

2(99)/2019

PEER REVIEWED JOURNAL

# INFORMATSIONNO- UPRAVLIAIUSHCHIE SISTEMY (INFORMATION AND CONTROL SYSTEMS)

**Founder**

«Information and Control Systems», Ltd.

**Publisher**Saint-Petersburg State University  
of Aerospace Instrumentation**Editor-in-Chief**

M. Sergeev

Dr. Sc., Professor, Saint-Petersburg, Russia

**Deputy Editor-in-Chief**

E. Krouk

Dr. Sc., Professor, Moscow, Russia

**Executive secretary**

O. Muravtsova

**Editorial Board**

S. Andreev

PhD, Tampere, Finland

V. Anisimov

Dr. Sc., Professor, Saint-Petersburg, Russia

B. Bezruchko

Dr. Sc., Professor, Saratov, Russia

N. Blaunstein

Dr. Sc., Professor, Beer-Sheva, Israel

C. Christodoulou

PhD, Professor, Albuquerque, New Mexico, USA

A. Dudin

Dr. Sc., Professor, Minsk, Belarus

I. Dumer

PhD, Professor, Riverside, USA

M. Favorskaya

Dr. Sc., Professor, Krasnoyarsk, Russia

L. Fortuna

PhD, Professor, Catania, Italy

A. Fradkov

Dr. Sc., Professor, Saint-Petersburg, Russia

A. Hramov

Dr. Sc., Professor, Innopolis, Russia

L. Jain

PhD, Professor, Canberra, Australia

V. Khimenko

Dr. Sc., Professor, Saint-Petersburg, Russia

G. Maltsev

Dr. Sc., Professor, Saint-Petersburg, Russia

G. Matvienko

Dr. Sc., Professor, Tomsk, Russia

A. Myllari

PhD, Professor, Grenada, West Indies

Y. Podoplyokin

Dr. Sc., Professor, Saint-Petersburg, Russia

J. Seberry

PhD, Professor, Wollongong, Australia

A. Shalyto

Dr. Sc., Professor, Saint-Petersburg, Russia

A. Shepeta

Dr. Sc., Professor, Saint-Petersburg, Russia

Yu. Shokin

RAS Academician, Dr. Sc., Novosibirsk, Russia

A. Smirnov

Dr. Sc., Professor, Saint-Petersburg, Russia

T. Sutikno

PhD, Associate Professor, Yogyakarta, Indonesia

Z. Yuldashev

Dr. Sc., Professor, Saint-Petersburg, Russia

R. Yusupov

RAS Corr. Member, Dr. Sc., Professor, Saint-Petersburg, Russia

A. Zelfman

Dr. Sc., Professor, Volgda, Russia

**Editor:** A. Larionova**Proofreader:** T. Zvertanovskaia**Design:** M. Chernenko, Y. Umnitina**Layout and composition:** Y. Umnitina**Contact information**

The Editorial and Publishing Center, SUAI

67, B. Morskaya, 190000, St. Petersburg, Russia

Website: <http://i-us.ru/en>, e-mail: [ius.spb@gmail.com](mailto:ius.spb@gmail.com)

Tel.: +7 - 812 494 70 02

The Journal was registered in the Ministry of Press, Broadcasting and Mass Media of the Russian Federation. Registration Certificate JD № 77-12412 from April, 19, 2002. Re-registration in the Federal Service for Supervision in the Sphere of Telecom, Information Technologies and Mass Communications (ROSKOMNADZOR) due to change of the founder: «Information and Control Systems», Ltd., JD № FS77-49181 from March, 30, 2012.

© Corporate authors, 2019

**THEORETICAL AND APPLIED MATHEMATICS**

**Vassiliev N. N., Parasidis I. N., Providas E.** Exact solution method for Fredholm integro-differential equations with multipoint and integral boundary conditions. Part 2. Decomposition-extension method for squared operators

2

**Khimenko V. I.** Probabilistic analysis of two-dimensional vector random processes on the phase plane

10

**INFORMATION PROCESSING AND CONTROL**

**Kononov P. A., Kornilova A. V., Korolev D. M., Reneva G. V., Fradkov A. L., Shirokolobov I. Yu., Yarosh D. S.** A team of soccer robots for RoboCup competitions in SSL league: system and algorithms

