УДК 004.932

Таванцев Александр Вадимович, магистрант,
Амурский государственный университет
Tavantsev Aleksandr Vadimovich,
Master's student, Amur State University

Бушманов Александр Вениаминович,
канд. техн. наук, доцент,
Амурский государственный университет
Bushmanov Aleksandr Veniaminovich,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Amur State University

МОДУЛЬНЫЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС АНАЛИЗА КТ-ИЗОБРАЖЕНИЙ НА БАЗЕ ОТКРЫТЫХ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ
MODULAR SOFTWARE COMPLEX FOR CT IMAGE ANALYSIS BASED ON OPEN NEURAL NETWORK MODELS

Аннотация. Описан программный комплекс, помогающий рентгенологу анализировать КТ-снимки лёгких. Программа автоматически считывает DICOM-серию, выделяет лёгочные поля и очаговые образования, а затем оценивает вероятность злокачественности найденных узлов. В основе лежат открытые свёрточные сети U-Net и ResNet, дообученные на наборе LIDC-IDRI. На тестовых данных получены Dice 0.82 для сегментации узлов и AUC-ROC 0.91 для классификации. Система задумана как второе мнение, окончательное решение остаётся за врачом.

Abstract. The paper describes a software complex that assists a radiologist in analysing lung CT scans. The software automatically reads a DICOM series, segments lung fields and focal lesions, and estimates the malignancy probability of detected nodules. It relies on open U-Net and ResNet convolutional networks fine-tuned on the LIDC-IDRI dataset. Dice 0.82 for nodule segmentation and AUC-ROC 0.91 for classification were obtained on test data. The system is intended as a second opinion, while the final decision remains with the physician.

Ключевые слова: Компьютерная томография, рак лёгкого, глубокое обучение, сегментация, U-Net, ResNet, поддержка врачебных решений.

Keywords: Computed tomography, lung cancer, deep learning, segmentation, U-Net, ResNet, clinical decision support.

Рак лёгкого остаётся одной из главных причин смертности от онкологических заболеваний. Исход лечения сильно зависит от того, насколько рано удалось обнаружить очаг. На практике ранняя диагностика сталкивается с кадровым дефицитом. В районных больницах не хватает рентгенологов, а те, кто есть, вынуждены просматривать сотни срезов за смену. Глаз устаёт, и мелкий узел размером два-три миллиметра легко пропустить. К этому добавляется субъективность: два врача, посмотревшие один и тот же снимок, нередко дают разные заключения [1].

Помочь здесь может автоматический анализ снимков. Но готовых решений, которые можно взять и внедрить в региональную больницу, немного. Коммерческие системы закрыты, их устройство неизвестно, а стоимость лицензии часто неподъёмна для небольшого учреждения. Научные прототипы, наоборот, открыты, но сделаны под зарубежные стандарты

и не стыкуются с отечественной ИТ-инфраструктурой [2]. В итоге между разработками и реальной практикой образуется разрыв, который и попытались закрыть в предлагаемой работе.

Программный комплекс построен по модульному принципу: каждый этап обработки снимка вынесен в отдельный слой. Такая архитектура позволяет заменять или дообучать отдельные модули, не переписывая всю систему целиком. Схема конвейера приведена на рисунке 1.

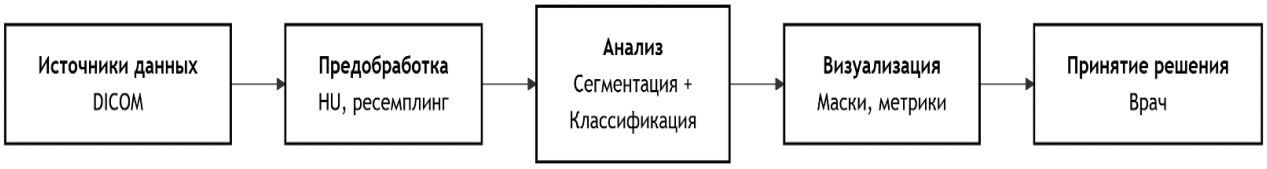

Рисунок 1. Схема конвейера обработки КТ-изображений

Первый модуль отвечает за подготовку данных. DICOM-файлы читаются, группируются по серии, анонимизируются. Значения вокселей переводятся в шкалу Хаунсфилда, интенсивности нормализуются, а срезы приводятся к единому разрешению. Без этого шага нельзя обойтись: снимки приходят с разных томографов, с разной толщиной среза и разными протоколами сканирования. Нейросеть, обученная на одних данных, на других начинает ошибаться.

