

БАЗЫ ФРАГМЕНТАРНЫХ МОДЕЛЕЙ В ЗАДАЧАХ АВТОМАТИЗАЦИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ.

В. В. Иванищев

Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН
199178, Санкт-Петербург, 14-я линия, В.О., д.39
iv@iias.spb.su

УДК 681.3.06

В. В. Иванищев. Базы фрагментарных моделей в задачах автоматизации моделирования // Труды СПИИРАН. Вып. 1, т. 2. — СПб: СПИИРАН, 2002.

Аннотация. В работе дается доступный автору обзор проблемы создания баз фрагментарных моделей предметных областей, как составной части технологии множественного моделирования, предложенной автором в середине 90-х годов. Назначение статьи — привлечение внимания исследователей к затронутой проблеме. — Библи. 6 назв.

UDC 681.3.06

V. V. Ivanishev. Bases of fragmentary models in automation modelling tasks // SPIIRAS Proceedings. Issue 1, v. 2. — SPb: SPIIRAS, 2002.

Abstract. The article is devoted to review of the problem of objectory fields fragmentary models creating as a constituent part of set modelling technology suggested by author in the 90-th. — Bibl. 6 items.

Индустриализация методов моделирования, создание технологий все более "дружественных" конечному пользователю, снятие с последнего проблемы освоения того или иного формализма моделирования явились причинами появления технологии множественного моделирования, основные положения которой описаны автором в трудах конференции КИИ-96 [1]. Суть технологии состоит в признании факта нашей способности описывать (моделировать) не отдельные объекты, а целые предметные области Ξ с заранее незафиксированным подмножеством задач моделирования, которые в этой предметной области актуальны. Основой такой технологии являются базы моделей, названных фрагментарными. В самом названии усматривается мозаичность представления окружающего мира, т.е. его вольная или невольная структуризация на отдельные фрагменты. Под взаимодействием фрагментов, а далее и описывающих их моделей $m_i, i = \overline{1, I}$ понимается соединение выходных переменных x_j одного фрагмента (модели m_i) с входными переменными других фрагментов (моделей m_{j+1}). Как будет далее показано, это один и, видимо, самый простейший способ структуризации Ξ . Значительно более интересным является случай, когда фрагменты взаимно проникают друг в друга, так, что границы фрагментов оказываются размытыми. К такой ситуации приводит случай, когда база фрагментарных моделей предметной области Ξ создается разными людьми, иногда территориально удаленными друг от друга, что затрудняет процесс установления демаркационной линии, разделяющей фрагменты (модели).

Базы фрагментарных моделей, не имеющие общих внутренних переменных, названы в [2] «белыми» базами, в отличие от «серых» баз, где это условие не выполняется. Имеется возможность формально определить свойства «белой» базы фрагментарных моделей структурированной предметной области Ξ . Пусть $B = \{m_j\}$, база фрагментарных моделей $m_i, i = \overline{1, I}$. X_i — подмножество входных (X_i^{H+}), внутренних (X_i^B) и выходных (X_i^{H-}) переменных модели m_i ,

$X_i = X_i^{H+} \cup X_i^B \cup X_i^{H-}$, $X_i^H = X_i^{H+} \cup X_i^{H-}$, $X_i^B \cap X_i^H = \emptyset$, \forall_i . Для «белой» базы моделей должны выполняться следующие условия:

1. Условие связности

$$\forall_i \exists i' \{ (X_i^{H-} \cap X_{i'}^{H+} \neq \emptyset) \vee (X_{i'}^{H-} \cap X_i^{H+} \neq \emptyset) \}.$$

Для любой модели базы найдется хотя бы одна модель, с которой первая связана либо через входные, либо через выходные переменные.

2. Условие эндогенности внутренних модельных переменных

$$\forall_i \forall i' \{ X_i^B \cap X_{i'}^B \neq \emptyset \}.$$

Никакая пара моделей в базе не может содержать одноименных внутренних переменных.

3. Условие однозначности

$$\forall_i \exists i' \{ X_i^{H-} \cap X_{i'}^{H-} \neq \emptyset \}.$$

Никакая выходная переменная в базе не может вычисляться больше, чем в одной модели.

