МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет (институт) ЛФ МИ (наименование)

Кафедра Медицинская кибернетика и информатика (наименование)

Направление подготовки (специальность) 30.05.03 Медицинская кибернетика

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

на тему

Информационная технология поиска признаков патологии на цифровом рентгеновском снимке лёгких

Студент _____ 29.05.18 (подпись, дата) Бабаков Дмитрий Валентинович (ФИО полностью)

Руководитель/научный руководитель _____ 30.05.18 (подпись, дата) В.П. Ганичев (фамилия, инициалы)

Консультанты (если имеются):

по _____ _____ (подпись, дата) _____ (фамилия, инициалы)

по _____ _____ (подпись, дата) _____ (фамилия, инициалы)

по _____ _____ (подпись, дата) _____ (фамилия, инициалы)

Нормоконтролёр _____ 01.06.18 (подпись, дата) Янкина Н.Н. (фамилия, инициалы)

Рецензент инженер-физик РО ГБУЗ «ОКД» _____ 14.06.18 (подпись, дата) Костенкова М.Ю. (фамилия, инициалы)

Работа допущена к защите (протокол заседания кафедры от 25.05.18 № 1)

Заведующий кафедрой МКиИ _____ (подпись) Гераськин Р.А. (фамилия, инициалы)

Работа защищена с отметкой отл (протокол заседания ГЭК от 22.06 № 5)

Секретарь ГЭК _____ (подпись) Кривоногов А.Ю. (фамилия, инициалы)

Пенза 2018

«Утверждаю»

Заведующий кафедрой

«26» февраля 2018 г.

ЗАДАНИЕ
на дипломное проектирование

1. **Студент гр.** 12АК1 **факультета** машиностроительного **специальности** 30.05.03

Бойков Дмитрий Валентинович

(фамилия, имя, отчество)

2. **Руководитель проекта** Бочков Владимир Петрович

3. Время дипломного проектирования с 26 февраля 2018 г. по 15 июня 2018 г.

4. Место преддипломной практики кафедра ИК и ИТ ЛПИ ПГУ

5. Тема проекта Информационная технология поиска признаков изображения на цифровом растровом снимке земли

Тема утверждена приказом ПГУ № 156 а/о от «1» марта 2018 г.

6. Техническое задание на проект (назначение устройства, условия применения, внешние воздействия, специальные требования и т. п.)

Информационная технология предназначена для внедрения в учебно-методические центры и в учебный процесс подготовительного отделения

Задачи бинаризации и оценивания признаков изображения земли включают: дешифрирование на цифровых растровых снимках земли, их геометрическую правку, градации и интенсивность затемнений. Методы обработки растровых изображений: открытое исходное кодирование функций Image Processing Toolbox (IPT) обработки изображений земли для бинаризации и оценивания признаков изображения с использованием программных интерфейсов пользователей (GUI)

Среда информационной технологии: комплекс программ IPT и GUI бинаризации и оценивания признаков изображения

Среда программирования: Matlab

7. Объем и содержание основной части проекта

7.1. Пояснительная записка (перечень вопросов, подлежащих разработке, расчетов, обоснований, описаний)

Введение

1 Аналитический обзор литературы по теме

2. Технологическая часть технологического процесса
3. Разработка и описание методики поиска прорывов напряжения на
шлифовке ременковидной стальной ленты
4. Разработка программно - методического комплекса диагностирования
и определения прорывов напряжения на шлифовке ременковидной стальной ленты
Заключение

7.2. Графическая часть (перечень и содержание чертежей, плакатов)

1. Расчетная принципиальная
2. Технологическая часть
3. Шлифовальная технологическая
4. Схема выявления поиска прорывов напряжения на шлифовке
ременковидной стальной ленты
5. Состав программно - методического комплекса поиска и определения
прорывов напряжения на шлифовке ременковидной стальной ленты
6. Интерфейс пользователя
7. Заключение дипломного проекта. Экспериментальная

8. Консультанты и содержание дополнительных разделов (указывается конкретное содержание задания)

8.1. По конструкции устройства не планируется

Консультант _____

8.2. По технологии не планируется

Консультант _____

8.3. По экономике и организации производства не планируется

Консультант _____

8.4. По безопасности жизнедеятельности [illegible]

Консультант _____

9. Календарный график по выполнению проекта

Наименование этапов работы	Объем работы	Срок выполнения	Подпись руководителя, консультанта
1. [illegible]	5%	26.02.18-8.03.18	
2. [illegible]	20%	5.03.18-26.03.18	
3. [illegible]	15%	27.03.18-7.04.18	
4. [illegible]	20%	9.04.18-27.04.18	
5. [illegible]	25%	28.04.18-23.05.18	
6. [illegible]	5%	24.05.18-31.05.18	
7. [illegible] ПЗ	5%	1.06.18-7.06.18	
8. [illegible]	5%	8.06.18-21.06.18	

П р и м е ч а н и е. Задание по п. 8 должно быть согласовано с руководителем проекта. В случае, если по отдельным дополнительным разделам (см. п. 8) консультанты не назначаются, необходимые задания на проектирование выдает руководитель проекта и вносит в пп. 8.1–8.4.

Дата выдачи задания «26» [illegible] 2018 г.

Руководитель дипломного проекта _____ № ПЧ.30.05.03-18.АР.121.04.ТЗ

Задание к исполнению принял «26» [illegible] 2018 г.

Дипломный проект к защите допустить

Декан факультета _____

Директор института _____ 20___ г.

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка к дипломной работе на тему «Информационная технология поиска признаков патологии на цифровом рентгеновском снимке лёгких» содержит 150 листов, 71 рисунок, 28 таблиц, 62 источника, 9 приложений.

ПНЕВМОНИЯ, РЕНТГЕНОВСКИЕ ПРИЗНАКИ, ЦИФРОВОЙ РЕНТГЕНОВСКИЙ СНИМОК, ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ, РАСПОЗНАВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ, ПАКЕТ IMAGE PROCESSING TOOLBOX

Объект исследования: информационные технологии анализа цифровых рентгеновских снимков.

Предмет исследования: программно-методический комплекс поиска признаков патологии на цифровом рентгеновском снимке лёгких.

Целью работы является разработка методики обнаружения и оценивания признаков патологии на цифровых рентгеновских снимках органов грудной клетки, что способствует повышению достоверности, снижению трудоёмкости постановки диагноза, а так же позволят ограничивать требования к квалификации специалистов в области компьютерного анализа медицинских изображений.

Информационная технология предназначена для внедрения в диагностических центрах и в учебный процесс медицинского института.

СОДЕРЖАНИЕ с.

ВВЕДЕНИЕ 9
1 ДИАГНОСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ ЛЁГКИХ 13
1.1 Эпидемиология пневмонии 13
1.2 Этиология пневмонии 18
1.3 Патогенез пневмонии 24
1.4 Рентгенологический метод диагностики пневмонии 39
1.5 Традиционная методика анализа рентгенограмм 45
1.6 Основные результаты и выводы по разделу 1 50
2 РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ 53
2.1 Цифровые рентгеновские комплексы 53
2.2 Программные средства АРМ врача рентгенолога 60
2.3 Анализ цифровых рентгеновских снимков с помощью Image Processing Toolbox 64
2.4 Интерфейс пользователя АРМ врача рентгенолога 68
2.5 Среда GUI Matlab 72
2.6 Основные результаты и выводы по разделу 2 73
3 МЕТОДИКА ПОИСКА ПРИЗНАКОВ ПАТОЛОГИИ НА ЦИФРОВОМ РЕНТГЕНОВСКОМ СНИМКЕ ЛЁГКИХ 76
3.1 Методика поиска признаков патологии 76
3.2 Выделение границ области интереса 81
3.3 Обнаружение признаков патологии на цифровом рентгеновском снимке лёгких 88
3.4 Оценивание признаков обнаруженных объектов 94
3.5 База данных рентгеновских снимков 98
3.6 Основные результаты и выводы по разделу 3 101

4 ПРОГРАММНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ОБНАРУЖЕНИЯ И ОЦЕНИВАНИЯ ПРИЗНАКОВ ПАТОЛОГИИ НА ЦИФРОВОМ РЕНТГЕНОВСКОМ СНИМКЕ ЛЁГКИХ 104
4.1 Обнаружение границ области интереса 104
4.2 Обнаружение признаков патологии с помощью пакета функций IPT .. 114
4.3 Определение принадлежности обнаруженных объектов к диагностическому признаку патологии лёгких 119
4.4 Определение локализации найденного объекта 125
4.5 Графический интерфейс пользователя 129
4.6 Вычислительный эксперимент по поиску признаков патологии на цифровом рентгеновском снимке лёгких 135
4.7 Основные результаты и выводы по разделу 4 141
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 143
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 145
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Классификация пневмонии по этиологии 152
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Результаты рентгенологического исследования (рентгенограммы) пациентов с пневмонией 153
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Программное обеспечение, входящее в состав автоматизированных рабочих мест (АРМ) 156
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Последовательность применения функций Image Processing Toolbox (IPT) для анализа цифровых рентгеновских снимков 157
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Схема алгоритма поиска признаков патологии на цифровом рентгеновском снимке лёгких 159
ПРИЛОЖЕНИЕ Е. Схема алгоритма поиска границ области интереса 160
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж. Схема алгоритма обнаружения диагностических признаков 161
ПРИЛОЖЕНИЕ З. Синтаксис функций пакета Image Processing Toolbox программы Matlab 162

ПРИЛОЖЕНИЕ И. Текст программно-методического комплекса поиска и распознавания патологических образований на цифровом рентгеновском снимке легких 167

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность: На данный момент в мире насчитывается огромное количество различных патологий обладающих своими отличительными чертами и особенностями, выявление которых часто имеет первостепенное значение для лечения, так как без достоверных диагностических результатов невозможно назначить правильно лечение, а без своевременного лечения процент летального исхода любого, даже незначительного заболевания увеличивается в разы. Поэтому диагностика заболеваний является основным этапом лечения.

Однако любое диагностическое мероприятие имеет свои особенности как в плане их проведения, так и в плане интерпретации их результатов. В особенности это касается диагностики заболеваний лёгких, ведь, как известно из научных источников «золотым стандартом» диагностики практически любого заболевания органов дыхания является рентгенологическое исследование, обладающее довольно сложной интерпретацией результатов.

Учитывая тот факт, что в 2011 году Всемирная Организация Здравоохранения (ВОЗ) включила заболевания органов дыхания в число 10 ведущих причин смертности в мире, и то, что количество заболеваний органов дыхания, представляющих серьёзную опасность для здоровья населения, на сегодняшний день представлено довольно большим числом патологий, то можно говорить о необходимости повышения качества проводимых диагностических мероприятий.

В итоге получается, что заболевания органов дыхания нуждаются в тщательной и своевременной диагностике, от которой, зачастую, может зависеть жизнь пациента. Не только отсутствие своевременной диагностики, но и ошибки при интерпретации её результатов являются основной причиной отсутствия верной лечебной тактики и как результат этого высокой летальности.

Таким образом, решение поставленных проблем заключается в проведении диагностических манипуляций и интерпретация их результатов специалистом высокой квалификации. Так же имеются ряд сложностей подготовки высококвалифицированных специалистов заключающихся в необходимости значительных временных и материальных затрат на обучение таких специалистов. Но и тот специалист, который прошел необходимое обучение ещё не является квалифицированным, так как только теоритических знаний для достоверной интерпретации недостаточно, и необходим ещё и довольно значительный практический опыт, получение которого так же сопряжено с материальными и временными трудностями.

Даже при наличии специалиста прошедшего должное обучение и получившего значительные практические знания проблема достоверной диагностики остается открытой, так как такой специалист является практически незаменимым, вследствие чего нагрузка на него способна привести к возникновению всё тех же диагностических ошибок, но не по незнанию, а вследствие большой нагрузки на специалиста.

На основании данных представленных выше можно утверждать, что в основе многочисленных диагностических ошибок лежит отсутствие своевременной и достоверной диагностики патологии, одной из причин чего является недостаток специалистов обладающих высокой квалификации в области рентгенологической диагностики.

Решение задач связанных с повышением достоверности диагностических результатов заключается в применении методов компьютерной обработки рентгенограмм. В результате с помощью применения информационной технологии анализа рентгенограмм возникает реальная возможность решения проблем связанных как с недостатком практического опыта у специалистов, так и с обеспечением поддержки принятия решения специалистов с достаточной квалификацией.

Таким образом, применение информационной технологии для анализа рентгенограмм позволяет с одной стороны повысить достоверность диагностического процесса, а с другой снизить нагрузку на специалиста и облегчить процесс обучения новых специалистов.

Постановка задачи: Созданное на сегодняшний день программное обеспечение, основной задачей которого является анализ цифровых рентгеновских снимков, не предоставляет пользователю конкретной методики анализа, в связи, с чем специалист вынужден самостоятельно выбирать необходимые методы обработки цифрового изображения. В результате от специалиста, помимо высоких требований по квалификации в области рентгенологической диагностики, так же требуются глубокие знания в сфере компьютерной обработки изображений, что способствует не снижению трудоёмкости диагностического процесса, а наоборот, возникновению дополнительной нагрузки для специалиста.

Описанный выше нюанс удалось, пусть и частично, решить благодаря современному уровню развития компьютерных технологий, позволивших создать программное обеспечение, способное в некоторой степени автоматизировать процесс анализа рентгенограмм. Однако подобное программное обеспечение, в основном, рассчитано на наличие у специалиста определённых знаний, а так же опыта работы с подобным программным обеспечением, в силу наличия у него сложного для восприятия программного интерфейса.

Таким образом, повышенная трудоёмкость диагностического процесса создаёт предпосылки для возникновения диагностических ошибок, поэтому для решения представленных задач необходимо создать информационную технологию предоставляющую пользователю определённую методику анализа цифровых рентгеновских снимков, ограничивая тем самым требования, связанные с наличием у специалиста достаточных знаний в области компьютерной обработки изображений и, вместе с тем, предоставить

пользователю максимально удобный, а главное понятный и простой в использовании, программный интерфейс.

Создание необходимой информационной технологии достигается с помощью возможностей предоставляемых пакетом Image Processing Toolbox программы MATLAB.

Объект исследования: информационные технологии анализа цифровых рентгеновских снимков.

Предмет исследования: программно-методический комплекс поиска признаков патологии на цифровом рентгеновском снимке лёгких.

Целью работы является разработка методики обнаружения и оценивания признаков патологии на цифровых рентгенограммах органов грудной клетки, что способствует повышению достоверности, снижению трудоёмкости постановки диагноза, а так же позволят ограничивать требования к квалификации специалистов в области компьютерного анализа медицинских изображений.

Задачи работы:

1 Выявление наиболее информативных признаков пневмонии выявляемых при анализе рентгенограмм.

2 Анализ методов обнаружения и оценивания диагностических признаков патологии на рентгенограммах органов грудной клетки.

3. Изучение возможностей существующих информационных систем поиска и распознавания патологий при анализе медицинских изображений.

4. Создание методики обнаружения и оценивания признаков патологии на рентгеновских изображениях лёгких и основанного на ней программно-методического комплекса базирующегося на возможностях функций пакета Image Processing Toolbox программы Matlab, а так же дружественного пользователю графического интерфейса.

1 ДИАГНОСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ ЛЁГКИХ

1.1 Эпидемиология пневмонии

В современном мире каждый человек подвержен многим опасностям, представляющим реальную угрозу для его здоровья, а иногда и для жизни. Среди таких опасностей особого внимания заслуживают патологии различные органов и систем тела человека, и не смотря на то, что современная медицина обладает обширными возможностями в плане диагностики и лечения патологий различного типа, некоторые из них все ещё обладают высоким процентом летальных исходов. Данную особенность можно объяснить сложностями, возникающими при диагностики подобных патологий, нередко приводящим к возникновению диагностических ошибок, создающих, в свою очередь, препятствия для проведения своевременного и эффективного лечения, что в итоге и становится причиной высокой вероятности окончания заболевания летальным исходом.

Согласно данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) среди всех заболеваний, представляющих реальную угрозу, можно выделить десять наиболее опасных [1].

- Ишемическая болезнь сердца (ИБС).
- Инсульт.
- Респираторные инфекции нижних дыхательных путей.
- Хроническая обструктивная болезнь легких.
- Рак легких, трахеи и бронхов.
- Диабет.
- Болезнь Альцгеймера.
- Диарея.
- Туберкулёз.

Согласно постановлению Правительства РФ от 1 декабря 2004 г. № 715 «Об утверждении перечня социально значимых заболеваний и перечня

заболеваний, представляющих опасность для окружающих», туберкулез возглавляет перечень социально значимых заболеваний. Однако на основании данных рисунка 1.1 можно утверждать, что среди десяти причин смертности среди населения ведущие позиции (места с первого по третье) занимают такие патологии как: ишемическая болезнь сердца, инсульт и респираторные инфекции нижних дательных путей, а туберкулез занимает в этом списке лишь десятую позицию (рисунок 1.1) [1].

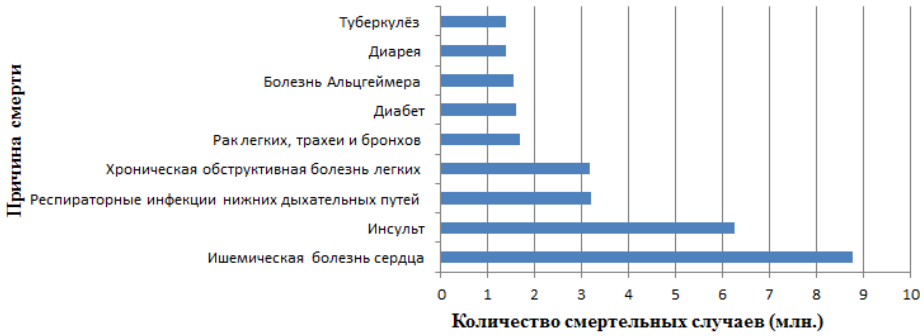


Рисунок 1.1 — Ведущие причины смертности за 2015 год

Учитывая данные научных источников можно утверждать, что ишемическая болезнь сердца и инсульт чаще всего возникают у лиц среднего или пожилого возрастов, тогда как заболевания относящиеся группе инфекций нижних дыхательных путей могут быть обнаружены у пациентов всех возрастных категорий, что даёт возможность считать данную группу патологий наиболее опасной для населения.

Вместе с тем респираторные инфекции нижних дыхательных путей является неоднородной по своему составу группой патологии включающей в себя различные заболевания обладающие своими особенностями как в плане диагностики, так и лечебно- профилактическом плане.

К респираторным инфекциям нижних дыхательных путей относятся:

- пневмония;
- острый бронхит;
- обострение хронического бронхита;

- бронхиолит;
- абсцесс легкого и эмпиема плевры.

Представленный выше список заболеваний легких, конечно же, не отражает всего многообразия заболеваний данной группы и включает в себя только наиболее часто диагностируемые поражения [2].

Особого внимания среди респираторных инфекций нижних дыхательных путей заслуживает пневмония в силу некоторых её особенностей представленных ниже.

- Пневмония занимает четвертое место среди причин смерти после сердечно- сосудистых заболеваний, злокачественных новообразований, травм и отравлений [3].
- Около 450 млн. человек заболевают пневмонией в мире каждый год, около 7 млн. случаев болезни заканчиваются летальным исходом.
- Согласно данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) пневмония является причиной 15% случаев смертности детей до пяти лет во всем мире [3, 4].
- По данным Федеральной службы государственной статистики смертность населения от пневмонии за 2016 год составила 30716 случаев (для сравнения смертность населения от туберкулеза за тот же период составила 11057 случаев) [5].

Помимо всего выше сказанного пневмония, как и практически все заболевания из группы респираторных инфекций нижних дыхательных путей, характеризуется наличием взаимосвязи между точной и своевременной диагностикой и эффективностью проводимого лечения. То есть в зависимости от того насколько достоверны полученные диагностические сведения и того, насколько своевременной она (в смысле диагностика) была, зависит выбор лечебной тактики, и как результат, возможно, жизнь пациента. Поэтому проблема достоверной и своевременной диагностики пневмонии является

весьма актуальной проблемой современной науки требующей пристального внимания.

Не смотря на то, что пневмония возникает во всех возрастных категориях, особенно высокой заболеваемостью характеризуется взрослая часть населения Российской Федерации – 64,8% случаев заболевания пневмонией. В возрастной группе старше 60 лет заболеваемость пневмонией колеблется в пределах от 20 до 44 на 1000 населения в год, с летальностью составляющей 10 – 33%.

В России, среди новорожденных и детей до 5 лет, летальность от пневмонии достигает 25%, а летальность у детей до одного года (по данным ВОЗ) в 2 – 4 раза выше (25,1 на 1000 населения), чем в других экономически развитых странах.

От 10 до 15% всех госпитальных инфекций составляет госпитальная (нозокомиальная) пневмония. Смертность при внутрибольничных пневмониях составляет от 30 – 60 до 80% [4].

В таблице 1.1 приведена статистка (на 100000 населения) заболеваемости взрослого населения России в период с 2007 по 2016 год, а на рисунке 3 представлен график отражающий заболеваемость пневмонией за указанный период.

Таблица 1.1 — Заболеваемость взрослого населения России в период с 2007 по 2011 год [4, 5]

Год	Количество случаев (на 100000 населения)
2007	351,7
2008	366,8
2009	388,2
2010	403,4
2011	396,8
2012	345,0
2013	389,2
2014	349,5
2015	337,1
2016	418,02

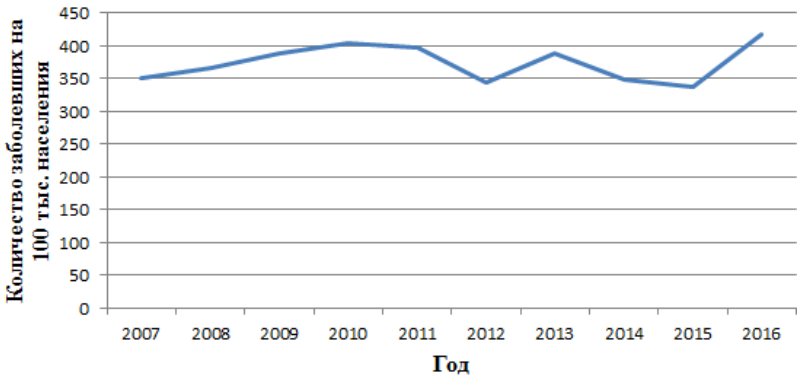


Рисунок 1.2 — Заболеваемость пневмонией за 2007 – 2016 годы

Согласно данным Федеральной службы государственной статистики смертность населения России от пневмонии, за январь–декабрь 2016 года, составила 30 716 случаев. Министерство здравоохранения Пензенской области сообщило, что за девять месяцев 2017 года в городе Пенза заболело пневмонией 3500 человек, в том числе 1400 детей [6].

Представленные выше результы статистических наблюдений, а так же данные научной литературы позволяют сделать несколько важных заключений.

Во- первых - третье место среди десяти причин смерти за 2015 год занимают респираторные инфекции нижних дыхательных путей, представляющих собой группу заболеваний наибольшего внимания среди которых заслуживает пневмония. Такой повышеный интерес обусловлен с одной стороны высокой заболеваемостью (418,02 случая на 100000 населения за 2016 год), а сдругой, высокой смертностью населения от данного заболевания (30 716 случаев за 2016 год).

Во- вторых - высокая заболеваемость и смертность населения от пневмонии является весомым обоснованием для подробного изучения этиологии, патогенеза и диагностики пневмонии в целом.

Таким образом, пневмония характеризуется как высокой распространненостью среди различных групп населения (418,02 случая на 100000 населения за 2016 год) так и довольно высокой смертностью населения

(30716 случаев за 2016 год). В связи с этим необходимо принять все меры по предупреждению её развития, для чего необходимо иметь развернутое представление об этиологии данного заболевания и характерных для него изменениях состояния организма человека.

