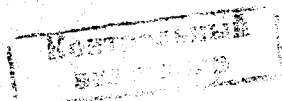


01.11
512

Челябинский политехнический институт
имени Ленинского комсомола

На правах рукописи

ПОЛЛЯК Галина Андреевна



УДК 681.5.015.26

ПЛАНИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ
ПРИ УПРАВЛЕНИИ В СЛОЖНЫХ СИСТЕМАХ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСШИРЕННЫХ АТТРИБУТНЫХ ГРАММАТИК

Специальность 01.01.11 -

"Системный анализ и автоматическое управление"

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Челябинск - 1986

Работа выполнена в Челябинском политехническом институте имени Ленинского комсомола.

Научный руководитель - доктор технических наук,
профессор Цыганков В.А.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор Семенов В.В.,
кандидат технических наук,
доцент Чащов Р.П.

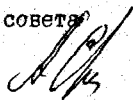
Ведущая организация - Вычислительный центр АН СССР.

Защита диссертации состоится "___" октября 1986 г.,
в ___ часов, на заседании специализированного совета К.053.13.04
в Челябинском политехническом институте, аудитория 244 (454044,
г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан "___" _____ 1986 г.

Ученый секретарь специализированного совета,
доктор технических наук, профессор



А.П. Сибрин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В решениях XXVII съезда КПСС указывается на необходимость "внедрять автоматизированные системы в различные сферы производства, и, в первую очередь, в проектирование, управление оборудованием и технологическими процессами". Рост масштабов и усложнение задач, стоящих перед техническими системами, предъявляет новые, более высокие требования к управлению, вызывает во многих случаях необходимость отклонения от строгих, заранее определенных последовательностей управляющих воздействий к более гибким режимам управления. Возможность реализации гибких режимов управления обеспечивается развитием ЭВМ и, в особенности, микропроцессорной техники.

Использование гибкого режима при управлении в сложных системах предполагает, что выработка алгоритма управления для решения задачи, стоящей перед системой на текущем интервале времени (планирование операции), должна производиться в процессе функционирования системы. Сложность автоматизации планирования операций связана с иерархической структурой органов управления, слабой структуризованностью задач управления и необходимостью использования в процессе поиска наилучшего решения по управлению опыта человека-оператора, который невозможно формализовать математическими уравнениями. Одним из наиболее адекватных подходов к автоматизации планирования операций является семиотический подход, предусматривающий представление знаний об объекте, среде и способах управления на некотором языке с развитой семантикой. Актуальной научно-технической задачей является разработка основанной на семиотическом подходе методики автоматизированного планирования операций, адаптированной к особенностям планирования операций при управлении в сложных системах с иерархической структурой органов управления.

Работа по тематике диссертации выполнялась в соответствии с разделом 03.01.04 Целевой комплексной научно-технической программы 0.Ц.026 "Методы автоматизированного синтеза функциональных и алгоритмических структур АСУ ТП".

Цель и задачи работы. Целью работы является разработка основанной на семиотическом подходе методики автоматизированного планирования операций при управлении в сложных системах с иерархической структурой органов управления, использующей для реализации фрейм-представления знаний и организации процедур планирования аппарат расширенных атрибутивных грамматик.

В соответствии с поставленной целью основные задачи работы определены следующим образом:

- 1) провести анализ методов автоматизации процессов планирования операций при управлении в сложных системах;
- 2) исследовать возможность использования расширенных атрибутивных грамматик для реализации фреймового подхода к представлению знаний планирующей системы;
- 3) разработать структуру семиотической планирующей системы;
- 4) разработать алгоритм планирования операций, использующий дедуктивные возможности расширенных атрибутивных грамматик;
- 5) показать целесообразность применения разработанной методики в задачах планирования действий интегрального робота, продолжения и отбора вариантов структуры многоканальных систем вторичного электропитания (СВЭП);
- 6) реализовать применение разработанной методики автоматизированного планирования операций на практике.

Методы исследования. Теория управления; системный анализ; семиотические модели; методы теории искусственного интеллекта; теория формальных языков и грамматик; метод последовательного анализа и отсева вариантов в многокритериальных задачах дискретной оптимизации; принятие решений при нечетком отношении предпочтения на множестве альтернатив.

