

Заключение

Представленная технология позволяет применить хорошо отработанную методологию IDEF0 в качестве первого этапа построения имитационной модели, а затем с применением средств автоматизации перейти к формальной модели системы. Компонентный подход позволяет легко строить имитационные модели сложных многоуровневых систем. При этом формальная модель системы является одновременно и описанием имитационной модели с точностью до алгоритмов методов и состояний компонентов.

Библиографический список

1. Якимов, А.И. Имитационное моделирование в ERP-системах управления / А.И. Якимов, С.А. Альховик. – Минск: Бел. наука, 2005. – 197 с.
2. Черемных, С.В. Моделирование и анализ систем. IDEF-технологии. Практикум / С.В. Черемных. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 192 с.
3. Альховик, С.А. Формализация сложных многоуровневых иерархических систем для имитации процессным способом / С.А. Альховик, Р.В. Петров // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы междунар. науч.-техн. конф. : В 3-х ч.; редкол. : И. С. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. – Могилев: Бел.-Рос. ун-т, 2007. – Ч. 2. – С. 207-208.
4. Альховик, С.А. Технология имитационного моделирования на платформе .NET с параллельным выполнением процессов / С.А. Альховик, Р.В. Петров // Известия Гомельского государственного университета имени Ф.Скорины. – №5(44). – 2007. – С. 87-90.

Е.Б. Замятина, Л.Н. Лядова, А.И. Миков, А.И. Якимов²

Пермский государственный университет,
Государственный университет – Высшая школа экономики
(Пермский филиал),

Кубанский государственный университет, Краснодар,
Белорусско-Российский университет, Могилев, Беларусь

E_Zamyatina@mail.ru, LNLyadova@mail.ru, Alexander_Mikov@mail.ru,
ykm@tut.by

ИНТЕГРАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И СИСТЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ МНОГОУРОВНЕВЫХ МОДЕЛЕЙ

Введение

Любая бизнес-система представляет собой сложную хозяйственную, организационную, социальную систему, для выживания которой в современных условиях необходимо обеспечить ее эффективную организацию и адаптацию к изменениям внешней среды. Для решения этих задач необходимо применять современные концепции управления, использовать в полной мере возможности современных информационных технологий (ИТ).

В условиях конкуренции предприятия приходят к необходимости создания мощных корпоративных информационных систем (КИС), реализации MRP II и ERP-концепций управления [18, 19]. Для поддержки управления в КИС внедряются системы поддержки принятия решений (СППР), средства Business Intelligence (BI). Средства BI должны обеспечить процесс превращения данных в информацию, в знания о бизнес-системе, что позволило бы реализовать эффективную поддержку принятия решений. Управление реализуется на основе созданных моделей бизнес-систем, которые служат основой для разработки средств учета и планирования, автоматизации документооборо-

² Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 08-07-90006-Бел_a

© Замятина Е.Б., Лядова Л.Н., Миков А.И., Якимов А.И., 2008

та, управления бизнес-процессами и т.п., а также для решения задач анализа и прогнозирования.

Проблема интегрируемости программных систем различного назначения является одной из основных проблем, от решения которых зависит эффективность использования существующих и разрабатываемых информационных систем (ИС).

Как правило, корпоративные информационные системы включают подсистемы, созданные в разное время, разными разработчиками. Требование интегрируемости – одно из наиболее существенных, так как только его реализация позволяет разработчикам создать конкурентоспособный программный продукт. Интеграция систем различного назначения позволяет более полно использовать имеющуюся в системе информацию, снизить трудоемкость выполнения типовых бизнес-операций и анализа данных с целью поддержки функций управления.

Задача интеграции информационных систем на основе моделей предметных областей

В данной статье рассматривается задача *интеграции информационных систем, основанных на (мета)моделях*, использованных при их разработке, на описании предметных областей этих систем, *и систем имитационного моделирования*, применяемых для анализа и прогнозирования поведения бизнес-систем.

Рассматриваемые системы используют различные типы моделей (в основном для их создания применяются графические нотации, диаграммы различных типов, позволяющие описать объекты моделируемой бизнес-системы и их свойства, связи между ними, выполняемые над ними операции и бизнес-процессы, и пр.).

