



DOI: 10.15514/ISPRAS-2024-36(3)-18

Платформа для сбора дерматоскопических изображений новообразований пациентов

А.В. Козачок, ORCID: 0000-0002-6501-2008 <a.kozachok@ispras.ru>

А.А. Спирин, ORCID: 0000-0002-7231-5728 <a.spirin@ispras.ru>

К.В. Елецкий, ORCID: 0009-0001-1434-9620 <k.eletskiy@ispras.ru>

Е.С. Козачок, ORCID: 0000-0003-2912-0754 <muza2804@gmail.com>

*Институт системного программирования РАН,
Россия, 109004, г. Москва, ул. А. Солженицына, д. 25.*

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы формирования Отечественного набора данных дерматоскопических снимков новообразований кожи пациентов, сформированы требования к метаданным и фотографиям, описаны существующие наиболее популярные в научной среде наборы данных для построения моделей машинного обучения по классификации дерматоскопических снимков. Описана архитектура разработанной платформы для сбора данных дерматоскопических снимков новообразований кожи пациентов из РФ.

Ключевые слова: дерматоскопия; модели машинного обучения; классификация дерматоскопических снимков; раннее обнаружение меланомы и рака кожи.

Для цитирования: Козачок А.В., Спирин А.А., Елецкий К.В., Козачок Е.С. Платформа для сбора дерматоскопических изображений новообразований пациентов. Труды ИСП РАН, том 36, вып. 3, 2024 г., стр. 259–272. DOI: 10.15514/ISPRAS-2024-36(3)-18.

Благодарности: Исследование поддержано Фондом содействия инновациям (Договор № 0091114).

A Platform for Collecting Dermatoscopic Images of Patients' Neoplasms

A.V. Kozachok, ORCID: 0000-0002-6501-2008 <a.kozachok@ispras.ru>

A.A. Spirin, ORCID: 0000-0002-7231-5728 <a.spirin@ispras.ru>

K.V. Elezkiy, ORCID: 0009-0001-1434-9620 <k.eletskiy@ispras.ru>

E.S. Kozachok, ORCID: 0000-0003-2912-0754 <muza2804@gmail.com>

*Institute for System Programming of the Russian Academy of Sciences,
25, Alexander Solzhenitsyn st., Moscow, 109004, Russia.*

Abstract. The article deals with the formation of a domestic dataset of dermatoscopic images of skin neoplasms of patients, the requirements for metadata and photographs are formed, the existing data sets most popular in the scientific community for building machine learning models for the classification of dermatoscopic images are described. The architecture of the developed platform for data collection of dermatoscopic images of skin neoplasms of patients from the Russian Federation is described.

Keywords: dermatoscopy; machine learning models; classification of dermatoscopic images; early detection of melanoma and skin cancer.

For citation: Kozachok A.V., Spirin A.A., Elezkiy K.V., Kozachok E.S. A platform for collecting dermatoscopic images of patients' neoplasms. *Trudy ISP RAN/Proc. ISP RAS*, vol. 36, issue 3, 2024. pp. 259-272 (in Russian). DOI: 10.15514/ISPRAS-2024-36(3)-18.

Acknowledgements. The research was supported by the Foundation for the Promotion of Innovation (Agreement No. 0091114).

1. Введение

Меланома представляет собой одну из наиболее опасных форм рака кожи, характеризующуюся высокой скоростью роста и способностью быстро метастазировать. Это злокачественное заболевание может возникнуть из обычных родинок и меланоцитов, особых клеток кожи. Степень злокачественности меланомы обусловлена ее способностью к инвазии и быстрому распространению в организме. Риск заболевания меланомой увеличивается при наличии ряда факторов: онкологические заболевания у родственников, пожилой возраст, травматизация родинок и избыточное ультрафиолетовое облучение. Сложность обнаружения меланомы на начальной стадии заключается в том, что на первых стадиях признаки этого заболевания часто малозаметны, что может привести к поздней диагностике и промедлению с назначением лечения. Ранняя диагностика меланомы имеет критическое значение, поскольку она существенно увеличивает шансы на успешное лечение и выздоровление пациента. Проведение самообследования кожи регулярно и обращение к врачу при любых изменениях, таких как изменения в родинках или появление новых пигментных образований, является ключевым для раннего выявления меланомы и повышения эффективности лечения.

Злокачественные новообразования являются одной из основных причин смерти во всем мире. По статистике в 2020 году каждый шестой умерший страдал онкологическим заболеванием [1]. Наиболее распространенными видами рака в мире (с точки зрения числа новых случаев) в 2020 г. являлись: рак молочной железы (2,26 млн случаев), рак легких (2,21 млн случаев), толстой и прямой кишки (1,93 млн случаев), рак предстательной железы (1,41 млн случаев) и немеланомный рак кожи (1,20 млн случаев). Заболеваемость меланомой кожи составила в 2020 г. 325 тыс. (21% всех раковых заболеваний кожи), при этом, среди всех новообразований кожи меланома обладает самой высокой летальностью [2].

Заболеваемость меланомой кожи неуклонно растет во всем мире с 1960 гг. и, вероятно, продолжит рост в будущем [3, 4]. С сохранением темпов роста заболеваемости и смертности, к 2040 г. ожидается увеличение заболеваемости на 50 % по отношению к показателям 2020 г., а смертности – на 68 % [3].

