

П Р И К Л А Д Н А Я ИНФОРМАТИК@

научно-практический
журнал

Том 18. № 1. 2023

Январь–Февраль

Сквозной номер выпуска – 103

Университет «Синергия»

ISSN 1993-8314 (Print)

ISSN 2687-0649 (Online)

DOI: 10.37791/2687-0649-2023-18-1

Научно-практический журнал «Прикладная информатика»

Журнал включен в Перечень ведущих периодических изданий, рекомендованных ВАК для публикации результатов диссертационных исследований

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Главный редактор

Дли М. И., докт. техн. наук, профессор, зав. кафедрой ИТЭУ, зам. директора филиала НИУ «МЭИ», г. Смоленск

Сопредседатели редакционного совета

Рубин Ю. Б., докт. экон. наук, профессор, чл.-корр. РАО, зав. кафедрой предпринимательства и конкуренции, Университет «Синергия», г. Москва

Мешалкин В. П., докт. техн. наук, профессор, академик РАН, директор Международного института логистики ресурсосбережения и технологической инноватики, РХТУ им. Д. И. Менделеева, г. Москва

Члены редакционного совета

Батыршин И. З., д-р, профессор, Мексиканский нефтяной институт, приглашенный профессор Исследовательского вычислительного центра Национального политехнического института Мексики, г. Мехико, Мексика

Борисов В. В., докт. техн. наук, профессор, кафедра вычислительной техники, филиал Национального исследовательского университета «МЭИ», г. Смоленск

Брекис Эд., д-р, ассоциированный профессор, зав. кафедрой эконометрики и бизнес-информатики, Латвийский университет, г. Рига, Латвия

Волкова В. Н., докт. экон. наук, профессор, Институт компьютерных наук и технологий, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург

Козлов В. Н., докт. техн. наук, профессор, Институт компьютерных наук и технологий, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург

Краковский Ю. М., докт. техн. наук, профессор, кафедра информационных систем и защиты информации, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск

Крейнович В. Я., д-р, профессор Университета Техаса, г. Эль-Пасо, США

Пецольдт К., д-р, профессор, проректор по международному сотрудничеству с Восточной Европой, Технологический университет, г. Ильменау, Германия

Росс Г. В., докт. техн. наук, докт. экон. наук, профессор, академик РАН, научная лаборатория семантического анализа и интеграции, Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова, г. Москва

Стоянова О. В., докт. техн. наук, профессор, зав. кафедрой информационных систем в экономике, СПбГУ, г. Санкт-Петербург

Сухомлин В. А., докт. техн. наук, профессор, зав. лабораторией открытых информационных технологий, факультет ВМК, МГУ имени М. В. Ломоносова, г. Москва

Халин В. Г., докт. экон. наук, профессор, кафедра информационных систем в экономике, экономический факультет СПбГУ, г. Санкт-Петербург

Шориков А. Ф., докт. физ.-мат. наук, профессор, ведущий научный сотрудник, Институт экономики УрО РАН, г. Екатеринбург

Штельцер Д., д-р, *reg. pol.*, профессор, глава департамента информации и управления знаниями, Технологический университет, г. Ильменау, Тюрингия, Германия

Юсупов Р. М., докт. техн. наук, профессор, чл.-корр. РАН, научный руководитель Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации РАН, президент Национального общества имитационного моделирования «НОИМ», г. Санкт-Петербург

Заместители главного редактора

Прокимов Н. Н., канд. техн. наук, доцент, департамент цифровой экономики, Университет «Синергия», г. Москва

Власова Е. А., научная редакция Университета «Синергия», г. Москва

Журнал выходит с 2006 г. Периодичность издания – 6 раз в год.

Журнал индексируется в российских и зарубежных базах научной периодики eLIBRARY (РИНЦ), Russian Science Citation Index (RSCI) на платформе Web of Science, ВИНТИ, Ulrich's Periodicals Directory

Учредитель и издатель: **Негосударственное образовательное частное учреждение высшего образования
Университет «Синергия»**

Адрес редакции и издателя:

129090, Москва, ул. Мещанская, д. 9/14, стр. 1 (юр.ид.)

