

Российская академия наук  
Сибирское отделение

Институт систем информатики  
Ежегодный отчет  
1993

Новосибирск 1993

Директор д.ф.-м.н. *И.В.Поттосин*  
*e-mail ivp@isi.itfs.nsk.su*

Зам. директора по науке к.ф.-м.н. *А.Г.Марчук*  
*e-mail mag@isi.itfs.nsk.su*

Зам. директора по экономике *Е.П.Кузнецов*  
*e-mail major@isi.itfs.nsk.su*

Ученый секретарь к.ф.-м.н. *В.И.Константинов*  
*e-mail viknst@isi.itfs.nsk.su*

Мемориальная библиотека А.П.Ершова,  
Отдел научно-технической информации  
*e-mail cher@isi.itfs.nsk.su*

630090  
Новосибирск 90  
Пр. Акад. Лаврентьева, 6  
Институт систем информатики  
Тел. (383-2) 35-56-52  
Факс (383-2) 32-34-94

В 1993 году Институтом систем информатики СО РАН по программе Сибирского отделения РАН "Математическое моделирование, информационные технологии и вычислительная техника" выполнялись работы по семи темам:

1. Архитектура и базовое программное обеспечение рабочих станций и комплексов.
2. Теоретические исследования в области формальных моделей, вычислений, структур ЭВМ, методов распараллеливания.
3. Разработка инструментальных систем программирования.
4. Исследование и разработка средств и систем искусственного интеллекта.
5. Разработка и создание сетевых телекоммуникационных структур в интересах СО РАН.
6. Исследование и разработка высокопроизводительных модульных и параллельных ЭВМ.
7. Создание САПР заказных СБИС по методике кремниевой компиляции.

Кроме того, велись работы по четырем научно-исследовательским проектам:

1. Создание технологии разработки программного обеспечения для встроенных ЭВМ на перспективных рабочих станциях (ГНТП "Информатизация России").
2. Трансформационный подход к конструированию эффективных и надежных программ: модели, методы и алгоритмы (Российский фонд фундаментальных исследований).
3. Методы и инструменты отладки и тестирования (Российский фонд фундаментальных исследований).
4. Исследование методов анализа и верификации параллельных вычислительных систем, программ и процессов (Российский фонд фундаментальных исследований).

В итоге проведенных исследований получены следующие основные результаты:

1. Проведено исследование формальных методов анализа и преобразования программ. Доказано свойство полноты механизма аннотаций директив для описания преобразований программ. Разработан и использован в системах преобразований рекурсивных схем аппарат допустимых переписываний термов. Описана аппроксимационная семантика аппликативного языка и на ее основе разработан метод анализа се-

## 1.1. Методы и средства спецификации и верификации параллельных программ и систем

мантических свойств аппликативных программ, позволяющий обнаруживать в них несущественные конструкции.

2. Разработан комплект инструментов повышения эффективности и надежности программ в окружении программирования для встроенных ЭВМ, включающий анализатор семантических свойств, специализатор универсальных программ, оптимизирующий кодгенератор и глобальный оптимизатор. Выполнена их масштабная реализация в рамках системы СОКРАТ.

3. С целью спецификации и верификации параллельных и распределенных систем исследован ряд семантических моделей и логик. Получены характеристики структур событий в контексте алгебраических спецификаций. Построена семантическая модель для потоковых сетей с цветными фишками. Предложены фрагменты программных логик с неподвижными точками, для которых разработаны полиномиальные алгоритмы разрешения формул на конечных моделях.

4. Исследованы методы интеграции средств представления знаний в интеллектуальных системах. Спроектированы и реализованы прототипы инструментальных систем искусственного интеллекта, использующие объектно-ориентированные представления, системы продукций и обобщенные вычислительные модели.

5. Разработан комплекс средств управления базами данных во встроенных системах, включающий в себя отказоустойчивую систему управления данными, модель данных для представления сложноустроенных объектов хранения, систему построения интерфейсов конечного пользователя.

Все выполненные в институте работы можно отнести к одному из следующих основных направлений:

- фундаментальные проблемы информатики (теоретическое программирование, прикладная логика, методы описания сложных систем и т.п.);
- модели конструирования программ и поддерживающие их инструментальные системы программирования;
- системы искусственного интеллекта и прикладные программные системы;
- архитектура ЭВМ, телекоммуникационные системы, управляющие программно-аппаратные комплексы.

Охарактеризуем эти работы более детально.

В лаборатории теоретического программирования ИСИ СО РАН в 1993 г. проводились исследования по теории сетей и их применению для моделирования параллельных систем, а также по проблемно-ориентированной спецификации и верификации программ.

Остановимся на исследованиях сетевых моделей: сетей Петри, причинно-следственных структур и структур событий. Для сетей Петри изучалась известная разновидность отношения эквивалентности — бисимуляция, для которой остается открытым следующий вопрос: разрешима ли проблема распознавания бисимуляции сетей Петри. Установлена неразрешимость следующей проблемы: является ли заданное отношение бисимуляцией в классе сетей Петри. Доказана разрешимость бисимуляции мест сетей Петри. Построен и обоснован эффективный алгоритм отображения причинно-следственных структур в регулярные сети Петри.

Изучались также временные сети Петри, предложенные Мерлиным, для которых сформулированы ограничения, определяющие подкласс временных сетей без пересечения интервалов срабатывания. Хотя этот класс обладает универсальной выразительной мощностью, класс свободных языков для него оказался уже класса свободных языков произвольных временных сетей. Свойства выделенного класса сетей позволяют упростить построение графа достижимых состояний.

Введены и исследованы ряд аксиом (свойств дискретности, плотности, "перекрещивания") параллельных процессов, изначально предложенных К. Петри, для "первичных" структур событий. Установлены необходимые и достаточные условия ряда свойств плотности и "перекрещивания". Описан язык алгебраических спецификаций, термины которого представляют конечные плотные структуры событий.

Продолжена работа над проектом NETCALC, посвященным исследованию алгоритмов, принципов организации и разработки систем программирования для спецификации, анализа и моделирования параллельных систем. В качестве основы проекта используются модели, базирующиеся на сетях Петри и их разнообразных обобщениях. В рамках проекта ведется реализация интегрированного программного комплекса, поддерживающего работу с сетевыми моделями. Комплекс включает следующие основные компоненты: настраиваемый графический редактор иерархических сетевых структур; анализатор структурных и пове-

денческих свойств моделей: блок имитационного моделирования и отладки. В отчетном году исследовались возможности ориентации комплекса на работу с весьма важным типом распределенных систем — коммуникационными протоколами. В связи с этим класс моделей был существенно расширен за счет рассмотрения моделей, учитывающих время. Были проведены эксперименты по анализу и моделированию некоторых типовых протоколов.

В области исследований логических средств анализа и верификации программ разработан алгоритм верификации свойств поведения сетей Петри, в которые введены непрерывные временные характеристики, связанные с переходами сети. Верификация выполняется с использованием аппарата темпоральной логики реального времени TCTL. Установлена полиномиальная оценка сложности разработанного алгоритма верификации.

Для самой мощной по выразительной силе программной логики — мю-исчисления — описан богатый фрагмент, для которого предложен эффективный (полиномиальный) метод оценки формул (для всего мю-исчисления пока неизвестно аналогичного по эффективности метода). На этой основе реализован прототип системы верификации свойств машин с конечным числом состояний.

Продолжалась работа над новым комбинированным языком REAL, предназначенным для спецификации систем реального времени и их свойств. Язык базируется на недетерминированной версии известного языка SDL, принятого в качестве стандарта для спецификации систем связи, а также на расширении логики ветвящегося времени. Разработано формальное описание синтаксиса языка REAL, а также описана формальная семантика подмножества REAL с использованием современной техники Плоткина.

Разработана и реализована новая версия проблемно-ориентированной системы верификации программ СПЕКТР, которая использует базы знаний. Ядро баз знаний — аксиоматическая система — состоит из аксиом, представляющих собой условные правила переписывания термов, как стандартного, так и предложенного нами вида, включающего разбор случаев. Разработана база знаний для программ сортировки массивов, состоящая из аксиом (стандартного и нового видов), стратегий доказательства и разрешающих процедур. Проведен эксперимент по автоматической верификации программ сортировки, линейной алгебры и трансляторов, который позволил расширить и отладить базы знаний. Для баз знаний реализован модуль расширения, позволяющий добавлять новые аксиомы в естественной нотации.

В 1994 году будут продолжены теоретические исследования по следующим направлениям:

- язык спецификаций систем реального времени REAL;
- сети Петри, расширенные за счет введения временных интервалов, цветных фишек и средств иерархии;
- временные и динамические логики, включая мю-исчисления;
- структуры событий как средство алгебраической спецификации.

Будет разработана новая версия программной системы NETCALC, поддерживающая работу с сетевыми моделями, расширенными за счет введения цветных фишек и временных интервалов. Намечено провести эксперименты по анализу сетевых протоколов с помощью разработанной системы.

Создается новая версия экспериментальной проблемно-ориентированной системы верификации программ, использующая универсальный генератор условий корректности, а также стратегии доказательства, ориентированные на программы обработки файлов.

## 1.2. Трансформационный подход и смешанные вычисления

В лаборатории конструирования и оптимизации программ велась разработка теоретических основ и практических методов повышения эффективности и надежности программного обеспечения на основе трансформационного подхода и аннотирования программ.

В плане развития теории трансформационного программирования как одного из основных методов доказательного программирования проводились исследования формальных методов анализа и преобразования программ.

Исследовалась полнота механизма аннотаций директив с точки зрения реализации различных процессов обработки программ. Было показано, что любой нормальный алгоритм Маркова может быть промоделирован процессом преобразования текстов программ, аннотированных директивами (причем ограниченного вида), который не только дает тот же результат преобразования, что и нормальный алгоритм, но и реализует ту же (с точностью до аннотаций) последовательность шагов обработки.

Исследовались два класса эквивалентных преобразований рекурсивных схем. Первый класс содержит преобразования, которые сохраняют описанную Б.Розеном древесную эквивалентность рекурсивных схем, а преобразования второго класса сохраняют более слабую функциональную эквивалентность. Разработан аппарат допустимых систем переписывания термов. Построена система эквивалентных преобразований,

сохраняющих древесную эквивалентность, основанная на применении правил из допустимых систем переписывания термов. Исследованы возможные ослабления отношения древесной эквивалентности и предложена квазиразрешающая процедура, подобная процедуре Кнута—Бендикса, для распознавания древесной эквивалентности рекурсивных схем.

Описана аппроксимационная семантика аппликативного языка средствами недетерминизма и доказана ее корректность. Разработан эффективный способ вычисления этой семантики, с помощью которого можно автоматически обнаруживать некоторые типы семантических ошибок в аппликативных программах. Предложен метод выявления несущественных вычислений в аппликативных программах.

