

УНИФИЦИРОВАННАЯ КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

Григорьев А.В.

Кафедра ПМИИ, ДонГТУ

grigorie@pmi.donetsk.ua

Abstract

A.V.Grigoriev. Unified conceptual model of subject area. Unified conceptual model of subject area is offered. The purpose the construction of model is maintenance of construction of a tool intelligent environment for construction CAD. The model has such characteristic features: support of levels of representation of models in CAD, use of the object-oriented approach as of a special case and etc..

Введение

Предметная область (ПО) [12]- это совокупность реальных или абстрактных объектов, сущностей, связей и отношений между этими объектами, а так же процедур преобразования этих объектов при решении задач, возникающих в ПО. Концептуальная модель (КМ) [12] ПО, состоит из перечня всех понятий, используемых для описания ПО, вместе с их свойствами и характеристиками, классификацией этих понятий по типам, ситуациям, признакам в данной области и законов протекания процессов в ней. КМ ПО строится при погружении описания предметной области в базу знаний интеллектуальной системы. Необходимо различать как собственно КМ ПО так и формальную систему, куда КМ ПО погружена. Формальная система [12] представляет некоторую математическую теорию и включает в себя: множество базовых элементов, синтаксические правила, аксиомы и правила вывода. КМ ПО является главным фактором, определяющим эффективность процесса построения и функционирования всего комплекса средств и методов создания интеллектуальных систем.

Главные требования к КМ можно сформулировать как создание эффективного формального аппарата для решения задач:

- 1) внутреннего и внешнего представления модели;
- 2) описания модели объекта;
- 3) описания знаний о множестве моделей;
- 4) синтеза и исследования моделей.

Дополнительные требования к КМ определяют "содержание" и форму представления КМ ПО. Их можно сформулировать как стандартные и специфические требования, которым должна отвечать КМ ПО:

1) специфические требования - предметная ориентированность, т.е. высокая эффективность средств представления моделей в условиях особенностей любой ПО; полнота, т.е. способность гибко объединять в себе эффективные средства для представления модели любой ПО;

2) стандартные требования - содержательная истинность, формальная правильность и адекватность моделей.

Главные требования определяют наличие в КМ ПО понятий и их характеристик, необходимых в различных ПО (рассмотрены ниже). Стандартные требования определяют порядок погружения КМ ПО в формальную систему. Адекватность модели [23] достигается установлением соответствия модели всем уровням достоверности модели (калиброванные, верифицированные, валидные модели), определяющим степень соответствия параметров и поведения модели реальной системе. Содержательная истинность и формальная правильность модели достигается правильным порядком построения моделей, включающем этапы формирования таких описаний [23]: вербальные (словесные); дескриптивные (формальные, упрощенные); конструктивные (формально правильные описания в соответствующей математической теории).

Возможные цели исследования модели:

- получение оценок состояния и механизмов функционирования систем;
- объяснение теоретически выдвинутых или экспериментально полученных данных;
- оценка правильности представления о системе;
- прогноз возможных состояний системы;
- компактное и наглядное описание системы в целом;
- объект формальной теории, решающей вопросы о границах истинности моделей;
- оптимизация системы и т.д.

Возможны следующие типы конструктивных описаний: аксиоматические; эмпирико-статистические; оптимизационные; имитационные; знаний. Сделаем акцент на наиболее развитом типе конструктивных описаний - модели знаний. В качестве формальных систем представления моделей знаний могут использоваться фреймы, семантические сети, вычислительные сети, продукции и т.д. Упомянутые формальные системы (теории) обеспечивают в целом практически все необходимые цели исследования моделей, а с учетом выбора правильного порядка погружения КМ ПО в формальную систему обеспечивают и выполнение стандартных требований, т.е. содержательной истинности, формальной правильности и адекватности моделей.

Анализ прототипов

Рассмотрим ряд источников, посвященных построению эффективной КМ ПО, исследуя отдельно как содержание описанных в них КМ ПО (понятия, их свойства и т.д.), так и формальные системы представления КМ ПО.

