

05.13.12
М 482

На правах рукописи

МЕЛЬНИКОВ Андрей Витальевич

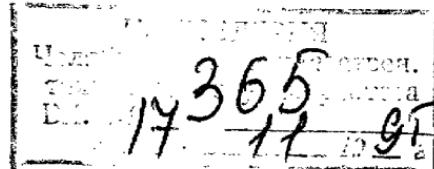
УДК 681.3

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ
ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ
ФОРМАЛЬНЫХ АТРИБУТНЫХ ГРАММАТИК**

**Специальность 05.13.12 — «Системы автоматизации
проектирования»**

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук**

Челябинск 1995



Работа выполнена в Челябинском государственном техническом университете.

Научный консультант

академик МАИ, докт. техн. наук, проф. ГОРБАТОВ В. А.

Официальные оппоненты:

академик МАИ,

докт. физ.-мат. наук, проф. РЕШЕТНИКОВ В. Н.

академик МАИ, докт. техн. наук, проф. ШРАМКОВ В. М.

академик МАИ, докт. техн. наук, проф. МАКАРОВ В. Ф.

Ведущая организация: НПО «Автоматика» г. Екатеринбург.

Защита состоится 7 декабря 1995 г. в 15.00 часов на заседании диссертационного Совета Д-053.12.12 при Московском государственном горном университете по адресу: 117935, ГСП-1, Москва, В-49, Ленинский проспект, 6.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского государственного горного университета.

Автореферат разослан 4 ноября 1995 г.

Ученый секретарь диссертационного совета

канд. техн. наук, доц. М. А. РЕДКОЗУБОВ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Коренная реформа системы общественных отношений, необходимость резкого повышения производительности труда определили необходимость ускоренной информатизации общества. Процессы децентрализации резко усложнили задачи органов управления среднего и нижнего звена, определив насущную потребность в автоматизированных средствах сбора и обработки информации для обеспечения процесса принятия обоснованных управлеченческих решений.

На первых этапах информатизация связывалась с автоматизацией отдельных рабочих мест (АРМ), но с накоплением опыта и расширением областей применения стала ясной необходимость интегрированных комплексных решений, объединяющих членов трудовых коллективов в сообщество, действующее в едином информационном пространстве. Объективная необходимость построения распределенных систем обработки информации (РСОИ) связана с распределенностью источников и получателей информации. Важнейшими особенностями таких систем являются: решение функциональных задач каждым членом коллектива пользователей в соответствии с локальной средой обработки данных; индивидуальные требования к структуре и составу ресурсов, необходимых для решения каждой локальной задачи; интеграция системы обработки информации с технологией обработки информации в аппарате управления; переход к распределенной обработке данных, позволяющей приблизить информационные и вычислительные ресурсы непосредственно к местам возникновения потребностей в них; истинная параллельность процессов обработки информации, позволяющая многократно увеличивать производительность систем, однако резко усложняющая алгоритмы работы таких систем.

Понятие РСОИ первоначально связывалось с локальными вычислительными сетями. Современный этап характеризуется необходимостью развертывания РСОИ районных, городских и областных уровней, предусматривающих объединение в систему информационных узлов, удаленных на десятки и сотни километров. Широкое внедрение

передовых западных технологий позволяет решить проблему создания таких РСОИ только частично, что связано со следующими причинами: неразвитость инфраструктуры системы связи, что резко ограничивает качество и скорость передачи информации по существующим каналам; ограниченность объема капиталовложений, не позволяющая для большинства систем развертывать апробированные решения в полном объеме; недостаток опыта создания и эксплуатации систем такого класса. Ускоренное внедрение РСОИ предусматривает необходимость создания инструментальной и методологической поддержки проектирования. Таким образом, создание эффективных методов и средств автоматизированного проектирования распределенных систем обработки информации имеет важное народнохозяйственное значение.

Цель настоящей работы - разработка методов и средств автоматизированного проектирования распределенных систем обработки информации на основе адекватных формальных грамматических моделей.

Идея работы заключается в исследовании интегральной связи между распределенной обработкой информации, обобщенной математической моделью и процессом автоматизированного проектирования и оптимизации структуры таких систем с учетом алгоритмических и временных свойств конкретных подсистем.

Задачи исследований. Научная проблема и цель работы определили следующие задачи исследований:

исследование и оценка уровня развития РСОИ на базе современных информационных технологий;

разработка типовых методологических решений и исходных предпосылок, являющихся основой для автоматизации проектирования РСОИ с учетом комплекса требований к реализации, характеризующих основные особенности РСОИ, методов организации взаимодействия многоуровневых РСОИ и существующих типовых технологий построения распределенных информационных систем;

разработка новых методов, математических моделей и алгоритмов автоматизированного проектирования и оценки получаемых параметров структурно-алгоритмических компонент РСОИ с учетом их временных свойств;

практическая реализация и апробация разработанных в диссертации методов, математических моделей и алгоритмов автоматизированного

проектирования на примере создаваемых и развивающихся РСОИ, их структурных моделей и функциональных подсистем в ряде конкретных организаций и предприятий.

Методы исследования. В диссертационной работе использованы математические модели построения информационных систем на базе теоретико-множественного подхода, абстрактных алгебр, формальных атрибутных грамматик и теории автоматов.

Научная новизна работы заключается в:

разработке иерархической грамматической модели (ИГМ) описания РСОИ, удовлетворяющей требованиям САПР за счет адекватного формализованного представления структурно-алгоритмических свойств РСОИ и ее компонент с учетом их особенностей;

предложении обобщенной схемы автоматизированного проектирования РСОИ на основе модельных преобразований с использованием аппарата формальных атрибутных грамматик;

разработке методов декомпозиционных преобразований спецификаций РСОИ в спецификации отдельных структурно-алгоритмических компонент, интегрирующих преимущества декларативных и процедурных моделей описания функционирования РСОИ;

предложении нового аппарата интервальных моделей временных свойств РСОИ на основе алгебры исчисления интервалов, предоставляющей эффективные средства анализа структурно-алгоритмических решений.

Практическая значимость работы состоит в :

разработке методики построения типовых РСОИ, позволяющей эффективно решать проблему автоматизации проектирования распределенных систем обработки данных с учетом современных информационных технологий;

промышленном внедрении методик, алгоритмов и программ при проектировании крупных региональных систем распределенной обработки информации.

Реализация, внедрение и использование результатов работы.

Предложенные модели, методики и алгоритмы проектирования нашли применение при проектировании и реализации системы "ОКО" УВД

г.Челябинска и Челябинской области, при проектировании информационной системы "Рамнет" медицинского мониторинга состояния населения, живущего в зоне действия ПО "Маяк", информационной системы муниципального управления и хозяйства г.Челябинска, РСОИ АКБ "Синтез", информационных систем налоговых инспекций г.Челябинска и Челябинской области, Государственной транспортной инспекции Челябинской области, областной государственной автомобильной инспекции и других организациях.

Интегральный объем внедрения результатов диссертации при проектировании и развертывании распределенных информационных систем составил более 10 млрд.руб. в ценах 1995 г.

Диссертация обобщает результаты исследований, проводившихся под руководством и при непосредственном участии автора по ряду целевых программ и комплексных планов ГКНТ, СЭВ, и РАН. В частности, работы по созданию РСОИ и их компонент выполнялись как важнейшие в соответствии со следующими проблемами: по межвузовской целевой программе работ "Создание УИ САПР и разработка методологии построения САПР" (приказ N 535 от 20.05.81г., раздел 5), программе ОЦ.026 03.01.05 "Разработать комплекс методов автоматизированного синтеза технических структур АСУ ТП (1981-1985г.г.), заданию 03.01.04 "Разработать методы синтеза иерархических и распределенных систем управления" (1985-1990г.г.), "Комплексной программе НТП стран - членов СЭВ до 2000г." по проблеме 1.2.7. "Совершенствование системы образования на основе применения средств вычислительной техники", программе ГКНТ 0.80.02 задание 35.01.06.П "Создание методов и программных средств автоматизации оперативного управления ГАП".

Результаты диссертации нашли практическое применение (при чтении лекций) в учебном процессе по специальности 22.01 "Электронные вычислительные машины, системы и сети".

Апробация работы. Основные положения и результаты, полученные в диссертационной работе, доложены и обсуждены на IV - XII Всесоюзных симпозиумах "Логическое управление с использованием ЭВМ" и координационных совещаниях "Математическое обеспечение интеллектуальных систем САПР - ГАП" (Алушта, 1982; Тбилиси, 1983; Ижевск, 1984, Куйбышев, 1985; Ташкент, 1986, Устинов, 1987; Орджоникидзе, 1988; Ростов-на-Дону, 1989), Международной

конференции-выставке "Открытые системы - решение для нового мира" (Москва, 1994), 17 международной конференции "Логическое управление, интеллектуальные информационные технологии и стратегии" (Болгария, 1994), региональной конференции "Интеллектуальные информационные технологии и стратегии в системной информатизации Уральского региона" (Челябинск, 1994) "Международный форум информатизации МФИ-94" (Москва, 1984).