Научная новизна. Разработана методика автоматизированного планирования операций при управлении в сложных системах с иерархической структурой органов управления. При этом: предложена структура планирующей системы, основными компонентами которой являются иерархическая система моделей проблемной среды, модель редукции задач и алгоритм планирования операций; разработан способ представления знаний планирующей системы в формализме расширенных атрибутивных грамматик; разработан алгоритм поиска решений подзадач на основе синтаксически-управляемой обработки для \angle -атрибутивных транслирующих грамматик; предложено использование трех стратегий управления процессом поиска решений: стратегии, основанной на введении эвристических оценочных функций, стратегии, основанной на введении нечетких отношений предпочтения на множестве альтернатив, стратегии, основанной на векторном критерии качества.

Практическая ценность. Разработанная методика автоматизированного планирования операций может быть использована при управлении в сложных системах, например, при построении систем уп-

правления интегральных роботов, а также для решения задач порождения и отбора вариантов структуры технических систем некоторых классов.

В частности, осуществлено внедрение разработки при синтезе структуры многоканальных систем электроснабжения, что подтверждено актом внедрения. Результаты внедрения - сокращение времени и стоимости проектирования, улучшение технико-экономических показателей за счет увеличения количества просматриваемых вариантов, повышение обоснованности частных технических заданий на элементы системы. Программное обеспечение разработанной планирующей системы принято в Госфонд алгоритмов и программ и в Специализированный межотраслевой фонд алгоритмов и программ Министерства приборостроения, средств автоматизации и систем управления.

Основные положения, выносимые на защиту:

- методика автоматизированного планирования операций при управлении в сложных системах с иерархической структурой органов управления;
- способ представления знаний планирующей системы в формате расширенных атрибутивных грамматик;
- алгоритм поиска решений, основанный на синтаксически-управляемой обработке \mathcal{L} -атрибутивных транслирующих грамматик;
- способ использования для управления процессом поиска решений следующих стратегий: стратегии, основанной на введении эвристических оценочных функций, стратегии, основанной на введении нечетких отношений предпочтения на множестве альтернатив, стратегии, основанной на векторном критерии качества;
- методика синтеза конкурентоспособных вариантов структуры многоканальных систем вторичного электропитания.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на научно-технических конференциях ЧПИ (Челябинск, 1979-1985 гг.); на республиканском научно-техническом семинаре "Исследование операций и моделирование процессов управления воздушным движением" (Киев, 1980 г.); на I Всесоюзной научно-технической конференции "Синтез и проектирование многоуровневых систем управления" (Барнаул, 1982 г.); на республиканском научно-техническом семинаре "Пути решения проблемы экономии топлива при управлении воздушным движением" (Киев, 1982 г.); на III Всесоюзной конференции "Роботы и робототехнические системы" (Челябинск, 1983 г.); на Всесоюзном семинаре "Автоматизация проектирования электротехнических устройств" (Москва, 1983 г.); на

Всесоюзном семинаре "Оптимизация сложных систем" (Винница, 1983 г.); на III Всесоюзном совещании по робототехническим системам (Воронеж, 1984 г.); на II Всесоюзном совещании по моделированию авиационных и космических кибернетических систем (Сухуми, 1985 г.); на Всесоюзной конференции "Декомпозиция и координация в сложных системах" (Челябинск, 1986 г.).

Публикации. Основное содержание диссертации опубликовано в 13 работах.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений; содержит 140 страниц основного текста, 12 рисунков, 113 наименований литературы, приложения на 21 странице.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы, ставятся цель и задачи работы, обсуждаются научная новизна и практическая ценность работы, приводится краткая аннотация диссертации.

В первой главе рассмотрено место планирования операций в процессе управления в сложных системах, проанализированы особенности автоматизации планирования операций.

Каждый цикл управления сложной системой связан с решением задачи достижения некоторого конечного состояния $S_k = S(t_k)$ или функции этого конечного состояния $\Psi(S_k, t_k)$.

Формально задача выбора оптимальной стратегии органа управления $U_{[t_0, t_k]}$, обеспечивающей достижение конечного состояния (т.е. задача планирования операции) ставится в виде

$$\begin{aligned} \Phi(S_{[t_0, t_k]}; U_{[t_0, t_k]}) &\rightarrow \text{extr}; \\ S(t) &= F(S_0; t; U_{[t_0, t]}); \\ U_{[t_0, t_k]} &\in R[U], \end{aligned} \quad (I)$$

где Φ - критерий эффективности;
 $S_0 = S(t_0)$ - начальное состояние системы;
 $S_{[t_0, t_k]}$ - "траектория" системы;
 $R[U]$ - множество допустимых стратегий.