19

**Ivanko D. V., Ryumin D. A., Karpov A. A., Zelezny M.** Measuring the effect of high-speed video data on the audio-visual speech recognition accuracy

26

**Rukavitsyn A. N.** Data clustering in distributed monitoring systems

35

**SYSTEM AND PROCESS MODELING**

**Klucharev A. A., Fomenkova A. A.** Mathematical model of a fixed-biomass anaerobic bioreactor as a control object

44

**HARDWARE AND SOFTWARE RESOURCES**

**Gordeyev A. V., Andreyeva A. V.** OpenLDAP directory service structure as a search filter

52

**INFORMATION SECURITY**

**Novikova E. S., Kotenko I. V.** Open challenges in visual analytics for security information and event management

57

**INFORMATION CODING AND TRANSMISSION**

**Sovetov B. Ya., Tatarnikova T. M., Poymanova E. D.** Organization of multi-level data storage

68

**Belim S. V., Rakitskiy Yu. S.** Using families of orthogonal functions for coding messages in a chaotic masking scheme

76

**INFORMATION INSTRUMENTATION AND EDUCATION**

**Komarov V. A., Sarafanov A. V., Tumkovskiy S. R.** Multi-user distributed information-control systems as an element of modern digital educational environment

83

**CHRONICLES AND INFORMATION**

Computer Assisted Mathematics – CAM-2019

95

**INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

96

Submitted for publication 27.02.19. Passed for printing 17.04.19. Format 60×84<sub>1/8</sub>. Phototype SchoolBookC. Digital printing.

Layout original is made at the Editorial and Publishing Center, SUAI.  
67, B. Morskaya, 190000, St. Petersburg, Russia  
Printed from slides at the Editorial and Publishing Center, SUAI.  
67, B. Morskaya, 190000, St. Petersburg, Russia

The journal is distributed by subscription. Subscription can be made in the Editorial and publishing center, SUAI as well as in any post office based on «Pressa Rossii» catalogue: № 15385 — semiannual subscript.



2(99)/2019

РЕЦЕНЗИРУЕМОЕ ИЗДАНИЕ

ИНФОРМАЦИОННО-  
УПРАВЛЯЮЩИЕ  
СИСТЕМЫ

## Учредитель

ООО «Информационно-управляющие системы»

## Издатель

Санкт-Петербургский государственный университет  
аэрокосмического приборостроения