4. Условие ацикличности (\circ).

$$\forall_i \exists i' \{ (X_i^{H-} \cap X_{i'}^{H+} \neq \emptyset) \& (X_{i'}^{H-} \cap X_i^{H+} \neq \emptyset) \}.$$

Условие запрещает образование моделями контуров в данном случае звенности 2. Условие естественным образом переносимо на случаи большей звенности $n=3,4, \dots$

5. Условие обратимости моделей m_i , \forall_i .

$$A_i = \{ a_i^k \}, \quad i = \overline{1, I}, \quad k = \overline{1, K}, \quad \text{где: } a_i^k \text{ — } k\text{-ый алгоритм вычислимости } i\text{-ой мо-}$$

дели m_i .

Среди «белых» баз имеется возможность выделить подкласс «компактных» баз, в которых взаимодействие, в названном выше смысле, происходит между соседними моделями. На рис. 1 приведен пример компактной структуризации Ξ и соответствующий ей граф вычислимости. Стрелками показаны направления взаимодействий между соседними фрагментами. Компактная структуризация находит применение при моделировании объектов сплошных сред, например, стекловаренных печей, в черной металлургии, водных экосистем и т.д. Компактная структуризация стекловаренной печи при заданной схеме движения потоков (рис.2) стекломассы показана на рис. 3. Анализ камерной структуры, приведенной на рис. 3 показывает, что среди камер имеется возможность выделить классы эквивалентности e_j , $j=1$, такие, как: $e_1=\{1,2,4,5,8,9,11,13,16,17,18\}$, $e_2=\{3,14\}$, $e_3=\{7\}$, $e_4=\{6,10,12,15\}$. В данном разбиении в один класс отнесены камеры, эквивалентные по числу входных и эквивалентные по числу выходных потоков, независимо от положения граней, которые они пересекают. Модели, принадлежащие одному классу эквивалентности, описываются эквивалентными алгоритмическими сетями с точностью до имен переменных. Выделив таким образом базисные наборы моделей, имеется возможность создать автоматизированную технологию построения имитационных моделей печей непосредственно по визуализированной схеме потоков и проведенной ее компактной структуризации с той или иной степенью детализации.

Определение 1. База фрагментарных моделей называется однородной, если входящие в нее модели представлены в одном и том же формализме моделирования.

Наличие базы фрагментарных моделей в заданной предметной области Ξ кардинально меняет функцию конечного пользователя, с которого снимается проблема не только программирования, но и формализации проблемы, даже если сам формализм предельно прост. Вместо этого пользователю предлагается выбрать из предложенного набора те фрагменты, которые нужны ему для описания собственной конкретной системы, являющейся частью предметной области Ξ . Автоматическое слияние (комплексирование) выбранных фрагментов в комплексную модель является заключительным этапом технологии построения модели. Следует, однако, учитывать, что выбранное подмножество моделей, покрывающее конкретный объект из Ξ может оказаться несвязным, что противоречит условию целостности в описании любой системы. Здесь имеются две возможности. Одна предлагает достраивание базы новыми соотношениями, заполняющими межмодельные области Ξ , не попавшие в первоначальное описание. Вторая состоит в пополнении базы такими моделями,