Разрабатывались методы и комплект инструментов повышения эффективности и надежности программ в окружении программирования для встроенных ЭВМ, включающий анализатор семантических свойств, специализатор универсальных программ и оптимизирующий кодогенератор. Комплект ориентирован на двухэтапный процесс разработки программного обеспечения систем управления: на первом создается универсальная программа — общее программное решение для целого класса конкретных применений, на втором происходит настройка общего решения на конкретное применение.

Реализован оптимизирующий генератор кода для подмножества языка Модула-2 для двух целевых архитектур (фактически отсутствуют только вложенные процедуры). При этом разработан ряд новых алгоритмов, превосходящих известные по общности и мощности (уменьшение силы операций, оптимизация программ в SSA-форме). Предварительные эксперименты показывают, что даже без использования глобального оптимизатора и результатов глобального анализа качество генерируемого кода сопоставимо с качеством кода, написанным вручную на языке ассемблера.

В рамках работ над специализатором Модула-программ разработаны и реализованы некоторые макетные модели данных и алгоритмов для анализа свойств и проведения оптимизирующих преобразований над внутренним представлением Модула-программ. Проработаны языковые средства управления преобразованиями. Реализован макетный образец монитора диалогового управления преобразованиями.

Разработаны алгоритмы и реализован макет анализатора семантических свойств Модула-программ, выявляющий свойства, использование которых целесообразно при отладке, специализации и генерации кода в ходе построения надежного и эффективного программного обеспечения. Среди свойств — константность значения выражения в за-

данной точке программы; деление на ноль; принадлежность диапазону и др.

Выполнено исследование систем оптимизирующих и реструктурирующих (распараллеливающих) преобразований и промежуточных представлений программ, подготовлен обзор современного состояния и тенденций развития VLIW-архитектуры, разработана концепция программного окружения для поддержки исследования методов и алгоритмов оптимизирующей трансляции, настраиваемой на классы ЭВМ перспективных архитектур.

Создан прототип средств повышения эффективности и надежности программного обеспечения бортового комплекса управления (БКУ) для БЦВМ "С-21". Разработаны предложения по их развитию как интеллектуализированного CASE-средства для создания мобильного программного обеспечения многофункционального БКУ на основе типовых программных компонентов, трансформационного подхода и построения языков управления для конкретных предметных областей.

Планы НИР лаборатории на 1994 г. включают:

1. Исследование теоретических основ трансформационного программирования, построение полных систем преобразований для различных моделей программ, в частности для схем с независимыми переменными и монадических рекурсивных схем.

2. Исследование проблем глубокого семантического анализа в задачах оптимизирующей генерации, специализации, распараллеливания и поиска содержательных ошибок и разработка эффективных алгоритмов для решения этих задач.

3. Проведение экспериментов с разработанными макетами инструментов повышения эффективности и надежности программ для встроенных ЭВМ, а также развитие этих инструментов в сторону повышения эффективности их работы, расширения применимости, архитектурной настраиваемости и улучшения пользовательского интерфейса.

4. Исследование методов и алгоритмов оптимизирующей трансляции, настраиваемой на классы ЭВМ перспективных архитектур. Разработка базовых алгоритмов и экспериментальная реализация фрагментов программного окружения для поддержки исследования настраиваемой оптимизирующей трансляции. Разработка логической структуры программного окружения.

В НИГ смешанных вычислений проводились фундаментальные исследования по тематике смешанных вычислений и анализа программ. В частности, проводились работы, связанные с автопроектором Similix: — осуществлен перенос последней версии автопроектора на IBM PC;

— предложен новый метод адаптации, использование которого позволило избежать разделения процесса преобразования программы на отдельные модули, повысить скорость работы автопроектора и увеличить объем оперативной памяти, доступной для системы Simiix.

Велись работы по развитию метода поливариантного анализа периода связывания на функции высших порядков.

В рамках исследования стратегий смешанных вычислений и разработки смешанного вычислителя для императивных языков созданы методы off-line прямого и обратного анализа периода связывания. Для достаточно мощного императивного языка (фактически подмножества Алгола) построен моновариантный процессор со следующими свойствами:

- по типам данных;
- способен специализировать данные структурных типов (записи, массивы и объединения) произвольного уровня вложенности; при этом порождаются минимально необходимые остаточные типы данных;
- по набору операторов;
- способен специализировать полный стандартный набор операторов императивных языков; в настоящий момент допускаются управляющие операторы со статическими тестами;
- анализ периода связывания допускает использование пользовательских процедур;
- специализатор ограничен стандартными процедурами.

В 1994 г. планируется продолжить исследования частичных вычислений для императивных программ. Результатом работы должна явиться работающая система частичных вычислений — система для реального императивного языка (с полным набором традиционных управляющих конструкций и структур данных). Будет уделено внимание следующим вопросам:

- поливариантному варианту специализации;
- специализации вызовов процедур;
- специализации динамических данных;
- исследованию возможностей двунаправленного анализа периода связывания.

Другое направление исследований 1994 г. — трансформационный подход в логическом программировании. Целью исследований является разработка базисного набора трансформаций для логических программ, теоретических способов обоснования корректности трансформаций для различных семантик логических программ и, наконец, создание программного окружения для логического программирования.

Одно из направлений лаборатории системного программирования — разработка алгебраической модели императивного языка программирования. Проблема заключается в поиске формального аппарата, способного одними и теми же средствами описывать как разнообразные структуры данных, обеспечиваемые современным языком программирования, так и структуры управления. Для решения задачи был предложен аппарат структурированных спецификаций, базирующийся на понятиях многосортных алгебр. Основными компонентами структурной спецификации являются:

- тип данных;
- типовый вид;
- класс типов данных;
- отделенная операция.

Типы данных служат для создания и манипулирования данными, представляемыми в программах выражениями. Типовые виды служат для создания и манипулирования типовыми единицами, представляемыми в программах типовыми термами (обозначениями типов данных). Классы типов данных позволяют разбить множество типов данных на пересекающиеся подмножества групп операций, что облегчает составление и анализ полиморфных конструкций. Отделенные операции задают действия, не зависящие от конкретных типов данных (например структуры управления).

Предложенный аппарат был использован для формального описания языка программирования с такими данными, как память, переменная, константа, указатель, последовательность, массив, диапазон, запись (декартово произведение), вариант (размеченное объединение), процедура и функция, и такими структурами управления, как линейные, условные и циклические выражения.

В 1994 г. предполагается использовать предложенный аппарат для создания языка спецификаций баз данных.

## 2. МОДЕЛИ КОНСТРУИРОВАНИЯ ПРОГРАММ И ПОДДЕРЖИВАЮЩИЕ ИХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

### 2.1. Методы и модели конструирования программ

Основным направлением работ лаборатории системного программирования было создание моделей конструирования программ в развитых

окружения программирования и разработка методов и механизмов по инструментальной поддержке. Практическое приложение этих результатов — в технологии разработки программ для встроенных ЭВМ.

Модели и методы конструирования программ исследовались и разрабатывались в следующих аспектах:

#### 2.1.1. Создание модели гипертекстовой среды, удобной для проектирования и разработки программ

Продолжалось развитие гипертекстовой среды программирования и документирования. Пометкам, обеспечивающим выборку подтекстов, приданы функциональные действия, вызываемые перед и после части текста, специфицированного данной пометкой. Это существенно расширило сферу применения пометок, например: с помощью набора функциональных пометок реализована программа генерации документов. В рамках гипертекстового редактора разработаны и реализованы средства макрогенерации. Реализовано получение графического представления дерева вложенности сегментов по структурным ссылкам. Создана первая версия прикладной информационно-справочной системы: сопровождения архива разработки программ. Разработана и реализована связь гипертекстового редактора с некоторыми другими редакторами. Предложен язык проектирования бортового ПО на базе гипертекста, основанный на описании функционирования изделия в полужормальном языке.

#### 2.1.2. Разработка методов и механизмов интеграции компонентов окружения

Технология объектно-ориентированного взаимодействия, использованная для интеграции компонентов окружения, была развита в сторону повышения динамики взаимодействия при сохранении статического связывания внутри компонентов:

— объектно-ориентированные средства реализованы с использованием традиционного языка программирования, при этом обеспечивается возможность использовать классы в качестве значений переменных;

— разработана универсальная модель динамического именования, обеспечивающая присвоение программным сущностям динамических имен в контексте других сущностей;

— механизм преобразования объектов к текстовому виду и обратно использован для получения сохраняемых и перемещаемых образов объектов.

Для обеспечения раздельной разработки и модификации собственно программ окружения и их пользовательских интерфейсов (структур окон и других элементов диалога) разработан механизм взаимодействия абстрактных и конкретных объектов пользовательского интерфейса.

#### 2.1.3. Разработка общей модели отладки

Выделена общая функциональная база для средств тестирования и отладки на основе понятия "контролируемого исполнения программы".

Разработана обеспечивающая настройку на целевую машину и язык программирования модель отладки и тестирования, описывающая функционирование управляемой событиями системы объектов-реакций. Рассматривается пара процессов — процесс исполнения, порождающий события, и процесс управления, обрабатывающий их.

Система классов событий, различающихся по причине и по уровню, позволяет описать в рамках модели:

— передачу информации между процессами, включая сообщения о состоянии отлаживаемой программы и задание отладочных действий;

— преобразование информации об объектах исходной программы в информацию об объектах машинного уровня и наоборот. При этом открытый характер таблиц преобразования (фактически, наборов объектов) позволяет описывать различные целевые машины и языки, а также сложные правила соответствия, характерные для оптимизированного кода;

— сложную, в том числе параллельную, структуру исполнения отлаживаемой программы и управляемую событиями структуру программы-монитора.

Создана близкая к этой модели библиотека отладки, на основе которой разработаны единые средства, реализующие режим пакетного тестирования и диалоговой отладки.

#### 2.1.4. Создание интерфейсов для процессоров семантической обработки программ

Для поддержки разработки языковых процессоров семантической обработки программ в проекте СОКРАТ реализованы следующие интерфейсы, библиотеки программ и технологические механизмы:

— внутренний язык представления Модуля-программ со средствами построения, модификации и анализа программ на внутреннем языке;

— средства визуализации на экран Модуля-программы в процессе ее модификации языковым процессором;

— глобальный (межпроцедурный и межмодульный) потоковый анализ программ с произвольными иерархическими структурами данных;

— граф-технология и пакет работы с граф-объектами, которыми являются программы на внутреннем представлении.

#### 2.1.5. Разработка алгоритмов и методов инструментальной поддержки структурного конструирования

Разработан метаязык и структура языковой подсистемы структурного редактирования, позволяющей поддерживать многоязыковость, расширяемость и динамическую настраиваемость структурных редакторов. Создан модифицированный вариант интерпретатора незавершенных программ, включающий вызовы внешних процедур.

#### 2.1.6. Создание системы измерений и оценки статических и динамических характеристик программ (система оценки качества программного продукта)

Определены три начальных направления исследования: статические характеристики программ и на их основе оценка сложности программы, статические характеристики программ и их применение для оценки тестируемости программы, динамические характеристики программ. Проведен анализ существующих методов и средств оценки сложности программ, подготовлен аналитический обзор. Предложен набор мер для оценки сложности модульной программы. Разработан алгоритм для построения минимального дугового покрытия управляющего графа Модула-2-программ. Разработаны макеты программных компонентов для всех трех направлений.