Методы построения моделей в САПР. Применение САПР представляется итерационным процессом [21], состоящим в выполнении совокупности проектных процедур $P = \{P_1, \dots, P_n\}$ во взаимодействии трех множеств: множества моделей $M = \{M_1, \dots, M_n\}$; множества операций над моделями $O = \{O_1, \dots, O_n\}$; множества критериев, ограничений и условий проектирования $K = \{K_1, \dots, K_n\}$. В процессе проектирования каждая процедура $P_j = \langle O_j, K_j, M_j \rangle$ переводит модель M в следующее состояние: $P_j: M_j \rightarrow M_{j+1}$. Ранее предпринимались попытки создания единой системы математического моделирования (система ИСТРА [22]), которые выполнялись с точки зрения методов и средств, отличных от методов экспертных систем. Недостатком таких подходов является невозможность использовать ряд современных эффективных методов и средств построения моделей: объектно-ориентированного подхода, динамических недоопределенных вычислительных сетей и т.д. Достоинством таких подходов являлась ориентация на формы и методы абстрагирования объектов при формировании их моделей, сложившиеся в САПР. Их краткая характеристика такова. При моделировании объекта абстрагирование происходит по двум направлениям [22]: по глубине структурирования и по степени детализации описания элементов и свойств объектов, а также отношений между ними. По глубине структурированный сложный объект может рассматриваться как: неструктурированный; представляющий собой единое целое; система взаимосвязанных элементов одного уровня; многоуровневая иерархическая система. По степени абстрагирования объект моделируется на уровнях: структурных (методами теории множеств и теории графов); логических (методами математической логики); количественных свойств и отношений (методами функционального анализа, теории дифференциальных уравнений, математической статистики с непрерывным или дискретным изменением аргументов). На каждом из этих основных уровней возможны описания объекта с различной степенью полноты и обобщения, в соответствии с разным уровнем абстрагирования структурных, логических и количественных свойств и отношений.

На структурном уровне [22] моделируется состав элементов объекта на низшем уровне структурирования в виде множества $V = \{v_i\}$, свойства и параметры которого представлены описаниями $E(v_i)$ наряду с описанием объекта $E(V) = \{E_i\}$, а также структурными отношениями между элементами и описаниями. К структурным относятся бинарные отношения иерархической подчиненности, отношения порядка, смежности, сопряженности, функциональной связи и т.д.

На логическом уровне моделирования каждому структурному отношению соответствуют наборы логических отношений между входящими в них элементами, отражающие причинно-следственные связи.

На количественном уровне моделирования каждому свойству соответствует алгебраическая или количественная переменная, а логические отношения переходят в количественные: уравнения, неравенства и т.п. На данном уровне рассматриваются структурные и причинно-следственные связи в объекте с учетом функциональных, вещественных, энергетических и пространственных связей.

На каждом уровне возможны различные методы абстрагирования для свойств и отношений модели. Для упрощения модели может выполняться переход от модели с распределенными параметрами к более простой модели с сосредоточенными параметрами [9]. Модели могут строиться как макромоделли, т.е. при создании модели не рассматривается внутренняя структура моделируемых элементов, а целью является достижение адекватной реакции модели, или как микромоделли, если модели компонентов строятся с отражением внутренних взаимосвязей моделируемого объекта с точностью до минимальных элементов структуры. Существует два способа построения полных математических моделей объектов, определяемых формами представления моделей элементов. Основу методов построения моделей составляет допущение об однонаправленности либо о двунаправленности распространения внешних воздействий. Каждый уровень характеризуется набором процедур исследования и преобразования моделей, определяемых набором свойств объектов и формой их представления.