Публикации. Основные положения диссертации отражены в 25 публикациях, в том числе в двух книгах.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, содержит 210 страниц машинописного текста, 93 рисунка, список литературы из 173 наименований, приложения с документами, подтверждающими внедрение.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Актуальность проблемы автоматизации проектирования распределенных систем обработки информации связана с современным этапом развития общества, спецификой современных технологий информатизации и возможностью комплексной автоматизации проектирования. Исходя из актуальности проблемы может быть сформулирована цель работы, определена область, объекты и направления исследований. Приводятся выносимые на защиту научные результаты, их достоверность и реализация, научная и практическая ценность работы.

Развитие архитектуры РСОИ и порождаемые ними возможности организации информационной технологии в программном обеспечении - основные факторы технического прогресса и развития вычислительных систем. Архитектура РСОИ представляет собой некое интегральное свойство вычислительных систем, призванное обеспечить такие ее важнейшие показатели, как производительность, надежность, экономичность, компактность, необходимую топологию, интерфейс с пользователем. Методическую основу для анализа РСОИ как класса сложных систем, тенденций их развития и проектирования составляют работы Акоффа А., Мельникова Г.П., Эшби Р. (системный подход), Лесдона А.С. (оптимизация больших систем), Месаровича М. (теория иерархических систем), Квейда Д. (анализ сложных систем), Горбатова В.А. (характеризационный анализ).

Выделяются основные структурно-алгоритмические компоненты РСОИ. Обычно архитектуру характеризуют той или иной частью свойств вычислительных систем. Например, по используемой топологии и методам доступа к среде передачи данных различают РСОИ со случайными и детерминированными задержками передачи информации. Принципиальным отличием указанных архитектур является различное поведение информационных систем при возникновении перегрузок, что сказывается на функциональных характеристиках РСОИ в целом.

Можно выделить общие свойства, характерные для любого типа РСОИ. Определяющей характеристикой архитектуры информационных систем является **нерархичность**, при которой система состоит из связанных подсистем, каждая из которых состоит из подсистем следующего уровня. Вследствие нерархичности вытекает свойство **функциональной независимости** компонент РСОИ, позволяющее рассматривать отдельные подсистемы независимо от архитектуры информационной системы в целом. Указанные свойства создают предпосылки для высокого уровня **стандартизации и унификации** компонент РСОИ.

С точки зрения целевой функции системы важным свойством РСОИ является ее **целостность**, связанная с зависимостью характеристик системы от характеристик каждого элемента. Вместе с тем анализ показывает **неравнозначность** функций компонент по отношению к системе в целом. Отсюда вытекает возможность разделения компонент на существенные и несущественные по отношению к целевой функции системы в целом.

Задача снижения стоимости РСОИ и ее эксплуатационных расходов определяет принцип **регулярности**, предусматривающий закономерную повторяемость элементов структуры и связей между ними. Реализация этого принципа позволяет использовать типовые унифицированные решения. Однако реализация принципа на практике требует достижения высокого уровня **стандартизации взаимодействия** между компонентами РСОИ.

Анализ практических информационных систем позволяет предложить обобщенную модель взаимодействия структурно-алгоритмических компонент РСОИ (рис.1). Отличие предложенной модели от стандартной семиуровневой модели взаимодействия открытых систем связано со сложившейся практикой независимой реализации предлагаемых уровней в отдельных структурно-алгоритмических компонентах РСОИ.

Расширение совокупности свойств информационных систем и комбинация их в различных сочетаниях характеризуют многообразие

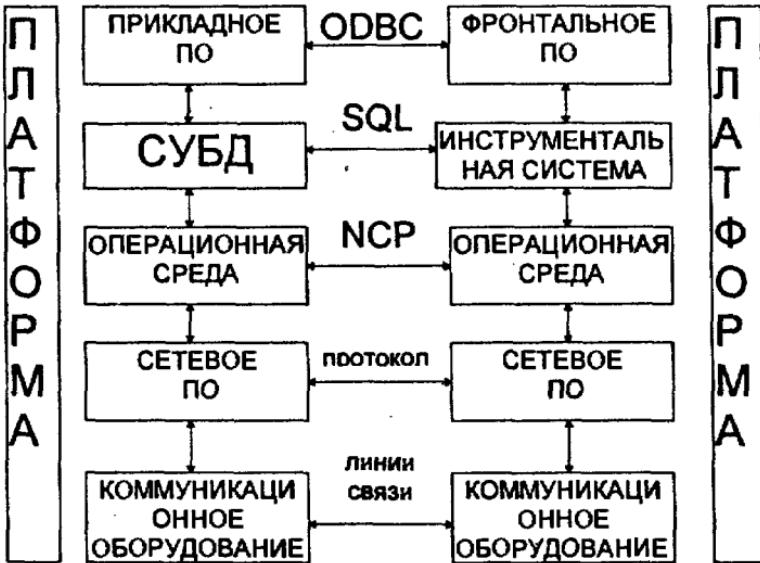


Рис. 1 Обобщенная модель взаимодействия структурно-алгоритмических компонент РСОИ

РСОИ как объектов автоматизации проектирования их структурно-алгоритмических компонент. Это влечет за собой многообразие применяемых моделей и методов инструментальной и методологической поддержки проектирования РСОИ.

Проведенный анализ структурно-алгоритмических компонент рассматриваемых структур РСОИ позволил определить качественный характер их влияния на итоговые характеристики РСОИ. Показано, что наиболее актуальной и сложной в структурном отношении является автоматизация проектирования РСОИ с архитектурой "клиент-сервер".

Основная составляющая программного обеспечения проектирования типовых РСОИ - создание единой информационной и языковой среды автоматизированного проектирования РСОИ. По степени общности эти подходы делятся на конкретные и абстрактные. Лежащие в основе первого подхода процедурные модели являются конструктивными. Они предназначаются непосредственно для проектирования алгоритмических компонент РСОИ. Констатируется большое количество возможных модификаций рассмотренных моделей и их взаимосвязь. Модели различаются между собой языком описания, составом отражаемых свойств, ограничениями на сложность проектируемой системы, перечнем учитываемых свойств и другими признаками. Поскольку РСОИ представляет собой комплекс взаимоувязанных компонент, то для его описания необходимо использовать комплекс соответствующих конкретных моделей. Однако при этом теряется обозримость результирующей модели.

Отмеченного недостатка лишены модели второй группы. В силу своей абстрактности они имеют описательный характер, присущий теоретико-множественным моделям. Обычно они используются для компактного и однозначного представления свойств проектируемой системы.

Грамотное употребление обоих подходов обеспечивает успех классификаций как основы системного подхода, учет этих аспектов позволяет установить глубинную связь моделей, отражающих различные совокупности свойств РСОИ.

Третья компонента моделей при проектировании РСОИ - временные свойства РСОИ. Традиционный подход для описания временных свойств связан с абстрактным понятием **события** как мгновенным изменением свойств компонент РСОИ. Реальные физические процессы не могут иметь нулевую длительность, поэтому в работе предлагается абстракция следующего уровня - **интервал**, привязанный к событиям начала и конца временного интервала. Множество интервалов может соответствовать

различным физическим и логическим процессам, распределенным во времени. Система на временных интервалах позволяет описать временные свойства программного обеспечения систем обработки информации различных конфигураций.

Сквозная технология проектирования РСОИ

При разработке сквозной технологии автоматизированного проектирования РСОИ следует учитывать важные особенности современного этапа: 1) ограниченный набор базовых элементов структуры и базовых процедур обработки информации; 2) потребность в выполнении в реальном масштабе времени большого объема периодически повторяющихся вычислений; 3) высокая степень параллелизма и регулярности связей между операторами алгоритмов. Достичь высоких значений критерия производительность/стоимость на задачах РСОИ возможно за счет стандартизации аппаратных и программных средств, аппаратной и программной организации параллелизма их функционирования и реализации на типовых и стандартных блоках и алгоритмах информационных систем.

Ввиду необходимости постоянного повышения трудоемкости практических задач РСОИ, сокращения сроков на разработку технических проектов, расширения возможностей локальных и глобальных сетей и почти полного отсутствия теоретического и практического аппарата структурного проектирования РСОИ, оптимизированных по данному набору критериев, сформулированы требования к методологии сквозного автоматизированного проектирования средств РСОИ, ориентированных на реализацию стандартных и типовых информационных систем. На основе анализа известных методов автоматизированного проектирования РСОИ выделены и классифицированы основные типовые структуры РСОИ и схемы взаимодействия их компонент. Установлено, что известные методы проектирования не всегда позволяют детерминированно перейти от математического описания алгоритмов работы системы к полному структурно-алгоритмическому описанию адекватной ему вычислительной системы, не дают убедительных доказательств корректности этого перехода, недостаточно formalизованы и не позволяют разработать параметрический генератор (компилятор) проектных решений.