Значение $U^*_{[t_0, t_k]}$, доставляющее экстремум Φ , является оптимальной стратегией. Пара $(U^*_{[t_0, t_k]}, S^*_{[t_0, t_k]})$, где $S^*_{[t_0, t_k]}$ - соответствующее стратегии $U^*_{[t_0, t_k]}$ поведение системы, представляет собой оптимальный план операции.

Процесс планирования операций при управлении в сложных системах реализуется на основании декомпозиции исходных задач по-

строения плана на совокупность иерархически связанных подзадач, каждая из которых решается некоторым решающим органом.

В сложных системах критерий Φ , оператор F и стратегия \mathcal{U} обычно не имеют формально-математических выражений. Поэтому планирование операций при управлении в сложных системах относится к классу слабоструктурированных проблем, важнейшей особенностью которых является то, что их модель может быть построена на основании дополнительной информации, получаемой от человека, участвующего в решении проблемы. В работе обоснован выбор семиотического подхода и методов теории искусственного интеллекта для автоматизации процессов планирования операций. Анализ работ Г.А.Поспелова, Д.А.Поспелова, В.М.Грябрина, Е.И.Ефимова, Л.Т.Кузина, Ю.И.Клыкова, Э.В.Попова, В.В.Семенова, В.Л.Стефанюка, Э.Х.Тыгу, Н.Нильсона, М.Минского, П.Уинстона и других советских и зарубежных ученых, занимающихся исследованиями в данной области, показывает, что наиболее адекватным для задач планирования операций является фрейм-представление. Однако существующие реализации фрейм-представления ориентированы в основном на использование в диалоговых информационно-поисковых системах и в меньшей степени приспособлены для задач планирования операций. Для построения эффективной семиотической планирующей системы важно согласование способа реализации фрейм-представления знаний и способа организации процедур планирования.

Перспективным является использование для реализации фрейм-представления знаний в задачах планирования операций аппарата расширенных атрибутивных грамматик (РАГ)^{*)}, позволяющего компактно представлять знания и обеспечивающего эффективный дедуктивный механизм для построения процедур планирования. Таким образом, существенный практический интерес представляет разработка методики автоматизированного планирования операций при управлении в сложных системах, использующей для реализации фрейм-представления знаний и организации процедур планирования аппарат РАГ. Исходя из этого сформулированы приведенные выше цель и задачи работы.

Во второй главе рассмотрена иерархическая структура планирующей системы, дано описание уровней планирования (уровней решающих органов), уровней решений (уровней подзадач планирова-

^{*)} Watt D.A., Madsen O. Extended attribute grammars // Computer Journal. - 1983. - V.26, No. 2. - P.142-153.

ния) и уровней знаний, соответствующих каждому из уровней решающих органов. Показано, что аппарат расширенных атрибутивных грамматик позволяет представить модель знаний в виде иерархической структурированной системы.

На основании анализа понятия семиотической модели предложено теоретико-множественное представление модели планирующей системы в виде

$$W = \langle R, M, \zeta, \tilde{P}, M_p, \nu, Q, U \rangle, \quad (2)$$

где R - иерархическая структура, отображающая иерархию решающих органов (РО) планирующей системы;

M - иерархическая система моделей проблемной среды (МПС);

ζ - отображение, которое ставит в соответствие каждому РО модель проблемной среды из системы моделей ;

$\tilde{P} = S_0 \times S_k$ - множество задач планирования (глобальных задач), играющих роль входных сигналов планирующей системы;

S_0 - множество начальных состояний МПС;

S_k - множество целевых состояний МПС (требуемых результатов);

M_p - модель редукции задач, содержащая информацию о способах декомпозиции глобальных задач $\tilde{p} \in \tilde{P}$ на подзадачи (локальные задачи) $p \in P$;

ν - отображение, которое ставит в соответствие каждой локальной задаче $p \in P$ определенный РО;

U - множество решений локальных задач (планов операций);

Q - алгоритм планирования операций.

Основными компонентами предлагаемой планирующей системы являются иерархическая система моделей проблемной среды M , отображающая состояния управляемой системы; иерархическая система моделей редукции задач M_p , отображающая опыт специалистов в управлении системами данного вида, и алгоритм планирования операций Q . Функциональная структура планирующей системы представлена на рис.1.

