

<https://doi.org/10.21869/2223-1536-2025-15-3-50-65>



УДК 004.031.42+616.5-006

Интеллектуальная система поддержки принятия решений врача в диагностике новообразований кожи на основе анализа дерматоскопических изображений

Е. С. Козачок¹✉, С. С. Серегин², А. В. Козачок¹,
К. В. Елецкий¹, О. И. Самоваров¹

¹ Институт системного программирования им. В. П. Иванникова РАН
ул. Александра Солженицына, д. 25, г. Москва 109004, Российская Федерация

² Бюджетное учреждение здравоохранения Орловской области «Орловский онкологический диспансер»
Ипподромный переулок, д. 2, г. Орел 302020, Российская Федерация

✉ e-mail: e.kozachok@ispras.ru

Резюме

Цель исследований – разработка интеллектуальной системы поддержки принятия решений врача, основанная на автоматизированном анализе дерматоскопических изображений с использованием алгоритмов машинного обучения, предназначенном для ранней диагностики и выявления злокачественных кожных новообразований. Разработка интеллектуальной системы поддержки принятия решения врача как для профильных специалистов, так и для врачей общей практики и среднего медицинского персонала, осуществляющих первичное обследование пациентов с новообразованиями кожи, является актуальным направлением исследований.

Методы. Предложена архитектура интеллектуальной системы поддержки принятия решений врача, основанной на анализе дерматоскопических изображений. Система реализована в виде клиент-серверного веб-приложения. В качестве клиента выступает веб-приложение, реализующее функционал личного кабинета врача. При этом сервером является облачная инфраструктура, осуществляющая сбор, хранение и анализ дерматоскопических изображений, а также формирование отчета о нозологической группе кожного образования. В процессе анализа дерматоскопических изображений применяются методы машинного обучения, основанные на использовании нейронных сетей с архитектурой «виртуальный трансформер» и сформированного набора дерматоскопических изображений.

Результаты. Практически реализована и апробирована в клинических условиях разработанная интеллектуальная система поддержки принятия решений врача, характеризующаяся значениями точности, превышающими 93% для показателя Ассигасу и 89% – F-мера на этапе обучения, более 89% (показателя Ассигасу) – в процессе проведения медицинских осмотров. Полученные значения экспериментальных оценок позволили сформировать рекомендации по интеграции разработанной интеллектуальной системы поддержки принятия решений врача в рабочие процессы медицинских учреждений.

Заключение. Разработанная система обеспечивает автоматизированный анализ изображений, структурирование метаданных, визуализацию предсказаний моделей и возможность экспертной разметки, может быть применена не только профильными врачами при проведении медицинских осмотров и исследований, но и врачами общей практики и средним медицинским персоналом при проведении скрининговых обследований, выездных профилактических приемов и диспансеризации.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений врача; дерматоскопические изображения; кожные новообразования; машинное обучение.

© Козачок Е. С., Серегин С. С., Козачок А. В., Елецкий К. В., Самоваров О. И., 2025

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Интеллектуальная система поддержки принятия решений врача в диагностике новообразований кожи на основе анализа дерматоскопических изображений / Е. С. Козачок, С. С. Серегин, А. В. Козачок, К. В. Елецкий, О. И. Самоваров // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2025. Т. 15, № 3. С. 50–65. <https://doi.org/10.21869/2223-1536-2025-15-3-50-65>

Поступила в редакцию 06.07.2025

Подписана в печать 04.08.2025

Опубликована 30.09.2025

Intelligent system for supporting physician decision-making in skin neoplasm diagnostics based on dermoscopic image analysis

Elena S. Kozachok¹✉, Sergey S. Seregin², Alexander V. Kozachok¹,
Kirill V. Eleckij¹, Oleg I. Samovarov¹

¹ Ivannikov Institute for System Programming of the Russian Academy of Sciences
25 Alexander Solzhenitsyn Str., Moscow 109004, Russian Federation

² Budgetary Healthcare Institution of the Oryol Region "Oryol Oncology Dispensary"
2 Ippodromnyi side-street, Oryol 302020, Russian Federation

✉ e-mail: e.kozachok@ispras.ru

Abstract

The purpose of the research is to develop an intelligent decision support system for physicians based on automated analysis of dermoscopic images using machine learning algorithms, designed for early diagnostics and detection of malignant skin neoplasms. The development of an intelligent system for supporting physicians' decision making for both specialized specialists and general practitioners and nursing staff performing primary examination of patients with skin neoplasms is a research relevant area.

Methods. The intelligent system architecture for supporting doctors' decision-making based on the analysis of dermoscopic images is proposed. The configuration used is a network approach based on the client-server mode. The client is a web application implementing the doctor's personal account functionality. This server hosts a cloud infrastructure that collects, stores and analyzes dermoscopic images, and also maintains a report on the nosological group of skin lesions. In the analyzing process dermoscopic images, machine learning methods are used based on the neural network's usage with the virtual transformer architecture and a formed set of dermoscopic images.

Results. The developed intelligent system for supporting physician decision-making has been practically implemented and tested in clinical conditions. It is characterized by accuracy values exceeding 93% for the Accuracy indicator and 89% – F-measure at the training stage and more than 89% (Accuracy indicator) during medical examinations. The obtained values of experimental assessments made it possible to formulate recommendations for integrating the developed intelligent system for supporting physician decision-making into the work processes of medical institutions.

Conclusion. The developed system provides automated image analysis, metadata structuring, visualization of model predictions and the possibility of expert marking and can be used not only by specialized doctors during medical examinations and studies, but also by general practitioners and mid-level medical personnel during screening examinations, mobile preventive appointments and medical examinations.

Keywords: a doctor's decision support system; dermoscopic images; skin growths; machine learning.