1.2 Этиология пневмонии

Воспаление лёгких или пневмония является, главным образом, инфекционным заболеванием, основную роль в развитии которого играют определенные виды микроорганизмов, идентификация которых положена в основу многочисленных её классификаций.

Так согласно Международной статистической классификации болезней десятого пересмотра [7], выделяется группа «Грипп и пневмония» (J10- J81) в состав которой входят различные по этиологии формы пневмонии (J13-J18), в соответствии с которыми указанная группа подразделяется на многочисленные рубрики, представленные в таблице А.1.

На практике не всегда удается установить этиологию пневмонии в первые дни её развития. При этом лечение пневмонии должно быть начато как можно быстрее, что затруднительно без четкого определения причины её возникновения. Исходя из этого, целесообразным, для практической деятельности, является разделение пневмонии на отдельные клинико-патогенетические группы (или формы, представленные в таблице 1.2), для каждой из которых можно выделить наиболее характерных возбудителей (таблица 1.2) [8].

Таблица 1.2 – Основные формы пневмонии [8]

Форма пневмонии	Характеристика	Этиология
Внебольничная (первичная)	Данная форма пневмонии, развивается вне стационара и является наиболее распространённой формой пневмонии	Пневмонии, вызванные грам-положительной флорой (пневмококк, стрептококк, стафилококк) и пневмонии, вызванные атипичной флорой (микоплазма, хламидия, легионелла, пневмоциста)

Продолжение таблицы 1.2

Форма пневмонии	Характеристика	Этиология
Нозокомиальная (внутрибольничная)	Пневмония, развившаяся через двое суток пребывания пациента в стационаре	Пневмонии, вызванные грам-отрицательной флорой (синегнойная палочка, клебсиелла, протеи, энтеробактерии и другие)
Иммунодефицитная	В основном возникает при наличии иммунодефицита	Пневмонии, вызванные анаэробной флорой (клостридии).

Данные таблицы 1.2, позволяют сделать предположение о том, что наиболее вероятным является возникновение внебольничной формы пневмонии. Высказанное предположение подтверждается данными научной литературы, согласно которым заболеваемость внебольничной пневмонией, в общей популяции населения развитых стран, составляет 3 - 6 ‰. У лиц молодого и среднего возраста 1 - 11,6 ‰, а в старших возрастных группах (более 65 лет) 25 - 44 ‰ и даже 51,1 - 55,6 ‰. Летальность данной формы пневмонии при течении заболевания без осложнений, или у лиц молодого возраста и среднего, составляет 1 - 3 %, в старших же возрастных или при наличии сопутствующих заболеваний или в случае тяжелого течения, летальность составляет 15 – 30 %.

Так же с целью классификации внебольничных пневмоний Европейское респираторное общество предлагает учитывать этиологию и тяжесть течения заболевания:

• нетяжелая пневмококковая пневмония;

• нетяжелая атипичная пневмония;

• тяжелая пневмония пневмококковой этиологии;

• тяжелая пневмония неизвестной этиологии;

• аспирационная (анаэробная) пневмония [9].

Классификация внебольничной пневмонии, с учетом условий развития заболевания, особенностей инфицирования легочной ткани и состояния иммунной системы организма, возможна путем применения классификации R.G. Wunderink, G.M. Mutlu (2006) (таблица 1.3). Использование данной

классификации позволяет со значительной достоверностью предсказать этиологию заболевания, более того её можно использовать и для классификации других форм пневмонии (таблица 1.3) [9, 10].

Таблица 1.3 — Классификация пневмонии по R.G. Wunderink, G.M. Mutlu (2006) [9, 10]

Форма пневмонии	Характеристика
Внебольничная пневмония	Типичная – характеризуется отсутствием у пациентов нарушений (выраженных) иммунитета. Включает такие формы пневмонии как: бактериальная, вирусная, грибковая, микобактериальная, паразитарная
	Возникает либо у пациентов с синдром приобретенного иммунодефицита (СПИД), либо при наличии других заболеваний (как осложнение)
	Аспирационная пневмония возникающая, чаще всего, при аспирации (заглатывании) рвотных масс в бессознательном состоянии
Нозокомиальная пневмония	Собственно нозокомиальная пневмония
	Вентилятор-ассоциированная пневмония
	У пациентов с выраженными нарушениями иммунитета (реципиентов донорских органов, пациентов, получающих цитостатическую терапию)
Пневмония, связанная с оказанием медицинской помощи	Пневмония у обитателей домов престарелых
	Прочие категории пациентов: •длительная антибактериальная терапия (больше 3 месяцев); •госпитализация более двух суток; •хронический диализ; •иммунодефицитные состояния/заболевания.

Согласно международному консенсусу (1995), и приказу Министерства здравоохранения Российской Федерации (1998) на сегодняшний день активно применяется классификация, в основу которой легли признаки, представленные в таблице 1.4 [8, 11].

Таблица 1.4 — Классификация пневмоний [8, 11]

Классификационный признак	Характеристика
Клинико-эпидемиологические условия возникновения	Аспирационная
	Ранняя и поздняя вентилятор- ассоциированная (ВАП)
	Послеоперационная

Продолжение таблицы 1.4

Классификационный признак	Характеристика
Клинико-эпидемиологические условия возникновения	Инфаркт- пневмония
	Посттравматическая
	На фоне ХОБЛ
	При алкоголизме
	На фоне злокачественных новообразований
	У лиц моложе 25 или старше 60 лет
Локализация	Очаговая – в пределах ацинуса и дольки
	Сегментарная – в пределах одного или нескольких сегментов
	Долевая – в пределах одной доли
По тяжести течения	Лёгкое течение
	Средняя степень тяжести
	Тяжелое течение
	Крайне тяжелое течение

С учетом всего выше сказанного наиболее удобным, с точки зрения практического подхода, является подразделение пневмоний, в соответствии с условиями возникновения, на внебольничные и внутрибольничные. При этом наиболее распространённой формой является внебольничная пневмония.

Классификацию пневмоний в общем виде можно представить в виде схемы, показанной на рисунке 1.3.

Рисунок 1.3 — Классификация пневмоний

Возбудители характерные для внебольничной и внутрибольничной формы пневмонии представлены в таблице 1.6 [8, 11].

Таблица 1.5 — Возбудители внебольничной и внутрибольничной пневмонии [8, 11]

Вид пневмонии	Возбудитель
Внутрибольничная пневмония	Staphylococcus aureus
	Escherichia coli
	Klebsiella pneumoniae
	Enterobacter
Внебольничная пневмония	Streptococcus pneumoniae
	Haemophilus influenzae
	Mycoplasma pneumonaiae
	Chlamydia pneumoniae
	Legionella pneumophila

На основании результатов статистических наблюдений возникает предположение о том, что в структуре причин равития пневмонии ведущую позицию занимает бактериальная инфекция. В качестве подтверждения ведущей роли бактериальной инфекции в заболеваемости населения пневмонией можно привести как данные Министерства здравоохранения, согласно которым ежегодно примерно у 20% пациенов поступивших в лечебное учреждение, с признаками пневмонии, причиной её развития (то ест пневмонии) явилась бактериальная инфекция [12], так и результаты статистического наблюдения за период с 2011 по 2015 годы (таблица 1.6), свидетельствующих о довольно высоком проценте больных пневмонией причиной которых явилась бактериальная инфекция.

Таблица 1.6 – Статистика причин заболеваемости пневмонией

Период в годах	Бактериальная причина в %
2011 - 2013	43–44%
2014	31,8%
2015	30,2%

Возбудители пневмонии отличаются не только по своим свойствам, но и по частоте встречаемости в качестве причин развития пневмонии, а так же причин летальных исходов от пневмонии. В таблице 1.7 представлена заболеваемость бактериальной пневмонией (внебольничной) [13].

Таблица 1.7 — Заболеваемость бактериальными пневмониями

Возбудитель	Частота встречаемости в %
Streptococcus pneumoniae	62,2
Haemophilus influenzae	5,0
Mycoplasma pneumoniae	20
Chlamydia pneumoniae	18,9
Legionella pneumophila	5,4

Исходя из данных, таблицы 1.7 можно утверждать, что среди причин возникновения пневмонии лидирующую позицию занимает пневмония вызванная пневмококком (Streptococcus pneumoniae).

Летальность внебольничных пневмоний, в зависимости от микробных агентов, указанных в таблице 1.7, представлена в таблице 1.8.

Таблица 1.8 — Летальность внебольничных пневмоний

Возбудитель	Летальность, %
Streptococcus pneumoniae	12,3
Haemophilus influenzae	7,4
Mycoplasma pneumoniae	1,4
Chlamydia pneumoniae	9,8
Legionella pneumophila	14,7

На прогноз заболевания значительно влияет возбудитель ставший причиной развития патологии (пневмонии). Так, согласно сведениям научной литературы, процент летальных исходов от пневмонии значительно повышается при проникновении в организм человека S. Pneumoniae или Legionella spp [14].

Основываясь на данных таблицы 1.8 можно предполагать, что наибольшая летальность характерна для внебольничной пневмонии, вызванной Legionella pneumophila или Streptococcus pneumoniae.

В результате, из всего выше сказанного следует:

- среди причин развития пневмонии преобладает бактериальная инфекция, причем наиболее часто встречаемым возбудителем является Streptococcus pneumoniae, а наибольший процент летальных исходов характерен как для пневмококка (Streptococcus pneumoniae) так и для Legionella pneumophila;
- результаты статистических наблюдений, а так же данные научной литературы указывают на высокую вероятность развития внебольничной формы. Данное утверждение так же подтверждается преобладанием среди причин заболеваемости пневмонией грамположительных микроорганизмов (пневмококк и легионелла).

Таким образом, наибольшей угрозой для населения обладают пневмонии, вызванные Streptococcus pneumoniae и Legionella pneumophila, в связи, с чем крайне важным является выявление характерных для данных возбудителей изменений состояния организма человека.

1.3 Патогенез пневмонии

Пневмония относится к заболеваниям легких инфекционно-воспалительного характера с вовлечением в воспалительный процесс всех структурных элементов ткани легких. Так же данная патология характеризуются довольно выраженным многообразием причин её развития (полиэтиологическое заболевание), но при этом наиболее уязвимыми для данной патологии являются люди с ослабленным иммунитетом [15].

Снижение защитных механизмов организма могут вызвать некоторые факторы сопряженные с наличием неблагоприятных условий внешней среды, чрезвычайных ситуаций, вредных привычек (табакокурение и алкоголизм)

(например, алкогольная зависимость, связана с возможностью потери сознания и аспирацией рвотных масс). Так же к подобным факторам можно отнести эмоциональное перенапряжение (стресс), переохлаждение организма, а так же наличие хронических заболеваний.

На основании сказанного выше можно утверждать, что среди причин развития пневмонии, особую роль играет наличие у пациента сниженного иммунитета [9, 16].

Возбудитель пневмонии может использовать для проникновения в организм либо контактный (проникновение возбудителя в легочную ткань), либо лимфогенный или гематогенный пути (в ткани лёгкого инфекционный агент попадает с током крови или лимфы), а так же аспирационный путь (заглатывание возбудителя с рвотными массами, инородным телом, слюной). Так же развитие заболевания возможно при наличии застоя в малом круге кровообращения (гипостатические пневмонии) [17].

В след за внедрением (проникновением) в организм, инфекционный агент проникает в альвеолы, после чего происходит адгезия микроорганизма на поверхности слизистой оболочки, с последующим его размножением и инвазией, в результате чего развивается острый бронхит (в некоторых случаях бронхиолит). Дальнейшее распространение возбудителя за пределы респираторных бронхиол приводит к развитию воспалительного процесса в лёгочной ткани (к развитию пневмонии).

Процесс развития пневмонии сопровождается постепенным снижением бронхиальной проходимости (из-за увлечения плотности легочной ткани приводящей к уменьшению её пневматизации) и появлением в результате этого очагов ателектаза и эмфиземы. Путем активации безусловных рефлексов (кашель и чихание), организм пытается остановить и обратить вспять возникшее снижение бронхиальной проходимости, но это приводит лишь к распространению инфекционных агентов на неповрежденные ткань лёгкого, в результате чего происходит формирование дополнительных (новых) очагов

воспаления. Данные изменения в лёгочной ткани способны привести к развитию дыхательной недостаточности, а в особо тяжелых случаях к развитию сердечной недостаточности.

В результате запуска воспалительной реакции в полости альвеол накапливается воспалительный экссудат. Токсины, выделяемые возбудителем, продукты распада легочной ткани и продукты жизнедеятельности микроорганизма вызывают интоксикацию организма [16, 17, 18].

Согласно данным научной литературы, а так же учитывая экспертное мнение современных исследователей, можно утверждать, что в основном различают патогенез очаговой и крупозной пневмонии. Крупозная (долевая) пневмония, как правило, представляет собой проявление гиперергической реакции, связанной с персистенцией пневмококка в носоглотке и наличием восприимчивости к его антигенам. Очаговая же пневмония, предполагает бронхогенный путь (первичная очаговая пневмония) либо гематогенный или лимфогенный (вторичная очаговая пневмония) путь распространения [20, 21].

Долевая пневмония характеризуется наличием четырех стадий развития патологического процесса (таблица 1.10). В случае очаговой пневмонии распространение и медленное развитие патологического процесса приводит к наличию асинхронного воспалительного процесса в различных участках лёгочной ткани, то есть в разных очагах одновременно наблюдается различные фазы развития воспалительного процесса. В результате наличия подобного индивидуального развития патологических изменений в различных патологических очагах у специалистов возникают серьезные затруднения в определении стадии течения очаговой пневмонии.

Морфологически, в развитии пневмонии, можно выделить четыре стадии у каждой из которых имеются свои, характерные для данной стадии изменения, представленные в таблице 1.9 [22, 23].

Таблицы 1.9 — Стадии течения пневмококковой пневмонии [23]

Стадия	Характеристика стадии
Прилива	Развивается воспалительный отек легочной ткани, нарушение кровотока, уменьшение обогащения крови кислородом, повышение проницаемости сосудов и экссудация в просвет альвеол
Красного опеченения	При наличии полнокровия и микробного отека усиливается выпотевание в просвет альвеол эритроцитов, а так же нейтрофилов (выпадают нити фибрина (между клетками)). Находящиеся в межуточной ткани легкого лимфатические сосуды, переполнены лимфой. Легочная ткань становится темно-красной и приобретает плотность печени (красное опеченение легкого). Регионарные в лимфатические узлы увеличены, полнокровны
Серого опеченения	В альвеолах накапливаются фибрин и нейтрофилы, а нити фибрина через межальвеолярные поры проникают из одной альвеолы в другую (наблюдается фибринолитическое воздействие нейтрофилов на выпавший фибрин). Снижается количество подвергающихся гемолизу эритроцитов и интенсивность гиперемии. Легкое (точнее его доля) в этой стадии плотная, увеличенная на плевре значительные фибринозные наложения (плевропневмония). Легкое на разрезе имеет серую окраску, с зернистой поверхностью. Лимфатические узлы корня легкого увеличены, бело-розовые; при гистологическом их исследовании находят картину острого воспаления
Разрешения	Наблюдается преобладание резорбтивных процессов в очаге воспаления, фибринозный экссудат разжижается (благодаря действию протеолитических ферментов), и через бронхиолы и поры Кона эвакуируется из лёгких (кашель с мокротой). Так же наблюдается снижение активности воспалительного процесса, что в результате приводит к уменьшению плотности патологически изменённого участка лёгочной ткани, что сопровождается восстановлением воздушной проходимости лёгкого

К морфологическому критерию пневмонии можно отнести воспаление респираторного отдела лёгких. Как правило, воспаление ограничено анатомическими единицами лёгких, в связи, с чем выделяют некоторые анатомические критерии, представленные в таблице 1.11 [11, 18].

Таблица 1.10 — Анатомические критерии пневмонии [18]

Вид пневмонии	Описание
Лобарная (долевая)	Сопровождается вовлечением в патологический процесс целой доли
Бронхопневмония	Ограничение процесса альвеолами и смежными с ними бронхами
Сливная	Объединение мелких очагов воспаления в более крупные

Продолжение таблицы 1.10

Вид пневмонии	Описание
Некротическая	Некротически измененный участок ткани лёгкого сообщается с дыхательными путями
Интерстициальная	Воспалительный процесс характеризуется инфильтрацией межуточной ткани лёгких

Каждая из стадий течения пневмонии обладает своими важными для диагностики особенностями, выявление которых является основой, диагностического процесса.

Обнаружение характерных для определённого заболевания диагностических признаков и симптомов является довольно сложной задачей требующей от специалиста наличия обширных знаний в области диагностики патологий. Поиск диагностических признаков производится за счет сбора жалоб пациента с последующим их анализом, общего осмотра (основанного на регистрации характерных внешних признаков (например, бледность кожных покровов)) пациента, а так же проведения пальпации, перкуссии и аускультации грудной клетки. Помимо основных методов проведения диагностики существуют ещё и дополнительные, к которым относится лабораторное и инструментальное исследование.

Диагностика пневмонии так же начинается со сбора и анализа жалоб, предъявляемых пациентом при поступлении в стационар. В типичных случаях для пневмонии характерно внезапное и стремительное развитие с ознобом и высокой лихорадкой, а от пациентов чаще всего поступают жалобы на: плохое самочувствие, снижение аппетита или его потерю, одышку, боли в грудной клетке, кашель. Кашель в начале сухой, мучительный, но на третий или четвертый день появляется мокрота, характер которой меняется от слизистой до гнойной (часто выявляется «ржавая» мокрота), и кашель становится менее мучительным. Наличие болей в грудной клетке является признаком, скорее долевой, чем очаговой пневмонии (при очаговой пневмонии данный признак

может отсутствовать), а причинами их возникновения может явиться поражение плевры (плевропневмония), а так же нижних межреберных нервов.

К признакам, выявляемым при осмотре пациента, относятся: бледность кожи, цианоз, наличие герпетических высыпаний на губах (данный признак, как правило, свидетельствует о подавленном иммунитете больного), увеличение частоты дыхательных движений (до 25 – 30 в минуту), отставание пораженной половины грудной клетки при дыхании (при этом больной «щадит» пораженную половину и прижимает к ней руку). Довольно часто при тяжелом течении болезни или у пожилых лиц, наблюдается наличие расстройства сознания и мышления (бред). Значительное и резкое повышение температуры тела, до фебрильных значений, указывает на наличие крупозной пневмонии. Развитие дыхательной недостаточности, как правило, сопровождается подключением, с целью облегчения процесса дыхания, вспомогательной дыхательной мускулатуры, а так же раздуванием крыльев носа.

Физикальное обследование больного, так же включает проведение пальпации, которая позволяет обнаружить усиление голосового дрожания и бронхофонии на стороне поражения. Целью проведения данных исследований является подтверждение или опровержение возникающих в ходе обследования пациента предположений касательно диагноза.

В след за пальпацией проводится перкуторное исследование, результаты которого позволяют, у пациентов с пневмонией, обнаружить участок лёгочной ткани с повышенной плотностью. Обнаружение данного участка производится по изменению характера перкуторного звука в определенной области грудной клетки. На наличие плеврального выпота указывает косая верхняя граница изменения перкуторного звука.

Завершающим этапом проведения физикального обследования является аускультативное исследование, позволяющее оценить различные характеристики дыхания. Так для бронхопневмонии характерно бронхиальное

или везикулобронхиальное дыхание, а так же наличие влажных и сухих хрипов. Наличие крепитации, характерной для крупозной пневмонии, выявляется, как правило, в начале заболевания, а так же в стадию разрешения. О наличии плеврального выпота, так же свидетельствует, обнаруженное при аускультации, ослабление дыхания. При вовлечении в патологический процесс плевры появляется характерный симптом, называемый шумом трения плевры [11, 18].

Состояние пациента так же является одним из важных критериев характеризующих течение пневмонии, в соответствии, с которым выделяют лёгкую, среднюю и тяжелую степени тяжести течения внебольничной пневмонии. Характерные, для каждой из трех степеней тяжести течения пневмонии, диагностические признаки представлены в таблице 1.12 [9].

Таблица 1.11 — Признаки характерные для стадий течения пневмонии [9, 14]

Основной признак	Степень тяжести		
	Легкая	Средняя	Тяжелая
Температура тела	До 38 °С	38-39 °С	Более 39 °С
ЧДД в 1 мин	До 25 °С	25-30 °С	Более 30 °С
ЧСС в 1 мин	До 90 °С	90-100 °С	Более 100 °С
Интоксикация	Слабо выражена	Умеренно выражена	Резко выражена
Цианоз	Отсутствует	Умеренный	Выраженный
Распространенность процесса	1-2 сегмента с одной стороны	Одностороннее - доля или несколько сегментов; двустороннее - 1-2 сегмента	Одностороннее - больше 1 доли; двустороннее - одно полисегментарное
Наличие осложнений	Отсутствуют	Могут быть	Частые
Общий анализ крови	Умеренный лейкоцитоз	Лейкоцитоз со сдвигом влево	Лейкоцитоз, возможна лейкопения
Биохимический анализ крови	СРБ-2 мм, фибриноген - до 5 г/л	СРБ - 3 мм, фибриноген - до 10 г/л	СРБ - более 3 мм, фибриноген - более 10 г/л

Дальнейшая диагностика пациентов с пневмонией заключается в проведении лабораторных и инструментальных исследований результаты, которых позволяют окончательно определиться с диагнозом.

Диагностика пневмонии представляет собой весьма сложный процесс, предъявляющий к специалисту довольно серьёзные требования в плане теоритических знаний, внимательности к деталям, а так же умения делать выводы на основании многочисленных сведений.

Данные таблицы 1.11 так же обращают внимание на то, что дифференцировка степени тяжести пневмонии может быть основана на результатах лабораторного исследования.

Характерные признаки пневмонии, выявляемы при лабораторном исследовании, представлены в таблице 1.12 [11, 24, 25, 26].

Таблица 1.12 — Признаки пневмонии выявляемы при лабораторном исследовании [11, 24, 25, 26].

Метод исследования	Результаты
Общий анализ крови	Нейтрофильный лейкоцитоз (до 20-30*10/л) со сдвигом лейкоцитарной формулы влево (характерно для бактериальной пневмонии), токсическая зернистость нейтрофилов (характерна для крупозной пневмонии), лимфопения, возможна тромбоцитопения, увеличение СОЭ (до 50-60 мм/ч при крупозной пневмонии), анэозинофилия (обнаруживаемая при тяжелом течении), лимфоцитоз (характерен для вирусной пневмонии), тромбоциты в норме.
Биохимический анализ крови	Наблюдается увеличение уровня: сиаловых кислот, серомукоида, фибриногена, гамма- и a_2-глобулинов, С-реактивного белка, фибриногена, лактатдегидрогеназы (ЛДГ 3), аспартатаминотрансфераза
Общий анализ мочи	Возможна протеинурия, иногда микрогематурия

К исследованиям, проводимым для диагностики пневмонии, так же относится бактериологическое исследование, основной задачей которого является выявления инфекционного агента в биологическом материале (например, в мокроте), а так же его идентификацию. Так же для диагностики

пневмонии возможно проведение макро и микроскопического исследования мокроты, результаты которых позволяют выявить характерные изменения для каждой стадии течения пневмонии (таблица 1.13).

