

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН
Юго-Западный государственный университет
Институт программных систем им. А.К. Айламазяна РАН
Институт информационных технологий, Баку, Азербайджан

**ОБЛАЧНЫЕ И РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ**

ОРВС – 2023

В РАМКАХ

**НАЦИОНАЛЬНОГО СУПЕРКОМПЬЮТЕРНОГО
ФОРУМА (НСКФ – 2023)**

Сборник трудов 4-й международной
научно-технической конференции

28 ноября – 1 декабря 2023 года

Редакционная коллегия:

И.И. Курочкин, Э.И. Ватутин, А.П. Афанасьев,
Р.М. Алгулиев, И.Н. Григоревский

Переславль-Залесский 2024

УДК 621.383.68.3: 681.785

ББК 32.971.35

Редакционная коллегия:

И.И. Курочкин, кандидат технических наук;
Э.И. Ватутин, доктор технических наук, доцент;
А.П. Афанасьев, доктор физико-математических наук, профессор;
Р.М. Алгулиев, действительный член НАНА Азербайджана,
доктор технических наук, профессор;
И.Н. Григоревский, кандидат технических наук, доцент.

**Облачные и распределенные вычислительные системы в электронном
управлении. ОРВС – 2023:** сборник трудов 4-й международной научно-
технической конференции (28 ноября – 1 декабря 2023 года) / ред. кол.: И.И.
Курочкин [и др.]; ИПС РАН. Переславль-Залесский. – Курск: Изд-во ЗАО
«Университетская книга», 2024. - 127 с.

ISBN 978-5-00261-018-1

DOI 10.47581/2024.Oblokj-Raspredelenie-OPBC-2023

Сборник содержит труды 4-й международной научно-технической конфе-
ренции «Облачные и распределенные вычислительные системы» (Переславль-
Залесский, 28 ноября – 1 декабря 2023), проводимой в рамках Национального
суперкомпьютерного форума (НСКФ – 2023). Целью конференции является оз-
накомление с имеющимися достижениями по созданию облачных и распреде-
ленных вычислительных систем и их внедрение в научные исследования, учеб-
ный процесс и промышленность.

Сборник предназначен для научных сотрудников, преподавателей, аспиран-
тов и студентов вузов.

Издание осуществлено с авторских оригиналов.

Редакция не несет ответственности за ошибки авторов.

Материалы для публикации одобрены программным комитетом Междуна-
родной научно-технической конференции.

ISBN 978-5-00261-018-1

УДК 621.383.68.3: 681.785

ББК 32.971.35

© Институт проблем передачи
информации им. А.А. Харкевича РАН;
© Юго-Западный государственный университет;
© Институт программных систем им. А.К. Айламазяна РАН;
© Институт информационных технологий, Баку, Азербайджан, 2024

Содержание

Секция «Решение задач оптимизации в среде высокопроизводительных вычислений»	5
Алекперов О.Р. ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ И КОНФИДЕНЦИАЛЬНОСТИ В МОБИЛЬНЫХ ОБЛАЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЯХ	5
Волошинов В.В., Соколов А.В. РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ КУСОЧНО ЛИНЕЙНЫХ АППРОКСИМАЦИЙ В ОБРАТНЫХ ЗАДАЧАХ С ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМИ УРАВНЕНИЯМИ	10
Секция «Искусственный интеллект и машинное обучение»	17
Алгулиев Р.М., Садыгов И.Дж. ПОСТРОЕНИЕ ФОРМУЛ УДОБОЧИТАЕМОСТИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ МНОЖЕСТВЕННОЙ ЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИИ	17
Быков Д.К., Дурманов Н.Н., Курочкин И.И. АНАЛИЗ ИНФРАКРАСНЫХ СПЕКТРОВ БАКТЕРИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КЛАССИФИКАЦИИ МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ	21
Волков С.С. АНАЛИЗ МЕТОДОВ ВЫЯВЛЕНИЯ ИСКУССТВЕННО СГЕНЕРИРОВАННЫХ ТЕКСТОВ	27
Джафарзаде К.Э. РОЛЬ МОДЕЛЕЙ GPT В ОБРАЗОВАНИИ: ПРОБЛЕМЫ И ИХ РЕШЕНИЯ	31
Елисеев А.Н., Курочкин И.И. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ КЛАССИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЛУБОКИХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ	35
Заречнев Д.В., Курочкин И.И. КЛАССИФИКАЦИЯ СПЕКТРОВ РАСТЕНИЙ МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ	41
Кабанов А.Ю., Домрачева А.Б., Посевин Д.П. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ И ТЕХНОЛОГИЙ АЙТРЕКИНГА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ИНТЕРФЕЙСА ЗАПОЛНЕНИЯ ВЕБ-ФОРМ ПОСРЕДСТВОМ ГЛАЗНЫХ ЖЕСТОВ	44
Казимов Т.Г., Меликова Н.Дж. ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ ТЕСТИРОВАНИИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ	47
Курбанова К.Ш. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ЖЕСТОВ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАМЕР ГЛУБИНЫ	51
Mammadova L.R. A COMPARATIVE ANALYSIS OF RNN, LSTM, AND GRU FOR TEXT CLASSIFICATION	56
Махмудова Р.Ш. УГРОЗЫ ЗАЩИТЕ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ, СОЗДАВАЕМЫЕ ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ, И МЕТОДЫ ИХ СНИЖЕНИЯ	60
Минина П.С., Нагимов Т.Р. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЛУБОКИХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ АНАЛИЗА СНИМКОВ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ	65
Окунев Д.А. ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ИСКАЖЕНИЙ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КЛАССИФИКАЦИИ	70
Секция «Интеграция высокоуровневых ресурсов в распределенной вычислительной среде для решения научных и инженерных задач»	75
Авакьянц А.В. РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОРГАНИЗАЦИИ СВЯЗИ МЕЖДУ КОМПОНЕНТАМИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ЧЕРЕЗ ВИРТУАЛЬНЫЕ СЕТЕВЫЕ КАНАЛЫ НА ОСНОВЕ ИНКАПСУЛЯЦИИ ДАННЫХ В СЛУЖЕБНЫЕ ПРОТОКОЛЫ	75