Conflict of interest: The Authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

For citation: Kozachok E.S., Seregin S.S., Kozachok A.V., Eleckij K.V., Samovarov O.I. Intelligent system for supporting physician decision-making in skin neoplasm diagnostics based on dermatoscopic image analysis. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Upravlenie, vychislitel'naja tekhnika, informatika. Meditsinskoe priborostroenie* = *Proceedings of the Southwest State University. Series: Control, Computer Engineering, Information Science. Medical Instruments Engineering*. 2025;15(3):50–65. (In Russ.) [https://doi.org/ 10.21869/2223-1536-2025-15-3-50–65](https://doi.org/10.21869/2223-1536-2025-15-3-50-65)

Received 06.07.2025

Accepted 04.08.2025

Published 30.09.2025

Введение

Злокачественные новообразования кожи представляют одну из наиболее значимых проблем современной онкологии. По данным Всемирной организации здравоохранения, ежегодно в мире регистрируется более 2 миллионов случаев немеланомных злокачественных новообразований кожи и порядка 130 тысяч случаев меланомы [1]. В Российской Федерации статистика также свидетельствует о росте онкозаболеваемости кожи среди населения. По данным Министерства здравоохранения Российской Федерации, в 2023 г. было зарегистрировано около 70 случаев злокачественных новообразований кожи на 100 000 населения, из которых порядка 9% приходилось на меланому [2]. Высокая смертность при позднем выявлении и сложность ранней диагностики определяют актуальность разработки и внедрения подходов и методов ранней диагностики злокачественных новообразований.

Одним из наиболее информативных и широко применяемых методов диагностики является дерматоскопия, позволяющая выявлять ранние признаки злокачественных новообразований, невидимые

при проведении визуального осмотра пациента. При этом эффективность дерматоскопии зависит как от опыта и квалификации врача, так и от качества дерматоскопа и характеризуется показателем точности диагностики злокачественных новообразований кожи в 65–85% [3]. Для повышения точности ранней диагностики активно разрабатываются и внедряются информационные системы поддержки принятия решений врача, основанные на применении методов машинного обучения и распознавания образов, позволяющие анализировать дерматоскопические изображения с высокой точностью.

В мировой медицинской практике исследовательские медицинские центры и клиники Германии, США, Израиля и Китая применяют алгоритмы на основе сверточных нейронных сетей, интегрированные в мобильные и стационарные платформы при разработке систем поддержки принятия решений врача, характеризующиеся чувствительностью 87% и специфичностью 77%, что превосходит показатели специалистов узкой специализации (80% и 74% соответственно)¹. В России направление по

¹ Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации здравоохранения: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 17 апреля 2024 г.

№ 959-п. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408813257/?ysclid=mgrqze2ugn607226848> (дата обращения: 11.06.2025).

созданию и внедрению систем поддержки принятия решений врача для ранней диагностики злокачественных новообразований кожи, основанных на анализе дерматоскопических изображений, в медицинскую практику является одним из актуальных направлений [4].

По данным Аналитического центра при Правительстве Российской Федерации за 2022 г., из 65 компаний, работающих в области внедрения подходов искусственного интеллекта в медицине, около 35% сосредоточены на анализе медицинских изображений. В перечне зарегистрированных медицинских изделий, построенных с применением методов искусственного интеллекта, 72% имеют отношение к визуальной диагностике [5]. В рамках государственной стратегии «Цифровое здравоохранение» планируется внедрение минимум 12 сервисов, содержащих методы искусственного интеллекта, в каждом регионе Российской Федерации до 2030 г., включая дерматологические решения [6].

При этом наличие значительной вовлеченности различных компаний в разработку и создании информационных систем поддержки принятия решений врача, основанных на анализе дерматоскопических изображений, отличается единичными случаями создания и внедрения медицинских изделий для ранней диагностики злокачественных кожных новообразований в медицинскую практику [7]. Указанные особенности делают задачу по разработке и внедрению интеллектуальной системы поддержки принятия решений врача в диагностике

новообразований кожи на основе анализа дерматоскопических изображений актуальным направлением исследований.

Материалы и методы

В процессе разработки интеллектуальной системы поддержки принятия решений врача, предназначенной для диагностики новообразований кожи, сформулированы требования, предъявляемые к системам данного типа [8]:

- поддержка различных форматов представления дерматоскопических изображений (PNG, BMP, JPEG, JPG, GIF, TIFF и т. д.);
- применение методов и алгоритмов машинного обучения (теории распознавания образов) для распознавания типа новообразования кожи;
- клиент-серверная архитектура взаимодействия компонентов интеллектуальной системы;
- совместимость с различными типами дерматоскопов (дерматоскопического оборудования);
- адаптация к различным сценариям применения (в том числе в условиях ограниченных ресурсов);
- обеспечение требуемого уровня точности обнаружения новообразований кожи при воспроизводимости диагностики [9].

Исходя из представленных требований разработана интеллектуальная система поддержки принятия решений врача на основе анализа дерматоскопических изображений, реализованная в виде клиент-серверной инфраструктуры.

Разработанная информационная система поддержки принятия решений врача реализует функционал автоматизированного анализа дерматоскопических изображений кожных новообразований на основе предложенных алгоритмов классификации, построенных с использованием методов глубокого обучения. Основой для построения системы послужил специально сформированный уникальный набор данных, содержащий

дерматоскопические изображения с клинически верифицированной разметкой и расширенными метаданными, включая сведения о фототипе кожи, возрастных, анатомических и визуальных характеристиках новообразований, что позволило обеспечить адаптацию решений к популяционным особенностям пациентов на территории Российской Федерации. Рассмотрим структуру разработанной интеллектуальной системы (рис. 1).

