

ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАТИКИ № 1 (50) 2021 г.

Журнал выходит ежеквартально, издается с 2008 г.

Учредитель журнала — Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН при поддержке Института информационных и вычислительных технологий МОН РК.

Редакционный совет

Председатель — акад. НАН РК М. Н. Калимолдаев,
Акад. РАН А. Л. Асеев, акад. АН РУ Т. Ф. Бекмуратов (Республика Узбекистан), проф.
В. А. Васенин, акад. РАН С. Н. Васильев, проф. В. М. Вишневский, акад. РАН С. С. Гончаров,
акад. РАН Ю. Л. Ершов, акад. РАО А. А. Кузнецов, акад. РАН Н. А. Кузнецов, акад. РАН
А. П. Кулешов, проф. А. Г. Марчук, проф. Б. Я. Рябко, проф. Н. А. Семенов, акад. РАН
И. А. Соколов, проф. А. Н. Сотников, чл.-кор. РАН Ю. А. Флеров, проф. П. С. Чубик, акад.
НАН КР Ж. Ш. Шаршеналиев (Кыргызская Республика).

Редколлегия

Главный редактор — проф. В. Э. Малышкин,
Д. Ж. Ахмед-Заки, А. Г. Вострецов, В. П. Гергель, Б. С. Гольдштейн, В. И. Гужов,
Ю. А. Загорулько, С. Д. Каракозов, М. М. Каримов, В. Н. Касьянов, О. В. Кибис, В. В. Корнеев,
И. В. Котенко, Т. П. Любимова, А. И. Ляхов, М. А. Марченко, В. В. Окольников,
Б. В. Поллер, А. С. Родионов (зам. гл. редактора), М. А. Сонькин, В. В. Шахов (зам. гл.
редактора), М. С. Хайретдинов, Ph. D. Moonseong Kim (Korea), Prof. Dr.-Eng. V. D. Nguyen
(Vietnam), Michele Pagano (Italy).

Редакция: отв. секретарь М. С. Делидович, системный администратор В. А. Перепелкин,
верстка Д. В. Лазуткин, логист Л. В. Трофимова.

Адрес редакции, издателя: 630090, г. Новосибирск, просп. Академика Лаврентьева, д. 6,
ИВМ и МГ СО РАН
тел. (383) 330-96-43; e-mail: problem-info@sscc.ru, <http://www.problem-info.sccc.ru>.

Журнал зарегистрирован в Роскомнадзоре. Свидетельство ПИ № ФС77-32088 от 27 мая 2008 г.
Подписной индекс в каталоге „Издания органов научно-технической информации“
ОАО «Агентство „Роспечать“» — 69980. Цена свободная. Журнал распространяется на
территории России.

**Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов,
рекомендованных для публикаций Высшей аттестационной комиссией.**

Все права авторов сохранены. Использование материалов журнала возможно только
с разрешения редакции и авторов.

Отпечатано в типографии ТОО „Инфо-Алдин“. Адрес: 050009, Республика Казахстан,
г. Алма-Ата, ул. Толе би, д. 188;
тел./факс 8 (727) 272-78-26. Формат 60 × 84 1/8. Усл. печ. л. _____. Уч.-изд. л. _____. Печать
офсетная. Тираж 300 экз. Заказ № _____. Подписано в печать _____ г. Выход в свет
_____ г.

© Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 2021
© Институт информационных и вычислительных технологий МОН РК, 2021

JOURNAL “PROBLEMS OF INFORMATICS”. No. 1 (50) 2021

Publisher: Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences with the support of the Institute of Information and Computing Technologies of the Ministry of Education of the Republic of Kazakhstan.

Editorial Council

Chairman Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan

M. N. Kalimoldayev

Full Member of the RAS A. L. Aseev, Full Member of the Academy of Sciences of Uzbekistan

T. F. Bekmuratov, Professor V. A. Vasenin, Full Member of RAS C. N. Vassilyev, Professor

V. M. Vishnevsky, Full Member of RAS S. S. Goncharov, Full Member of RAS Yu. L. Ershov, Corr.

Member of RAE A. A. Kuznetsov, Full Member of RAS N. A. Kuznetsov, Full Member of RAS

A. P. Kuleshov, Professor A. G. Marchuk, Professor B. Y. Ryabko, Professor N. A. Semenov, Full

Member of RAS I. A. Sokolov, Professor A. N. Sotnikov, Corr. Member RAS Y. A. Flerov, Full

Member of NAS KR J. Sh. Sharshenaliev.

Editorial board

The Editor-in-Chief Professor V. E. Malyshkin

Associate Editors-in-Chief: A. S. Rodionov, V. V. Shakhov

D. Zh. Akhmed-Zaki, A. G. Vostretsov, V. P. Gergel, B. S. Goldstein, V. I. Guzhov, Y. A. Zagorulko,

S. D. Karakozov, M. M. Karimov, V. N. Kasyanov, O. V. Kibis, V. V. Korneev, I. V. Kotenko, T. P.

Lyubimova, A. I. Lyakhov, M. A. Marchenko, V. V. Okolnishnikov, B. V. Poller, Y. G. Soloveichik,

M. A. Sonkin, M. S. Khairtdinov, Moonseong Kim (Korea), Van Duc Nguyen (Vietnam), Michele

Pagano (Italy).