Показатели заболеваемости и смертности значительно варьируют в различных странах (табл. 1), что связано с климатическими условиями и уровнем жизни, так меланома достаточно редко встречается в большинстве стран Африки и Азии, где стандартизированный по возрасту показатель заболеваемости для обоих полов обычно ниже 1 случая на 100 тыс. населения. В 2020 г. самые высокие показатели наблюдались в Австралии и Новой Зеландии. Распространенность меланомы в РФ на 100 тыс. населения неуклонно растет: так за 10 лет показатель вырос почти в 1,5 раза с 48,3 в 2011 г. до 70,4 в 2021 г. Удельный вес меланомы кожи, выявленной впервые на I–II стадии в 2021 г., составил 79,5 %, запущенной стадии — (III–IV) 19,6 %. Активно выявили 27,8 % случаев меланом на профилактических осмотрах и/или скринингах, что на 1,2 % меньше, чем в 2020 г. и на 4,7 % меньше по сравнению с 2019 г. Летальность на первом году с момента установления диагноза в 2021 г. в среднем по России составила 8,3 %, что на 4,8 % меньше по сравнению с показателем 2011 г.

Наиболее высокий показатель зарегистрирован в Северо-Кавказском федеральном округе – 9,5 %. В республике Кабардино-Балкария летальность достигла 11,4 %. В Центральном Федеральном округе средний показатель составил 9,4 %, максимальные значения зарегистрировали в Ивановской (16,7 %) и Орловской (15,1 %) областях. В Москве и Московской области летальность на первом году с момента установления диагноза составила

9,2 % и 7,3 % соответственно. В Сибирском федеральном округе (8,9 %) максимальная летальность выявлена в Новосибирской области (14,5 %), далее следуют Республика Алтай (12,5 %) и Алтайский край (11,7 %). Самый низкий средний показатель летальности по стране с момента установления диагноза зарегистрирован в Приволжском федеральном округе (6,8 %) [6].

Табл. 1. Эпидемиологические показатели заболеваемости и смертности от меланомы в разных странах мира [5]

Table 1. Epidemiological indicators of morbidity and mortality from melanoma in different countries of the world [5]

Страна	Стандартизированная по возрасту заболеваемость на 100 тыс. населения	Стандартизированный по возрасту коэффициент смертности на 100 тыс. населения	Кумулятивный риск заболеваемости на 100 тыс. населения	Кумулятивный риск смертности на 100 тыс. населения
Австралия	36,6	2,4	7,8	0,93
Канада	12,2	1,4	2,7	0,46
Нидерланды	27	2,3	4,8	0,65
Норвегия	26,4	3,2	5,5	0,98
Новая Зеландия	31,6	4,7	7,4	1,5
РФ	5	1,6	0,96	0,35
США	16,6	1,1	3,6	0,32

В.М. Мерабишвили и соавт. [7] провели популяционное исследование эпидемиологии злокачественной меланомы в России и оценили годовичную летальность среди мужского и женского населения за период 2008–2015 гг. Авторы показали, что годовичная летальность мужчин на каждом году наблюдения была заметно выше таковой среди женского населения. До пятого года наблюдения дожили 35,6 % мужчин и 47,4 % женщин [7, 8].

Полученные данные свидетельствуют о необходимости усиления мер скрининга для раннего выявления заболевания [6].

Однако Международное общество дерматоскопии (International Dermoscopy Society, IDS) провело опрос, по результатам которого с начала пандемии COVID-19 у дерматологов и онкологов количество очных приемов снизилось на 75 %. В связи с всеобщей изоляцией, более половины респондентов (56,8 %) сообщили, что число меланом, диагностированных в эти месяцы, было крайне низким [9].

В связи с затруднением проведения скрининговых мероприятий и активного выявления злокачественных новообразований кожи в настоящее время в мире обсуждается возрастающая роль телемедицины, применение диагностических и терапевтических инструментов на расстоянии от пациента. Теледерматологию можно разделить на теледерматологию в режиме реального времени (видеоконсультацию) и теледерматологию с промежуточным хранением (передача изображения пациентом). Оба типа теледерматологии облегчили дистанционную дерматологическую помощь во время пандемии при хронических заболеваниях [10]. Согласно результатам кокрановского систематического обзора (2018), путем теледерматологических консультаций возможно идентифицировать большинство злокачественных новообразований кожи и выявлять поражения, требующие личного осмотра специалистом [11].

2. Формирование набора данных

Для развития скрининговой программы по выявлению меланомы и рака кожи на ранней стадии были предложены решения для внедрения дерматоскопических аппаратов в фельдшерско-акушерских пунктах и непрофильные медицинские учреждения первичного звена [12].

Одной из причин, мешающих развитию и применению описанных методов компьютерной диагностики (от англ. – *Computer aided diagnosis, CAD*), является отсутствие наборов данных, учитывающих особенности и фенотип кожи пациентов, проживающих на территории Российской Федерации.

Для составления требований к набору данных пациентов РФ и описанию его структуры был проведен анализ существующих наборов данных в предметной области – оптической дерматоскопии.

В 2023-2024 годах наиболее используемыми наборами данных дерматологических изображений являются: ISIC 2017,2018,2019,2020, HAM 10000, PH2. Статистические сведения по наборам данных представлены в таблице 2 [13].