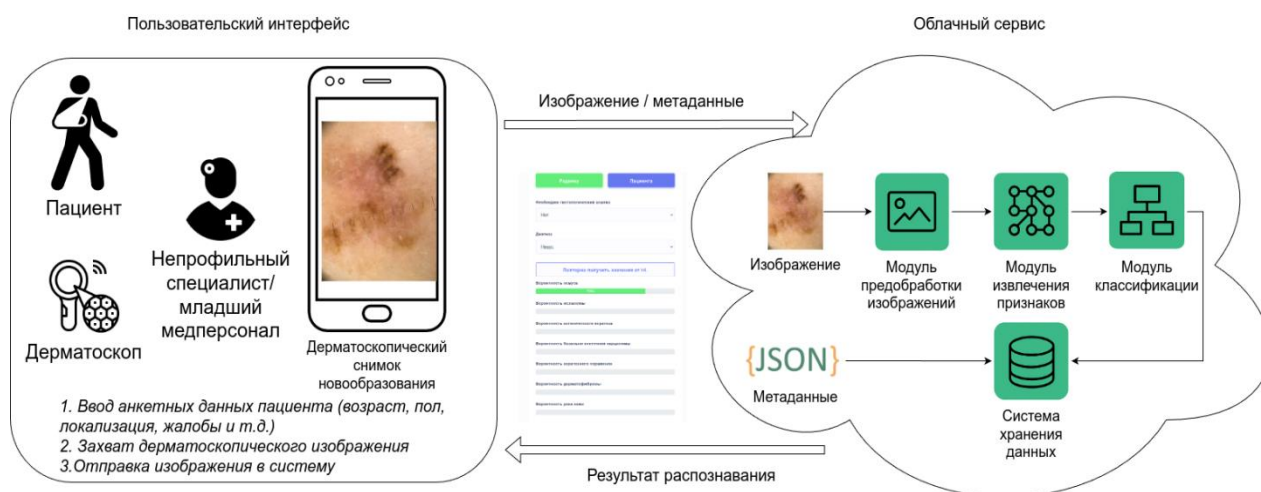


Рис. 1. Структура интеллектуальной системы поддержки принятия решений врача

Fig. 1. Intelligent decision support system for physicians' structure

Интеллектуальная система поддержки принятия решений врача состоит из следующих компонент [10]:

1. Компонента пользователя (пользовательский интерфейс). Представляет собой веб-приложение с функционалом личного кабинета врача, реализующего следующие функции:

- захват (формирование) дерматоскопического изображения кожного новообразования пациента;
- создание анкеты пациента с возможностью добавления в нее дерматоскопических снимков, метаданных и

результатов клинических исследований новообразований кожи (биопсия и гистологический анализ);

- осуществление разметки дерматоскопических изображений кожных новообразований, в т. ч. несколькими специалистами с применением алгоритмов формирования итогового результата;
- передача размеченных дерматоскопических изображений на серверную компоненту для анализа;
- получение результатов анализа кожных новообразований и формирование отчета по дерматоскопии [11].

2. Серверная (облачная) компонента.

Представляет собой серверную или облачную инфраструктуру (в зависимости от реализации) для осуществления сбора дерматоскопических изображений, формирования набора данных дерматоскопических изображений новообразований кожи, разметки клинически значимых признаков кожных новообразований,

обучения алгоритмов классификации, осуществления классификации дерматоскопических изображений на сформированном наборе данных и формировании результатов проведенного анализа (классификации) в виде отчета. Архитектура серверной (облачной) компоненты интеллектуальной системы представлена ниже (рис. 2).

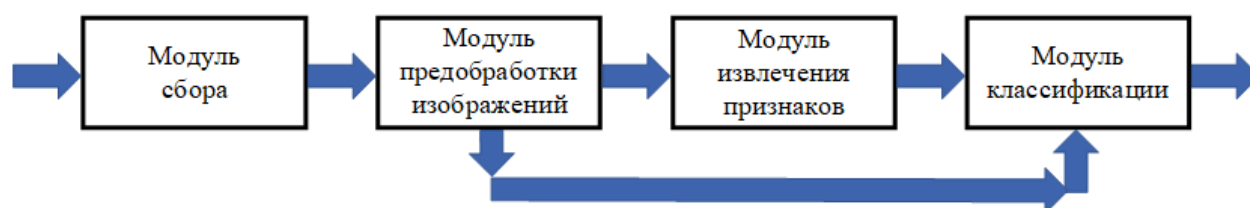


Рис. 2. Архитектура серверной (облачной) компоненты интеллектуальной системы поддержки принятия решений врача

Fig. 2. Server (cloud) component architecture of the intelligent decision support system for a physician

Серверная (облачная) компонента включает следующие модули [12]:

- модуль сбора, обеспечивающего взаимодействие клиентской и серверной компонент и осуществляющего загрузку на сервер дерматоскопических изображений и метаданных, их обработку, хранение и последующую передачу на модуль разметки и представления;

- модуль предобработки изображений, предназначенный для обеспечения стандартизации процесса разметки дерматоскопических изображений врачами онкологами и/или дерматологами, а также предварительной обработки дерматоскопических изображений, включающей сегментацию и удаление шумовых эффектов. Кроме того, модуль предобработки реализует функцию визуализации, фильтрации и сортировки изображений по различным критериям из сформированного набора данных модулем сбора, а также вывод загруженных

изображений для отображения или проведения визуального анализа [13];

- модуль извлечения признаков, реализующий процедуру подготовки обучающего набора данных и последующего обучения алгоритмов классификации на подготовленном наборе данных. В качестве используемых алгоритмов классификации используются алгоритмы глубокого обучения, реализующих архитектуру сверточных нейронных сетей и визуальных трансформеров. В процессе обучения алгоритмов классификации был использован подход автоматического обучения моделей и алгоритмов сверточных нейронных сетей для повышения точности обучения и оптимизации гиперпараметров моделей [14];

- модуль классификации, осуществляющий классификацию анализируемых изображений согласно используемой нозологии кожных новообразований, а также посредством обученных

моделей и алгоритмов классификации. Модуль классификации позволяет реализовать один из двух подходов к классификации (по используемой нозологии): многоклассовая классификация злокачественных новообразований (отнесение к одной из диагностических категорий: доброкачественное образование, меланома, невус, базальноклеточная карцинома, актинический кератоз, дерматофиброма, сосудистые поражения кожи и плоскоклеточный рак) и бинарная каскадная двухэтапная классификация (на первом этапе: определение принадлежности к меланоцитарной/немеланоцитарной группе, на втором – дифференциация между меланомой и невусом).

В ходе практической реализации клиентской компоненты системы поддержки принятия решений врача в

диагностике новообразований кожи на основе анализа дерматоскопических изображений использованы следующие технологии и средства разработки для визуализации пользовательского интерфейса, такие как библиотеки разработки Fabric.js, OpenSeadragon и фреймворк Vue, обеспечивающие масштабирование и аннотирование, а также поддержку добавления новых функций и возможность адаптации графического интерфейса.

Для обеспечения надежного и быстрого взаимодействия с серверной частью веб-приложение работает через интерфейс REST API, используя формат JSON для передачи данных. Практическая реализация серверной компоненты интеллектуальной системы основана на стеке технологий, представленных ниже (рис. 3).

