экономической безопасности Института экономики УрО РАН (доктор физико-математических наук, профессор *Шориков А. Ф.*);

Кормышев В. М. — кандидат технических наук, доцент, директор ООО «Урал-Спорт-Сервис».

Аксенов, К. А.

А42 Системы поддержки принятия решений. В 2 ч. Часть 1 : учеб. пособие для вузов / К. А. Аксенов, Н. В. Гончарова ; под науч. ред. Л. Г. Доросинского. — М. : Издательство Юрайт, 2018 ; Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та. — 103 с. — (Серия : Университеты России).

ISBN 978-5-534-07640-0 (Часть 1; Издательство Юрайт)

ISBN 978-5-7996-1321-1 (Часть 1; Изд-во Урал. ун-та)

ISBN 978-5-534-07641-7 (Издательство Юрайт)

ISBN 978-5-7996-1320-4 (Изд-во Урал. ун-та)

Серия «Университеты России» позволит высшим учебным заведениям нашей страны использовать в образовательном процессе издания (в том числе учебники и учебные пособия) по различным дисциплинам, подготовленные преподавателями лучших университетов России и впервые опубликованные в издательствах университетов. Все представленные в этой серии работы прошли экспертную оценку учебно-методического отдела издательства и публикуются в оригинальной редакции.

В учебном пособии отражены аспекты моделирования и принятия решений в организационно-технических системах. Основное внимание уделено моделированию бизнес-процессов с использованием автоматизированных средств поддержки принятия решений. Описаны процессы системного анализа, моделирования и принятия решений на промышленных предприятиях. Рассмотрены методы моделирования организационно-технических систем и существующие системы поддержки принятия решений. Пособие содержит примеры, иллюстрирующие материал.

Первое издание книги было выпущено Издательством Уральского университета под названием «Моделирование и принятие решений в организационно-технических системах. В 2 частях».

Предназначено для студентов дневной и дистанционной форм обучения направлений «Информатика и вычислительная техника», «Управление в технических системах», « Менеджмент специальности», «Экономика и управление на предприятии (металлургия)».

УДК 681.5.01:005(075.8)
ББК 32.965я73+65.050.2я73



Delphi Law Company

Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав. Правовую поддержку издательства обеспечивает юридическая компания «Дельфи».

ISBN 978-5-534-07640-0 (Часть 1; Издательство Юрайт)

ISBN 978-5-7996-1321-1 (Часть 1; Изд-во Урал. ун-та)

ISBN 978-5-534-07641-7 (Издательство Юрайт)

ISBN 978-5-7996-1320-4 (Изд-во Урал. ун-та)

© Аксенов К. А., Гончарова Н. В., 2015

© Уральский федеральный университет, 2015

© ООО «Издательство Юрайт», 2018

ВВЕДЕНИЕ

Учебное пособие посвящено вопросам поддержки принятия решений (ППР). В большинстве случаев ППР 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.

Характерной особенностью решаемых сегодня задач является их многокритериальность, поэтому лицам, принимающим решения (ЛПР), приходится оценивать множество сил, влияний, интересов и последствий, характеризующих варианты решений.

Формализация процессов 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 меняющаяся обстановка требуют использовать вычислительную технику в процессе принятия решений. Характерной особенностью существующих в настоящее время систем поддержки принятия решений (СППР) является их ориентированность на узкий круг решаемых задач, что создает значительные трудности для ЛПР.

Повышение производительности и надежности, уменьшение стоимости и рисков, оценка чувствительности системы к изменениям параметров, оптимизация структуры — все эти проблемы встают как при эксплуатации существующих, так и при проектировании новых технических и организационных систем. Трудность понимания причинно-следственных зависимостей в слож-

ной системе приводит к неэффективной организации систем, ошибкам в их проектировании, большим затратам на устранение ошибок. Сегодня моделирование становится единственным практическим эффективным средством нахождения путей оптимального (либо приемлемого) решения проблем в сложных системах, средством поддержки принятия ответственных решений.

Применение ситуационных моделей в управлении способствует повышению эффективности принимаемых решений, сокращению времени принятия решений, повышению качества принимаемых решений, более рациональному использованию имеющихся ресурсов.