Второй модуль – аналитический. Сначала работает сегментация лёгочных полей. Её задача – отделить лёгочную ткань от грудной стенки и средостения, чтобы дальше алгоритм искал патологию только там, где она возможна. Для этого используется U-Net с двумерными свёртками, обученная на наборе LIDC-IDRI. Затем в дело вступает модуль детекции и сегментации лёгочных узелков. Найденные области передаются в ResNet, которая оценивает вероятность злокачественности. Разделение на две модели сделано намеренно: каждая решает свою задачу, и замена одной из них не требует переобучения другой.

Третий модуль – визуализация. Врач открывает веб-интерфейс, видит исходный срез, наложенную на него маску, рядом – числовую оценку вероятности злокачественности и черновик протокола описания. Черновик можно править, маску – корректировать кистью. Система не принимает решений за врача, она лишь даёт ему дополнительную информацию и снимает часть рутины. Ответственность за заключение остаётся у человека [3].

Обучение моделей проводилось на открытом наборе LIDC-IDRI, который содержит 1018 исследований с разметкой узлов, выполненной четырьмя радиологами независимо. Для предобработки использовались библиотеки pydicom и SimpleITK, для обучения – PyTorch и MONAI. Параметры обучения сведены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры обучения моделей

Модель	**Архитектура**	**Функция потерь**	**Оптимизатор**	**Эпох**
Сегментация лёгких	U-Net + ResNet-34	Dice + BCE	AdamW	100
Сегментация узлов	U-Net	Dice + Focal	AdamW	150
Классификация	ResNet-50	CrossEntropy	SGD	80

Качество оценивалось по стандартным метрикам. Для сегментации использовался коэффициент Dice, для классификации – AUC-ROC. Отдельно проверялась чувствительность

детекции узлов размером менее трёх миллиметров, поскольку именно такие образования чаще всего пропускаются при ручном просмотре.

Апробация проводилась на тестовой части LIDC-IDRI и на клинических случаях, предоставленных партнёрами проекта. Сегментация лёгочных полей дала Dice 0.96, сегментация узлов – 0.82, классификация злокачественности – AUC-ROC 0.91. Чувствительность детекции узлов размером менее трёх миллиметров составила 0.79. В нескольких тестовых случаях система отметила образования, которые не были описаны при первичном ручном анализе [4].

Модульность комплекса даёт ещё одно преимущество. Если в клинике появляется новая модель сегментации или обновлённый классификатор, его можно заменить, не трогая остальные части системы. Это важно для медицинского ПО, которое должно жить годами и адаптироваться к новым данным.

Практическая ценность работы видится в двух вещах. Во-первых, систему можно поставить в региональный центр лучевой диагностики как вторую линию контроля: снимки, которые вызвали сомнение у дежурного врача, прогоняются через алгоритм, и расхождения привлекают внимание старшего специалиста. Во-вторых, автоматическое формирование черновика протокола сокращает время описания исследования, а значит, частично снимает нагрузку с поликлинического звена [5].

Дальнейшая работа связана с расширением набора данных за счёт локальных исследований, добавлением сценария динамического наблюдения и интеграцией с PACS через стандарт DICOM SR. Эти шаги позволят перейти от прототипа к системе, пригодной для повседневной эксплуатации.

Список литературы:

1. Аверьянов, А.В. Редкие заболевания легких: диагностика и лечение [Электронный ресурс] / А.В. Аверьянов, В.Н. Лесняк, Е.А. Коган. – Москва: Медицинское информационное агентство, 2016. – 256 с. – ISBN 978-5-9986-0275-7. – Режим доступа: https://medlib.ru/avtori/3726 (дата обращения: 20.02.2026).

2. Власов, П.В. Лучевая диагностика заболеваний органов грудной полости [Электронный ресурс] / П.В. Власов. – 2-е изд., доп. – Москва: Видар, 2023. – 520 с. – Режим доступа: https://www.books-up.ru/ru/book/luchevaya-diagnostika-zabolevanij-organov-grudnoj-polosti-5076340/ (дата обращения: 20.02.2026).

3. Ганцев, Ш.Х. Рак легкого [Электронный ресурс]: руководство для врачей / Ш.Х. Ганцев, А.А. Хмелевский. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2020. – 160 с. – ISBN 978-5-9704-5642-2. – Режим доступа: https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970456422.html (дата обращения: 24.02.2026).

4. Диагностическая визуализация при заболеваниях легких [Электронный ресурс]: практическое руководство / под ред. И.Е. Тюрина. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2023. – 248 с. – ISBN 978-5-9704-7396-2. – Режим доступа: https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970473962.html (дата обращения: 20.02.2026).

5. Разинова, А.А. Лучевая диагностика заболеваний легких [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.А. Разинова. – Санкт-Петербург: СПбГПМУ, 2019. – 56 с. – ISBN 978-5-907184-32-9. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/174489 (дата обращения: 20.02.2026).