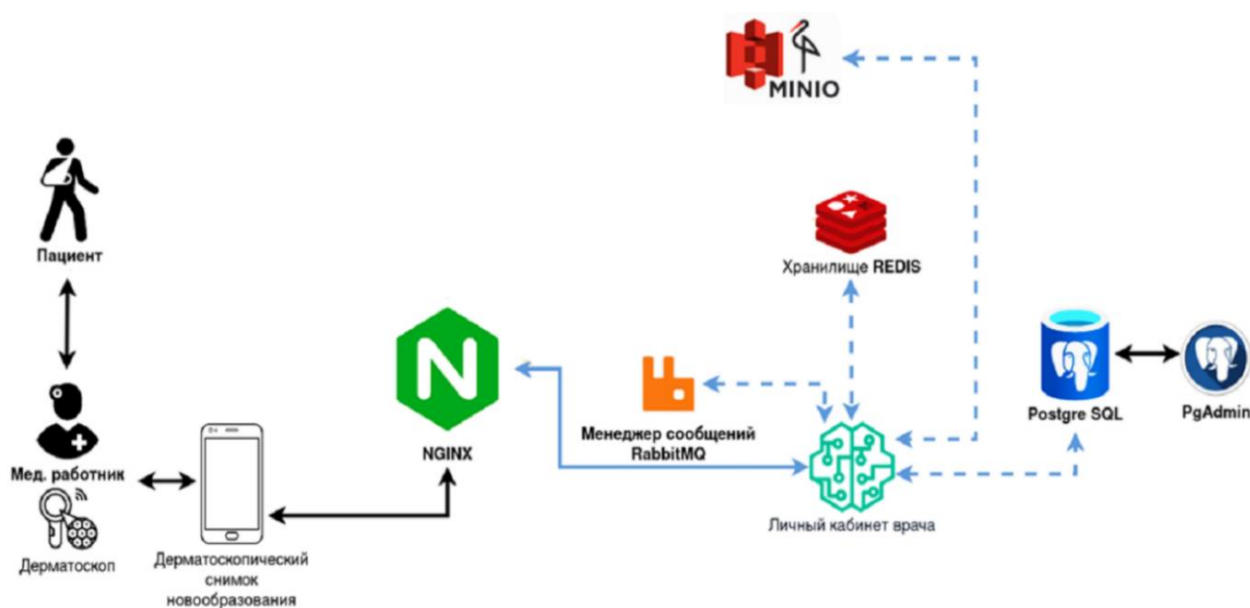


Рис. 3. Стек используемых технологий при разработке интеллектуальной системы поддержки принятия решений врача

Fig. 3. Stack of technologies used in the development of an intelligent decision support system for physicians

К применяемому стеку технологии и средствам разработки относятся:

– балансировщик нагрузки Nginx выполняет роль веб-сервера и обратного

прокси-сервера, обеспечивая безопасную и быструю передачу данных между пользователями и сервером. Кроме того, Nginx отвечает за распределение входящих запросов на сервер между несколькими серверами, обеспечивая масштабируемость и отказоустойчивость функционирования системы;

- менеджер (брокер) сообщений RabbitMQ представляет собой систему обмена сообщениями, обеспечивающую асинхронное взаимодействие и маршрутизацию между компонентами системы. Функционирует на базе протокола AMQP (Advanced Message Queuing Protocol) и обеспечивает надежную передачу изображений, результатов анализа и разметки из web-приложения пользователя на серверную часть;

- файловое хранилище MinIO, применяемое для хранения изображений, отправляемых на сервер. MinIO поддерживает протоколы S3 для локального хранения изображений, отправляемых пользователями на серверную часть для анализа;

- хранилище Redis, выступающее в качестве внутренней памяти ключей-значений, используемой для хранения временных данных, таких как сессии пользователей, кэшированных данных и другие данных, используемых системой для быстрого доступа;

- база данных PostgreSQL и система управления базами данных pgAdmin. PostgreSQL используется для хранения постоянных данных, таких как информация о пациентах, изображениях и результатах анализа. pgAdmin предназначена для управления базой данных и выполнения запросов к ней.

Для решения задачи классификации дерматоскопических изображений обобщено применение модели виртуального трансформера SeyedAli/Melanoma-Classification для многоклассовой классификации и модели microsoft/swinv2-tiny-patch4 на первом этапе бинарной каскадной классификации, а также SeyedAli/Melanoma-Classification – для второго этапа бинарной каскадной классификации.

Результаты и их обсуждение

Программная реализация разработанной интеллектуальной системы поддержки принятия решения врача представлена в виде облачного сервиса с доступом через веб-браузер (<https://cab.ai-melanoma.ru/>), а также мобильного приложения, доступного для операционных систем Android и iOS. Главное окно пользовательского интерфейса облачного сервиса представлено ниже (рис. 4).

Пользовательский интерфейс (личный кабинет врача) позволяет:

- создавать анкету пациента, содержащую детальную информацию: возраст, пол, тип волос, тип кожи, расположение и количество родинок, наследственность, прием препаратов или наличие заболеваний, наличие веснушек, фототип кожи и наличие ожогов;

- загружать дерматоскопические изображения новообразований кожи, результаты проведенных гистологических и клинических исследований, а также осуществлять анализ и разметку клинически значимых признаков (рис. 5).