Теория построения САПР представляет наиболее развитые методы создания КМ ПО. Уровни, формы представления и способы создания моделей в САПР задают в наиболее полном виде состав понятий и процедур преобразования моделей КМ различных ПО;

Методы построения моделей в САПР программного обеспечения [10]. Общее свойство технологий состоит в обеспечении разработки спецификаций как необходимого этапа в проектировании программ. Методологии, предназначенные для трансформации спецификаций в структуру системы, делятся на две группы: ориентированные на обработку и ориентированные на данные.

Методологии, ориентированные на обработку, придают особое значение процессу декомпозиции и структуре в создании архитектуры программы. Среди них наиболее известны: модульное программирование, метод функциональной декомпозиции, методы проектирования потока данных (технология структурного анализа проекта SADT и прочие), метод проектирования структур данных, метод HIPO.

Из перечисленного списка интерес представляет технология структурного анализа проекта SADT [8] - наиболее близкая к обычному САПР технология. SADT обеспечивает построение моделей структур объектов (без учета моделей функций) на основе развитой методики декомпозиции и агрегации блоков и данных, основой которой является ограничение сложности представления структур на любом уровне представления. Имеет статус "классической" по эффективности решения поставленной задачи.

В методологиях, ориентированных на данные, выделяются компоненты проекта, основанные на данных. К этому классу можно отнести объектно-ориентированную методологию проектирования и методологию проектирования концептуальных баз данных.

Объектно-ориентированная методология проектирования (ООП) [10,11], представляет собой наиболее развитый и перспективный метод проектирования программного обеспечения. Инкапсуляция данных, методы и сообщения, классы, полиморфизм, наследование, контейнеры, конструкторы, деструкторы - вот неполный список эффективных методов представления моделей, свойственный ООП. Требуется своего отражения в концептуальной модели ПО. Недостатки ООП: не обеспечивает необходимые уровни абстракции моделей, принятые в САПР; упор на единичность всех средств (сообщений, методов и т.д.) с целью обеспечения большей технологичности процессов построения и исследования моделей исключает использование в тех же целях регулярности тех же средств.

Методология, основанная на проектировании концептуальных баз данных [10], призвана дать проектировщику методические указания в процессе трансформации

спецификаций в концептуальную схему базы данных. Прямо ставит своей целью установить унифицированную концептуальную модель с более богатым семантическим значением и использовать концепцию абстракций данных для упрощения проектирования. Процесс проектирования рассматривается как процесс построения модели. Используются методы конструирования концептуальной модели, основанные на приемах общения / специализации. Подход интересен фактом постановки задачи, близкой к предлагаемой в данной работе. На практике не обеспечивает весь спектр уровней и форм представления моделей, необходимый в САПР.

Интеллектуальные инструментальные оболочки (ИИО) [16] в качестве методов для представления моделей структур объектов используют различного типа семантические сети и фреймы, а в качестве средств представления моделей функций - различные типы вычислительных моделей. Часть из них работает с моделями только "структурного" уровня, понимая этот термин в смысле, принятом в САПР. В них отсутствует возможность строить функциональные модели и используются только свойства, рассматриваемые на структурном уровне проектирования САПР (ГЕСТ-ТП, ПРООБРАЗ и т.п.). Это системы явно ориентированы на задачи САПР. Ряд систем, способных строить функциональные модели и вводить свойства логического и количественного уровня, имеют единственный "обобщенный" уровень представления моделей, т.е. не поддерживают разделение моделей по уровням и формам представления, свойственным САПР (ИЛИС, ЭЛЬФ, KADS, АСПриЗ, ИНДУС, JSM и т.д.). Общим свойством всех систем является отсутствие удовлетворительных средств исследования моделей и их документирования. Концепция построения ИИО на основе метазнаний (мета-оболочек) в наибольшей степени соответствует требованиям САПР. Метазнания ПО включают систему классов понятий ПО, описание связей между понятиями всех классов на уровнях знаний и действительности, а так же описание соответствия между уровнями знаний и действительности. Недостатки концепции: "общий" подход, без учета особенностей уровней и форм представления моделей в САПР; отсутствие учета регулярности в "содержании" модели; недоопределенность механизма реализации процедур преобразования объектов при решении задач, возникающих в ПО - задач "реконструкции".