Baghirov E. CRITICAL ANALYSIS AND REVIEW OF CURRENT RESEARCH ON GANs FOR MALWARE DETECTION	81
Востокин С.В., Русин М.А. ПРОЕКТИРОВАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ СЕРВИСА СИНХРОНИЗАЦИИ ГЛОБАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ	84
Гашимов М.А. ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ FOG COMPUTING ТЕХНОЛОГИЙ В СРЕДЕ УМНОГО ГОРОДА	87
Секция «Гриды из рабочих станций и комбинированные гриды»	93
Балабаев С.А., Лупин С.А. ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ НА КЛАСТЕРЕ ИЗ СМАРТФОНОВ	93
Болгак А.В., Ватутин Э.И. ОЦЕНКА РЕАЛЬНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССОРОВ СЕМЕЙСТВА INTEL CORE РАЗЛИЧНЫХ ПОКОЛЕНИЙ В ЗАДАЧЕ УМНОЖЕНИЯ ВЕЩЕСТВЕННЫХ МАТРИЦ ДЛЯ ОДНОПОТОЧНОЙ ПРОГРАММНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ	98
Ватутин Э.И., Никитина Н.Н., Манзюк М.О., Курочкин И.И., Альбертьян А.М. О ЧИСЛЕ ТРАНСВЕРСАЛЕЙ В ДИАГОНАЛЬНЫХ ЛАТИНСКИХ КВАДРАТАХ ЧЕТНЫХ ПОРЯДКОВ	101
Вердиева Н.Н. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МАТРИЧНОЙ ФАКТОРИЗАЦИИ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПРОЕКТОВ ГРАЖДАНСКОЙ НАУКИ НА ПЛАТФОРМЕ CITSCI.ORG	106
Жиронкин А.В., Ватутин Э.И. СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЕ ИТЕРАЦИОННОЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО УМНОЖЕНИЯ БИНАРНЫХ МАТРИЦ	110
Колесникова Д.П., Курочкин И.И. ГЕНЕРАЦИЯ МОТИВИРУЮЩИХ ФРАЗ МЕТОДАМИ ГЛУБОКИХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПРОЕКТА ДОБРОВОЛЬНЫХ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ	113
Секция «Прикладное программное обеспечение»	121
Штейников А.А., Пенкин А.Д., Иванов И.П., Посевин Д.П. ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ	121
АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	126

Институт информационных технологий, Баку, Азербайджан

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ ТЕСТИРОВАНИИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Аннотация. В этой работе подчеркивается важность тестирования, как неотъемлемой части разработки программного обеспечения и ключевая роль искусственного интеллекта в тестировании программного обеспечения. Индустрия 4.0 соединяет физический, цифровой и биологический миры и создает широкие перспективы для развития программных систем. Искусственный интеллект играет важную роль в нашей жизни и касается большинства наших приложений и систем. Использование машинного обучения в процессе тестирования программных систем может ускорить процесс разработки программного обеспечения, повысить производительность тестирования и, следовательно, эффективность конечного продукта.