В третьей главе разработан способ представления знаний планирующей системы в формализме РАГ. В основе фреймового подхода к представлению знаний лежит идея организации знаний в виде совокупности некоторых блоков - фреймов. Структура фрейма имеет вид

$$[f_i; \rho_1 \langle \omega_1 \rangle; \rho_2 \langle \omega_2 \rangle; \dots; \rho_n \langle \omega_n \rangle], \quad (3)$$

где f_i - имя фрейма; ρ_1, \dots, ρ_n - имена слотов; $\omega_1, \dots, \omega_n$ - информация, содержащаяся в каждом слоте.

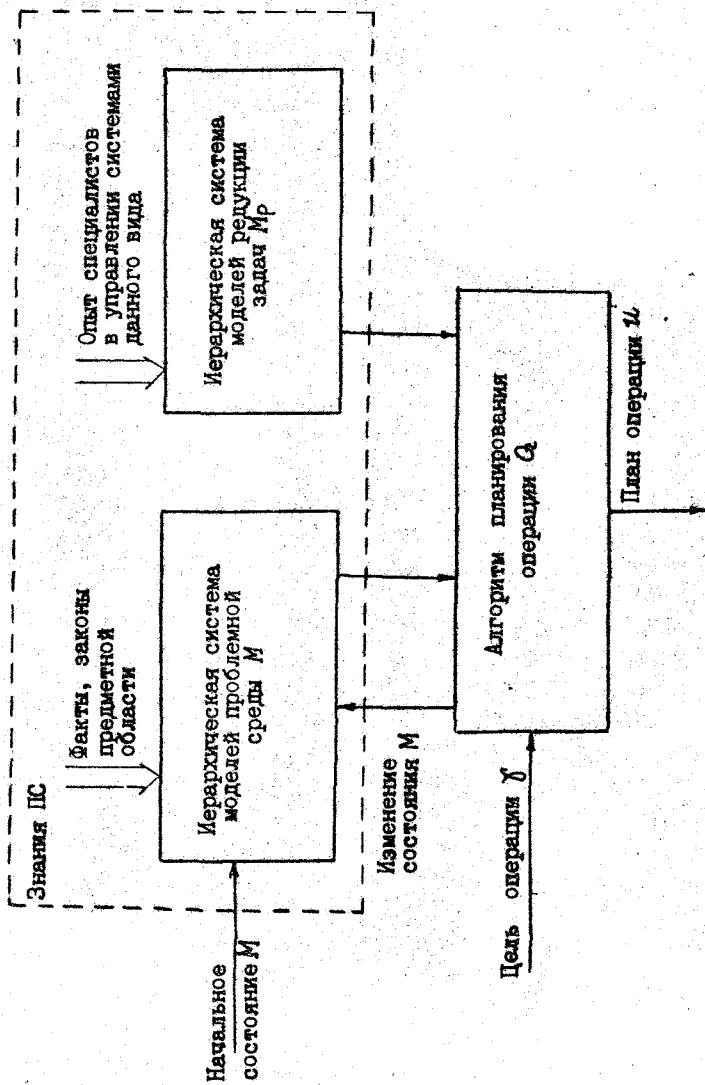


Рис. 1. Функциональная схема планирующей системы

При отображении в памяти ЭВМ знаний планирующей системы используются следующие категории данных: A - имена объектов (предметов); B - имена операций (подзадач); C - имена значений свойств; R - имена отношений. Предложено задавать каждое отношение предикатом $r_i(x, y, \dots)$ и представлять этот предикат в виде атрибутированной схемы символа $\langle v | x | y | \dots \rangle$, где $v \in V$ - терминал или нетерминал РАГ, поставленный в соответствие имени предиката r_i ; x, y, \dots - атрибут-позиции символа v , которым соответствуют области значений D_x, D_y, \dots , представляющие собой некоторые подмножества множеств имен объектов A и значений свойств C ; знак \dagger заменяет один из знаков: \dagger или \ddagger , которые предшествуют соответственно наследуемой или синтезируемой атрибут-позиции.

Каждый предикат (атрибутированная схема символа) интерпретируется как слот фрейма (3). При этом символ v представляет собой имя слота D_j , а значения атрибут-позиций x, y, \dots - информацию ω_j , содержащуюся в слоте. Символический фрейм записывается в виде продукции

$$Z_0 \rightarrow Z_1 Z_2 \dots Z_m, \quad (4)$$

где Z_0, Z_1, \dots, Z_m - атрибутированные схемы символов. Нетерминал, входящий в атрибутированную схему символа Z_0 , является именем фрейма. Нетерминалы и терминалы, входящие в атрибутированные схемы символов Z_1, \dots, Z_m , являются именами слотов.

