

## СРЕДА МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕОРИЙ

© 1999 С.В. Смирнов

Институт проблем управления сложными системами РАН, г. Самара

Подводятся итоги исследований, целью которых являлась разработка методов и компьютерных средств, поддерживающих методологию построения инженерных теорий для компьютерной интеграции знаний. Формулируется проблема автоматизации конструирования предметно-ориентированных сред компьютерного моделирования, пригодных для поддержки этой методологии. Кратко рассматривается архитектура соответствующей общецелевой системы моделирования основанной на объектно-ориентированном представлении знаний.

**Введение**

В работах [1, 2] введено понятие *инженерной теории* и показана возможность его применения для решения проблемы интеграции знаний при исследовании сложных систем. Эта независимо разработанная концепция в главных чертах близка интенсивно разрабатываемому в западной литературе *онтологическому подходу* к интеграции знаний [3, 4]. Общие корни этих подходов лежат в *инженерии знаний* – признанной ветви научного направления обозначаемого как искусственный интеллект [5].

Представляется, что и инженерные теории, и онтологии предметных областей суть метафоры, пригодные при исследовании проблематики, связанной с синтезом *интегрированных моделей* объектов произвольной природы. При этом эпитет “инженерные” (или соответственно “производственные” для онтологии), употребляемый для характеристики создаваемых теоретических построений, прежде всего, обозначает наиболее актуальную сферу приложения интегрированных моделей: исследование и оценка систем искусственного происхождения, или артефактов [4, 6-8]. В других областях знания термин “инженерные теории” может быть оправдан отчетливой прагматической ориентацией соответствующих формальных конструкций и определяющей ролью компьютерных средств интеграции релевантных знаний.

В статье представлены результаты разработки методов и компьютерных средств, поддерживающих методологию построения

инженерных теорий. Практическая реализация обсуждаемой методологии интерпретируется как автоматизированное конструирование *предметно-ориентированных сред моделирования* (ПОСМ). Акцент ставится на выявлении структуры и актуальных составляющих *общей схемы* моделирования и *архитектурных компонентах* объектно-ориентированной системы компьютерного моделирования, обеспечивающих формирование и использование ПОСМ.

**1. Компьютерная предметно-ориентированная среда моделирования как средство автоматизации научных исследований**

В развиваемом подходе к автоматизации научных исследований эффективность применения компьютерных технологий определяется *качеством формируемых инженерных теорий*. Удел этих технологий - помощь в формировании теоретических представлений на основе ограниченного числа фундаментальных, проверенных практикой метамodelей. Однако внешне без труда обнаруживаемые эффекты достигаются лишь на этапе *автоматизации конструирования моделей объектов* из предметной области (ПО) построенной теории. Вне гипотетико-дедуктивного цикла формирования теории этот этап имеет чисто “вычислительный” характер, и в результате модель объекта лишь отражает наряду с истинным знанием рабочие гипотезы и заблуждения, зафиксированные компьютерными средствами. Характеризуя со-

временное применение компьютеров в науке, академик Краснощеков отмечает, что в подобных случаях легко провоцируется ситуация, когда “за истину принимается ее трансформация – правдоподобная иллюзия” [9]. На наш взгляд, наметившийся опасный перекокс в триаде “модель-алгоритм-программа” связан с недооценкой возможности эффективной компьютерной поддержки *всех фаз* осуществляемого любой отраслью науки познавательного процесса. В этом отношении автоматизация научных исследований как научная дисциплина должна включать проблематику *компьютерной поддержки построения теорий, моделей объектов познания на основе этих теорий и “стендов” для экспериментирования с такими моделями*. Другими словами, автоматизация научных исследований связывается с разработкой методов и средств, которые поддерживают возникновение в компьютере адекватной системы эпистемологических единиц, формирующих для пользователя *предметно-ориентированную среду моделирования* - ПОСМ.

Понятие среды моделирования является естественным развитием концепции предметно-ориентированных пакетов прикладных программ и систем моделирования. Будучи построенной, предметно-ориентированная среда моделирования поддерживает *разработку и исследование моделей уже конкретных объектов, или объектной модели, в избранной предметной области*. ПОСМ выступает в ролях:

1) *предметно-ориентированной базы знаний* при отражении *статической структуры* объектной модели;

2) *супервизора процесса моделирования* при исследовании объектной модели, проведении с нею экспериментов, т.е. какой-либо связанной с объектной моделью формой “вычислений” (имитацией поведения, расчетом, поиском экстремумов и т.д. и т.п.), понимаемой как реализация *модельной динамики*.