В данном учебном пособии рассматриваются вопросы моделирования мультиагентных процессов преобразования ресурсов. К ним относятся большинство окружающих нас процессов: процессы, протекающие в производстве, технике, организационно-технических системах, экономике, окружающей среде. В настоящее время наблюдается существенный интерес к области мультиагентных систем, спецификой которых является наличие сообществ взаимодействующих агентов, отождествляющихся с лицами, принимающими решения.

У истоков мультиагентного подхода лежат методы экспертного, имитационного и ситуационного моделирования. Существенный вклад в развитие данного направления внесли следующие ученые: Борщёв А. В., Вавилов А. А., Витих В. А., Гольдштейн С. Л., Емельянов С. В., Исидзука М., Карпов Ю. Г., Клыков Ю. И., Попов Э. В., Поспелов Д. А., Прицкер А., Ржевский Г. А., Скобелев П. О., Советов Б. Я., Форрестер Дж., Филиппович А. Ю., Чистов В. П., Швецов А. Н., Шеер А. В., Уэно Х., Яковлев С. А., Jennings N. R., Minsky M., Wooldridge M. J.

Идея учебного пособия заключается в интеграции методов и инструментальных средств ситуационного, мультиагентного, имитационного и экспертного моделирования с целью повышения эффективности принятия решений при ситуационном управлении преобразованием ресурсов.

Структура предлагаемого материала выглядит следующим образом.

Пособие состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы.

В первой части пособия обоснована необходимость авто-

матизации процесса принятия решений (ППР), приведен обзор методов моделирования мультиагентных процессов преобразования ресурсов, рассмотрены системы, близкие по функциональности к системам динамического моделирования ситуаций (СДМС), и выполнен их сравнительный анализ, определены требования к СДМС мультиагентных процессов преобразования ресурсов.

Во второй части излагаются принципы построения СДМС мультиагентных процессов преобразования ресурсов и СППР технико-экономического проектирования, приведено описание данных систем, а также описаны принципы работы с ними.

Авторы благодарны Е.Ф. Смолий за оказанную неоценимую помощь при разработке и отладке СППР семейства VPsim. За предоставленную экспериментальную базу благодарим ООО «НПП «Системы автоматизации поддержки бизнеса».

Авторы также благодарят всех аспирантов и студентов ФГАОУ ВПО «УрФУ», принявших участие в отладке, проведении расчетов и оформлении результатов имитационного моделирования в процессе изучения курсов «Системы искусственного интеллекта», «Системы поддержки принятия решений», «Интерфейсы АСОИУ» и других дисциплин.

ОБЗОР МЕТОДОВ И СРЕДСТВ СИТУАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ (МППР)

1. СИТУАЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ (ОТС)

1.1. Ситуационный подход в управлении

В становление теории мультиагентных процессов преобразования ресурсов и развитие систем поддержки принятия решений существенный вклад внесли работы Борщёва А.В. [1], Вавилова А.А. [2], Гольдштейна С.Л. [3–4], Емельянова С.В. [2], Исидзуки М. [5], Карпова Ю.Г. [6], Клыкова Ю.И. [7–9], Попова Э.В. [10], Поспелова Д.А. [11–12], Прицкера А. [13], Советова Б.Я. [14], Форрестера Дж. [15], Филипповича А.Ю. [16], Чистова В.П., Швецова А.Н. [17], Шеера А.В. [18], Уэно Х. [5], Яковлева С.А. [14], Jennings N.R. [19–21], Minsky M. [22], Wooldridge M.J. [19, 23] и др.

В разделе рассматривается развитие понятия «ситуации» и «ситуационный подход» в управлении. Перед тем как рассмотреть понятие «ситуация», раскроем базовые понятия моделирования организационно-технических систем (ОТС): система, цель, задача, организационно-техническая система.

Система — совокупность элементов, находящихся во взаимодействии. С понятием «система» неразрывно связаны такие элементы, как цель и задача. Цель системы — достижение и сохранение желаемого состояния или желаемого результата поведения системы. Применительно к организации более подходит

следующее определение цели. Цель организации – стремление к максимальному результату, выражаемому в максимизации ценности капитала, при постоянном сохранении определенного уровня ликвидности и достижении целей производства и сбыта с учетом социальных задач. Система целей – совокупность взаимозавязанных целей. Задача системы – описание способа (технологии) достижения цели, содержащего указание на цель с желаемыми конкретными числовыми (в том числе временными) характеристиками [24].