#### 2.1.7. Создание настраиваемого оптимизирующего генератора кода

Разработан (совместно с лабораторией конструирования и оптимизации программ) оптимизирующий генератор кода для бортовой ЭВМ. Реализован набор оптимизирующих преобразований, как машинно-независимых, так и машинно-ориентированных, обеспечивающих хорошее качество получаемой программы. Разработан механизм прагм, допускающий гибкое задание режимов трансляции, управление оптимизацией по памяти и по времени, описание интерфейса получаемых программ и их связи с бортовой ОС. Создан интерфейс генератора кода и диалогового отладчика. Генератор кода включен в состав интегрированной системы. Для тестирования генератора создано технологическое ПО, включающее редактор связей и эмулятор бортовой машины и обеспечивающее высокую скорость прогона тестов. Кроме того, написаны библиотеки поддержки исполнения сгенерированных программ.

#### 2.1.8. Создание средств реализации расширяемых языков

Создан макет универсального синтаксического анализатора для языков с открытым синтаксисом, объединенный с пошаговым генератором интерпретируемого представления модифицируемой грамматики.

Класс разбираемых языков является нестандартным расширением LR(0), допускающим сравнительно богатый класс языков (включаящий, например, Си) при весьма естественном их описании.

Для динамической модификации грамматики разработан алгоритм динамической композиции и декомпозиции детерминированных конечных автоматов. Алгоритм пригоден и для динамической модификации лексики. В пределах одного результирующего автомата алгоритм допускает динамическое подключение и отключение не только отдельных правил, но и (модифицируемых) модулей.

Проводилась также работа по языкам и языковым процессорам: готовится российский стандарт языка Модула-2, разработан макет инкрементальной среды и базы данных проекта для языка Ада.

В 1994 году предполагается провести экспериментальный анализ прототипных инструментов в окружениях программирования встроенных ЭВМ и выработать подходы по их развитию.

Первый слой инструментов (прототипов и рабочих версий) в принципе разработан. Проблема сейчас состоит в их встраивании в конкретную технологию разработки программ для встроенных ЭВМ с целью выяснения их достоинств и недостатков. Другой аспект — совершенствование моделей (в том числе на основе экспериментов) и более последовательная их реализация.

Как практическое приложение результатов исследований и разработок весьма желательно перенесение отдельных инструментов и их совокупностей на другие платформы, а также их обособление для независимого (или в комбинации с иными окружениями) существования.

Желательно также расширение реализуемых языков программирования (скорее всего, Си и Си++), для чего следует повысить языковую независимость компонент.

#### 2.2. Переносимые компиляторы и объектно-ориентированные системы

В лаборатории САПР и архитектуры СБИС проводились исследования в области переносимых компиляторов и архитектуры расширяемых объектно-ориентированных (ОО) систем.

Одним из важных в современном объектно-ориентированном программировании является вопрос о множественном наследовании. Введение множественного наследования в язык приводит к существенному усложнению языка и некоторой потере эффективности при реализации. В то же время выразительная мощность языков с одиночным наследованием может оказаться недостаточной для некоторых применений. Были исследованы возможности использования ограниченной версии множественного наследования, предложена модель асимметричного множественного наследования, которая существенно увеличивает мощность языка по сравнению с одиночным наследованием, оставаясь в то же время существенно проще и эффективнее в реализации, чем стандартная модель множественного наследования.

#### Переносимость ОО систем

В рамках исследования переносимости объектно-ориентированных систем была сделана попытка выделения такого уровня интерфейса системы классов, реализация которого на любой платформе позволила бы перенести произвольный программный продукт, базирующийся на этой системе классов. В ходе работы были разработаны два новых переносимых алгоритма сборки мусора. В 1994 году продолжались работы по переносу системы классов Mithril на различные платформы.

Исследовалась применимость ОО языков и ОО проектирования при разработке компиляторов. В частности, проведена разработка структуры компилятора, построенного в виде системы взаимодействующих объектов. Конкретный компилятор может конструироваться в процессе исполнения посредством динамического знакомства конкретных объектов. Такая структура компилятора существенно увеличивает гибкость системы и возможности ее конфигурации.

Была проведена экспериментальная разработка компилятора, причем изначально выделен абстрактный базис компилятора, в дальнейшем реализованный. Для некоторых абстракций были реализованы несколько конкретизаций. Выбор конкретной реализации может зависеть как от архитектуры (выбор кодогенерации), так и от операционной системы (выбор интерфейса с ОС) или от требуемого качества кода (выбор оптимизатора).

Экспериментальная разработка показала перспективность использования методов ООП при построении компиляторов.

### 2.3. Исследование операционных обстановок высокого уровня

В лаборатории экспериментальной информатики продолжались исследования нового подхода к моделированию мультидеятельности на

многопроцессорных системах взаимодействующих гетерогенных вычислительных средств — "Объектно-организованной операционной обстановки высокого уровня (O<sup>4</sup>-ВУ)".

O<sup>4</sup>-ВУ является концептуальной моделью, позволяющей с единой точки зрения охватить современный уровень проблемы поиска новых платформ информатики и служить основой их эффективной реализации.

Сформулирована и исследована система взаимосвязанных понятий, описывающих строение O<sup>4</sup>-ВУ, а также *ограничения* на структуру и характеристики вычислительных процессов, атрибуты объектов и свойства связей между ними, обеспечивающие надежность функционирования и позволяющие оценивать эффективность ее исполнения. Эта система понятий позволяет перекинуть мост между оперированием как методом пошагового действия в заданной обстановке, когда решения о путях и способе продолжения деятельности принимаются пользователем после оценки *увиденных* им результатов предыдущего шага, и программированием, при котором нужно *предвидеть* все возможные ситуации в обстановке исполнения на все закладываемое в программу число шагов.

В O<sup>4</sup>-ВУ линия раздела проводится между объектами периода исполнения (*Объ*), в которых сосредоточены все действия-доступы, определяющие, что "можно делать" с этими объектами, и программными фрагментами (ПФ), которые фактически состоят лишь из действий-предписаний о том, что "нужно делать" с ними в рамках конкретного применения. Это согласуется с генеральной тенденцией программирования — выделении данных из программ, — что и привело через абстрактные типы данных к объектно-ориентированным языкам. ПФ всегда могут трактоваться как "шитый код" для подходяще выбранной виртуальной машины (ВМ), которая может быть и аппаратной, например RISC-процессор.

По сравнению с существующими объектно-ориентированными языками объекты в O<sup>4</sup>-ВУ должны удовлетворять (весьма жесткому) набору требований, исключающему проявления любого рода побочных эффектов и/или потерю управления любой из ВМ в коде исполнения ПФ.

Они должны быть уникальными, целостными, закрытыми (доступ к *Объ* лишь через операции-доступы его типа), замкнутыми (исполнение доступа к объекту может изменить состояние лишь самого этого объекта) и функциональными (внешняя спецификация *Объ* должна задавать его как семейство функций-доступов с общим состоянием). При этом как результат доступа, так и новое состояние объекта могут

зависеть лишь от старого состояния и явно переданных доступу значений параметров и ни от чего другого.

Оказалось целесообразным ограничить понятие объекта, сделав его *относительным* к подпространству размещения объекта. При этом для составного объекта его подобъекты уже не могут рассматриваться как объекты этого же подпространства. Кроме того, операции создания, размещения и уничтожения объекта отнесены не к типу объекта, а к типу подпространства.

Наряду с объектами в  $O^4$ -ВУ вводятся конфигурации объектов (КО), соединенных связями. Тип КО определяет доступы к любому ее объекту, отправляясь от головного объекта — навигацию. Среди КО выделены "изолированные", не пересекающиеся с другими. Объекты одной КО могут размещаться в разных подпространствах.

Все стандартные конструкции и средства различных языков, эффективно представляются через *Объ* и КО, включая, например, такие трудные конструкции, как *own* Алгола-60, структурные значения с перекрывающимися полями, построение реентерабельных процедур с самоизменяющимся телом и динамическое связывание.

Выделяются три компонента  $O^4$ -ВУ:

— *объектная среда*, образуемая подпространствами и размещаемыми в них *Объ* и КО и разделенная на области при помощи словарей подпространств, связи которых описываются ациклическим оргграфом. Словари вместе со спецификациями регионов единичных исполнений (см. ниже) образуют систему навигации по среде, или ее тезаурус. Разбиение памяти  $O^4$ -ВУ на различного рода подпространства размещения объектов обобщает известные способы сегментации в аппаратных и системных программных средствах;

— *окружение*, образуемое структурой взаимосвязанных контекстов, оргграф связей которых должен быть ациклическим. Контекст содержит описание, каждое из которых сопоставляет тип некоторому обозначению, уникальному в пределах контекста. В контексте выделяется его видимая часть; в нем действуют все его описания, а также описания, входящие в видимые части всех контекстов, предшествующих ему по графу связей. Окружение обеспечивает накопление в  $O^4$ -ВУ типов, а также разработку и связывание между собой программных фрагментов;

— *программный компонент*, состоящий из ВМ и исполняемых ПФ, накапливаемых в динамических библиотеках  $O^4$ -ВУ. Окружение выполняет для программного компонента ту же функцию, что и тезаурус для объектной среды.

Исследованы правила построения информационно-замкнутых ПФ и обоснованы необходимые, при этом достаточно жесткие, ограничения.

Введено и исследовано такое важнейшее понятие, связанное с ПФ, как его единичное исполнение (ЕИ), — последовательное исполнение его предписаний между входом конкретного управления в ПФ и выходом из него через некоторый выход, причем по ПФ может передвигаться сразу несколько управлений.

Единичное исполнение ПФ определяется, если заданы: ВМ, для исполнения на которой он написан; сам программный фрагмент в исполняемом виде; параметры, значения которых передаются при его вызове; рабочая область для локальных данных; спецификация региона исполнения, определяющая типы всех *Объ* и КО, обращения к доступам которых входят в этот ПФ. Фактически рабочая область является объектом особого типа, а спецификация региона исполнения — специальным случаем конфигурации.

Рассмотрены собственное *внутреннее время* ЕИ, в котором протекает последовательное исполнение его ПФ, составленное из ЕИ исполнителей команд ВМ либо доступов объектов. Любое из этих исполнений протекает уже в своем собственном внутреннем времени, причем все эти времена — *независимы*. Совокупность внутренних времен называется, таким образом, *многомерной*. При этом локальное согласование внутренних времен при обмене процессов сигналами возможно лишь путем организации *прерываний* между ВМ, что и обеспечивает связь между процессами.

Для *Объ* понятие внутреннего процесса задается сменой состояний этого объекта и определяет его *внутреннее время*. Если рассмотреть граф переходов состояний объекта с дугами, соединяющими вершины-состояния, размеченные определяющими переходами внешними обращениями, то если все дуги размечены, это будет обычный пассивный объект. Но в том случае, когда в графе переходов существует *замкнутая* траектория из неразмеченных дуг, соответствующий объект можно назвать активным. Такая траектория может быть произвольно сложной, а реакции объекта на внешние воздействия трудно предсказуемыми. Фактически здесь можно говорить о появлении *субъектов* в объектно-программировании в рамках  $O^4$ -ВУ.