Технология построения *собственно* ПОСМ прежде всего связана с автоматизацией наиболее важного и сложного этапа научных исследований – *концептуального моделирования* предметной области. Оценка состояния компьютерного моделирования си-

стем и смежных областей (например, программирования вообще) позволяет указать не только успехи в решении имеющихся здесь проблем, но и открытые вопросы.

Классическая парадигма технологии компьютерного моделирования предполагает использованием некоторой готовой универсальной концептуальной модели, “защитой” в инструментальном средстве. ПО-ориентация ограничивается в таком случае разработкой *таблицы соответствия* [10] между априори заданными категориями универсальной модели и категориями, которые адекватны исследуемому предмету. Встроенные механизмы специализации инструментария касаются, как правило, расширения его операционного базиса (например, с помощью макроопределений [10, 11]). Относительно новой тенденцией является конструирование технологий компьютерного исследования путем предварительной предметной ориентации универсальных инструментов с помощью языковых процессоров [12, 13]. По сути, и в том, и в другом случае технологии моделирования обслуживают пользователя на *зуженном* участке процесса познания. Исследователь не получает надлежащей поддержки или отстраняется от наиболее “интеллектуального”, “наукоемкого” этапа познавательного процесса – формирования *сообразно* целям исследования такой абстракции, упрощенной точки зрения на мир, которая (и только она) принимается в расчет на последующих шагах познавательного процесса, связанных с отражением реального мира. Продуктом рассматриваемого этапа - концептуального моделирования, и является “инженерная теория”, или онтология, или в более нейтральных формулировках – представление, спецификация ПО.

Стремление предоставить исследователю технические средства познания в расширенном диапазоне этапов познавательного процесса, включая концептуальное моделирование ПО, сборку объектных моделей и осуществление процесса моделирования определяет *проблему автоматизированного конструирования ПОСМ*.

Решение этой проблемы позволит создавать в различных областях научных иссле-

дований специализированные системы моделирования, базирующиеся на знаниях. От существующих эти системы будут отличать развитые средства концептуального анализа и моделирования ПО, гибкая среда моделирования, допускающая простую модификацию и расширение спектра исследовательских задач. В конечном счете, автоматизированное конструирование ПОСМ позволит создавать эволюционные технологии исследований, обеспечивающие не только получение в результате моделирования новых знаний о ПО, но и их использование для развития технологии исследований путем уточнения и расширения концептуального базиса, на основе которого выполняется сборка объектных моделей и управление модельной динамикой. Именно такое эволюционное развитие теорий и средств моделирования отвечает потребностям интеграции знаний о сложных системах управления.

## 2. Система эпистемологических единиц предметно-ориентированной среды моделирования

Одним из результатов исследования проблем, связанных с программной инженерией с одной стороны и искусственным интеллектом с другой, стало утверждение точки зрения, что методы и средства построения программных продуктов (равно как сами такие продукты) опираются на *представление и обработку знаний*. Экспликация с этих позиций “знаниевой”, или эпистемической, роли привычных программно-технических понятий позволило найти новые, не использованные ранее методы программирования, которые оказались чрезвычайно полезными при решении сложных задач в различных прикладных сферах приложения компьютеров. Эпистемологическая роль программно-технических единиц обнаруживает себя в различных формах, начиная от знания последовательности шагов, необходимых для решения задачи, в обычном *императивном* программировании, до различных техник *декларативного* (логического, производного, базирующегося на ограничениях и т.п.) программирования, в основе которых лежит отделение описания задачи от интерпретации

этого описания.

В свете сказанного разработка новых методов и программных средств в актуальной прикладной области должна начинаться с выявления адекватного набора, системы эпистемологических единиц. Критерием такой адекватности становится “интеллектуальное” поведение созданной системы, интеллектуализация компьютерной среды для решения задач пользователя [14].

Применительно к автоматизации научных исследований на этапе построения моделей это означает *определение системы эпистемологических единиц в общей схеме компьютерного моделирования*.