Для уменьшения трудностей отображения алгоритмов целесообразно рассматривать общую модель проектирования РСОИ как объединение нескольких моделей, в рамках которых задачи проектирования становятся

более мелкими с понижением уровня иерархии, а весь процесс отображения общего алгоритма разбить на последовательность отдельных этапов, причем методология проектирования должна содержать четыре системных уровня иерархии: исходных задач, алгоритмов для конкретного применения, адекватных им структур и их технического исполнения на существующих типовых элементах и стандартизованных устройствах.

Каждый из этих этапов может рассматриваться как операция по преобразованию модели информационной системы одного уровня Ψ_c в следующий, более детальный Ψ_t . Для унификации таких модельных преобразований представляется необходимым введение промежуточной метамодели Ψ_m . Таким образом, процесс проектирования может быть представлен как процесс модельных преобразований (рис. 2)

$$\Psi_c \Rightarrow \Psi_m \Rightarrow \Psi_t.$$

Основой модельных преобразований с использованием типовых структурных решений является пропозициональный граф, аккумулирующий опыт проектирования аналогичных технических систем. Понятие пропозиционального графа изоморфно контекстно-свободным грамматикам. Тогда процесс модельного преобразования можно представить как дуальный процесс синтаксического распознавания исходной спецификации и генерации результирующей модели, а математическим формализмом для описания этой задачи будет являться двухуровневая контекстно-свободная плекс грамматика.

• Определение двухуровневой контекстно-свободной грамматики

Определим двухуровневую грамматику

$$G = (M, P, T, R_M, R_H, S);$$

где M - конечное множество метапеременных;

P - конечное множество прототипеременных $P \cap M = \emptyset$;

T - конечное множество терминалов;

R_M - конечное множество метаправил вида

$$X \Rightarrow Y,$$

где $X \in M, Y \in (M \cup P)$ и (M, P, R_M, w) и

$X \in M, Y \in (M \cup P)^*$ (M, P, R_M, w) обычная грамматика для $w \in M$;

R_H - конечное множество гиперправил в виде

$$X_0 \rightarrow X_1, X_2 \dots X_m [B],$$

где $X_0 \in N, X_i \in (T \cup N)$,

$$N = \{(x_1, x_2, \dots, x_n) | x_i = UVW,$$

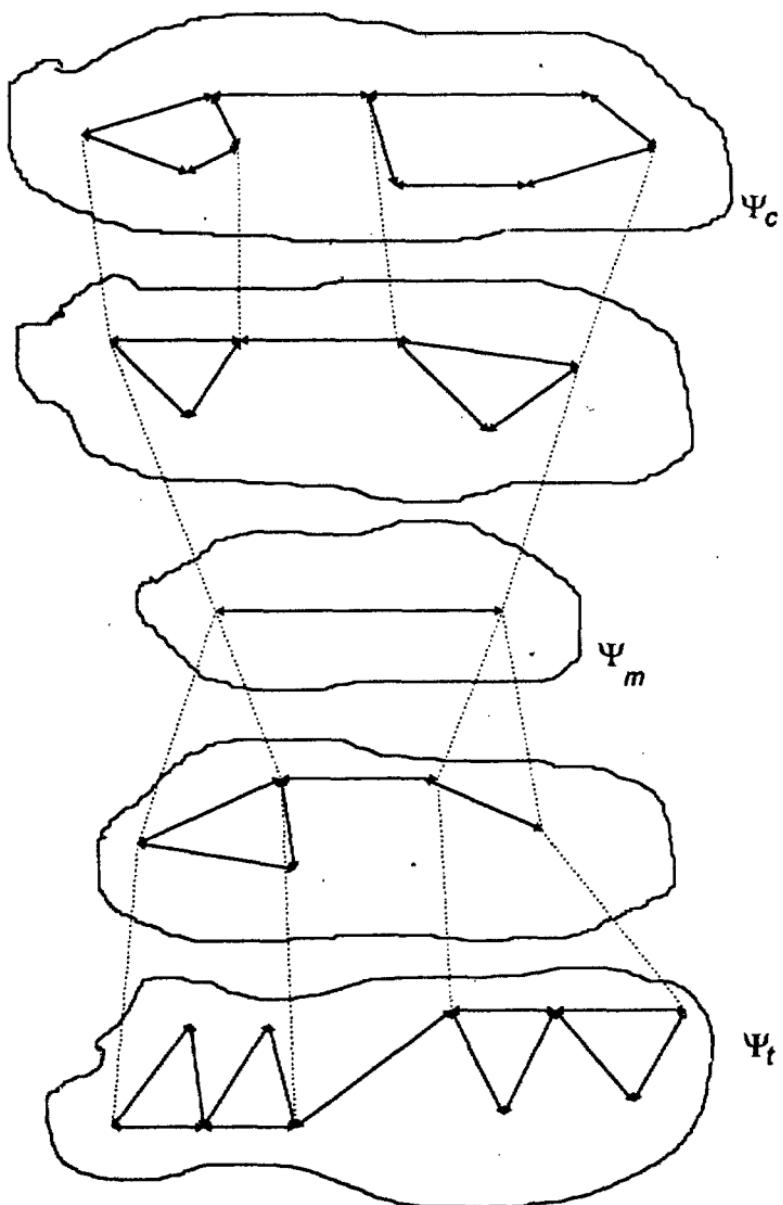


Рис. 2 Модельные преобразования

$V \subset (M \cup P^+), U, W \in P^*, 1 \leq J \leq n, n \geq 1\}$

коичное множество гиперпонятий.

$B \subset A$ обобщенное множество присоединенных операций

$A = A_S \cup A_E$,

A_S - множество семантических операций;

Z - выражение на основе E, M, P и любых временных переменных, поддерживающих семантические действия;

S - исходное определение,

где $S = \langle s \rangle, S = UVW, V, U, W \in P^*$.

Множество метапеременных M , протопеременных P , терминалов T , метаправил R_m и гиперправил R_h так же, как исходное определение S , является типовым для двухуровневых грамматик. Однако, гиперопределения являются п-местными, где каждый элемент содержит минимум одну метапеременную. Переменные атрибутов E служат для параметризации грамматики, их значения инициализируются исходными назначениями I , и могут быть изменены назначениями A_E , присоединенными к гиперправилам. Семантические операции могут также быть подключены к гиперправилам.

Для заданной грамматики G с гиперправилами $r_h \in R_h$

$X_0 \rightarrow X_1, X_2 \dots X_m | B],$

которые содержат переменные среды $V_h \in E, h = (1 \leq h \leq l)$, и метапеременные $W_k \in M, (1 \leq k \leq q)$, порождающее правило $r_p(r_h, I)$ определяется как

$Y_0 \rightarrow Y_1, Y_2 \dots Y_m | D],$

где Y_i и D получены из X_i и B соответственно следующей унифицированной подстановки: каждая переменная $V_h \in E$ в X_i заменяется значением V_h и каждая метапеременная W_k в X_i и B заменяется на $U_k, U_k \in L((M, P, R_m, W_k))$. Таким образом $D \subset A$, $Y_0 \in F$ и $Y_i \in (T \cup F)$,

где $F = \{ \langle y_1, y_2, \dots, y_n \rangle | y_i \in P^* \}$

называется множеством protoопределений. Различные выборы U_k приводят к тому, что каждое гиперправило $r_h \in R_h$ приводит к увеличению (возможно до бесконечного) множества правил порождения $R_p(r_h, \Theta) = \{r_p(r_h, \Theta)\}$. Объединение множеств, полученных из всех метаправил дает множество правил порождения $R_p(\Theta)$ для G , где $R_p(\Theta) = \bigcup_{r_h \in R_h} R_p(r_h, \Theta)$.

Заданное правило подстановки называется унифицированным правилом подстановки и определяется аналогично правилам унифицированного замещения в двухуровневых грамматиках. Гиперправила служат как шаблоны для замещения, которое вызывается левой стороной любого результирующего порождающего правила, построенного из единственногоprotoопределения, и правой стороной из protoопределения и терминалов.

Таким образом, продукционные правила эквивалентны продукционным правилам контексто-свободной грамматики и ее приложений, связанных с шагами вывода в КС грамматиках. Однако множество $R_p(\theta)$ не является константой: оно меняется при выполнении вывода. Такое изменение происходит, когда назначения в среду D выполняются при удачном применении продукционных правил. Отметим, что унифицированная подстановка влияет на метапеременные B, но не на атрибуты: буквы эквивалентируются, когда присвоения D выполняются.

Язык, определяемый грамматикой G есть

$$L(G) = \{S \Rightarrow^* T(\theta_i)\}$$

где θ_i - есть конечные значения атрибутов и \Rightarrow^* транзитивное и рефлексивное замыкание шагов вывода. Определим два типа шагов вывода а) и б) в зависимости от того, содержит ли правая часть правила перехода protoопределения или только терминалы и присвоения атрибутов. В последнем случае общие присвоения атрибутов должны быть выполнены.