Табл. 2 Общедоступные наборы данных для решения задач сегментации пораженной кожи и классификации пораженной кожи с различным количеством классов и образцов изображений

Table 2 Publicly available SLS (segmentation) and SLC (classification) datasets with variable amounts of classes and image samples

Набор данных	Количество изображений для каждой задачи									
	Сегментация		Классификация по классам							
	Изображения	Маски	Nev ¹	SK	BCC	AK	DF	VL	Mel	SCC
ISIC-16	900	900	727	-	-	-	-	-	173	-
	379	379	304	-	-	-	-	-	75	-
ISIC-17	2000	2000	1372	254	-	-	-	-	374	-
	150	150	78	42	-	-	-	-	30	-
	600	600	393	90	-	-	-	-	117	-
ISIC-18	12500	12500	6705	1099	514	327	115	142	1113	-
ISIC-19	-	-	12875	2624	3323	867	239	253	4522	624
ISIC-20	-	-	32542	-	-	-	-	-	548	-
PH2	200	200	160	-	-	-	-	-	40	-
IAD	100	100	70	-	-	-	-	-	30	-
Dermaquest	137	137	61	-	-	-	-	-	76	-
IRMA	-	-	560	-	-	-	-	-	187	-
HAM10000	-	-	6705	1099	514	324	115	142	1113	-

Описание и структура наборов данных:

1. ISIC Archive: архив Международной организации по визуализации кожи (ISIC) является одним из крупнейших общедоступных наборов данных для анализа новообразований кожи. Он содержит более 25000 дерматоскопических изображений с достоверными метками для различных типов новообразований, включая меланому. Набор данных регулярно обновляется и используется в многочисленных соревнованиях и конкурсах.
2. AM10000 Dataset: Набор данных Human Against Machine содержит 10015 дерматоскопических изображений различных новообразований кожи, включая 1113 случаев меланомы. Он является общедоступным и широко применяется в исследованиях.
3. BCN20000 Dataset: недавно представленный набор данных BCN20000 включает 20000 дерматоскопических изображений, аннотированных экспертами-дерматологами. Он содержит широкий спектр новообразований, в том числе

¹ Nev – nevus (родинка), SK – seborrheic keratosis (себорейный кератоз), BCC – basal cell carcinoma (базально клеточная карцинома), AK – actinic keratosis (актинический кератоз), DF – dermatofibroma (дерматофиброма), VL – vascular lesion (сосудистое поражения кожи), Mel – melanoma (меланома), SCC – Squamous Cell Carcinoma (плоскоклеточная карцинома).

меланому, базальноклеточную карциному и другие виды рака кожи.

4. Mel-Vision Dataset: набор данных Mel-Vision, созданный компанией Mel-Vision Medical, содержит более 10 000 дерматоскопических изображений с аннотациями для различных типов новообразований кожи, включая меланому. Он отличается высоким качеством изображений и точными метками.
5. EDRA Atlas of Dermoscopy: атлас дерматоскопии Европейской ассоциации дистанционной дерматологии (EDRA) содержит обширную коллекцию дерматоскопических изображений и клинических данных, которые могут использоваться в качестве набора данных для исследований.
6. MClass-D – это относительно новый набор данных, включающий более 12000 дерматоскопических изображений с аннотациями для различных типов новообразований кожи, в том числе меланомы, базальноклеточной карциномы и других форм рака кожи.
7. PH2 набор состоит из 200 изображений, увеличенных в 20 раз размером 768*560. Набор содержит следующие классы: 80 изображений родинок, 80 изображений атипичных родинок и 40 изображений меланомы.

Наборы данных играют ключевую роль в разработке и оценке систем CAD для обнаружения меланомы и других форм рака кожи, позволяя исследователям и разработчикам обучать и тестировать модели машинного обучения на разнообразных и репрезентативных данных. Однако следует учитывать качество данных, точность аннотаций и потенциальные смещения при использовании этих наборов данных в исследованиях или клинических приложениях.

Рассмотренные наборы данных, содержат не большое количество метаданных или не содержат их вовсе. Так, наиболее популярный набор данных ISIC-2019, содержат метаданные трех видов: возраст пациента, его пол и расположение [14]. Некоторые авторы относят к метаданным разрешение изображений и его тип.

На наш взгляд, для более полной характеристики пациента, необходимо указывать информацию об онкологических заболеваниях родственников. Более подробная информация о пациенте может повысить точность классификации онкологических заболеваний кожи.

Таким образом были сформированы требования к формируемому набору данных:

1. Наличие оптического дерматоскопического изображения новообразования.
2. Наличие метаданных пациента, не позволяющих идентифицировать его личность, но расширяющие возможность диагностирования заболевания. В качестве таких признаков, на основе опроса экспертов – врачей-онкологов, были выбраны: возраст, пол, цвет волос, тип кожи, расположение новообразования, количество родинок на теле пациента, анамнез солнечных ожогов, наличие и количество новообразований более 5 мм.

Формирование набора данных пациентов, граждан Российской Федерации, позволит учитывать особенности населения России при разработке моделей машинного обучения.

На основе сформированных требований к набору данных была разработана анкета опроса пациента, представленная в табл. 3.

В качестве идентификатора пациента используется уникальная последовательность символов, состоящая из: последних 4 цифр СНИЛС и даты рождения, например: пациент 010229031975, где 0102 – последние 4 цифры СНИЛС пациента, 29031975 – дата рождения пациента. Использование данной кодировки позволит однозначно идентифицировать пациента и отказаться от использования его персональных данных, накладывающих ограничения и особенности организации процесса сбора и хранения данных.