Современная ОТС является сложной системой управления, включающей многосортные множества взаимосвязанных и взаимодействующих в пространстве и во времени элементов, формирующих её интегративные свойства и функционирующих совместно для достижения целей, поставленных перед системой [17].

Слово «ситуация» используется повседневно в самых различных аспектах и порой неотделимо от таких понятий, как состояние, событие, процесс, положение и т. д. Основоположники ситуационного управления Клыкков Ю. И. [7–8] и Поспелов Д. А. [11–12] в своих ранних работах явно отождествляют ситуацию с состоянием. Позднее авторы расширяют понятие, добавляя в него информацию о связях между объектами: *«текущая ситуация – совокупность всех сведений о структуре объекта и его функционировании в данный момент времени»* [12]. Все сведения подразумевают также причинно-следственные связи, которые могут выражаться множеством последовательных событий или процессов. В этом смысле ситуация кардинально отличается от состояния и события, которые могут соответствовать только одному моменту времени [16].

Будем придерживаться следующего определения ситуации, данного в работе [16]: *Ситуация системы есть оценка (анализ, обобщение) совокупности характеристик объектов и связей между ними, которые состоят из постоянных и причинно-следственных отношений, зависящих от произошедших событий и протекающих процессов.*

Обобщенное описание (отображение) системы с помощью ситуаций называется *ситуационной моделью* (СМ). В связи с этим все ситуационные системы можно называть системами ситуационного моделирования (ССМ). В [16] *под ССМ понимается комплекс программных и аппаратных средств, которые*

позволяют хранить, отображать, имитировать (симулировать) или анализировать информацию на основе СМ.

Принцип *ситуационного управления* базируется на понятии *полной ситуации* как совокупности, состоящей из состояния (текущей ситуации), знаний о состоянии системы управления в данный момент и знаний о технологии управления. Элементарный акт управления представлен в следующем виде [16]:

$$S_i : Q_j \xrightarrow{U_k} Q_i, \quad (1)$$

где S_i — полная ситуация;

Q_i — новая ситуация;

Q_j — текущая ситуация;

U_k — способ воздействия на объект управления (одношаговое решение).

Смысл этого соотношения заключается в следующем [16]: если на объекте управления сложилась ситуация Q_j и состояние системы управления и технологическая схема управления, определяемые S_i , допускают использование воздействия U_k , то оно применяется, и текущая ситуация Q_j превращается в новую ситуацию Q_i . Подобные правила преобразования называются *логико-трансформационными правилами* (ЛТП) или *корреляционными правилами*. Полный список ЛТП задает возможности системы управления воздействовать на процессы, протекающие в объекте. Очевидно, что в силу конечности числа различных воздействий все множество возможных полных ситуаций как-то распадается на n классов, каждому из которых будет соответствовать одно из возможных воздействий на объект управления.

Данное учебное пособие посвящено ситуационному моделированию дискретных процессов преобразования ресурсов.

1.2. Рассмотрение организационно-технических систем с точки зрения процессов преобразования ресурсов

В разделе рассматривается предметная область процессов преобразования ресурсов, охватывающая такие классы процессов, как производственные, технологические, организационные, бизнес-процессы и цепочки поставок, и рассматривается возможность применения ситуационного подхода к данной предметной области.

Под процессом преобразования ресурсов понимается непрерывный или дискретный процесс преобразования входа (ресурсов, необходимых для выполнения процесса) в выход (продуктов – результатов выполнения процесса). Элемент (компонент) такого процесса преобразования ресурсов или весь процесс представлен в виде структуры, включающей: вход, условие запуска, преобразование, средства преобразования, выход [25–26].

В процессе преобразования ресурсов обычно происходит уменьшение объема входа и увеличение объема выхода. В момент выполнения условия запуска уменьшается входной ресурс и захватываются средства. В момент окончания преобразования происходит увеличение выходного ресурса и освобождение средств. Таким образом, процесс преобразования ресурсов позволяет описывать большинство окружающих нас процессов. Данный подход лег в основу теории динамического моделирования процессов преобразования ресурсов, успешно используемой авторами для решения задач управления производственными и бизнес-процессами [25–26].