Таблица 1.13 — Изменения, выявляемые при анализе мокроты [27]

Стадия течения пневмонии	Результаты анализа мокроты
Стадия прилива	Обнаруживается фибрин и достаточно большое количество эритроцитов, в несколько меньших количествах лейкоциты, а так же альвеолярные клети
Стадия красного опеченения	В мокроте обнаруживается фибрин, и большое количество эритроцитов, так же характерно изменение цвета мокроты, она становится "ржавого" цвета
Стадия серого опеченения	Определяется большое количество лейкоцитов, мокрота становится слизисто-гнойной
Стадия разрешения	В мокроте обнаруживается много макрофагов

Обобщая все вышесказанное можно утверждать, что проведение лабораторного исследования возможно с целью, как подтверждения диагноза пневмонии, так и проведения дифференциальной диагностики её стадий. При этом, несмотря на эффективность, данный вид исследования требует значительных временных затрат.

Одним из способов быстрого определения необходимости проведения того или иного лечебного мероприятия является определение тяжести состояния пациента, для чего применяются различные оценочные шкалы. Наиболее распространена шкала CRB- 65 (Confusion Respiration Blood pressure), позволяющая оценить сразу несколько показателей, представленные в таблице 1.14 [9, 14].

Таблица 1.14 — Показатели шкалы CRB-65 [9]

Показатель	Значение показателя
C	Состояние сознания (есть нарушения или нет)
R	Частота дыхательных движений составляет более 30 за период в 1 мин
B	АД: систолическое - менее 90 мм рт.ст., диастолическое - менее 60 мм рт. ст.
65	Возраст пациента 65 лет или старше

Приведенные в таблице 1.14 признаки, оценивают либо в 0 баллов (при отсутствии признака), либо в 1 балл (при наличии признака). Оценка тяжести состояния пациента с помощью шкалы CRB- 65 представлена в таблице 1.15 [9, 14].

Таблица 1.15 — Оценка тяжести состояния пациента по шкале CRB-65 [9]

Баллы	Степень тяжести	Описание
0	Легкая	Предполагается амбулаторное лечение (летальность 1,2 %)
1-2	Средняя	Предполагается лечение в стационаре (летальностью составляет 8,15 %)
3-4	Тяжелое	Предполагается лечение в отделение интенсивной терапии (летальность составляет 31 %)

Результаты, представленные выше, позволяют говорить о том, что определение тяжести состояния пациента значительно упрощает и ускоряет процесс принятия решения относительно его лечения. При этом проведение только анализа состояния пациента не позволяет в полной мере диагностировать патологию, что в свою очередь говорит о необходимости проведения определенного комплекса диагностических мероприятий нацеленных на всестороннее изучение предполагаемой патологии [9, 14].

Помимо лабораторного исследования пневмонии существуют ещё и многочисленные методы инструментальной диагностики, позволяющие проводить как непосредственно диагностику пневмонии, так и её дифференциальную диагностику. Среди всех методов инструментального исследования можно выделить один наиболее информативный и доступный – рентгенография органов грудной клетки. Данный метод относится к «золотому стандарту» диагностики пневмонии, то есть без его проведения диагноз пневмонии, считается неподтверждённым и не обоснованным [14].

Рентгенологическая диагностика пневмонии, так же как и другие, методы исследования, основывается на обнаружении характерных диагностических признаков на рентгенограммах (рентгеновских снимках).

Среди всего многообразия диагностических признаков, характерных для пневмонии, можно выделить наиболее значимые, (представлены в таблице 1.16) в виде соответствующем Международной классификации болезней десятого пересмотра [7].

Таблица 1.16 — Диагностические признаки пневмонии

Название по МКБ	Код МКБ	Классификация	Этап выявления
Лихорадка с ознобом	R50.0	Ранний	Данные признаки выявляются во время опроса пациента
Общая слабость	R53	Ранний	
Кашель	R05	Ранний	
Мокрота	R09.3	Поздний	
Боль в грудной клетке	R07.4	Ранний	
Одышка	R06.0	Поздний	
Мелкопузырчатые хрипы	R09.8	Ранний	Данные признаки обнаруживаются при физикальном обследовании
Притупление перкуторного звука	R09.8	Поздний	
Крепитация	R09.8	Ранний	
Усиление голосового дрожания	R09.8	Ранний	
Лейкоцитоз	D72.8	Ранний	Признаки, обнаруживаемые лабораторным обследованием
Ускоренное оседание эритроцитов	R70.0	Ранний	
Отклонение от нормы альбумина	R77.0	Поздний	
Отклонение от нормы глобулина	R77.1	Поздний	
Другие уточненные отклонения от нормы белков плазмы	R77.8	Поздний	
Отклонения от нормы, выявленные при проведении функциональных исследований легких	R94.2	Поздний	
Высокий титр антител	R76.0	Поздний	
Затемнение	Z01.6	Поздний	Данные признаки обнаруживаются при проведении рентгенологического обследования
Деформация корня легкого, усиление легочного рисунка	Z01.6	Ранний	

Выявляемые с помощью рентгенологического исследования признаки являются довольно многочисленными, (хотя среди них можно выделить часто встречаемые (таблица 1.16)) и в большинстве своём обладают некоторым

соответствием определенному виду (и стадии) пневмонии, на чём в свою очередь и базируется дифференциальная диагностика различных патологий (в том числе и пневмонии).

В затруднительных случаях для получения дополнительных диагностических сведений, применяются дополнительные методы диагностики, например, такие как фибробронхоскопия (применяемая с целью получения мокроты, если процесс её отделения затруднен) и компьютерная томография (применяемая в случае неэффективности рентгенологического исследования) [26].

С учетом научных данных и сведений, представленных ранее, можно сказать, что течение пневмонии можно разделить на несколько стадий, а с учетом того, что основным методом диагностики пневмонии является рентгенологический метод, то проведение дифференциальной диагностики её стадий возможно по результатам рентгенологического исследования.

Принимая во внимание выводы, сделанные ранее, получается, что наиболее распространённой формой пневмонии является внебольничная форма, а самым часто встречаемым бактериальным агентов, вызывающим развитие пневмонии, является пневмококк. В связи с этим характерные для каждой из стадий течения пневмонии можно рассмотреть на примере долевой (крупозной) пневмококковой пневмонии (таблица 1.17).

Таблица 1.17 — Рентгенологические признаки долевой пневмококковой пневмонии [28, 29, 30, 31]

Стадия течения пневмонии	Изменения выявлемые на рентгенограммах
Прилива	Усиление легочного рисунка в пораженной доле, расширение корня легкого на стороне поражения, прозрачность легочного поля без изменений или снижена, уменьшение подвижности соответствующего купола диафрагмы (рисунок 1.4, а)
Стадия опеченения	Интенсивное (особенно на периферии) гомогенное затемнение появляющиеся на 2-3-й день, размер пораженной доли без изменений или увеличены, расширение корня легкого на стороне поражения, корень становится неструктурным, плевра уплотнена (рисунок 1.4, б)

Продолжение таблицы 1.17

Стадия течения пневмонии	Изменения выявлемые на рентгенограммах
Разрешения	Уменьшение интенсивности и фрагментация тени, небольшое Уплотнение плевры, через 2,5-3 недели инфильтрат либо рассасывается, либо в пораженной доле сохраняется усиление легочного рисунка с деформации (рисунок 1.4, в)

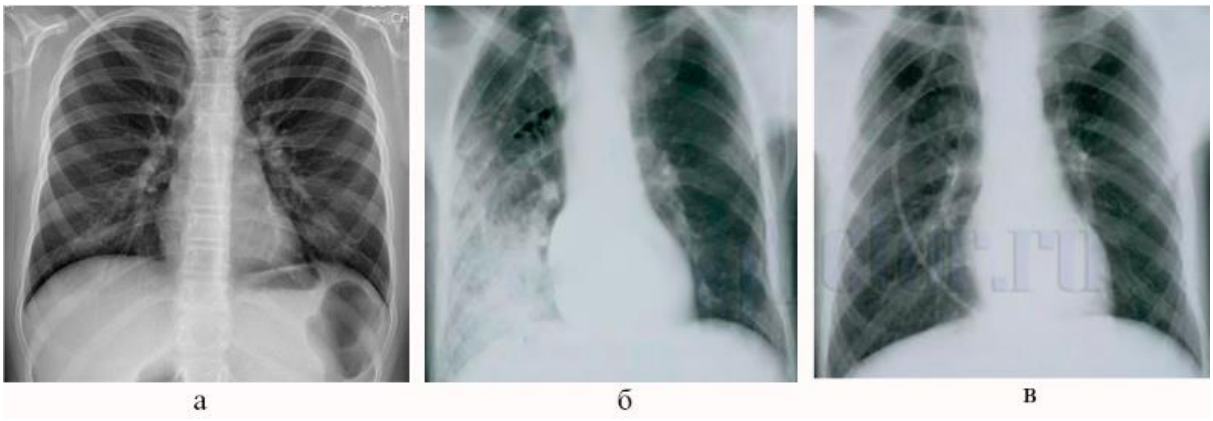


Рисунок 1.4 – Цифровые рентгеновские снимки легких при крупозной пневмонии: а - стадия прилива; б - стадия опеченения; в - стадии разрешения

Помимо крупозной пневмококковой пневмонии выделяют ещё и очаговую пневмококковую пневмонию (или бронхопневмонии). Характерные для данного вида пневмонии рентгеновские признаки представлены в таблице 1.18.

Таблица 1.18 - Периоды развития очаговой пневмококковой пневмонии и характерные для неё рентгенологические признаки [18]

Периоды пневмонии	Признаки пневмонии, обнаруживаемые в процессе рентгенологического обследования
Начало	Локальное усиление легочного рисунка и незначительное расширение корня легкого
Разгар (рисунок 1.5)	Интенсивный инфильтрат с нечеткими контурами
	Деформированный легочный рисунок
	При вовлечении в воспалительный процесс плевры происходит формирование линейной тяжистости или выявляется наличие жидкости в реберно-диафрагмальном синусе на стороне поражения
	Увеличение размеров корня за счет инфильтрации
Разрешения	Исчезновение инфильтрации и возникновение линейной тяжистости за счет разрастания соединительной ткани

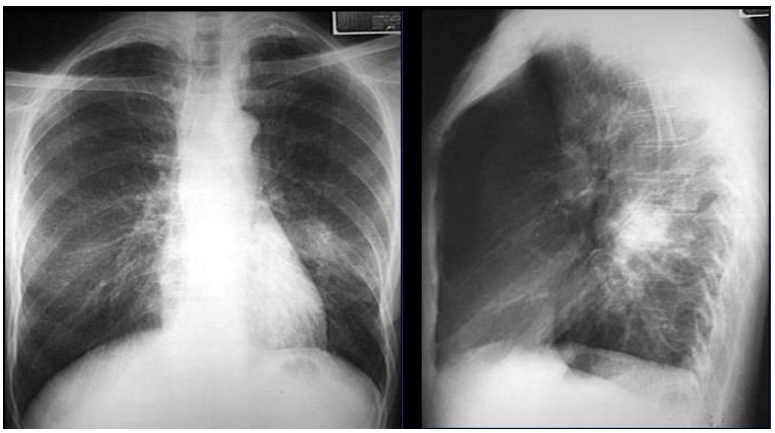


Рисунок 1.5 – Цифровой рентгеновский снимок легких при очаговой пневмонии в двух проекциях (прямая и боковая проекции)

Рентгенологический метод диагностики пневмонии является довольно информативным и доступным диагностическим методом, обладающий при этом некоторыми недостатками снижающими его эффективность. В основном к таким недостаткам можно отнести довольно сложный и трудоёмкий процесс анализа рентгенограмм (то есть обнаружение признаков характерных для определенных патологий). И как следствие возникает необходимость подготовки специалиста обладающего достаточным уровнем квалификации, или другими словами, способного провести анализ рентгенограмм быстро и точно. Однако по описанным во введении причинам подготовка подобных специалистов является весьма затратным и длительным процессом. Поэтому необходимо найти более простой, но не менее эффективный, способ анализа результатов рентгенологического исследования (анализа рентгенограмм).

Решение проблемы связанной с облегчением процесса анализа рентгенограмм кроется в применение новейших достижений в сфере компьютерного анализа медицинских изображений, в том числе и цифровых рентгеновских снимков. В данном случае под применением компьютерных технологий понимается разработка (и последующее применение) программного обеспечения (ПО), позволяющего решить задачу, связанную с высокой трудоёмкостью процесса анализа цифровых рентгеновских снимков.

Последовательность действий при проведении обследования пациента (методика) с пневмонией можно представить в виде схемы, представленной выше на рисунке 1.6.

Рисунок 1.6 — Последовательность этапов проведения обследования пациента с пневмонией

Обобщая все выше сказанное можно утверждать, что среди всех методов диагностики пневмонии, наибольшего внимания заслуживает рентгенологическое обследование пациента считающиеся «золотым стандартом» диагностики данного заболевания, благодаря своей информативности, простоте, разнообразию методик, а так же относительно небольшим временным затратам, необходимым для выполнения данного исследования. При этом стоит отметить, что выраженность диагностических признаков зависит от патогенетических изменений, в свою очередь характерных для определенной стадии развития пневмонии (таблицы 1.17 и 1.18). При этом среди всех стадий наибольшей выраженностью признаков обладает стадия разгара и стадия опеченения пневмококковой пневмонии.

Таким образом, диагностика пневмонии базируется на применении целого комплекса диагностических процедур, основная задача которых сводится к обнаружению характерных для пневмонии диагностических признаков. Наиболее информативным в данном направлении является

рентгенологический метод позволяющий обнаружить такие признаки как: наличие интенсивного затемнения лёгочного поля, деформированного легочного рисунка и увеличенного в размерах (а так же неструктурного) корня лёгкого (таблицы 1.17 – 1.18). Особенно заметны подобные признаки пневмонии становятся в стадии опеченения (при наличии долевой пневмонии) или в стадию разгара (при наличии очаговой пневмонии).

1.4 Рентгенологический метод диагностики пневмонии

Среди многочисленных методов диагностики пневмонии особенную роль занимает рентгеновское исследование. Однако значение результатов проведения рентгенологического исследования во многом зависит от качества интерпретации его результатов, что в свою очередь является довольно сложным процессом, подразумевающим наличие у специалиста (врача рентгенолога) обширного набора знаний о рентгенологических признаках различных патологий.

Ренгенологическое исследование органов грудной клетки проводится строго при наличии показаний к нему (например, кашель с отделением мокроты, боли в грудной клетке, одышка, наличие кровохарканья). Основным методом рентгенологического исследования органов грудной клетки является обзорная рентгенография грудной клетки, выполняемая, как правило, при нахождении человека (пациента) в вертикальном положении, при глубоком вдохе. Исследование проводится в двух стандартных проекциях - прямой (рисунок 1.6, а) и боковой (рисунок 1.6, б) (правой или левой). Так же можно проводить исследование и с использованием других проекций, таких как: косых, или в латеропозиции (рентгенография в положении пациента лежа на боку) [26, 32].

Под результатами рентгенологического исследования понимается получение рентгеновского снимка (пленочного при проведении аналоговой рентгенографии или цифрового рентгеновского снимка в случае проведения

цифровой рентгенографии) содержащего анализируемую область. Получение рентгеновского снимка возможно при проведении как рентгенологического исследования направленного на выявление диагностических признаков патологии заподозренной у пациента, так и при проведении флюорографического исследования применяемого, как правило, с целью проведения планового медицинского осмотра.

Основным рентгенологическим признаком пневмонии является наличие затемнения, обнаруживаемого на рентгенограмме и имеющего различную локализацию и размеры. Однако данный признак характерен так же и для более 150 заболеваний легких, поэтому крайне важным является для специалиста знание всех тех признаков, обнаружение которых одназначно указывает на наличие у данного пациента определенной патологии или её формы (как например, у пневмонии) [26].

В связи с этим необходимо имееть достаточно обширные знания о том какими именно признаками характеризуются различные виды пневмонии. Рентгенологические признаки характерные для наиболее часто встречамых видов пневмонии представлены в таблице 1.20.

Таблица 1.19 – Рентгенологические признаки пневмонии

Вид пневмонии	Изменения выявлемые на рентгенограммах
Очаговая (бронхопневмония) (рисунок 1.7)	В начале имеется локальное усиление легочного рисунка и небольшое расширения корня легкого (его контуры нечеткие), затем начинают выявляться небольшие (от 0,3 до 1,5 см в диаметре), множественные, различной величины и интенсивности очаги инфильтрации (затемнения) с нерезкими очертаниями и разнообразные по форме, обнаруживаются увеличенные перибронхиальные лимфатические узлы, ограничение подвижности купола диафрагмы, иногда бронхопневмония может осложниться реактивным плевритом или деструкцией легочной ткани [28, 29, 30, 31]
Стафилококковая пневмония (рисунок Б.1)	Множественные воспалительные инфильтраты с возможностью их слияния (с формированием полости), имеется тенденция распаду с образованием на фоне теней ограниченного просветления с горизонтальным уровнем жидкости, после разрешения долго сохраняется усиление легочного рисунка, сохраняется уплотнение плевральных листков (шварты) [26, 29, 32]

Продолжение таблицы 1.19

Вид пневмонии	Изменения выявлемые на рентгенограммах
Пневмония вызванная клебсиеллой (рисунок Б.2)	Множественные крупные или мелкие быстро сливающиеся инфильтраты нередко соответствующие проекции целой доли легкого («псевдолобарная» пневмония), множественные полости распада в инфильтрате способных к слиянию и образованию больших полости горизонтальным уровнем жидкости, возможно развитие экссудативного плеврита [26, 29, 32]
Легионеллезная пневмония (рисунок Б.3)	Множественные инфильтраты сливающиеся в обширное долевое затемнение, возможно формирование абсцессов (редко) [26, 29, 32]
Микоплазменная пневмония (рисунок Б.4)	Локальное усиление и деформация легочного рисунка, появляются малоинтенсивные очаговые тени, имеющие тенденцию к слиянию [26, 29, 32]
Хламидийная пневмония (рисунок Б.5)	Очаговое усиление и деформация легочного рисунка, расширение корня, уплотнение плевры, многочисленные малоинтенсивные воспалительные фокусы с нечеткими контурами, после исчезновения которых сохраняется усиление легочного рисунка и формируются дисковидные ателектазы [26, 29, 32]
Шаровидная пневмония (рисунок Б.6)	Размытые контуры и усиленный легочный рисунок, возможно формирование абсцесса с горизонтальным уровнем жидкости [26, 29, 32]
Острые бактериальные или вирусные пневмонии различного генеза (рисунок Б.7 – Б.8)	Воспалительный инфильтрат (затемнения) неправильной формой с неровными и нечеткими контурами, на фоне которого отмечаются участки просветления в виде ветвящихся полосок — просветов бронхов, заполненных воздухом [26, 29, 32]
Инфарктные пневмонии (рисунок Б.9)	Сопровождаются появлением вытянутой тени в виде треугольника, с вершиной направленной к корню [26, 29, 32]

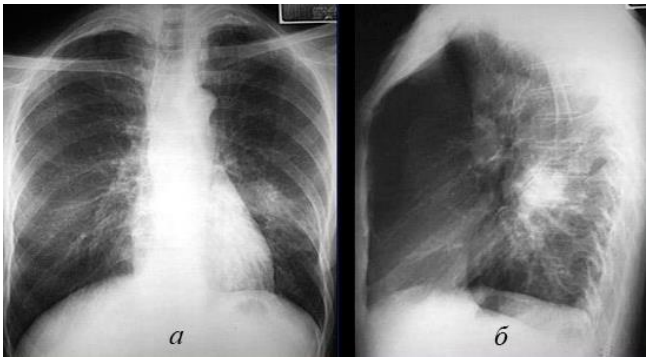


Рисунок 1.7 — Рентгенограмма лёгких при бронхопневмонии

Основываясь на данных таблицы 1.20 можно утверждать, что различные виды пневмонии, не смотря на все многочисленные различия, имеют общие

признаки которые сводятся к формированию восполительных инфильтратов (затемнений). В связи с этим возникает необходимость в применени дополнительных характеристик этих затемнений с помощью которых можно было бы дополнительно различать диагностируемые патологии. К таким характеристикам можно отнести количество и размер патологических очагов, их форму, локализацию, интенсивность, характер контруров и структуру очагов [32].

Затемнения, по количеству, бывают одиночными, единичными (до 6) множественными (диссеминация). Для описания распространенности (количества) затемнений существует такой термин как диссеминация, которая подразделяется на ограниченную и диффизную [26, 29, 32].

Патологические образования в тканях лёгкого помимо их количества так же можно разграничивать по размеру. Затемнения подразделяются на милиарные очаги (от 1 до 2 миллиметров в диаметре), мелкоочаговые (от 3 до 4 миллиметров в диаметре), среднеочаговые (от 4 до 8 миллиметров в диаметре), крупноочаговые (от 8 до 12 миллиметров в диаметре) [32].

По форме затеменения или очаговые тени, бываю: треугольной, округлой, овальной, прямоугольной, дисковидной, линейной и бесформенной (данная форма как правило связана с невозможностью точного определения границы очага и как следствие неопределяемостью его формы) [26, 29, 32].

Согласно данным зарубежной научной литературы под очаговым затемнением понимают объект округлой формы и диаметром не более 3 сантиметров. Отечественные источники дают иное представлении о размерах объектов помещая их в числовой предел от 3 миллиметров до 1,5 сантиметров, а очаги имеющие больший диаметр считаются инфильтратами или туберкуломами [26, 29, 32, 33].

Определение локализации патологического объекта так же является довольно важной диагностической задачей, ведь довольно часто патологический процесс поражает не все лёгкое, а только его долю (или её

часть), сегмент (или субсегмент). Эта особенность получила наименование «ограниченное затемнение легочного поля». Важно как можно более точно определить локализацию патологического очага, так как патологические процессы можно дифференцировать на основе их расположения (например, туберкулёз поражает верхушечный и, в некоторых случаях 6, сегменты). Но по рентгеновским снимкам не всегда удаётся точно определить точную локализацию объекта и в таких случаях на помощь приходит метод компьютерной томографии [26, 29, 32].

Одним из способов оценки стадии патологического процесса является определние интенсивности обнаруженного затемнения. Интенсивность может быть: низкой, средней и высокой. Так например у многоих пациентов, пренесших туберкулёз, первичный его очаг со временем обызвествляется и становится плотнее, (то есть более интенсивным) [26, 29, 32].

По характеру контуров все патологические объект можно разделить на те у которых они четкие и ровные (кисты) и те у кого они размытые, и не ровные (туберкулезные каверны) [26, 29, 32].

Обобщая выше сказанное получается, что рентгенологический метод диагностики позволяет не только выявить наличие пневмонии, но и благодаря оценке различных характеристик, описаных выше, произвести дифференциальную диагностику различных патологий, в том числе и видов пневмоний.

Стоит однако отметить, что процесс анализа рентгеновских снимков представляет собой, как уже упоминалось ранее, довольно сложный процесс, успех выполнения которого напрямую связан с имеющимися у специалиста знаниями в области рентгеновской диагностики различных патологий. Облегчение процесса анализа рентгеновских снимков возможно путем применения средств компьютерной обработки полученных изображений (цифровых рентгеновских снимков). Однако для использования именно такого способа необходимо определелить тот перечень рентгенологических

признаков которые позволяют однозначно дифференциировать конкретную патологию (например, пневмонию) от других заболеваний.

Представленные выше сведения позволяют говорить о том, что выявляемые при анализе рентгеновских снимков признаки можно разделить на качественные и количественные.

Так основные рентгенологические признаки пневмонии (затемнение легочного поля, локализация затемнения, деформация корня легкого и усиление легочного рисунка) являются качественными, и поэтому не могут быть обработаны с помощью средств компьютерной обработки. В связи с этим качественные признаки необходимо перевести в количественные (таблица 1.20).