Решение такой задачи с общих позиций научного познания мира является предметом *методологии науки* [15], методологических разделов фундаментальных естественных наук (прежде всего *математики* [16]), а также многочисленных прикладных дисциплин, изучающих кибернетические, психологические и др. закономерности креативной *деятельности* [17], различные аспекты автоматизации интеллектуального труда. В духе интеллектуализации ЭВМ общие варианты ответов на поставленный вопрос предложены в рамках *новой информационной технологии* [14, 18]. Конкретно проблему определения эпистемологических компонент в задачах компьютерного моделирования исторически раньше других специалистов начали разрабатывать идеологи машинного *имитационного моделирования сложных систем* [19, 20]. Позднее эти вопросы оказались в центре внимания разработчиков методов *объектно-ориентированного проектирования и программирования* [21, 22], результатом которых в области моделирования явилась методология объектно-ориентированного анализа и попытка стандартизации соответствующих языковых средств [23]. Далее излагается подход к решению поставленного вопроса на основе переосмысления с современных позиций материалов публикаций, затрагивавших эту тему, а также оригинального опыта разработки и использования систем компьютерного моделирования.

*Моделирование* как всеобщий научный метод включает в себя следующие фазы:

- 1) концептуальное моделирование ПО;
- 2) конструирование модели актуального объекта (системы объектов) ПО, или объектное моделирование;
- 3) экспериментирование с объектной моделью, трансформация объектной модели (трансформационное моделирование).

В полном объеме даже при условии компьютерной поддержки моделирование является человеком-машинным процессом, автоматически могут быть выполнены лишь отдельные шаги в рамках основных фаз. Во многом именно это обстоятельство определяет итерационный характер процесса моделирования и обусловлено наличием в каждой фазе обязательного *этапа анализа и интерпретации результатов*. Содержание этих этапов целиком определяется спецификой концептуального, объектного, трансформационного моделирования, а следствием выполнения, т.е. принятия пользователем решения, – повторение или смена фазы моделирования (рис. 1).

*Концептуальное моделирование* связано с анализом и структурированием имеющихся у исследователя данных. Эта фундаментальная фаза научного исследования, которая по существу направлена на выявление *допустимой семантики информации* о реальной действительности. В результате фиксируется некоторая абстракция, упрощенная точка зрения на мир, *концептуальная схема*, которая представлена в каких-то целях. В литературе для обозначения этой фазы часто используют термин “*концептуальный анализ*”, содержание которого интерпретируют как “*абстрагирование существа физических объектов и их взаимосвязи в виде некоторой модели или*

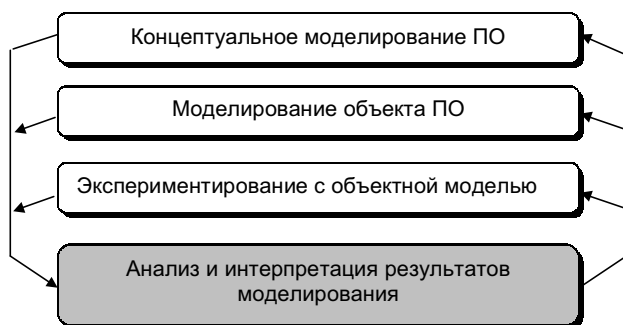


Рис. 1. Характер развития процесса моделирования

теории, которая соответственно называется *концептуальной моделью* изучаемого объекта” [24, с. 3]. Одной из разновидностей таких моделей являются *онтологии* предметных областей [3, 4]. Основным феноменом фазы концептуального анализа является возможность получения и сосуществование *нескольких различных* концептуальных моделей ПО<sup>1</sup> (рис. 2).

*Объектное моделирование* соответствует *синтетической* стадии познания реальности. Результатом этой фазы моделирования является отражение, воспроизведение, *описание конкретного объекта* или системы объектов ПО, выполненное в рамках избранной концептуальной схемы (т.е. на “языке” этой схемы, или, что более употребительно, но неточно, – “языке” ПО). С общих позиций необходимо указать на возможность конструировать согласно данной концептуальной схеме объектные модели *различных типов*: физические, графические, математические и т. п. [19]. Рис. 2 иллюстрирует это обстоятельство. Компьютерное моделирование сужает подобную типологию объектных моделей, но не устраняет ее, оставляя открытым исключительно важный для практики вопрос о выборе типа объектной модели<sup>2</sup>.