В качестве примера системы преобразования ресурсов может быть рассмотрено любое производственное предприятие. В обобщенном графическом виде (на верхнем уровне) коммерческое предприятие может быть представлено следующей схемой движения ресурсов предприятия (рис. 1) [25]. На этой схеме прямоугольниками обозначены ресурсы предприятия, а овалами преобразователи ресурсов.

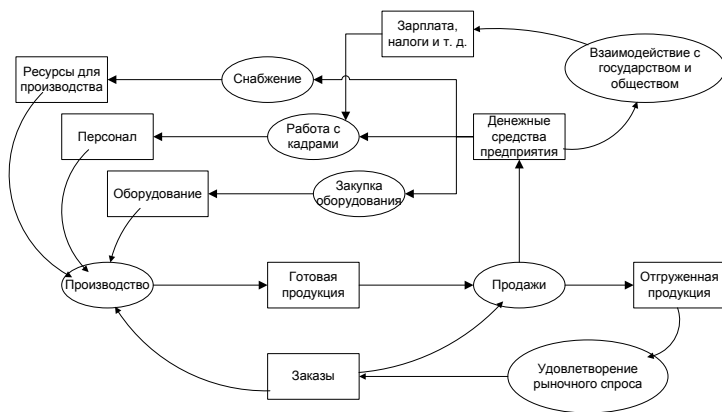


Рис. 1. Поточковая модель предприятия

В целом можно отметить, что подход к моделированию процессов, используемый авторами теории процессов преобразования ресурсов, близок к подходу рассмотрения процесса в виде полюсника или группы полюсников, используемому в работах авторов Клыкova Ю.И. и Пospелова Д.А. [8–9, 11–12] при моделировании технологических и производственных процессов, работы морского порта, аэропорта и железнодорожного узла, диспетчеризации тампонажных работ при бурении нефтяных и газовых скважин; Чистова В.П., Кононенко И.А., Ситникова И.О., Захаровой Г.Б. при моделировании и проектировании радиоэлектронной аппаратуры [27]. Методы ситуационного управления нашли применение при автоматизации управления процесса капитального строительства [28–29] на основе моделей сетевого планирования, которые также используются в задачах распределения и планирования ресурсов.

С точки зрения ситуационного управления процесс преобразования ресурсов в графическом виде будем представлять следующим образом (рис. 2).

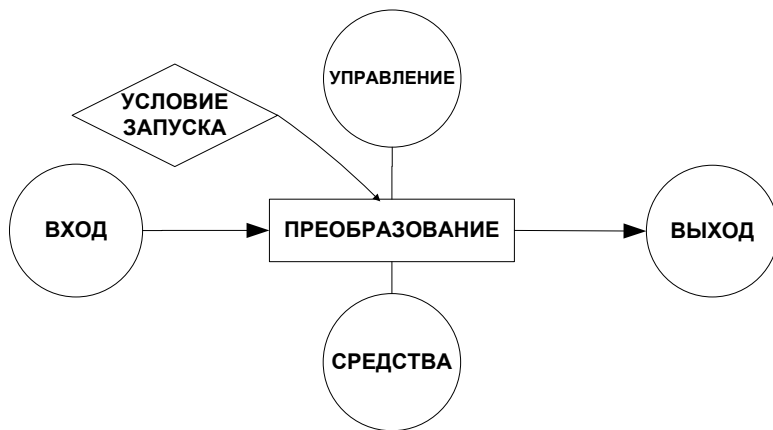


Рис. 2. Ситуационное представление процесса преобразования ресурсов

Под элементом «управление» процесса преобразования ресурсов будем понимать набор управляющих воздействий (команд). Условие запуска определяет момент запуска процесса преобразования ресурсов на основании: состояния процесса преобразования, входных и выходных ресурсов, стартующих (запускающих преобразование) команд управления, средств, с помо-

щью которых осуществляется преобразование (далее «средств»), и других событий, возникающих во внешней среде процесса. В момент запуска определяется время выполнения преобразования на основании параметров команды управления и имеющихся ресурсных ограничений.