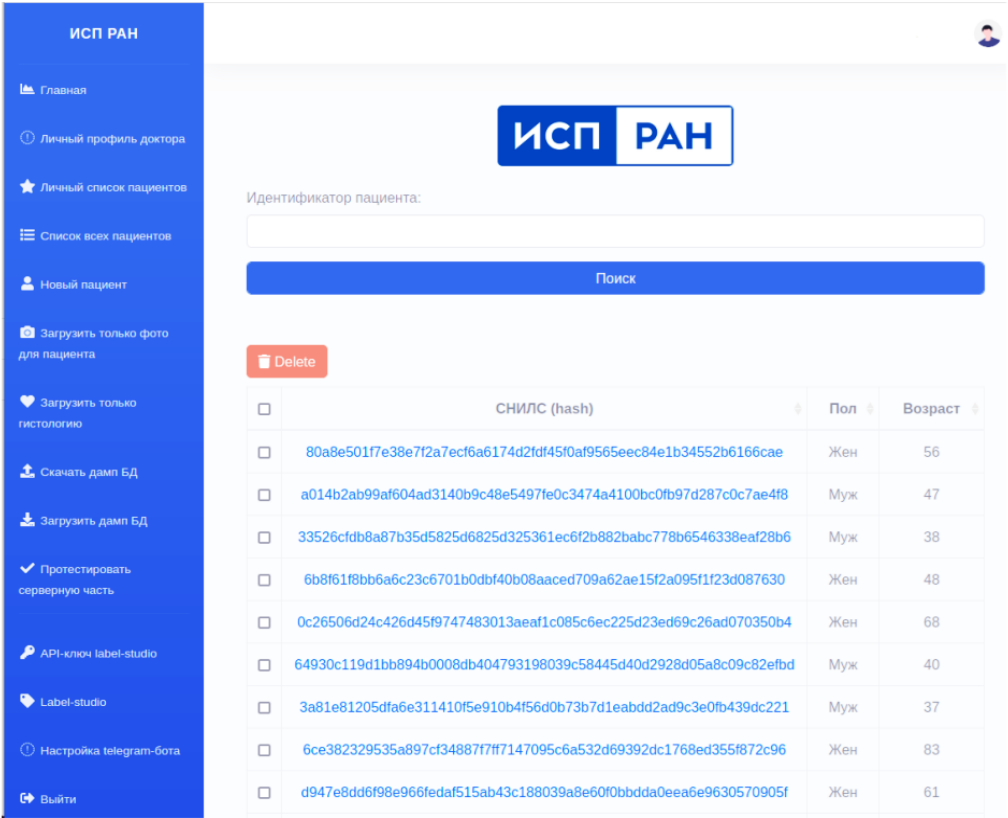


Рис. 4. Пользовательский интерфейс интеллектуальной системы поддержки принятия решений врача

Fig. 4. User interface of the intelligent decision support system for physicians

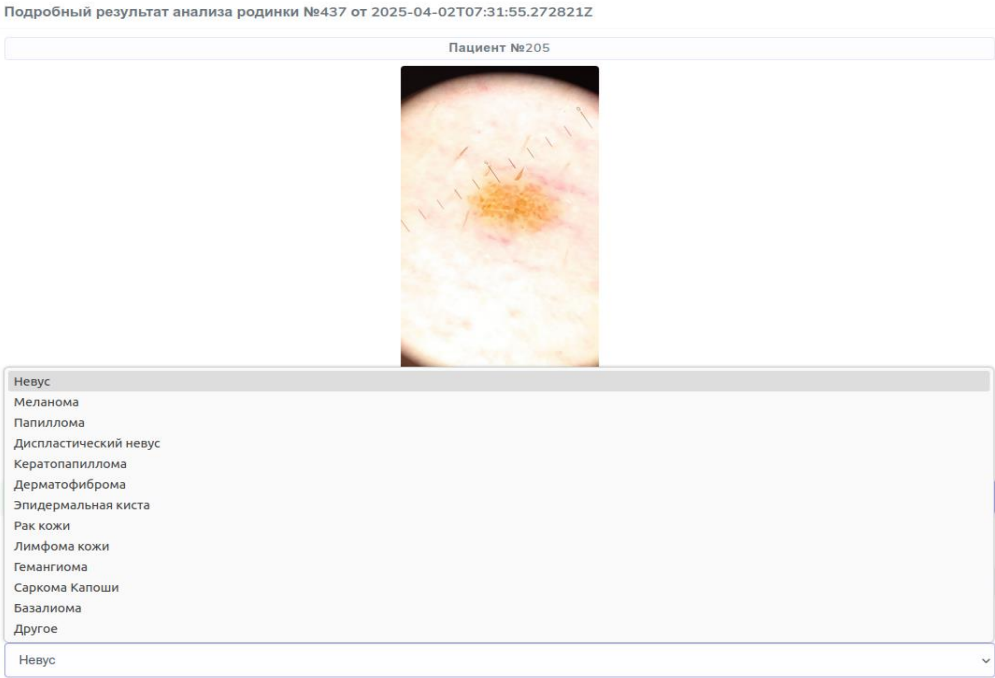


Рис. 5. Пользовательский интерфейс интеллектуальной системы поддержки принятия решений врача

Fig. 5. User interface of the intelligent decision support system for physicians

Пользовательский интерфейс позволяет осуществлять сбор дерматоскопических изображений, формирование наборов данных для обучения моделей и алгоритмов машинного обучения. В ходе проведения профилактических приемов пациентов дерматовенерологического профиля посредством применения разработанной интеллектуальной системы поддержки принятия решения

врача сформирован набор дерматоскопических изображений клинически верифицированных случаев меланоцитарных и немеланоцитарных новообразований, учитывающих фототипы кожи населения России (I–IV фототипы по классификации Фицпатрика). Рассмотрим структуру сформированного набора (табл. 1).

Таблица 1. Распределение изображений по типам кожных новообразований в сформированном наборе данных дерматоскопических изображений

Table 1. Image distribution by skin lesions in the generated dataset of dermoscopic images

Кол-во изображений Images	Невус Nev	Себорейный кератоз SK	Меланома Mel	Сосудистые поражения VL	Дерматофиброма DF	Базальноклеточная карцинома BCC	Плоскоклеточный рак SC
657	353	116	75	61	19	18	15

Сформированный набор дерматоскопических изображений применяется для обучения используемых алгоритмов классификации совместно с набором данных ISIC-2019.

В ходе обучения используемых алгоритмов классификации, основанных на моделях визуальных трансформеров, получены следующие результаты тестирования моделей:

– многоклассовая классификация (модель SeyedAli/Melanoma-Classification): показатель Accuracy – 93,2%, F-мера – 89,1%;

– двухэтапная бинарная классификация: первый этап: модель microsoft/swinv2-tiny-patch4, показатель Accuracy – 95,4%, F-мера – 94,8%, второй этап: модель

SeyedAli/ Melanoma-Classification, показатель Accuracy – 96,4%, F-мера – 95,1%.

Полученные результаты верификации моделей позволили перейти к экспериментальным оценкам разработанной интеллектуальной системы поддержки принятия решений врача на основе анализа дерматоскопических изображений. Практическая апробация разработанной системы проводилась в реальных клинических условиях в рамках серии профилактических мероприятий под названием «День меланомы», организованных на базе медицинских учреждений и при поддержке просветительской платформы Melanoscope (<https://melanoscope.ru>).

В рамках апробации применялась методика скринингового обследования для ранней дифференциальной диагностики меланоцитарных новообразований кожи с использованием мобильной дерматоскопии, включающая получение

высококачественных дерматоскопических изображений с помощью оптического дерматоскопа в сочетании со смартфоном, а также их последующий автоматизированный анализ на базе разработанной системы (рис. 6).