125190, Москва, Ленинградский пр-т, д. 80, корпус Г

Тел.: +7 (495) 987-43-74 (доб. 33-04); e-mail: evlasova@synergy.ru; www.appliedinformatics.ru

© Университет «Синергия»

Journal of Applied INFORM@TICS

Peer-reviewed scientific journal

Vol. 18. No. 1. 2023

January–February

Continuous issue – 103

Synergy University

ISSN 1993-8314 (Print)

ISSN 2687-0649 (Online)

DOI: 10.37791/2687-0649-2023-18-1

Peer-reviewed scientific journal "Journal of Applied Informatics"

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief

M. Dli, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Head of ITEM Chair, Deputy Director of the National Research University MPEI Branch, the city of Smolensk

Co-Chairs of the Editorial Board

Yu. Rubin, Dr. Sci. (Econ.), Professor, Corresponding Member of the Russian Education Academy, Head of Entrepreneurship and Competition Chair, Moscow University for Industry and Finance "Synergy", the city of Moscow

V. Meshalkin, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Academician of Russian Academy of Sciences (RAS), Director of the International Institute of Logistics and Resource Technology Innovation, D. Mendeleyev University of Chemical Technology of Russia, the city of Moscow

Members of the Editorial Board

I. Batyrshin, Dr. Sci. (Habilitation), IFSA Fellow, Titular Professor C, Centro de Investigacion en Computacion, Instituto Politecnico Nacional, the city of Mexico, United Mexican States

V. Borisov, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Computer Science Department, National Research University MPEI Branch, the city of Smolensk

Ed. Brēķis, Dr. oec., Assoc. Professor, Head of Econometrics and Business Informatics Chair, Faculty of Economics and Management, University of Latvia, the city of Riga, Latvia

V. Khalin, Dr. Sci. (Econ.), Professor, Economic Information Systems Department, St. Petersburg State University, the city of St. Petersburg

V. Kozlov, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Institute of Computer Science and Technology, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, the city of St. Petersburg

Yu. Krakovskiy, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Information Systems and Information Security Department, Irkutsk State Railway Transport Engineering University, the city of Irkutsk

V. Kreinovich, PhD, Professor of Computer Science, University of Texas at El Paso, USA

K. Pezoldt, Dr. oec. habil., Professor, Deputy Rector for International Cooperation with Eastern Europe, Ilmenau University of Technology, the city of Ilmenau, Germany

G. Ross, Dr. Sci. (Eng.), Dr. of Economics, Professor, Academician of Russian Academy of Natural Sciences (RANS), Research Laboratory of Semantic Analysis and Integration, Plekhanov Russian University of Economics, the city of Moscow

A. Shorikov, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor, Leading Researcher, Institute of Economics of the Ural Branch of RAS, the city of Ekaterinburg

O. Stoyanova, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Head of Economic Information Systems Department, St. Petersburg State University, the city of St. Petersburg

V. Sukhomlin, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Faculty of Computational Mathematics and Cybernetics, Lomonosov Moscow State University, the city of Moscow

D. Stelzer, Dr., rer. pol., Professor, Head of Information and Knowledge Management Department of Ilmenau University of Technology, the city of Ilmenau, Germany

V. Volkova, Dr. Sci. (Econ.), Professor, Institute of Computer Science and Technology, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, the city of St. Petersburg

R. Yusupov, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences (RAS), Scientific Leader of the Saint Petersburg RAS Institute of Informatics and Automation, President of NC "National Society for Simulation Modeling", the city of St. Petersburg

Deputy Chief Editors

N. Prokimnov, Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Digital Economy Department, Moscow University for Industry and Finance "Synergy", the city of Moscow

E. Vlasova, Scientific Edition Department, Moscow University for Industry and Finance "Synergy", the city of Moscow

Published since 2006. Periodicity: bimonthly.