Таблица 1.20 — Качественные и количественные признаки пневмонии

Качественные признаки	Количественные признаки
Затемнение обнаруживаемое в легочном поле	Количество очагов
	Локализация затемнений
	Размеры затемнения
	Интенсивность затемнения по сравнению с остальными участками легочной ткани
Изменение корня легкого	Ширина корня лёгкого
	Диаметр сосудов

Из всех представленных в таблице 1.20 количественных признаков пневмонии для обработки с помощью компьютерной техники больше всего подходят такие количественные признаки как: количество очагов, локализация и размер затемнений, а так же интенсивность затемнения по сравнению с остальными участками легочной ткани.

Следует так же помнить о том, что представленные рентгенологические признаки не являются уникальными именно для пневмонии и могут быть выявлены и при наличии иных патологий лёгких. Указанное предположение подтверждается данными научной литературы, представленными выше.

Как упоминалось ранее процесс обнаружения и оценивая признаков пневмонии на рентгенограммах лёгких является весьма сложным процессом, и применение средств компьтерной обработки способно снизить трудоёмкость данного процесса, но остается ещё одна, не менене важная проблема связанная с тем, что на одном снимке может быть обнаружено несколько диагностических признаков (затемнений).

Решение данной проблемы заключается в использовании при описании рентгеновского снимка определенной методики, что позволит не только упростить сам процесс описания снимка (так как у специалиста будет определенная схема, благодаря которой он сможет шаг за шагом описать все области рентгеновкского снимка), но и избежать пропусков диагностически значимых признаков патологии, а так же снизить вероятность принятия одного диагностического признака за другой.

Таким образом, рентгенологический метод диагностики пневмонии основывается на последовательном (то есть основанном на определенной методике) анализе рентгенограмм с целью обнаружения на них объекта, соответствующего количественным признакам пневмонии, к которым можно отнести количество очагов, локализацию и размер затемнений, а так же интенсивность затемнений по сравнению с остальными участками легочной ткани.

1.5 Традиционная методика анализа рентгенограмм

Основной задачей проведения ренгенологического исследования является получение рентгеновского снимка определенного органа – рентгенограммы. Применительно к диагностики пневмонии одним из основных результатов проведения рентгенологического исследования является получение рентгенограммы органов грудной клетки, а дальнейший её анализ позволяет решить главную задачу данного исследования –

подтверждение или опровержения наличия пневмонии (или иной патологии) у обследуемого больного.

Диагностическая ценность рентгенологического исследования, проявляется только в случае верной интерпретации его результатов. Поэтому специалист в области лучевой диагностики должен подойти к процессу анализа рентгеновских снимков со всей ответственностью.

Однако в силу существования некоторых факторов, которые способны привести к возникновению неверного трактования результатов рентгенологического обследования, повышенное внимание специалиста к интрепретации его результатов наоборот может обернуться ещё больше диагностической неточностью. Эти факторы ещё называют – ошибками, основными среди которых считаются когнитивные [34]:

- наличие усталости, в следствии высокой загруженности специалиста;
- отсутствие достаточного опыта;
- наличием ложных предположений по поводу обнаруженных диагностических признаков;
- наличие у специалиста уверенности в том, что найденные в самом начале диагностического процесса патологические признаки являются единственными;
- поиск подтверждения самого первого предположения и не внимательное отношение к остальным признакам [34].

Диагностическая ценность рентгенологического метода диагностики довольно тесно связана с достоверностью интепретацией его результатов, которая в свою очередь зависит от наличия допущенных специалистом ошибок. Одним из способов снижения возможности возникновения диагностической ошибки является соблюдение определенной последовательности (то есть использование методики) при описании рентгеновского снимка. Таких методик существует достаточно большое

количество и они, как правило, очень похожи друг на друга и поэтому выбираются специалистом с учетом его собственных предпочтений.

Методика описания рентгеновских снимков построена на наличии нескольких последовательно идущих этапов каждый из которых позволяет изучить определенную составляющую рентгеновского снимка (легочные поля, костно- мышечная система и так далее). Этапы ABCDEFGHI, как наиболее популярной методики описания рентгеновских снимков, представлены в таблице 1.21.

Таблица 1.21 — Этапы методики ABCDEFGHI

Этап анализа рентгенограмм	Описание этапа
A (Airway)	Оценка состояния воздухоносных путей. Оценивается положение трахеи, угол её бифуркации и наличие или отсутствие сужения её просвета
B (Bones and soft tissues)	Оценка состояния костно- мышечной системы (состояния мягких тканей и дефектов костной ткани) на предмет наличия дополнительных дефектов (трещин, новообразований, наличия эмфиземы и так далее), определение формы грудной клетки
C (Cardiac)	Изучение: •конфигурации тени сердца (возможны несколько вариантов: митральная, аортальная, шаровидная, трапециевидная); •положение (а соответсенно положение сердца), оцениваемое по углу между длинником сердца и горизонтальной линией; •размеры тени сердца (при аналоговой или пленочной рентгенографии в связи с суммацией теней размеры сердца несколько увеличены, и поэтому для получения истинных его размеров необходимо использовать метод телерентгенографии)
D (Diaphragm)	Оценка состояния дифрагмы и полноты вдоха (в норме контуры диафрагмы ровные с правой частью расположенной выше левой)
E (Extrathoracic soft tissue)	Исследование мягкие ткани на наличие дефектов (увеличеные лимфоузлы и подкожная эмфизема и другие дефекты)
F (Fields, fissures and foreign bodies)	Оценка состояния лёгочных полей, путем сравнения симетричных областей в обоих лёгких, а так же определение наличия (или отсутствия) пневмоторакса (гидроторакса), гемоторакса, признаков характерных для онкологических заболеваний (в основном гомогенное затемнение), состояния легочного рисунка, наличие линий Керли и тому подобных признаков

Продолжение таблицы 1.21

Этап анализа рентгенограмм	Описание этапа
G (Gastric bubble)	Оценка наличия желудочного пузыря (расположенного чуть ниже диафрагмы) и количество воздуха его состовляющего
H (Hila and mediastinum)	Оценка состояния корней легкого
I (Impression)	Определения наличия или отсутствия на рентгенограмме хирургические дренажи или кардиостимулятор или какого либо ещё медицинского оборудования, а так же, при его наличии, – оценивание его состояния и правильности установки

Описание рентгеновского снимка представляет собой довольно сложный процесс состоящий из большого, как показано в таблице 1.21, количества этапов. Однако на практике возможно сокращение количества этапов, представленных в таблице 1.21, за счет их объедения. В результате получается методика описания рентгеновских снимков сохраняющая всю структуру описания, но при этом состоящая из значительно меньшего количетва этапов – A, B, C, D, E.

Перед началом описания рентгеновского снимка важным считается оценка параметров представленных в таблице 1.22.

Таблица 1.22 – Необходимые для анализа рентгенограмм параметры

Параметр	Описание
Тип снимка	Снимки, при проведении рентгенографии органов грудной клетки могут быть аналоговыми и цифровыми
Определение исследуемой области	Если на предложенном для анализа снимке представлена какая либо анатомическая область целиком, то это обзорная рентгенограмма, если только небольшая часть (напримр половина грудной клетки) то это какая либо проекция (например левая или правая боковая проекция грудной клетки), а на рентгенограмме предсталена лишь часть органа – то это прицельная рентгенограмма
Проекция	Прямая проекция – характеризуется перпендикулярностью сагиттальной плоскости рентгеновской пленке. Боковая проекция – идентифицируется по положению грудины. Косая проекция – проекция грудины располагается на фоне легочного поля между позвоночником и образованным ребрами - передним контуром

Продолжение таблицы 1.22

Параметр	Описание
Данные пациента	Оценивается наличие на снимке бирки (или надписи) с указанием фамилии, имени и отчетсва пациента, а также даты его рождения и отделения в котором он находится
Оценка полноты вдоха и качества снимка	Снимок бывает контрастный, неконтрастный или со сниженной контрастностью. Наличие на рентгенограмме желтого цвета (или «серый» снимок) говорит о неконтрастности снимка. Так же существует такое понятие как жесткий снимок (слишком темный) и мягкий снимок (слишком светлый), а критерием для их разграниченя является наличие отчетливо различимых трех – четырех (в норме) верхних грудных позвонков (для жесткого снимка характерно наличие большего количество позвонков, для мягкого – меньшего)

Из всего выше сказаного следует, что наиболее удобная и распространенная методика описания рентгеновских снимков, представленная в таблице 1.23, основывается на собюдении нескольких последовательно идущих этапов, позволяющих произвести полноценный и всестороний анализ рентгенограммы.

Таблица 1.23 – Методика описания рентгеновских снимков лёгких [35]

Этап нализа	Описание
Оценка параметров рентгеновского снимка	На данном этапе опредеяется тип снимка, проекция, данные пациента, полнота вдоха и качество снимка исследуемой области
Анализ рентгенограммы с помощью алгоритма A, B, C, D, E.	
A	Оценка воздухоносных путей
B	Оценка лёгочных полей и контуров тени сердца
C	Оценка состояния сосудов, корней лёгких и определение размеров тени сердца
D	Оценка костно- суставной системы на предмет травм
E	Определение наличия свободного газа, инородных тел, хирургических вмешательств и так далее
Заключение	Производится сопоставление выявленных отклонений с одним из синдромов заболеваний органов дыхания или сердечно-сосудистой системы

Согласно данным таблицы 1.23 можно утверждать, что описание рентгеновского снимка сводится к его последовательному анализу с целью

выявления на нем определенных диагностических признаков, характерных для различных патологий.

Исходя из ранее приведенных сведений можно говорить, о том, что интерпретация результатов проведенного рентгенологического исследования является трудоёмким процессом, сопряженным с высокой вероятностью возникновения диагностической ошибки, в связи с чем требующее от специалиста глубоких знаний как в теоритическом так и в практическом плане. Использование при описании рентгеновского снимка, определенной методики хоть и позволяет понизить вероятность возникновения диагностической ошибки, но при этом не даёт возможности решить проблему высокой трудоёмкости диагностического процесса.

Согласно представленным ранее сведениям основным вариантом решения представленных задач является использование (либо создание) программных средств обработки исследуемого изображения (информационной технологии).

Таким образом, наличие проблем связанных с высокой трудоёмкостью анализа рентгенограмм и повышенными требованиями к специалисту в плане его профессиональных знаний, создают необходимость создания информационной технологии анализа цифровых рентгеновских снимков. При это стоит учесть, что подобная информационная технология должная базироваться на определной методике поиска и анализа признаков патологии.

1.6 Основные результаты и выводы по разделу 1

1 Высокий процент летальных исходов (30716 случаев за 2016 год) в купе с высокой заболеваемостью населения (418,02 случая на 100000 населения за 2016 год), позволяет утверждать, пневмония требует максимально тщательной диагностики, требующей при этом значительных знаний о характерных для неё диагностических признаках.

2 Этиология относится к важнейшим (в основном для лечения) принакам пневмонии, и не смотря на то, что по данным научной литературы пневмония является заболеванием полиэтиологичным, результаты статистических наблюдений все же позволяют выделить наиболее вероятных возбудителей данной патологии. В итоге ведущую роль в структуре причин развития пневмонии занимают бактерии, а именно Streptococcus pneumoniae, а по проценту летальных исходов пневмококк разделяет первенство с Legionella pneumophila.

3 Определение этиологической принадлежности возбудителя пневмонии особенно важно при анализе патоморфологических изменений тканей лёгких, возникающих по мере развития (то есть течения) патологии, и часто определяемых как диагностические признаки. Особенно заметными подобные изменения становятся в стадию опеченения или, в случае очаговой пневмококковой пневмонии, в стадию разгара. Наиболее характерными для пневмонии являются такие диагностические признаки как: наличие интенсивного затемнения лёгочного поля, деформированного легочного рисунка и увеличенного в размерах (а так же неструктурного) корня лёгкого.

4 Выявления диагностических признаков пневмонии – её диагностика базируется на применении довольно широкого спектра диагностических мероприятий. Однако из всех методов диагностики рентгенологический метод является наиболее информативным, более того на сегодняшний день диагноз пневмонии не считается подтвержденным без проведения рентгенологического обследования пациента. Основными рентгенологическими признаками пневмонии являются такие признаки как затемнение легочного поля, локализация затемнения, деформация корня легкого и усиление легочного рисунка. Однако данные признаки являются качественными, и поэтому не могут быть обработаны с помощью средств компьютерной обработки. В связи с этим качественные признаки необходимо перевести в количественные среди которых для обработки с помощью

компьютерной техники больше всего подходят такие количественные признаки как: количество очагов, локализация и размер затемнений, а так же интенсивность затемнения по сравнению с остальными участками легочной ткани. При этом стоит учесть тот факт, что указанные признаки не являются абсолютно специфичными только для пневмонии и в связи с этим могут быть выявлены и при наличии других патологий лёгких.

5 Несмотря на высокую информативность рентгенологического метода диагностики, сложность интерпретации результатов рентгенологического метода снижает его эффективность. Создание практически выверенной методики оценивания рентгеновских снимков позволяет значительно снизить сложность интерпретации результатов рентгенологического исследования, благодаря соблюдению определенной последовательности при поиске и оценивании рентгенологических признаков патологии.

6 Таким образом, наиболее информативным методом диагностики пневмонии является рентгенологический метод, основанный на выявлении характерных для неё рентгенологических признаков. Но несмотря на все положительные черты рентенологического метода у него есть и довольно весомый недостаток связанный с высокой трудоёмкостью. Устранение указанного недостатка кроется в применении методов компьютерной обработки цифровых рентгеновских снимков.

7 Наличие проблем связанных с высокой трудоёмкостью анализа рентгенограмм и повышенными требованиями к специалисту в плане его профессиональных знаний, создают необходимость создания информационной технологии анализа цифровых рентгеновских снимков, базирующейся на определеной методике поиска и анализа признаков патологии. Однако создание подобной информационной технологии невозможно без учета недостатков существующих решений.

2 РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

2.1 Цифровые рентгеновские комплексы

Все существующие на сегодняшний день аппараты для проведения рентгенологического исследования по способу получения изображений делятся на аналоговые (пленочные), с рентгеновской пленкой в виде устройства регистрации рентгеновского изображения, а так же цифровые.

Аналоговые аппараты сегодня практически не используются в виду низкого качества получаемого изображения и активно заменяются цифровыми, с приемником рентгеновского излучения в виде: полупроводниковые фоточувствительные пластины, флюоресцирующего экрана или рентгеновского электронно-оптического преобразователя.

По назначению и аналоговые, и цифровые рентгеновские аппараты подразделяются на универсальные, позволяющие получать рентгеновские снимки всех частей тела, и аппараты специализированные, используемые для проведения рентгеновских исследований в определенной области (например, неврологии). Созданы также специализированные аппараты для проведения рентгенологического обследования детей, а так же проведения массовых проверочных исследований (флюорография) [18, 29, 36]

На рисунке 2.1 представлена расширенная классификация рентгенологических аппаратов.

Наличие общего ключевого элемента конструкции предполагает похожего принципа работы всех существующих на сегодня аппаратах для рентгенологической диагностики, а значит различие при применении данных аппаратов для проведения диагностических мероприятий заключается в основном в особенностях регистрации рентгеновского излучения (формирования рентгеновского изображения) и методике проведения того или иного рентгенологического исследования.

Рисунок 2.1 – Классификация рентгеновских аппаратов

Рентгеновское изображение формируется после прохождения через тело пациента рентгеновских лучей в течение нескольких секунд во время экспозиции. Указанный метод получения изображений называется рентгенографией. Существует метод пленочной рентгенографии (аналоговой рентгенографии), а так же наиболее перспективный метод цифровой рентгенографии [36].

Под цифровой рентгенографией понимается те случаи, когда происходит преобразование рентгеновского изображения в цифровой сигнал с целью его дальнейшей обработкой с помощью вычислительной техники [37].

Преимуществом цифровой рентгенографии перед аналоговой является возможность разделения на этапы процессов получения изображения с возможностью оптимизации каждого из них:

- детекция пространственного изображения;
- обработка изображения;
- запись изображения;

- представление изображении и просмотр;
- хранение изображений в удобном и долговечном цифровом виде;
- архивация [37].

При аналоговой рентгенографии приемником, носителем и детектором рентгеновского изображения (излучения) является рентгеновская пленка, что приводит к тому, что:

- отсутствует возможность исправления качества получившегося снимка;
- повреждение пленки приводит либо к снижению качества полученного изображения, либо к его потере;
- довольно затруднительно создать копию полученного в ходе исследования изображения [37].

Помимо многочисленных достоинств цифровой рентгенографии, имеются у неё и недостатки, связанные в основном с высокой стоимостью комплекса цифровой рентгенографии (что затрудняет его покупку), а так же с невозможностью передачи всех деталей полученного изображения через обычный принтер. Как видно недостатков у представленного метода значительно меньше, чем достоинств, что позволяет говорить о довольно высокой эффективности данного метода диагностики [29].

Несмотря на наличие многочисленных отличий у цифровой и аналоговой рентгенографии, остаётся один немаловажный факт их объединяющий – процесс получения рентгеновского изображения. Как и при пленочной, так и при цифровой рентгенографии изображения исследуемой области получается за счет применения особенностей рентгеновского излучения описанных ранее, но при этом изменяется процесс регистрации рентгеновского излучения. В отличии от аналоговой, при цифровой рентгенографии для регистрации излучения используется электронный датчик, формирующий снимок в электронном виде [37].

Современные успехи в области компьютерной обработке изображений позволили повысить возможности цифровой рентгенографии, давая возможность не только значительно упростить процесс получения рентгеновского изображения, но и сделать его более безопасным как для пациента, так и для персонала.

Формирование и регистрация изображений происходит либо с помощью систем приема и преобразования рентгеновского потока с запоминающими устройствами в роле буфера (рисунок 2.2), либо за счет использования систем приёма рентгеновского излучения и преобразованием его в цифровой массив (системы создания цифровых изображений в реальном временном масштабе (рисунок 2.3)) [38].

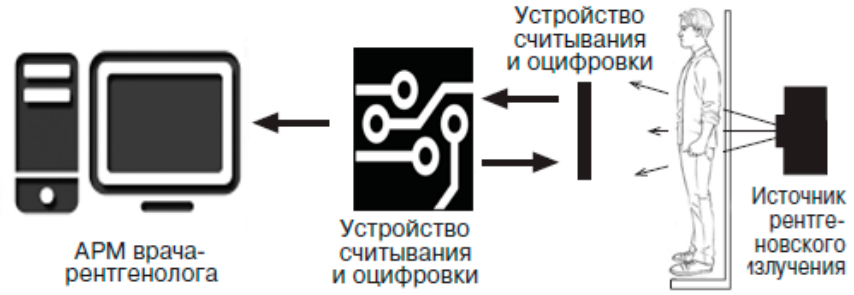


Рисунок 2.2 — Схема формирования цифрового рентгеновского изображения с помощью запоминающего устройства

Рисунок 2.3 — Схема непосредственного формирования цифрового рентгеновского изображения

К основным блокам системы цифровой рентгенографии относится компьютер, соединённый со сканером, а так же дисплей (для вывода получившихся изображений). Элементы, составляющие основу системы для проведения цифровой рентгенографии, представлены на рисунке 2.4.

Рисунок 2.4 — Основные элементы системы для проведения цифровой рентгенографии

Основываясь на ранее представленных сведениях можно говорить о том, что достижения современной науки и техники предоставляют возможность создания некоторой системы позволяющей проводить цифровую рентгенографию с последующей обработкой полученных снимков с помощью специализированного программного обеспечения и возможностью создания архива таких цифровых снимков.

В системе проведения цифрового рентгенографии можно выделить три канала: традиционная рентгенография, цифровая рентгенографическая установка и рентгеноскопия (видеосигнал с УРИ). Характеристика каждого из указанных каналов представлена в таблице 2.1, а схема взаимодействия элементов системы получения, обработки, хранения и передачи рентгеновских диагностических изображений представлена на рисунке 2.5 [39].

Таблица 2.1 — Описание функций каналов системы получения и обработки диагностических медицинских изображений [39]

№ канала	Название канала	Описание
1	Канал традиционной рентгенографии	«Преобразование» изображений на плёнке в цифровую форму с помощью полутонового графического сканера
2	Канал цифровой рентгенографической установки	Автоматизированное рабочее место (АРМ) лаборанта и АРМ врача-рентгенолога, составляющих основу данного канала, позволяют путем совместного их использования (за счет объединения их по локальной сети) производить решение задач связанных с обработкой диагностических сведений
3	Рентгеноскопия (видеосигнал с УРИ)	Изображения, полученные во время проведения рентгеноскопии с помощью УРИ, представляются в цифровом виде

Для проведения диагностического исследования наибольший интерес представляют действия второго канала, состоящего из Автоматизированного рабочего места (АРМ) рентгенолаборанта и АРМ врача-рентгенолога. Представленные рабочие места несколько отличаются по своему функционалу. Так АРМ рентгенолаборанта даёт возможность не только вносить всю необходимую информацию о больном, но и прикреплять её к полученным рентгеновским изображением. В тоже время АРМ врача-рентгенолога позволяет проводить программную обработку полученных ранее изображений для получения максимума диагностической информации. Так же возможности программного обеспечения АРМ врача-рентгенолога позволяют привести полученные изображения к оптимальному для архивации формату, создать (если нужно) копии изображений на бумаге или оптическом носителе, а так же передать изображение другим специалистам для проведения консультаций или дифференциальной диагностики [39].

Представленные выше сведения позволяют говорить о том, что структура современных цифровые рентгенодиагностических систем в обязательном порядке включают в себя такие компоненты как:

автоматизированное рабочее место (АРМ) лаборанта и АРМ врача-рентгенолога (рисунок 2.6).

Рисунок 2.5 — Схема взаимодействия элементов системы обработки, хранения и передачи рентгеновских диагностических изображений

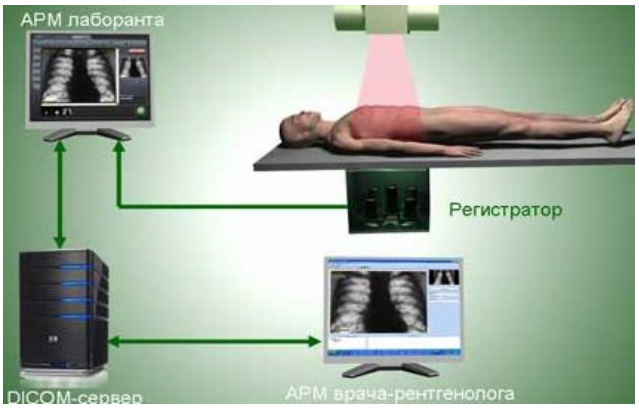


Рисунок 2.6 — Схема работы рентгенологической системы

На основании всего выше сказанного можно утверждать, что переход к цифровой рентгенографии позволил не только повысить диагностическую эффективность рентгенологического метода, но и значительно упростить процесс интерпретации его результатов за счет применения средств компьютерной обработки полученных изображений. Подобная возможность нашла своё воплощение в виде автоматизированных рабочих мест, а точнее в программном обеспечении, входящем в их состав.

Таким образом, развитие рентгенологического метода диагностики кроется не только в модернизации конструкции самих аппаратов, но и в совершенствовании возможностей уже имеющегося программного обеспечения, входящего в состав АРМ, или создании нового с учетом, как пожеланий специалистов, так и недочетов ранее созданных версий.

2.2 Программные средства АРМ врача рентгенолога

Программное обеспечение, входящее в состав автоматизированных рабочих мест (АРМ) специалистов, позволяет извлекать максимум диагностическо информации из анализируемого рентгеновского снимка и тем самым облегчать работу специалиста, а так же повышать качество получаемых диагностических сведений. Однако изменения, в сфере компьютерной обработки изображений (в том числе и медицинских), происходят довольно стремительно, в связи, с чем происходит постоянное расширение возможностей данного направления, а значит необходимо не только постоянно обновлять программное обеспечение АРМов, но обучать специалистов работе с ним.