Динамические недоопределенные вычислительные сети [19], формальная система, являющаяся развитием технологии концептуального программирования [20] - вычислительных моделей и представляют собой "передний край" развития функциональных моделей. Обеспечивают моделирование функционирования объектов как редукцию неопределенностей в данных модели, независимо от деления их на входы или выходы. Не имеют альтернативы, кроме возможности их усовершенствования.

Модель представления знаний о времени и пространстве в интеллектуальных системах [13], представляет собой наиболее полный математический аппарат для представления времени и пространства в концептуальных моделях СИИ. В основе модели лежит использование аппарата многосортной логики. Наиболее важным в данной теории является аппарат "точек" и "интервалов", который можно использовать для представления как моделей с сосредоточенными параметрами, так и моделей с распределенными параметрами. Недостатки: указанный аппарат не применялся для представления свойств объектов, отличных от временных и пространственных; не обеспечивается поддержка объектно-ориентированного подхода; нет средств для обеспечения декомпозиции и агрегации объектов и их свойств.

Объектно-ориентированный подход к интеграции средств представления знаний [14,15] представляет собой пример применения объектно-ориентированного подхода к построению моделей представления знаний в ИИО. Суть подхода состоит в использовании ООП для интеграции в единой модели семантических сетей, фреймов и динамических недоопределенных моделей. ООП используется как инструментальный для построения моделей и не связан с содержательной стороной моделей.

Основные принципы построения унифицированной КМ ПО

Определим цель: создание унифицированной КМ ПО на основе подхода к метазнаниям с точки зрения методов и средств САПР; использование КМ ПО для построения ИИО для САПР. Сформулируем требования к унифицированной КМ ПО.

В качестве функциональной модели следует применять динамические недоопределенные вычислительные сети [19,14,15], в форме, отвечающей всем способам работы с функциональными моделями в САПР.

Структурная модель должна:

1) Обеспечить единство возможностей: уровней, форм и методов представления моделей в САПР; методов и средств представления моделей в объектно - ориентированном подходе; методов агрегации и дekomпозиции объектов и данных в технологии SADT; методов представления модели времени и пространства, принятым в [13];

2) Иметь форму, допускающую: представление моделей в виде семантических сетей и фреймов; использование элементов модели в продукционных правилах и недоопределенных динамических вычислительных сетях. Предлагается унифицированная КМ ПО, отражающая концепцию мета-эвристических оболочек [5], обобщающая положительные качества перечисленных методов построения КМ ПО, и позволяющая более эффективно решать задачу автоматизации построения экспертных систем в избранной области - проектирования и исследования сложных систем и объектов в САПР (и АСНИ).

Предлагаемый подход к построению КМ ПО.

Изложим принципы построения КМ ПО в соответствии с определением КМ ПО, уточняя в процессе изложения и понятия формальных систем, необходимых для представления КМ ПО.

Новые понятия, используемые для описания ПО, их свойства и характеристики, новые классификации понятий по типам, ситуациям:

1. Вводится понятие уровней модели (включая структурный, логический и количественный уровень) как уровней недоопределенности "общей" модели с такими характеристиками:

- допустимо одновременное определение на модели всех возможных свойств, включая свойства структурного, логического и количественного уровней;

- представление модели, соответствующей конкретному уровню представления модели, осуществляется путем установления соответствующей степени доопределенности "общей" модели и выбора метода представления свойств элементов модели как дискретного или непрерывного множества;

2. Обеспечивается использование эквивалентности, регулярности, симметричности свойств объектов различных типов для построения более эффективных решений задач, приведенных в списке главных и дополнительных требований к КМ, за счет введения понятия "массив экземпляров типа";

3. Различные ПО моделируются за счет введения понятия "библиотек" типов (блоков, данных, функций и связей);