Табл. 3. Анкета опроса пациентов
Table 3. Patient survey form

Возраст	
Пол	☐ Муж ☐ Жен
Тип волос	☐ Блонд ☐ Русый ☐ Седые/окраска
	☐ Коричневый ☐ Черный
Тип кожи	☐ Тип I всегда горит, никогда не загорает (бледнеет; веснушки)
	☐ Тип II обычно горит, загорает минимально (светлый, но темнее светлого)
	☐ Тип III иногда легкий ожог, равномерный загар (золотисто-медовый или оливковый)
	☐ Тип IV горит минимально, всегда хорошо загорает (умеренно коричневый)
	☐ Тип V очень редко горит, очень легко загорает (темно-коричневый)
	☐ Тип VI никогда не горит (от глубоко пигментированного темно-коричневого до самого темно-коричневого)
Расположение	☐ Голова/Шея ☐ Ноги
	☐ Гениталии ☐ Торс
	☐ Ладони/Подошвы ☐ Руки
Количество родинок	☐ Почти нет ☐ Единичные
	☐ От 5 до 20 ☐ Больше 20
Онкология у родственников	☐ Нет ☐ Бабушка/Дедушка
	☐ Брат/Сестра ☐ Мать/Отец
Пониженный иммунитет	☐ Да ☐ Нет
Наличие веснушек	☐ Да ☐ Нет
Раса	☐ Европиодная ☐ Азиатская ☐ Монголоидная
Солнечный ожоги в анамнезе	☐ Покраснения
	☐ Боль в области ожога
	☐ Наличие волдырей
Размер родинок	☐ Нет крупных родинок на теле более 5 мм
	☐ 1-2 крупных родинок более 5 мм
	☐ 3 и более крупных родинок
Необходима гистология	☐ Да ☐ Нет
Диагноз*	☐ Родинка ☐ Меланома ☐ Папиллома
	☐ Диспластическая родинка ☐ Кератопапиллома
	☐ Дерматофиброма ☐ Эпидермальная киста
	☐ Рак кожи ☐ Лимфома кожи ☐ Гемангиома
	☐ Саркома Капоши ☐ Другое
Дата осмотра	

3. Разрабатываемая платформа для сбора и анализа данных

Для сбора набора данных были разработаны сервисы по обработке и агрегации данных от специалистов-онкологов и пациентов. Основная цель создания сервиса – сбор дерматоскопических снимков и анкетных данных пациентов без сохранения их персональных данных и предоставление возможности пациенту пройти экспресс диагностирование с использование личного смартфона.

В результате формируются 2 связанные базы данных с дерматоскопическими и макроскопическими снимками новообразований. Связь баз данных осуществляется по уникальному идентификатору пациента, что позволит формировать уникальный набор данных, состоящий из макроскопических и дерматологических снимков одного и того же новообразования, кроме того, содержащего обширные метаданные пациента, способствующие проведению диагностирования. Также сервисы позволяют загружать результаты гистологических исследований.

Структура разработанной платформы представлена на рис 1.

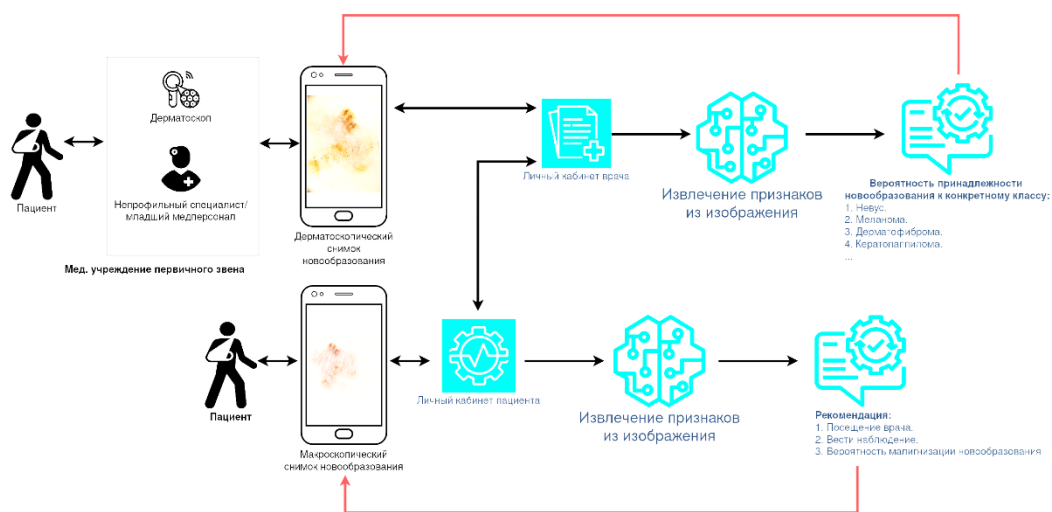


Рис. 1 Структура разработанной платформы для формирования набора данных
Fig. 1 The developed software product interface for the data set formation

Личный кабинет врача предоставляет функционал для:

1. Создания анкеты пациента, с последующей возможностью добавления снимков и их анализа алгоритмами машинного обучения.
2. Загрузки результатов проведенных гистологических исследований новообразований.
3. Проведения разметки дерматоскопических изображений, в том числе несколькими специалистами с алгоритмами определения итогового значения.
4. Отслеживания состояния и динамики развития новообразований пациента.