ВМ можно рассматривать как активный объект, доступами которого являются ее команды, а доменом — совокупность регистров. Внутренний процесс такого активного объекта обеспечивает последовательную выборку предписаний из программного фрагмента и организацию прерываний. С другой стороны, доступы объектов могут быть реализованы как ПФ, регион единичных исполнений которых должен соответствовать домену объекта.

На основе разработанной концепции планируется реализация экспериментальной модели новой платформы в виде проекта гетерогенной мультипроцессорной рабочей станции на современной технической базе с O<sup>4</sup>-ВУ в качестве единого информационного обеспечения исполнения и разработки, поддерживающего мультидеятельность в интересах нескольких пользователей и одновременную работу разных приложений, создаваемых для различных (виртуальных) машин, а также средства разработки наполнений объектных сред и контекстных окружений для построения различных приложений.

### 3. СИСТЕМЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОГРАММНЫЕ СИСТЕМЫ

#### 3.1. Системы искусственного интеллекта

В отчетном году исследования в лаборатории искусственного интеллекта проводились в двух направлениях:

- разработка средств представления знаний в базах знаний интеллектуальных систем;
- технология конструирования интеллектуальных систем.

В частности, проводилось исследование основных средств представления знаний: фреймов, семантических сетей, систем продукций, недоопределенных вычислительных моделей.

Доказана возможность преобразования систем фреймов в системы продукций и в семантические сети. Обоснована полнота и корректность правил преобразования систем фреймов в иерархические системы продукций. Такие преобразования позволяют использовать высокоуровневые лаконичные средства описания баз знаний.

Предложен качественно новый подход к интеграции средств представления знаний, который позволяет создавать эффективные экспертные системы, работающие при ограниченных вычислительных ресурсах.

Созданы методы систем, интегрирующие несколько средств представления.

Разрабатываемые средства представления знаний использовались в экспертных системах и вычислениях с недоопределенными значениями.

В области экспертных систем завершены работы по оболочке ДИГЕН, предназначенной для построения диагностических систем. Средствами этой системы создано несколько прикладных промышленных экспертных систем технической диагностики и управления сложными техно-

логическими процессами, внедренных на предприятиях Новосибирской области.

Технологический комплекс СемП-Тек расширен возможностями объектно-ориентированного языка описания фреймов. В комплексе СемП-Тек выполнен исследовательский прототип экспертной системы лечения невралгических заболеваний (эпилепсии).

В области недоопределенных вычислений разработан метод, который основан на концепции недоопределенных моделей и позволяет проводить вычисления как с отдельными значениями переменных, так и с областями значений переменных в целом. Такой подход дает возможность решать принципиально новые классы задач.

Разработан новый формальный аппарат для представления неточных и нечетких знаний, который позволяет эффективно (алгоритмами полиномиальной сложности) решать задачи при программировании в ограничениях.

Была продолжена разработка недоопределенных типов данных, предназначенных для описания различных вариантов множеств, мультиинтервалов, сложных геометрических фигур. Разработанные типы успешно использовались в экспериментальных системах, решающих логические головоломки, задачи планиметрии и символического вывода.

Создана новая версия системы UniCalc, которая предназначена для решения задач, представленных произвольными системами алгебраических и алгебро-дифференциальных соотношений. Под соотношением понимается уравнение, неравенство или логическое выражение. Решаемая система может быть как переопределенной, так и недоопределенной, а параметры системы могут быть заданы неточно, в виде интервалов. Недоопределенная модель вычислений, используемая на базовом уровне в системе UniCalc, дает возможность исследовать поведение модели решаемой задачи в разных ситуациях и получать точное решение или интервалы допустимых значений.

В 1994 г. научные исследования по проектированию и разработке интеллектуальной обстановки для конструирования систем, основанных на знаниях, предполагается вести по следующим направлениям:

- Спецификация и проектирование автоматизированного рабочего места инженера знаний. АРМ должен включать в себя язык описания знаний предметной области, средства моделирования поведения системы, подсистему накопления знаний, подсистему объяснений и обучения.

- Исследование и применение технологии программирования в ограничениях (constraint programming). Планируется исследовать семантику недоопределенных отношений и функций и спроектировать

специализированный процессор для решения логических задач на основе недоопределенности (LogiCalc).

— Планируется использовать механизм распространения ограничений для разработки динамических систем с развитым графическим интерфейсом. В рамках этой технологии предполагается развить концепцию активных объектов, которые характеризуются встроенной вычислительной моделью и асинхронным типом взаимодействия. Основные области применения разрабатываемой технологии — интерактивные графические интерфейсы, моделирование движения и поведения автономных роботов, системы управления технологическими процессами, игровые системы.

### 3.2. Работы по базам данных

В НИГ смешанных вычислений проводились научно-исследовательские работы по тематике применения баз данных в CASE-технологии и системах реального времени. В частности, были успешно завершены работы по созданию объектно-ориентированной среды для программирования встроенных систем на языке Алгол 68. В рамках этих работ реализована система программирования баз данных, представляющая собой комплекс инструментальных средств разработчика и набор реализованных на его основе средств конечного пользователя.

Система имеет открытую многоуровневую архитектуру, обладает свойствами расширяемости, переносимости и является составной частью интегрированной среды разработки программного обеспечения встроенных систем на основе единого инструментального языка высокого уровня Алгол 68. Ее основные компоненты включают:

— универсальную высоконадежную систему управления данными (СУД), содержащую средства организации файлов и баз данных, средства автоматического восстановления целостности данных, средства параллельного доступа, механизм транзакций, эффективный доступ к данным, основанный на B-деревьях;

— систему управления сложными объектами, включающую подсистему хранения для сложноустроенных объектов, имеющих типизированные связи, и подсистему доступа к объектам базы данных из программ на инструментальном языке. Система включает способ автоматической трансляции модели сложных объектов (логической модели данных) в физическую модель данных, поддерживаемую СУД;

— систему визуализации сложных объектов и инструментарий разработчика пользовательских интерфейсов. Предложен оригинальный способ описания экранных форм, дающий не только естественный спо-

соб визуализации структурированных данных, но и средства управления диалогом. Кроме того, система дает способы описания и работы с различными формами меню, средства построения диалоговой документации.

На основе системы доступов к сложным объектам и подсистемы визуализации разработан экранный интерфейс для баз данных, основанный на модели сложных объектов, включающий средства ввода и редактирования информации, различные способы навигации по базе данных, гипертекстовое справочное руководство пользователя.

В лаборатории САПР и архитектуры СВИС проводились экспериментальные исследования по созданию и практическому применению баз данных, построенных по принципу "Клиент-Сервер". Исследования в этой области ведутся во многих научных и коммерческих организациях, накоплен огромный мировой опыт, требующий постоянного пристального внимания и переосмысления.

Сегодня трудно сказать новое слово в этой области, но, тем не менее, сотрудникам ИСИ СО РАН, работающим в тесном контакте с коллегами из компании "Intellect PLC" (Великобритания), удалось найти и обосновать уникальный подход, позволяющий унифицировать интерфейсный уровень программного обеспечения, построенного на базе традиционных концепций реляционных баз данных, и реально подготовить его для адаптации к новейшим технологиям типа "Клиент-Сервер".

В частности:

— были разработаны основные концепции построения неоднородного интерфейса с использованием функций захвата, трассировки деаллоцированных списков и даже вызовом метафункций из них;

— на основании данных концепций была представлена серия презентаций перед компанией "Intellect PLC" и ее клиентами;

— под руководством д-ра Хука ("Intellect PLC") разработаны спецификации серии программно-технических экспериментов в данной области, большая часть которых на сегодня уже произведена;

— поставлена серия программных экспериментов по упрощению сложных технических решений и адаптации их к многоязыковой лингвистической среде;

— последовательно реализованы такие сложные системы, как RPG, SGN, SPM и даже RM. Все они были адаптированы к использованию не только в сетях типа Novell Netware, но и в окружении мощных современных рабочих станций типа Sun Sparc, IBM-R6000, ICL-RS6000 под управлением операционных систем типа Unix и SunOS Solaris.

Результаты исследований хоть и косвенно, но активно используются в таких всемирно известных фирмах и организациях, как Jonson&Jonson, Walt Disney, Guinness и др.

Остается только сожалеть, что практически полное отсутствие адекватного бюджетного финансирования данной тематики в рамках РАН не позволяет внедрить эти результаты в возрождающуюся экономику России.

### 3.3. Технология электронной подготовки изданий

В лаборатории экспериментальной информатики в течение года продолжались работы по совершенствованию технологии подготовки изданий на программно-аппаратном комплексе МРАМОР-ФА.

Созданы средства быстрой технической распечатки текстов изданий для целей корректуры — специальный шрифт и программы распечатки.

Совершенствовалась технология применения комплекса МРАМОР-ФА.

Продолжались работы по освоению общераспространенного средства электронной подготовки изданий — пакета "Вентура". Реализован ряд программных средств и разработаны методики, ускоряющие процессы верстки книг с использованием пакета "Вентура". Эти средства успешно опробованы в режиме опытно-промышленной эксплуатации.

### 3.4. Системы учебной информатики

В лаборатории конструирования и оптимизации проводились исследования и разработка систем учебной информатики.

Выполнено исследование и разработка текстово-графического оконного интерфейса, текстового макрогенератора, синтаксически-управляемого генератора процедур разбора и вывода текстов, настраиваемой системы работы с памятью и других основных элементов комплекта типовых компонентов для построения систем учебной информатики.

Разработана программная среда ОС "Спрайт" для ПЭВМ "Агат", обладающая возможностями динамической настройки на потребности пользователя.

Подготовлены справочник по эффективным алгоритмам обработки деревьев, используемым в задачах трансляции и преобразования программ, и методические пособия по архитектурам параллельных ЭВМ и системам компьютерной алгебры.

Планами НИР на 1994 г. предусмотрено провести исследование фундаментальных основ программирования для целей преподавания ин-

форматики и программирования в рамках многоуровневой системы, разработаны системы учебной информатики для начального и профессионального обучения программированию.

### 3.5. Системы автоматизации проектирования

В 1993 г. в лаборатории САПР и архитектуры СБИС продолжались работы по САПР микроэлектроники и САПР машиностроения. В частности, в рамках изучения возможностей использования новых вычислительных моделей в САПР машиностроения выполнена разработка основных представлений и моделей механических объектов, исследованы и разработаны графические интерфейсы для таких САПР.

В области САПР микроэлектроники проводилось экспериментальное исследование алгоритмов трассировки в канале и трассировки типа "switch-box"; в рамках разработки систем логического моделирования и временного анализа — алгоритмов выделения критических путей в схемах СБИС.