Атрибут-позициям атрибутированных схем символов ставятся в соответствие атрибут-выражения, представляющие собой термы и формулы некоторой сигнатуры Σ . Область значений каждой атрибут-позиции указывает семантическую категорию (подмножество имен объектов или значений свойств), которую может принимать соответствующий атрибут при формировании экземпляра данного фрейма. Атрибут-выражения регламентируют условия и порядок вычисления атрибутов.

Каждому слоту-нетерминалу, входящему в правую часть схемы продукции вида (4), соответствуют одна или несколько схем продукции с данным нетерминалом в левой части. Таким образом осуществляется связывание родственных фреймов в иерархические структуры фреймов. Деление атрибут-позиций на наследуемые и синтезируемые указывает направление передачи информации в процессе означивания фрейма (согласования символического фрейма с конкретной ситуацией, имеющей место в данной предметной области). Наследуе-

мые атрибут-позиции фрейма получают информацию из фреймов вышележащих уровней, а синтезируемые - из фреймов нижележащих уровней.

Представление фрейма в виде схемы продукции РАГ позволяет легко включать в состав фрейма обращения к произвольным процедурам, помещая в правую часть соответствующей схемы продукции атрибутированные схемы операционных символов. Тем самым обеспечивается смешанное декларативно-процедурное представление знаний.

Модель проблемной среды i -го уровня иерархии называется тройка $M_i = \langle A_i, C_i, R_i \rangle$, где A_i , C_i и R_i - соответственно множества имен объектов, значений свойств и отношений, рассматриваемых на i -ом уровне иерархии. В каждый момент времени $t \in T \subset S$ проблемная среда находится в некотором состоянии $s(t)$, определяемом некоторой совокупностью отношений между индивидами проблемной среды. В модели M_i состояние описывается в виде цепочки (конъюнкции) атрибутированных символов α_i , каждый из символов в которой соответствует некоторому предикату $\tau_i \in R_i$.

Модели проблемной среды каждого уровня иерархии соответствует определенный набор атрибутированных схем символов $V_i \in V$ и схем продукций вида (4), где $\alpha_1, \dots, \alpha_m \in V_i$, а $\alpha_0 \in V_{i+1}$. Переход от модели проблемной среды i -го уровня иерархии M_i к модели $i + 1$ -го уровня иерархии M_{i+1} связан с обобщением описания состояния проблемной среды одновременно по объектам, их свойствам и отношениям. Обобщение описания состояния проблемной среды осуществляется путем означивания схем продукций, соответствующих модели M_i .

Решение задачи планирования операции в системе редукций осуществляется путем поиска приемлемой декомпозиции исходной задачи на подзадачи, выполняемой до тех пор, пока решение всех задач не будет представлено в виде совокупности элементарных операций, или пока не будет доказано, что исходная задача не имеет решения. Знания планирующей системы о способах декомпозиции задач построения плана операции на подзадачи отображается в модели редукции задач M_p , которую предложено представлять в виде иерархической системы расширенных атрибутивных транслирующих грамматик (РАТГ).

Каждая подзадача описывается атрибутированным нетерминалом. Наследуемые атрибут-позиции нетерминала отображают условия подзадачи, а синтезируемые атрибут-позиции - характеристики ее ре-

шения. В качестве исходных данных подзадачи рассматривается описание текущего состояния модели проблемной среды.

Каждому уровню иерархии решающих органов соответствует определенная подмодель модели редукции задач M_p . PO верхнего уровня иерархии соответствует подмодель M_p^n , описываемая PATT со множеством нетерминалов V_N^n и множеством терминалов $V_B \cup V_0$, где V_N^n - нетерминалы, описывающие подзадачи, решаемые PO n -го уровня иерархии; V_B - множество атрибутированных входных терминалов, каждый из которых отображает ту или иную подцель задачи планирования операций; $V_0^n \in V_N^{n-1}$ - множество атрибутированных операционных символов n -го уровня иерархии, являющееся подмножеством множества атрибутированных нетерминалов, отображающих подзадачи, решаемые PO нижележащего $n-1$ -го уровня. Начальный нетерминал подмодели M_p^n обозначает глобальную задачу, поставленную перед планирующей системой.

Количество подмоделей i -го уровня иерархии ($i = n-1, n-2, \dots, 1$) равно количеству различных операционных символов i -го уровня иерархии. Решение подзадачи, соответствующей PO i -го уровня ($i > 1$), представляет собой цепочку атрибутированных нетерминалов, изображающих подзадачи, соответствующие PO $i-1$ -го уровня иерархии. Решение подзадачи, соответствующей PO нижнего уровня иерархии, представляет собой цепочку атрибутированных операционных символов, изображающих элементарные операции.