Существенным условием для постановки задачи является *требование обеспечения возможности работы с моделями различных категорий пользователей* (бизнес-аналитиков, специалистов в конкретных предметных областях), *создание средств, которые позволяли бы им без привлечения программистов создавать и изменять модели в зависимости от своих потребностей*. Эти требования могут быть реализованы на основе создания языкового инструментария для разработки высокоуровневых предметно-ориентированных языков.

Кроме того, необходимо разработать методы и средства, позволяющие *вносить изменения в исходную модель бизнес-системы (предметной области) динамически* – в ходе эксплуатации ИС. Это обеспечивает возможность оперативной настройки на меняющиеся условия и потребности пользователей ИС.

Изменения могут быть основаны на полученных в ходе имитаци-

онного прогона результатах.

Основанием для изменения модели могут быть также данные, полученные из различных документальных источников, в частности, нормативных документов, регламентирующих деятельность бизнес-системы. Таким образом, разработка средств анализа слабоструктурированных документов, извлечения из них данных, позволяющих снизить трудоемкость создания моделей, – еще одна задача, решаемая в рамках представленного проекта [5, 6].

Решение этой задачи позволило бы существенно снизить трудоемкость сопровождения ИС, внесения изменений в работу системы в ходе ее эксплуатации в соответствии с меняющимися условиями и потребностями ее пользователей.

В качестве универсального подхода, позволяющего создавать модели предметных областей, описывать объекты и связи между ними, операции и бизнес-процессы, предлагается использовать *онтологический подход* [14, 15, 20].

При разработке информационных систем (ИС) различного назначения применяются разные типы моделей, методы моделирования.

Широко используются *аналитические модели* (например, SAP BW, модуль Контроллинг в КИС Галактика и т.п.). Однако применение аналитических моделей может оказаться невозможным в силу недостатка данных для их построения или высокой сложности, трудоемкости исследований, т.к. большинство задач, связанных с изучением сложных экономических, производственных и социальных систем, не может быть строго формализовано.

Большинство прикладных задач во многих предметных областях решается различными *численными методами*. В задачах управления и проектирования часто возникает необходимость получения интегральных показателей, характеристик каких-либо свойств систем, процессов, интерполяции функций, решению систем линейных алгебраических уравнений и т.п. Здесь численные методы дают хорошие результаты.

Имитационные модели (ИМ) могут служить единственным способом исследования сложных систем в тех случаях, когда аналитические или численные модели неприменимы (например, из-за недостатка данных, на основе которых можно было бы построить модель) или их использование в исследованиях слишком сложно и трудоемко. При необходимости создания сложных аналитических и/или численных моделей имитационное моделирование дает более экономичный вариант исследования, результаты имитационного моделирования могут служить для уточнения аналитических моделей и стать дополнением к ним.

Системы имитационного моделирования (СИМ) можно рассмат-

ривать как особый класс информационных систем управления. Многие СИМ включают средства интеграции с внешними системами, в частности, с ERP-системами, что позволяет проводить имитационные эксперименты на основе данных, имеющихся в этих системах, принимать обоснованные управленческие решения, базирующиеся на реальных данных о состоянии бизнес-системы. В описание имитационной модели можно включить как модели фактически реализуемых в бизнес-системах процессов, так и описанные только в этой модели (новые, прогнозируемые) бизнес-процессы, явления. Это дает возможность проводить анализ, исследование не только настоящего состояния системы, но и прогнозировать его изменение при внесении соответствующих изменений в модель, построенную на основе реальных данных.

В работах многих авторов отмечается, что средства BI (BI-инструментарий) должны интегрироваться с информационными технологиями сбора данных, консолидации информации, обеспечивая пользователей доступом к знаниям, позволяя представлять и систематизировать знания о бизнес-системах, углубляя их в результате анализа детальных данных и консолидированной информации, получаемой из различных источников [1, 11].

Одна из проблем интеграции – *проблема отсутствия единого методологического подхода к моделированию бизнес-систем в CASE-системах и средствах BI*.

В основе CASE-инструментария в настоящее время чаще всего лежат языки, графические нотации, позволяющие описать бизнес-системы с различных точек зрения, например, UML, ARIS и т.п. [3, 4], но устанавливаемые в этих языках правила практически не отражают знания закономерностей конкретных предметных областей, их специфику. Кроме того, существующие средства объектно-ориентированного анализа и проектирования позволяют решать задачи автоматизации создания программного обеспечения, но плохо приспособлены к решению задач анализа и моделирования бизнес-систем средствами BI (если и включают средства моделирования, то весьма ограниченные по своим возможностям).