Обновление программного обеспечения происходит, как правило, либо путем разработки новых программных методов обработки изображений, либо за счет совершенствования уже существующих, с учетом пожеланий специалистов конкретной области. Однако невозможно произвести модернизацию какого либо направления без подробного анализа уже используемых в практике методов (или программных средств обработки получаемых изображений).

В таблице В.1 представлена сравнительная характеристика возможностей программного обеспечения входящего в состав автоматизированных рабочих мест врача-рентгенолога различных фирм производителей. В представленной таблице отмечены наиболее важные для обработки изображений функциональные особенности.

С учётом данных таблицы В.1 можно утверждать, что на сегодняшний день пользователю доступен весьма внушительный набор инструментов обработки изображений, что существенно расширяет возможности рентгенологического исследования и позволяет свести количество диагностических ошибок к минимуму, а так же упростить сам процесс диагностирования за счет улучшения качества изображения.

Однако возможности программного обеспечения имеют свои достоинства и недостатки, среди которых можно выделить один объединяющий практически все системы компьютерной радиографии заключающийся в отсутствии автоматизированного процесса обработки рентгеновского снимка. Данный недостаток создает необходимость специалисту вручную выбирать необходимые методы программной обработки изображений, что требует от него высокой квалификации в области компьютерной обработки изображений, и в случае отсутствия у специалиста необходимой квалификации, в данной сфере, польза от обширных программных возможностей исчезает и как результат – увеличение вероятности возникновения диагностических ошибок при анализе рентгеновских снимков.

Для максимально эффективного использования возможностей программного обеспечения в области компьютерной обработки цифровых рентгеновских снимков, необходимо автоматизировать процесс распознавания признаков патологий, что позволит снизить требования к знаниям специалиста в области компьютерной обработки изображений и одновременно повысить безошибочность диагностирования патологий.

Проведя анализ доступных источников информации можно прийти к заключению, что на сегодняшний день существует некоторые попытки автоматизировать описанный выше процесс. Однако развитие данного направления ограниченно сложностью выявления диагностических признаков и поэтому на сегодняшний день в основном создаются либо программы,

позволяющие лишь запомнить выбранные специалистом, и им же признанными успешными, комбинаций различных способов обработки изображений, либо к автоматизации только определённых действий (или этапов), либо программы способные выделить лишь признаки определённого заболевания, или же подтвердить или опровергнуть предположение возникшее у специалиста.

Одной из систем автоматизации определённого этапа анализа рентгенограмм является система измерения кардиоторакального индекса на флюорографах серии Проскан, базирующаяся на алгоритме предложенным В.М. Кораблевым. Основной задачей данного алгоритма является выделение структур представленных на снимке и проведение измерений кардиоторакального индекса, позволяющего диагностировать патологии (например, инфаркт миокарда) сопровождающиеся увеличением размеров тени сердца, то есть его размеров [40].

Среди последних разработок особого внимания заслуживает система компьютерной помощи в диагностике или CAD (Computer-Aided Diagnosis) основанная на создании вероятностных моделей стандартных рентгенологических образов. Данная система подразумевает её использование в качестве «дополнительного» диагностического мероприятия, позволяющего специалисту рассмотреть некоторое альтернативное мнение относительно своего и таким образом, либо опровергнуть, либо подтвердить своё предположение.

Работа системы CAD базируется на сегментации изображения, выявлению диагностически значимых объектов, их параметрическое описание и классификацию. Классификация подобных объектов позволяет дать ответ на вопрос, являются ли они одним из признаков патологии или нет. Параметрическое же их описания производится за счет совместного использования возможностей гистограммного, морфометрического, а так же текстурного анализа, что, однако, наблюдается крайне редко [41].

Ещё одним из современных методов анализа цифровых рентгеновских снимков является использование нейросетевого программирования, одним из примеров которого является свёрточная нейросеть CheXNet позволяющая специалистам создавать подобие «тепловой карты» органов грудной клетки с выделенными на ней различными цветами патологиями. При этом интенсивность цвета является отражением выраженности патологических изменений. Данная система позиционируется своими создателями как система для диагностирования пневмонии и не смотря на то, что система доказала в многочисленных испытаниях свою эффективность, большая достоверность при диагностировании пневмонии остаётся за человеком, что так же подтверждается разработчиками [42].

Переход к цифровой рентгенографии позволил значительно улучшить качество результатов рентгенологического исследования, а так сделать процесс их анализа менее трудоёмким. Представленные достижения стали возможны благодаря применению возможностей компьютерной техники для обработки цифровых рентгеновских снимков. Однако чаще всего специалисту приходится самостоятельно принимать решение относительно применения того или иного способа компьютерной обработки цифрового рентгеновского снимка, что создаёт необходимость в получении им (то есть специалистом) дополнительных знаний в области компьютерной обработки изображений. С учетом высокой загруженности специалиста дополнительного времени у него нет и поэтому, зачастую выбор способов обработки изображений осуществляется специалистом случайным образом (наугад) и соответственно не всегда будет способствовать облегчению диагностического процесс.

Учитывая указанные выше обстоятельства возникает необходимость создания автоматизированного программно- методического комплекса позволяющего изолировать специалиста из процесса выбора способа обработки полученного изображения. Использование в качестве основы подобного комплекса определенной, практически выверенной, методики

поиска и оценивание рентгенологических признаков патологии позволит не только эффективно провести улучшение качества полученного изображения, но и обнаружить, а главное оценить диагностические признаки патологии, выполняя тем самым за специалиста наиболее утомительную часть анализа цифрового рентгеновского снимка, а так же снимая с него необходимость изучения методов компьютерной обработки изображений.

Наиболее оптимальной будет та последовательность действий (методика), которая обычно используется при анализе снимка человеком (специалистом) так как такая методика является наиболее достоверной с доказанной временем и многочисленными исследованиями эффективностью, максимального эффекта от создаваемого программно- методического комплекса можно добиться базируя его на возможностях пакета Image Processing Toolbox программы Matlab.

Таким образом, для улучшения работы систем анализа медицинских изображений необходим автоматизированный программно- методический комплекс базирующийся на определенной методике, благодаря которой будет обеспечен наиболее оптимальный выбор инструментов обработки изображений. Создание подобного программно- методического комплекса, а так же решение проблемы высокой трудоёмкости процесса анализа цифровых рентгеновских снимков, возможно с помощью возможностей предоставляемых функциями входящими в состав пакета Image Processing Toolbox программы Matlab.

2.3 Анализ цифровых рентгеновских снимков с помощью Image Processing Toolbox

Основываясь на данных представленных ранее можно утверждать, что одним из наиболее опасных заболеваний для всех возрастных групп населения является пневмония. Анализ научной литературы, показал, что среди многочисленных диагностических методов, применяемых для выявления

пневмонии, наиболее информативным является рентгенологический метод, известный так же как «золотой» стандарт диагностики пневмонии. Но не смотря на все достоинства рентгенологического метода, он так же обладает одним серьёзным недостатком – он довольно трудоёмок, что объясняется как особенностями процесса интерпретации его результатов, так и отсутствием возможности получения большого количества высоклассных специалистов в области рентгенологической диагностики.

Решение задачи связанной со снижением трудоёмкости процесса анализа цифровых рентгеновских снимков кроется в переходе на цифровую рентгенографию, позволяющую использовать для анализа полученных цифровых рентгеновских снимков средства компьютерной обработки изображений. Однако на сегодняшний день в данном направлении достигнуты значительные успехи, но всё же представленная проблема остаётся не решенной в силу отсутствия у имеющегося программного обеспечения возможности автоматизации процесса анализа рентгенограмм. Поэтому актуальной на сегодняшний день задачей является разработка основанной на определенной методике информационной технологии позволяющей снизить трудоёмкости рентгенологического метода диагностики, путем передачи наиболее рутинной части диагностического процесса компьютеру, что так же способствует повышению достоверности получаемых диагностических сведений.

Решение проблем создания информационной технологии, соответствующей описанным выше условиям возможно с помощью пакета Image Processing Toolbox (IPT) программы Matlab. Данный пакет включает в свой состав функции, предоставляющие обширные возможности в области обработки изображений.

Основными группами функций является: форматы представления данных, определение типа изображения, работа с графическими форматами файлов, установка и чтение глобальных переменных IPT, вывод изображения

на экран, преобразование типов изображения, конвертирование цветовых систем, геометрические преобразования изображений, анализ изображений, улучшение изображений, фильтрация изображений, сегментация изображений, морфологические операции над бинарным изображением, поиск объектов и вычисление их признаков, создание и обработка структурных элементов [43] (таблица 2.2).

Функции, входящие в состав представленных выше групп, позволяют проводить различные манипуляции с анализируемым изображением. Однако для решения поставленной задачи больше всего подойдут функции позволяющие выделить и количественно оценить определённые диагностические признаки (таблица 2.2).

Таблица 2.2 — Функции работы с изображениями в IPT [43]

Функции	Выполняемая функция
imread	Чтение изображения из файла
imwrite	Запись изображения в файл
imshow	Вывод изображения на экран
imcontour	Построение линий уровня
zoom	Масштабирование изображения
rgb2gray	Преобразование изображения в полутоновое
im2bw	Преобразование изображения в бинарное
roifill	Заполнение областей интереса
roifilt2	Заполнение областей интереса
roipoly	Заполнение области интереса с помощью полигона
histeq	Выравнивание гистограммы
imadjust	Контрастирование с гамма-коррекцией
stretchlim	Поиск границ повышения контраста изображения
imcontrast	Изменение контраста
conv2	Свертка изображений
imfilter	Фильтрация двумерных и многомерных изображений
medfilt2	Медианная фильтрация
ftrans2	Формирование маски линейного фильтра методом преобразования частот
fspecial	Задание маски предопределенного фильтра
edge	Выделение границ
regionprops	Определение свойств области изображения. Функция regionprops является более новой версией функции imfeature
bweuler	Вычисление числа Эйлера
bwarea	Вычисление площади объектов

Основываясь на дынных таблицы 2.2 можно утверждать, что для проведения анализа цифровых рентгеновских снимков, имеется достаточно большое количество функций входящих в состав пакета IPT программы Matlab. С точки зрения практического применения все функции, описанные в таблице 2.2 целесообразно разделить на несколько групп согласно решаемым задачам. Подобное деление представлено на рисунке 2.7.

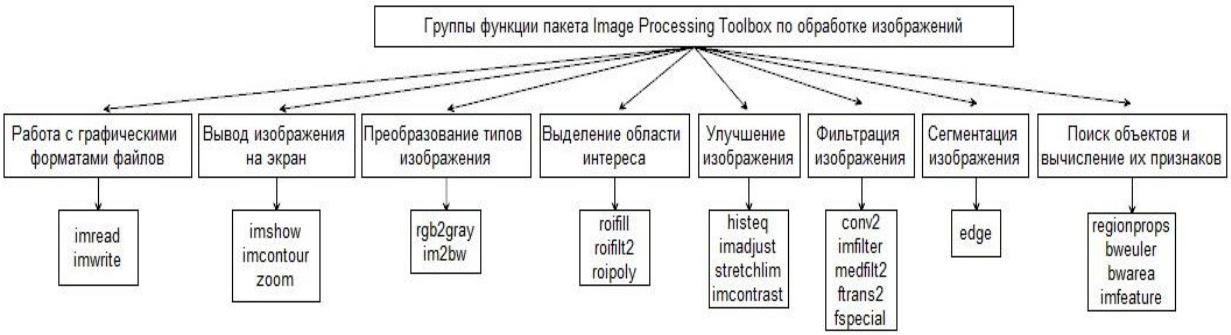


Рисунок 2.7 – Группировка функций пакета Image Processing Toolbox по выполняемым задачам

Представленные функции позволяют производить определенные действия в отношении исследуемых изображений, но их функциональные возможности по отдельности не позволяют добиться значительных результатов в решении поставленной проблемы. Поэтому важной особенностью работы с описанным пакетом является комбинирование возможностей различных функций с целью замещения недостатков одной функции возможностями другой.

При создании программно- методического комплекса нацеленного на поиск и количественную оценку признаков патологии на цифровом рентгеновском снимке лёгких так же следует придерживаться определённой последовательности действий.

Оптимальной с точки зрения анализа цифровых рентгеновских снимков является последовательность применения функций IPT описанная в таблице Г.1.

При создании программно-методического комплекса основанного на возможностях пакета Image Processing Toolbox программы Matlab следует помнить о том, что с данным комплексом предстоит работать специалисту выполняющему довольно трудоёмкий процесс и в силу этого не располагающего временем на ознакомление с особенностями его работы. Поэтому крайне важным является создать максимально понятный для пользователя программный интерфейс (дружественный).

Таким образом, пакет прикладных программ Image Processing Toolbox обладает мощным инструментарием для анализа цифровых рентгеновских изображений. При этом максимально эффективного результата, можно достичь путем использования возможностей функция пакета IPT в определенной последовательности, а так же создать максимально удобный для пользователя программный интерфейс.

2.4 Интерфейс пользователя АРМ врача рентгенолога

Эффективность использование программного обеспечения позволяющего производить обнаружения и оценивания признаков пневмонии во многом зависит не только от полного понимания специалистом его возможностей, но и от организации элементов управления предлагаемого программного обеспечения, за которое отвечает интерфейс пользователя.

По данным научных источников основной задачей интерфейса пользователя (или пользовательский интерфейс) является обеспечение передачи информации между пользователем и программно-аппаратными компонентами компьютерной системы [44].

Использование соответствующего програмного обеспечения позволяет решить множество проблем, в том числе и проблемы рентгенологического

обследования пациентов с пневмонией, но при этом большую роль играет наличие у него удобного и понятного для пользователя интерфейса.

Современные програмные средства, применяемые для проведения анализа цифровых рентгеновских снимков, предоставляют обширный набор функций обработки изображений, но при этом не всегда обладают так называемым «дружественным» пользователю интерфейсом (то есть удобным для работы и максимально терпимым к ошибкам пользователя).

Как уже упоминалось ранее всевозможные способы обработки изображений (программное обеспечение) в современных цифровых рентгенологических системах входят в состав АРМ. Основу программного обеспечения АРМ-врача составляют как программы оформления диагноза, расчета статистических данных, справочные сведения так и программные средства для улучшения качества изображения и оценивания признаков. Возможность улучшения качества полученного рентгеновского снимка позволяет максимально адаптировать качество визуализации полученного рентгеновского изображения, которая в свою очередь, осуществляется на специальном медицинском мониторе.

Возможности современных АРМов предоставляют пользователю весьма обширный набор программных средств обработки и анализа изображений, к которым можно отнести: изменение яркости, контрастности и масштаба либо определенной части (области интереса), либо всего снимка; возможность просмотра изображения, как в негативе, так и позитиве. Так же использование соответствующего программного обеспечения позволяет производить измерение количественных характеристик (углы, размеры области интереса и так далее) обнаруженных на изображении объектов представляющих диагностический интерес [45].

Современное программное обеспечение входящие в состав АРМ врачей рентгенологов, так же позволят разрешать возникшие диагностические трудности. Так при возникновении спорного вопроса относительно тог о или

иного диагноза возможно измерение относительной плотности в каждой или произвольной точке снимка.

Наличие многочисленных возможностей программного обеспечения входящего в состав АРМ предоставляет пользователю большой объём различных функций обработки цифровых рентгеновских снимков. Поэтому важным является создание максимально удобного или «дружественного» интерфейса пользователя, который, ко всему прочему должен быть рассчитан на отсутствие у пользователя обширных знаний в области компьютерной обработки изображений.

На рисунках 2.8 – 2.10 представлен пользовательский интерфейс наиболее распространенных производителей АРМов.

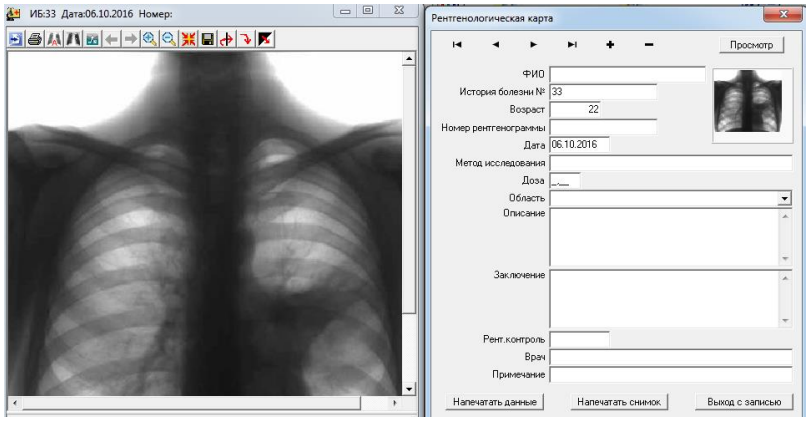


Рисунок 2.8 — Пользовательский интерфейс АРМ «Рентгенолог»

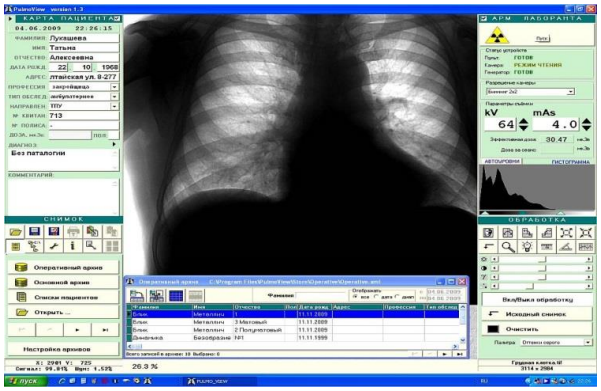


Рисунок 2.9 — Пользовательский интерфейс «ПУЛЬМО-Х»

Рисунок 2.10 — Пользовательский интерфейс «Гамма Мультивокс Д1»

Представленные выше рисунки позволяют утверждать, что пользовательский интерфейс современных АРМов довольно сложен и требует от пользователя значительного практического навыка работы с ним. В связи с этим возникает необходимость создания более простого и понятного («дружественного») програмного интерфеса, позволяющем на интуитивном уровне использовать максимум возможностей предлагаемого программного обеспечения. Одним из способов решения данной проблемы является использование возможностей среды GUIDE программы Matlab.

С учетом сведений представленных в данном разделе можно говорить о том, что программный интерфейс современных АРМов предоставляет пользователю, лишь набор функций для обнаружения определённого признака патологии, без какого- либо алгоритма их сочетания. Данный аспект не позволяет использовать максимально эффективно предлагаемые возможности функций и обрекает пользователя на самостоятельный (а при отсутствии у пользователя глубоких знаний в области компьютерной обработки изображений как правило случайный) выбор того или иного способа обработки исследуемого изображения, что так же не способствует повышению качества рентгенологического метода диагностики.

Таким образом, одним из основных недостатков современных АРМов является отсутствие четко определенной последовательности использования возможностей предлагаемых разработчиками функций. В связи с этим

возникает необходимость в создании такого программно интерфейса, который предоставлял бы пользователю определённую методику использования предлагаемых функций и при этом был достаточно прост в использовании.

2.5 Среда GUI Matlab

Использование Matlab для создания программно- методического комплекса позволяет так же создать для него «дружественный» пользователю интерфейс, благодаря среде GUIDE входящей в состав программы Matlab.

Возможности среды GUIDE программы Matlab позволяют создавать элементы управления, дальнейшее обращение к которым происходит с помощью диалогового окна. С помощью различных элементов управления становится возможным запуск определённых действий (например, выбор определённой функции из списка) или функций Matlab.

Основное окно среды GUIDE содержит поле окна приложения, вертикальную панель инструментов для добавления элементов интерфейса, горизонтальную панель инструментов и меню (рисунок 2.11) [46, 47].

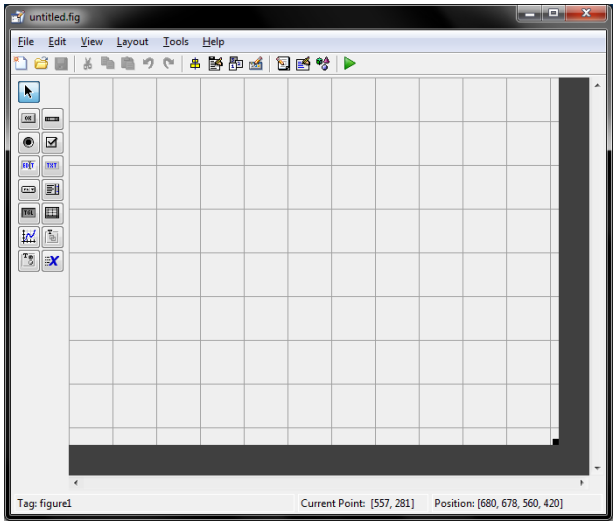


Рисунок 2.11 – Основное окно среды GUIDE

Функции, входящие в состав среды GUIDE программы Matlab, представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 — Функции состав среды GUIDE программы Matlab [47]

Название	Описание
Select	Работа с объектами окна GUI (выбор, перемещение и так далее)
Pushbutton	Данная функция позволяет создать обычную Кнопку н прикрепить к ней определенное действие
Slider	Линейка прокрутки
Radiobutton	Кнопка - переключатель
Checkbox	Флаг
Edit text	Ввода и редактирования текста
Listbox	Список
Popupmenu	Раскрывающийся список
Static text	Область ввода текста
Togglebutton	Кнопка-переключатель
Table	Вставка таблицы
Axes	Оси графика
Panel	Панель
Button group	Кнопка для группы объектов
ActiveX Component	Компонент ActiveX

Используя данные таблицы 2.7 можно утверждать, что среда GUI программы Matlab обладает довольно большими возможностями в сфере создания пользовательского интерфейса.

Таким образом, возможности среды GUI позволяют создать графический интерфейс не уступающий интерфейсу, используемому в большинстве АРМ рентгеновских комплексов, предлагаемых на рынке, но при этом заложить в его основу определенную методику использования предлагаемых функций, что позволяет в некоторой степени устранить основной недостаток современных АРМов, связанный как раз с отсутствем у них подобной методики.

2.6 Основные результаты и выводы по разделу 2

1 Рентгенологический метод диагностики по принципу получения изображений можно разделить на цифровую рентгенографию и аналоговую. На сегодняшний день практически полностью осуществлен переход с пленочной на цифровую рентгенографию, дающую неоспоримые преимущества, связанные со значительным снижением дозировки излучения

(и как результат повышени безопастности процедуры для пациента), а так же с качеством получаемого изображения, с возможностью его дальнейшей обработки, что создает предпосылки для создания программно-методических комплексов поиска и обнаружения признаков патологии.

2 Возможность средств компьютерной обработки заключены в програмное обеспечение АРМов врачей специалистов. При этом у большинства современных АРМов отсутствует алгоритм использования тех или иных способов обработки изображений и чаще всего пользователю предоставляют просто набор функций (то есть современные АРМы по большей части характеризуются отсутствием «дружественного» пользователю интерфейса). В связи с этим пользователю приходится либо получать дополнительные знания в области компьютерной обработки изображений, либо действовать наугад рандомно выбирая те или иные функции входящие в состав АРМ. Случайный выбор функции обработки изображения не может гарантировать достижения поставленной цели, а изучение области компьютерной обработки изображений займет у специалиста значительное время, которое и без того ограничено. Поэтому возникает необходимость создания программно-методического комплекса сочетающего простой и понятный пользователью интерфейс с определенной методикой обработки изображений.

3 Создание подобного программно-методического комплекса, а также снижение трудоёмкости процесса анализа цифровых рентгеновских снимков, возможно с помощью функций, входящих в состав пакета Image Processing Toolbox программы Matlab. Представленный пакет функций сочетает в себе максимум имеющихся сегодня возможностей в обработке изображений, поэтому такой путь решения представленной проблемы позволяет добиться максимальных результатов.