*Трансформационное моделирование* представляет и реализует знания о “вычислениях”, связанных с объектной моделью. Эту фазу (см. рис. 2) с весьма общей точки зрения можно рассматривать как процесс *решения задачи, выбор* воздействий на стартовую объектную модель, в результате которых она приобретает некоторые удовлетворяющие исследователя свойства. Операционным базисом подобных трансформаций, аппаратом решения служит *объекто-ориентированное исчисление*, которое, вообще говоря, составляет часть концептуальной схемы. Результат рассматриваемой фазы может рассматриваться в двух аспектах:

- 1) методической ценностью для исследователя может обладать зафиксированная *последовательность воздействий* на объект или *цепочка промежуточных объектных моделей*, начиная со стартовой;
- 2) уже названная выше финишная объектная модель, которую естественно называть

интегрированной моделью, поскольку для ее построения вовлекаются все знания, которые актуализируются исследователем в процессе моделирования.

Концептуальная и объектная модели, описание (протокол) трансформации объектной модели, интегрированная модель составляют *систему эпистемологических единиц ПОСМ.*; в этом смысле общая схема моделирования дополнительно включает *метаконцепцию, пригодную для конструирования концептуальных схем* (рис. 2).

Автоматизированное конструирование предметно-ориентированных сред компьютерного моделирования предполагает разработку методов и программных средств, обеспечивающих *возникновение в компьютере системы эпистемологических единиц общей схемы моделирования*, т.е. поддерживающих все фазы процесса моделирования, включая представление получаемых на каждой шаге результатов.

Анализ возможных подходов к реализации подобного компьютерного инструментария показывает определяющее значение требований к *содержанию и возможности эффективной компьютерной поддержки метаконцепции описания ПО*. В [1, 2] роль такой метаконцепции принадлежит *методу балан-*

*сов*, в основе которого лежит составление уравнений балансов различных ресурсов ПО. Этот подход эффективен при интеграции “глубоких” знаний о ПО [1, 25] и в целом близок к так называемому *программированию в ограничениях* [26]<sup>3</sup>. В сложных системах большее значение имеют “поверхностные” (плохо формализуемые) знания, а организация знаний оказывается более сложной [28]. Поэтому в качестве метаконцепции для описания ПО целесообразно использовать более универсальную методологию, на роль которой в настоящее время претендует методология *объектно-ориентированного анализа* [22, 23].

### 3. Компьютерные средства конструирования предметно-ориентированных сред моделирования

В ходе работ по созданию компьютерных средств поддержки методологии построения инженерных теорий создан прототип объектно-ориентированной системы моделирования общего назначения, которая в основных чертах реализует предложенный подход к интеграции знаний. При разработке системы использованы оригинальные приемы объектно-ориентированного расширения языков программирования [29] и результаты иссле-

