

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»

УДК 004.42+518.5

СЕРДЮКОВ
Роман Евгеньевич

**БАЗОВЫЕ АЛГОРИТМЫ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА
ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В
ГРАФОДИНАМИЧЕСКИХ АССОЦИАТИВНЫХ МАШИНАХ**

Специальность 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение
вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Минск 2004

Работа выполнена в Учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

Научный руководитель –
доктор технических наук, профессор Голенков В.В.,
(Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, кафедра интеллектуальных информационных технологий)

Официальные оппоненты:
доктор физико-математических наук, профессор Синицин А.К.,
(Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, кафедра вычислительных методов и программирования)

кандидат технических наук, доцент Романов В.И.
(Европейский гуманитарный институт, кафедра математики и информатики)

Опонирующая организация -
Государственное унитарное предприятие “Научно-исследовательский институт электронных вычислительных машин”, г. Минск

Защита состоится 8 апреля 2004 года в 16 часов на заседании совета по защите диссертаций Д02.15.04 при Учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, г.Минск, П.Бровки, 6, корп. 1, ауд. 232, тел. 2398989.

Ученый секретарь совета
по защите диссертаций
к.т.н., доцент



Б.В.Никольшин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. Методы теории графов находят все более широкое применение в самых различных областях. В связи с этим актуальной является разработка средств, ориентированных на решение теоретико-графовых задач (Мелихов А.Н., Курейчик В.М., Берштейн Л.С., Евстигнеев В.А., Касьянов В.Н., Rozenberg G., Tamassia R., Battista G. и др.). К числу таких средств относятся: теоретико-графовые пакеты прикладных программ, языки программирования, ориентированные на решение теоретико-графовых задач, средства визуализации графовых структур.

Однако в настоящее время большинство указанных средств оперируют непосредственно не самими графовыми структурами, а их представлением в равнодоступной адресной памяти (матрицы смежности, матрицы инцидентности, списковые структуры и т.д.), что делает эти средства сильно зависимыми от выбранного способа представления графовых структур. Кроме того, каждое из указанных представлений имеет свои недостатки, усложняющие реализацию тех или иных преобразований графовых структур. Перспективным направлением преодоления этих трудностей является ориентация не на традиционную равнодоступную адресную память, а на графодинамическую (структурно перестраиваемую) ассоциативную память. В процессе переработки информации в такой памяти меняется не только состояние элементов памяти, но и конфигурация связей между ними, что позволяет в такой памяти оперировать графовыми структурами непосредственно (Айзерман М.А., Гладун В.П., Петров С.В., Голенков В.В.). В качестве формальной модели, уточняющей принципы обработки графовых структур в графодинамической ассоциативной памяти, вводится понятие абстрактной графодинамической ассоциативной машины. В работах Гладуна В.П., Сапатога П.С., Васильева В.В., Додонова А.Г., Кузьмицкого В.М., Moldovan D.I. рассматривается два варианта реализации таких машин – программная реализация, на базе традиционных компьютеров, и аппаратная реализация, в основе которой лежит аппаратная поддержка графодинамической ассоциативной памяти.

Однако для графодинамических ассоциативных машин, реализуемых как программно, так и аппаратно, в настоящее время недостаточно исследованными являются структура, методы и средства построения их базового программного обеспечения, которое включает операционную среду, базовую систему программирования, средства редактирования и визуализации графовых структур. Указанное базовое программное обеспечение является необходимым средством создания конкурентноспособных прикладных систем на базе графодинамических ассоциативных машин. В связи с использованием принципиально нового вида памяти базовое программное обеспечение графодинамических ассоциативных машин имеет существенные отличия от базового программного обеспечения традиционных компьютеров.

Важность проблемы создания базового программного обеспечения графодинамических ассоциативных машин определила цель данной диссертационной работы, решаемые в ней задачи и используемые методы исследования.

Связь работы с крупными программами, темами. Диссертационная работа выполнена в соответствии с научно-техническими заданиями и планами работы кафедры “Интеллектуальных информационных технологий” и НИЛ 3.4 “Интеллектуальные системы” БГУИР в рамках следующих научно-исследовательских проектов: “Разработать модели и методы организации взаимодействия параллельных интеллектуальных систем в графодинамической памяти” (ГБЦ № 01-3125, гос.рег. № 20001749) – договор с Министерством образования РБ в рамках программы “Модуль-2”; “Разработать инструментальные средства проектирования распределенных интеллектуальных систем” (ГБЦ № 96-3139, гос.рег. № 19962923) – проект в рамках Минвузовской программы “Информатика”; “Разработать информационные технологии и программные средства создания многоагентных интеллектуальных систем” (ГБЦ № 99-8019, гос.рег. № 20002235) – проект в рамках Минвузовской программы “Информатика”; “Реализация инструментальных средств распределенной переработки информации в локальной сети” студенческий грант Министерства образования РБ (ГБЦ № 00-3097, гос.рег. № 20002243); “Исследование графодинамических средств параллельной асинхронной переработки сложноструктурированных знаний при разработке экспертной системы прогнозирования психических заболеваний” (ГБЦ № 00-3098, гос.рег. № 20002242) – студенческий грант Министерства образования РБ; “Исследование принципов организации параллельных процессов, работающих над общей структурно-перестраиваемой ассоциативной памятью” (ГБЦ № 99-3094, гос.рег. № 19992483) – студенческий грант Министерства образования РБ; “Анализ и моделирование псевдооптических нейронных сетей” (ГБЦ № 00-7029, гос.рег. № 20002906) – совместный проект Российского и Белорусского Фонда Фундаментальных исследований; “Исследование и разработка адаптивных интеллектуальных интерфейсов для систем дистанционного образования” (T02P-108) – совместный проект Российского и Белорусского Фонда Фундаментальных исследований; “Разработать интеллектуальный обучающий комплекс по созданию и использованию инструментальных средств проектирования интеллектуальных систем на базе суперкомпьютерных конфигураций” в рамках соглашения между “Объединенным институтом проблем информатики НАН Беларуси” и Учреждением образования “Белорусским государственным университетом информатики и радиоэлектроники”.