4 Как один из наиболее приемлемых способов решения проблемы отсутствия «дружественного» интрефейса у современных АРМов, можно

рассматривать применение возможностей среды GUI. Данная среда позволяет создать графический интерфейс не уступающий интерфейсу, используемому в большинстве АРМ врача-рентгенолога рентгеновских комплексов, предлагаемых на рынке, но при этом заложить в его основу определенную методику использования предлагаемых функций, что позволяет в некоторой степени устранить основной недостаток современных АРМов, связанный как раз с отсутствем у них подобной методики.

5 Недостатком современной информационной технологии рентгенологического метода диагностики является отсутствие программно-методического комплекса снабженного «дружественным» пользователю программным интерфейсом. Основываясь на сведениях, представленных в данной работе, можно говорить о том, что преодоление указанного недостатка возможно с помощью возможностей функций пакета IPT и среды GUIDE программы Matlab.

3 МЕТОДИКА ПОИСКА ПРИЗНАКОВ ПАТОЛОГИИ НА ЦИФРОВОМ РЕНТГЕНОВСКОМ СНИМКЕ ЛЁГКИХ

3.1 Методика поиска признаков патологии

Сведения, представленные в данной работе, позволяют сделать вывод о том, что основным способом повышения качества рентгенологической диагностики является использование возможностей программного обеспечения для анализа цифровых рентгеновских снимков. Однако подобный способ не позволяет полностью решить поставленную задачу в силу отсутствия у существующего программного обеспечения определённой методики анализа цифрового рентгеновского снимка, а так же «дружественного» (или достаточно простого в использовании) программного интерфейса.

Сложившаяся ситуация приводит к необходимости создания информационной технологии основанной на максимально эффективной методике анализа рентгеновских снимков, а так же либо обладающей максимально простым и удобным («дружественным») программным интерфейсом, либо основывающейся на таком алгоритме, работа которого не нуждается в участии пользователя.

Предлагаемый в данной работе алгоритм, за счет соответствия указанным выше условиям, представляет собой один из методов решения сложных диагностических задач путем плодотворного сотрудничества новейших достижений компьютерных технологий и опытного в области рентгенологической диагностики специалиста. Такое сотрудничество позволяет выполнить часть диагностического процесса, связанного с математическими вычислениями, компьютером, а наиболее важную часть, связанную с принятием диагностического решения, передать специалисту [49].

С целью выбора наиболее эффективного способа решения поставленной задачи был проведен анализ известных алгоритмов в ходе, которого было выяснено, что наиболее известные на сегодня алгоритмы обработки изображений, способные решить задачи связанные с поиском и оцениванием диагностически значимых признаков патологии, в основном ориентированы на использование специалистом по компьютерным технологиям отдельных функций IPT для поиска и выделения границ, оценивания параметров объектов или используют иные алгоритмы подразумевающие наличие шаблона выполняемых действий [50, 51].

Снижение трудоёмкости и повышение достоверности поиска рентгенологических признаков патологии достигается внедрением информационных технологий обработки цифрового снимка программными средствами, в том числе с использованием функций IPT.

Предлагаемый алгоритм и программно-методический комплекс поиска признаков патологии по цифровому рентгеновскому снимку в среде Matlab основывается на комплексном оценивании диагностически значимых объектов с использованием функций IPT без участия эксперта (рисунок Д.1).

Представленный алгоритм позволяет обнаружить и выделить объект, представляющий диагностический интерес. Однако следует помнить, что из всех описанных ранее количественных рентгенологических признаков (а именно: количество очагов, локализация затемнений, размеры затемнения, ширина корня лёгкого, диаметр сосудов) описанный выше алгорит позволяет выявить лишь такие признаки как: количество очагов, размеры затемнения, установить их локализацию, а так же измерить интенсивность затемнений по сравнению с остальными участками легочной ткани (то есть определить оптическую плотность найденного объекта).

Предлагаемый алгоритм (рисунок Д.1) предусматривает поиск диагностически значимого объекта по форме, размерам, площади и

относительной оптической плотности, на основе комплексного оценивания объектов цифрового рентгеновского снимка лёгких.

Прежде всего, необходимо подготовить исследуемое изображение. Для этого производится конвертирование полноцветного изображения в полутоновое с помощью функции rgb2gray, а так же устраняется недостаточное контрастирование структур исходного изображения с помощью функции imadjust. Затем необходимо выделить на исходном изображении область интереса (то есть область, содержащую грудную клетку и органы грудной клетки). Описанные действия способствуют значительному упрощению выделения признаков патологии, а так же приводят к снижению вероятности возникновения диагностической ошибки связанной с принятием в качестве диагностического признака объекта, не имеющего отношения к патологии, но обладающего некоторыми сходными с ним признаками (например, тень от лопатки может иметь яркость схожую с яркостью признака патологии).

По окончании подготовки исследуемого изображения реализуется цикл поиска на снимке объекта по заданным форме и размерам:

- бинаризация изображения на снимке применением функции im2bw с пошаговым изменением порога бинаризации от 0,01 до 1 (рисунок 3.1, а);
- выделение границ объекта на бинарном изображении с использованием функции edge (метод Canny);
- оценивание формы и размеров объекта с использованием функции strel;
- выделение объекта, соответствующего заданным форме и размерам, белым цветом на чёрном фоне с использованием функции imfill и применеие процедуры открытия с помощью функции imopen для устранения «неподходящих» объектов (рисунок 3.1, б).

Далее вычисляется площадь обнаруженного объекта с использованием функции bwarea (рисунок 3.1, в). Если площадь объекта находится в назначенных пределах, то применяется функция regionprops. В противном

случае продолжается цикл поиска на снимке объекта по заданным форме и размерам.

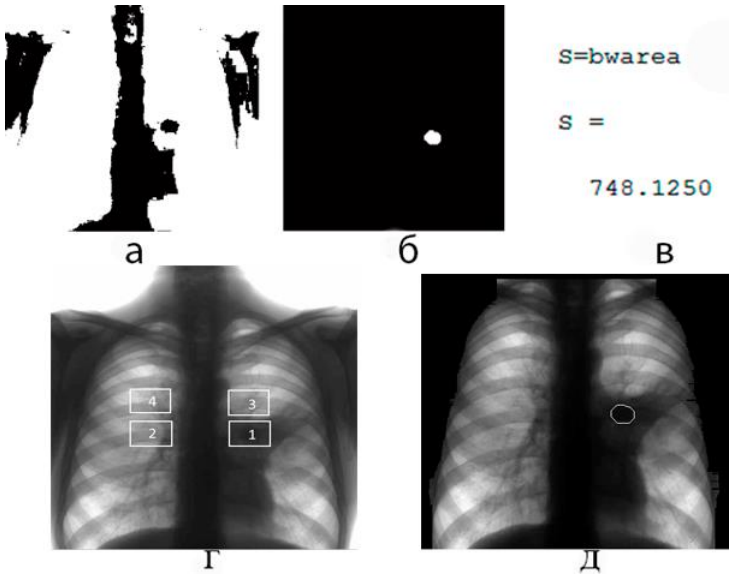


Рисунок 3.1 — Результаты реализации программно-методического комплекса поиска признаков патологии на флюорограмме лёгких: а — изображение после очередного шага пороговой бинаризации; б — найденный объект округлой формы; в — результат вычисления площади объекта; г — область интереса 1 и альтернативная область 2; д — обнаруженный объект

Синтаксисом функции regionprops предусматривается выделение границ области, в которой находится выбранный объект, представляющий диагностический интерес, и оценивание его оптической плотности по яркости пикселей. На рисунке 3.1, г прямоугольником с цифрой 1 выделена область, ограничивающая выбранный объект, обозначаемая P1 на схеме алгоритма.

По координатам вершин прямоугольника, ограничивающего обнаруженный объект, выделяется аналогичная область лёгкого на снимке лёгких пациента без патологии или эталонных рентгеновских снимках лёгких без патологии и оценивается оптическая плотность этой области. Если оптическая плотность области на снимке с патологией меньше оптической

плотности области на снимке без патологии, то принимается решение, что объект на снимке с патологией является затемнением.

Обе методики обнаружения затемнения на снимке лёгких пациента с патологией по снимку лёгких пациента без патологии или по эталонному снимку лёгких без патологии имеют свои преимущества и недостатки. Применение методик возможно, если имеется база данных рентгеновских снимков лёгких пациента без патологии или эталонных рентгеновских снимков лёгких без патологии.

В случае отсутствия базы данных рентгеновских снимков лёгких пациента или эталонных рентгеновских снимков лёгких, решение о наличии затемнения на снимке лёгких пациента может приниматься по результату оценивания интенсивности «симметричной» области P2 второго лёгкого пациента (прямоугольник с цифрой 2 на рисунке 3.1, г). Если оптическая плотность области P1 меньше оптической плотности области P2, то принимается решение, что объект в области P1 является затемнением. В противном случае продолжается цикл поиска на снимке объекта по заданным форме и размерам. С целью снижения вероятности возникновения ошибки при проведении указанной процедуры возможно оценивание нескольких областей «симметричных» выбранному объекту (прямоугольники с цифрами 3 и 4 на рисунке 3.1, г) по условию представленному выше (то есть если у областей P2, P3 и P4 оптическая плотность будет больше чем у области P1 то в этом случаи объект в данной области (P1) будет являться затемнением).

Поиск признака патологии завершается вычислением коэффициента формы обнаруженного объекта. Если коэффициент формы объекта находится в назначенных пределах, то обнаруженный объект относится к признакам патологии. В противном случае продолжается цикл поиска на снимке объекта по заданным форме и размерам.

Циклы поиска на снимке объектов по заданным форме и размерам завершаются после достижения порогом бинаризации значения единица

сообщением пользователю о завершении поиска и найденных признаках патологии.

В результате реализации программно-методического комплекса поиска признаков патологии на на цифровом рентгеновском снимке лёгких обнаружено затемнение округлой формы площадью 748.1250 пикселей (приблизительно 1,07 сантиметр в диаметре) (рисунок 3.1, д).

Несмотря на практически полную автоматизацию процесса поиска, и оценивания признаков патологии на цифровых рентгеновских снимках лёгких, результаты, полученные в ходе этого процесса, не являются априорно диагностически ценными и передаются эксперту через интерфейс пользователя для анализа и принятия решений о достоверности обнаружения признаков патологии, диагнозе или продолжении обследования пациента.

Таким образом, предлагаемый алгоритм обнаружения признаков патологии на цифровых рентгеновских снимках лёгких позволяет специалисту задавать такие признаки патологии (или использовать значения признаков по умолчанию) как количество очагов, размеры затемнения, локализация затемнений, и обнаруживать их на снимке лёгких без участия специалиста.

3.2 Выделение границ области интереса

Под выделением границ области интереса подразумевается выделение наружных границ грудной клетки. Подобные границы формируются благодаря суммации теней мягких тканей образующих, таким образом, некий контур грудной клетки (упомянутый контур выделен красным квадратом на рисунке 3.2).

Выделение границ грудной клетки позволяет свести все дальнейшие действия к работе с определенной областью, что позволяет не только значительно сократить время требуемое для проведения анализа цифрового рентгеновского изображения, но и снизить вероятность возникновения диагностической ошибки (то есть повысить безошибочность анализа).

Рисунок 3.2 – Исходное изображение и пример внешней границы выделенной прямоугольником

Определение границ области, содержащей грудную клетку, начинается с корректировки качества исследуемого изображения. Данный процесс производится с помощью функций imadjust и rgb2gray, входящих в состав пакета Image Processing Toolbox программы Matlab.

Применение описанных функций позволяет осуществить некоторые действия, а именно:

- упростить дальнейшую обработку цифрового рентгеновского снимка путем перехода от полноцветного изображения к полутоновому (функция rgb2gray);
- путем «растягивания» исходного диапазона яркостей изображения на диапазон от минимальной яркости до максимальной яркости, устранить недостаточное контрастирование (рисунок 3.3) структур анализируемого изображения (функция imadjust) [52].

Результат применения указанных функций (imadjust и rgb2gray) представлен на рисунке 3.3.

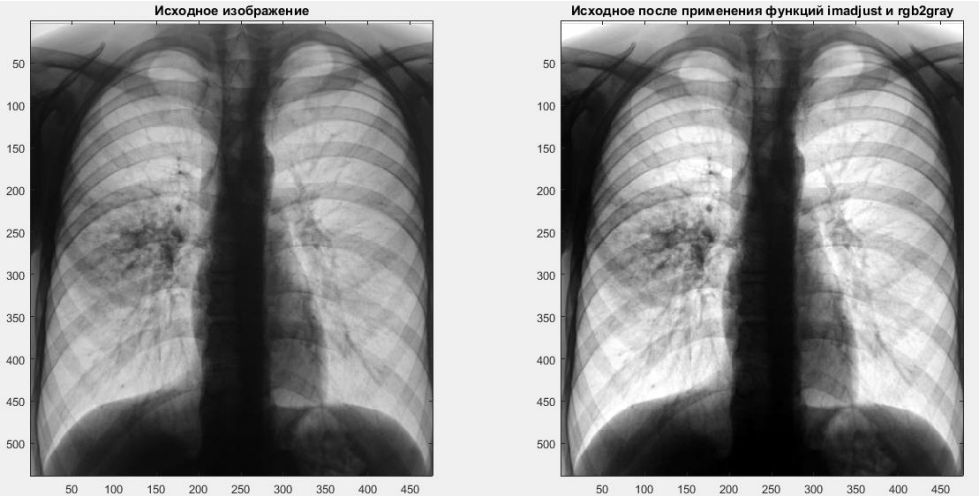


Рисунок 3.3 – Исходное изображение (слева) и изображение после применения функций imadjust и rgb2gray

Поиск границ области интереса основан на выполнении определенной последовательности действий (методике), которую можно представить в виде схемы изображенной на рисунке Е.1.

Полученное полутоновое изображение подвергается дальнейшей обработки в ходе, которой производится суммирование значений яркостей пикселей с помощью функции sum. Рассчитанное таким образом значение суммарной яркости исходного изображения сравнивают с пороговым значением с целью принятия решения о принадлежности исследуемого изображения либо к изображениям с низкой яркостью («темным»), либо высокой («светлым»). В данном случае описанный порог равен 20279331 и соответственно при превышении данного порога изображение относится к «светлым» изображениям, а значения ниже порогового характеризуют исследуемое изображение как «темное». Представленное пороговое значение было получено путем измерения суммарной яркости нескольких изображений и последующем выборе среднего значения яркости из полученных при расчетах значений.

Если исследуемое изображение было отнесено к «светлым» изображениям, то на следующем этапе производится обнуление (то есть

присвоение нулевого значения) тех пикселей, значение яркости которых не попадает в предел от 50 до 71. Если же изображение было отнесено к «темным», то в таком случае обнулению подвергаются пиксели со значением яркости вне предела от 31 до 45. Представленные диапазоны значений были получены при проведении экспериментальных исследований, в ходе которых было определенно, что диапазон яркостей пикселей соответствующих мягким тканям, расположенным по контуру грудной клетки чаще всего попадают в описанные выше диапазоны, что напрямую связано с их суммарной яркостью.

В результате описанных выше действий удаётся обнулить значения всех пикселей, не относящихся к искомой границе (рисунок 3.4).

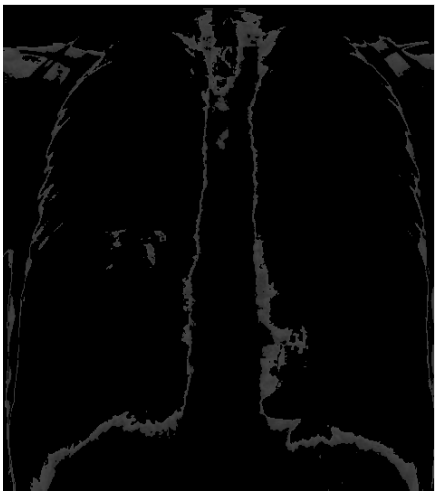


Рисунок 3.4 – Изображения правой и левой половины грудной клетки с обнуленными пикселями значения яркостей, которых не принадлежат диапазону значений от 50 до71

Задача последующих этапов сводится к непосредственному выявлению (поиску) пикселей формирующих наружную границу грудной клетки. Для осуществления подобного поиска необходимо сначала разделить изображение, содержащее только «подходящие» пиксели, на четыре равные части. Данное разделение производится сначала путем вычисления номера центральной строки и столбца, позволяющее разделить исследуемое изображение на две

равные части (правую и левую половины грудной клетки), а затем за счет вычисления координаты (kor_L и kor_P) столбца делящего полученные половины так же на две равные части.

Последующие действия связаны с поиском сначала боковой части наружной границы грудной клетки, а потом её верхней части. Поиск пикселей характерных для боковой части наружной границы грудной клетки производится путем применения некоторой последовательности действий.

Подобная последовательность заключается в:

- применении фильтрации анализируемого изображения (содержащего только пиксели, значения которых относятся к определённому диапазону) заключающейся в обнаружении «единичных» пикселей и их обнулении. Под единичным понимается такой пиксель, значение яркости которого отличается от нуля (то есть от фона), а расположенные рядом с ним пиксели обладают нулевым значением яркости (то есть равны нулю);
- использование функции bwlabel, для поиска на бинарном изображении связанных областей пикселей объектов, а так же создании матрицы, каждый элемент которой равен номеру объекта, которому принадлежит соответствующий пиксель.

Среди пикселей описанного ранее изображения необходимо осуществить поиск тех координаты столбцы, которых располагаются на минимальном расстоянии от центра изображения (для правой стороны) или от первого столбца матрицы анализируемого изображения (то есть его начала). Найденные таким образом координаты столбцов подошедших пикселей записываются в массив. Далее полученный массив подвергается обработке нацеленной на устранение нулевых значений и значений случайным образом попавших в данный массив. Нулевые значения устраняются путем замены на значение вышестоящей строки (то есть номер столбца расположенного на строку выше).

Под случайно попавшими значениями понимаются те, которые имеют схожие с «граничными» пикселями значения яркости. Устранение подобных пикселей так же происходит путем их замены на значения строки расположенной выше, но только при условии, что подобные пиксели отличаются от номера столбца, расположенного строкой выше, более чем на 5 единиц. Подобное условие объясняется тем, что легкие имеют конусовидную форму и поэтому значения координат боковых их границ может отличаться от строки к строке на несколько единиц.

Используя полученные ранее номера столбцов, производится вычисление внешней границы контура лёгких, для чего последовательно перебираются все строки исследуемого изображения и вычисляются координаты всех пикселей, значение которых равняется нулю. Среди столбцов обнаруженных координат нулевых пикселей вычисляется самый близко расположенный к внутреннему контуру, и все значения расположенные до этого пикселя обнуляются.

В результате удаётся обнулить все пиксели, имеющие одинаковые с внешней границей легких значения яркости, но не относящиеся к ней. Подобные пиксели появляются по причине наличия объектов (например, лопатка) обладающих значением яркости схожим с таковым у пикселей формирующих внешнюю границу грудной клетки, а их устранение позволяет максимально отделить грудную клетку от окружающих тканей.

Выделение границ верхней части наружного контура грудной клетки производится путем выделения внутренней части правого и левого легкого. Для этого необходимо обнулить все пиксели, находящиеся за пределами столбца делящего левое (kor_L) и правое лёгкое (kor_P) на две части. Затем полученные области делятся пополам и все пиксели, расположенные ниже полученной координаты середины обнуляются.

Определение верхней координаты грудной клетки происходит путем поиска пикселей расположенным на максимальном и минимальном

расстоянии от верхней части изображения. Затем вычисляется среднее значение среди координат обнаруженных пикселей и все пиксели расположенные выше этой координаты обнуляются.

В результате осуществления описанных действий получается изображение, содержащее только грудную клетку и органы грудной клетки (рисунок 3.5).

Рисунок 3.5 – Грудная клетка с выделенными внешними границами

Таким образом, наличие у объектов, составляющих внешнюю границу грудной клетки, определенного значения яркости, позволяет оставить на изображении только области соответствующие органам грудной клетки, а все остальные области обнулить. В результате применения описанной методики удаётся значительно ограничить анализируемую область и тем самым повысить скорость работы программно – методического комплекса и в тоже время повысить безошибочность обнаружения объектов представляющих диагностический интерес, так же за счет снижения количества анализируемых областей.

3.3 Обнаружение признаков патологии на цифровом рентгеновском снимке лёгких

Обнаружение признаков патологии на цифровом рентгеновском снимке возможно, путем применения пороговой бинаризации. Методику обнаружения признаков патологии на цифровом рентгеновском снимке можно представить в виде схемы представленной на рисунке Ж.1.

Пороговая бинаризация отличается наличием определённого диапазона значений (порогов), последовательный перебор которых позволяет выделять на исследуемом изображении (а точнее его бинарной форме) области соответствующие определённым параметрам (таким как, например, размер и форма). Для осуществления процедуры обнаружения признаков патологии на исследуемом изображении необходимо сначала произвести его конвертацию в бинарную форму с помощью функции im2bw пакета Image Processing Toolbox программы Matlab. При этом максимально эффективным является применение пороговой бинаризации с циклической сменой порога. Оптимальным является изменение порога бинаризации в пределах от 0,01 до 1 (с шагом равным 0,01).

Описанный диапазон пороговых значений был вычислен в ходе экспериментальных исследований цифровых рентгеновских снимков (путем многократных проведений операции бинаризации с разными пороговыми значениями) и благодаря показанной при испытаниях эффективности был выбран в качестве диапазона изменений пороговых значений.

Однако одной функции im2bw будет недостаточно для обнаружения признака патологии на цифровом рентгеновском снимке, так как помимо непосредственного выделения объекта интереса возникает необходимость выделить его границы с целью проведения дальнейших расчетов. Для решения поставленной задачи, возможно, использовать такие функции пакета Image Processing Toolbox программы Matlab как: edge (метод Canny), strel, imfill.

Указанные ранее функции позволяют, с помощью функции edge, выделить границы области интереса полученной при проведении пороговой

бинаризации исследуемого изображения. Функция strel позволяет обнаруживать определённый тип структурного элемента (объекта или области на бинарном изображении) границы которого, впоследствии, выделяются с помощью функции edge.

Сведения, представленные в научной литературе, говорят о том, что чаще всего такой рентгенологический признак патологии как затемнение может иметь различную форму, но чаще всего это округлая форма (ограниченное затемнение, круглая тень, кольцевидная тень, очаговые тени). Поэтому из всех форм структурных элементов функции strel, наиболее подходящей формой для обнаружения подобных затемнений являются дискообразные структурные элементы (или strel('disk', R)).

В результате применения описанных выше функций становится возможным обнаружение объекта, представляющего диагностический интерес, выделение его границ, а так же заливка полученной области (то есть области внутри выделенных границ) белым цветом с целью отделения полученного объекта от фона (с помощью функции imfill). Так же стоит принять во внимание, что использоваться описанные функций должны в определенной последовательности, а именно: сначала проводится бинаризация с определённым порогом (с использованием функции im2bw), затем с помощью функции strel осуществляется поиск объектов (области на бинарном изображении) размер которых превышает 3 миллиметра (или 11 пикселей или вместе с фукцией strel - strel('disk', R)), затем используя функцию edge (метод Канни) производится выделение границ найденного объекта.

Применение описанной последовательности функций позволяет выделить на исследуемом изображении объект соответствующий определённым критериям (то есть форме (округлая) и размерам (больше 11 пикселей)), однако возможно обнаружение нескольких подобных объектов и в таком случае возникает необходимость либо выбрать из них наиболее походящий, либо проверить все найденные объекты на соответствие

определённым условиям. Решение описанной задачи возможно путем либо оценивания площади объектов с помощью функции bwarea, либо применение операции закрытия реализуемой функцией imopen.