4. Принимается единство моделей в форме "макромodelей" и "микромodelей" на основе примата "микромodelей". Т.е.:

А) за основной вариант принимается построения "полных" математических моделей объектов на основе "микромodelей" структурных составляющих, определяющих зависимости недоопределенных свойств единичных структурных составляющих, принадлежащих к различным типам и библиотекам;

Б) функциональные "макромodelи" блоков различных уровней иерархии строятся на основе функциональных моделей нижележащих структурных блоков и, соответственно, на нижнем уровне - на базе "микромodelей";

6. ООП есть подмножество понятий КМ ПО;

Новые процедуры преобразования объектов:

1. Получение модели конкретного уровня путем выбора из "общей" модели соответствующего подмножества свойств данного уровня, множеств их значений и доопределения неопределенностей в модели структур (и функций);

2. Доопределение "общей" модели путем взаимной редукции недоопределенности свойств моделей любого уровня представления;

3. Агрегация структурных составляющих модели в массивы различных степеней общности на основе степени эквивалентности, регулярности, симметричности произвольных подмножеств их свойств;

4. "Реконструкция" моделей любой степени недоопределенности;
5. Функциональные 'микромодели' определяют зависимости недоопределенных свойств структурных составляющих различных типов и библиотек;
6. Агрегация элементов функциональных "макромоделей" нижележащих блоков в "макромодели" вышележащих блоков уровней иерархии;
7. Взаимное отображение "макромоделей" различных уровней иерархии друг в друга и в "микромодели";
8. Исследование и документирование решений в смысле САПР;

Требования к формальным системам представления КМ ПО:

1. Метод недоопределенных динамических вычислительных сетей используется для взаимной редукции недоопределенности моделей любого уровня представления;
2. Строится теория построения интерфейсов на уровне моделей с прочими проблемно-ориентированными САПР для решения задач исследования и документирования решений, полученных в ИИО;
3. Обеспечивается возможность ООП в представлении моделей путем выполнения операции сужения круга понятий КМ ПО до круга понятий ООП;
4. Обеспечивается трансформация КМ в любую форму представления знаний за счет построения ее в терминах базовых математических выражений - отношениях;
5. Задача "реконструкции" недоопределенных моделей обеспечивается созданием "полностью" динамических недоопределенных вычислительных сетей;
6. Строится метод временного взаимного отображения "микромоделей" и "макромоделей" различных уровней иерархии.

Для реализации данного подхода выполнено:

- построен метод построения интерфейсов на уровне моделей с прочими проблемно-ориентированными САПР для решения задач исследования и документирования решений, полученных в ИИО;
- дано формальное описание предложенной КМ ПО на основе отношений, обеспечивающее возможность ООП в представлении моделей путем выполнения операции сужения круга понятий КМ ПО до круга понятий ООП;
- предложен метод построения "полностью" динамических недоопределенных вычислительных сетей;
- построен метод "временного" взаимного отображения "микромоделей" и "макромоделей" различных уровней иерархии.

Краткая характеристика предложенных решений.

Формальное описание КМ ПО на основе стношений, обеспечивающее возможность ООП в представлении моделей путем выполнения операции сужения круга понятий КМ ПО до круга понятий ООП. Перечислим некоторые важнейшие особенности представленной концептуальной модели. Объект рассматривается как множество точек с различными свойствами, счетное или несчетное. Исходя из степени общности свойств точек рассматриваются множества: экземпляры типов блоков, свойств, связей, базовых функций; массивы экземпляров типов; типы; библиотеки. Вводится понятие характерной точки, как позиции приложения связей. Методы и сообщения определяются как частный случай связи между точками. Наследование, полиморфизм рассматриваются как операции преобразования, определенные над моделями и отнесены к формальной системе представления КМ ПО.