### 3.6. Системы обработки графической информации

Исследования в области обработки графической информации, выполненные в лаборатории САПР и архитектуры СБИС, включают:

- изучение алгоритмов фильтрации образов в приложении к медицине и картографии (работа выполнялась совместно с коллегами из фирм Symbology Ltd и RTA Ltd, Великобритания);

- создание новых алгоритмов сжатия информации применительно к компьютерной обработке изображений;

- алгоритмы экстракции векторного описания изображений из пиксел-маппированной карты.

В частности, разработан алгоритм сжатия черно-белых изображений. Степень сжатия варьируется от 10 до 40% (в среднем 15-25%) от размера исходного изображения, что заметно лучше, чем при использовании форматов хранения графической информации со сжатием РСХ, TIFF и стандартов CCITT для факсов (степень сжатия 30-60%, в среднем 40%). При этом скорость компрессии не ниже, чем у известных программ сжатия, а часто в несколько раз выше. Скорость декомпрессии достигает нескольких десятков миллионов точек в секунду, что позволяет использовать библиотеку для работы с базами данных — изображений, требующих быстрого доступа.

Рассмотрены существующие алгоритмы обработки изображений, позволяющие понижать уровень шумов в изображении, увеличивать кон-

трастность, выделять границы объектов изображения и т.п. На реальных вычислительных комплексах экспериментально проверена возможность использования этих алгоритмов для обработки растров нелимитированного размера в интерактивных системах.

Определены минимальные требования к такому вычислительному комплексу, разработано необходимое программное обеспечение.

### 3.7. Графические многооконные интерфейсы

На основе сравнительного анализа подсистемы GDI системы MS Windows 3.1, базовой графики системы X-Windows и собственного опыта, полученного при создании переносимой объектно-ориентированной системы Mithril, разработана оригинальная концепция базового переносимого графического программного обеспечения драйверного уровня. На базе этой концепции разработан и экспериментально исследуется графический драйвер для адаптеров типа VGA различных фирм производителей.

Применение объектно-ориентированного подхода в данной разработке позволило значительно сократить размер исполняемого кода и значительно облегчило разработку и перенос более высоких уровней переносимых графических систем из одной операционной системы в другую, что подтвердило правильность идей, изначально заложенных в основу проводимых работ.

Предложенная внутренняя организация взаимодействия активных и пассивных элементов пользовательского интерфейса позволяет организовать внешний вид диалогов с пользователем так же легко, как и в системе MS Windows.

При этом удалось построить базовый набор диалоговых элементов, существенно более богатый и простой в реализации, чем в MS Windows 3.1.

Все это позволило в короткие сроки разработать первую версию собственной переносимой многооконной библиотеки. Так как философия, в рамках которой производилась эта разработка, в некоторых пунктах существенно отличается от философии системы MS Windows, на совместимость с которой мы старались ориентироваться, переносимость разработанного для созданной библиотеки программного обеспечения в систему MS Windows сохраняется благодаря специальному интерфейвному модулю.

В 1994 г. планируется продолжить экспериментальные исследования, доработку и тестирование графического драйвера, многооконной библиотеки и интерфейса с системой MS Windows.

Помимо этого планируется продолжить исследования в области разработки быстрых алгоритмов для переносимого программного обеспечения двух- и трехмерной графики. Использование в этих системах разработанного графического драйвера позволяет существенно расширить возможности представления результатов работы трехмерного визуализатора.

## 4. АРХИТЕКТУРА ЭВМ, ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ, УПРАВЛЯЮЩИЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ

### 4.1. Телекоммуникационные системы

В НИГ программно-технических комплексов основным направлением работ было создание и развитие телекоммуникационных сред для предоставления телекоммуникационных и информационных услуг.

Работы велись по двум основным направлениям:

— создание, развитие и поддержка функционирования компьютерного центра коллективного пользования для грантодержателей Фонда Сороса;

— опытно-конструкторские работы по созданию комплекса телекоммуникационных программных средств.

Компьютерный центр, созданный на средства специального гранта, выделенного фондом Сороса, предназначен для поддержки деятельности ученых Академгородка, в первую очередь грантодержателей фонда Сороса. Центр предоставляет возможность работы на персональных ЭВМ, оказывает консультационные и информационные услуги.

#### 4.1.1. Конфигурация технических средств

Центр обеспечен следующими техническими средствами:

- |  |          |
|--|----------|
| — System 486-50 MHz, 16 MB RAM, 660 MB HDD                                 | — 1 шт.; |
| — System 386DX-40 MHz, 8 MB RAM, 210 MB HDD                                | — 2 шт.; |
| — System 386DX-33 MHz, 8 MB RAM, 210 MB HDD                                | — 4 шт.; |
| — System 286-20 MHz, 1 MB RAM, 80 MB HDD                                   | — 1 шт.; |
| — печатающими устройствами типа Epson                                      | — 2 шт.; |
| — лазерным принтером HP Laser-Jet III                                      | — 1 шт.; |
| — Full page scanner HP ScanJet IIP   | — 1 шт.; |
| — streamer   | — 1 шт.; |
| — CD-ROM   | — 1 шт.; |
| — алфавитно-цифровыми терминалами, и другим вспомогательным оборудованием. |          |

В настоящий момент все вычислительные машины объединены в локальную сеть на базе Ethernet. Операционная среда — MS DOS и UNIX.

#### 4.1.2. Предоставляемые услуги

Компьютерный центр предоставляет пользователям рабочие места, время и вычислительные ресурсы и позволяет:

- организовать счет больших задач пользователей в пакетном (фоновом режиме);
- работать в системах подготовки текстов и в издательских системах;
- вводить графическую информацию через сканер.

Кроме того, возможны консультации по системам программного обеспечения.

В стадии реализации находится организация удаленного доступа к вычислительным ресурсам по выделенным и коммутируемым линиям связи из других институтов ННЦ. Локальная сеть КЦ имеет выход на узел сети РЕЛКОМ (НГП ИНФОТЕКА) и, соответственно, выход в режиме on-line в глобальные сети (INTERNET). Данная услуга в настоящее время практически не используется по экономическим причинам.

Для решения вопросов, связанных с предоставлением услуг Центра, определения политики и т.п., организовано правление Центра во главе с чл.-кор. РАН А.К. Ребровым, работающее на общественных началах.

Техническое обслуживание центра осуществляется сотрудниками ИСИ СО РАН.

В среднем услугами Центра пользуются ежемесячно до 50 человек, что соответствует 25—35 проектам.

Работа Центра организована таким образом, что каждому проекту предоставляется минимум 6 часов терминального времени в неделю. Центр гарантированно работает с 9 до 19 часов по рабочим дням. Терминальное время заранее распределяется по согласованию с пользователями, как правило, квантами — по 2 часа. Имеется возможность работать в пакетном режиме, в этом случае задача пропускается в ночное время (при работе в среде MS DOS) или в любое другое необходимое время (при работе в среде UNIX).

#### 4.1.3. Перспективы

В настоящее время подана заявка на грант для дальнейшего развития технической базы КЦ. Предполагается оснастить КЦ более мощными рабочими станциями типа SUN и расширить спектр предоставляемых

услуг, в первую очередь, за счет организации удаленного доступа и расширения спектра информационных услуг.

Другое направление работ группы — создание региональной вычислительной сети, объединяющей локальные сети подразделений Урайского управления магистральных трубопроводов.

На базе данной сети проектируется единый программно-технический комплекс, предназначенный для сбора, передачи и обработки информации, в первую очередь технологической, о работе территориально распределенных подразделений и насосно-перекачивающих станций.

В 1993 г. завершены первый этап разработки технического задания и согласование его с головным заказчиком.

#### 4.2. Исследования в области экспериментальной параллельной суперкомпьютерной архитектуры

В лаборатории параллельных систем проводились исследования и анализ решений некоторых актуальных проблем, повышающих эффективность суперскалярных ЭВМ с большим количеством исполнительных устройств.

В результате проведенных исследований разработана мультипоточковая (multithreaded) архитектура, характеризующаяся:

- параллельным выполнением нескольких потоков команд;
- динамической потоковой (data-flow) синхронизацией с помощью регистровых масок входных и выходных регистров каждого потока команд;
- расщеплением (decoupling) процесса вычислений внутри потока на множество подпроцессов, исполняемых функциональными устройствами процессора параллельно.

В качестве возможной реализации предложена структура процессора с распределенным регистровым файлом и множеством функциональных устройств, использующая условное (speculative) выполнение и аппаратную синхронизацию процессов исполнения четырех потоков (threads) команд.

Результаты работ оформлены в виде совместного американо-русского научного проекта, представленного в Американский фонд науки (National Science Foundation) в декабре 1993 г.

Помимо фундаментальных научных исследований сотрудниками лаборатории проводилась хозяйственная работа по теме: "Разработка аппаратных и программных компонентов информационно-вычислительного комплекса".

Целью данной работы является разработка объектно-ориентированной потоковой архитектуры и программного обеспечения компьютера, обеспечивающего эффективную сборку и исполнение программ, представленных в виде ациклического графа объектов программы.

Данный компьютер предполагается использовать в качестве узла распределенной информационной сети, обеспечивающей создание глобальных информационных моделей и передачу различных информационных потоков между ними.

В 1993 г. велась разработка системы команд и первой очереди программного обеспечения.

В 1994 г. планируется продолжение научных исследований в области мультипоточковых многоуровневых архитектур, интегрирующих различные архитектурные модели с целью более полного использования параллелизма в программах.

Предполагается также завершить разработку архитектуры и структуры параллельной объектно-ориентированной ЭВМ, используемой в качестве узла распределенной системы обработки информации. Научные исследования в этой области послужат основой для реализации упомянутого выше процессора в рамках хозяйственной работы с предприятиями и мэрией г. Новосибирска.

#### 4.3. Исследования и разработка распределенных систем управления и обработки данных на основе современных микроконтроллеров и малых ЭВМ

За отчетный период работы велись в двух направлениях:

— разработка и создание инструментальных аппаратно-программных средств построения управляющих микроконтроллеров, периферийных устройств сбора и обработки данных и т.п. на базе однокристалльных микроЭВМ (далее ОМЭВМ);

— проработка методологических вопросов построения систем на базе ОМЭВМ.

Последнее предполагает исследование вопросов: функционального разбиения устройства на специализированные подсистемы; взаимодействия подобных подсистем между собой и с мощными универсальными компьютерами; разработки схемотехники и программного обеспечения.

Совместное развитие этих направлений, дополняющих и обогащающих друг друга, позволяет уже на ранней стадии реализации систем избегать ошибок и тупиковых решений.

Область применения ОМЭВМ очень широка и с каждым годом все увеличивается. В отличие от традиционных компьютеров, где инстру-

ментальные средства построения и отладки систем фактически сводятся к хорошо развитым в настоящее время системам программирования на языках высокого уровня, в области ОМЭВМ такого прогресса достичь еще не удалось.

Как правило, существующие инструментальные системы — это кросс-системы программирования ассемблерного уровня с очень ограниченными возможностями отладки.