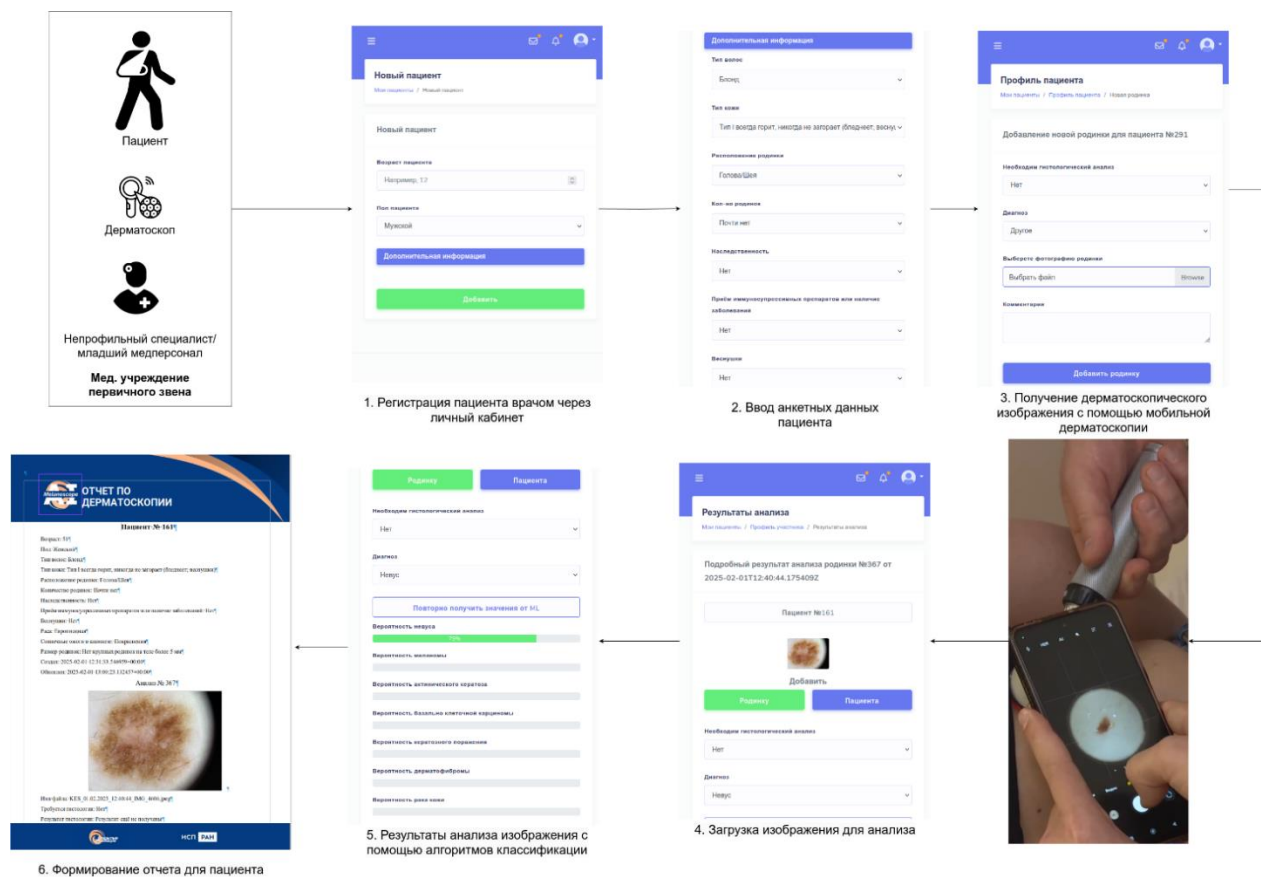


Рис. 6. Применение интеллектуальной системы поддержки принятия решений врача для диагностики новообразований кожи

Fig. 6. Application of an intelligent decision support system for physicians to diagnose skin neoplasms

В ходе шести отдельных сессий, прошедших с ноября 2024 г. по июнь 2025 г., было бесплатно обследовано более 250 пациентов, обратившихся по собственному желанию для прохождения дерматоскопического скрининга новообразований кожи. Каждому пациенту выполнялась мобильная дерматоскопия, после чего изображения автоматически анализировались с помощью

разработанной системы. Модуль системы классифицировал новообразования по диагностическим категориям, интерпретируемые врачом-специалистом. В результате проведенных мероприятий было выявлено 9 случаев меланомы, 6 случаев базальноклеточной карциномы и более 30 случаев атипичных (диспластических) невусов.

Выводы

Результаты работы системы были сопоставлены с заключениями врачей-дерматологов и онкологов, принимавших участие в обследованиях. По итогам мероприятий установлено что:

- среднее время анализа одного изображения сократилось на 30–40 % по сравнению с традиционным ручным протоколом;

- в 89% случаев наблюдалось совпадение между результатами автоматической классификации и клиническим заключением врача;

- система продемонстрировала устойчивость к реальным условиям съемки: изображения варьировались по качеству, содержали артефакты (волосы, линейки, неровное освещение), но были успешно обработаны без снижения точности.

Особенно важным результатом является возможность применения интеллектуальной системы не только в стационарных, но и в мобильных клинических условиях: система успешно функционировала как в веб-интерфейсе, так и в мобильном приложении. Это делает интеллектуальную систему поддержки принятия решений врача перспективным инструментом для массового скрининга, профилактических осмотров и телемедицинских консультаций.

На основе опыта апробации были сформированы рекомендации по интеграции интеллектуальной системы поддержки принятия решений врача в

рабочие процессы медицинских учреждений, включая:

- возможность использования системы в рамках скрининговых обследований, выездных профилактических приемов и диспансеризации;

- настройку интеллектуальной системы поддержки принятия решений врача как дополнительного модуля к существующим медицинским информационным системам;

- организацию регулярного скрининга в малоресурсных учреждениях (ФАПы, ЦРБ) с использованием мобильного приложения;

- отсутствие привязки к конкретному дерматоскопу: система совместима с широким спектром оптических устройств, что расширяет применимость решения;

- возможность массового скрининга с целью первичной фильтрации пациентов, снижения количества необоснованных направлений в онкологические диспансеры и повышения эффективности маршрутизации;

- ориентированность на врачей общей практики и среднего медперсонала, особенно в отдаленных и сельских районах, где отсутствуют профильные врачи-дерматологи/онкологи.