Метод "временного" взаимного отображения "микромоделей" и "макромоделей" различных уровней иерархии [1,2]. Суть метода состоит в комбинации условно-событийного подхода к идентификации событий, определяющих моменты окончания функциональных блоков различных уровней, и агрегации структур данных нижележащих уровней для создания структур данных функциональной модели вышележащего уровня.

Метод построения интерфейсов ИИО с прочими проблемно-ориентированными САПР для решения задач исследования и документирования решений, полученных в ИИО изложен в работе [18]. *Метод построения "полностью" динамических недоопределенных вычислительных сетей* изложен в работе [18].

Заключение

Предложенный подход к построению КМ ПО обеспечивает формальное представление моделей как основу для разработки эффективных средств автоматизации формирования моделей. Предложенный подход к представлению КМ ПО был апробирован и доказал свою эффективность в ходе реализации специализированной оболочки для синтеза интеллектуальных САПР и АСНИ "Мета-Эвристическая Оболочка" [4,5], а так же ряда предшествующих проблемно-ориентированных интеллектуальных САПР:

- микропроцессорных систем - "EMULAT" [1] и "ИнтерНАМ"[2];
- программного обеспечения - "ИСПГП" [3];
- паро-газовых установок для ТЭЦ - "СПРУТ" [6];
- управляющих программ для АСУ ТП - "RPG/M";
- бизнес-планов [7].

Эффективность КМ ПО состоит в улучшении эффективности решения задач исследования моделей.

Введение *массивов* дает эффект для цели "компактное и наглядное описание системы в целом", за счет: повышения компактности за счет сокращения числа лексем в описании модели; повышения наглядности как снижения когнитивной сложности описания.

Введение *системы функциональных макромоделей* дает эффект для цели "получения оценок состояния и механизмов функционирования систем" (пример: отладка микропрограмм, оценка инвестиционных проектов), за счет:

- * локализации ошибок в микромодели сверху-вниз через систему функциональных "макромоделей";
- * разработки адекватных функциональных моделей снизу-вверх от уровня микромодели через систему функциональных "макромоделей".

Введение *системы моделей как уровней недоопределенности* основной модели дает эффект для таких целей исследования моделей:

1) "Прогноз возможных состояний системы", за счет автоматической связи прогнозируемых значений на одном уровне с прочими уровнями;

2) "Объяснение теоретически выдвинутых или экспериментально полученных данных", за счет возможного объяснения имеющихся данных на любом уровне недоопределенности представления модели;

3) "Оценка правильности представления о системе", за счет возможной оценки правильности представления о системе при любой возможной степени недоопределенности знаний о системе;

4) "Объект формальной теории, решающей вопросы о границах истинности моделей", за счет того, что:

- * точность модели определяется принадлежностью модели к уровню представления моделей;
- * в этом случае используются известные методы оценок истинности моделей на данных уровнях;
- * граница истинности определяется уровнем определенности модели;

5) "Оптимизация системы", за счет того, что оптимизация на одном уровне представления (любом) автоматически приводит к оптимизации на прочих уровнях.

Аналогичные оценки можно привести для других элементов КМ ПО: точки и интервалы, объектно-ориентированный подход, библиотеки типов и т.д.

Литература

1. Григорьев А.В. Настраиваемый двухуровневый интерпретатор микропрограммных ЭВМ на базе микропроцессорных секций серии 2900 как средство автоматизации проектирования ЭВМ. - В кн. "Автоматизация проектирования ЭВМ и систем". - Тез. Всес. научно-технической конференции, М.: МВТУ, 1983. - С. 118.