Предлагается *подход к решению задач интеграции CASE-инструментария, ориентированного на создание адаптируемых систем, и средств BI*, в частности, систем имитационного моделирования, основанный на использовании *многоуровневых (мета)моделей*, технологии DSM (Domain Specific Modeling) и средств создания языков DSL (Domain Specific Language) [7-9].

В выполняемом при поддержке РФФИ проекте разрабатываются *методы и средства для реализации более тесной интеграции инфор-*

мационных систем управления и систем имитационного моделирования, которые позволяли бы не только получать данные для проведения имитационных экспериментов, строить имитационную модель на основе модели предметной области информационной системы, но и рассматривать результаты имитационных прогонов как основу для реализации средств адаптации информационной системы к новым процессам и явлениям, модели которых создаются и исследуются средствами имитационного моделирования.

Подход к решению задачи интеграции на основе метамоделирования

В рамках поставленной проблемы, на решение которой направлен данный проект, должен быть решен *комплекс взаимосвязанных задач*.

1. *Разработка расширяемого универсального языка моделирования, методов и средств создания на его основе предметно-ориентированных языков для конкретных предметных областей*.

Универсальный язык ориентирован более на программистов, а не на специалистов в определенных предметных областях. Для облегчения их работы с моделью необходимо создать «надстройку» над универсальным языком – предметно-ориентированный язык, который позволил бы пользователям работать в привычных для них терминах при создании, изменении и исследовании моделей.

В данном случае создание языка, в котором должна быть отражена специфика его использования в определенных предметных областях, фактически является решением задачи создания метамодели предметной области информационной системы. Используя созданный язык, разработчики могут описать предметную область ИС – построить ее модель, спроектировать информационную систему в терминах ее предметной области.

Одно из направлений, представленных в публикуемых работах, – интеграция преимуществ различных подходов к моделированию, языков и средств моделирования (в частности, UML и функционального моделирования).

Возможности создания предметно-ориентированных языков включены, в частности, в Microsoft Visual Studio .NET. Однако в данном случае ставится задача создания средств, которые интегрировались бы в созданные информационные системы и могли использоваться не только разработчиками, но и пользователями в ходе эксплуатации системы для внесения изменений в модель предметной области информационной системы с целью ее динамической адаптации.

2. *Разработка средств, позволяющих на основе построенной с использованием предметно-ориентированного языка модели реализовать алгоритм имитационного моделирования бизнес-системы.*

С помощью конструкций предметно-ориентированного языка отображаются как статические, так и динамические аспекты модели (описание прецедентов в UML, например, определяет, что должна делать система, представление процессов описывает потоки управления и временные рамки для выполнения отдельных задач и т.д.). Однако проведение имитационных экспериментов требует представления этой информации в форме, более пригодной для реализации алгоритмов моделирования, предполагающих изменения состояния модели, сбор данных о ходе экспериментов и пр. Таким образом, необходимо реализовать трансляцию моделей бизнес-систем, построенных с помощью предметно-ориентированных языков при создании ИС, на язык системы имитационного моделирования.

Имитационная модель и средства имитационного моделирования должны обладать следующими свойствами:

- а) модель должна быть *иерархической*, т.е. проектировщик должен иметь возможность рассматривать модель на различных уровнях абстракции;
- б) программные средства имитационного моделирования должны поддерживать его *итеративный характер*;
- в) средства имитационного моделирования должны обеспечивать разносторонний *анализ имитационных моделей*, позволяющий сделать заключение о том, насколько модель соответствует требованиям разработчика, насколько она валидна (если модель не соответствует замыслам проектировщика, то она может быть изменена, усовершенствована с помощью визуальных средств представления и редактирования модели, доступных пользователю-непрограммисту);
- г) средства имитационного моделирования должны дать возможность проектировщикам *рассматривать проектируемую систему с разных точек зрения*, создавая разные модели (при этом модели должны быть совместимы).