Кроме того, имеется возможность выполнить анализ загруженной дерматоскопической фотографии на предобученных моделях нейронных сетей и получить класс новообразования (родинка, меланома, актинический кератоз, базально клеточная карцинома, кератозное поражение, дерматофиброма, рак кожи, сосудистые поражения кожи, неизвестный диагноз).

Личный кабинет пациента предоставляет функционал для загрузки макроскопических фотографий новообразований, отслеживания их изменения и роста. Также он позволяет

отправить фотографию для первичного ознакомления и получения рекомендаций врачу. В настоящее время ведется разработка личного кабинета пациента и обучение моделей машинного обучения для определения типа новообразования.

К моменту написания статьи в наборе данных содержится информация о 211 пациенте из Орловской области. Набор данных содержит 211 дерматоскопических и макроскопических снимков новообразований, из которых 50 – доброкачественные, 161 – злокачественные. Интерфейс разработанного сервиса личного кабинета врача представлен на рис. 2.

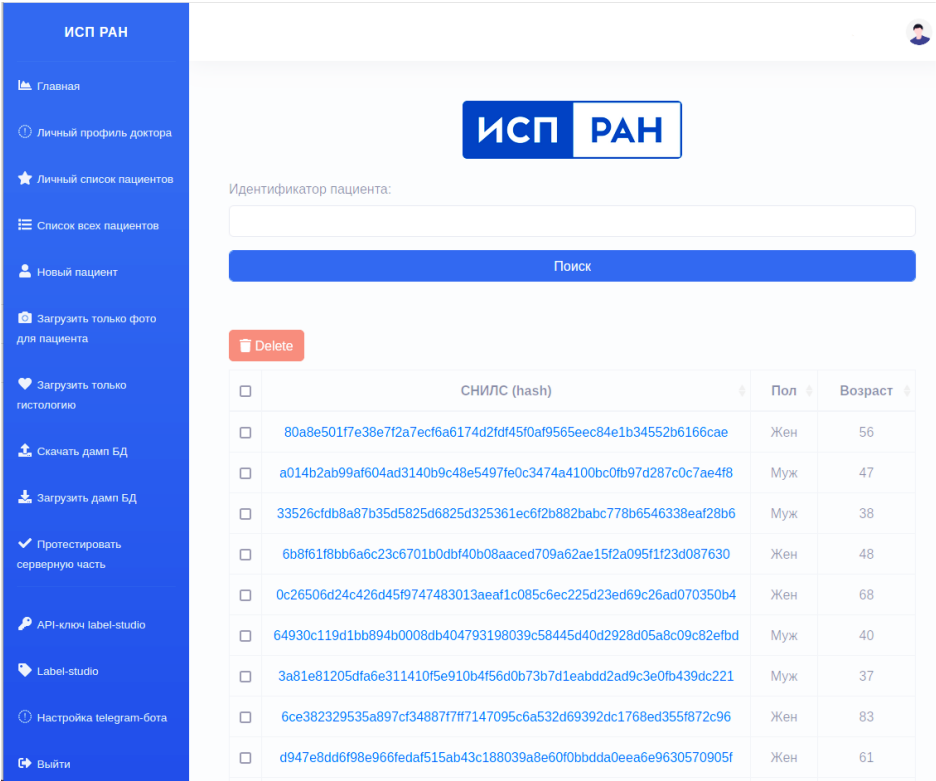


Рис. 2 Интерфейс личного кабинета врача для формирования набора данных
Fig. 2 The developed software product interface for the data set formation

Архитектура платформы для сбора данных представлена на рис. 3

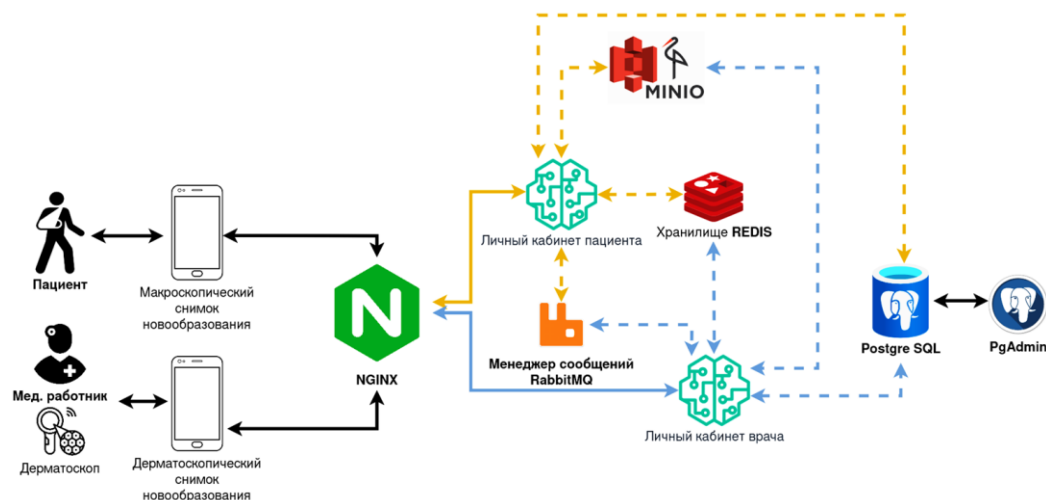


Рис. 3 Архитектура платформы для сбора данных
Fig. 3 Deployed data collection services structure

Платформа по сбору данных включает в себя несколько компонентов, которые работают совместно для обеспечения минимального времени отклика системы.