Классификация ресурсов с точки зрения их использования [30] в процессе преобразования приведена на рис. 3.

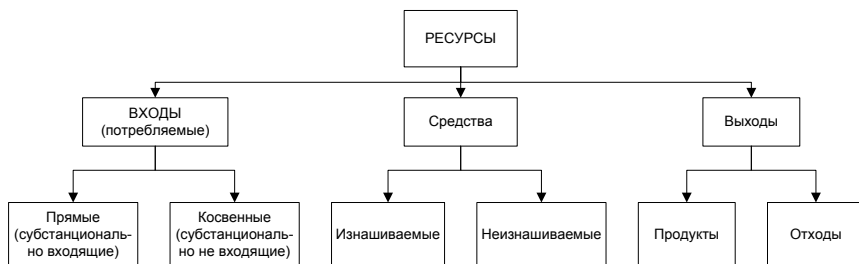


Рис. 3. Классификация ресурсов по типам использования

Потребляемые ресурсы (входы) — ресурсы, которые используются в процессе только один раз. В зависимости от роли в процессе преобразования потребляемые ресурсы делятся на прямые (непосредственно входящие в конечный продукт и являющиеся его составной частью) и косвенные (участвующие в процессе преобразования, но не являющиеся составной частью конечного продукта).

Средства не потребляются, а используются в процессе преобразования, они не уменьшаются в процессе их использования (в большинстве случаев используются многократно, в зависимости от их эксплуатационного потенциала). Средства подразделяются на изнашиваемые и неизнашиваемые (снижается потенциал ресурса с течением времени или нет).

Выходы формируются в процессе преобразования. Выходы подразделяются на продукты и отходы.

Объекты организационно-технических систем характеризуются сложностью структуры и алгоритмов поведения, многопараметричностью, что, естественно, приводит к сложности их моделей; это требует при их разработке построения иерархических модульных конструкций, а также использования описания внутрисистемных процессов [14]. Сложные процессы преобразо-

вания ресурсов, с точки зрения структурного подхода [2, 31–32], могут быть представлены в виде иерархии последовательных декомпозиций (детализаций) процесса на подпроцессы. Каждая декомпозиция представляет собой композицию (состав) более простых элементов процесса преобразования. Тем самым создается иерархическая многоуровневая модель процесса. На самых нижних уровнях процесс может быть представлен с точностью до элементарных операций преобразования ресурсов.

Согласно принципам создания ситуационных динамических моделей, изложенных Клыковым Ю. И. в [8–9], при построении моделей сложных систем управления целесообразно строить иерархические модели уровней управления, причем на каждом вышележащем уровне формируются команды для нижележащего уровня.

На различных уровнях сложной системы управления используются следующие три основных способа построения композиций команд: последовательный, параллельный и смешанный. При формализации функционирования сложной системы в виде дискретной сети команды управления задаются с помощью графов функционирования автоматов сети, отображающих функциональную и временную структуры команд. Элементарные команды управления характеризуют всевозможные переходы между смежными вершинами графов функционирования автоматов сети. Производные команды управления, являющиеся композициями элементарных, задаются в виде путей графов функционирования автоматов. Введение дискретной сети позволяет дать точное определение команды управления большой системой в момент времени t [7].

Команда управления большой системой в момент времени t представляет собой совокупность команд, подаваемых на управляющие входы полюсников сети в момент времени t , и связей между командами, определяемых структурой сети. Команда управления в момент времени t соответствует макроситуации, которой принадлежит микроситуация $s(t-1)$. В общем случае полюсниками дискретной сети могут быть модели принятия решений. В этом случае командами управления полюсников служат указания на решение определенных задач из допустимого множества, а связи сети определяют порядок решения задач на заданном временном интервале. Таким образом, дискретная сеть

позволяет не только формализовать структуру коммуникационных связей между элементами объекта управления, но и описать процесс перехода объекта управления из одного состояния в другое. Функционирование дискретной сети выглядит внешне как смена ситуации на сети. Поскольку состояние дискретной сети может быть представлено в виде совокупности понятий и отношений между ними, то функционирование дискретной сети можно рассматривать как трансформацию понятийных структур, вершинами которых являются понятия, а ребрами служат отношения между ними [7]. Таким образом, структура композиции команд управления напрямую зависит от структуры процессов системы.