а) Определение шага вывода без изменения атрибутов

$(X, \theta) \Rightarrow (X', \theta)$ если и только если $Q \in (F \cup T \cup A)^*$, $W' \in (T \cup A)^*$, таким образом, что $X = PWQ$, $X' = PW'Q$ и $(W \rightarrow W') \in R_p(\theta)$

б) Определение шага вывода с изменением атрибутов

$(X, \theta) \Rightarrow (X', \theta')$ если и только если $P \in T^*$, $Q \in (F \cup T \cup A)^*$, $W' \in (T \cup A)^*$, $U \in (T \cup A)^*$, и $V \in (F \cup \{\text{правый маркер конца } X\}$, такой, что

$$X = PWUVQ,$$

$$X' = P(W' \setminus A)(U \setminus A)VQ,$$

$$(W \rightarrow W') \in R_p(\theta),$$

$$\theta' = ((W'U) \setminus T)(\theta),$$

то есть θ' получается, начиная с текущих значений атрибутов θ и выполняя все присвоения в $W'U$ слева направо. Шаг вывода преобразует одну последовательную форму вывода protoопределений, терминалов, присвоения атрибутов и семантических операций в другую. Отношение \Rightarrow , таким образом определено на $(F \cup T \cup A)^* \times (P^*)^E$.

Назначения атрибутов, аналитические действия которых подсоединены к применяемому порождающему правилу, являются элементами описательной формы. Они исключаются из этой формы только после выполнения. Это происходит тогда, когда элементы формы слева от присвоения среды или семантические действия состоят только из терминалов. Отметим, что выполнение и исключение назначений среды могут вызывать серии таких операций.

G грамматика называется неоднозначной, если для некоторого X в $L(G)$ существует более чем один левовыводимый переход к X из S в G' . Язык $L(G')$ называется однозначным, если существует такая однозначная G' , что $L(G) = L(G')$.

В G грамматике пара гиперправил r_H и r'_H с символами в левой части X_0 и X'_0 соответственно, $r_H \neq r'_H$ и $r_H, r'_H \in R_H$ называется левонесовместимой, если выполняются два условия:

- а) $A \neq C$, если $X_0 \neq X'_0$, $(A \rightarrow B) \in R_p(r_H, e)$ и $(C \rightarrow D) \in R_p(r_H, e)$;
- б) $B \neq D$, если $r_H \neq r'_H$, $X_0 = X'_0$, $(A \rightarrow B) \in R_p(r_H, e)$ и $(C \rightarrow D) \in R_p(r'_H, e)$;

G грамматика называется левонесовместимой, если все гиперправила левонесовместимы.

В G грамматике гиперправила называются правоограниченными, если для всех $W \in M$ появление W в правой части влечет появление W в левой части. G называется правоограниченной, если все гиперправила правоограничены.

В диссертационной работе доказывается, что в случае левонесовместимой правоограниченной однозначной грамматики G возможно построение процедуры распознавателя-генератора, которая за конечное число шагов выполнит преобразование исходной модели Ψ_c в терминальную модель Ψ_c . Отметим, что в определении двухуровневой грамматики не делается никаких предположений о свойствах атрибутов.

Аппроксимация структурных компонент РСОИ

Анализ объектов проектирования позволяет выявить особенности их структурной организации. Структура РСОИ может быть определена совокупностью элементов и связей между ними. Каждый элемент представим в виде многополюсника, который имеет множество входов и выходов. Математическим формализмом, позволяющим аппроксимировать многополюсник является понятие плекс-элемента. Плекс-элемент

представляет собой обобщение абстрактного символа в обычных цепочечных языках. Обобщение касается числа возможных "точек прымыкания" абстрактного символа. У плекс-элемента число "точек прымыкания" может быть более двух.

Плекс-элементом (или просто элементом) назовем тройку:

$$\langle N, IN_n, OUT_n \rangle ,$$

где N тело или носитель плекса;

IN_n множество входных полюсов, через которые плекс-элемент получает входную информацию;

OUT_n множество входных полюсов, через которые он выводит информацию.

Современные системы обработки информации используют магистральный способ обмена информацией на основе шинного представления связей. Шина определяется как множество полюсов, объединенных общим именем. Контакт является частным случаем шины с разрядностью 1. Соответственно полюсам контакты могут быть входными и выходными. На практике $IN_n \cup OUT_n \neq \emptyset$. Так например в локальной сети линия связи является двунаправленной. Поэтому потребуем, чтобы в таких случаях полюса одновременно входили в множество IN_n и OUT_n .

Анализ структур систем обработки информации показывает, что компоненты системы по своему функциональному назначению делятся на два класса (рис. 3):

основные компоненты;

связующие компоненты.

Для аппроксимации связующих компонент введем понятие плекс-элемента-контактора (или просто элемента-контактора).

Элементом-контактором назовем четверку вида:

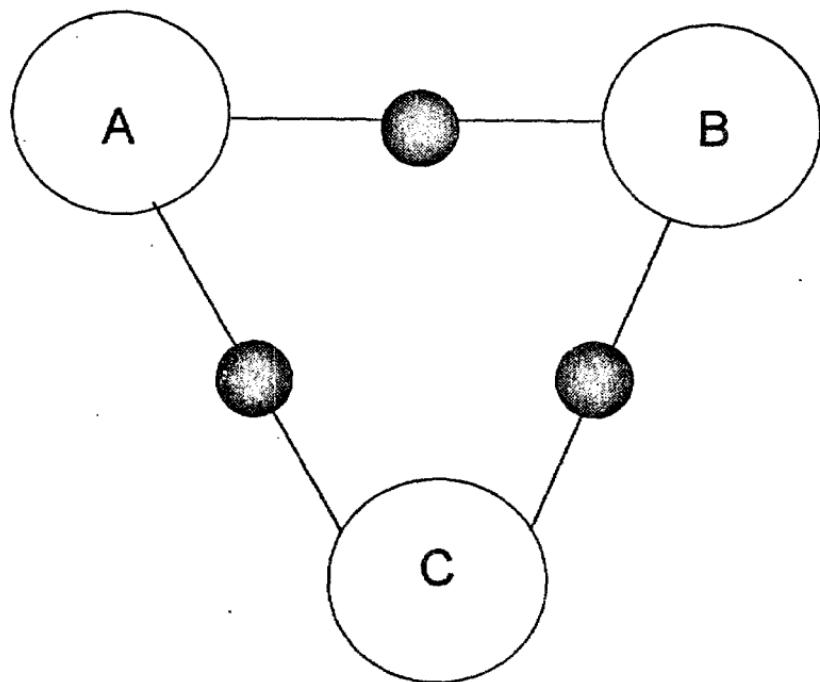
$$\langle K, IN_k, OUT_k, E_k \rangle ,$$

где K, IN_k, OUT_k, E_k - сохраняют тот же смысл, что и для общего понятия элемента;

E_k множество носителей плекс-элементов, которые связывают элемент-контактор.

Для однозначного описания связей между компонентами РСОИ необходима уникальности имеи полюсов для разнотипных элементов (plex-элементы с различными носителями). Так, если $\langle N, IN_n, OUT_n \rangle$ и $\langle M, IN_m, OUT_m \rangle$ два плекс-элемента таких, что $n \neq m$, то

$$(IN_n \cup OUT_n) \cap (IN_m \cup OUT_m) = \emptyset .$$



A, B, C - элементы составляющие каркас системы (основные компоненты);



- связующие элементы.

Рис. 3. Двухуровневое описание структуры системы

Множества IN_n и OUT_m элемента-контактора соответствуют множеству имен полюсов связываемых компонент. Если $\langle N, IN_n, OUT_n \rangle$ и $\langle M, IN_m, OUT_m \rangle$ две связываемые компоненты посредством элемента-контактора $\langle K, IN_k, OUT_k, E_k \rangle$, то

$$IN_k \subseteq OUT_n \cup OUT_m$$

$$OUT_k \subseteq IN_n \cup IN_m$$

$$E_k = \{m, n\}.$$

Введение данного понятия позволяет уйти от традиционного понятия матрицы связности. Матрица связности неявно присутствует в описании элементов-контакторов.

Определение связи элементов посредством элементов-контакторов вытекает из анализа принципов построения структур систем обработки информации. Связующие компоненты являются в определенной степени независимыми от типа связываемых компонент и функционального назначения системы. Тип связующих компонент определяется особенностями связываемых элементов и дополнительными требованиями на тип этой связи. К таким требованиям можно отнести: быстродействие, тип интерфейса и т.д. Относительная независимость связующих компонент позволяет ввести понятие каркаса.

Каркас или К-представление структуры РСОИ описывает в общем виде взаимосвязь основных компонент. Принцип взаимосвязи основных компонент описывают элементы-контакторы.

К-представлением структуры ТС назовем пятерку вида:

$$\langle S, M_P, M_k, IN_s, OUT_s \rangle,$$

где S - имя К-представления. Необходимость введения имени представления следует из того, что элемент может иметь несколько представлений;

M_P - множество носителей плекс-элементов, составляющих структуру;

M_k - множество элементов-контакторов без указания носителя.

Элемент-контактор в этом случае имеет вид:

$$\langle IN, OUT, E \rangle,$$

где IN_s - множество имен входных полюсов;

OUT_s - множество имен выходных полюсов.