В работе рассматриваются алгоритмы машинного обучения, которые имеют потенциал для успешного применения при тестировании программного обеспечения. Перечислены и описаны некоторые основные алгоритмы. Подчеркивается важность выбора правильного алгоритма для конкретных задач при наличии надежных данных для обучения модели и применение международных стандартов тестирования. Даны рекомендации для создания национальных стандартов по тестированию программного обеспечения в Азербайджане.

Ключевые слова: машинное обучение, искусственный интеллект, тестирование программного обеспечения.

Тестирование является неотъемлемой частью цикла разработки программного обеспечения (ПО). Это важнейший этап, во время которого программное средство и сопутствующая документация проверяются на соответствие всем предъявляемым требованиям и спецификациям. Целью этого цикла является выявление ошибок и дефектов, а следовательно, повышение качества и продуктивности финального продукта. Однако, данный этап является достаточно затратным и требует дополнительных ресурсов. Как показывает статистика, от 20% до 80% общей стоимости разработки ПО тратится именно на тестирование. И на данный момент эти затраты полностью оправданы, особенно в критически важных для безопасности системах.

Ручное тестирование, а также тест-дизайн сегодня все чаще являются неактуальными, уступив место полной автоматизации тестирования. В частности, искусственный интеллект и машинное обучение являются мощнейшими инструментами автоматизации и могут значительно повысить производительность и эффективность разработки ПО. Прогнозируется рост мирового валового внутреннего продукта на 14% к 2030 году именно благодаря достижениям в области машинного обучения (МО) и искусственного интеллекта (ИИ) [1].

ИИ и МО представляют собой две связанные области в компьютерных науках, которые играют ключевую роль в развитии современных технологий.

ИИ – это область, посвященная созданию компьютерных систем, способных решать когнитивные задачи, требующие присутствия человеческого интеллекта. Она включает в себя решение задач восприятия, анализа данных, принятия решений и многое другое. ИИ стремится создать программы и алгоритмы, которые могут имитировать человеческое мышление и действия.

МО – это одно из направлений ИИ, которое фокусируется на разработке алгоритмов и моделей, позволяющих системам учиться из данных и делать прогнозы или принимать решения на основе опыта. В МО используются различные методы, включая нейронные сети, деревья решений, метод опорных векторов и многое другое.

МО играет важную роль во многих приложениях, таких как распознавание образов, рекомендательные системы, автоматизация задач и многое другое. МО позволяет создавать системы, которые могут самостоятельно обучаться и улучшаться на основе данных, что делает его мощным инструментом в разработке искусственного интеллекта.

Алгоритмы МО обладают уникальными возможностями, которые можно успешно внедрять в тестирование ПО в зависимости от конкретных потребностей и задач проекта, для повышения эффективности и точности процесса. Рассмотрим ключевые из них:

1. *Автоматизация тестирования.* Использование МО может автоматизировать процесс генерации модели, способной создать эффективные тестовые случаи, позволив таким образом обнаружить аномалии и несоответствия в ПО. За счет этого МО увеличивает продуктивность и производительность процесса на 48% [2].

2. *Приоритизация тестовых случаев.* С помощью МО можно оптимизировать выбор тестовых сценариев, предсказывая, какие из них наиболее вероятно приведут к обнаружению дефектов. Что позволяет значительно сократить количество тестовых случаев, сохраняя при этом высокий уровень покрытия тестирования.

3. *Предсказательное тестирование.* Проанализировав предыдущие тестовые случаи и ошибки, МО способен обнаружить потенциально слабые тесты и исключить их. Таким образом МО уменьшает количество сбоев при тестировании, обеспечив более надежные и быстрые тестовые сценарии.

4. *Обучение на основе обратной связи.* МО успешно самообучается и подстраивается к нововведениям в системе на основе получаемой обратной связи, что позволяет перенастраивать и адаптировать тестовые случаи к меняющимся требованиям.

В МО существует множество алгоритмов, которые могут использоваться при тестировании для различных целей. Вот некоторые из них:

1. *Метод случайного дерева* используется для определения важности различных функций или атрибутов тестирования, а также для обнаружения аномалий или ошибок.

2. *Наивный байесовский* алгоритм используется для прогнозирования вероятности ошибки или определения категории ошибки.

3. *Метод опорных векторов* используется для классификации тестовых случаев или прогнозирования вероятности ошибок.

4. *Линейная регрессия* используется для определения времени выполнения или производительности программы.

5. *K-ближайшие соседи* используется для определения близости или сходства между тестами или для поиска похожих тестовых случаев.

6. *Деревья решений* используются для определения первопричин ошибок или классификации проблемных областей программы.

Это только несколько примеров алгоритмов МО, которые могут быть использованы в контексте тестирования ПО. Важно выбрать подходящий алгоритм для конкретных задач и иметь надежные данные для обучения модели.