3. *Реализация методов и средств интерпретации построенной модели, сбора и обработки данных о ходе имитационного прогона, визуализации результатов.*

4. *Разработка средств для выполнения операций над моделью при изменении условий моделирования и моделировании новых процессов, доступных для использования пользователем-непрограммистом (средств визуализации моделей в терминах предметной области, редактора моделей).*

5. *Разработка методов и создание средств, позволяющих внести изменения в исходную модель системы (предметной области) на основе полученных в ходе имитационного прогона результатов, – реализация «обратной связи».*

В существующих системах результаты имитационного моделирования служат исходной информацией для работы аналитиков, которые на их основе могут внести изменения в модель системы. В данном случае появляется возможность снизить трудоемкость их работы, автоматизировать создание нового варианта модели (ее «черновика»). При этом система должна быть застрахована от потери данных при изменении модели, что может быть достигнуто средствами работы с *временными данными и метаданными*. В большинстве существующих систем изменение модели приводит к частичной потере данных или передаче данных в архив, что ограничивает возможность их использования (в частности для анализа) в будущем. При создании хранилищ данных отбрасываются «ненужные» детали, что также сужает возможность применения различных методов анализа, в частности, средств имитационного моделирования.

Решение поставленных задач основывается на следующих *методах и подходах*:

- теории формальных языков и грамматик для решения задачи создания предметно-ориентированных языков;
- методах искусственного интеллекта, используемых для извлечения знаний о предметной области из разнородных источников для автоматизации построения модели системы;
- технологии создания адаптируемых информационных систем, управляемых многоуровневыми метаданными;
- методах искусственного интеллекта, применяемых для доопределения моделей;
- методе имитационного моделирования для исследования построенных моделей;
- стандартах и технологиях создания открытых систем.

Оригинальность предлагаемого проекта в первую очередь определяется *комплексным подходом*, сочетанием предлагаемых методов и средств для решения поставленных задач.

Заключение

В рамках реализации проекта ведутся исследования по всем выделенным в данном проекте направлениям.

В настоящее время не существует ни одной промышленной тех-

нологии, которая позволяла бы работать в единой среде с общим инструментарием как разработчикам информационных систем и имитационных моделей, так и пользователям этих систем, получающим в данном случае возможность создавать и исследовать модели на доступном для них уровне, осуществлять гибкую динамическую настройку систем, пользователями которых они являются.

Предлагается в качестве основы решения поставленной задачи разработать и реализовать многоуровневую расширяемую модель системы и предметно-ориентированные расширяемые языки для ее создания, предполагающие возможность эквивалентных преобразований, горизонтальных и вертикальных трансформаций моделей. В существующих системах работа с подобными средствами ограничивается обычно этапом создания систем, средства доступны разработчикам, но не пользователям системы.

Реализация средств работы с темпоральными данными в информационной системе и их передачи в систему имитационного моделирования также существенно расширяет возможности анализа систем, исследования динамики изменения их состояния. Предлагаемый для работы с темпоральными данными метод полностью согласуется с методами представления времени в системах имитационного моделирования.

Предлагаемый подход к доопределению моделей на основе создания онтологий предметных областей, метод автоматического построения онтологий является оригинальным, не имеющим аналогов.

В настоящее время участники проекта имеют следующий *задел* для его выполнения:

1. Разработана технология и CASE-система METAS (METAdata System), предназначенная для создания динамически адаптируемых систем, основанная на интерпретации многоуровневых метаданных, описывающих модель предметной области информационной системы. Модель является расширяемой. Таким образом, имеется основа для создания новых моделей, расширяющих возможности системы и позволяющих описать ее с различных точек зрения и с разной степенью детализации. В рамках CASE-системы разработаны средства реструктуризации, которые могут послужить основой для создания средств визуализации моделей, редактора моделей. Созданная система имеет практически неограниченные возможности расширения функциональности, адаптации разработанных на ее основе информационных систем [7-10].

2. Разработан исследовательский прототип системы распределенного имитационного моделирования Triad.NET, включающей сред-

ства создания и редактирования моделей на уровне структур (в терминах графов с полюсами), рутин (сценариев, алгоритмов поведения) и сообщений (информации, передаваемой между вершинами). Имеется возможность создания иерархических моделей, выполнения операций над ними. В системе реализованы оригинальные алгоритмы распределенного моделирования, средства балансировки, доопределения моделей, не имеющие аналогов [2, 12, 13].