Таким образом, проведенная апробация подтвердила технологическую готовность системы к внедрению, ее клиническую применимость и значимость для повышения онконастороженности врачей при работе с кожными новообразованиями на этапе первичной диагностики.

Список литературы

1. Dermoscopy compared with naked eye examination for the diagnosis of primary melanoma: a meta-analysis of studies performed in a clinical setting / M. E. Vestergaard, P. Macaskill, P. E. Holt, S. W. Menzies // *British Journal of Dermatology*. 2008. Vol. 159, N 3. P. 669–676. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.2008.08713.x>
2. Artificial Intelligence in Dermatology: A Systematic Review of Its Applications in Melanoma and Keratinocyte Carcinoma Diagnosis / N. Jairath, V. Pahalyants, R. Shah, J. Weed, J. A. Carucci, M. C. Criscito // *Dermatologic Surgery*. 2024. Vol. 50, N 9. P. 791–798. <https://doi.org/10.1097/DSS.0000000000004223>
3. Deep neural networks are superior to dermatologists in melanoma image classification / T. J. Brinker, A. Hekler, A. H. Enk, C. Berking, S. Haferkamp, A. Hauschild, M. Weichen-
thal // *European Journal of Cancer*. 2019. Vol. 119. P. 11–17. <https://doi.org/10.1016/j.ejca.2019.05.023>
4. Adamson A. S., Smith A. Machine Learning and Health Care Disparities in Dermatol-
ogy // *JAMA Dermatology*. 2018. Vol. 154, N 11. C. 23–48. <https://doi.org/10.1001/jamadermatol.2018.2348>
5. A systematic review and meta-analysis of artificial intelligence versus clinicians for skin cancer diagnosis / M. P. Salinas, J. Sepulveda, L. Hidalgo, D. Peirano, M. Morel, P. Uribe // *NPJ Digital Medicine*. 2024. Vol. 7, N 125. P. 1–23. <https://doi.org/10.1038/s41746-024-01103-x>
6. Платформа для сбора дерматоскопических изображений новообразований паци-
ентов / А. В. Козачок, А. А. Спирин, К. В. Елецкий, Е.С. Козачок // *Труды Института
системного программирования РАН*. 2024. Т. 36, №. 3. С. 259–272. [https://doi.org/10.15514/ISPRAS-2024-36\(3\)-18](https://doi.org/10.15514/ISPRAS-2024-36(3)-18)
7. UI/UX Design Of Mobile-Based Pharmacy Application Using Design Thinking
Method / S. Suryani, N. Nurdiansah, F. Faizal, N. Nirwana, A. Metekohy // *Journal of Com-
puter Networks, Architecture and High Performance Computing*. 2023. Vol. 5, N 2. P. 714–
723. <https://doi.org/10.47709/cnahpc.v5i2.2811>
8. Familoni B. T., Babatunde S. O. User experience (UX) design in medical products:
theoretical foundations and development best practices // *Engineering Science & Technology
Journal*. 2024. Vol. 5, N 3. P. 1125–1148. <https://doi.org/10.51594/estj.v5i3.975>
9. Features recognition from piping and instrumentation diagrams in image format using
a deep learning network / E. S. Yu, J. M. Cha, T. Lee, J. Kim, D. Mun // *Energies*. 2019.
Vol. 12, N 23. P. 1–19. <https://doi.org/10.3390/en12234425>
10. Skin Cancer Detection with Metadata Using Deep Learning Strategies / N. Devara-
konda, M. Murthy, R. Reddy, P. S. Harsha // *Advances in Communication and Applications*

(ERCICA 2023). Singapore: Springer, 2024. P. 217–233. https://doi.org/10.1007/978-981-99-7633-1_16

11. Применение моделей машинного обучения для многоклассовой классификации дерматоскопических снимков новообразований кожи / А. В. Козачок, А. А. Спирин, О. И. Самоваров, Е. С. Козачок // Труды Института системного программирования РАН. 2024. Т. 36, № 5. С. 241–252. [https://doi.org/10.15514/ISPRAS-2024-36\(5\)-17](https://doi.org/10.15514/ISPRAS-2024-36(5)-17)

12. Хабарова Р. И., Кулева С. А. Искусственный интеллект в диагностике доброкачественных новообразований кожи у пациентов детского возраста. Интеграция нейронной сети в мобильное приложение // Вопросы онкологии. 2022. Т. 68, № 6. С. 820–826. <https://doi.org/10.37469/0507-3758-2022-68-6-820-826>

13. A survey, review, and future trends of skin lesion segmentation and classification / H. Kamrul, A. Asif, H. Y. Choon, Y. Guang // Computers in Biology and Medicine. 2023. Vol. 155. С. 1–36. <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2023.106624>

14. Automatic melanoma detection using discrete cosine transform features and metadata on dermoscopic images / S. Yousefi, S. Najjar-Ghabel, R. Danehchin, S. S. Band, C. C. Hsu, A. Mosavi // Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences. 2024. Vol. 36, N 2. P. 101944. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2024.101944>

References

1. Vestergaard M.E., Macaskill P., Holt P.E., Menzies S.W. Dermoscopy compared with naked eye examination for the diagnosis of primary melanoma: a meta-analysis of studies performed in a clinical setting. *British Journal of Dermatology*. 2008;159(3):669–676. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.2008.08713.x>

2. Jairath N., Pahalyants V., Shah R., Weed J., Carucci J.A., Criscito M.C. Artificial Intelligence in Dermatology: A Systematic Review of Its Applications in Melanoma and Keratinocyte Carcinoma Diagnosis. *Dermatologic Surgery*. 2024;50(9):791–798. <https://doi.org/10.1097/DSS.0000000000004223>

3. Brinker T.J., Hekler A., Enk A.H., Berking C., Haferkamp S., Hauschild A., Weichen-
thal M. Deep neural networks are superior to dermatologists in melanoma image classification. *European Journal of Cancer*. 2019;119:11–17. <https://doi.org/10.1016/j.ejca.2019.05.023>

4. Adamson A.S., Smith A. Machine Learning and Health Care Disparities in Dermatology. *JAMA Dermatology*. 2018;154(11):23–48. <https://doi.org/10.1001/jamadermatol.2018.2348>