Цель и задачи исследования. Целью диссертационной работы является разработка базового программного обеспечения графодинамических ассоциативных машин, ориентированных на обработку графовых структур различного вида. В состав такого программного обеспечения входят:

операционная среда, базовая система программирования, средства визуализации и редактирования графовых структур. Исходя из поставленной цели, задачами диссертационной работы являются:

1. Анализ тенденций развития базового программного обеспечения систем обработки графовых структур.
2. Разработка способов, обеспечивающих многопользовательскую и распределенную обработку информации в графодинамических ассоциативных машинах и обеспечивающих адаптацию средств визуализации информации к конкретным прикладным задачам и пользователям.
3. Разработка языков и алгоритмов, обеспечивающих адаптацию средств визуализации информации к конкретным прикладным задачам и пользователям и обеспечивающих применение современных технологий проектирования, в частности, объектно-ориентированных.
4. Реализация базового программного обеспечения графодинамических ассоциативных машин, которое использует разрабатываемые способы, алгоритмы и языки и обеспечивает создание прикладных систем обработки графовых структур на базе графодинамических ассоциативных машин.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования являются графодинамические ассоциативные машины. Предметом исследования является базовое программное обеспечение графодинамических ассоциативных машин.

Методология и методы проведенного исследования. Решение рассматриваемых в диссертации задач базируется на теории множеств, теории графов, методах построения операционных систем и сред, теории синтаксического анализа языков программирования, объектно-ориентированной методологии построения программных систем.

Научная новизна и значимость полученных результатов.

1. Предложен способ сегментной организации графодинамической ассоциативной памяти, обеспечивающий унификацию распределенной обработки графовых структур и доступа к различно реализованным фрагментам графодинамической ассоциативной памяти, а также унификацию обработки информации из различных внешних источников и организацию многопользовательского доступа к графодинамической ассоциативной памяти.
2. Предложен способ автоматизированного наглядного размещения графовых структур, в основе которого лежит язык разметки графовых структур, обеспечивающий задание для каждого выделенного фрагмента структуры своего стиля визуализации (параметры визуализации и метод размещения), и позволяющий размещать динамические графовые структуры.
3. Разработан расширяемый язык визуализации графовых структур различного вида, который имеет небольшой базовый алфавит

графических примитивов и обеспечивает расширение алфавита с помощью продукционных правил, что дает возможность адаптировать средства визуализации графовых структур под конкретную прикладную задачу или пользователя.

4. Предложен принцип построения адаптивного пользовательского интерфейса графодинамических ассоциативных машин, в основе которого лежит индивидуальный подбор стилей визуализации графовых структур, а также использование языков описания мультимодального и динамического пользовательского интерфейса, что позволяет на качественно новом уровне применять методы адаптации к пользователю.
5. Разработан метаязык спецификации графовых контекстно-свободных грамматик, задающих графовые языки, используемые в графодинамических ассоциативных машинах, и алгоритм нисходящего синтаксического анализа методом рекурсивного спуска, в основе которого лежит использование указанного метаязыка.
6. Разработан объектно-ориентированный графовый язык системного программирования для графодинамических ассоциативных машин, который обеспечивает применение объектно-ориентированных технологий при проектировании прикладных систем на базе графодинамических ассоциативных машин.

Практическая значимость полученных результатов. Полученные результаты формируют теоретическую и практическую базу для создания систем обработки графовых структур на базе графодинамических ассоциативных машин, а также для создания прикладных интеллектуальных систем, базы знаний которых представлены в виде семантических сетей. При этом практически реализованы следующие программные системы:

- Программная реализация графодинамической ассоциативной машины, которая работает под управлением ОС Windows и Linux, в качестве библиотеки сетевой коммуникации используется Berkeley Sockets. Для долговременного хранения графовых структур используется реляционная СУБД DB/2 и файловая система.
- Операционная среда графодинамической ассоциативной машины, которая использует разработанную программную модель графодинамической ассоциативной машины, и обеспечивает интерпретацию процедурного графового языка программирования Semantic Code Programming, а также объектно-ориентированного графового языка, который предложен в диссертационной работе.
- Редактор графовых структур различного вида, который реализован в двух вариантах – редактор двумерного изображения графовых структур, работающий под управлением ОС Windows, и редактор трехмерного изображения графовых структур, работающий также под ОС Windows и использующий библиотеку Microsoft DirectX для работы с трехмерным изображением.

- Базовая система программирования графодинамической ассоциативной машины, которая состоит из средств отладки и компонентного программирования, и работает под управлением ОС Windows.

Результаты были использованы и внедрены в «Объединенном институте проблем информатики НАН Беларуси» (был реализован программный макет графодинамической ассоциативной машины, на суперкомпьютерной конфигурации, созданной в рамках российско-белорусской программы «СКИФ»), в Унитарном предприятии «Геоинформационные системы», в Учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» и в Учреждении образования «Полоцкий государственный университет».

Основные положения диссертации, выносимые на защиту.

1. Архитектура и принцип реализации операционной среды графодинамических ассоциативных машин, в основе которого лежит способ сегментной организации графодинамической ассоциативной памяти.
2. Способ и алгоритм автоматизированного наглядного размещения графовых структур, в основе которого лежит использование языка разметки графовых структур.
3. Принцип построения адаптивного пользовательского интерфейса для графодинамических ассоциативных машин, который включает языки описания мультимодального и динамического пользовательского интерфейса и язык визуализации графовых структур.
4. Метаязык спецификации графовых контекстно-свободных грамматик, задающих графовые языки, используемые в графодинамических ассоциативных машинах; и алгоритм нисходящего синтаксического анализа методом рекурсивного спуска, в основе которого лежит использование указанного метаязыка.
5. Базовая система программирования, ориентированная на обработку графовых структур различного вида, включающая объектно-ориентированный графовый язык программирования, средства отладки и компонентного программирования.