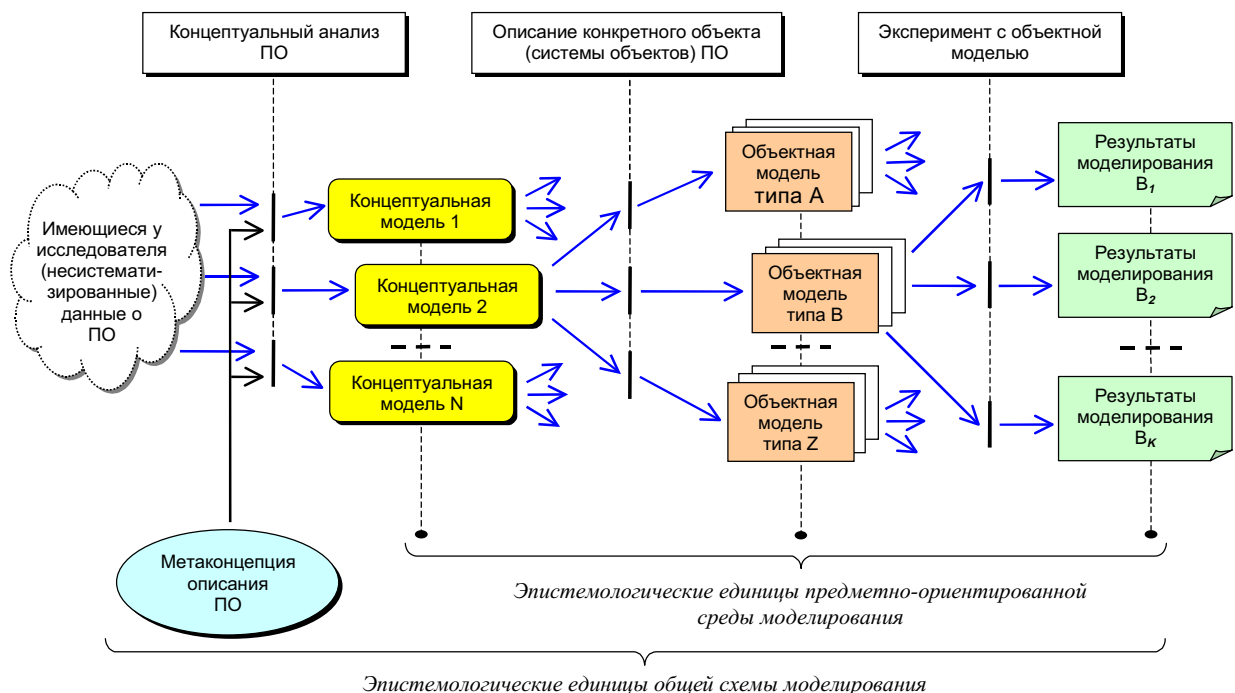


Рис. 2. Общая схема моделирования

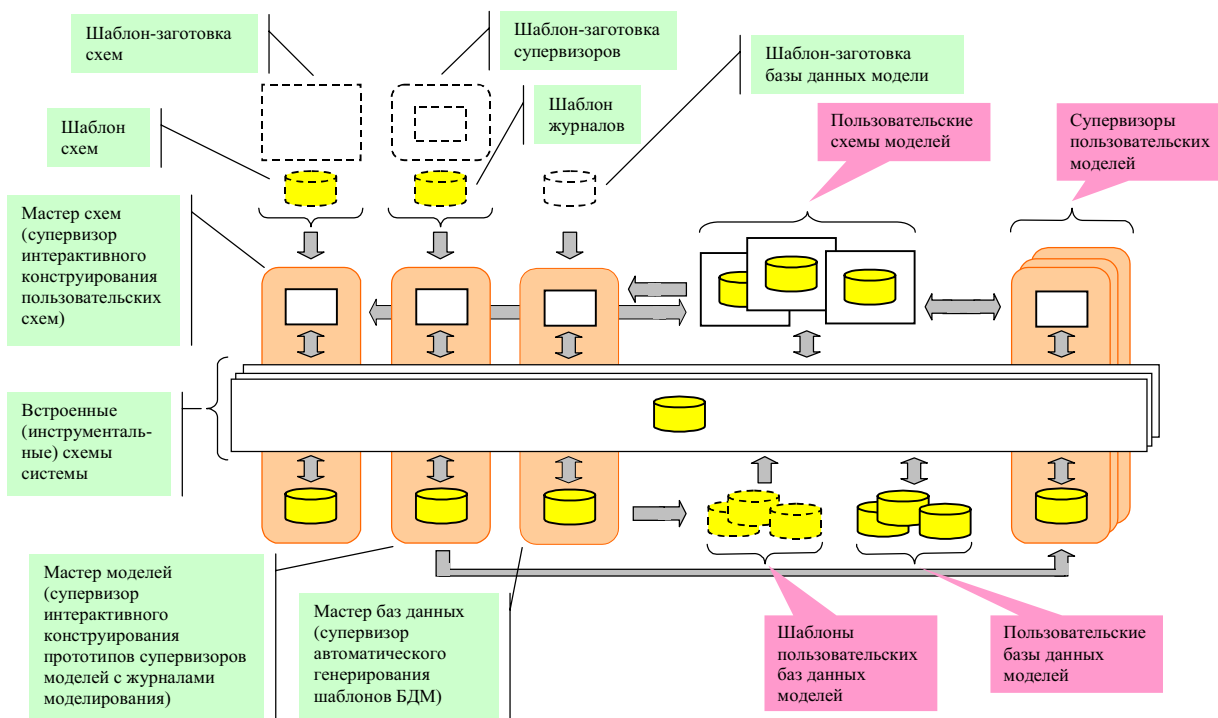


Рис. 3. Архитектура системы моделирования

ований в области создания объектно-ориентированных СУБД [30, 31].