С операционными символами моделей редукции задач каждого уровня иерархии связаны процедуры, осуществляющие соответствующие изменения в модели проблемной среды данного уровня иерархии.

С некоторыми схемами productions PATT, описывающих модели редукции задач различных уровней иерархии, связываются условия применимости, задаваемые в виде формул сигнатуры Σ . Выполнение того или иного условия применимости зависит от состояния, в котором в данный момент времени находится модель проблемной среды соответствующего уровня иерархии.

Предложенный способ представления знаний планирующей системы проиллюстрирован на примере планирования действий интегрального робота.

В четвертой главе изложен алгоритм планирования операций. Глобальная задача $\tilde{p} \in P$, поставленная перед планирующей системой представляется в виде теоремы

$$S \Rightarrow^* \delta, \quad (5)$$

где S - начальный нетерминал РАТТ, описывающей модель редукции задач верхнего уровня иерархии;

δ - цепочка атрибутированных входных терминалов, отображающая цель (требуемый результат) операции;

\Rightarrow^* - символ, означающий выводимость (цепочка δ выводима из начального нетерминала S).

С начальным нетерминалом S считается связанной цепочка α_1 , описывающая начальное состояние модели проблемной среды низшего уровня иерархии.

Планирование операций рассматривается как поиск вывода цепочки δ из начального нетерминала S в прикладном исчислении $\mathcal{L} = \langle \Psi, \Theta \rangle$, где Ψ - множество схем аксиом; Θ - множество правил вывода. В качестве схем аксиом рассматриваются схемы productions модели редукции задач M_p . Конкретная аксиома получается из схемы аксиомы в результате привязки последней к текущему состоянию модели проблемной среды и ситуации в процессе поиска вывода. Привязка осуществляется путем означивания атрибут-позиций символов, входящих в схему продукции. В процессе привязки производится проверка условия применимости данной схемы продукции. Правила вывода в исчислении \mathcal{L} определяются как правила порождения в РАТТ.

В соответствии с иерархией решающих органов в планирующей системе теорема (5) разбивается на подтеоремы, каждая из которых отображает локальную задачу РО некоторого уровня и представляется атрибутированной схемой нетерминала модели M_p . Теорема (5) считается доказанной, если полная выведенная цепочка δ представима в виде $\delta = (\delta, u)$, где u - цепочка атрибутированных операционных символов модели редукции задач нижнего уровня иерархии, представляющая собой план операции, обеспечивающий достижение цели δ .

Разработанный в диссертации алгоритм планирования операций A включает в себя подалгоритмы A_0, A_1, A_2 и A_3 . Подалгоритм A_0 осуществляет обобщение описания начального состояния модели проблемной среды. Обобщение осуществляется путем последовательного перехода от модели M_i к модели M_{i+1} для $i = 1, 2, \dots, i-1$ способом, описанным в предыдущем разделе. Результатом работы подалгоритма A_0 является цепочка α_n , описывающая начальное состояние модели проблемной среды на уровне M_n .

Подалгоритм A_1 осуществляет поиск решений локальных задач планирования операций, соответствующих РО каждого уровня иерар-

хии. Этот подалгоритм реализован в виде алгоритма синтаксически-управляемой обработки для РАТТ, относящегося к классу алгоритмов рекурсивного спуска *). В отличие от известного алгоритма рекурсивного спуска разработанный алгоритм обладает следующими свойствами: 1) допускает возвраты в вышележащие вершины построенного дерева вывода; 2) использует одну процедуру для обработки любого нетерминала.

Первое свойство подалгоритма A_1 позволяет производить направленный перебор вариантов решений с использованием стратегий управления процессом поиска вывода. В соответствии с принятой стратегией управления на каждом шаге вывода производится выбор схемы аксиомы из множества подходящих схем аксиом, т.е. схем продукций РАТТ с одним и тем же нетерминалом в левой части, являющимся самым левым нетерминалом в выведенной к данному шагу цепочке. В качестве стратегий управления процессом поиска вывода предложено использовать следующие: а) стратегию, основанную на введении нечетких отношений предпочтения на множестве альтернатив; б) стратегию, основанную на введении эвристических оценочных функций; в) стратегию, основанную на векторном критерии качества. Выбор конкретной стратегии управления процессом поиска вывода определяется областью приложения разработанной методики планирования операций.