Личный вклад соискателя. Основные результаты, приведенные в диссертационной работе, получены автором самостоятельно. В публикациях с соавторами вклад автора соответствует результатам, изложенным в диссертационной работе.

Апробация результатов диссертации. Материалы работы докладывались и обсуждались на следующих научных конференциях и семинарах: Научная сессия МИФИ-2003 к 100-летию И.В. Курчатова. II Международная научно-методическая конференция «Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века». V Международная научная конференция «Новые международные технологии НИТЭ'2002». I Международная конференция «Информационные системы и технологии

IST'2002". V Браславская школа-семинар по новым информационным технологиям (Беларусь, Браславские озера, 2002г.). Белорусский конгресс по телекоммуникациям, информационным и банковским технологиям (Минск, Национальная академия наук Беларуси, 2001г.). Республиканская научно-методическая конференция "Проблемы и пути развития высшего технического образования" (Минск, 2001г.). Российско-украинский научный семинар "Интеллектуальный анализ информации" (Киев, 2001г.). Международная научно-методическая конференция "Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века" (Минск, БГУИР, 2001г.). XXXIV, XXXV, XXXVI, XXXVII и XXXVIII научно-технические конференции аспирантов и студентов Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. I, II, III и IV международная летняя школа-семинар по искусственному интеллекту для студентов и аспирантов (Республика Беларусь, Браславские озера). Ежегодный научно-методический республиканский семинар "Lotus – технологии в образовании" (Минск, БГУИР, 1999 и 2000г.). Международная научно-техническая конференция "Новые информационные технологии в науке и производстве" (Минск, БГУИР, 1998г.).

Результаты работы демонстрировались на следующих выставках: ежегодная международная выставка ТИВО (Минск, 2001-3г.), выставка в рамках «Международной научно-методической конференции "Дистанционное обучение - образовательная среда XXI века"» (18-20 декабря 2001г.).

Опубликованность результатов. По тематике представленной диссертационной работы было опубликовано 16 печатные работы, включая 2 научные статьи, 4 главы из монографий, 10 материалов конференций и семинаров. Суммарный объем публикаций автора составляет около 92 страниц.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и двух приложений. Она содержит 96 страниц основного текста, 10 рисунков на 3 страницах, 5 таблиц на 2 страницах, два приложения на 13 страницах, в списке использованных источников на 8 страницах представлено 126 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В **первой главе** проведен обзор современных систем обработки графовых структур: библиотек обработки графовых структур и средств визуализации графовых структур, определены их достоинства и недостатки, дан анализ проблем обработки графовых структур. К числу основных трудностей создания программных систем обработки графовых структур относятся:

- зависимость теоретико-графовых программ от способа представления графовых структур в связи с отсутствием унификации такого представления;

- низкий уровень традиционных языков программирования для решения теоретико-графовых задач в связи с необходимостью работы не на уровне самих графовых структур, а на уровне детализации их представлений;
- высокая трудоемкость проектирования прикладных систем обработки графовых структур.

В качестве основы для решения указанных проблем в диссертационной работе предлагается использовать графодинамические ассоциативные машины, особенностью которых является:

- использование структурно перестраиваемой памяти, обработка в которой сводится не только к изменению состояния элементов памяти, но и к изменению связей между ними;
- наличие ассоциативного доступа к информации по заданному образцу произвольной конфигурации;
- ориентация на параллельную асинхронную обработку графовых структур;

Такие машины рассматривались в работах Айзермана М.А., Гладуна В.П., Петрова С.В. и других. В диссертации рассматривается специальный класс графодинамических ассоциативных машин, в основе которых лежит язык SC (Semantic Code), и особенностью которых является:

- однородность;
- базовая теоретико-множественная семантическая интерпретация;
- ориентация на обработку сложноструктурированных данных.

Указанный класс графодинамических ассоциативных машины (ГАМ) предложен Голенковым В.В. и развит в работах Гапонова П.А. и Кузьмицкого В.М. Для таких ГАМ была создана первая версия их программной реализации и базового программного обеспечения. На основе этого базового программного обеспечения графодинамических ассоциативных машин был разработан ряд прикладных систем из области медицины, геоинформатики и образования. Эти результаты показали, следующее:

- программная реализация графодинамической ассоциативной машины может быть основой для создания прикладных систем обработки графовых структур, в которых не требуется высокой производительности;
- работы по созданию аппаратной реализации графодинамических ассоциативных машин и разработке программного обеспечения для графодинамических ассоциативных машин могут и должны вестись параллельно, что позволит при завершении работ по созданию аппаратной реализации ГАМ получить не просто новый компьютер, а компьютер вместе с эффективным набором инструментальных средств его использования.

Однако первая версия базового программного обеспечения графодинамической ассоциативной машины не поддерживала проектирования прикладных систем, в которых:

- осуществляется унифицированная обработка распределенной информации различного вида;
- существует возможность многопользовательской работы с графодинамической ассоциативной памятью;
- осуществляется адаптация пользовательского интерфейса и, в частности, средств визуализации информации к конкретным прикладным задачам и пользователям;
- при разработке прикладных систем используются современные технологии, в частности, объектно-ориентированные.

Указанные недостатки первой версии базового программного обеспечения графодинамической ассоциативной машины не позволяли рассчитывать на проектирование прикладных систем конкурентноспособных на современном рынке программных продуктов.

Далее в первой главе проведен анализ современных технологий разработки программных систем. Результатом анализа является выявленный перечень характеристик такого рода систем:

- использование языков высокого уровня;
- использование при проектировании программных систем графических языков для спецификации разрабатываемой системы;
- ориентация на работу в распределенных компьютерных средах и возможность работать с различными форматами данных;
- возможность персонализации и адаптации системы к пользователю.