3. Разработана программная система, реализующая «исполняемый UML». Приложение зарегистрировано в фонде алгоритмов и программ.

4. Разработаны методы построения онтологий предметной области на основе нормативно-справочной информации и информации, имеющейся в базах данных. Практическая применимость показана при создании исследовательских прототипов. Эти методы могут быть использованы для доопределения моделей с целью их исследования [14, 20].

5. Для комплексного решения задач моделирования разработан программно-технологический комплекс имитации (ПТКИ) BelSim [16-19], в состав которого входит программное обеспечение для построения функциональной модели системы на основе методологии IDEF0; интегрированная среда разработки приложений на языке C++; система имитационного моделирования PSTL (Process Simulation Template Library); программное обеспечение для планирования, проведения и обработки результатов имитационных экспериментов; для решения оптимизационных задач; анализа и представления данных. BelSim предоставляет все необходимые средства для реализации имитационных моделей, постановки экспериментов, анализа их результатов. Помимо стандартных возможностей BelSim обладает методами и средствами проведения структурного анализа системы и протекающих в ней процессов; способностью одновременного моделирования материальных, денежных и информационных процессов; возможностью использования программы имитационного моделирования совместно с экономико-математическими моделями и методами теории управления; возможностью интеграции имитационной модели в информационную систему предприятия с целью получения исходных данных для моделирования и использования ИМ в составе системы управления. В структуру имитационной модели можно включить как фактические, так и смоделированные бизнес-процессы, а также использовать для расчетов фактические или смоделированные рыночные данные.

Оригинальность решений и использованных подходов была отмечена при проведении экспертизы работ, представленных для участия в международных конференциях в 2006-2008 гг.

Библиографический список

1. *Бондаренко М.Ф.* Взаимное преобразование UFO и UML моделей / М.Ф. Бондаренко, С.С. Пирог, Е.А. Соловьева, А.Г. Украинец // Библиотека ИПС [Электронный ресурс] – <http://eprints.isofts.kiev.ua/276/1/D48.doc>.
2. *Замятина Е.Б.* Инструментальные средства анализа бизнес-процессов // Труды Третьей международной научно-технической конференции «Инфокоммуникационные технологии в науке и технике» (ИНФОКОМ-3), Ч. II. Ставрополь, 2008. С. 45-51.
3. *Калянов Г.Н.* Теория и практика реорганизации бизнес-процессов. М.: СИНТЕГ, 2000.
4. *Калянов Г.Н.* CASE: все только начинается... // Директор ИС. 2001. №3. [Электронный ресурс] [Режим доступа: <http://www.osp.ru/cio/2001/03/016.htm>].
5. *Ланин В.В.* Интеллектуальное управление документами как основа технологии создания адаптируемых информационных систем // Труды международной научно-технической конференций «Интеллектуальные системы» (AIS'07). Научное издание в 4-х томах. Т. 2. – М.: Физматлит, 2007. С. 334-339.
6. *Ланин В.В.* Использование многоуровневого репозитория онтологий для анализа электронных документов // Труды международных научно-технических конференций «Интеллектуальные системы» (AIS'08) и «Интеллектуальные САПР» (CAD-2008). Научное издание в 4-х томах. Т. 1. – М.: Физматлит, 2008. С. 202-206.
7. *Лядова Л.Н.* Метамоделирование и многоуровневые метаданные как основа технологии создания адаптируемых информационных систем // Advanced Studies in Software and Knowledge Engineering. International Book Series “Information Science & Computing”, Number 4. Supplement to the International Journal “Information Technologies & Knowledge. Volume 2, 2008. Pp. 125-132.
8. *Лядова Л.Н.* Многоуровневые модели и языки DSL как основа создания интеллектуальных CASE-систем // Труды международных научно-технических конференций «Интеллектуальные системы» (AIS'08) и «Интеллектуальные САПР» (CAD-2008). Научное издание в 4-х томах. Т. 2. – М.: Физматлит, 2008. С. 37-41.
9. *Лядова Л.Н.* Предметно-ориентированный язык в информационных системах, основанных на метаданных / Л.Н. Лядова, А.О. Сухов // Материалы конференции «Технологии Microsoft в теории и практике программирования». – Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского государственного университета, 2008. С. 223-225.
10. *Лядова Л.Н.* Технология разработки информационных систем, управляемых многоуровневыми моделями // Сборник трудов Третьей международной научно-технической конференции «Инфокоммуникационные технологии в науке, производстве и образовании» (Инфоком 3): Часть 2 / Ставрополь, 2008. С. 65-71.
11. *Маторин С.И.* «UFO-Toolkit» – VI-инструментарий нового поколения / С.И. Маторин, А.С. Попов // Проблемы програмування. 2005. № 3. С. 53-66.
12. *Миков А.И.* О разработке программных средств прогнозирования поведения бизнес-процессов / А.И. Миков, Е.Б. Замятина // Сб. трудов международной научно-технической конференции «Компьютерное моделирование». – СПб.: Политехнический ин-т, 2008. С. 209-214.
13. *Миков А.И.* Технология имитационного моделирования больших систем / А.И. Миков, Е.Б. Замятина // Труды Всероссийской научной конференции «Научный сервис в сети Интернет». М.: Изд-во МГУ, 2008. С.199-204.
14. *Миков А.И.* Онтологический метод доопределения имитационной модели / А.И. Миков, Е.Б. Замятина, Е.Н. Кубрак // Advanced Studies in Software and Knowledge Engineering, International Book Series, № 4, Supplement to International Journal “Information Technologies and Knowledge”, Vol. 2. Sofia, ITNEA, 2008. Pp. 133-140.
15. *Рычков А.Ю.* Онтологии в моделировании бизнес-процессов // Материалы конференции «Технологии Microsoft в теории и практике программирования». – Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского государственного университета, 2008. С. 296-299.
16. *Якимов А.И.* Имитационное моделирование в ERP-системах управления / А.И. Якимов, С.А. Альховик. – Минск: Бел. наука, 2005. – 198 с.: ил.
17. *Якимов А.И.* Имитационное моделирование в комплексных информационных системах / А.И. Якимов // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. №3(18). 2003. – С. 106-110.