Сегодня алгоритмы МО успешно применяются в тестировании систем таких компаний-гигантов, как:

- **Facebook:** Facebook разработал автоматизированный инструмент тестирования ПО под названием Sapienz, который использует МО для выявления и определения приоритетности тестовых случаев. Этот инструмент сыграл важную роль в сокращении количества сбоев в приложении Facebook для Android на 80% [3].

- **Microsoft:** Microsoft приобрела платформу DeepCode, которая использует МО для анализа исходного кода и выявления потенциальных уязвимостей безопасности, ошибок и других проблем. Включив DeepCode в процесс тестирования ПО, Microsoft может активно решать потенциальные проблемы и улучшать общее качество ПО.

Вышеприведенные компании, как и многие другие организации по всему миру, применяют к своим проектам различные стандарты, охватывающие процессы жизненного

цикла программных комплексов, в том числе тестирования, таким образом повышая качество конечного продукта. ISO (международная организация по стандартизации) и IEC (международная электротехническая комиссия) образуют специализированную систему всемирной стандартизации. Так, целью серии стандартов ISO/IEC/IEEE 29119 является определение согласованного на международном уровне набора стандартов тестирования программного обеспечения, который может использоваться любой организацией при выполнении любой формы тестирования программного обеспечения и использовании любого жизненного цикла.

В стандарте ISO/IEC TR 29119-11:2020 перечислены рекомендации по тестированию систем на основе ИИ. В частности, приложение А представляет собой введение в МО. Будучи техническим отчетом, этот документ содержит данные, отличные от тех, которые обычно публикуются в качестве международного стандарта или технической спецификации, например, данные о «современном уровне техники».

Многие страны имеют собственные стандарты, регламентирующие жизненный цикл сложных программных систем. Так в России разработка и испытание автоматизированных систем, в частности ПО, регламентированы ГОСТ 34.601-90. Рекомендации по разработке и принятию в Азербайджане национальных стандартов по программной инженерии были предложены, однако, до сих пор не претворены в жизнь [4].

Заключение

По данным Statista, ожидается, что к 2026 году мировой рынок ИИ, включая МО, достигнет 202,57 миллиарда долларов, что свидетельствует о быстром росте и внедрении технологий МО [5]. Опрос, проведенный исследовательским институтом Capgemini, показал, что 63% организаций считают, что использование алгоритмов МО, помогло им повысить точность процессов тестирования. Статистические данные демонстрируют растущее влияние МО на индустрию тестирования ПО и потенциал значительного повышения производительности и точности.

Использование алгоритмов МО при тестировании ПО является революционным подходом за счет повышения эффективности, точности и моментальной адаптации к меняющимся требованиям. Внедрению МО в автоматизацию тестирования сопутствуют существенные инвестиции в данные, ресурсы и постоянное обслуживание для качественной и оптимальной работы системы. Однако, несмотря на этот факт, в долгосрочной перспективе применение алгоритмов МО в процессе тестирования ПО способствует повышению его качества, уменьшению затрат на разработку и ускорению процесса.

Для качественной разработки жизненного цикла программных систем, в частности тестирования, опираясь на опыт мирового сообщества, следует разработать и внедрить для Азербайджана национальный регламент разработки ПО. Отдельное внимание рекомендуется уделить стандартизации применения ИИ и МО в процессе тестирования программных средств.

Библиографический список

1. Radhakrishnan, Jayanthi and Gupta, Sumeet, Exploring the Artificial Intelligence Adoption Journey-A Multiple Case Studies Approach. PACIS 2021 Proceedings. 2021, 188. <https://aisel.aisnet.org/pacis2021/188>
2. Farhan A. Alenizi, Adil Hussein Mohammed, S.M. Alizadeh, Omid Mahdizadeh Gohari, Mohammad Reza Motahari. Appraisal of rock dynamic, physical, and mechanical properties and forecasting shear wave velocity using machine learning and statistical methods, Journal of Applied Geophysics, 2023, 105216, <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2023.105216>.

3. Viet-Man Le, Alexander Felfernig, Thi Ngoc Trang Tran, Müslüm Atas, Mathias Uta, David Benavides, José Galindo. DirectDebug: A software package for the automated testing and debugging of feature models, Software Impacts, Vol. 9, 2021, pp.1-5. <https://doi.org/10.1016/j.simpa.2021.100085>.
4. Tamilla A. Bayramova. Analysis of software engineering standards // Problems of Information Society. 2020, № 1, s. 83-95. DOI: 10.25045/jpis.v11.i1.07
5. Nagabushanam, Durga & S, Sree & Vijayasree, Dasari & Sai Roopa, Nadendla & Arun, Anugu. A Review on the Process of Automated Software Testing. 2022. <http://dx.doi.org/10.48550/arXiv.2209.03069>.