На основании этого были определены подходы к разработке базового программного обеспечения графодинамических ассоциативных машин, которое, во-первых, позволяло бы создавать конкурентноспособные системы обработки графовых структур и, во-вторых, основывалось на программной модели графодинамической ассоциативной машины.

Во **второй главе** рассматриваются способы представления и обработки информации, лежащие в основе базового программного обеспечения графодинамических ассоциативных машин.

Для обработки распределенных графовых структур и унификации доступа к различно реализованным фрагментам графодинамической ассоциативной памяти в работе предлагается *способ сегментной организации графодинамической ассоциативной памяти*. Согласно этому способу состояние графодинамической ассоциативной памяти формально задается восьмеркой вида:

$$M = \langle N, I, S, U, C, \varphi_U, \varphi_C, \varphi_S \rangle ,$$

где

N – множество узлов графодинамической структуры;

I – множество дуг графодинамической структуры;

S – множество сегментов графодинамической структуры, $\forall s_i \in S (s_i \subseteq (N \cup I))$;

I – множество имен элементов графодинамической структуры;

C – множество содержимых узлов графодинамической структуры;

φ_U – функция именования элементов графодинамической структуры,
 $\varphi_U : (N \cup I) \rightarrow U$;

φ_C – функция приписывания содержимого узлам графодинамической структуры, $\varphi_C : (N \cup I) \rightarrow C$;

φ_S – функция связывания элементов графодинамической структуры с сегментами, $\varphi_S : (N \cup I) \rightarrow S$.

Разбиение графодинамической ассоциативной памяти на сегменты может быть как автоматическим, так и ручным, таким образом, соответственно в первом случае разбиение происходит под управлением операционной среды, а во втором – под управлением системного администратора графодинамической ассоциативной машины. В результате разбиения каждый элемент памяти должен находиться в одном и только одном сегменте. Каждому сегменту в графодинамической ассоциативной памяти соответствует узел, обозначающий этот сегмент, этот узел также связан с определенным сегментом. На основании этой связи образуется иерархия сегментов.

Каждый элемент памяти имеет короткое имя, уникальное в рамках сегмента, где он находится, и полное имя, которое состоит из короткого имени элемента и полного имени сегмента его содержащего. При работе с любым элементом графодинамической ассоциативной памяти используется его полное имя, это позволяет различным пользователям создавать одинаково именуемые элементы, но с отличающейся семантикой (омонимы).

Для каждого сегмента можно задать права доступа пользователя к элементам, которые связаны с сегментом, можно указать место расположения (например, сетевой адрес), где находятся элементы, связанные с этим сегментом, доступ к этим элементам будет прозрачным для пользователя. Область действия операций ассоциативного поиска графодинамической ассоциативной машины можно сузить, указав множество сегментов, где производить поиск.

Предложенный способ сегментной организации графодинамической ассоциативной памяти заключается в разбиении памяти на сегменты и уточнении семантики операции графодинамической ассоциативной машины и является развитием ранее разработанного способа обработки графодинамических структур, но в отличие от этого способа позволяет:

1. Разграничить доступ пользователей к графодинамической ассоциативной памяти.
2. Обеспечить унификацию доступа к распределенным графодинамическим структурам.
3. Повысить эффективность обработки графодинамических структур за счёт уточнения области действия операций ассоциативного поиска и интеграции различных способов реализации памяти, эффективно работающих для определенного вида операций.

Для обеспечения наглядной визуализации информации в работе предлагается *способ автоматизированного размещения графовых структур* различного вида, в основе которого лежит использование языка разметки и стилей визуализации графовой структуры. На первом этапе формируется иерархия слоёв разметки с использованием языка разметки графовой структуры, а на втором этапе, на основании этой иерархии и стилей визуализации, строится графическое изображение графовой структуры.

Стиль визуализации графовой структуры формально задается тройкой:

$$S_{sw} = \langle P_V, P_L, P_C \rangle,$$

где

P_V – множество параметров, описывающих визуализацию графовой структуры;

P_L – множество параметров, описывающих размещение графовой структуры;

P_C – множество параметров, описывающих ограничение на размещения и трансформацию графовой структуры.

Множество P_V представляет собой цветовую и шрифтовую схему графовой структуры. Множество P_L определяет тип алгоритма размещения и его параметры. В работе взят за основу алгоритм, основанный на физических процессах, а точнее алгоритм, описывающий работу пружины. Третье множество P_C задает систему ограничений на размещение и трансформацию графовой структуры. Система ограничений представляет собой набор простых конструкций (например, $x = y, x < 10, x = y + 4$). Ограничения на размещение применяются при построении графического изображения графовой структуры, а ограничения на трансформацию – при её перемещении.

В третьей главе рассматриваются языки и алгоритмы, лежащие в основе базового программного обеспечения графодинамических ассоциативных машин.

Для спецификации графических примитивов, используемых при визуализации конкретных графовых структур, в работе предлагается *язык визуализации графовых структур* различного вида. Этот язык отличается от существующего языка визуализации графовых структур SCg (Semantic Code graphic) тем, что использует небольшой базовый алфавит, а для описания новых элементов алфавита используется продукционная система.

В рассматриваемой продукционной системе каждое продукционное правило описывает новый графический элемент (рис.1). If-компонента продукционного правила содержит граф-шаблон, специфицирующий добавляемый графический примитив. Then-компонента продукционного правила содержит команды рисования, которые формируют изображение графического примитива, и отношения, задающие реакцию на изменение графовых структур как в памяти, так и на экране.