Архитектура этой системы моделирования подробно обсуждалась в [32] и представлена здесь на рис. 3, где фигурными стрелками обозначены *информационные потоки* между *архитектурными компонентами*, т.е. чтение и/или запись данных и использование процедур. Архитектурные структурно-функциональные компоненты (имеется всего три их основных типа: *объектно-ориентированные базы данных - ООБД, схемы моделей и супервизоры моделей*) по отдельности или в определенных сочетаниях отображают *эпистемологические единицы* общей схемы моделирования, и *технологические составляющие*, с помощью которых эти единицы порождаются и увязываются между собой.

ООБД, сохраняющая конкретную объектную модель, или база данных модели (БДМ), конструируется на основе предметно-независимого шаблона, но содержательная сторона этого акта определяется концептуальной моделью ПО, которая именуется *схемой модели*. В свою очередь схема модели также хранится как БДМ, построенная на основе *схемы схем*, определение которой в этом смысле рекурсивно.

*Супервизор моделей* в эпистемологическом плане представляет и реализует знания о "вычислениях", связанных с объектной моделью. Объем соответствующего исчисления определяется связанной с каждым супервизором специальной БДМ - *журналом моделирования*, где регистрируется множество схем, с объектными моделями которых может оперировать супервизор. Дополнительно журнал используется для организации *эволюционной технологии исследований на моделях*, понимаемой как смена состава *допустимых контекстов* работы данного супервизора, т.е. используемых супервизором схем моделей. История подобных изменений регистрируется в журнале, а выполняемая при этом репликация БДМ позволяет осуществлять бэктрекинг процесса моделирования с возможностью выбора иного пути развития этого процесса.

В технологическом отношении схема - эквивалент предметно-ориентированного ППП, выстроенного в соответствии с объектно-ориентированной парадигмой, а супервизор - *ассоциация* процедурной части, которая всегда имеет характер *главной (основной) программы* и специальной объектной модели - *журнала моделирования*.

Основные архитектурные компоненты делятся на *инструментальные (встроенные)* и *пользовательские* (см. тип выносок на рис. 3). Первые входят в состав системы априори, вторые создаются с помощью инструментальных для решения пользовательских задач. К числу встроенных относятся прототипы БДМ, схем и супервизоров, схемы схем и журнала моделирования, а также вспомогательные схемы, описывающие предметные области, связанные с представлением и обработкой сложных структур данных.

По характеру выполняемых функций входящие в состав системы моделирования супервизоры в соответствии с современной терминологией могут именоваться *мастерами*. *Мастер схем* поддерживает в интерактивном режиме этап концептуального моделирования предметной области, *мастер моделей* автоматизирует разработку супервизоров моделей, *мастер баз данных* автоматически генерирует шаблон базы данных объектной модели в соответствии с указываемой ему схемой модели.

Супервизоры - единственный архитектурный компонент системы, с помощью которого *все* другие компоненты порождаются и увязываются между собой. Разделение супервизоров на инструментальные и пользовательские, обуславливается лишь их функциональной ролью, а не принципами построения и работы. Такая унификация обеспечивает *открытость архитектуры* системы моделирования, способность системы к *эволюции* методом "раскрутки".

Лабораторная версия системы моделирования, реализована как надстройка *Excel Microsoft Office 97*, т.е. представляет собой 32-разрядное приложение, использующее для хранения данных и процедур файлы XLS-формата. Базовым языком программирования является *Visual Basic for Application (VBA)* [33]. Как система автоматизации программирования система воплощает *единство* среды разработки пользовательских приложений и хранения данных. Ядро системы образует объектно-ориентированная СУБД, а средства разработки включают совокупность соглашений об использовании базового языка при написании процедурных составляющих раз-

личных архитектурных компонентов и пакет программ, реализующий специальное объектно-ориентированное расширение VBA и доступ к ООБД.