5. Salinas M.P., Sepulveda J., Hidalgo L., Peirano D., Morel M., Uribe P. A systematic review and meta-analysis of artificial intelligence versus clinicians for skin cancer diagnosis. *NPJ Digital Medicine*. 2024;7(125):1–23. <https://doi.org/10.1038/s41746-024-01103-x>

6. Kozachok A.V., Spirin A.A., Elezkiy K.V., Kozachok E.S. A platform for collecting dermoscopic images of patients' neoplasms. *Trudy Instituta sistemnogo programmirovaniya*

RAN = *Proceedings of the Institute for System Programming of the Russian Academy of Sciences*. 2024;36(3): 259–272. (In Russ.) [https://doi.org/ 10.15514/ISPRAS-2024-36\(3\)-18](https://doi.org/10.15514/ISPRAS-2024-36(3)-18)

7. Suryani S., Nurdiansah N., Faizal F., Nirwana N., Metekohy A. UI/UX Design Of Mobile-Based Pharmacy Application Using Design Thinking Method. *Journal of Computer Networks, Architecture and High Performance Computing*. 2023;5(2):714–723. <https://doi.org/10.47709/cnahpc.v5i2.2811>

8. Familoni B.T., Babatunde S.O. User experience (UX) design in medical products: theoretical foundations and development best practices. *Engineering Science & Technology Journal*. 2024;5(3):1125–1148. [https://doi.org/ 10.51594/estj.v5i3.975](https://doi.org/10.51594/estj.v5i3.975)

9. Yu E.S., Cha J.M., Lee T., Kim J., Mun D. Features recognition from piping and instrumentation diagrams in image format using a deep learning network. *Energies*. 2019;12(23):1–19. [https://doi.org/ 10.3390/en12234425](https://doi.org/10.3390/en12234425)

10. Devarakonda N., Murthy M., Reddy R., Harsha P.S. Skin Cancer Detection with Metadata Using Deep Learning Strategies. *Advances in Communication and Applications*. (ERCICA 2023). Singapore: Springer; 2024. P. 217–233. https://doi.org/10.1007/978-981-99-7633-1_16

11. Kozachok A.V., Spirin A.A., Samovarov O.I., Kozachok E.S. Application of machine learning models for multiclass classification of dermatoscopic images of skin neoplasms. *Trudy Instituta sistemnogo programmirovaniya RAN = Proceedings of the Institute for System Programming of the Russian Academy of Sciences*. 2024; 36(5):241–252. (In Russ.) [https://doi.org/ 10.15514/ISPRAS-2024-36\(5\)-17](https://doi.org/10.15514/ISPRAS-2024-36(5)-17)

12. Khabarova R.I., Kulyova S.A. Artificial intelligence in the diagnosis of benign skin tumors in pediatric patients. Neural network integration into a mobile application. *Voprosy onkologii = Oncology Issues*. 2022; 68(6):820–826. (In Russ.) <https://doi.org/10.37469/0507-3758-2022-68-6-820-826>

13. Kamrul H., Asif A., Choon H.Y., Guang Y. A survey, review, and future trends of skin lesion segmentation and classification. *Computers in Biology and Medicine*. 2023;155:1–36. <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2023.106624>

14. Yousefi S., Najjar-Ghabel S., Danehchin R., Band S.S., Hsu C.C., Mosavi A. Automatic melanoma detection using discrete cosine transform features and metadata on dermatoscopic images. *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*. 2024;36(2):101944. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2024.101944>

Информация об авторах / Information about the Authors

Козачок Елена Сергеевна, сотрудник,
Институт системного программирования
им. В. П. Иванникова РАН,
г. Москва, Российская Федерация,
e-mail: e.kozachok@ispras.ru,
ORCID: 0000-0003-152-4714

Elena S. Kozachok, Employer,
Ivannikov Institute for System Programming
of the Russian Academy of Sciences, Moscow,
Russian Federation,
e-mail: e.kozachok@ispras.ru,
ORCID: 0000-0003-152-4714

Серегин Сергей Сергеевич, кандидат
медицинских наук, врач-онколог,
Бюджетное учреждение здравоохранения
Орловской области «Орловский
онкологический диспансер»,
г. Орел, Российская Федерация,
e-mail: serega_s2004@mail.ru,
ORCID: 0000-0002-7248-402X

Sergey S. Seregin, Candidate of Sciences
(Medicine), Oncologist, Budgetary Healthcare
Institution of the Oryol Region "Oryol Oncology
Dispensary", Oryol, Russian Federation,
e-mail: serega_s2004@mail.ru,
ORCID: 0000-0002-7248-402X

Козачок Александр Васильевич, доктор
технических наук, доцент, заведующий
лабораторией Институт системного
программирования им. В. П. Иванникова
РАН, г. Москва, Российская Федерация,
e-mail: a.kozachok@ispras.ru,
ORCID: 0000-0002-6501-2008

Alexander V. Kozachok, Doctor of Sciences
(Engineering), Associate Professor, Head
of Laboratory, Ivannikov Institute for System
Programming of the Russian Academy
of Sciences, Moscow, Russian Federation,
e-mail: a.kozachok@ispras.ru,
ORCID: 0000-0002-6501-2008

Елецкий Кирилл Вячеславович, кандидат
технических наук, доцент, научный
сотрудник, Институт системного
программирования им. В. П. Иванникова
РАН, г. Москва, Российская Федерация,
e-mail: k.eletskiy@ispras.ru,
ORCID: 0009-0001-1434-9620

Kirill V. Eleckij, Candidate of Sciences
(Engineering), Associate Professor, Research
Assistant, Ivannikov Institute for System
Programming of the Russian Academy
of Sciences, Moscow, Russian Federation,
e-mail: k.eletskiy@ispras.ru,
ORCID: 0009-0001-1434-9620

Самоваров Олег Ильгисович, кандидат
технических наук, ученый секретарь,
Институт системного программирования
им. В. П. Иванникова РАН,
г. Москва, Российская Федерация,
e-mail: samov@ispras.ru,
ORCID: 0000-0002-7006-7193

Oleg I. Samovarov, Candidate of Sciences
(Engineering), Scientific Secretary, Ivannikov
Institute for System Programming
of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russian Federation,
e-mail: samov@ispras.ru,
ORCID: 0000-0002-7006-7193