Поскольку в структуре могут встречаться различные элементы одного и того же типа, как следствие имеющие одинаковые имена полюсов, то для однозначной идентификации входных полюсов структуры будем использовать квалифицирующую ссылку на носитель плекс-элемента.

К-представление позволяет описывать не конкретную конфигурацию системы, а множество структур систем управления с заданием топологией.

С точки зрения представления знаний К-представление есть фрейм, описывающий множество структур. К-представление описывает множество структур. Множество M_p выполняет роль констант, а множество M_k - переменных, которые в зависимости от ситуации могут принимать различные конкретные значения, тем самым конкретизируя ситуацию (структуре).

Введенные понятия плекс-элемента, контактора и К-представления позволяют определить понятие структуры системы обработки информации.

Структурой назовем шестерку:

$$\langle Y, S, M_n, M_s, F_1, F_2 \rangle,$$

где Y имя структуры;

S имя К-представления, описывающего структуру с именем Y ;

M_n множество носителей элементов-контакторов, которые будучи подставленными в выражение, определяющее К-представление, конкретизируют тип связи между элементами;

F_1 функция задающая соответствие множества M_n множеству M_k К-представления. Соответствие зададим следующим образом: если $\langle IN_i^k, OUT_i^k, E_i^k \rangle$ описание элемента-контактора в К-представлении S , а $\langle N, IN_n, OUT_n, E_n \rangle$ описание элемента-контактора $N \in M_n$, то будем говорить, что между $\langle N, IN_n, OUT_n, E_n \rangle$ и $\langle IN_i^k, OUT_i^k, E_i^k \rangle$ установлено соответствие F_1 , если $F_1 = E_i^k$, $IN_i^k \subseteq IN_n$, $OUT_i^k \subseteq OUT_n$;

M_s множество имен сигналов в структуре системы;

F_2 функция задающая соответствие множества M_s множеству

$$\bigcup_{i=1}^m (IN_i \cup OUT_i),$$

где m число плекс-элементов в К-представлении, а IN_i и OUT_i множества входных и выходных полюсов i -го элемента соответственно. Функцию F_2 зададим бинарным отношением

$$\{n, m\},$$

где n имя полюса плекс-элемента;

m имя сигнала на этом полюсе.

Введение сигналов при описании структуры РСОИ позволяет описывать семантику соединений. В зависимости от приложения рассматриваемой структуры, семантика связей, действующих в структуре,

может меняться, в то время как имена связей остаются без изменения.

Плекс-элемент может иметь несколько представлений в виде структуры. В основе каждой структуры будет лежать свое К-представление, характеризующее принцип структурной организации системы. Очевидно, что если структура Y представляет плекс-элемент $\langle N, IN, OUT \rangle$, то $IN_Y \subseteq IN$, $OUT_Y \subseteq OUT$.

Следует отметить, что понятие представления плекс-элемента остается в силе и для элементов-контакторов, с тем лишь отличием, что элемент-контактор может не иметь своей внутренней структуры, а определять лишь систему связей между входными и выходными полюсами..

Введенные понятия образуют иерархическую систему понятий, описывающих представление архитектуры системы обработки информации и в то же время определяющих логические структуры данных для реализации процедур структурного проектирования.

Описание параметров РСОИ.

Алгоритм построения глобальных оценок параметров возможных решений

Разные правые части метаправил двухуровневой грамматики описывают различные реализации структурно-алгоритмических компонент РСОИ и отличаются друг от друга характеристиками качества, которые позволяют оценивать представления. Характеристики качества могут быть количественными и ключевыми.

Количественные характеристики определяются неравенством или двумя неравенствами, задающими диапазон или область допустимых значений

$Pr\omega$,

где P носитель (имя) параметра;

ω значение параметра $\omega \in E$, где $E = (-\infty, +\infty)$;

r задает тип отношения между именем и значением и

принимает значения из множества $\{ <, \leq, >, \geq, =, \rightarrow \}$.

Все приведенные отношения имеют значение, обычно принятое в математике. Отношение " \rightarrow " задает стремление значения параметра к некоторой величине.

Ключевые параметры для компоненты РСОИ имеют смысловое значение и необходимы в случае, если значение признака определяет явление, не имеющее числовых характеристик. К числу таких

характеристик, например, можно отнести тип канала связи: аналоговый, дискретный. Вид выражения, описывающего ключевой параметр, совпадает с выражением для количественных параметров с той лишь разницей, что ω принимает фиксированное значение " $:=$ ", что означает лексикографическое равенство. В качестве значения параметра выступает множество

$$\omega = \{q_i\}_{i=1, m},$$

где множество слов $\{q_i\}$ составляет значение ω .

Таким образом ключевой параметр это есть выражение вида

$$P_i = \{q_j\}_{j=1, m_i}$$

Каждое представление компонент РСОИ характеризуется множеством параметров

$$\left\{ P_i / P_i \text{ есть } P_i r_i \omega_i \text{ или } P_i := \{q'_j\}_{j=1, m_i} \right\},$$

где $r_i \in \{<, <=, >, >=, =, \rightarrow\}$, $\omega_i \in (-\infty, +\infty)$

$$\{q'_j\}_{j=1, m_i} \text{ множество слов естественного языка.}$$

Это множество параметров по степени общности разделяется на множества

локальных параметров;

глобальных параметров.

Параметр P_k^N плекс-элемента N назовем локальным, если не для всех M , $P_k^N \in \{P_i\}_{i=1, m_i}$,

где M произвольный элемент,

$$\{P_i\}_{i=1, m_i} \text{ - множество параметров элемента } M.$$

В случае если

$$\forall M, P_k^N \in \{P_i\}_{i=1, m_i}$$

то параметр P_k^N элемента N назовем глобальным. Примером глобальных параметров могут служить: стоимость, быстродействие, вес, габариты и т.д. Выделение глобальных параметров как параметров, имеющих интегральный характер, позволяет строить оценки количественных параметров различных представлений компонент РСОИ с учетом их иерархического строения и вариантиности реализации.

Построение глобальных оценок параметров вариантов построения РСОИ является осевой для разработки процедур структурной оптимизации систем обработки информации. Использование глобальных

оценок параметров в процессе синтеза позволяет получить структурную реализацию РСОИ с субоптимальным значением одного из параметров.

Оценка параметра представления плекс-элемента является глобальной, если она была построена на основе анализа всего множества возможных представлений структурно-алгоритмических компонент РСОИ при заданном пропорциональном граfe описания предметной области. Если заранее неизвестно, как задано условие оптимальности представления по заданному количественному параметру, то возникает необходимость построения интервала изменения параметра.

Для построения интервалов изменения глобальных параметров представления по параметрам элементов, составляющих его структуру, введем функции свертки параметров

$$f_s: \{\omega_i^P\}_{i=1, m} \rightarrow \omega_{N,Y}^P,$$

где $\{\omega_i^P\}_{i=1, m}$ множество значений параметров с именем P элементов,

составляющих структуру представления Y элемента N ;

$\omega_{N,Y}^P$ значение параметра с именем P представления Y элемента N .

Функция f_s задается для каждого количественного параметра представления. Таким образом на каждом представлении задается множество

$$F_s = \{f_{s_i}\}_{i=1, m},$$

где m - число элементов в представлении.

Наложим на множество F_s условие, что это множество должно являться множеством монотонных функций, то есть большему значению параметров элементов представления должно соответствовать большее значение функций свертки. Это позволяет по минимальным (максимальным) оценкам параметров элементов, входящих в представление, получать минимальные (максимальные) оценки параметров представления. Минимальная и максимальная оценки параметра P элемента N получаются следующим образом

$$\min(\omega_n^P) = \min \left\{ \min \left(\omega_{n,i}^P \right) \right\},$$

$$\max(\omega_n^P) = \max \left\{ \max \left(\omega_{n,i}^P \right) \right\}.$$

где Z - последовательно принимает значения из множества $Y = \{Y_i\}_{i=1, m}$, где Y_i - имя i -го представления плекс-элемента.

При задании множества F_s над представлением Y возникает задача определения корректности и полноты этого множества.

Множество F_s над представлением Y назовем корректным, если для параметра P_t представления Y поставлена во взаимооднозначное соответствие функция свертки

$$P_t^s \left(P_t^s \in \{ P_t^s \}_n \right) \leftrightarrow f_{s_i}, f_{s_i} \{ \omega_i^{P_t} \}_m \rightarrow \omega_{s,y}^{P_t}.$$

Множество F_s над представлением Y элемента N назовем полным, если функции свертки заданы для всех параметров.

Исходя из введенных определений полноты и корректности задания множества F_s вводится понятие корректности построения глобальных оценок параметров представления.

В работе доказывается, что задача построения глобальных оценок параметров представления плекс-элемента является корректной, если оценки параметров элементов, входящих в представление, глобальны и множество F_s , заданное над представлением, отвечает условиям полноты и корректности.

Среди множества вершин пропозиционального графа, описывающего предметную область, выделим терминальное множество V_T , элементами которого являются плекс-элементы, не имеющие представлений. Элементы множества V_T образуют элементную базу предметной области. Задавая значения параметров для элементной базы, в соответствии с вышеописанным алгоритмом построения оценок, получаем глобальные оценки параметров по всему графу описания предметной области.