Сложность создания инструментальных систем для ОМЭВМ, в которых были бы интегрированы возможности систем автоматизированного проектирования радиоэлектронной аппаратуры (САПР) и систем программирования на языках высокого уровня, объясняется ограниченными ресурсами ОМЭВМ. Это, как правило, 8-разрядный компьютер с несколькими десятками байтов оперативной памяти данных, единицами килобайтов памяти программ, несколькими битовыми портами ввода-вывода. В ряде ОМЭВМ существует возможность работы с аналоговыми сигналами (аналого-цифровой или цифро-аналоговый преобразователь). Это в значительной степени затрудняет применение языков высокого уровня для создания программного обеспечения ОМЭВМ. С другой стороны, применение ОМЭВМ тесно связано с конкретными схемотехническими решениями, используемыми в разрабатываемой системе, что сильно затрудняет формализацию этапа проектирования в целом.

В 1993 г. на первом этапе работ проводилось изучение существующих семейств ОМЭВМ и кросс-систем программирования для них с целью создания простой, но достаточно эффективной системы отладки. Потребность в такой системе объясняется тем, что этап отладки разрабатываемых управляющих систем, по нашим подсчетам, занимает от 50 до 85% всего времени разработки.

В основном велось изучение и практическое освоение широко распространенных в мире семейств ОМЭВМ фирмы Intel — это MCS-48, MCS-51, MCS-96. В меньшей степени — семейств фирмы Motorola — M300.

Система отладки была разработана на базе ОМЭВМ MCS-48 (отечественный аналог — К1850BE48) и представляет собой законченное устройство, подключаемое через последовательный канал RS-232C к персональному компьютеру (в нашем случае — IBM-PC/AT) и содержащее 8К байтов двухпортовой оперативной памяти данных и порт ввода-вывода сигналов управления и данных. Оперативная память выполняет роль эмулятора ПЗУ программ ОМЭВМ. Порт ввода-вывода служит для задания управляющих сигналов (например Reset), организации сигналов окружения отлаживаемой системы и регистрации состояния некоторых сигналов внутри отлаживаемой системы в процессе

отладки. Система отладки функционирует под управлением созданного в лаборатории программного обеспечения, работающего на персональном компьютере.

Разработанная аппаратно-программная система отладки показала свою высокую эффективность. Благодаря применению этой системы этап отладки устройств на ОМЭВМ сократился приблизительно в 5 раз. Если разработка устройства для медико-биологических исследований без применения системы отладки велась один год, то на разработку схожего по сложности контроллера топливораздачи на АЗС с применением системы отладки потребовалось чуть больше двух месяцев.

Созданная система требует дальнейшего развития. Первоочередной задачей является создание кросс-транслятора с некоторого подмножества языка высокого уровня Модула-2 и/или Оберон-2 для ряда семейств ОМЭВМ. Необходимы исследования и по разработке формализованного описания создаваемых систем на базе ОМЭВМ, средств моделирования и эмуляции. Все это позволит еще более сократить время на разработку систем на базе ОМЭВМ, сделать этот процесс более продуктивным, избавить разработчика от рутинной работы.

#### 4.4. Локальная сеть ИСИ СО РАН

В 1993 г. силами (в основном) сотрудников лаборатории САПР и архитектуры СБИС велись работы по созданию локальной сети ИСИ СО РАН.

Цель проекта — разработка основных концепций построения локальной сети научного института, а также технического задания и практическое осуществление проекта.

В результате создана неоднородная сеть с возможностью одновременной эксплуатации принципиально различных программных и аппаратных средств. Одним из компонентов сети является сервер ресурсов, построенный на базе модульной развиваемой архитектуры КРОНОС. Уникальное сочетание программных и аппаратных возможностей архитектуры КРОНОС и опыта разработчиков базового программного обеспечения системы позволили создать и реализовать очень простую концепцию сервера ресурсов.

Несмотря на использование морально устаревшей техники очень низкой производительности со сложной многопользовательской многозадачной мультипроцессно-мультипроцессорной операционной системой реального времени, TCP/IP, UDP, XDR, RPC и даже NFS протоколов, а также мультишинной реализацией оборудования, включающей локальную шину КРОНОС, шину ISA (известную, как PC-BUS),

шины Q-BUS, UNIBUS и многое другое, все же удалось найти и использовать единственно верный концептуально простой путь решения комплексной проблемы автоматизации научных исследований.

За отчетный год была сформирована группа исследователей, изучивших отечественный и зарубежный опыт в области конкретных технических решений и рекомендаций по построению локальных сетей и их связи с глобальными сетями. Результаты этих исследований послужили теоретической базой для практической реализации проекта.

При этом:

- разработаны основные концепции построения неоднородной локальной сети;

- разработано техническое задание на реализацию локальной сети института;

- проведены расконсервация, стендовые испытания и настройка необходимого оборудования;

- поставлена серия программных экспериментов по упрощению сложных технических решений стека протоколов TCP/IP и NFS, реализованных на рабочих станциях КРОНОС, и адаптации их к оригинальным отечественным условиям эксплуатации вычислительной техники;

- последовательно реализованы такие сложные системы, как PCN, XPCN, YPCN и даже FINALCUT. Последняя была затем улучшена и снабжена принципиально новыми возможностями для обеспечения поддержки протокола IPX фирмы Novell и совместимости с популярным продуктом Novell Netware версий 3.11 и 3.12;

- произведена закупка оборудования для сервера, способного исполнять программное обеспечение фирмы Novell и предоставляющего новые возможности в области локальной сетизации научных организаций. Было также частично закуплено, частично найдено недостающее сетевое оборудование и программное обеспечение;

- совместно с сотрудниками Института вычислительных технологий и ряда зарубежных фирм проведена серия экспериментов, включающая on-line-коммуникацию типа Unix TALK с зарубежными партнерами.

#### 5. СТРУКТУРА И СОСТАВ ИНСТИТУТА

В состав института входят 7 научно-исследовательских лабораторий, 2 научно-исследовательские группы, а также ряд вспомогательных подразделений, в том числе отдел научно-технической информации с мемориальной библиотекой А.П. Ершова. В 1993 г. в Вычислительный центр СО РАН передана лаборатория информационно-вычислительных систем.

### 5.1. Лаборатория теоретического программирования

*Зав. лабораторией* к.ф.-м.н. В.А.Непомнящий.

Всего в лаборатории 15 сотрудников, в том числе член-кор. РАН, проф. В.Е. Котов (в настоящее время работает по контракту в фирме Хьюлетт-Паккард, США), к.ф.-м.н. И.Б.Вирбицкайте, к.ф.-м.н. А.А. Сулимов, к.ф.-м.н. Н.В. Шилов.

### 5.2. Лаборатория автоматизации проектирования и архитектуры СБИС

*Зав. лабораторией* д.ф.-м.н. А.Г. Марчук.

Всего в лаборатории 23 сотрудника, в том числе к.ф.-м.н. З.В. Апанович, н.с. Д.Н. Кузнецов, к.ф.-м.н. А.Е. Недоря, н.с. Е.В. Тарасов.

### 5.3. Лаборатория искусственного интеллекта

*Зав. лабораторией* к.ф.-м.н. Т.М. Яхно.

Всего в лаборатории 14 сотрудников, в том числе к.ф.-м.н. А.С. Нариньяни, к.т.н. И.Е. Швецов, к.т.н. Ю.А. Загорюлько, к.т.н. В.В. Телерман, к.т.н. С.Я. Григберг.

### 5.4. Лаборатория параллельных систем

*Зав. лабораторией* к.т.н. Ю.Л. Вишневский.

Всего в лаборатории 11 сотрудников, в том числе к.т.н. М.Н. Дорожнев.

### 5.5. Лаборатория экспериментальной информатики

*Зав. лабораторией* к.т.н. А.А. Берс.

Всего в лаборатории 7 сотрудников.

### 5.6. Лаборатория системного программирования

*Зав. лабораторией* д.ф.-м.н., проф. И.В. Поттосин.

Всего в лаборатории 18 сотрудников, в том числе д.ф.-м.н., проф. А.В. Замулин, к.ф.-м.н. Г.Г. Степанов, к.ф.-м.н. С.Б. Покровский, к.т.н. В.И. Шелехов.

### 5.7. Лаборатория конструирования и оптимизации программ

*Зав. лабораторией* д.ф.-м.н., проф. В.Н. Касьянов.

Всего в лаборатории 15 сотрудников, в том числе д.ф.-м.н. В.А. Евстигнеев, доцент, и.о. проф. НГУ; к.ф.-м.н. В.К. Сабельфельд, доцент НГУ; к.ф.-м.н. Л.В. Городняя, доцент НГУ; к.ф.-м.н. Н.А. Каливина, доцент НГУ.

### 5.8. Научно-исследовательская группа программно-технических комплексов

*Зав. НИГ* В.Ф. Погребняк.

Всего в группе 5 сотрудников.

### 5.9. Научно-исследовательская группа по смешанным вычислениям

*Зав. НИГ* к.ф.-м.н. М.А. Бульонков.

Всего в группе 5 сотрудников, в том числе к.ф.-м.н. А.А. Бульонкова.

## 6. МЕЖДУНАРОДНОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Институт имеет развитые международные связи. Ряд ведущих сотрудников являются членами иностранных научных обществ. Так, в крупнейшей мировой организации по вычислительной технике АСМ (Association for Computing Machinery) состоят: И.В. Поттосин, С.Б. Покровский, А.Г. Марчук, С.Б. Руднев. В.Н. Касьянов является членом Американского математического общества (AMS) и Европейской ассоциации по теоретической информатике EATCS.

Кроме того, А.Г. Марчук входит в состав национального подкомитета АСМ по автоматизации проектирования.

Институт выделен АСМ как один из трех российских центров хранения всех публикаций АСМ, определен как организатор российской группы АСМ по языкам программирования.

В 1993 г. институт стал коллективным членом германского общества по информатике Gesellschaft fur Informatik e.V.

В настоящее время ряд сотрудников ИСИ работают в зарубежных исследовательских центрах по долговременным контрактам.

В 1993 г. за рубеж было командировано двадцать четыре сотрудника Института.

#### *Великобритания*

1. Кадач А.В. — научная работа по теме "Глобальные компьютерные сети" в фирме Real Time Associates (Лондон).

2. Недоря А.Е. — участие в конференции "Совместная стандартизация" (Лондон)

3. Бахтин И.Н. — научная работа по теме "Многооконные интерфейсы баз данных" в компании "Intellect Business Consultants Limited" (Лондон, 6 месяцев).

4. Заика И.Е. — научная работа и оказание консультационной помощи по теме "Использование пакетов прикладных программ" в компании "Intellect Group" (Лондон, 6 месяцев).

5. Кузнецов Д.Н. — научная работа по теме "Программирование для рабочих станций" в фирме "Symbology Software" (Лондон).

В Британский Музей науки и индустрии (Лондон) для обсуждения темы "Исторические компьютеры" и проработки возможностей коммерческого сотрудничества выезжали:

6. Кузнецов Е.П.,

7. Кузнецов Д.Н.,

8. Заика И.Е.