## Главный редактор

М. Б. Сергеев,

д-р техн. наук, проф., Санкт-Петербург, РФ

## Зам. главного редактора

Е. А. Крук,

д-р техн. наук, проф., Москва, РФ

## Ответственный секретарь

О. В. Муравцова

## Редакционная коллегия:

С. Д. Андреев,

канд. техн. наук, Тампере, Финляндия

В. Г. Анисимов,

д-р техн. наук, проф., Санкт-Петербург, РФ

Б. П. Безручко,

д-р физ.-мат. наук, проф., Саратов, РФ

Н. Блаунштейн,

д-р физ.-мат. наук, проф., Беэр-Шева, Израиль

Л. С. Джайн,

д-р наук, проф., Канберра, Австралия

А. Н. Дудин,

д-р физ.-мат. наук, проф., Минск, Беларусь

И. И. Думер,

д-р наук, проф., Риверсайд, США

А. И. Зейфман,

д-р физ.-мат. наук, проф., Вологда, РФ

К. Кристофолу,

д-р наук, проф., Альбукерке, Нью-Мексико, США

Г. Н. Мальцев,

д-р техн. наук, проф., Санкт-Петербург, РФ

Г. Г. Матвиенко,

д-р физ.-мат. наук, проф., Томск, РФ

А. А. Мюллери

д-р наук, профессор, Гренада, Вест-Индия

Ю. Ф. Подоплёкин,

д-р техн. наук, проф., Санкт-Петербург, РФ

Д. Себерри,

д-р наук, проф., Волонгонг, Австралия

А. В. Смирнов,

д-р техн. наук, проф., Санкт-Петербург, РФ

Т. Сутикнуоу

д-р наук, доцент, Джокарта, Индонезия

М. Н. Фаворская,

д-р техн. наук, проф., Красноярск, РФ

Л. Фортуна,

д-р наук, проф., Катания, Италия

А. Л. Фрадков,

д-р техн. наук, проф., Санкт-Петербург, РФ

В. И. Хименко,

д-р техн. наук, проф., Санкт-Петербург, РФ

А. Е. Храмов,

д-р физ.-мат. наук, Иннополис, РФ

А. А. Шальто,

д-р техн. наук, проф., Санкт-Петербург, РФ

А. П. Шепета,

д-р техн. наук, проф., Санкт-Петербург, РФ

Ю. И. Шокин,

акад. РАН, д-р физ.-мат. наук, проф., Новосибирск, РФ

З. М. Юлдашев,

д-р техн. наук, проф., Санкт-Петербург, РФ

Р. М. Юсупов,

чл.-корр. РАН, д-р техн. наук, проф., Санкт-Петербург, РФ

Редактор: А. Г. Ларионова

Корректор: Т. В. Звертановская

Дизайн: М. Л. Черненко, Ю. В. Умницына

Компьютерная верстка: Ю. В. Умницына

Адрес редакции: 190000, Санкт-Петербург,

Б. Морская ул., д. 67, ГУАП, РИЦ

Тел.: (812) 494-70-02, эл. адрес: ius.spb@gmail.com,

сайт: http://i-us.ru

Журнал зарегистрирован в Министерстве РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.  
Свидетельство о регистрации ПИ № 77-12412 от 19 апреля 2002 г.  
Перерегистрирован в Роскомнадзоре.  
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-49181 от 30 марта 2012 г.

© Коллектив авторов, 2019

## ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА

**Vassiliev N. N., Parasidis I. N., Providas E.** Exact solution method for Fredholm integro-differential equations with multipoint and integral boundary conditions. Part 2. Decomposition-extension method for squared operators

2

**Хименко В. И.** Вероятностный анализ двумерных векторных случайных процессов на фазовой плоскости

10

## ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ И УПРАВЛЕНИЕ

**Коновалов П. А., Корнилова А. В., Королев Д. М., Ренева Г. В., Фрадков А. Л., Широколов И. Ю., Ярош Д. С.** Команда роботов-футболистов для соревнований RoboCup в лиге SSL: система и алгоритмы

19

**Иванько Д. В., Рюмин Д. А., Карпов А. А., Железны М.** Исследование влияния высокоскоростных видеоданных на точность распознавания аудиовизуальной речи

26

**Рукавицын А. Н.** Кластеризация данных в распределенных системах мониторинга

35

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ

**Ключарёв А. А., Фоменкова А. А.** Математическая модель анаэробного биореактора с закрепленной биомассой как объекта управления

44

## ПРОГРАММНЫЕ И АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА

**Гордеев А. В., Андреев А. В.** Структура каталога как фильтр поиска записей службы каталогов OpenLDAP

52

## ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ

**Новикова Е. С., Котенко И. В.** Открытые задачи визуального анализа в системах управления информационной безопасностью

57

## КОДИРОВАНИЕ И ПЕРЕДАЧА ИНФОРМАЦИИ

**Советов Б. Я., Татарникова Т. М., Пойманова Е. Д.** Организация многоуровневого хранения данных

68

**Белим С. В., Ракицкий Ю. С.** Использование семейств ортогональных функций для кодирования данных в схеме хаотической маскировки

76

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБРАЗОВАНИЕ

**Комаров В. А., Сарафанов А. В., Тумковский С. Р.** Многопользовательские распределенные измерительно-управляющие системы как элемент современной цифровой образовательной среды

83

## ХРОНИКА И ИНФОРМАЦИЯ

Международная конференция по компьютерной математике — SAM-2019

95

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

96

Журнал входит в БД SCOPUS, в RSCI на платформе Web of Science и в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

Сдано в набор 27.02.19. Подписано в печать 17.04.19. Формат 60×84 1/8.

Гарнитура SchoolBookC. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 11,7. Уч.-изд. л. 16,2. Тираж 1000 экз (1-й завод 84 экз.). Заказ № 148.

Оригинал-макет изготовлен в редакционно-издательском центре ГУАП.  
190000, Санкт-Петербург, Б. Морская ул., 67.

Отпечатано с готовых диапозитивов в редакционно-издательском центре ГУАП.  
190000, Санкт-Петербург, Б. Морская ул., 67.

Журнал распространяется по подписке. Подписку можно оформить в любом отделении связи по каталогу «Пресса России»:  
№ 15385 — полугодовой индекс.