### Заключение

1) Концепция предметно-ориентированной среды компьютерного моделирования интерпретирует и развивает современные теоретические и технологические аспекты компьютерного представления и использования знаний при исследованиях сложных систем.

2) Выявлена система эпистемологических единиц ПОСМ. Задача автоматизированного конструирования ПОСМ формулируется как задача разработки методов и программных средств, поддерживающих возникновение в компьютере системы эпистемологических единиц общей схемы моделирования, которая представляет собой соответствующую систему ПОСМ, дополненную метаконцепцией, пригодной для конструирования концептуальных схем предметных областей.

3) Разработаны архитектура системы, поддерживающей методологию построения инженерных теорий, и прототипы соответствующих программных инструментальных средств. Инструментарий поддерживает полный цикл исследований с помощью компьютерных моделей и пригоден для исследования и оценки систем произвольной природы.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Vittikh V.A.* Engineering theories as a basis for integrating deep engineering knowledge // *Artificial Intelligence in Engineering*. 1997. Vol. 11. № 1. P. 25-30.
2. *Bumux B.A.* Интеграция знаний при исследованиях сложных систем на основе инженерных теорий // *Известия РАН. Теория и системы управления*. 1998. № 5. С. 132-139.
3. *Gruber T.R.* A translation approach to portable ontologies // *Knowledge Acquisition*. 1993. V. 5. № 2. P. 199-220.
4. *Uschold M., King M., Moralee S., Zorgos Y.* The Enterprise Ontology // *The Knowledge Engineering*

- Review. 1998. V. 13. № 1. P. 31-88.
5. *Искусственный интеллект*: В 3-х кн.: Справочник. Кн. 2. Модели и методы / Под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Радио и связь. 1990. 304 с.
  6. *Kiryama T., Yamamoto F., Tomiyama T., Yoshikawa H.* Metamodel: An Integrated Modeling Framework for Intelligent CAD // *Artificial Intelligence in Design. Proc. of the fourth Int. Conf. on Applications of Artificial Intelligence in Engineering.* Cambridge, UK, 1989. P. 429-450.
  7. *Виттих В.А., Смирнов С.В.* Интегрированные модели артефактов в согласованной инженерной деятельности // Труды VI нац. конф. по искусственному интеллекту. Т. 2. – М.: Российская ассоциация ИИ, 1998. С. 398-403.
  8. *Виноградов И.Д., Кузнецов С.В., Смирнов С.В.* Приобретение знаний и моделирование для реорганизации инженерной деятельности // *Распределенная обработка информации: Труды шестого международного семинара.* – Новосибирск: СО РАН, 1998. С. 304-307.
  9. *Краснощеков П.С.* О чем умолчал Билл Гейтс // *Вестник Российской академии наук.* 1998. Т. 68. № 11. С. 980-985.
  10. *Кораблин М.А., Сидоров С.В., Смирнов С.В.* Функциональные модели вычислительных систем реального времени. – Самара: “Университет Наяновой”, 1997. 305 с.
  11. *Шрайбер Т.Дж.* Программирование на GPSS: Пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1980. 592 с.
  12. *Кораблин М.А.* Конструирование специфицирующих оболочек для пакетов прикладных программ // *УСиМ.* 1990. № 2. С. 43-49.
  13. *Смирнов С.В., Колесов А.В.* Языковой процессор для порождения нейронных сетей // *Информационные системы и технологии: Межвуз. сб. научн. трудов.* – Самара: СГАУ, 1996. С. 138-146.
  14. *Перспективы развития вычислительной техники*: В 11 кн.: Справочное пособие / Под ред. Ю.М. Смирнова. Кн. 2. Интеллектуализация ЭВМ / Е.С. Кузин, А.И. Ройтман, И.Б. Фоминых и др. – М.: Высш. шк., 1989. 159 с.
  15. *Философия и методология науки* / Под ред. В.И. Купцова. – М.: Аспект Пресс, 1996. – 551 с.
  16. *Колмогоров А.Н.* Математика // В кн.: *Математический энциклопедический словарь.* – М.: Сов. энциклопедия, 1988. С. 7-38.
  17. *Щедровицкий Г.П.* Избранные труды. – М.: Школа культурной политики, 1995. 800 с.
  18. *Поспелов Г.С.* Искусственный интеллект – основа новой информационной технологии. – М.: Наука, 1988. 280 с.
  19. *Советов Б.Я., Яковлев С.А.* Моделирование систем. – М.: Высш. шк., 1985. 271 с.
  20. *Киндлер Е.* Языки моделирования: Пер. с чеш. – М.: Энергоатомиздат, 1985. 288 с.
  21. *Буч Г.* Объектно-ориентированное проектирование с примерами применения: Пер. с англ. – М.: Конкорд, 1992. 519 с.
  22. *Шлеер С., Меллор С.* Объектно-ориентированный анализ: моделирование мира в состояниях: Пер. с англ. – Киев: Диалектика, 1993. 240 с.
  23. *What is OMG-UML and why is it important? / Object management Group Press Release, 1997 // Интернет: [www.omg.org/news/pr97/umlprimer.htm](http://www.omg.org/news/pr97/umlprimer.htm).*
  24. *Тамм Б.Г., Пуусенн М.Э., Таваст Р.Р.* Анализ и моделирование производственных систем. – М.: Финансы и статистика, 1987. 191 с.
  25. *Budyachevsky I.A.* Knowledge-based tools for development of engineering theories // *Artificial Intelligence in Engineering.* 1997. Vol. 11. № 1. P. 31-40.
  26. *Программирование в ограничениях и недоопределенные модели* / А.С. Нариньяни, В.В. Телерман, Д.М. Ушаков и др. // *Информационные технологии.* 1998. № 7. С. 13-22.
  27. *Технология системного моделирования* / Е.Ф. Аврамчук, А.А. Вавилов, С.В. Емельянов и др. – М.: Машиностроение; Берлин: Техник, 1988. – 520 с.
  28. *Виттих В.А.* Управление открытыми системами на основе интеграции знаний // *Автометрия.* 1998. № 3. С. 38-49.
  29. *Кораблин М.А., Смирнов С.В.* Наследование свойств в задачах объектно-ориентированного программирования на языке Модула-2 // *Программирование.* 1990. № 4. С. 38-43.