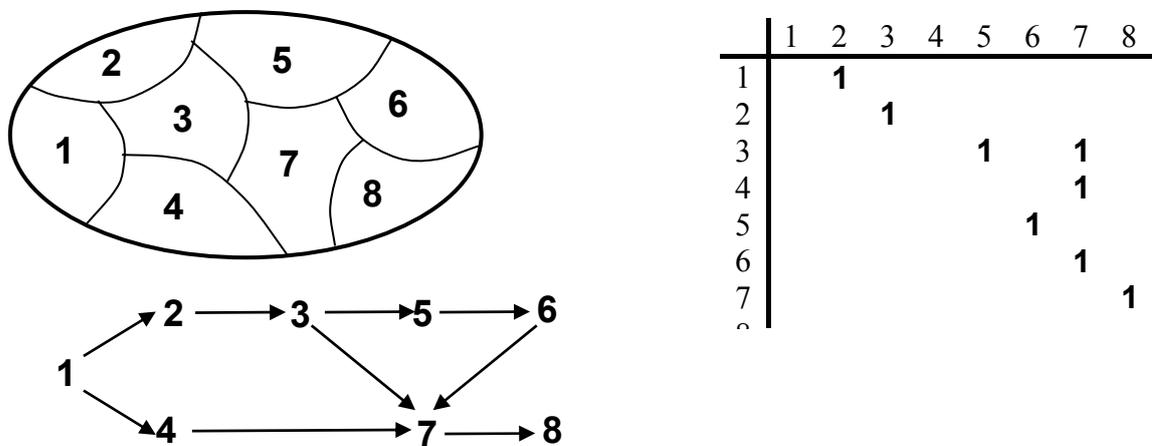


Рис. 1. Компактная структуризация Ξ , ее матрица смежности и граф вычислимости

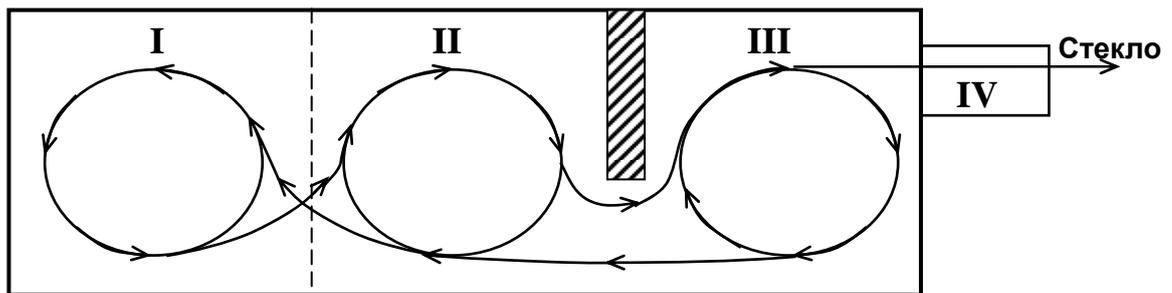


Рис. 2. Структура потоков стекломассы в печи ванного типа

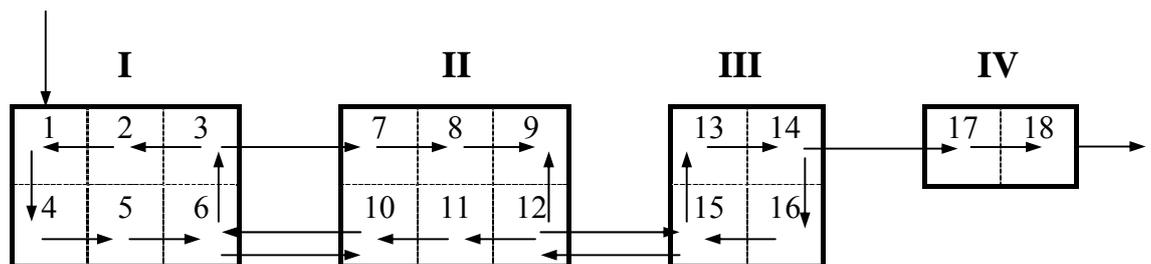


Рис. 3. Структура камерной модели стекловаренной печи

какие должны использоваться в любом выделенном подмножестве B_s фрагментарных моделей, $B_s \subset B_{\Xi}$, $s = \overline{1, S}$, где: S — число объектов в Ξ . Такими обязательными моделями могут быть модели, учитывающие динамику использования некоего общего ресурса, модели расчета критериальных переменных, управления и т.д. Матрица смежностей такой базы будет содержать один или несколько столбцов, целиком заполненных единицами. Подобного рода прием был использован в базе фрагментарных моделей для предметной области «Сельское хозяйство», описанной в [2]. База в принятой здесь классификации является «белой» и однородной, описанной в формализме алгоритмических сетей. Объемы статьи не позволяют привести сколько-либо подробное ее описание. База реализована в системе автоматизации моделирования КОГНИТРОН. На рис. 4 представлен внешний вид экрана, с помощью которого пользователь выбирает из базы те модели, которые ему потребовались для покрытия собственной производственной системы (справа). Модели имеют иконографическое представление, тематически связанное с содержанием модели: трудовые ресурсы (семья фермера), животноводческое стадо, сельхозтехника и т.д. Всего база содержит около 30 моделей.