Наиболее распространенным средством моделирования динамических процессов (переходов из одного состояния в другое (из одной ситуации в другую)) является имитационное моделирование и, в частности, дискретно-событийное [2–3, 8, 13–16, 25–26].

Анализ структуры и функционирования широкого класса сложных систем показывает, что большую систему можно рассматривать как совокупность элементов двух видов: объекты (поезда, самолеты, суда, станки, заводы, железнодорожные узлы, шоссейные дороги, люди, промышленные сооружения и т.д.) и отношения, характеризующие пространственно-временные связи между объектами. При этом одни элементы сложной системы могут представлять собой совокупность других. Например, завод представляет собой совокупность цехов, расположенных определенным образом в пространстве и связанных между собой технологическими линиями. Каждый цех состоит в свою очередь из участков, специализирующихся по выпуску определенных видов оборудования, и т.д. [7].

Язык, с помощью которого формализуются структура и функционирование сложных систем, должен обладать средствами отображения иерархической структуры большой системы и множества отношений между объектами, а также быть близким к естественному языку, на котором осуществляется содержательное описание управляемого объекта. Простейшими единицами такого языка должны быть модули, из которых строятся все остальные единицы по правилам грамматики языка. Описание связей между объектами, а также законов функционирования от-

дельных объектов удобно осуществлять с помощью дискретных сетей. Язык описания ситуаций предназначен для формализации состояния дискретной сети, а также точного определения микроситуации управляемого объекта. Благодаря использованию единого языка описания состояний управляемого объекта и его модели обеспечивается возможность имитации структуры объекта и процессов, протекающих на этой структуре [7].

Определяющим моментом построения моделей сложных процессов преобразования ресурсов является, как это было уже ранее отмечено, возможность иерархического представления структуры процесса. Для решения этой задачи в предметной области процессов преобразования ресурсов [25–26] был успешно применен аппарат системных графов высокого уровня интеграции, представленный в работе [2].

Специфика больших организационно-технических систем позволяет сформулировать следующие требования к ситуационной модели процесса преобразования ресурсов и средству ситуационного динамического моделирования:

- описание структуры большой системы в виде совокупности элементов и множества отношений между элементами (семантическая составляющая или возможность построения семантической модели предметной области);
- представление иерархической структуры процесса (иерархический язык описания предметной области);
- язык описания предметной области и ситуаций, близкий к естественному языку;
- наличие языка описания управляющих воздействий (команд управления) сложной системы.

2. ПРОЦЕСС ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

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 выборе приоритетов сильно осложняют принятие решений. Также постоянно меняется круг задач, решаемых человеком в различных сферах своей деятельности. Возникают 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 большое количество задач, если не большинство, являются **многокритериальными задачами**, в которых приходится учитывать большое число факторов. В этих задачах человеку приходится оценивать множество сил, влияний, интересов и последствий, характеризующих варианты решений [33–34].

В организационно-технических системах управления оказывается довольно сложно оценить параметры потоков информации, установить определенные и нормированные структуры данных для принятия решений. Для систем такого типа характерно вероятностное поведение, вызываемое воздействием множества объективных и субъективных факторов, таких как частые реорганизации и правовая неопределенность; высокая изменчивость источников и адресатов информации, номенклатуры и форм представления документов; слабая формализованность маршрутов и методов обработки информации внутри организации; недостаток квалифицированных специалистов в области информационных технологий [17, 35]. Отсюда вытекает потребность в интеллектуальной системе ППР, которая бы взяла на себя все формализованные функции исполнителей и оказала существенную поддержку при решении трудноформализуемых задач. Организационные задачи во многих случаях не имеют точных алгоритмов решения, а разрешаются в рамках некоторых сценариев, которые в общих чертах хорошо известны исполнителям, но в каждой конкретной ситуации могут частично изменяться. На практике это приводит к хорошо всем знакомым процессам согласований, рассмотрений и т.п. Такие сценарии решения организационных задач весьма трудно описать алгоритмическими моделями; более адекватными оказываются модели представления знаний, позволяющие менять правила поведения и осуществлять логические выводы на основании содержания базы знаний (БЗ) [17].