2. Григорьев А.В. Методы реализации многоуровневого настраиваемого интерпретатора. // В кн.- Персональные компьютеры и локальные сети. Матер.8 школы-семинара. Новый Афон, 2-7 окт. Тбилиси, 1985.- С. 64-65.
3. Григорьев А.В., Резниченко И.В. Диалоговая инструментальная система построения генераторов программ // Системные и прикладные аспекты диалога на персональных ЭВМ: Матер. шк. - сем. "Иверси-85", Гагра. Тбилиси, 1985 г.- С.131-133.
4. Григорьев А.В., Базалей А.О., Юрченко С.В. Особенности реализации системы автоматизации построения интеллектуальных САПР и АСНИ. Современные проблемы машиностроения и технический прогресс. Тез. м.н.т.к.- Донецк: ДонГТУ, 1996. - С. 60.
5. Григорьев А.В. Инвариантные интеллектуальные средства САПР и АСНИ. В кн. "Сборник трудов факультета вычислительной техники и информатики. Выпуск 1". - Донецк: ДонГТУ, 1996. - С. 157-160.
6. О. Григор'єв. Один підхід до організації баз даних і знань у проблемно-орієнтованих САПР. В кн. Україномовне програмне забезпечення. Мат. 4-ї та 5-ї Між. н. п. к. "УКРСОФТ". Львів, СП "БаК", 1995. - С. 234-236.
7. Григорьев А.В. Опыт разработки информационного обеспечения бизнес-планов. В кн. Матер. 2-й м.н.-т. конф. "Регион: стратегия выживания и развития Донбасса" (11-13 июня 1996 г.) / Донецк: ООО "Лебедь", 1996, - ДонГТУ.- С.324-325.
8. Агафонов В.Н. Языки и средства спецификации программ (обзор). - В кн.: Требования и спецификации в разработке программ. М.: Мир, 1984. С. 285-335.
9. Норенков И.П. Введение в автоматизированное проектирование технических устройств и систем. - М.: В.Ш., 1986. - с. 304.
10. Намир К.Шаммас. Основы С++ и объектно - ориентированного программирования. - Киев.: Диалектика, 1996.- 448 с., ил.
11. Довгаль С.И., Литвинов Б.Ю., Сбитнев А.И. Персональные ЭВМ: ТурбоПаскаль V 6.0, Объектное программирование, Локальные сети. (учебное пособие). Киев:"Информсистема сервис", 1993. - 440 с.
12. Толковый словарь по искусственному интеллекту / Авторы-составители А.Н.Аверкин, М.Г.Гаазе-Раппопорт, Д.А.Поспелов. - М.: Радио и связь, 1992 г.
13. Кондрашина Е.Ю., Литвинцева Л.В., Поспелов Д.А. Представление знаний о времени и пространстве в интеллектуальных системах / Под ред. Д.А.Поспелова. - М.: Наука, 1989. 328 с.
14. Каракозова О.В. Использование динамических вычислительных моделей // КИИ-96 - Инженерия знаний.-С.260-264.
15. Загоруйко Ю.А., Попов Г.П. Применение объектно-ориентированного подхода для интеграции средств представления знаний // КИИ-96 - Инженерия знаний. - С.265-270.
16. III Конференция по искусственному интеллекту. КИИ-92. Сборник научных трудов в 2-х томах.
17. Григорьев А.В., Базалей А.О. Специализированная оболочка для синтеза интеллектуальных САПР и АСНИ. (см. в этом же сборнике).
18. Григорьев А.В., Бондаренко А.В., Шойхеденко А.В. Интерфейс табличного процессора EXCEL и специализированной оболочки для синтеза интеллектуальных САПР и АСНИ. (см. в этом же сборнике).
19. Нариньяни А.С. Недоопределенность в системах представления и обработки знаний // Изв. АН СССР. Техн. Кибернетика. - 1986. -№5.-С.3-28.
20. Тыгу Э. Х. Концептуальное программирование.
21. Диалоговые системы схематического проектирования. / В.И.Анисимов, Г.Д.Дмитриевич, К.Б.Скобельцын и др.; Под ред. В.И.Анисимова. - М.:Р и С, 1988. - 288 с.
22. Петренко А.И., Семенов О.И. Основы построения систем автоматизированного проектирования. - К.: Виша школа, 1984. -296 с.
23. Б.Ф.Фомин, В.Б.Яковлев. Моделирование производственных систем. К, ВШ, 1992.