Тестирование предлагаемого алгоритма показало, что совместное использование как функции bwarea и функции imopen даёт лучший результат, чем при применении одной из них. Также применение функции bwarea даёт возможность не только принять решение о соответствии выбранного объекта диагностически значимому признаку патологии, но и количественно ценить его, что в свою очередь является дополнительным способом контроля достоверности отнесения обнаруженного объекта к диагностическому признаку.

Функция imopen, в свою очередь позволяет отсечь объекты неподходящие под размер и форму. В данном случае под размером понимается диаметр структурного элемента (то есть 3 миллиметра или 11 пикселей), а под формой подразумевается дискообразные структурные элементы. После устранения всех объектов, не подошедших под описанные условия, с помощью функции bwarea производится измерение площади объекта подошедшего под условия, с целью подтверждения соответствия размера обнаруженного объекта научно обоснованным пределам (от 3 миллиметров до 1,5 сантиметров (в зарубежной литературе указаны несколько иные пределы от 3 миллиметров до 3 сантиметров). Учитывая то, что определить площадь объекта значительно проще чем рассчитывать его диаметр, а так же то, что при отсутствии принадлежности обнаруженного объекта к геометрически правильным формам определение диаметра может оказаться не совсем тем признаком, по которому можно было бы отличить один объект от другого (в силу наличия большой вероятности неправильного измерения диаметра обнаруженного объекта). Поэтому определение площади найденного объекта и соотнесение полученного значения с рассчитанными числовыми пределами является более предпочтительным.

Для создания числовых пределов была использована программа Adobe Photoshop CS6, с помощью которой были созданы изображения содержащие определенного размера (то есть 3милиметра и 2,5 сантиметра) круги. Для перевода указанных пределов (то есть от 3 миллиметров до 2,5 сантиметров) в пиксели была использована формула 1, позволяющая так же производить и обратный перевод (то есть из пикселей в сантиметры).

$$\text{diametr} = \frac{\text{R}}{\text{dpi} * 2{,}54} \tag{1}$$

где:

- R – значение диаметра, в пикселях;

- dpi*2,54 - количество точек на дюйм (dpi) равное 72 умноженное на коэффициент 2,54.

С помощью формулы 1 были получены значения отражающие диаметр ранее созданных объектов (то есть круг диаметром 3 миллиметра и круг диаметром 2,5 сантиметра) в пикселях. В итоге для круга диаметром 3 миллиметра было получено значение равное 0.3859 пикселей, а для круга диаметром 3 сантиметра рассчитанное значение равно 3.2434 пикселей.

Зная диаметр фигуры (круга на созданном изображении) можно рассчитать его площадь, для чего можно использовать формулу (2).

$$\text{S} = \pi * R^2 \tag{2}$$

где:

- S – искомая площадь;

- π – число пи;

- R – радиус в квадрате (исходное значения которого было получено путем деления указанного выше диаметра созданных объектов пополам).

Используя формулу 2 рассчитывается максимальное и минимальное

значения площади для искомых объектов. В результате для круглого объекта диаметром 3 миллиметра было получено значение площади равное 10.9393, а для 2,5 сантиметров - 91.9393.

Не смотря на возможность обнаружения объекта подходящего по своим параметрам под определенные критерии, остаётся нерешенным вопрос о принадлежности обнаруженного объекта к диагностическому признаку.

Для разрешения возникшего противоречия необходимо доказать «уникальность» обнаруженного объекта. Под «уникальностью» объекта понимается то предположение, согласно которому такой рентгенологический признак как затемнение легочного поля значительно отличается от окружающих его структур (тканей лёгкого) и поэтому его можно назвать «уникальным» (то есть отличным от остальных тканей).

Для выполнения описанной выше задачи необходимо воспользоваться возможностями функции regionprops, в частности использовать сведения, представленные характеристикой BoundingBox предоставляющей информацию о координатах левого верхнего угла прямоугольника ограничивающего обнаруженный объект, а так же о высоте и ширине данного прямоугольника и функции sum (позволяющей рассчитать суммарную яркость определённой области на изображении путём суммирования значений яркости пикселей этой области). Так же для решения поставленной задачи потребуются возможности функции imcrop позволяющей «вырезать» определённую область из изображения по координатам, предоставляемым характеристикой BoundingBox функции regionprops.

В итоге с помощью характеристи BoundingBox функции regionprops происходит вычисление прямоугольника ограничивающего обнаруженный объект, после чего с учетом представленных координат с помощью функции imcrop происходит «вырезка» этой прямоугольной области и с помощью функции sum производится расчет суммарной яркости выделенной области.

Аналогичное действие производится и противоположной области цифрового рентгеновского снимка (другом лёгком), а последующее сравнение яркости области содержащей объект интереса и альтернативной ей области (то есть области в другом лёгком) позволяет установить «уникальность» обнаруженного объекта. Так если яркость области содержащей объект интереса меньше яркости альтернативной области, то принимается решение о том, что обнаруженный объект является «уникальным», то есть данный объект обладает яркостью меньше яркости окружающей ткани лёгкого (то есть является затемнением). Если же наблюдается обратная ситуация то принимается решение о несоответствии выбранного объекта диагностически значимому признаку и алгоритм повторяется сначала. С целью повышения безошибочности проверки соответствия обнаруженного объекта диагностически значимому признаку патологии, измерение оптической плотности (яркости) альтернативной области производится в области являющейся альтернативной (рисунок 3.1, прямоугольник с цифрой 2) той в которой содержится обнаруженный объект (рисунок 3.1, прямоугольник с цифрой 1), а так же в областях, находящихся на равном расстоянии (сверху) от выбранной (рисунок 3.1, прямоугольник с цифрой 3) и альтернативной ей областях (рисунок 3.1, прямоугольник с цифрой 4). В том случае если у альтернативных областей оптической плотности окажется больше чем у области интереса, то принимается решение о соответствии обнаруженного объекта диагностическому признаку патологии.

Таким образом, определение яркости области содержащей объект интереса, выявленного путем применения функций пороговой бинаризации с оценкой соответствия его характеристик определённым параметрам, позволяет, за счет сравнения полученного значения с яркостью альтернативных областей, доказать принадлежность обнаруженного объекта к рентгенологическому признаку патологий.

3.4 Оценивание признаков обнаруженных объектов

Описанная в подразделе 3.3 раздела 3 программа позволяет обнаружить объекты, представляющие диагностический интерес, а так же провести их оценку путем выявления соответствия формы и размеров найденных объектов заранее установленным. Все необходимые для проведения данной манипуляции значения пределов размеров и форм взяты из научной литературы.

В итоге с помощью ранее представленной программы удается найти объекты, представляющие диагностический интерес путем определения соответствия их параметров диагностическим признакам патологии.

С целью снижения вероятности возникновения диагностической ошибки связанной с неверным определением формы и размеров обнаруженных объектов необходимо проведение дополнительных измерений нацеленных на контроль ранее проведенных вычислений. К подобным вычислениям можно отнести расчет коэффициента формы обнаруженного объекта (объектов).

Расчет коэффициента формы необходим для математического описания формы найденного объекта и вычисляется он с помощью функции regionprops (в старых версиях программы Matlab – imfeature), а точнее с помощью указанной функции можно рассчитать три типа коэффициентов формы (таблица 3.1) [53].

Таблица 3.1 — Коэффициенты формы [53]

Параметр	Описание
Eccentricity	Эксцентриситет эллипса с главными моментами инерции, равными главным моментам инерции объекта
Extent	Коэффициент заполнения: равен отношению площади объекта к площади ограничивающего прямоугольника
Solidity	Коэффициент выпуклости: равен отношению площади к выпуклой площади объекта

Указанные в таблице коэффициенты формы позволяют получать числа в диапазоне от 0 до 1 [53].

С целью проверки возможности оценки формы объектов интереса описанным выше способом, было создано несколько изображений содержащие основные геометрические фигуры (круг, квадрат, треугольник, многоугольник), обнаружение которых возможно при анализе изображений. Каждая геометрическая фигура была создана в двух вариантах, то есть размером от 3 миллиметров до 2,5 сантиметров.

Измеренные коэффициенты для созданных геометрических фигур представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 — Коэффициента формы для геометрических фигур

Форма фигуры	Solidity		Extent		Eccentricity	
	3 мм	2 см	3 мм	2 см	3 мм	2 см
Круг	0.9870	0.9895	0.9383	0.8104	0.2292	0
Квадрат	0.8763	0.9942	0.7025	0.9851	0	0
Многоугольник	1	0.9830	0.7500	0.8750	0.4916	0.0755
Треугольник	1	0.9571	0.8056	0.5169	0.3870	0.1505

Учитывая данные таблицы 3.2 можно утверждать, что наибольшей информативностью, с точки зрения обнаружения объекта на основе его коэффициента формы, являются такие коэффициенты формы как: solidity, extent, а eccentricity не подходит для решения данной задачи, так как значения данного коэффициента для некоторых фигур не отличаются друг от друга (например, не отличаются квадраты с размерами 3 мм и см в таблице 3.2).

Для идентификации определённой формы объекта необходимо наличие некоторых числовых пределов характерных для объекта определенной формы и размера. Для этого было создано несколько тестовых изображений содержащих такие фигуры: круг, квадрат, треугольник, многоугольник. Каждая из представленных фигур была создана, с помощью программы Adobe Photoshop CS6, в нескольких варианта согласно пределам размеров от 3 миллиметров до 2,5 сантиметров (рисунок 3.6).

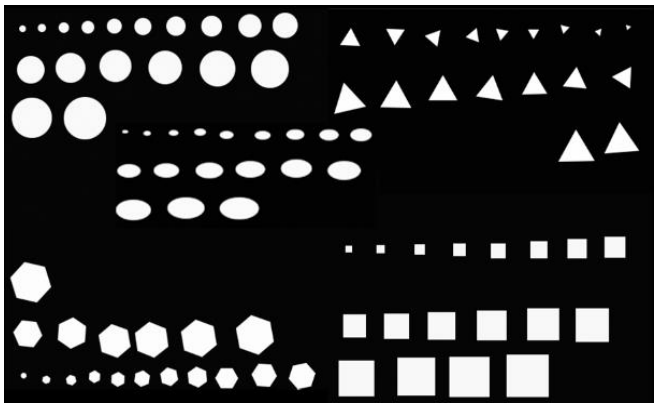


Рисунок 3.6 – Тестовые изображения с размерами от 3милиметров до 2,5 сантиметров

Полученные в результате расчетов численные значения коэффициентов формы (solidity и extent) фигур, представленных на рисунке 3.6, можно использовать их в качестве значений позволяющих оценивать форму обнаруженных объектов.

В некоторых случаях обнаруженный объект может иметь коэффициент формы относящий его одновременно к двум геометрическим формам (например, круг и квадрат). В таких случаях необходимо провести действия позволяющие дифференцировать форму указанного объекта. С целью проведения описанной манипуляции необходимо использовать возможности предоставляемые функцией subspace. Данная функция позволяет производить измерение угла между двумя прямыми.

Для построения оговоренных прямых необходимо найденный объект поделить на четыре равные части (или четверти) (рисунок 3.7).

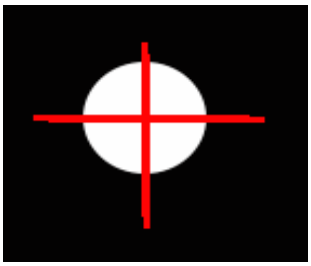


Рисунок 3.7 – Разделение найденного объекта на 4 равные части

Для осуществления описанного разделения используются координаты центра (номер строки и столбца) объекта полученные с помощью характеристики Cenroid функции regionprops. Затем выделяется одна из областей (в данном случае правая верхняя), а остальные области обнуляются (рисунок 3.8).

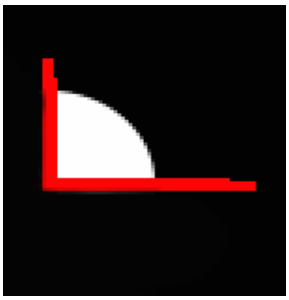


Рисунок 3.8 – Выделение части объекта

В выделенной области осуществляется поиск ненулевых пикселей координаты, которых (номера столбцов) находятся на максимальном (рисунок 3.9, б) и минимальном (рисунок 3.9, а) расстоянии от центра объекта, а так же пиксель с координатами равными середине расстояния (рисунок 3.9, в) между максимальной и минимальной точкой (пикселем). Используя полученные координаты, строятся две линии (рисунок 3.9, г, д), а после этого производится (с помощью функции subspace) измерение угла между ними. По полученному значению угла между построенными ранее линиями можно отличать одну геометрическую форму объекта от другой и с целью повышения скорости данного процесса, а так же повышения безошибочности определения формы, представленные в данном подразделе расчеты были проведены несколько раз для различных фигур. В результате подобных расчетов были получены значения углов между прямыми характерных для определённой формы объекта (круг, квадрат, треугольник, многоугольник).

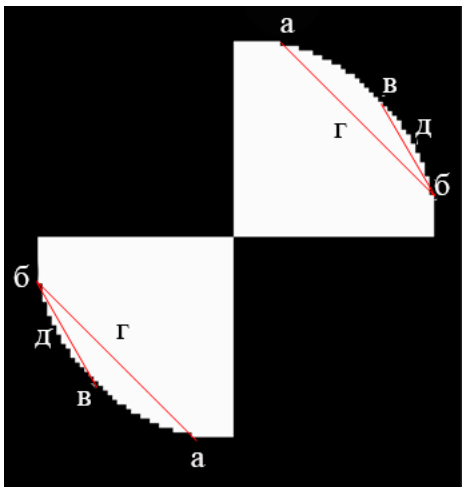


Рисунок 3.9 – Векторы между максимальными и минимальными координатами, и максимальными и средними координатами

Таким образом, расчет коэффициента формы позволяет не только оценить форму найденного объекта, но подтвердить или опровергнуть принятое на предыдущем этапе решения о соответствии формы обнаруженного объекта, форме признака патологии. При возникновении затруднений в определении формы с помощью коэффициента формы используется определение формы через расчет угла между построенными векторами.

3.5 База данных рентгеновских снимков

Представленная в данном разделе методика обнаружения и оценивания диагностических признаков патологии базируется на алгоритме поиска диагностических признаков путем установления соответствия их параметров, параметрам диагностических признаков описанных в научной литературе.

Основным моментом является определение «уникальности» обнаруженного объекта, для чего производится вычисление координат области содержащей его содержащей и области расположенной в противоположном легком (альтернативная область). Далее для области ограниченной полученными координатами рассчитывается оптическая

плотность (или суммарная яркость) и на основании этого расчета принимается решения согласно принадлежности обнаруженного объекта к диагностическим признакам патологии.

С целью повышения эффективности описанного ранее действия можно использовать архив рентгеновских снимков, который будет содержать всю необходимую для диагностики патологий информацию. Один из способов создания подобного архива является использование возможностей предоставляемых медицинским отраслевым стандартом создания, хранения, передачи и визуализации цифровых медицинских изображений и документов – форматом DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine).

DICOM форматом выделяется несколько уровней, а именно:

- сетевой – предназначен для передачи файлов с форматом DICOM с использованием сетей с протоколом TCP/IP;
- файловый – позволяет передавать кадр изображения (серию кадров) вместе с некоторой информацией о нем (DICOM-тег) [54].

Несмотря на возможности, предоставляемые DICOM форматом, решить в полной мере задачу, связанную с созданием выше упомянутого архива снимков не представляется возможным. Объяснением подобной ситуации является тот факт, что из получаемого DICOM архива извлечь достаточно сложно без соответствующего программного обеспечения.

С учетом выше сказанного наиболее приемлемым способом решения описанной ранее задачи является создание базы данных содержащей информацию о параметрах диагностических признаках патологии. Подобную базу данных, возможно, создать с помощью программы Microsoft Access. Такой подход объясняется тем, что Microsoft Access предоставляет весьма обширные возможности обработки данных создаваемой базы данных, а так же является довольно известным и легко доступным программным продуктом.

Основу предлагаемой базы данных должны составлять таблицы, содержащие как основную информацию о пациента, так и сведения о

проводимых исследованиях, а так же описание их результатов. Описание результатов сводится к перечислению тех диагностических признаков, которые были обнаружены при интерпретации результатов исследований.

Для выполнения выше озвученных задач необходимо создать такие таблицы как: пациенты, проведенные исследования и обнаруженные диагностические признаки. Схема предлагаемой базы данных представлена на рисунке 3.10.

Рисунок 3.10 – Схема предлагаемой базы данных

Среди всех таблиц входящих в состав предлагаемой базы данных особый интерес представляет таблица содержащая информацию о диагностических признаках, выявленных в ходе проведенного пациенту рентгенологического исследования. На рисунке 3.11 представлены некоторые, из используемые в созданной таблице, диагностические признаки.

№ результа	ID пациента	Код диагно	Затемнени	Затемнение размером до 3 см	Затемнение размером	Средняя до	Нижняя дол	Верхняя до	Н
1	11590828	J18	+	+	-	+	-	-	-

Рисунок 3.11 – Диагностические признаки, выявленные в ходе проведенного пациенту рентгенологического исследования

Используя предлагаемую базу данных, специалист может, при наличии затруднений в диагностики патологии, найти в ней сведения о похожих диагностических случаях. Информацию необходимую для поиска сведений в

базе данных предоставляет программно- методический комплекс, основанный на представленным выше алгоритме обнаружения и оценивания признаков патологии.

Таким образом, безошибочность обнаружения диагностических признаков на цифровом рентгеновском снимке, возможно, значительно повысить за счет применения баз данных рентгеновских снимков, созданных на основе Microsoft Access, что на сегодняшний день достаточно затруднительно в силу отсутствия индивидуальных архивов цифровых рентгеновских снимков для каждого из пациентов.

3.6 Основные результаты и выводы по разделу 3

1 Возможности функций пакета Image Processing Toolbox программы Matlab позволяют создать алгоритм поиска признаков патологии основанный на проведении пороговой бинаризации объекта с циклической сменой порога и последующем выделением границ найденного объекта и оценки его соответствия определённым размерам и форме (то есть объект должен иметь размеры в пределах от 3 миллиметров до 2,5 сантиметров).

2 Предлагаемый алгоритм поиска осуществляет анализ всех структур представленных на изображении, что значительно затягивает процесс анализа изображения и может привести к возникновению ошибки связанной с обнаружением объекта расположенного за пределами грудной клетки. Повышение скорости работы создаваемого программно – методического комплекса кроется в обнаружении границ определенной области с целью уменьшения количества объектов подходящих под определённые условия и тем самым повысить диагностическую ценность получаемых сведений. В тоже время повышение достоверности обнаружения границ области интереса связано с качеством и типом анализируемого изображения. Так перевод изображения в полутоновое с помощью функции rgb2gray позволяет

значительно упростить все последующие действия, а подчеркнуть имеющиеся диагностические признаки возможно с помощью функции imadjust.

3 После того как была определена область интереса внутри её границ осуществляется выделение по яркости определённых объектов. Выявление подобных объектов возможно за счет применения пороговой бинаризации, в силу того, что признак патологии является, как правило, объектом «уникальным», то есть единственным на исследуемом изображении. Поэтому последовательный перебор значений порога бинаризации дает возможность выделять подобные объекты. Поиск на изображении похожих (по оптической плотности) областей позволяет подтвердить или опровергнуть правильность обнаружения объекта, а определение его размеров и формы позволяет принять решение о соответствии обнаруженного объекта диагностически значимому признаку патологии.

4 Определение формы и размера обнаруженного объекта нуждается в контроле, то есть проверке правильности принятого решения. Для осуществления подобного действия можно использовать расчет коэффициента формы обнаруженного объекта. При возникновении затруднений при расчете коэффициента формы можно прибегнуть к расчету угла между векторами (прямыми) приведёнными через максимально и минимально отступающие от центра объекта пиксели, а так же пиксель расположенный на середине расстояния между ними.

5Обнаруженный объект может встречаться и на других цифровых рентгеновских снимках. Поэтому сохранение признаков подобных объектов в базе данных позволяет значительно повысить достоверности диагностики за счет возможности сравнить обнаруженный признак либо с уже ранее выявленными и тем самым доказать или опровергнуть его отношение к диагностическим признакам, либо путем сравнения определённой области текущего изображения с альтернативной областью сделанного ранее (например, год назад) цифрового рентгеновского снимка обнаружить и

классифицировать выявленный объект. В силу отсутствия индивидуальных для каждого пациента архива цифровых рентгеновских снимков, а так же низкой вероятности схожести снимков разных пациентов единственно возможным вариантом определения «уникальности» обнаруженного объекта является поиск похожих областей на исследуемом изображении.

7 Таким образом, функции пакета Image Processing Toolbox программы Matlab позволяют на их основе создать алгоритм обнаружения диагностических признаков патологии. Основой данного алгоритма является применение пороговой бинаризации для выявления признака патологии. Однако использование подобных способов может значительно затянуть процесс анализа изображения, в связи с этим необходимо ограничить зону поиска путем выделения границ грудной клетки. Заключительным этапом обнаружения диагностически значимого признака является определение его принадлежности к подобным признакам с помощью поиска похожих объектов на текущем изображении, а так же определения его характеристик (размер и форма).

4 ПРОГРАММНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ОБНАРУЖЕНИЯ И ОЦЕНИВАНИЯ ПРИЗНАКОВ ПАТОЛОГИИ НА ЦИФРОВОМ РЕНТГЕНОВСКОМ СНИМКЕ ЛЁГКИХ

4.1 Обнаружение границ области интереса

Предлагаемый программно-методический комплекс основывается на последовательном применении функций пакета Image Processing Toolbox программы Matlab для анализа цифрового рентгеновского снимка лёгких (таблица 4.1).

Таблица 4.1 — Этапы и программные средства поиска и оценивания признаков патологии на цифровом рентгеновском снимке лёгких

Этап	Программы Matlab
Подготовка изображения к анализу	Обнаружение границ грудной клетки, деление легочных полей на отделы и зоны
Поиск диагностических признаков	Обнаружение объекта за счет применения пороговой бинаризации, измерение размеров объекта, определение оптической плотности
Определение «уникальности» найденного объекта	Вычисление оптической плотности обнаруженного объекта и альтернативных ему областей (расположенным как выше найденного объекта, так и в другом лёгком)
Определение параметров найденных объектов	Вычисление коэффициента формы, а при затруднении его определения использование для определения формы функции subspace
Определение локализации	Вычисление отношения координат обнаруженного объекта к вычисленным на первом этапе точкам, отражающим определенные области на исследуемом изображении

Определение границ области, содержащей грудную клетку, (области интереса) начинается с обработки исследуемого изображения с помощью функций imadjust и rgb2gray (рисунок 4.1, б) входящих в состав пакета Image Processing Toolbox программы Matlab. Функция imadjust позволяет, в некоторой степени, подчеркнуть отличие, от остальной часть изображения, имеющихся областей интереса, а функция rgb2gray, позволяет преобразовать полноцветное изображение в полутоновое (что облегчает выделение границ

объектов на изображении). Синтаксис указанных функций представлен в таблице 3.1 и таблице 3.2.

Текст программы начальной обработки (то есть применения функций imadjust и rgb2gray) исследуемого изображения, а так же расчет центрального столбца и центральной строки (путем разделения пополам количества строк и столбцов исследуемого изображения), необходимых для проведения последующих вычислений, представлен в таблице И.1. Результат работы указанной программы представлен на рисунке 4.1.

