

ISSN 1818-1015

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

# МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Том 17      № 3      2010

Основан в 1999 г.  
Выходит 4 раза в год

*Свидетельство о регистрации №019209 от 16.08.99  
Государственного Комитета Российской Федерации по печати*

*Главный редактор*  
**В.А. Соколов**

*Редакционная коллегия*  
С.М. Абрамов, О.Л. Бандман, В.А. Бондаренко, И.Б. Вирбицкайте,  
С.Д. Глызин (зам. гл. ред.), М.Г. Дмитриев, В.Л. Дольников, В.Г. Дурнев,  
А.В. Зафиевский, Л.С. Казарин, Ю.Г. Карпов, С.А. Кащенко, А.Ю. Колесов,  
И.А. Ломазова, В.Э. Малышкин, В.А. Непомнящий, П.Г. Парфенов, Р.Л. Смелянский

*Ответственный секретарь* Е.А. Тимофеев

**Адрес редакции:** 150000, Ярославль, ул. Советская, 14

**E-mail:** mais@uniyar.ac.ru

**Website:** mais.uniyar.ac.ru

Научные статьи в журнал принимаются по электронной почте и на кафедре теоретической информатики Ярославского государственного университета. Статьи должны содержать УДК, аннотации на русском и английском языках и сопровождаться набором текста в редакторе LaTeX. Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

©Ярославский государственный  
университет им. П.Г. Демидова, 2010

## СОДЕРЖАНИЕ

---

*Моделирование и анализ информационных систем. Т. 17, №3. 2010*

---

Верификация С-программ на основе смешанной аксиоматической семантики <i>Ануреев И. С., Марьясов И. В., Непомнящий В. А.</i>	5
Составные редукции моделей Крипке и автоморфизмы <i>Белов Ю.А.</i>	29
Локальная динамика уравнения с большим запаздыванием в окрестности автомодельного цикла <i>Глазков Д.В., Кащенко С.А.</i>	38
Вариационные неравенства и принцип виртуальных перемещений <i>Демьянков Н.А.</i>	48
Рекуррентные последовательности над почтикольцами <i>Сбоев А.В.</i>	58
Разрешимость теории $\text{Th}(\omega, 0, 1, <, +, f_0, \dots, f_n)$ <i>Снятков А.С.</i>	72
Гиперплоскости универсальной экстремали некоторых задач оптимизации <i>Федотова Н.П.</i>	91
Математические модели экономических систем с учетом необратимости протекающих в них процессов <i>Цирлин А.М.</i>	107
Фактор запаздывания и десинхронизация колебаний связанных осцилляторов ФитцХью–Нагумо <i>Глызин С. Д., Солдатова Е. А.</i>	134
Язык объектных запросов динамической информационной модели DIM <i>Рублев В.С.</i>	144
<i>Правила для авторов</i>	162

---

Редактор, корректор А.А. Аладьева. Редактор перевода Э.И. Соколова.

Подписано в печать 15.10. 2010. Формат 60x84<sup>1</sup>/8. Усл. печ. л. 19,67. Уч.-изд. л. 15,5. Тираж 500 экз.

---

Отпечатано на ризографе. Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова,  
150 000, Ярославль, ул. Советская, 14. Телефон редакции (4852) 79-77-51.

ISSN 1818-1015

Ministry of Education and Science of the Russian Federation  
Yaroslavl Demidov State University

# MODELING AND ANALYSIS OF INFORMATION SYSTEMS

Volume 17      No 3      2010

Founded in 1999  
4 issues per year

*State Registration License No 019209 of 16.08.1999*

*Editor-in-Chief*

**V. A. Sokolov**

*Editorial Board*

S.M. Abramov, O.L. Bandman, V.A. Bondarenko, I.B. Virbitskayte,  
S.D. Glyzin (*Deputy Editor-in-Chief*), M.G. Dmitriev, V.L. Dol'nikov,  
V.G. Durnev, A.V. Zafievsky, L.S. Kazarin, Yu.G. Karpov,  
S.A. Kashchenko, A.Yu. Kolesov, I.A. Lomazova,  
V.E. Malyshkin, V.A. Nepomniaschy, P.G. Parfionov, R.L. Smeliansky

*Responsible Secretary* E. A. Timofeev

**Editorial Office Address:** Sovetskaya str., 14, Yaroslavl, 150000, Russia

**E-mail:** mais@uniyar.ac.ru

**Website:** mais.uniyar.ac.ru

©Yaroslavl Demidov State University, 2010

## Contents

---

*Modeling and Analysis of Information Systems. Vol. 17, No 3. 2010*

---

C-programs Verification on Basis of Mixed Axiomatic Semantics <i>Anureev I. S., Maryasov I. V., Nepomniaschy V. A.</i>	5
Composite reductions for Kripke models <i>Belov. Y.A.</i>	29
Local dynamics of DDE with large delay in the vicinity of the self-similar cycle <i>Glazkov D. V., Kaschenko S.A.</i>	38
Variational inequalities and the principle of virtual displacements <i>Demyankov N.A.</i>	48
Recurrence sequences over near-rings <i>Sboev A. V.</i>	58
On Decidability of the Theory $\text{Th}(\omega, 0, 1, <, +, f_0, \dots, f_n)$ <i>Snyatkov A.S.</i>	72
Universal extremum of hyperplanes in some optimization problems <i>Fedotova N.P.</i>	91
Mathematical models of economic systems with account of the irreversibility of processes proceeding in them <i>Tsirlin A.M.</i>	107
The factor of delay in a system of coupled oscillators FitzHugh – Nagumo <i>Glyzin S. D., Soldatova E. A.</i>	134
The Object Query Language of the Dynamic Information Model DIM <i>Roublev V.S.</i>	144

УДК 519.681.3

## Верификация С-программ на основе смешанной аксиоматической семантики

Ануреев И. С., Марьясов И. В., Непомнящий В. А.

*Институт систем информатики им. А. П. Ершова СО РАН  
Новосибирский государственный университет*

*e-mail: anureev@iis.nsk.su, ivm1999@mail.ru, vnep@iis.nsk.su*

*получена 25 мая 2010*

**Ключевые слова:** верификация, операционная семантика, аксиоматическая семантика, язык С, язык C-light, язык C-kernel, частичная корректность

Описывается смешанная аксиоматическая семантика языка C-kernel, являющегося ядром представительного подмножества языка С, названного C-light. Такая семантика позволяет во многих случаях упростить условия корректности верифицируемых программ. Данная семантика является основой разрабатываемого генератора условий корректности C-kernel-программ. Рассмотрен пример, иллюстрирующий применение правил вывода описанной семантики.

### 1. Введение

Формальная верификация программ — актуальное направление современного программирования. Особый интерес представляет верификация программ, написанных на распространённых языках системного программирования, таких как С и C++. Обозримая формальная семантика является необходимой предпосылкой того, что язык удобен для верификации.

Формальной детерминированной семантики для полного языка С, соответствующего стандарту ISO C [9], не существует. В лаборатории теоретического программирования ИСИ СО РАН был разработан язык C-light, являющийся представительным подмножеством языка С. Формально этот язык был определён с помощью структурной операционной семантики в стиле Плоткина. Хотя операционная семантика удобна для формального определения языка, для верификации она имеет слишком низкий уровень, что приводит к громоздким доказательствам условий корректности. Поэтому обычно используют аксиоматическую семантику, базирующуюся на логике Хоара [8], которая определяется как система вывода утверждений о свойствах программ. Однако аксиоматическая семантика для языка C-light также была бы громоздкой. В связи с этим был применён двухуровневый подход: в языке