#### *Германия*

1. Кучин С.И. — научная работа по теме "Разработка Multi-Media систем для управления базами данных" в Институте интегрированных издательских и информационных систем (Дармштадт, 1 год).

2. Непомнящий В.А. — научная работа по теме "Верификация программ" в Институте информатики Университета Мюнхена.

3. Сулимов А.А. — участие в работе Международной летней школы по автоматическому доказательству и вычислениям (Марктоберфодрф).

#### *США*

1. Кузнецов Д.Н. — научная работа по теме "Программирование для рабочих станций" в фирме Hewlett Packard (Санивэйл).

С компанией Hewlett Packard институт имеет тесные научные связи. В 1993 г. для прохождения курсов по обучению программным средствам Компании оформились восемь сотрудников. Поездка запланирована на 1994 г.

#### *Франция*

1. Апанович З.В. — научная работа в области информатики в Институте прикладной математики (Гренобль) сроком на один год (в настоящее время находится во Франции).

2. Бульонков М.А. — научная работа в области смешанных и частичных вычислений в ИНИА (Париж) сроком на четыре месяца (в настоящее время находится во Франции).

#### *Нидерланды*

1. Бульонков М.А. — участие в Международной конференции "25 лет Алголу-68" (Амстердам).

2. Рар А.Ф. — участие в Международной конференции "25 лет Алголу-68" (Амстердам).

#### *Дания*

1. Бульонков М.А. — участие в Международном симпозиуме по частичным вычислениям (Копенгаген).

#### *Польша*

1. Константинов В.И. — участие в Международной конференции по методам проектирования в микроэлектронике (Краков).

2. Вирбидкайте И.Б. — участие в Международном семинаре по спецификации параллелизма и программированию (Варшава).

3. Непомнящий В.А. — научная работа по теме "Спецификации программного обеспечения" в Институте вычислительных наук (Гданьск).

4. Апанович З.В. — участие в Международной конференции по методам проектирования в микроэлектронике (Краков).

#### *Малайзия*

1. Замулин А.В. — научная работа и чтение лекций в Университете "Сайнс Малайзия" (Пенанг) сроком на один год.

#### *Эстония*

1. Поттосин И.В. — участие в Международном симпозиуме по реализации языков программирования (Таллинн).

2. Яхно Т.М. — участие в Международном симпозиуме по реализации языков программирования (Таллинн).

3. Телерман В.В. — участие в Международном симпозиуме по реализации языков программирования (Таллинн).

В 1993 г. институтом были приняты представители фирмы МАХСОМ: Морис Мейер, Стюарт Мэттсон, Джон Меркелл, Джимми Мэттсон — с целью проведения переговоров о возможной совместной деятельности в области систем телекоммуникаций (май, 1993).

Институтом была проведена Международная конференция "Формальные методы в программировании и их приложения" (28 июня — 3 июля 1993), в которой приняли участие ученые из Франции, Германии, Турции, Китая, Великобритании, Нидерландов, Канады, Дании, Бразилии, Литвы (23 зарубежных участника).

И.В. Поттосин был сопредседателем конференции, В.А. Непомнящий — председателем оргкомитета, М.А. Бульонков — секретарем конференции. Основная техническая работа по организации конференции была выполнена силами сотрудников лаборатории теоретического программирования и ОНТИ.

Труды конференции опубликованы на английском языке в серии Lecture Notes in Computer Science, 1993, vol. 735. Наиболее интересные доклады переведены на русский язык и опубликованы в журнале "Программирование", 1993 г., том 6.

Кроме того, И.В. Поттосин был членом программного комитета международной конференции PLILP-93 (Эстония), а В.А. Непомнящий — членом программного комитета международной конференции MFCS-93 (Польша).

Интенсивность и эффективность научных контактов с российскими и зарубежными коллегами заметно возросла после подключения института к сети РЕЛКОМ.

Налажен регулярный обмен литературой между Мемориальной библиотекой А.П. Ершова и рядом западных научных центров: библиотеками ИНРИА, IMAU (Франция), Техническим университетом в Мюнхене, Университетом Карлсруэ (Германия), Кембриджским и Манчестерским университетами (Англия), Стенфордским университетом, Digital Equipment Corporation, Hewlett-Packard Comp. (США), ETH-Zentrum (Швейцария).

В 1993 г. институтом была подана предварительная заявка для участия в конкурсе совместных российско-французских проектов, финансируемых Европейским Сообществом. С французской стороны участвует лаборатория Гренобльского центра, возглавляемая проф. Ф. Жораном.

Сотрудник института М.Н. Дорожевец ведет активное сотрудничество с учеными Калифорнийского университета (США). Им совместно с профессором этого университета V.G. Oklobdzija представлены две заявки на научные гранты в фонд NSF.

Лабораторией искусственного интеллекта поддерживаются международные научные контакты с Баварским научно-исследовательским центром представления знаний FORWISS (подана заявка на совместный грант), лабораторией LIFIA французского исследовательского института IMAG (разработано техническое задание на совместный международный проект), фирмой ICL (подана заявка на проведение исследовательских работ).

## 6. НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ И ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

6.1. В отчетном году проведено 24 заседания Ученого совета. При этом на заседаниях января—февраля были заслушаны отчеты заведующих лабораторий и дирекции, обсуждена и утверждена методика рейтингования научных подразделений и проведено рейтингование по результатам работы в 1992 г. Определены доли научных подразделений в базовом бюджетном финансировании 1993 г.

Далее, в течение года на заседаниях Ученого совета кроме текущих вопросов регулярно заслушивались научные доклады ведущих сотрудников института (около 30 докладов).

Ряд заседаний Ученого совета был посвящен развитию локальной сети института, в том числе финансированию этих работ из фонда Ученого совета.

На заседаниях Ученого совета октября—ноября 1993 г. обсуждены и утверждены планы НИР института на 1994 г. и основные результаты 1993 г.

Ученый совет по защитам провел десять заседаний, на которых были рассмотрены девять кандидатских диссертаций.

Сотрудниками института в 1993 г. защищены одна докторская и три кандидатские диссертации.

6.2. Как и в предыдущем году, сотрудники института принимают активное участие в подготовке студентов, являясь фактически основными организаторами обучения по программированию на мехмате НГУ и специализации по программному обеспечению ЭВМ (на кафедре вычислительных систем и отделении программирования кафедры вычислительной математики).

Кроме того, читаются лекции по программированию для студентов физфака НГУ.

Отделение программирования кафедры вычислительной математики ведет подготовку всех студентов мехмата по программированию и математическому обеспечению ЭВМ (лекции по начальному курсу программирования с семинарами и практикой на ЭВМ на 1- и 2-м курсах для всех отделений, лекции по математическому обеспечению ЭВМ на 3-м курсе отделений математики и механики), отвечает за теоретическую подготовку по информатике всех студентов, специализирующихся по математическому обеспечению ЭВМ, в первую очередь спецгрупп по информатике (курсы по теории программирования и теории графов и комбинаторике), а также специализирующую подготовку по ряду областей системного и теоретического программирования, связанных

с языками и системами программирования, структурами и базами данных, искусственным интеллектом.

Вместе с кафедрой вычислительных систем отделение отвечает за учебно-методическую работу в создаваемых спецгруппах по информатике НГУ. Институт систем информатики СО РАН является базовым для этих кафедр. Сотрудники отделения руководят научной работой 20-30 студентов мехмата (на каждом курсе).

Полный перечень курсов, читаемых сотрудниками института в университете, практически не изменился и содержится в отчете ИСИ СО РАН за 1992 г.

Продолжается успешное сотрудничество института с Высшим колледжем НГУ.

## 7. СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

### 7.1. Монографии

Евстигнєев В.А., Касьянов В.Н. Теория графов: алгоритмы обработки деревьев. — Новосибирск: Наука, 1993. — 396 стр.

### 7.2. Центральные издания

Бульонков М.А., Городняя Л.В., Касьянов В.Н., Котляров В.П., Непомнящий В.А., Цейтлин Г.Е., Шилов Н.В. Творческое наследие В.Э. Иткина // Кибернетика и системный анализ. — 1993. — N 2. — С. 175-183.

Вальковский В.А., Вирбицкайте И.Б. Потокковые вычислительные системы // Системная информатика. Т.2. — Новосибирск: Наука, 1993.

Касьянов В.Н. Методы и средства построения эффективных и надежных программ // Кибернетика и системный анализ. — 1993. — N 2. — С. 30-39.

Непомнящий В.А. Верификация программ над массивами // Системная информатика. Т.3. — Новосибирск: Наука, 1993.

Непомнящий В.А. Шилов Н.В. REAL92: комбинированный язык спецификаций для систем и свойств взаимодействующих процессов реального времени // Программирование. — 1993. — N 6.

Сабельфельд В.К. Анализ некоторых семантических свойств программ аппликативного языка AL // Программирование. — 1993. — N 6.

Aniskov M.I., Boltayev T.B., Kochetov D.V., Kuzminov T.V., Pottosin I.V. The Structured constructing as a discipline of safe programming and in-

struments supporting it // International Congress on Computer Systems and Applied Mathematics CSAM'93, St.Petersburg, July 19-23, 1993. — P. 10.

Baehrs A.A. On high-level operating environment // Ibid. — P. 170.

Grabar A.V., Zemtsov P.A., Nalimov E.V. Design of the optimizing code generator in cross-programming environment // Ibid. — P. 176.

Kasaynov V.N., Kusminov T.V., Pokrovsky S.B., Pottosin I.V., Sabelfeld V.K., Shelekhov V.I., Stepanov G.G., Zakharov L.I. SOKRAT: an environment for safe and effective programming // Ibid. — С. 175.

Kuzminov T.V. Some Features of a Compiler Front-end in a Software Development Cross-System // Ibid. — P. 7.

Pokrovsky S.B., Stepanov G.G. Hypertext as an Environment for Software Development // Ibid. — P. 184.

Polyakow W.G. Effectiveness and reliability of publishing systems // Ibid. — P. 185.

### 7.3. Местные издания

Анисков М.И., Кочетов Д.В. Настраиваемая расширяемая система структурного конструирования программ // Тр. Междунар. студенческой конф. МНСК-93. — Новосибирск: НГУ, 1993 г.

Бежанова М.М., Поттосин И.В. Математическое обеспечение ЭВМ: средства и инструменты. — Новосибирск: НГУ, 1993 г. — 86 с.

Вирбицкайте И.Б., Вотинцева А.В. Семантические модели потоковых вычислений. — Новосибирск, 1993. — (Препр./СО РАН. ИСИ; N 17).

Городняя Л.В. Функциональный подход к системному представлению прикладных программ учебного назначения. — Новосибирск, 1993. — (Препр./СОРАН. ИСИ; N 16).

Городняя Л.В., Касьянов В.Н. Подход к специализации по информатике и программированию в рамках системы непрерывного образования. — Новосибирск, 1993. — (Препр./СОРАН. ИСИ; N 23).

Городняя Л.В., Несговорова Г.П. Принципы конструирования электронного учебника по информационной стилистике русского языка. — Новосибирск, 1993. — (Препр./СОРАН. ИСИ; N 19).