1. Брокер сообщений RabbitMQ отвечает за маршрутизацию сообщений между различными компонентами сервиса, позволяет передавать сообщения между различными частями системы. Функционирует на базе протокола AMQP (Advanced Message Queuing Protocol) и обеспечивает надежную передачу изображений и данных из личного кабинета на серверную часть.
2. Minio Server – это объектное хранилище, которое используется для хранения изображений, отправляемых на сервер. Minio Server поддерживает протоколы S3 и предоставляет удобный интерфейс для работы с объектами хранения. Minio Server используется для хранения изображений, отправляемых пользователями на серверную часть для анализа.
3. Redis – это внутренняя память ключей-значений, которая используется для хранения временных данных, таких как сессии пользователей, кэшированные данные и другие данные, требующие быстрого доступа.
4. Балансировщик нагрузки Nginx отвечает за распределение входящих запросов на сервер между несколькими серверами, обеспечивая тем самым масштабируемость и отказоустойчивость сервисов.
5. База данных PostgreSQL и система управления базами данных pgAdmin: База данных PostgreSQL используется для хранения постоянных данных, таких как информация о пользователях, изображениях и результатах анализа. pgAdmin предоставляет удобный интерфейс для управления базой данных и выполнения запросов к ней.

Примеры дерматоскопических изображений новообразований кожи пациентов из создаваемого набора данных представлены на рис. 4. На рис. 5 представлен пример одной записи сформированного набора данных.

Собранные данные хранятся в базе данных. Перед загрузкой дерматоскопического снимка необходимо создать анкету пациента и указать требуемые анкетные данные. После загрузки снимка система выдаст вероятности принадлежности новообразования к каждому классу на основе предобученной модели искусственной нейронной сети.

4. Заключение

В результате проведенных исследований был выполнен анализ существующих наборов данных оптической дерматоскопии, определены их достоинства и недостатки. Были определены требования для формирования набора данных дерматоскопических снимков новообразований пациентов из Российской Федерации.

Дальнейшие исследования будут направлены на изучение существующих моделей машинного обучения и возможности переноса обучения из домена классификации изображений для формирования адаптированной к фенотипу кожи пациентов из России модели машинного обучения.

Также предполагается модернизация существующей платформы для использования врачами-дерматологами с целью ведения общей базы пациентов, отслеживания процесса лечения пациента и ведения совместной работы по разметке дерматоскопических снимков и формирования набора данных.