Описание технических требований. Функции развертки технических требований

Согласно последовательности этапов создания РСОИ, процесс проектирования начинается с этапа разработки технического задания на проектируемую РСОИ. Техническое задание включает в себя спецификации, описывающие функциональный состав проектируемой системы, и технические требования, которым должны удовлетворять параметры РСОИ. Технические требования характеризуют РСОИ как нерасчлененное целое. В процессе проектирования возникает задача получения технических требований на элементы, составляющие структуру системы, на основе технических требований на систему в целом. При этом считается, что если параметры элементов системы удовлетворяют, заданным на них техническим требованиям, то и система в целом удовлетворяет поставленным техническим требованиям.

В терминах введенных выше понятий это означает, что по техническим требованиям на компоненту РСОИ необходимо получить технические требования на элементы, составляющие его представление.

Для формализации этого процесса вводятся понятия функций развертки технических требований. Если T_N множество технических требований на элемент N , а $t_{A,Y}^P$ техническое требование на параметр P элемента A представления Y , то отображение

$$f_R : T_N \rightarrow t_{A,Y}^P$$

назовем функцией развертки технического требования t на параметр P элемента A представления Y .

Таким образом, над представлением задается множество множеств функций развертки технических требований на параметры элементов, входящих в это представление

$$F_R^Y = \left\{ \left\{ f_{R,A}^{P_K} \right\}_{K=\overline{1,m}} \right\}_{i=\overline{1,n}}$$

Как и в случае определения параметров, технические требования могут быть количественными и ключевыми. Вид выражений для задания технических требований аналогичен соответствующим выражениям для задания параметров представления.

Вследствие того, что некоторые технические требования могут быть ключевыми, среди функций развертки существуют функции развертки ключевых технических требований.

Выбор представления компоненты производится на основе установления соответствия между техническими требованиями на плекс-элемент и параметрами различных представлений элемента. Также как параметры технические требования делятся на глобальные T^G и локальные технические требования T_L .

Технические требования соответствующие глобальным параметрам назовем глобальными техническими требованиями

$$T^G = \{ t_i^G / t_i^G \leftrightarrow P_j (P_j \in P^G) \},$$

где P^G - множество глобальных параметров.

В случае если $t_i \leftrightarrow P_j (P_j \notin P^G)$, т.е. t_i может быть только локальным техническим требованием.

Анализ процессов проектирования реальных систем показывает, что в общем случае $T^G \cap T_L \neq \emptyset$.

Для разрешения противоречия вводится понятие приведенного множества технических требований. Если T^G - множество глобальных

технических требований, T_n^P - множество технических требований на элемент N (локальных требований), то множество

$$T_n^P = T_n \cup (T^G \setminus (T_n \cap T^G)).$$

есть множество приведенных технических требований. Приведение множества технических требований позволяет в первую очередь учитывать локальные технические требования, поскольку выполнение указанных требований обеспечивает такое соотношение параметров, при котором элемент выполняет заданную функцию.

Выбор представления Y плекс-элемента N в процессе проектирования осуществляется на основе установления соответствия между множеством приведенных технических требований T_n^P и множеством параметров представления $P_{n,y}$.

Будем считать, что представление Y отвечает множеству технических требований T_n^P , если между одноименными техническими требованиями и параметрами из множества $P_{n,y}$ может быть установлено соответствие согласно правилам, определяемым семантикой параметра.

Построение глобальных оценок параметров представлений элемента позволяет задавать технические требования в минимаксной форме

$$\min(t_i) \text{ or } \max(t_i), t_i \in T^G.$$

Очевидно, что при этом оптимизация может осуществляться лишь по глобальным техническим требованиям, поскольку глобальные оценки строились для одноименных параметров. Множество T^G не исчерпывается лишь техническими требованиями, для которых были построены глобальные оценки одноименных параметров. В множество T^G могут входить технические требования, для которых нет глобальных оценок одноименных параметров. К таким требованиям, например, можно отнести тип каналов связи между компонентами РСОИ.

Введенные выше понятия образуют семантику представления опыта проектирования. Семантическое знание совместно с синтаксическим образуют формализованное представление опыта проектирования. Формализованное представление опыта проектирования позволяет автоматизировать и ускорить процесс проектирования. Введенные формализмы образуют множество понятий, описывающих опыт проектирования. Вместе с тем для того чтобы эффективно использовать это множество понятий, необходим единый формализм, адекватный задачам автоматизированного проектирования РСОИ. Формализмом, пригодным для этого является понятие формальных порождающих двухуровневых плекс-грамматик с заданной семантикой.

Процедура функционально-структурного проектирования РСОИ

В основе процедуры функционально-структурного проектирования лежит множество операций (функций)

$$\{SEL, MAN, UNC, ROL\}.$$

Указанное множество функций позволяет получить структурно-алгоритмическую реализацию РСОИ, отвечающую заданным техническим требованиям. Исходными данными для начала процесса проектирования является обобщенное описание РСОИ, которое включает в себя множество функциональных элементов, технических требований на них и связи между ними. Процесс проектирования представляет собой процесс детализации начального описания РСОИ, что позволяет получить реализацию проекта.

Если обозначить начальный проект через B_0 , а конечный через B_i , то процесс проектирования описывается последовательностью

$$B_0, B_1, B_2, \dots, B_i,$$

где последующее описание B_k является преобразованием предыдущего описания B_{k-1} .

Проект B_i назовем реализацией проекта B_0 , если

$$(T_j^P, B_j) \in B_i \rightarrow B_j \in V_T \cup V_K,$$

где $B_j \in V_K$ не имеет представлений.

Каждое последующее описание в последовательности является детализацией предыдущего, его преобразованием.

В диссертации показывается, что мощность последующего описания информационной системы является не меньшей, чем мощность предыдущего описания

$$|B_0| \leq |B_1| \leq |B_2| \leq \dots \leq |B_i|$$

Таким образом, процесс проектирования представляется как процесс последовательного преобразования и детализации описания начального проекта системы с целью получения его реализации, удовлетворяющей заданным исходным техническим требованиям.

Значение i указывает число шагов, которое потребовалось для получения реализации проекта B_0 .

Если последовательности получения реализации проекта РСОИ не существует, то это означает, что на некотором шаге K детализации проекта B_0 отсутствуют варианты реализации некоторых элементов, входящих в проект B_K .

Если существуют варианты реализации некоторых элементов, входящих в проект, то функция ROL позволяет вернуться на один или

несколько шагов проектирования назад и повторить процесс проектирования.

Для описания процесса проектирования введем ориентированный граф

$$(V, U),$$

где $V \subseteq V_0 \cup V_k \cup V_n$, $U \subseteq V \times V$.

На каждой дуге графа поставим разметку P_i , где P_i указывает правило из грамматики G . Таким образом, графом проектирования назовем граф (V, U, P) . Начальные вершины графа (V, U, P) соответствуют проекту B_0 , а конечные вершины (вершины, не имеющие исходящих дуг) описывают проект B_i . Если проект B_i является реализацией проекта, то это соответствует окончанию процесса проектирования.

Как видно из последовательности детализации проекта B_0 , процесс получения реализации B_i соответствует естественному ходу проектных работ и соответствует иерархическому подходу к проектированию информационной системы. Полученная реализация проекта B_0 преобразуется в описание РСОИ.

В диссертационной работе доказывается, что при условии однозначной, левонесовместимой грамматики, описывающей множество вариантов построения РСОИ и заданном критерии глобальной оптимизации, процедура функционально-структурного синтеза завершит работу за конечное число шагов. На выходе процедуры будет получен или исходный проект B_0 (в случае отсутствия удовлетворительного решения) или реализация проекта в терминах двухуровневой плекс-грамматики.

Процедура структурной-алгоритмической адаптации РСОИ

Анализ хода проектных работ показывает, что часто возникают ситуации, когда информационная система уже существует, но характеристики качества этой системы не удовлетворяют требуемым. Указанную задачу решает процедура структурной адаптации.

В основе процедуры структурной адаптации лежит применение множества операций

$$\{UNC, SEL, MAN, DIS\}$$

Процесс структурной адаптации ТС осуществляется в четыре этапа: структурирование РСОИ; преобразование описания РСОИ в форму проекта; получение реализации проекта на основе процедуры

функционально-структурного проектирования; преобразование полученного проекта в результирующую форму описания РСОИ.

Если обозначить начальное описание через C_0 , а конечное через C_i , то последовательность

$$\{C_0, C_1, C_2, \dots, C_i\}$$

описывает процесс структурирования (свертки) описания, в результате которого выявляется иерархия функционального состава РСОИ. Каждое последующее описание в последовательности является обобщением предыдущего. В результате этого процесса получается нерархическое описание, эквивалентное дереву синтаксического разбора.