30. Боровицкий М.Д., Смирнов С.В. Разработка объектно-ориентированной СУБД для представления знаний // Повышение эффективности средств обработки информации на базе математического и машинного моделирования: Труды 2-й Всесоюзн. конф. - Тамбов: ТВВАИУ, 1991. С. 239-240.
31. Боровицкий М.Д., Смирнов С.В. Реализация и исследование производительности объектно-ориентированной СУБД // Программирование. 1992. № 6. С. 18-28.
32. Смирнов С.В. Открытая архитектура инструментальных средств моделирования сложных систем // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды международной конф. – Самара: СНЦ РАН, 1999. С. 59-66.
33. *Visual Basic для приложений (версия 5) в подлиннике*: Пер. с англ. / Санна П. и др. – СПб.: BHV-Санкт-Петербург, 1997. 704 с.

<sup>1</sup> Без интерпретации в рамках некоторой релевантной концептуальной модели имеющиеся у исследователя данные не могут передавать знания (Канту приписывается фраза: "Anschauung ohne Begriffe ist blind" - "воззрение без понятий слепо"). При этом не существует никакого теоретически независимого, "чистого" языка наблюдений, который бы описывал предметы такими, какие они есть на самом деле. Для одних и тех же данных в зависимости от преследуемых целей можно представить различные толкования.

<sup>2</sup> Например, в рамках концепции "систем массового обслуживания" (СМО), с помощью математических пакетов класса Mathematica можно строить символические модели, характерные для математической теории массового обслуживания, однако практически ценными оказываются обычно имитационные модели СМО.

<sup>3</sup> Другим известным примером развитой метаконцепции моделирования является *системная динамика* Форрестера [27], ориентированная на описание ПО системами дифференциальных уравнений 1-го порядка.

## MODELING WORKBENCH FOR DEVELOPMENT OF ENGINEERING THEORIES

© 1999 S.V. Smirnov

Institute for the Control of Complex Systems of Russian Academy of Sciences, Samara

The purpose of the research was elaboration of methods and computer tools to support methodology of engineering theory development for computer knowledge integration. Results of the research are given in this paper. The problem of automated design of subject-oriented modeling workbench is formulated. The architecture of corresponding general-purpose modeling system, which is based on object-oriented knowledge representation, is briefly considered.