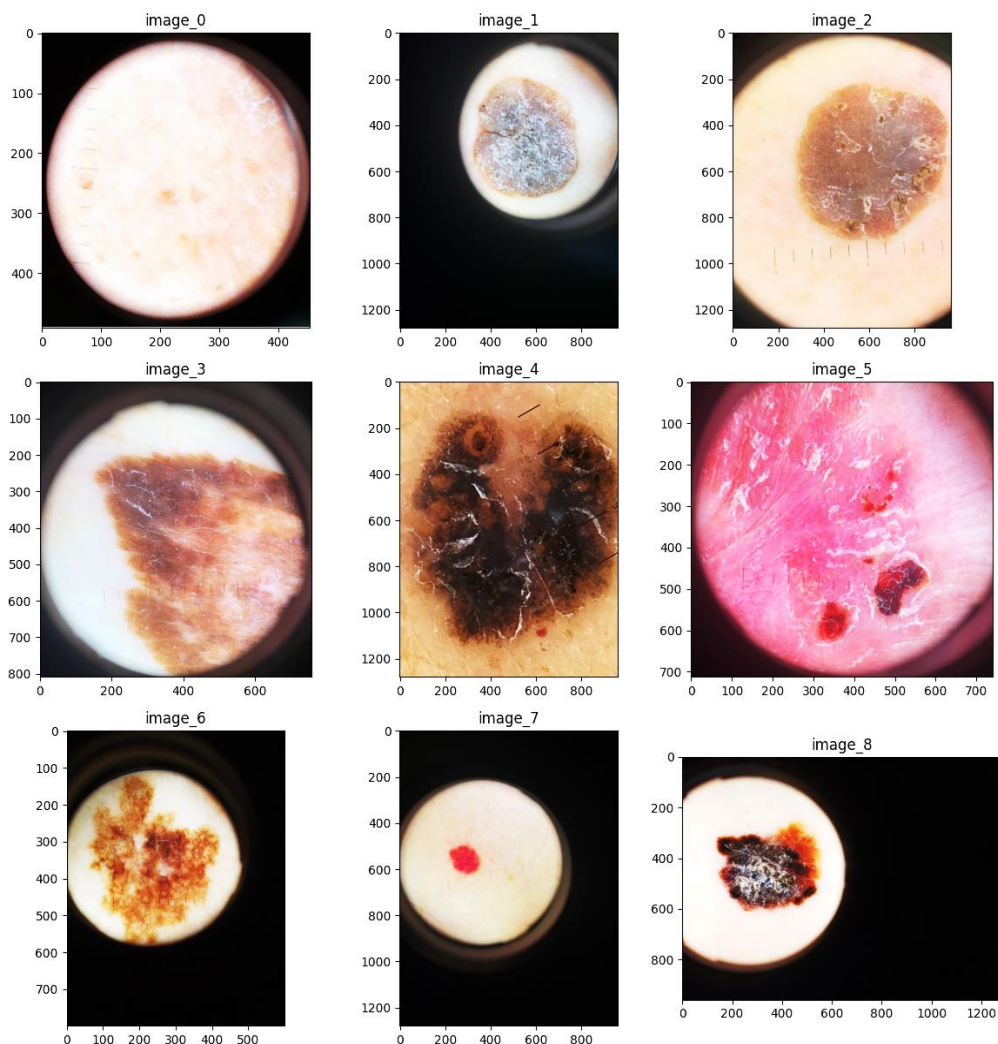


Рис. 4 Пример загруженных изображений
Fig. 4 Example of uploaded images

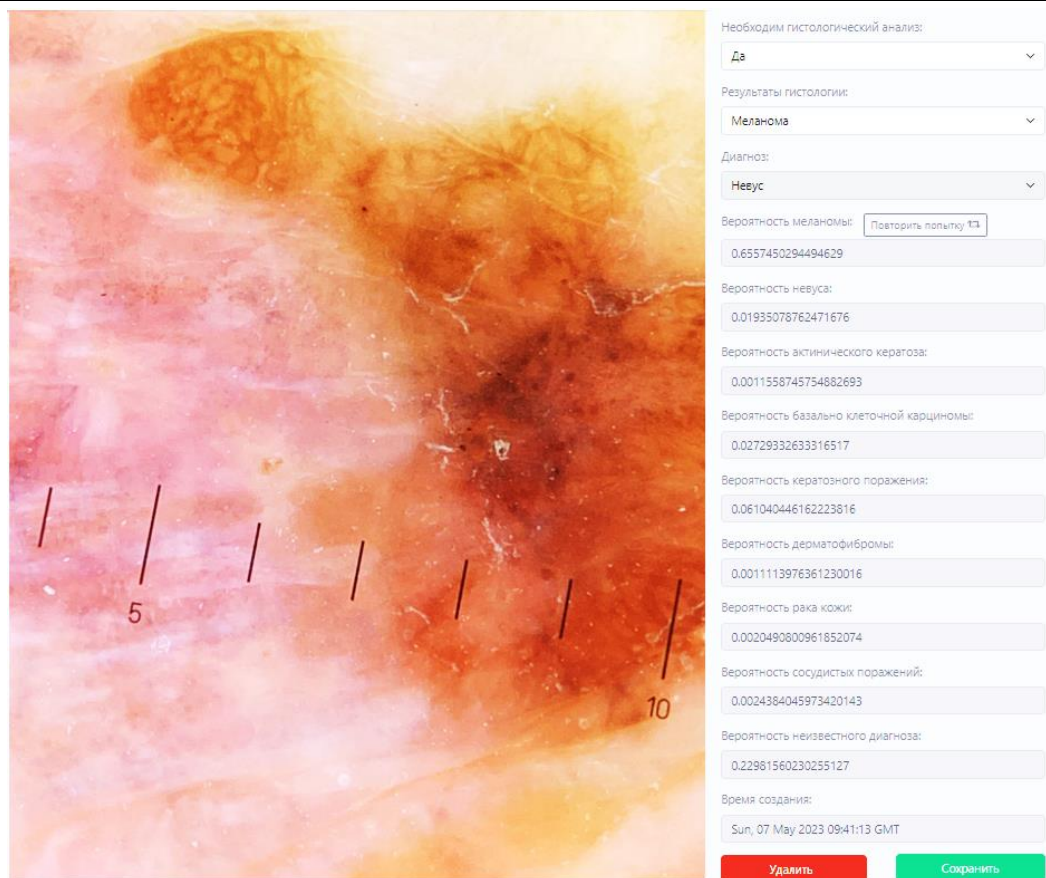


Рис. 5 Пример одной записи сформированного набора данных с метаданными
 Fig. 5 An example of a single record of a generated dataset with metadata

Список литературы / References

- [1]. Бахарева Ю.О., Тараканова В.О., Рубаняк М.Ю., Каменских Е.М. Меланома кожи (C43): анализ тенденций заболеваемости и смертности в свете пандемии COVID-19, молекулярная эпидемиология. Вопросы онкологии. 2023;69(4):631-638. doi 10.37469/0507-3758-2023-69-4-631- 638
- [2]. Arnold M, Singh D, Laversanne M et al. Global burden of cutaneous melanoma in 2020 and projections to 2040. *JAMA Dermatol.* 2022;158(5):495–503. doi:10.1001/ja-madermatol.2022.0160.
- [3]. Erdmann F, Lortet-Tieulent J, Schüz J, et al. International trends in the incidence of malignant melanoma 1953-2008--are recent generations at higher or lower risk? *Int J Cancer [Internet].* 2013;132(2):385-400 [Accessed Aug 18, 2022]. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ijc.27616>.
- [4]. Sung H, Ferlay J, Siegel RL, et al. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians.* 2021;71(3):209–249. doi:10.3322/caac.21660
- [5]. Gutierrez-Gonzalez E, Lopez-Abente G, Aragones N, et al. Trends in mortality from cutaneous malignant melanoma in Spain (1982-2016): sex-specific age-cohort-period ef-fects. *J Eur Acad Dermatol Venereol.* 2019;33(8):1522–1528. doi:10.1111/jdv.15565.
- [6]. Каприн А.Д., Старинский В.В., Шахзадова А.О. Состояние онкологической помощи населению России в 2021 году. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России. 2022:239 [Kaprin AD, Starinsky VV, SHahzadova AO. The state of oncological care to the population of Russia in 2021. Moscow: P.A. Herzen MNIOI – branch of the Fed-eral State