В последние годы все большее значение приобретает идея создания неоднородных баз фрагментарных моделей, прежде всего для таких формализмов, как обыкновенные дифференциальные уравнения, разностные уравнения и алгоритмические сети. Основой технологии работы с такой базой является свойство взаимной трансформируемости этих формализмов, представленное в [3] в виде диаграммы трансформаций. Источником формирования неоднородных баз являются крупномасштабные системные проекты, с составом участников, формируемым в зависимости от наличия тех или иных моделей, полезных для проекта. Вид формализма при этом не является ограничением. Очевидно, что при таком подходе высока вероятность получить базу, относящуюся к разряду «серых» со значительными пересечениями по составу переменных в моделях. Проблема устранения этих пересечений («отбеливание» базы) относится к числу нерешенных.

Построение плана вычислений в неоднородной базе может быть выполнено двумя путями. Первый путь предполагает переход к однородной базе, т.е. к единому формализму, например, к алгоритмическим сетям, для которых проблема планирования вычислений после слияния фрагментарных моделей решена. Второй путь предполагает оперирование с исходными формализмами, однако с использованием таких свойств моделей, как обратимость, многовариантность вычислимости и т.д., т.е. всех тех условий, наличие которых позволяет использовать «Планировщик» для построения плана вычислений.

Третий тип баз, о котором нельзя не сказать, это иерархические базы, использующие свойство вложенности. Здесь будет рассмотрен только один аспект этой широкой проблемы, а именно, технология взаимодействия вложенной модели с ее окружением. При этом в модельном комплексе, наряду с глобальным модельным временем, существуют фрагментарные времена, по которым «живут» отдельные компоненты. Возникающие при этом проблемы рассмотрим на простейшем примере двухуровневой вложенности, когда выделенная компонента связана со своим окружением всего двумя переменными: входной x и выходной y . Временной шаг окружения — Δt , шаг компоненты — $\Delta \varepsilon = \Delta t/k$. На рис. 5 показана принципиальная структура взаимодействия компоненты со своим окружением. Переменная окружения x , равная скалярной величине A в начале шага Δt должна преобразоваться (преобразование R) в функцию $\varphi(\varepsilon)$, обеспе-

чивающую входной информацией по порту переменной x нашу компоненту в течение k шагов компонентного времени $\varepsilon=1, \dots, k$. В результате работы компоненты по порту y будет сформирована функция $\psi(\varepsilon)$, которая, пройдя преобразование L , должна подать в окружение скалярную величину $Y_i=B$. Очевидно, что для корректного решения проблемы согласования компоненты и окружения преобразования R и L должны использовать некую дополнительную информацию, например, $L = \int_0^k \psi(\varepsilon) d\varepsilon$. Характер преобразования R можно искать в ходе решения экстремальной задачи для $L=(\varphi(\varepsilon), \psi(\varepsilon))$. Возможны разного рода соглашения, учитывающие специфику задачи.