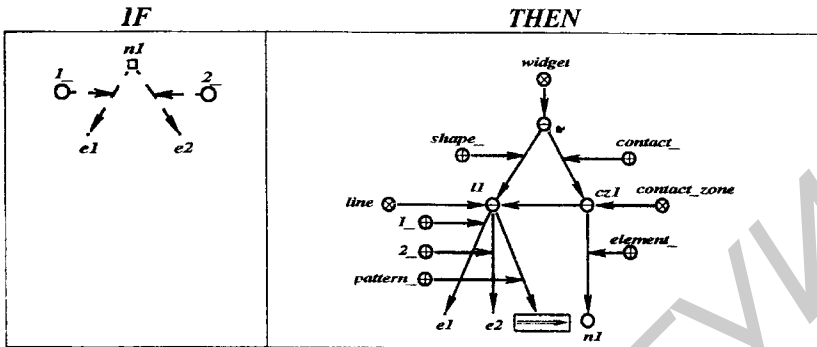


Рис.1. Пример правила, описывающего графический примитив "двойная линия со стрелкой"

В основе описанного выше способа автоматизированного наглядного размещения графовых структур лежит *язык разметки графовых структур*. Этот язык является аналогом широко распространенных языков разметки HTML и XML, но в отличие от них является графовым языком, тексты которого хранятся в памяти графодинамической ассоциативной машины. Рассматриваемый язык обеспечивает разбиение графовой структуры на фрагменты и указания для каждого фрагмента стиля визуализации, который рассматривался выше.

В третьей главе предложен *алгоритм вычисления координат* при размещении графовых структур, который предназначен для вычисления геометрических координат элементов графовой структуры на основе текста на языке разметки графовой структуры. Данный алгоритм отличается от аналогичных применяемых при размещении текстов языка HTML тем, что специально ориентирован на обработку текстов языка разметки графовых структур.

В диссертационной работе предложен *принцип построения адаптивного пользовательского интерфейса графодинамической ассоциативной машины*, в основе которого лежит индивидуальный подбор стилей визуализации графовых структур, а также использование *языка описания мультимодального пользовательского интерфейса* и *языка описания динамического пользовательского интерфейса*.

Язык описания мультимодального пользовательского интерфейса специфицирует отношения, связывающие элементы памяти графодинамической ассоциативной машины с методами их обработки. В рассматриваемые отношения могут входить как элементарные элементы памяти графодинамической ассоциативной машины, так и совокупность элементов, т.е. сегменты. Под методами обработки в рассматриваемые отношения могут входить как программы, хранимые в памяти графодинамической ассоциативной машины, так и внешние программы.

На рис. 2 приведен пример различных форм взаимодействия пользователя с графодинамической ассоциативной машиной.

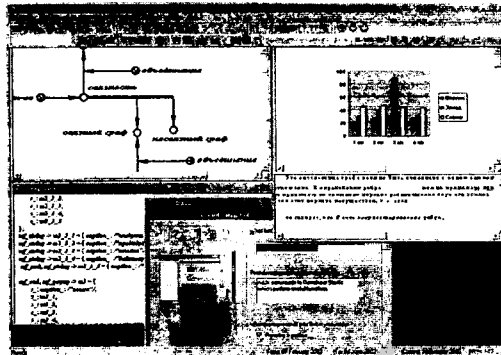


Рис.2. Различные формы взаимодействия пользователя с графодинамической ассоциативной машиной

Язык описания динамического пользовательского интерфейса предназначен для описания различных элементов управления (кнопок, меню, панелей инструментов, диалогов и т.д.) и операций их изменения. Эти операции инициируются при наступлении событий как от пользователя (нажатие кнопки, перемещение курсора и т.д.), так и от системы (генерация или удаления какого-либо элемента в памяти графодинамической ассоциативной машины).

Для формального описания синтаксиса графовых языков, которые используются в графодинамических ассоциативных машинах, в работе предлагается использовать разработанный *метаязык спецификации контекстно-свободных графовых грамматик*. Контекстно-свободные графовые грамматики позволяют задавать все языки, предлагаемые в работе, а также большинство графовых языков, используемых в графодинамических ассоциативных машинах.

Для обеспечения синтаксической проверки текстов на разработанных языках в работе предлагается *алгоритм нисходящего синтаксического анализа методом рекурсивного спуска*, который использует описание грамматики на описанном метаязыке. Упрощенный вариант этого алгоритма следующий:

Шаг 1. Добавляем в сентенциальное множество стартовый символ, инициализируем структуру, описывающую дерево разбора;

Шаг 2. Пытаемся заменить нетерминальные элементы в сентенциальном множестве на элементы из правой части соответствующего правила.

Шаг 3. Если попытка удачная и если в сентенциальном множестве нет нетерминальных элементов, то текст разобран и останов, иначе достраиваем дерево разбора и переходим на *шаг 2*;

Шаг 4. Если попытка не удачная, то если можно подняться вверх по дереву разбора, то поднимаемся и переходим к *шагу 2*, иначе текст не разобран и останов.

В качестве языка системного программирования графодинамических ассоциативных машин в работе предлагается *объектно-ориентированный графовый язык SCO (Semantic Code Object)*. Рассматриваемый язык основывается на синтаксисе процедурного графового языка SCP (Semantic Code Programming) и позволяет описывать все основные понятия объектно-ориентированной парадигмы (классы, иерархию классов, наследование, инкапсуляцию и т.д.).

В четвертой главе рассматривается реализация инструментальных средств, входящих в состав базового программного обеспечения графодинамических ассоциативных машин, общая структура которых показана на рис.3.