The journal is indexed in

Russian Science Citation Index (RSCI) on Web of Science platform,
VINITI (Russian Academy of Sciences), Ulrich's Periodicals Directory

Publisher: Moscow University for Industry and Finance «Synergy»

Publisher address: 9/14 s. 1, Meshchanskaya st., Moscow, 129090, Russia

Editorial office address: 80G, Leningradskiy Avenue, Moscow, 125190, Russia

Tel: +7 (495) 987-43-74 (ext. 33-04); e-mail: evlasova@synergy.ru; www.appliedinformatics.ru

© Synergy University

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА

Эффективные алгоритмы

В.А. Калашников, В.И. Соловьев
 Приложения компьютерного зрения
 в горнодобывающей промышленности 4

Модели и методики

А.Ю. Пучков, М.И. Дли, Н.Н. Прохимнов, А.М. Соколов
 Интеллектуальная модель управления рисками
 нарушения характеристик электромеханических
 устройств в многостадийной системе
 переработки рудного сырья 22

А.Г. Шеломенцев, К.С. Гончарова, А.А. Шеломенцев, А.С. Кругликов
 Разработка интегрированной
 пространственно-временной базы данных,
 характеризующей последствия
 изменения климата 37

Программная инженерия

Г.В. Росс, В.А. Конявский, В.В. Медведев
 Модель интеллектуального планирования
 поведения робота в коллективе роботов 65

SIMULATION

Теория и практика

В.В. Рожков, К.К. Крутиков, В.В. Федотов, С.Г. Бутримов
 Динамическое имитационное
 моделирование системы возбуждения
 синхронных генераторов стационарных
 дизель-генераторных установок аварийного
 электроснабжения атомной станции. 82

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Защита информации

Б.Р. Камалов, М.В. Тумбинская
 Программное обеспечение обнаружения
 «скрытых майнеров» в браузерной среде 96

ЛАБОРАТОРИЯ

Моделирование процессов и систем

В.С. Осипов, А.П. Цыпин, О.В. Леднева
 Использование эконометрических моделей
 для прогнозирования инвестиций
 в основной капитал 111

Н.В. Яндыбаева
 Динамическая модель для прогнозирования
 показателей качества жизни в регионе 129

TOOLS

Algorithmic efficiency

V. Kalashnikov, V. Soloviev
 Applications of computer vision
 in the mining industry 4

Models and methods

A. Puchkov, M. Dli, N. Prokimnov, A. Sokolov
 An intelligent model for managing the risks
 of violation of the characteristics
 of electromechanical devices in a multi-stage
 system for processing ore raw materials 22

A. G. Shelomentsev, K. Goncharova, A. A. Shelomentsev, A. Kruglikov
 Development of an integrated
 space-time database, characterizing
 an effects of climate change. 37

Software engineering

G. Ross, V. Konyavskiy, V. Medvedev
 Model of intelligent planning of robot behavior
 in a team of robots 65

SIMULATION

Theory and practice

V. Rozhkov, K. Krutikov, V. Fedotov, S. Butrimov
 Dynamic simulation modeling
 of the excitation system of synchronous
 generators of stationary diesel generator
 sets for emergency power supply
 of a nuclear power plant 82