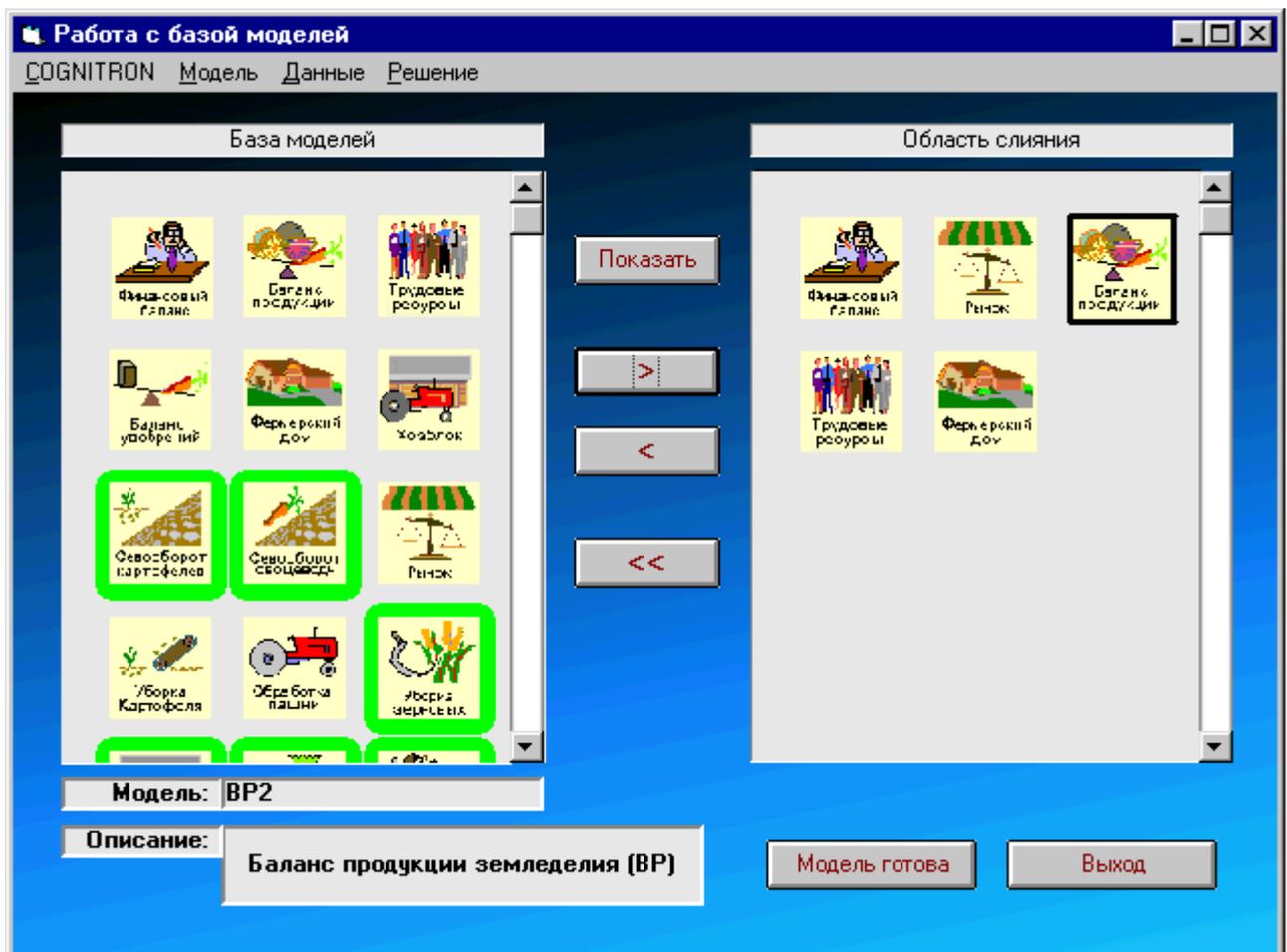


Рис. 4. Экран системы КОГНИТРОН для базы «Фермерское хозяйство»

Есть несколько сопутствующих мотивов, привлекающих внимание к проблеме баз моделей предметных областей. Один из них, это признание целесообразности создания наряду с базами данных, баз моделей, особенно для тех предметных областей, концептуальное развитие которых, как бы, закончилось, например, электротехника, теплотехника, теория надежности, теория конечных автоматов и ряд других [4]. Оговорка "как бы" вставлена не случайно, ибо в любой области возможен прорыв и смена парадигмы. Тем проще и оперативнее будет пересмотреть всю систему модельных представлений, если сами модели сконцентрированы и хранятся в электронной форме. Если говорить о реали-

зuemости такого проекта, то это в чистом виде работа на перспективу. Поскольку возможности официальной академической науки так далеко не простираются, то здесь можно говорить лишь о дальновидном меценате.