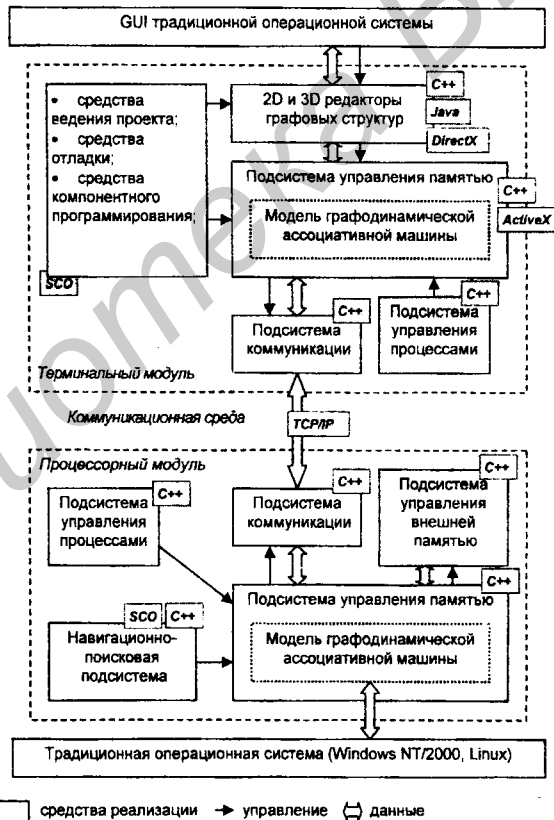


Рис.3. Общая структура инструментальных средств

Реализованная *операционная среда графодинамической ассоциативной машины*, включает традиционные компоненты (планировщик процессов, менеджер памяти, подсистема управления внешней памятью), а также навигационно-поисковую систему, назначение которой навигация и поиск по текущему состоянию графодинамической ассоциативной памяти. Операционная среда основывается на программной модели графодинамической ассоциативной машины, которая реализована на языке C++ и работает под управлением ОС Windows и Linux. Предлагаемая реализация операционной среды графодинамической ассоциативной машины является распределенной, в качестве основного механизма коммуникации между процессами был выбран механизм сообщений, а в качестве библиотеки, реализующей сетевой транспортный уровень, была выбрана Berkeley Sockets.

В подсистеме управления памятью используется способ сегментной организации графодинамической ассоциативной памяти. Такой способ обеспечивает унифицированную обработку информации из внешних источников, в качестве которых предлагается использовать реляционные СУБД и файловые системы.

Операционная среда графодинамической ассоциативной машины обеспечивает интерпретацию программ на языках SCP и SCO, для доступа и управления ресурсами операционной среды была разработана библиотека классов на языке SCO.

Редактор графовых структур, входящий в состав базового программного обеспечения графодинамических ассоциативных машин, предназначен для визуализации и редактирования графовых структур различного вида, и через него реализуется основной диалог пользователя с системой. В рассматриваемом редакторе графовых структур применяется способ автоматизированного наглядного размещения графовых структур и язык визуализации графовых структур.

На основании предложенного принципа построения адаптивного пользовательского интерфейса были реализованы средства отображения, которые обеспечивают интерпретацию текстов на языках спецификации мультимодального и динамического пользовательского интерфейса в различные формы представления пользовательского интерфейса. В диссертационной работе выделяется три основные формы представления пользовательского интерфейса: веб-ориентированная, двумерная и трехмерная.

Базовая система программирования – третий компонент базового программного обеспечения графодинамической ассоциативной машины. Реализованная базовая система программирования позволяет использовать технологию визуального компонентного проектирования при создании прикладных систем на базе графодинамической ассоциативной машины, а также позволяет отлаживать программы, хранимые в памяти графодинамической ассоциативной машины.

В состав базовой системы программирования входит отладчик программ на языках SCP и SCO, средства синтаксического анализа программ, в основе которых лежит использование метаязыка спецификации графовых контекстно-свободных грамматик и соответствующего алгоритма синтаксического анализа, редактор компонент и редактор связей между компонентами, средства ведения проекта.

В четвертой главе также рассмотрен принцип построения прикладных систем на базе графодинамической ассоциативной машины, который заключается в комплексном использовании всех результатов диссертационной работы.

В приложении 1 приведены снимки экрана, отображающие различные моменты работы системы. В приложении 2 приведены акты об использовании результатов работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные и практические результаты диссертационной работы следующие:

1. Предложен способ сегментной организации графодинамической ассоциативной памяти, обеспечивающий унификацию распределенной обработки графовых структур и доступа к различно реализованным фрагментам графодинамической ассоциативной памяти, а также унификацию обработки информации из различных внешних источников и организацию многопользовательского доступа к графодинамической ассоциативной памяти [1; 5; 6; 7; 11; 12].
2. Предложен способ автоматизированного наглядного размещения графовых структур, в основе которого лежит язык разметки графовых структур, обеспечивающий задание для каждого выделенного фрагмента структуры своего стиля визуализации (параметры визуализации и метод размещения), и позволяющий размещать динамические графовые структуры [2; 7; 8; 9; 10; 11].
3. Разработан расширяемый язык визуализации графовых структур различного вида, который имеет небольшой базовый алфавит графических примитивов и обеспечивает расширение алфавита с помощью продукционных правил, что дает возможность адаптировать средства визуализации графовых структур под конкретную прикладную задачу или пользователя [2; 4; 7; 8; 9; 10; 11].
4. Предложен принцип построения адаптивного пользовательского интерфейса графодинамических ассоциативных машин, в основе которого лежит индивидуальный подбор стилей визуализации графовых структур, а также использование языков описания мультимодального и динамического пользовательского интерфейса, что позволяет на качественно новом уровне применять методы адаптации к пользователю [2; 4; 7; 8; 9; 10; 11].

5. Разработан метаязык спецификации графовых контекстно-свободных грамматик, задающих графовые языки, используемые в графодинамических ассоциативных машинах, и алгоритм нисходящего синтаксического анализа методом рекурсивного спуска, в основе которого лежит использование указанного метаязыка [7; 11].
6. Разработан объектно-ориентированный графовый язык системного программирования для графодинамических ассоциативных машин, который обеспечивает применение объектно-ориентированных технологий при проектировании прикладных систем на базе графодинамических ассоциативных машин [3; 7; 11].
7. Осуществлена реализация программной модели графодинамической ассоциативной машины, которая работает под управлением ОС Windows и Linux, а также базового программного обеспечения этой машины, в состав которого входят: операционная среда, базовая система программирования, средства визуализации и редактирования графовых структур [3; 4; 5; 6; 7; 11; 13; 14; 15; 16].