Второе свойство подалгоритма A_1 позволяет построить универсальную программу, пригодную для обработки любой L -атрибутной грамматики, схемы продукций которой вводятся в программу в виде набора данных.

Подалгоритм A_2 осуществляет формирование локальных задач для подчиненных решающих органов. Подалгоритм A_3 осуществляет имитацию выполнения плана операции u' , полученного на нижнем уровне иерархии, на модели проблемной среды M_1 . На основании результатов имитации осуществляется, если необходимо, корректировка или полная замена снизу вверх ранее полученных решений локальных задач планирования операций.

Применение разработанного алгоритма A проиллюстрировано на примере планирования действий интегрального робота.

*) Льюис Ф., Розенкранц Д., Стирнз Р. Теоретические основы проектирования компиляторов. - М.: Мир, 1979. - 654 с.

В пятой главе описано применение разработанной методики к первому этапу проектирования СВЭП, целью которого является генерация множества конкурентоспособных вариантов структуры СВЭП. Представлен анализ известных методов синтеза структуры СВЭП. Показано, что задача синтеза конкурентоспособных вариантов структуры СВЭП адекватно представляется в виде задачи планирования операций. При этом состояние модели проблемной среды представляется в виде фрейма <ЭНЕРГИЯ>, отображающего характеристики энергии на выходе того или иного устройства. Возможные варианты расчленения структуры СВЭП на подструктуры представляются иерархическим образом в модели редукции задач. Схемы производств РАТТ, описывающих модель редукции задач, являются отображением опыта проектировщиков систем данного класса.

Использование разработанной в диссертации планирующей системы позволяет организовать процедуру синтеза вариантов структуры СВЭП иерархическим образом, благодаря чему становится возможным решать задачи большой размерности. Разработанная методика исключает выполняемый вручную этап построения обобщенного графа, описывающего все возможные варианты структуры проектируемой СВЭП. Тем самым обеспечивается более полная автоматизация процесса синтеза структуры СВЭП.

Для управления процессом поиска вариантов структуры СВЭП используется стратегия, основанная на векторном критерии качества. Применение этой стратегии позволяет получить все возможные конкурентоспособные варианты структуры СВЭП за один просмотр множества схем производств, описывающих способы редукции структуры СВЭП на подструктуры. Это обеспечивает экономию машинного времени по сравнению с описанными в литературе методами синтеза структуры СВЭП.

Предложенная процедура синтеза конкурентоспособных вариантов структуры СВЭП реализована в виде программы *SVEP*, которая внедрена при синтезе структуры многоканальных систем электро-снабжения. Результаты внедрения - сокращение времени и стоимости проектирования, улучшение технико-экономических показателей за счет увеличения количества просматриваемых вариантов, повышение обоснованности частных технических заданий на элементы системы.

В приложениях вынесены описания программы *ATV*, реализующей алгоритм решения локальных задач планирования G_1 , программы *ROBOT*, осуществляющей планирование действий интегрального

робота в модельной среде, и программы *SVEP*. Приведены результаты работы этих программ. Представлены акты внедрения результатов диссертационной работы и приемки программных модулей в СМОБАП.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Анализ методов автоматизации процессов планирования операций при управлении в сложных системах показал:

- целесообразность использования для построения планирующей системы семиотических моделей и методов, разработанных в теории искусственного интеллекта;

- отсутствие в настоящее время планирующих систем, адаптированных к особенностям планирования операций при управлении в сложных системах с иерархической структурой органов управления;

- целесообразность разработки методики автоматизированного планирования операций при управлении в сложных системах, основанной на использовании такой реализации фрейм-представления знаний, которая обеспечивала бы согласование способа представления знаний и способа организации процедур планирования.

2. Адекватной формальной основой для реализации фрейм-представления знаний в задачах планирования операций является аппарат расширенных атрибутивных грамматик (РАГ). Аппарат РАГ сочетает в себе возможности структуризации знаний с возможностями заполнения элементов структуры знаний конкретными данными, отражающими семантику предметной области, а также предоставляет эффективный дедуктивный механизм для построения процедур планирования.

3. Разработанная в диссертации планирующая система включает в себя следующие основные компоненты:

- иерархическую систему моделей проблемной среды, отдельные модели в которой, связанные между собой операциями обобщения и конкретизации, ставятся в соответствие решающим органам определенного уровня иерархии;

- иерархическую систему моделей редукции задач, отображающую знания планирующей системы о способах декомпозиции исходной задачи планирования операции на подзадачи, каждая из которых решается определенным решающим органом;

- алгоритм планирования операций, включающий в себя подалгоритмы обобщения описания исходных данных, поиска решений локальных задач, формирования локальных задач для подчиненных решающих органов, имитации выполнения найденного плана операции.