Editorial staff: Managing Editor M. S. Delidovich, System Administrator V. A. Perepelkin,

Maker-up D. V. Lazutkin, Logistician L. V. Trofimova.

Address of the editorial office: 630090, pr. Lavrentieva, 6, Novosibirsk, Russia, Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics of SB RAS.

Phone: +7 (383) 330-96-43; e-mail: problem-info@sscc.ru, <http://www.problem-info.sccc.ru>.

The journal has been registered in accordance with Legislation of the Russian Federation. Certificate of Mass Media Registration: ПИ № ФС77-32088, of 27 May, 2008, ISSN 2073-0667. The journal is distributed in Russia.

The journal “Problems of Informatics” is in the List of Peer-Reviewed Scientific Journals for publication of scientific results of Ph.D. and Dr. of Sci. theses in three scientific specialties and corresponding scientific disciplines in which academic degrees are awarded:

05.13.11 — Mathematical Support and Software for Computers, Computing Complexes and Computer Networks,

05.13.17 — Theoretical foundations of Informatics.

05.13.18 — Mathematical Modeling, Numerical Methods and Software Complexes.

All rights reserved. The journal contents may only be used by the permission of editors and authors.

© Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, 2021

© Institute of Information and Computing Technologies of the Ministry of Education of the Republic of Kazakhstan, 2021

ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящем выпуске журнала „Проблемы информатики“ публикуются статьи, рекомендованные программным комитетом конференции „Математическое моделирование и суперкомпьютерные технологии“ и отражающие основные направления ее работы.

Международная конференция и молодежная школа „Математическое моделирование и суперкомпьютерные технологии“ проводилась 23–27 ноября 2020 г. в рамках Международного конгресса „Суперкомпьютерные дни в России“ на базе Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского при поддержке корпорации Intel, компании Huawei и группы компаний РСК. Основную тематику конференции составили:

- математическое моделирование динамики систем и процессов управления;
- теория динамических систем и бифуркаций;
- колебательные процессы в динамических сетях;
- модели и методы поддержки принятия решений;
- модели и методы искусственного интеллекта;
- математические модели в биологии и медицине;
- математическое моделирование природных процессов;
- технологии параллельных и распределенных вычислений;
- применение суперкомпьютерных технологий для решения вычислительно-сложных задач.

Основными задачами проведения мероприятия являлись представление актуальных результатов в области математического моделирования сложных процессов и явлений, обсуждение различных аспектов организации суперкомпьютерных вычислений, расширение контактов между специалистами для решения ресурсоемких прикладных задач, обмен опытом научно-образовательной деятельности при подготовке специалистов в области математического моделирования и параллельных вычислений.

Виктор Павлович Гергель, д-р. техн. наук, проф., директор Института информационных технологий, математики и кибернетики Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского, председатель орг. комитета XX Международной конференции и молодежной школы „Математическое моделирование и суперкомпьютерные технологии“

СОДЕРЖАНИЕ

Теоретическая и системная информатика

- Бриккель Д. М., Ерофеев В. И.* Влияние поврежденности материала на параметры нелинейной изгибной и продольной волн, распространяющихся в балке 6
- Кулешов А. С., Соломина Д. В.* Применение алгоритма Ковачича для исследования задачи о качении тяжелого однородного шара по поверхности вращения 15

Прикладные информационные технологии

- Куприянова Т. В., Кислицын Д. И.* Применение методов машинного обучения в строительстве 25
- Петров С. С.* Конечно-элементная модель динамики морского льда и ее параллельная реализация с использованием библиотеки INMOST 36

Параллельное системное программирование и вычислительные технологии

- Исупов К. С., Князьков В. С., Бабешко И. П., Крутиков А. К.* Реализация и оценка производительности разреженного матрично-векторного умножения многократной точности на CUDA с использованием системы остаточных классов 49
- Чаплыгин А. В., Гусев А. В.* Гибридная модель мелкой воды с использованием технологий MPI-OpenMP 65

- Правила представления и подготовки рукописей для публикации
в журнале „ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАТИКИ“ 83

CONTENTS

Theoretical informatics

- Brikkel D. M., Erofeev V. I.* Influence of material damage on the parameters of a nonlinear flexible and longitudinal wave which spread in a beam 6
- Kuleshov A. S., Solomina D. V.* Application of the Kovacic algorithm to the problem of rolling of a heavy homogeneous ball on a surface of revolution 15

Applied information technologies

- Kupriyanova T. V., Kislitsyn D. I.* Application of machine learning methods in building construction 25
- Petrov S. S.* Finite element model of sea ice dynamics and its parallel implementation using the INMOST library 36

Parallel system programming and computing technologies

- Isupov K., Knyazkov V., Babeshko I., Krutikov A.* Implementation and Performance Evaluation of Multiple Precision Sparse Matrix-Vector Multiplication on CUDA Using the Residue Number System 49
- Chaplygin A. V., Gusev A. V.* Shallow water model using a hybrid MPI/OpenMP parallel programming 65

- Rules of presentation and preparation of manuscripts offered for publication 83

PROBLEMS OF INFORMATICS
N 1 (50) 2021