18. Якимов А.И. Имитационное моделирование в контуре управления информационной системы промышленного предприятия / А.И. Якимов // Актуальные проблемы математики, механики, информатики: Материалы международной научно-методической конференции, посвященной 90-летию высшего математического образования на Урале. Перм. гос. ун-т, Пермь, 2006. С. 175-177.
19. Якимов А.И. Особенности интеграции имитационной модели объекта с информационной системой предприятия / А.И. Якимов // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. №5(32). 2005. – С. 90-92.
20. Mikov A. Implementation of simulation process under incomplete knowledge using domain ontology / A. Mikov, E. Zamyatina, E. Kubrak // In proceedings of 6-th EUROSIM congress on modeling and simulation. 2007. P. 426.

В.В. Ланин, А.С. Пархачева³

Пермский государственный университет
lanin@psu.ru; fatalite@inbox.ru

КОМПОНЕНТ ВИЗУАЛИЗАЦИИ СХЕМ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

Введение

Задача визуализации схем различного содержания чрезвычайно часто возникает при разработке программных комплексов широкого спектра направлений. В существующих системах проблема визуализации схемы решается в каждой разработке отдельно. Такая ситуация связана с тем, что каждая система налагает определенные семантические ограничения на схему и контролирует ее во время работы пользователя. В каждом конкретном случае от схемы требуется специфическое поведение, различное отображение элементов и т.д. Отсюда следует, что разработать универсальный компонент для реализации поставленной задачи практически невозможно.

Решением указанной проблемы может служить разработка компонента, который представил бы базовые механизмы для работы со схемами и программные интерфейсы для взаимодействия с этими механизмами. В этом случае для работы со схемой в конкретной программе разработчику необходимо реализовать эти интерфейсы с учетом конкретных требований. При таком решении, с одной стороны, решается проблема повторного использования кода, с другой стороны, у программиста остается возможность реализации требуемой функциональности, специфичной для данной схемы, то есть возможность реализации семантики схемы.

Еще одной проблемой, возникающей при работе со схемами различного типа, является удобное наглядное расположение элементов схемы (вершин и дуг). Наиболее приемлемым расположением является такой вид схемы, при котором дуги имеют наименьшее количество пересечений, таким образом, задача создания удобного наглядного

³ Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 08-07-90006-Бел_а