Предложенный алгоритм планирования операций основан на алгоритме синтаксически-управляемой обработки для \mathcal{L} -атрибутных транслирующих грамматик. Разработанный алгоритм синтаксически-управляемой обработки допускает возвраты в вышележащие вершины дерева вывода, что позволяет производить направленный перебор вариантов решения задач планирования операций с использованием стратегии управления процессом поиска вывода. Предложено использование трех стратегий управления процессом поиска вывода: стратегии, основанной на введении эвристических оценочных функций; стратегии, основанной на введении нечетких отношений предпочтения на множестве альтернатив; стратегии, основанной на векторном критерии качества.

5. Разработанная программная реализация алгоритма планирования операций облегчает использование предложенной методики автоматизированного планирования на практике. В частности, в работе показана целесообразность применения предложенной методики в задачах планирования действий интегрального робота, порождения и отбора вариантов структуры многоканальных систем вторичного электропитания.

6. Результаты внедрения свидетельствуют об эффективности применения предлагаемой разработки в практике управления и проектирования.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. Поллак Г.А. Внешняя модель работы диспетчера АСУ // Информационные и управляющие элементы и системы: сб. научн. тр. - Челябинск: ЧПИ, 1980. - Вып.250. - С.43-44.

2. Бордецкий А.Б., Казаринов Л.С., Поллак Г.А., Поллак Я.А. Пакет программ РОМАХ поиска глобального экстремума функции в условиях большой размерности // Алгоритмы и программы. - М.:ВНИИЦ. - 1980. - № 4(36). - С.33.

3. Поллак Г.А. Моделирование принятия решений при оперативном управлении с использованием атрибутивных грамматик / Челяб. политехн. ин-т. - Челябинск, 1982. - 15 с. Деп. в ВИНТИ 09.06.82, № 2944.

4. Поллак Г.А. Моделирование принятия решений в иерархической системе управления с использованием атрибутивных грамматик // Тезисы докладов I Всесоюзной научно-технич. конференции по синтезу и проектированию многоуровневых систем управления. - Барнаул. - 1982. - Ч. П. - С.70-71.

5. Поллак Г.А. Некоторые вопросы моделирования деятельности оператора АСУ // Проектирование автоматических систем и эле-

ментов. Челябинск: ЧПИ. - 1983. - С.101-103.

6. Поллак Г.А. Грамматический подход к синтезу структуры автономных электроэнергетических систем / Челябин. политехн. ин-т. - Челябинск, 1983. - 17 с. Деп. в ВИНТИ 27.04.83, № 2246.

7. Поллак Г.А. Грамматический подход к представлению знаний и планированию действий интеллектуального робота / Челябин. политехн. ин-т. - Челябинск, 1983. - 18 с. Деп. в ВИНТИ 28.04.83. № 2247.

8. Поллак Г.А. Принятие решений в сложных системах с использованием атрибутивных грамматик // Оптимизация сложных систем. Тезисы докладов и сообщений на Всесоюзном семинаре. Секция I. - Винница. - 1983. - С.76-77.

9. Поллак Г.А. Представление знаний и планирование действий интеллектуального робота с использованием атрибутивных транслирующих грамматик // Материалы III Всесоюзной конференции по роботам и робототехническим системам. - Челябинск:ЧПИ. - 1983. - Ч.П. - С. 116-117.

10. Поллак Г.А. Грамматический подход к построению планирующей системы интеллектуального робота // Роботы и робототехнические системы. Материалы III Всесоюзной конференции. - Челябинск:ЧПИ. - 1984. - С. 164-168.

11. Поллак Г.А. Планирование операций интеллектуального робота с использованием атрибутивных грамматик // Тезисы докладов III Всесоюзного совещания по робототехническим системам. - Воронеж. - 1984. - Ч.2. - С. 55-56.

12. Поллак Г.А. Планирование операций при управлении в сложных системах с использованием атрибутивных транслирующих грамматик // Декомпозиция и координация в сложных системах. - Челябинск: ЧПИ. - 1986. - Ч.П. - С. 88-89.

13. Поллак Г.А., Надточий А.П., Казанцев А.М. Синтез конкурентоспособных вариантов структуры систем вторичного электропитания // Алгоритмы и программы. - М.:ВНИИЦ. - 1986. - № 2(71). - С.54.