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в научных журналах

1. Сердюков Р.Е. Сегментная организация баз знаний, представленных в виде графодинамических структур // Известия Белорусской инженерной академии. – 2003. – № 1(15)/2. – С.218-221.
2. Елисеева О.Е., Сердюков Р.Е. Когнитивный интерфейс компьютерной системы обучения // Известия Белорусской инженерной академии. – 2003. – № 1(15)/1. – С.87-90.

Главы из монографий

3. Сердюков Р.Е. Базовый язык программирования для графодинамических ассоциативных машин // Программирование в ассоциативных машинах / В.В.Голенков, Г.С.Осипов, Н.А.Гулякина и др. – Мн.:БГУИР, 2001. – Гл.4 – С.51-116.
4. Сердюков Р.Е. Организация взаимодействия графодинамических ассоциативных машин с пользователями // Программирование в ассоциативных машинах / В.В.Голенков, Г.С.Осипов, Н.А.Гулякина и др. – Мн.:БГУИР, 2001. – Гл.5 – С.117-144.
5. Сердюков Р.Е. Реализация графодинамических ассоциативных систем управления знаниями путём их сведения к реляционным СУБД // Программирование в ассоциативных машинах / В.В.Голенков, Г.С.Осипов, Н.А.Гулякина и др. – Мн.:БГУИР, 2001. – Гл.6 – С.145-180.
6. Сердюков Р.Е. Навигационно-поисковая графодинамическая ассоциативная машина // Представление и обработка знаний в графодинамических ассоциативных машинах / В.В.Голенков, О.Е.Елисеева, В.П.Ивашенко и др.; Под ред. В.В.Голенкова. – Мн.: БГУИР, 2001. – Гл.7 – С.297-321.

Материалы конференций и семинаров

7. Сердюков Р.Е. Системное программное обеспечение машин обработки знаний // Научная сессия МИФИ-2003. Сборник научных трудов. В 14 томах Т.3. Интеллектуальные системы и технологии. М.: МИФИ, 2003 – С.116-117.
8. Сердюков Р.Е. Методы построения пользовательского интерфейса интеллектуальных систем, ориентированных на обработку семантических сетей // Материалы I Международной конференции “Информационные системы и технологии IST’2002”. – Мн.: БГУ, 2002. – С.184-188.

9. Сердюков Р.Е. Организация пользовательского интерфейса в интеллектуальных системах, ориентированных на обработку семантических сетей // Материалы V Международной научной конференции “Новые международные технологии НИТЭ’2002”. – Мн.: БГЭУ, 2002. – С.227-231.
10. Сердюков Р.Е., Елисеева О.Е., Агашков В.В. Адаптивный пользовательский интерфейс графодинамической ассоциативной машины // Материалы II Международной научно-методической конференции “Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века”. – Мн.: Бестпринт, 2002. – С.348-350.
11. Сердюков Р.Е. Системное программное обеспечение машин обработки знаний // Материалы II Международной научно-методической конференции “Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века”. – Мн.: Бестпринт, 2002. – С.314-316.
12. Сердюков Р.Е., Щербаква Т.В., Лемешева Т.Л., Рожанский Д.В. Реляционная система управления базами знаний как средство реализации механизмов обработки баз знаний интеллектуальных обучающих систем // Материалы международной конференции “Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века”. – Мн.: Бестпринт, 2001. – С.153-154.
13. Сердюков Р.Е. Реализация графодинамических ассоциативных машин для создания на их основе систем поддержки дистанционного обучения. // Материалы международной конференции “Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века”. – Мн.: Бестпринт, 2001. – С.146-147.
14. Сердюков Р.Е. Разработка методов управления параллельными процессами при распределенной переработке базы знаний. // Сборник научных трудов четвертой международной летней школы-семинара по искусственному интеллекту для студентов и аспирантов. – Мн.: БГУИР, 2000. – С.157-163.
15. Ивашенко В.П., Сердюков Р.Е. Исследование принципов организации параллельных процессов, работающих над общей памятью // Сборник научных трудов третьей международной летней школы-семинара по искусственному интеллекту для студентов и аспирантов. Мн.: БГУИР, 1999. – С.139-141.
16. Гулякина Н.А., Сердюков Р.Е. Моделирование графодинамической ассоциативной памяти // Сборник научных трудов первой международной летней школы-семинара по искусственному интеллекту для студентов и аспирантов. Мн.: БГУИР, 1997. – С.205-207.



РЭЗЮМЭ

дысертацыі Сердзюкова Рамана Яўгеневіча.

"Базавыя алгарытмы і інструментальныя сродкі апрацоўкі інфармацыі ў графадынамічных асацыятыўных машынах"

Ключавыя словы: Графавая структура, графадынамічная асацыятыўная машына, базавае праграмнае забеспячэнне, аперацыйнае асяроддзе, карыстальніцкі інтэрфейс, графавая мова, сістэма візуальнага праграмавання

Аб'ектам даследвання з'яўляюцца графадынамічныя асацыятыўныя машыны. Прадметам даследвання з'яўляецца базавае праграмнае забеспячэнне графадынамічных асацыятыўных машын. Мэтай працы з'яўляецца распрацоўка базавага праграмнага забеспячэння графадынамічных асацыятыўных машын, арыентаваных на апрацоўку графавых структур рознага выгляду. Праведзеныя ў працы даследванні заснаваны на выкарыстанні тэорыі мностваў, тэорыі сінтаксічнага аналізу моў праграмавання, аб'ектна-арыентаванай метадалогіі пабудовы праграмных сістэм.