В работе показывается, что мощность описания в последовательности является не большей, чем мощность предыдущего описания:

$$|C_0| \geq |C_1| \geq |C_2| \geq \dots \geq |C_i|.$$

Мощность представления компоненты РСОИ по определению метаправил грамматики больше либо равна 1. Таким образом разбив C_i на подструктуры, эквивалентные соответствующим правым частям правил, и заменив их компонентами, стоящими в левых частях правил, получим описание РСОИ C_{i+1} такое, что $|C_{i+1}| \leq |C_i|$.

Если $|C_i|=1$, то это соответствует полной структуризации информационной системы. Понятие мощности описания позволяет сформулировать понятие полноты грамматики G_i .

Грамматику G_i назовем отвечающей условиям полноты для структурирования C_0 , если конечное описание в процессе структурирования имеет мощность, равную единице. В случае если грамматика не отвечает условиям полноты, то последний элемент последовательности будет иметь мощность больше единицы, что соответствует отсутствию правила в грамматике, правая часть которого была бы эквивалентна структуре описания информационной системы.

Поскольку последовательность преобразований отражает функционально иерархию структурируемой РСОИ, то положительное решение вопроса о единственности последовательности позволяет однозначно структурировать информационную систему.

Если опыт проектирования G_i отвечает условиям непротиворечивости, адекватности и полноты, то последовательность описаний C_0, C_1, \dots, C_i , получившихся в процессе структуризации, является единственной.

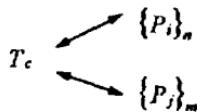
Доказательство: Предположим, что существуют две последовательности структуризаций по грамматике G_i ,

$C_0', C_1', C_2', \dots, C_i'$;

$C_0, C_1, C_2, \dots, C_i$

такие, что при $k < j$, $C_k = C_k'$, а при $k > j$, $C_k' \neq C_k$.

В силу полноты грамматики структуры C_{i-1} и C_{i-1} полностью покрываются правыми частями правил перехода. Из $C_k' \neq C_k$ следует, что существует подструктура $T_c \subseteq C_{i-1}$ такая, что покрывается разными множествами правил



где $\{P_i\}_n \neq \{P_j\}_m$

Рассмотрим полученные множества. Отношения между множествами могут быть сведены к трем случаям:

$$n = 1, m = 1$$

$$n = 1, m > 1 \text{ или } n > 1, m = 1$$

$$n > 1, m > 1.$$

Если $n = m = 1$, то получим, что два плекс-элемента имеют одинаковые представления, а это невозможно в силу непротиворечивости грамматики.

Если $n = 1, m > 1$, то получаем, что правые части правил из множества $\{P_j\}_m$ являются подцепочками правила P_n , что невозможно в силу адекватности грамматики. Случай $n > 1, m > 1$ сводится к случаю $n = 1, m > 1$.

Случай $n > 1, m > 1$ невозможен в силу единственности К-представления. Таким образом во всех возможных случаях получено противоречие, откуда следует, что $\{P_i\}_n = \{P_j\}_m$, а как следствие $C_i' = C_i$, то есть существует единственная последовательность $\{C_0, C_1, C_2, \dots, C_i\}$, отражающая функциональную иерархию РСОИ.

Задача получения РСОИ C_0' в принципе могла быть решена процедурой функционально-структурного проектирования. Но поскольку аналогичный проект уже имеется, целесообразным является не полное, а лишь частичное его изменение с целью адаптации для новых условий функционирования.

Для того чтобы получить на выходе C_0' , которое было бы минимально отличным от оптимизируемой информационной системы C_0 , процесс проектирования сверху вниз осуществляется с учетом графа, отражающего иерархию системы C_n , которая получается в процессе

структуризации C_o . На каждом шаге выполнения операции SEL в процессе детализации проекта проверяется возможность удовлетворения технических требований на элементы детализируемого проекта альтернативами, которые составляют основу графа, отражающего иерархическое описание системы C_o . Чем больше технических требований удовлетворено за счет указанного графа, тем меньше C_o будет отличаться от C_o .

Мощность описания $C_o' \subseteq C_o$, остающегося без изменения после структурной оптимизации, равна числу путей из начальных вершин в конечные вершины графа проектирования, таких, которым соответствует аналогичный путь в графе иерархического описания информационной системы.

Доказательство: согласно определению графа проектирования и графа иерархического описания системы, пути будут аналогичными, если они проходят через одни и те же вершины и разметка соответствующих дуг графов совпадает. Каждая дуга графов помечена правилом грамматики G_i , породившим эту дугу. Таким образом, множества конечных вершин, в которые ведут одинаковые пути, порождены одинаковыми множествами правил грамматики G_i и следовательно описывают тождественные части в описании C_o и C_o' .

Выделив тождественные части, можно однозначно определить различающиеся части. Чем меньше различие между C_o и C_o' , тем меньшее число изменений необходимо вносить в C_o для того, чтобы получить описание РСОИ, удовлетворяющей новым условиям эксплуатации информационной системы.

Объектио-ориентированная система автоматизированного проектирования РСОИ

В диссертационной работе предложена архитектура аппаратно-программного комплекса автоматизированного проектирования РСОИ. Он включает следующие основные подсистемы:

центральную специализированную базу данных, обеспечивающую эффективное хранение и обработку спецификаций информационных систем и их структурно-алгоритмических компонент в виде двухуровневых атрибутных грамматик;

специализированный графический редактор "РЕ-+" ввода и редактирования спецификаций информационных систем и их компонент;

подсистему генерации проектных решений в ручном и автоматическом режиме на основе заложенных в базу данных вариантов построения РСОИ;

подсистему документирования полученных проектов информационных систем;

подсистему административного управления проектом, обеспечивающую контроль за сроками проектных работ и поддержку версий разрабатываемых проектов РСОИ;

подсистему оценочного сборочного программирования, позволяющую на ранних этапах оценить ресурсы и характеристики проектируемой системы.

Внедрение результатов исследований

Предложенные в работе методика и процедуры автоматизированного проектирования использованы при проектировании региональных информационных систем. Анализ практики развертывания РСОИ позволил определить комплекс типовых технических требований к региональным системам и типовые технологии распределенной обработки информации. В диссертации рассматриваются разработанные и внедренные под руководством автора информационные системы:

система "ОКО" оперативного контроля и управления информацией управления внутренних дел г. Челябинска;

система "РИВС" экологического мониторинга и контроля состояния здоровья населения в зоне деятельности ПО "Маяк" в Уральском регионе;

система административно-хозяйственного управления муниципальными предприятиями и организациями г. Челябинска.

Определены основные группы критериев при проектировании РСОИ объемные {V}, определяющие объем вводимой, обрабатываемой и хранимой информации;

временные {T}, определяющие периодичность ввода информации, время хранения информации и максимальное время реакции системы на информационный запрос;

надежностные {P}, задающие вероятность отказа системы и среднее время восстановления системы после отказа;

структурные {S}, определяющие топологию вычислительной сети, распределение мест ввода, обработки и хранения информации;

контекста среды {E}, определяющие наличие связанных информационных систем, существующих каналов связи и предпочтительных технологий обработки информации;

стоимостные {C}, связанные с ограничениями на стоимость реализации и эксплуатации РСОИ.

В работе рассматриваются три базовых варианта архитектуры РСОИ, основанные на различных технологиях обработки информации. Централизованная, основанная на компактно расположенному универсальном вычислительном комплексе с простейшим терминальным оборудованием на рабочих местах пользователей. Диаметрально противоположной централизованной архитектуре является распределенная файловая, предусматривающая локальную обработку информации на удаленных рабочих местах, объединенных общими системами хранения файлов. Промежуточное положение между ними занимает архитектура "Клиент-сервер", обеспечивающая гибкое распределение функций по обработке информации между общими центрами по хранению информации и терминальными системами ввода-вывода. Показано, что наиболее сложной в структурном отношении, обеспечивающей оптимальное соотношение расширяемости, необходимой производительности и стоимости, является архитектура "Клиент-сервер". Рассматриваются основные компоненты и типовые технологии реализации структурно-алгоритмических компонент РСОИ (рис. 4).

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. В качестве единого математического аппарата описания структурных и алгоритмических компонент РСОИ предложена единая математическая модель на основе двухуровневых формальных контекстно-свободных грамматик, обеспечивающих представление процесса проектирования РСОИ как последовательности модельных преобразований.