- Budgetary Institution «NMIC of Radiology» of the Ministry of Health of the Russian Federation. 2022 (In Russ.)). Available from: <https://oncology-association.ru/wp-content/uploads/2022/05/sostoyanie-onkologicheskoy-pomoshhi-naseleniyu-rossii-v-2021-godu.pdf>.
- [7]. Мерабишвили В.М., Мерабишвили Э.Н. Эпидемиология, достоверность учета, гистологическая структура, погодичная летальность и выживаемость больных злокачественной меланомой кожи (C43). Популяционное исследование – Часть 1. Вопросы онкологии. 2020;66(6):630-637 [Merabishvili VM, Merabishvili EN. Epidemiology, index of accuracy, histological structure, year-by-year lethality and survival of patients with malignant melanoma (C43). Population study – part I. Voprosy Oncologii. 2020;66(6):630-37 (In Russ.)]. Doi:10.37469/0507-3758-2020-66-6-630-637.
- [8]. Мерабишвили В.М., Мерабишвили Э.Н. Эпидемиология, достоверность учета, гистологическая структура, погодичная летальность и выживаемость больных злокачественной меланомой кожи (C43). Популяционное исследование – Часть 2. Вопросы онкологии. 2020;66(6):638-644 [Merabishvili VM, Merabishvili EN. Epidemiology, index of accuracy, histological structure, year-by-year lethality and survival of patients with malignant melanoma (C43). Population study – part 2. Voprosy Oncologii. 2020;66(6):638-44 (In Russ.)]. Doi:10.37469/0507-3758-2020-66-6-638-644.
- [9]. Conforti C, Lallas A, Argenziano G, et al. Impact of the COVID-19 pandemic on dermatology practice world-wide: Results of a survey promoted by the international dermoscopy society (IDS). *Dermatol Pract Concept*. 2021;11(1):e2021153. doi:10.5826/dpc.1101a153
- [10]. Veronese F, Branciforti F, Zavattaro E, et al. The role in teledermoscopy of an inexpensive and easy-to-use smartphone device for the classification of three types of skin lesions using convolutional neural networks. *Diagnosics (Basel)*. 2021;11(3):451. doi:10.3390/diagnostics11030451.
- [11]. Chuchu N, Dinnes J, Takwoingi Y, et al. Teledermatology for diagnosing skin cancer in adults. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018;12:CD013193. doi:<https://doi.org/10.1002/14651858.CD013193>
- [12]. Kozachok A.V., Spirin A.A., Kozachok E.S. Review of methods for early melanoma computer vision detection //Proceedings of the Institute for System Programming of the RAS (Proceedings of ISP RAS). – 2022. – Т. 34. – №. 4. – С. 241-250.
- [13]. Hasan M. K. et al. A survey, review, and future trends of skin lesion segmentation and classification //Computers in Biology and Medicine. – 2023. – Т. 155. – С. 106624.
- [14]. Lyakhov P. A., Lyakhova U. A., Nagornov N. N. System for the recognizing of pigmented skin lesions with fusion and analysis of heterogeneous data based on a multimodal neural network //Cancers. – 2022. – Т. 14. – №. 7. – С. 1819.

Информация об авторах / Information about authors

Александр Васильевич КОЗАЧОК – доктор технических наук, доцент, заведующий лабораторией безопасного программного обеспечения и анализа данных Института системного программирования им. В.П. Иванникова РАН. Сфера научных интересов: методы и системы защиты информации, кибербезопасность, машинное обучение, анализ данных.

Alexander Vasilevich KOZACHOK – Dr. Sci. (Tech.), associate professor, head of the laboratory of secure software and data analysis of the Institute for system programming of the RAS. Research interests: information security methods and systems, cybersecurity, machine learning, data analysis.

Андрей Андреевич СПИРИН – кандидат технических наук, научный сотрудник института системного программирования им. В.П. Иванникова Российской Академии наук. Его научные интересы включают распознавание образов, системы искусственного интеллекта.

Andrei Andreevich SPIRIN – Cand. Sci. (Tech.), research associate of the Ivannikov institute for system programming of the Russian academy of sciences. His research interests include pattern recognition, artificial intelligence systems.

Елена Сергеевна КОЗАЧОК является главным врачом ООО «Бьюти Клиник». Её научные интересы включают вопросы косметологии, дерматологии, трихологии.

Elena Sergeevna KOZACHOK is a specialist of the Department of system programming of CMC of Lomonosov Moscow State University. Her research interests include pattern recognition, residual class systems.

Кирилл Вячеславович ЕЛЕЦКИЙ является специалистом лаборатории Безопасного программного обеспечения и анализа данных Института системного программирования им. В.П. Иванникова Российской Академии наук. Его научные интересы включают проектирование систем распознавания образов, систем автоматической компьютерной диагностики, решение задач машинного обучения, системы остаточных классов.

Kirill Vyacheslavovich ELETSKIY is a specialist in the Laboratory of Secure Software and Data Analysis at the Ivannikov Institute for System Programming of the Russian Academy of Sciences. His research interests include the design of pattern recognition systems, automatic computer diagnostics systems, and solving machine learning problems, residual class systems.