У дысертацыі прапануецца спосаб сегментаванай арганізацыі графадынамічнай асацыятыўнай памяці, які забяспечвае уніфікацыю размежаванай апрацоўкі графавых структур і доступа да разнастайна рэалізаваных фрагментаў графадынамічнай асацыятыўнай памяці. Прапанаваны спосаб аўтаматызаванага нагляднага размяшчэння графавых структур, асновай якога з'яўляецца мова разметкі графавых структур, тэксты якой задаюць для кожнага выдзеленага фрагмента структуры асабісты стыль візуалізацыі. Распрацавана пашыраемая мова візуалізацыі графавых структур разнастайнага выгляду, базавы алфавіт якой складзены з чатырох графічных прымітываў, а пашырэнне алфавіта задаецца прадукцыйнымі правіламі. Прапанаваны спосаб пабудовы адаптыўнага карыстальніцкага інтэрфейсу графадынамічных асацыятыўных машын, асновай якога з'яўляюцца мовы апісання мультымадальнага і дынамічнага карыстальніцкага інтэрфейсу. Распрацавана метамова спецыфікацыі графавых кантэкстна-свабодных граматык, якія задаюць графавыя мовы, ужываемыя ў графадынамічных асацыятыўных машынах. Распрацавана аб'ектна-арыентаваная графавая мова сістэмнага праграмавання для графадынамічных асацыятыўных машын.

Вынікі дысертацыі фарміруюць тэарэтычную і практычную аснову для пабудовы прыкладных сістэм, у якіх ажыццяўляецца апрацоўка графавых структур.

РЕЗЮМЕ

диссертации Сердюкова Романа Евгеньевича

"Базовые алгоритмы и инструментальные средства обработки информации в графодинамических ассоциативных машинах"

Ключевые слова: графовая структура, графодинамическая ассоциативная машина, базовое программное обеспечение, операционная среда, пользовательский интерфейс, графовые языки, система визуального программирования

Объектом исследования являются графодинамические ассоциативные машины. Предметом исследования является базовое программное обеспечение графодинамических ассоциативных машин. Целью диссертации является разработка базового программного обеспечения графодинамических ассоциативных машин, ориентированных на обработку графовых структур различного вида. Проведенные в работе исследования основываются на использовании теории множеств, теории графов, методах построения операционных систем и сред, теории синтаксического анализа языков программирования, объектно-ориентированной методологии построения программных систем.

В диссертации предложен способ сегментной организации графодинамической ассоциативной памяти, обеспечивающий унификацию распределенной обработки графовых структур и доступа к разнородно реализованным фрагментам графодинамической ассоциативной памяти. Предложен способ автоматизированного наглядного размещения графовых структур, в основе которого лежит язык разметки графовых структур, обеспечивающий задание для каждого выделенного фрагмента структуры своего стиля визуализации. Разработан расширяемый язык визуализации графовых структур различного вида, базовый алфавит которого состоит из четырех графических примитивов, а расширение алфавита задается производными правилами. Предложен способ построения адаптивного пользовательского интерфейса графодинамических ассоциативных машин, в основе которого лежат языки описания мультимодального и динамического пользовательского интерфейса. Разработан метаязык спецификации графовых контекстно-свободных грамматик, задающих графовые языки, используемые в графодинамических ассоциативных машинах. Разработан объектно-ориентированный графовый язык системного программирования для графодинамических ассоциативных машин.

Полученные результаты формируют теоретическую и практическую базу для построения прикладных систем, в которых осуществляется обработка графовых структур.

SUMMARY

of the dissertation thesis " **Base algorithms and toolkit information processing in graphodynamic associative machines** " by

Roman Serdyukov

Keywords: graph structures, graphodynamic associative machine, basic software, operational environment, user interface, graph languages, visual programming environment

The object of investigation is graphodynamic associative machines. The subject for investigation is basic software of graphodynamic associative machines. The objective of this work is the development of base software for graphodynamic associative machines focused on processing of graph structures of a various kind. The researches are based on the set theory, the graph theory, operating systems and environments development methods, the theory of syntactic analysis of programming languages, object-oriented development methodology of software systems.

The basic scientific and practical results of dissertational work are following: the method of the segment organization of graphodynamic associative memory, providing unification of processing of diversely realized and distributed graph structures. The method of the computer-aided pictorial graph structures layout in "graph structures"-based markup language, providing the definition for each selected fragment of structure it's own style of visualization is offered. Extendible visualization language of graph structures of various kinds, which base alphabet will consist of four graphic primitives was developed, and extension of the alphabet is set using the production rules. The method of adaptive user interface development for graphodynamic associative machines, based on description languages of the multimodal and dynamic user interface is offered. Language of the specification of graph context-free grammars, specifying graph languages used in graphodynamic associative machines was developed. Object-oriented graph language of system programming for graphodynamic associative machines was developed.

The results of the dissertation give the theoretical and practical basis for creating application systems for graph structures processing.

СЕРДЮКОВ Роман Евгеньевич

**БАЗОВЫЕ АЛГОРИТМЫ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА
ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В ГРАФОДИНАМИЧЕСКИХ
АССОЦИАТИВНЫХ МАШИНАХ**

05.13.11 - Математическое и программное обеспечение вычислительных
машин, комплексов и компьютерных сетей

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Подписано в печать	27. 02. 2004.	Формат	60x84 1/16.
Бумага офсетная.	Печать ризографическая.	Усл. печ. л.	I, 63.
Уч.-изд. л. I, 2.	Тираж 80 экз.	Зак.	ГОГ.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Учреждение образования "Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники"

Лицензия ЛП №156 от 30.12.2002

Лицензия ЛВ №509 от 03.08.2001

220013, г. Минск, ул. П. Бровки, 6.