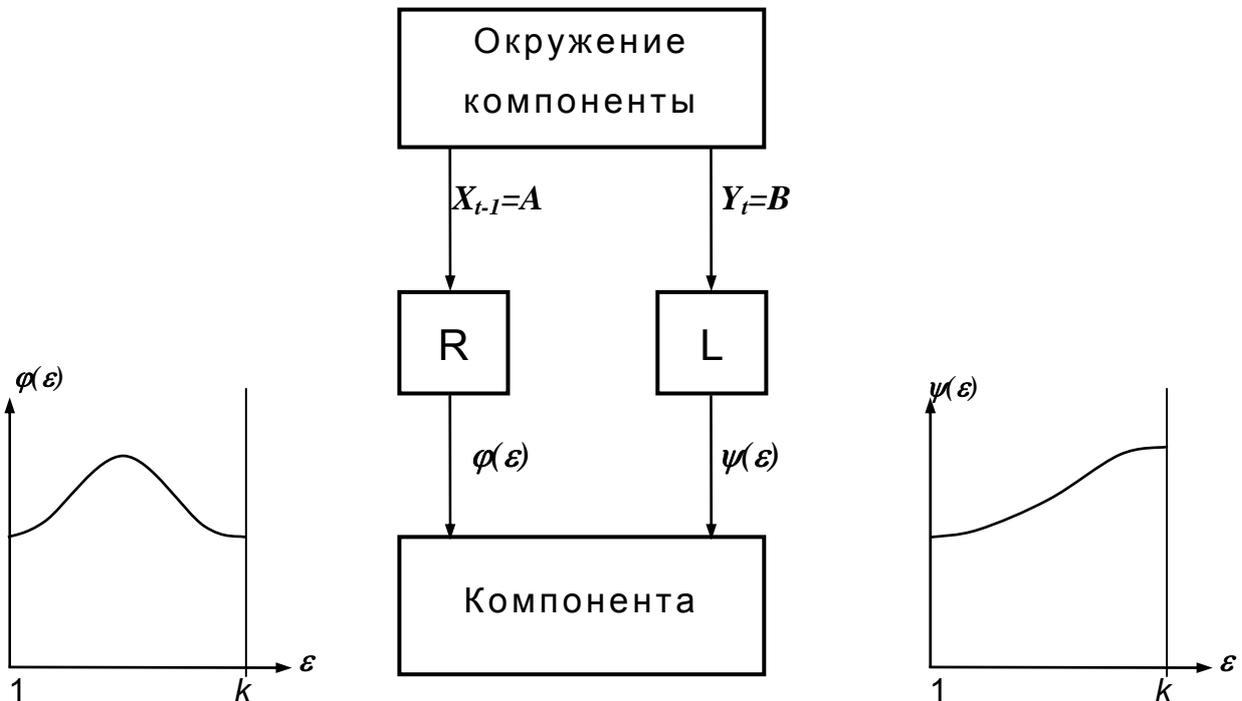


Рис. 5. Структура взаимодействия компоненты и ее окружения на шаге модельного времени Δt .

Следует отметить и этот второй побуждающий мотив, в последние годы все более осознается перспективность обмена не только данными, но и моделями. Как было отмечено на последней международной конференции по декомпозиционным методам в математическом моделировании (Москва, 25-29 июня, 2001 г.), объектом обмена в сетях все более становится "информационно-алгоритмический ресурс", как начальная фаза модельного обмена. В Министерстве обороны США реализуется проект, в котором процесс причаливания космического корабля к станции реализуется с помощью взаимодействующих моделей. Исследовательская и практическая задача видится в стандартизации протокола межмодельного обмена.

Если считать Украину все еще частью нашей общей интеллектуальной территории, то термин "модельнопараметрическое пространство" появился в пределах СНГ и был использован в работах Валькмана Ю.Р. [5] и Суворова А.И. [6]. В нашем представлении это разновидность базы моделей, в которой в качестве вершин используются как модели $m_i, i = \overline{1, I}$, так и некоторые параметры $p_j, j = \overline{1, 3}$, на вычисление которых нацелены одна или несколько моделей. Такой способ структуризации базы диктуется особенностями задачи исследовательского проектирования сложных объектов, таких как корабли, самолеты, где имеется возможность выделить априори набор параметров, определяющих

весь облик проектируемого объекта, например, водоизмещение, скорость хода, автономность и т.д.

По-видимому, это не последний способ структуризации предметной области.

Литература

- [1]. *Иванищев В. В.* Технология множественного моделирования на основе формализма алгоритмических сетей // Сб. научных трудов КИИ-96. Т. III, Казань. 1996. — С.466–468.
- [2]. *Иванищев В. В., Михайлов В. В.* Автоматизация моделирования экологических систем. — СПб.: Изд. СПбГТУ, 2000. — 172 с.
- [3]. *Иванищев В. В.* Автоматизация моделирования потоковых систем. — Л.: Наука, 1986. — 142 с.
- [4]. *Иванищев В. В.* Моделирование без посредника // Изв. РАН "Теория и системы управления", №5, 1997 г.
- [5]. *Валькман Ю. Р.* Модельно-параметрическое пространство: представление знаний об исследуемых процессах и объектах // Сб. научных трудов КИИ-96. Т. II, Казань. 1996. — С.299–302.
- [6]. *Суворов А. И.* Информационная технология научных исследований в судостроении // Сб. научных трудов "Проблемы разработки НИТ". Калинин. "Центрпрограммсистем", вып. 2, 1990. — С. 18–26.