Гринберг С.Я. Обзор средств построения экспертных систем. — Москва-Новосибирск, 1993. — 48 с. — (Препр./ Рос.НИИ искусств. интел.; N 1).

Евстигнєев В.А. Теоретико-графовые модели систем сетевой структуры // Моделирование информационных сетей. — Новосибирск, 1993.

- Земцов П.А., Налимов Е.В. Эффективная реализация языка Рапира: принципы и архитектура. — Новосибирск, 1993. — (Препр./СОРАН. ИСИ; N 14).
- Черноножкин С.К. Меры сложности программ. — Новосибирск, 1993. — (Препр./СОРАН. ИСИ; N 21).
- Шелехов В. И. Внутреннее представление программ в системе СОКРАТ. — Новосибирск, 1993. — 44 с. — (Препр./СОРАН. ИСИ; 15).
- Berezin S.A., Shilov N.V., Shnajder P.V. The effective model checking for mu-calculus: from finite systems toward systems with real time// Bull. Novosibirsk Computer Center. — 1993. — N 1.
- Evstigneev V.A. Parallel processing: architectures and computers. — Novosibirsk, 1993. — (Prepr./ISI SO RAS; N 22).
- Sabelfeld V.K. Equivalent transformations of recursion schemes and admissible rewriting rules. — Novosibirsk, 1993. — (Prepr./ISI SO RAS; N 20).
- Virbitskaite I.B. The relative strength of topological properties of event structures// Bull. Novosibirsk Computer Center. — 1993. — N 1.

#### 7.4. Зарубежные публикации

- Apanovich Z.V., Klekovkin A.V. Some notes on channel routing// Proc. Workshop on design methodologies for microelectronics and signal processing. — Poland: Silesian Tech. Univ., Gliwice, 1993. — P. 211-218.
- Bulyonkov M.A. Extracting binding time analysis from polyvariant specializer// Proc. of ACM-PEPM93 Int. Conf. — Copenhagen, 1993. — P. 59-65.
- Bulyonkov M., Rar A., Terekhov A. Algol 68 — 25 years in the USSR// Proc. of the Int. Conf. "On the history of Algol 68". — Amsterdam: Centrum voor Wiskunde en Informatica, 1993.
- Evstigneev V.A., Kasyanov V.N. The PROGRESS program manipulation system// Parallel Computer Technologies: Proc. Intern. Conf. — Obninsk, 1993. — Vol. 3. — P. 651-656.
- Konstantinov V.I. Logic simulation and timing analysis// Proc. Workshop on design methodologies for microelectronics and signal processing. — Gliwice, Poland: Silesian Univ., 1993. — P. 233-236.
- Nedorya A., Nikitin A. Mithril — portable Oberon-2 environment// Modular Magazine. — 1993. — N 1.
- Nepomniaschy V.A., Shilov N.V. REAL92: A Combined specification language for real-time concurrent systems and properties// Lect. Notes, Comput. Sci. — 1993. — Vol. 735.

- Nepomniaschy V.A., Sulimov A.A. Problem-oriented means of program specification and verification in project SPECTRUM// Lect. Notes Comput. Sci. — 1993. — Vol. 722. — P. 374-378.
- Nepomniaschy V.A., Sulimov A.A. Problem-oriented verification system and its application to linear algebra programs// Theoretical Comput. Sci. — 1993. — Vol. 119, N 1. — P. 173-185.
- Sabelfeld V.K. Analysis of some semantic properties for programs of the applicative language AL// Proc. Conf. on Formal Methods in Programming and their Applications. — Berlin a.o., 1993. — P. 181-189. — (Lect. Notes Comput. Sci; 735).
- Telerman V. Constraint propagation in subdefinite models// Nato Advanced Study Institute 'Constraint Programming'. — Tallinn, 1993. — C. 33-45.
- Virbitskaite I.B. Observing some properties of nondeterministic processes// Lect. Notes Comput. Sci. — 1993. — Vol. 735. — P. 329-350.
- Virbitskaite I.B. The relative strength of density and crossing properties for event structures // Proc. ICYCS'93, China, Bei Jing, 1993.
- Virbitskaite I.B. Some characteristics of event structures// Parallel Process. Letters. — 1993. — Vol. 3, N 1. — P.99-106.
- Yakhno T. Integration of different knowledge representation means in knowledge bases// Nato Advanced Study Institute 'Constraint Programming'. — Tallinn, 1993. — C. 120-127.

#### 7.5. Издания, отправленные в печать

- Алексеев Г.И., Быстров А.В., Мильников С.П., Чурина Т.Г. Реализация системы проектирования сетевых моделей в MS-WINDOWS// Проблемы теоретического и экспериментального программирования. — Новосибирск, 1993.
- Бulyonkova A.A. Подсистема визуализации как средство сопряжения прикладной программы и пользовательского интерфейса// Инструменты и методы разработки программ. — Новосибирск, 1993.
- Вирбицкайте И.Б., Старкова С.А. Анализ свойств плотности структур событий// Проблемы теоретического и экспериментального программирования. — Новосибирск, 1993.
- Вирбицкайте И.Б., Старкова С.А. Топологические свойства структур событий// Кибернетика и системный анализ.
- Вирбицкайте И.Б., Трепакова С.Б. Алгоритм анализа свойств поведения временных сетей Петри с использованием темпоральной логики// Проблемы теоретического и экспериментального программирования. — Новосибирск, 1993.

- Вирбицкайте И.Б. Формальные модели тегированных потоковых вычислений. — Программирование. — 1993.
- Вирбицкайте И.Б., Вотинцева А.В. Моделирование семантики потоковых вычислений в терминах структур событий// Программирование. — 1993.
- Глаголева Н.Г. Композиционное построение детерминированного конечного автомата по множеству регулярных выражений// Инструменты и методы разработки программ. — Новосибирск, 1993.
- Городняя Л.В. Конструирование уточняемых функций при разработке эффективных и надежных программ// Интеллектуализация и качество программного обеспечения. — Новосибирск, 1993.
- Городняя Л.В., Густокашина Ю.В., Евстигнеев В.А. Язык функционального программирования SISAL// Там же.
- Городняя Л.В., Хлопцева И.И., Тогулбаева А.Г., Саланова Л.В. О документировании систем программирования в процессе их разработки// Там же.
- Грабарь А.В., Земцов П.А., Налимов Е.В. Оптимизирующий генератор кода в проекте СОКРАТ// Там же.
- Грабарь А.В., Земцов П.А., Налимов Е.В. Об анализе побочных эффектов операторов в оптимизирующем генераторе кода проекта СОКРАТ// Там же.
- Грабарь А.В., Земцов П.А., Налимов Е.В. Оптимизации циклов в оптимизирующем генераторе кода проекта СОКРАТ// Там же.
- Евстигнеев В.А. VLIW-машины: развитие архитектуры и принципов построения программного обеспечения// Системная информатика. — Новосибирск: Наука.
- Евстигнеев В.А., Касьянов В.Н. Инструментальная система для изучения преобразований программ// Интеллектуализация и качество программного обеспечения. — Новосибирск, 1993.
- Емельянов П.Г., Сабельфельд В.К. Анализатор семантических свойств Модуля-программ// Там же.
- Калинина Н.А. Конструирование систем аналитических вычислений и преобразования программ //Инструменты и методы разработки программ. — Новосибирск, 1993.
- Калинина Н.А. Системы компьютерной алгебры. Развитие системы. — Новосибирск: НГУ.
- Касьянов В.Н. О свойстве полноты механизма аннотаций директив// Интеллектуализация и качество программного обеспечения. — Новосибирск, 1993.

- Касьянов В.Н. Трансформационный подход к конструированию эффективных и надежных программ: модели, методы и алгоритмы// Там же.
- Касьянов В.Н., Сабельфельд В.К. Курс программирования на Паскале в задачах и упражнениях. — М.: Наука.
- Кочетов Д.В. Реализация языковой подсистемы в структурном редакторе// Инструменты и методы разработки программ. — Новосибирск, 1993.
- Кузьминов Т.В. Динамические интерфейсы в интегрированной среде// Там же.
- Кузьминов Т.В. Объектно-ориентированная модель отладки и тестирования// Там же.
- Куксенко С.В., Томе О.Б., Шелехов В.И. Объектный анализ программ// Там же.
- Курляндчик В.Я., Полянский О.Д., Тумайкин М.А. Инкрементальная среда и база данных проекта для языка// Там же.
- Мавлютов И.Б. Подходы к целевой оптимизации// Там же.
- Непомнящий В.А., Сулимов А.А. О средствах верификации в проблемно-ориентированной системе СПЕКТР92// Проблемы теоретического и экспериментального программирования. — Новосибирск, 1993.
- Сабельфельд В.К. Рекурсивные схемы: преобразования и отношения эквивалентности// Системная информатика. — Новосибирск: Наука.
- Устименко А. Отображение причинно-следственных структур Чаия на регулярные сети Петри// Проблемы теоретического и экспериментального программирования. — Новосибирск, 1993.
- Цикоза В.А. Специализатор Модуля-программ: проектные решения// Интеллектуализация и качество программного обеспечения. — Новосибирск, 1993.
- Шелухина А.А. Оптимизирующие и реструктурирующие преобразования программ (каталог)// Там же.
- Шилов Н.В., Шнайдер П.В. Метод оценки формул пропозициональной динамической логики с неподвижными точками на конечных моделях// Проблемы теоретического и экспериментального программирования — Новосибирск, 1993.
- Berezin S.A., Shilov N.V. An approach to effective model-checking of real-time finite-state machines in mu-calculus// Int. Conf. on Logical Foundations of Computer Science — LFCS'94.
- Narin'yanu A.S., Babichev A.B., Kashevarova T.P., Leshchenko A.S., Semenov A.L. A new approach to solving algebraic systems by means

of sub-definite models// Lecture Notes in Control and Information Sciences, 1993.

Narin'yanu A.S., Babichev A.B., Kashevarova T.P., Leshchenko A.S., Semenov A.L. UniCalc, a novel approach to solving systems of algebraic equations// Interval Computations. — 1993.

Virbitskaite I.B. An Event Structure Model for Dataflow Computing // Parallel Proc. Express. — 1993.

Virbitskaite I.B. Nondeterministic processes: K-density and related properties// Proc. Conf. "Concurrency: Specification and Programming". — Poland, 1993.

\*\*\*

Гранты, полученные ИСИ в 1993 г.

Гранты РФФИ:

- Три гранта (2800 + 3900 + 2200 тыс. руб.) на общую сумму 8900 тыс.руб.
- Один грант по ГНТП "Информатизация России" — 1205 тыс.руб.
- Три гранта по фонду Сороса (по \$500).

## ИНСТИТУТ СИСТЕМ ИНФОРМАТИКИ

Ежегодный отчет

1992

Объем 2,9 п.л., 2,8 уч.-издл. Тираж 120 экз. Заказ N84

Ротапринт СО РАН, Новосибирск-90