

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Бродского Юрия Игоревича

«Проблема описания и синтеза распределенных имитационных моделей  
сложных многокомпонентных систем»,

представленную на соискание ученой степени доктора физико-  
математических наук по специальности 05.13.17 - Теоретические основы  
информатики

Актуальность темы диссертационной работы Бродского Ю.И. обусловлена широким применением имитационного моделирования для изучения возможностей, анализа вариантов и сценариев при проектировании, разработке, реорганизации и оптимизации сложных систем. Работа посвящена теоретическому обоснованию методов распределенного имитационного моделирования таких сложных систем, которые состоят из подсистем, в свою очередь также являющихся сложными системами. В работе обосновывается новый подход к описанию, синтезу и реализации на ЭВМ имитационных моделей сложных систем, - модельный синтез и модельно-ориентированное программирование, - методы ориентированные на применение в высокопроизводительных и распределенных вычислительных системах. Работа состоит из введения, трех глав, заключения и приложения. Введение посвящено обоснованию актуальности темы исследования, постановке задач описания, синтеза и реализации имитационных моделей сложных многокомпонентных систем, намечается план решения поставленных задач и применяемых для этого методов.

В первой главе кратко приводятся некоторые определения и математические факты (не принадлежащие автору), на которые опираются последующие разделы работы.

Вторая глава посвящена обзору предпринятых в разное время попыток и средств решения поставленных во введении задач. В одной из таких попыток участвовал и автор диссертации. Для попавших в обзор средств описания и построения имитационных моделей и распределенных систем характерна определенная эвристичность - даже самые удобные и успешные из них зачастую не имеют теоретического обоснования - вопросы почему что-то делается так а не иначе, для какого класса моделей это годится, чаще всего не ставятся.

В третьей главе - основной главе работы - предлагается и обосновывается новый метод описания, синтеза и компьютерной реализации имитационных моделей сложных систем, который автор назвал модельным синтезом и модельно-ориентированным программированием. Прежде всего автор очерчивает класс моделей с которым собирается работать далее. Это модели, удовлетворяющие гипотезе замкнутости в каждой точке временного интервала моделирования. Кроме того, предполагается что траектория модели кусочно-гладкая, не более чем с конечным числом разрывов первого рода. Такие модели предлагается формализовать семейством родов структур «модель-компонента» в смысле Н. Бурбаки. Для всех моделей-компонент этого семейства имитационные вычисления однотипны по форме (хотя могут существенно различаться по содержанию) и поэтому могут поддерживаться единой для всего семейства программой. Семейство моделей-компонент оказывается замкнутым относительно объединения моделей-компонент в модель-комплекс (возможно, с некоторыми коррекциями полученного комплекса), следовательно, модель-комплекс в конце концов оказывается моделью-компонентой, которая в свою очередь может быть включена в новые модели-комплексы.

Указанные свойства семейства моделей-компонент позволяют предложить метод синтеза сколь угодно сложных конструкций из элементарных агентов модели - моделей-компонент, который назван автором «модельным синтезом». На основе модельного синтеза автором предложена новая парадигма декларативного программирования, названная «модельно-ориентированным программированием», которая предлагает оперировать готовыми моделями-компонентами, из которых можно образовывать модели-комплексы, которые в свою очередь могут входить в новые комплексы и т.д. Парадигма модельно-ориентированного программирования позволяет многие вычисления выполнять параллельно, поэтому может быть применима в высокопроизводительных и распределенных вычислительных системах.

Далее в третьей главе предлагается язык модельно-ориентированного программирования ЯОКК. Конструкции предлагаемого языка в дальнейшем компилируются не в машинный код, а в базу данных, с которой во время выполнения модели работает универсальная программа организации имитационных вычислений. Поэтому вопрос качества компиляции в модельно-ориентированном программировании не стоит - вместо него остается лишь вопрос правильности компиляции.

Наконец, описывается созданная на основе методов модельного синтеза и модельно-ориентированного программирования пиринговая сеть распределенного имитационного моделирования.

В заключении приводятся основные результаты и выводы работы - с помощью развиваемых в ней методов модельного синтеза и модельно-ориентированного программирования можно решить сформулированные во введении задачи. Получаемый при таком решении программный код в значительной мере ориентирован на высокопроизводительные и распределенные вычислительные системы.

В приложении приводятся примеры применения предлагаемых в работе методов модельного синтеза и модельно-ориентированного

программирования при создании имитационных моделей некоторых сложных систем.

Оформление диссертации соответствует требованиям ВАК. Автореферат полностью отражает содержание диссертации. Все положения работы достоверны и обоснованы. Основные результаты диссертации опубликованы в пятнадцати работах в изданиях, рекомендованных ВАК РФ для публикации основных научных результатов диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук, и приравненных к ним свидетельствах о государственной регистрации программ для ЭВМ, восьми монографиях, шести учебных и научно-справочных изданиях и ряде других изданий. Результаты исследований были представлены на международных и всероссийских научных конференциях. Автор знаком с современной литературой по имитационному и математическому моделированию, библиография работы весьма полная.

#### **Недостатки работы:**

Основная третья глава диссертации представляется перегруженной материалом, по-видимому, ее следовало бы разбить на несколько глав.

Не представляются удачными термины F- и P-наследования, появляющиеся в параграфах, посвященных сравнению объектно- и модельно-ориентированных парадигм программирования. Представляется предпочтительной традиционная терминология - наследование сверху вниз и наследование снизу вверх. Понятны и принимаются ассоциации автора с геометрической теорией декомпозиции. Однако если быть точным, набор моделей-компонент модели-комплекса не обязательно является его точной P-декомпозицией, так как базисные множества некоторых компонент могут пересекаться, и именно этот факт делает комплекс более содержательным, нежели просто совокупность его компонент (системный эффект). При наследовании же сверху вниз гораздо более важным является антисимметричное отношение частичного

порядка, нежели связанное с факторизацией симметричное отношение эквивалентности.

Перечисленные выше недостатки не уменьшают ценности диссертационной работы Бродского Ю.И. и не снижают ее общую положительную оценку.

Диссертационная работа Бродского Ю.И. «Проблема описания и синтеза распределенных имитационных моделей сложных многокомпонентных систем» удовлетворяет критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842., соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук, а ее автор, Бродский Юрий Игоревич, заслуживает присуждения ему искомой ученой степени по специальности 05.13.17 «Теоретические основы информатики».

Доктор физ.-мат. наук,  
профессор, зав. отделом  
ИПМ РАН

« 30 » сентября 2015 г.

 Михайлов Александр Петрович

Подпись А.П. Михайлова заверяю.

Копия заверена ИПМ РАН

 М.И. Маслов



**Фамилия, имя, отчество лица, предоставившего отзыв:**

Михайлов Александр Петрович

**Почтовый адрес:** Россия, 125047, Москва, Миусская пл., 4

Телефон: +7(916)705-50-01

**Адрес электронной почты:** [mikhailov@imamod.ru](mailto:mikhailov@imamod.ru)

**Наименование организации, работником которой является лицо,  
предоставившее отзыв:**

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук (ИПМ РАН)

**Должность:** заведующий сектором