2. Предложенные в диссертационной работе расширения аппарата атрибутных формальных грамматик позволили получить адекватные описания:

- структурных свойств компонент РСОИ на основе расширения теории формальных плекс-грамматик;
- параметрических свойств РСОИ с использованием функций свертки-развертки параметров как дополнительных атрибутов правил вывода формальных грамматик;

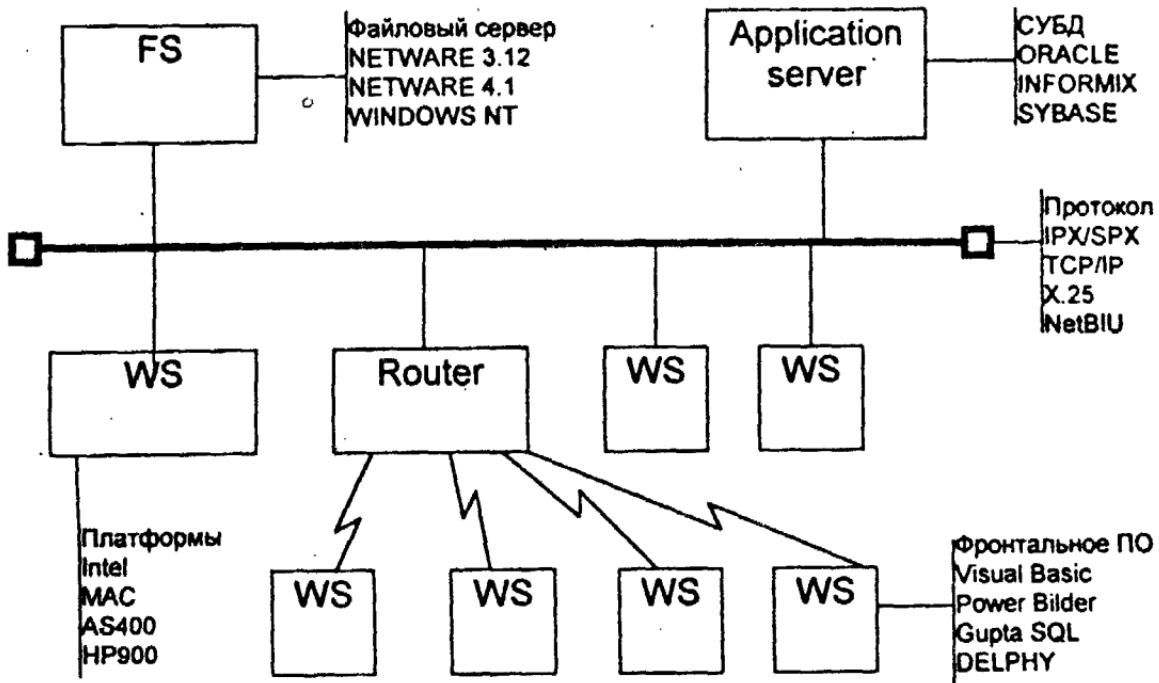


Рис. 4 Варианты структуры РСОИ с архитектурой "Клиент-сервер"

- временных свойств структурно-алгоритмических компонент РСОИ на основе введенной в работе алгебры исчисления интервалов.

3. Использование предложенных автором процедур синтаксической генерации позволяет вести автоматизированное проектирование РСОИ на основе типовых структурно-алгоритмических компонент, получая проектные решения, соответствующие исходной спецификации и оптимальные в терминах формализованного описания предметной области.

4. Предложенные в работе алгоритмы и процедуры создают функционально полный базис автоматизированного проектирования РСОИ, как цепочки модельных преобразований, соответствующих разным уровням детализации описания РСОИ.

5. В результате проведенных исследований автором разработана сквозная технология автоматизированного проектирования РСОИ организационно-экономического типа, обеспечивающая сокращение сроков и повышение качества внедряемых информационных систем регионального и ведомственного уровней.

6. Предложена интегрированная структура объектно-ориентированной системы автоматизированного проектирования РСОИ, обеспечивающая эффективную поддержку процесса проектирования информационных систем, начиная с подготовки спецификации проекта до проведения стендовых испытаний.

7. Основным практическим результатом работы является разработка на основе проведенных в диссертации исследований и широкое внедрение организационно-экономических РСОИ на промышленных предприятиях и в организациях Южного Урала. Результаты научных исследований использованы при подготовке учебных курсов специальности 22.01 в Челябинском государственном техническом университете.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Мельников А.В. Организация в САПР компонент поиска новых технических решений. В сб.: Автоматизация проектирования в электротехнике и энергетике.-Иваново, ИГУ, 1982.-8с

2. Афанасьев А.И., Мельников А.В. Формализация описания систем при поисковом конструировании. В сб.: Разработка и внедрение систем автоматизированного проектирования в машиностроении.-Ижевск, ИМИ, 1983.-3с.

3. Кондрашин А.В., Мельников А.В., Белов А.Л. Автоматизированный структурный синтез систем автоматического

управления на базе универсальных программных средств. В сб.: Автоматизация поискового конструирования и подготовка инженерных кадров.-Иваново, ИЭИ, 1983.-2с.

4. Мельников А.В., Афанасьев А.И. Многотерминальная система структурного проектирования систем управления. В сб.: Автоматизация поискового конструирования и подготовка инженерных кадров.-Иваново, ИЭИ, 1983.-2с.

5. Мельников А.В., Афанасьев А.И. Структурное проектирование интерфейсов микропроцессорных систем. В сб.: Микропроцессорные системы в автоматизации научных исследований.-Челябинск, ЧПИ, 1983.-2с.

6. Мельников А.В. Постановка задачи структурного проектирования технических систем. В сб.: Проектирование автоматических систем и элементов.-Челябинск, ЧПИ, 1983.-2с.

7. Афанасьев А.И., Мельников А.В. Разработка интерфейса распределенных систем управления на основе структурного проектирования. В сб.: Математическое обеспечение САПР и ГАП в машиностроении.-Ижевск, ИМИ, 1984.-3с.

8. Крушный В.В., Мельников А.В. Проектирование микропроцессорных вычислительных систем и комплексов.-Челябинск, ЧПИ, 1984.-79 с.

9. Мельников А.В., Хмельнов С.Ю., Глубоков А.Д. Принципы реализации систем оперативного управления ГАП. В сб.: Математическое обеспечение интегрированных систем САПР ГАП.-Куйбышев, КПИ, 1985.-3с.

10. Мельников А.В., Хмельнов С.Ю. Принципы реализации сетевого контроллера с гарантированным временем доставки данных. В сб.: Вычислительные сети коммутации пакетов.-Рига, ИЭВТ, 1985.-4с.

11. Мельников А.В., Афанасьев А.И. Методы структурного проектирования функциональных компонент ЭВМ. В сб.: Аппаратура, методы идентификации и управления на базе ЭВМ для сложных технических объектов.-Свердловск, 1985.-2 с.

12. Мельников А.В. Идеология виртуальных устройств в программном обеспечении ЛВС. В сб.: Логическое управление в промышленности.-Ташкент, 1986.-3с.

13. Мельников А.В., Хмельнов С.Ю. Принципы построения микропроцессорного контроллера ЛВС. В сб.: Логическое управление в промышленности.-Ташкент, 1986.-3с.

14. Мельников А.В., Глубоков А.Д. Использование принципа виртуальных устройств для организации сети рабочих мест ГАП. В сб.: Математическое обеспечение интегрированных систем САПР-ГАП.-Ташкент, 1986.-3с.
15. Надточий И.Л., Мельников А.В. Программное обеспечение САПР и технология его разработки.-Челябинск, ЧПИ, 1987.-97 с.
16. Чапцов Р.П., Мельников А.В. Автоматизация проектирования микропроцессорных структур с помощью системы РАСТР в учебных курсах специальности 0608. В сб.: Внедрение микропроцессорных устройств в промышленности.-Челябинск, ЧПИ, 1987.-2с.
17. Мельников А.В. Система диспетчирезации работы производственного участка в рамках ГАП. В сб.: Автоматическое регулирование и элементы исполнительных систем.-Челябинск, 1987.-2с.
18. Мельников А.В. Объектно-ориентированное программирование при разработке и создании интегрированных САПР. В сб.: Математическое обеспечение интеллектуальных систем.-Ижевск, 1988.-6 с.
19. Мельников А.В. Гибкий комплекс аппаратно-программных средств проектирования распределенных систем управления ГПС. В сб.: Логическое управление с использованием ЭВМ.-Москва, 1988.-3 с.
20. Мельников А.В. Подход к реализации систем генерации ПО на базе атрибутных грамматик. В сб.: Логическое управление в промышленности.-Ижевск, 1990.-5 с.
21. Афанасьев А.И., Мельников А.В., Найденов В.В. Технологический комплекс разработки и поддержки надежности программного обеспечения систем управления. В сб.: Логическое управление в промышленности.-Ижевск, 1990.-6 с.
22. Мельников А.В. Спецификация программного обеспечения систем управления на основе двухуровневых грамматик. В сб.: Радиоэлектроника и радиотехника.-Челябинск, ЧГТУ, 1994.-6 с.
23. Мельников А.В. Абстракция временных свойств программного обеспечения. В сб.: Радиоэлектроника и радиотехника.-Челябинск, ЧГТУ, 1994.-7 с.
24. Калинин Э.О., Мельников А.В., Ярош Е.С. Опыт организации распределенных информационных систем коммунальных служб города и области. В сб.: Открытые системы - решение для нового мира.-Москва, 1994.-4 с.
25. Логиновский О.В., Мельников А.В., Улиссеев Е.А. Информатизация муниципального управления и хозяйства г. Челябинска. В

сб.: Информационные процессы, технологии, системы, коммуникации и
сети.-Москва,1995.-6 с..

Подписано в печать 1.II.1995 г. Формат 60x90/16
Объем 2 п.л. Тираж 100 экз. Заказ №1396

Типография Московского государственного горного
университета. Ленинский проспект, 6