INFORMATION SECURITY

Data protection

B. Kamalov, M. Tumbinskaya
 Software for detecting “hidden miners”
 in a browser environment 96

LABORATORY

Processes and systems modeling

V. Osipov, A. Tsy-pin, O. Ledneva
 Using econometric models to forecast
 fixed asset investments 111

N. Yandybaeva
 Dynamic model for predicting quality
 of life indicators in the region 129

Приложения компьютерного зрения в горнодобывающей промышленности

В.А. Калашников¹, В.И. Соловьев^{2,3*}

¹Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Россия

²ООО «ЦИАРС», Москва, Россия

³Московский технический университет связи и информатики, Москва, Россия

*vs@ciars.ai

Аннотация. В последнее десятилетие происходит активная цифровизация промышленного производства на основе бурно развивающихся информационных технологий, в том числе технологий искусственного интеллекта. Во многом это связано с развитием методов глубокого обучения и их применения в компьютерном зрении. С середины 2010-х сверточные нейронные сети демонстрируют исключительную эффективность при решении таких задач, как обнаружение, классификация и сегментация различных объектов. В результате методы компьютерного зрения начинают активно использоваться в задачах контроля качества сырья и готовой продукции. Все это относится к горнодобывающей промышленности. Однако в отечественной научной литературе практически отсутствуют систематические обзоры приложений компьютерного зрения в этой области. Настоящее исследование призвано восполнить этот пробел. В данной работе дается систематический обзор истории развития и современного состояния методов и технологий машинного зрения, применяемых в горнодобывающей промышленности для анализа твердых материалов, демонстрируются последние достижения в этой области и примеры их применения в горном деле. Авторы проанализировали 29 научных работ в области применения компьютерного зрения в горнодобывающей промышленности и классифицировали этапы развития технологий, начиная с середины 1980-х гг., когда компьютерное зрение использовалось без применения машинного обучения, и заканчивая современными исследованиями на основе использования глубоких сверточных нейронных сетей для решения задач классификации и сегментации. Приводится сравнение эффективности применяемых методов, обсуждаются их достоинства и недостатки, даются прогнозы развития методов компьютерного зрения в горнодобывающей промышленности на ближайшее будущее. Приведены примеры, показывающие, что использование сверточных нейронных сетей позволило перейти на качественно более высокий уровень в решении задач классификации и сегментации применительно к анализу объемов выпуска продукции горнодобывающей промышленности, гранулометрического состава, в том числе лещадности, угловатости и шероховатости, содержания пыли и глины, насыпной плотности и пустотности и др.

Ключевые слова: глубокое обучение, компьютерное зрение, сверточные нейронные сети, сегментация, классификация, горнодобывающая промышленность, цифровая обработка изображений

Для цитирования: Калашников В.А., Соловьев В.И. Приложения компьютерного зрения в горнодобывающей промышленности // Прикладная информатика. 2023. Т. 18. № 1. С. 4–21. DOI: 10.37791/2687-0649-2023-18-1-4-21

Подписка-2023

Журнал «Прикладная информатика / Journal of Applied Informatics»

выходит 6 раз в год:

Январь Март Май Июль Сентябрь Ноябрь

Подписка через редакцию

Стоимость подписки на 2023 год:

1 номер – 1310 руб. 3 номера – 3930 руб. 6 номеров – 7860 руб.

Подписку можно оформить с любого месяца.

Тел./факс: +7 (495) 663-93-88 (доб. 33-04)

Руководитель службы маркетинга А. А. Розанцев,
тел. +7 (495) 987-43-74 (доб. 33-04), e-mail: arozantsev@synergy.ru

Подписка на почте

По объединенному каталогу «Газеты и журналы»	индекс 88059
По каталогу российской прессы «Почта России»	индекс п1968
По каталогу агентства «Урал Пресс»	индекс 20497

Доставка осуществляется заказной бандеролью с уведомлением.

Электронный выпуск, а также отдельные статьи журнала можно приобрести на сайтах www.appliedinformatics.ru, www.elibrary.ru и www.litres.ru

К оплате принимаются все виды электронных платежей, банковские карты.

Учредитель и издатель

Негосударственное образовательное частное учреждение высшего образования

«Московский финансово-промышленный университет «Синергия»

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-57869 от 25.04.2014 г.

Выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Литературный редактор и корректор Ю. А. Голоперова

Дизайн макета Б. В. Зипунов

Верстка Д. О. Мальков

Адрес редакции и издателя

129090, Москва, ул. Мещанская, д. 9/14, стр. 1 (юр.)

125190, Москва, Ленинградский пр-т, д. 80, корпус Г

Тел.: +7 (495) 987-43-74 (доб. 33-04),

e-mail: evlasova@synergy.ru; www.appliedinformatics.ru

Наши реквизиты

Университет «Синергия»

ИНН 7729152149

КПП 770201001

ОГРН 1037700232558

Р/с 40703810338180120073

БИК 044525225

К/с 3010181040000000225

Сбербанк России (ПАО) Вернадское ОСБ

При перепечатке и цитировании материалов ссылка на журнал «Прикладная информатика / Journal of Applied Informatics» обязательна. Редакция не несет ответственности за достоверность информации, опубликованной в рекламных объявлениях.

Мнения авторов и редакции могут не совпадать.

© Университет «Синергия»

Подписано в печать: 09.02.2023

Тираж 100 экз.

Отпечатано в ООО «САМ ПОЛИГРАФИСТ»

129090, г. Москва, Протопоповский пер., д. 6