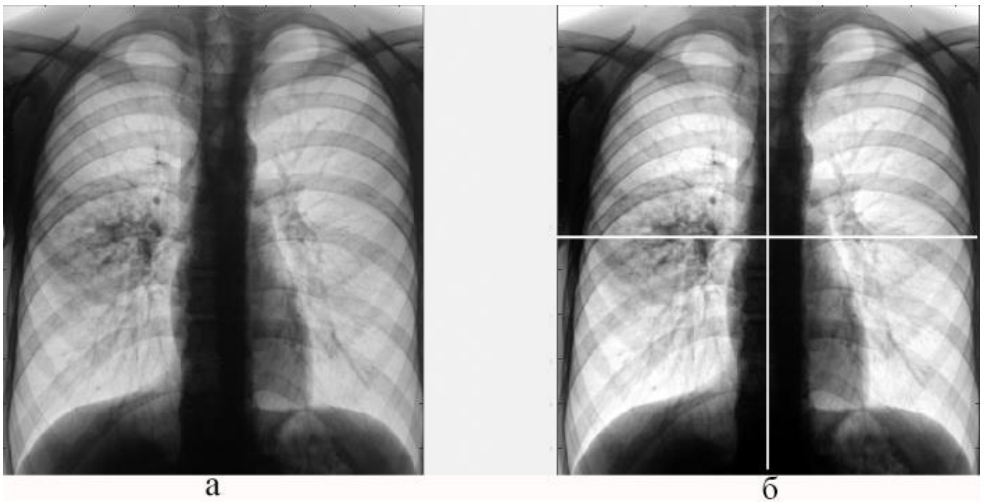


Рисунок 4.1 – Результат работы программы начальной обработки: а - исходное изображение; б - изображение после применения функций imadjust и rgb2gray

После того как был выбран определенный диапазон яркости пикселей (то есть определён тот диапазон яркостей в который должные входить пиксели формирующие границу грудной клетки, для «светлых» изображений - от 50 до 71, а для «темных» - от 31 до 45), необходимо устранить все пиксели яркость которых не входит в данный диапазон (рисунок 4.2). Осуществить описанные действий возможно с помощью программы, текст которой представлен в таблице И.2.

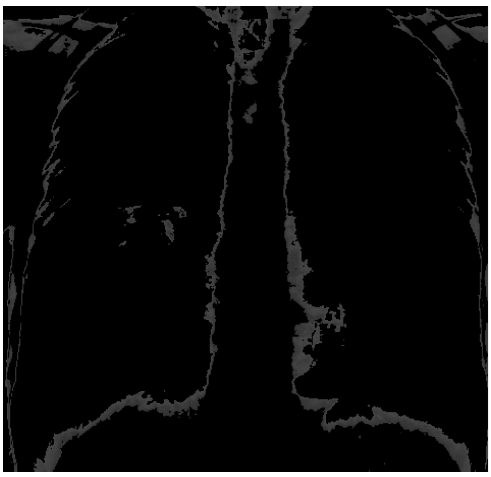


Рисунок 4.2 – Изображения правой и левой половины грудной клетки с обнуленными пикселями значения яркостей, которых не принадлежат диапазону значений от 50 до71 (суммарная яркость: 32357586)

В результате разделения анализируемого изображения на четыре равные части, удаётся получить отдельные изображение, содержащее только правую половину грудной клетки (рисунок 4.3, а) или только левую половину грудной клетки (рисунок 4.3, б), в последствии так же делящиеся на две равные части. Описанное разделение производится путем применения программы, текст которой представлен в таблице И.3, а его результаты представлены на рисунке 4.4 и рисунке 4.5.

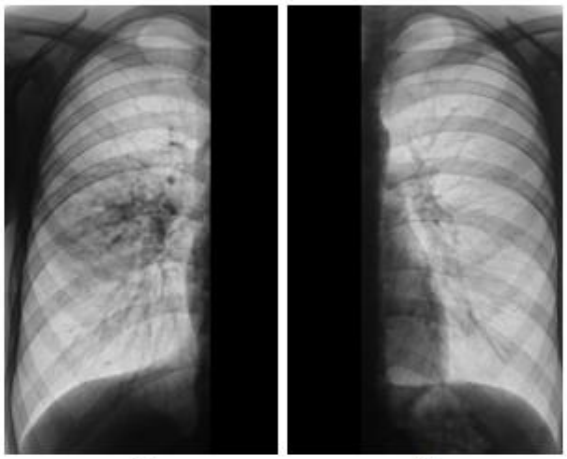


Рисунок 4.3 – Правая и левая половины грудной клетки

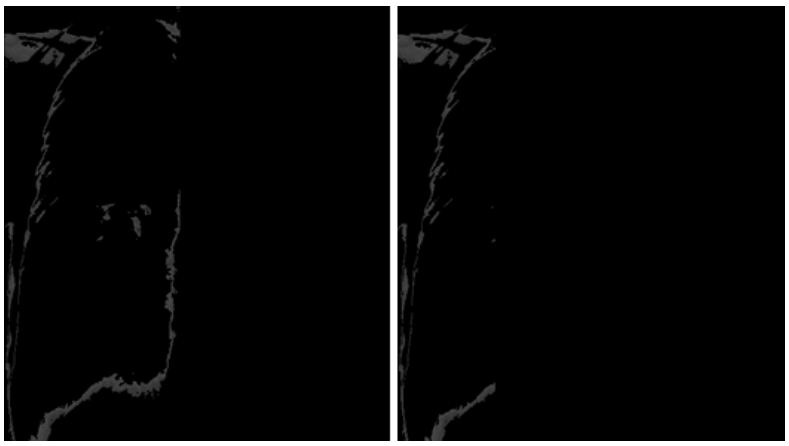


Рисунок 4.4 – Правая половина грудной клетки (слева) с сохранением пикселей, яркость которых попадает в выбранный диапазон и изображение правой половины грудной клетки разделенной на две части (справа)

Рисунок 4.5 – Левая половина грудной клетки (слева) с сохранением пикселей, яркость которых попадает в выбранный диапазон и изображение правой половины грудной клетки разделенной на две половины (справа)

Полученные в результате выполнения описанных выше действий изображения подвергаются фильтрации. Под фильтрацией понимается необходимость убрать с изображения «единичные» пиксели (рисунок 4.6), к которым относятся те пиксели, рядом с которыми располагаются не более одного ненулевого пикселя. Так же с целью упрощения данной процедуры применяется функция bwlabel, синтаксис (и описание выполняемых ею

действий) которой представлен в таблице З.3. Текст программы фильтрации изображения представлен в таблице И.4.

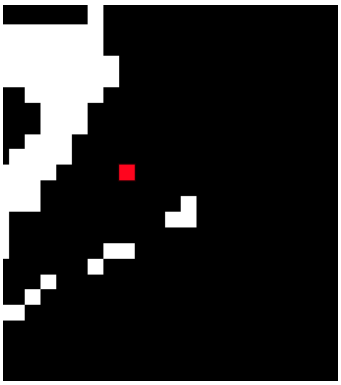


Рисунок 4.6 – «Единичный» пиксель (выделен серым цветом)

Результат применения фильтрации анализируемого изображения представлен на рисунке 4.7.

Рисунок 4.7 – Фильтрация изображения: а - исходное изображение; б - результат применения фильтрации

Следующим этапом является определение координат тех пикселей, которые были оставлены на изображении. При этом наибольший интерес представляют значения столбцов тех пикселей, которые расположены на минимальном (для правой половины грудной клетки) или на максимальном (для левой половины грудной клетки) расстоянии от центрального столбца анализируемого изображения. Значения столбцов подходящих пикселей

записываются в массив, подвергающийся обработке нацеленной на устранение из него нулей и значений случайным образом попавших в этот массив значений (то есть координат пикселей расположенных за пределами внешней границы грудной клетки). Описанная процедура осуществляется программой отбора ненулевых пикселей относящихся к внешней границе грудной клетки, текст которой представлен в таблице И.5.

Результатов описанных выше действий являются изображения содержащие пиксели, относящиеся к внешним границам грудной клетки. При этом на полученных изображениях могут оставаться объекты (группы пикселей) не имеющие отношения к описанным выше границам. Для их устранения используется процедура, основанная на описанной выше функции bwlabel, позволяющей найти на изображении связанные области и присвоить пикселям данных областей определённые значения яркости. В результате объекты представляющее собой границу грудной клетки получают определённый номер, частота встречаемости которого будет больше чем остальных номеров. Используя эту особенность можно убрать с изображения все пиксели, не имеющие отношения к границе грудной клетки. Осуществление данной процедуры возможно с помощью программы, тест которой представлен в таблице И.6.

Представленный в таблице И.6 текст программы позволяет устранить с изображения правой и левой половины грудной клетки все пиксели, не относящиеся к искомым внешним границам грудной клетки.

Следующим шагом является повтор действий приводящих к формированию массива, содержащего координаты ненулевых пикселей относящихся к внешней границе грудной клетки (таблица И.5). В результате формируется массив, содержащий номера столбцов пикселей формирующих внешнюю границу грудной клетки. Однако в полученном массиве значений могут находиться нули, устранение которых производится за счет их обнаружения, путем последовательного перебора значений созданного

массива, и заменой их на номер столбца ненулевого пикселя предыдущей строки. Для осуществления описанных действий используется программа, текст которой представлен в таблице И.7.

Под устранением значений случайно попавших в созданный массив подразумевается замена тех номеров столбцов, которые не принадлежат искомым границам на значения столбцов им принадлежащим. Подобные значения попадают в создаваемый массив по причине того, что некоторые значения яркости пикселей, из описываемого выше диапазона, соответствуют и некоторым объектам, расположенным в тканях лёгкого (и не являющимися признаками патологии). Осуществление данной процедуры возможно путем последовательного перебора значений созданного массива и выделение тех значений, которые не соответствуют определённому условию. Условие формируется исходя из закономерности, согласно которой каждое последующее значение созданного массива должно быть больше (но не более чем на одно или два значения) или равно предшествующему значению. Данная закономерность объясняется тем, что легкие имеют форму усечённого конуса и поэтому на изображении (или цифровом рентгеновском снимке лёгких) координаты пикселей (а точнее столбцы), составляющих боковую поверхность лёгких, будут постепенно увеличиваться по мере продвижения сверху вниз (рисунок 4.8).

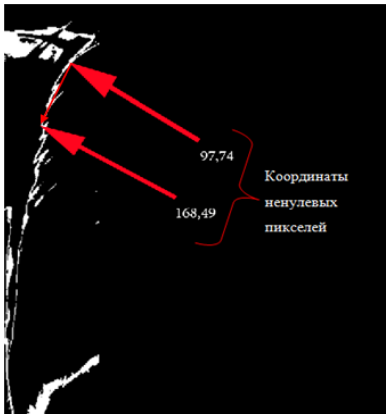


Рисунок 4.8 –Изменение координат пикселей

Устранение в сформированном массиве значений отличающихся от других больше чем на определенный диапазон значений возможно с помощью программы, текст которой представлен в таблице И.8.

Описанные выше действия позволяют получить массив значений, содержащий номера столбцов, взятых из координат пикселей, формирующих основу внутреннего конура внешней границы грудной клетки. Результат применения действий реализуемых с помощью описанных выше программ, представлен на рисунках 4.9 и 4.10 в виде белых точек (пикселей).

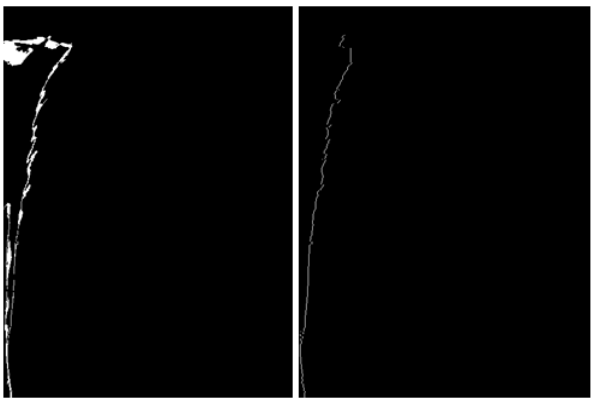


Рисунок 4.9 – Контур левой половины грудной клетки (слева) и номера столбцов формирующих основу внутреннего конура внешней границы легочных полей (справа)

Рисунок 4.10 – Контур правой половины грудной клетки (справа) и номера столбцов формирующих основу внутреннего конура внешней границы легочных полей (слева)

На следующем этапе производится отбор нулевых пикселей (а точнее вычисление их координат) расположенных между первым столбцом матрицы анализируемого изображения и каждым из столбцов обнаруженных ранее пикселей соответствующих внутреннему контуру наружной границы грудной клетки. Среди столбцов обнаруженных координат нулевых пикселей вычисляется самый близко расположенный к внутреннему контуру, и все значения расположенные до этого пикселя обнуляются. Реализуется выше описанное действие с помощью программы, текст которой представлен в таблице И.9.

Необходимость в устранении пикселей, имеющих одинаковые с внешней границей легких значение яркости, но не относящиеся к ней. возникает по причине наличия объектов (например, лопатка) обладающих яркостью схожей с яркостью пикселей формирующих внешнюю границу грудной клетки и их устранение позволяет максимально отделить грудную клетку от окружающих тканей (рисунок 4.11).

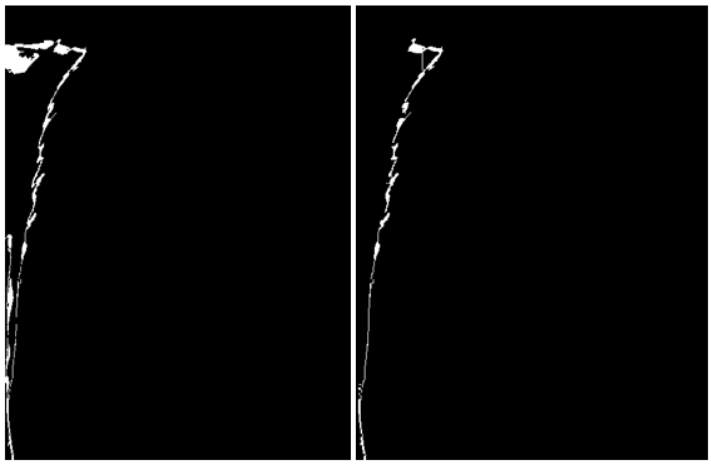


Рисунок 4.11 – Исходное изображение левой половины грудной клетки (слева) и результат применения описанных выше действий (справа)

Для выделения верхней части наружного контура грудной клетки необходимо выделить внутреннюю границу правого (рисунок 4.12, а) и левого (рисунок 4.12, б) легкого. Для этого необходимо обнулить все пиксели,

находящиеся за пределами столбца делящего левое (kor_L) и правое лёгкое (kor_P) на две части.

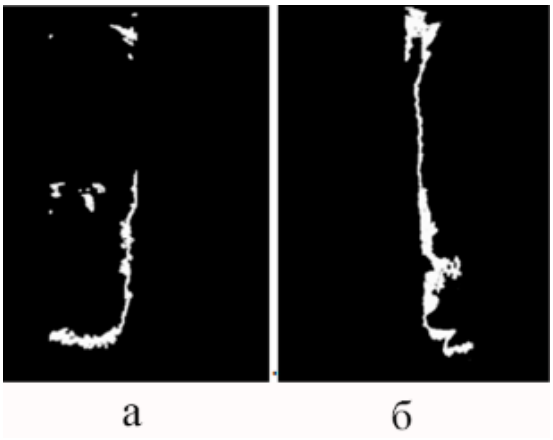


Рисунок 4.12 – Внутренняя граница легкого: а – правого легкого; б - левого легкого

Среди ненулевых пикселей полученных изображений осуществляется поиск пикселей расположенных на максимальном и минимальном расстоянии от верхней части изображения. Затем вычисляется среднее значение среди координат (а точнее среди строк) обнаруженных пикселей и все пиксели расположенных выше этой координаты обнуляются.

Текст программы осуществляющей выделение верхней части наружного контура грудной клетки представлен в таблице И.10.

Заключительным этапом выделения границы грудной клетки является использование полученных в ходе расчетов координат верхней, средней и нижней части наружного контура грудной клетки для обнуления пикселей находящихся за их пределами. То есть полученные при расчетах значения позволяют выделить на изображении область, содержащую грудную клетку и органы грудной клетки, а пиксели не входящие в полученный контур обнулить. Текст программы осуществляющей описанные действия, представлен в таблице И.11. Результат применения всех выше описанных действий представлен на рисунке 4.13.

Рисунок 4.13 – Грудная клетка с выделенными внешними границами

В итоге, соответствие яркости пикселей, составляющих внешнюю границу грудной клетки, определенному диапазону значений, позволяет выделить подобные пиксели, являющиеся внешней границей грудной клетки, а области расположенные за пределами выделанных границ обнулить.

Таким образом, выделение границ грудной клетки позволяет значительно уменьшить анализируемую область, повышая тем самым как скорость работы программно-методического комплекса, так и безошибочность обнаружения объектов представляющих диагностический интерес.

4.2 Обнаружение признаков патологии с помощью пакета функций IPT

Предлагаемый алгоритм позволяет обнаружить поиск диагностического признака патологии с помощью пороговой бинаризации осуществляемой с помощью функции im2bw пакета Image Processing Toolbox программы Matlab с пошаговым изменением порога бинаризации от 0,01 до 1 (с шагом равным 0,01). Синтаксис функции im2bw представлен в таблице 3.4.

Диапазон пороговых значений был вычислен в ходе экспериментальных исследований путем многократных проведений операции бинаризации с разными пороговыми значениями на разных изображениях. Благодаря проведенным исследованиям и показанной в них эффективности, указанные

выше значения были выбраны в качестве границ диапазона изменений пороговых значений в предлагаемом программно-методическом комплексе.

В ходе проведения бинаризации с указанным ранее порогом было установлено, что признаки патологии (затемнения) появляются на определённом значении порога и больше не исчезают. При этом так же была отмечена некоторая зависимость между размеровм объекта интереса и пороговым значением. Так объекты размером до 5 миллиметров будут обнаружены при бинаризации с низким значение порогом бинаризации, а объекты большего размера, наоборот появятся при значениях порога бинаризации близким к единице.

Помимо непосредственного обнаружения объекта интереса возникает необходимость выделить его границы с целью проведения дальнейших расчетов. Для решения поставленной задачи, возможно, использовать такие функции пакета Image Processing Toolbox программы Matlab как: edge (метод Canny), strel, imfill (синтаксис данной функции представлен в таблице З.8).

Функция edge, дает возможность выделить границы области интереса полученной при проведении пороговой бинаризации исследуемого изображения. Синтаксис данной функции представлен в таблице З.5.

Согласно синтаксису функции strel (представленному в таблице З.6) параметр shape функции strel позволяет задавать определённый тип структурного элемента (объекта или области на бинарном изображении) границы которого, впоследствии, выделяются с помощью функции edge. Все многообразие типов форм поддерживаемых структурных элементов (объектов) представлено в таблице З.7.

Согласно сведениям научной литературы, можно сделать вывод, что чаще всего такой рентгенологический признак патологии как затемнение легочного поля имеет округлую форму [32]. Поэтому из всех форм структурных элементов функции strel, наиболее подходящей формой для

обнаружения подобных затемнений являются дискообразные структурные элементы (или strel('disk', R)).

Основываясь на выше сказанном можно утверждать, что представленные выше функции позволяют обнаружить объект, представляющий диагностический интерес, выделить его границы и выполнить заливку полученной области (то есть области внутри выделенных границ) белым цветом с целью отделения полученного объекта от фона (с помощью функции imfill синтаксис которой представлен в таблице З.8). Так же стоит принять во внимание, что на исследуемом изображении возможно обнаружение нескольких подобных объектов и в таком случае возникает необходимость проверить все найденные объекты на соответствие определённым условиям, что в свою очередь возможно либо путем оценивания площади объектов с помощью функции bwarea, либо за счет применения операции открытия реализуемой функцией imopen и позволяющей отсечь «неподходящие» (по размеру и форме) объекты. Синтаксис функции bwarea и imopen представлен в таблице З.9.

Тестирование предлагаемого алгоритма показало, что совместное использование как функции bwarea и функции imopen даёт лучший результат, чем при применении одной из них. Также применение функции bwarea даёт возможность не только принять решение о соответствии выбранного объекта диагностически значимому признаку патологии, но и количественно оценить его, что в свою очередь является дополнительным способом контроля достоверности отнесения обнаруженного объекта к диагностическому признаку.

Текст программы пороговой бинаризации и последующего обнаружения диагностического признака патологии представлен в таблице И.12.

С целью получения доказательства принадлежности обнаруженного объекта к диагностическому признаку патологии, производится определение его оптической плотности (суммарной яркости обнаруженного объекта). Для

извлечения максимальной пользы из проводимого вычисления, необходимо провести сравнения оптической плотности обнаруженного объекта с альтернативной областью, под которой понимается область аналогичная по размерам области содержащей обнаруженный объект, но расположенная либо на другом снимке, либо в другой части исследуемого снимка.

В подразделе 3.5 раздела 3 указывалось на невозможность создания, на сегодняшний день, индивидуального архива цифровых рентгеновских снимков для каждого пациента. Поэтому единственной возможностью получить необходимую для сравнения область (альтернативную) является поиск похожей (по локализации и размеру) области на снимках с похожей патологией, но принадлежащих разным пациентам. Подобный путь не позволяет добиться желаемого результата в силу того, что изображения разных пациентов априорно отличаются друг от друга, как по качеству, так и по расположению анатомических структур, в связи, с чем имеется большая вероятность отнести признак патологии не к диагностическому признаку патологии, а к допустимым различиям сравниваемых изображений.

Единственным способом избежать описанных препятствий является поиск альтернативной области на исследуемом изображении с помощью возможностей функции regionprops. Синтаксис указанной функции представлен в таблице 3.10, а оцениваемые ею характеристики обнаруженного объекта представлены в таблице 3.11.

С помощью характеристики BoundingBox функции regionprops происходит вычисление прямоугольника ограничивающего обнаруженный объект, после чего с помощью функции imcrop происходит «вырезка» этой прямоугольной области, с помощью функции sum производится расчет суммарной яркости выделенной области (оптической плотности). Аналогичное действие производится и для альтернативной области цифрового рентгеновского снимка (другом лёгком). Последующее сравнение оптической плотности области содержащей объект интереса и альтернативной ей области

позволяет установить «уникальность» обнаруженного объекта. С целью повышения качества проводимой проверки, измерение оптической плотности (суммарной яркости) производится в нескольких областях, находящихся на равном расстоянии сверху (рисунок 4.14, б) от выбранной области (рисунок 4.14, а), а так же в альтернативных им областях (рисунок 4.14, в, г).

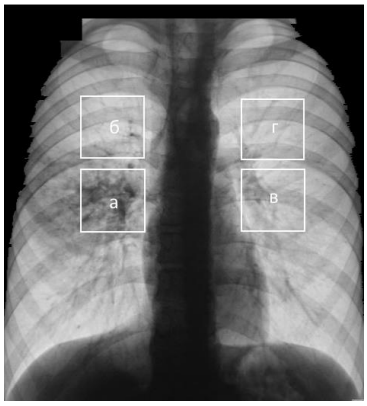


Рисунок 4. 14 – Область, содержащая обнаруженный объект и альтернативные ей области

Текст программы оценивания оптической плотности определенных областей представлен в таблице И.13.

Результатом применения описанных выше действий являются представленные на рисунке 4.15 объекты с выделенными границами.

Рисунок 4.15 – Обнаруженные на цифровом рентгеновском снимке признаки патологии

Таким образом, применение пороговой бинаризации позволяет обнаружить, на цифровых рентгеновских снимках лёгких, диагностический признак патологии. Путем применение ряда последовательно исполняемых функций удается не только выделить границы обнаруженных объектов, но и произвести их анализ, сводящийся к вычислению их размеров и расположения, а так же определению их «уникальности». Полученные в результате проведенных вычислений результаты позволяют принять или опровергнуть предположение принадлежности найденных объектов к диагностическим признакам патологии.

4.3 Определение принадлежности обнаруженных объектов к диагностическому признаку патологии лёгких

Представленные ранее действия позволяют выделить на цифровом рентгеновском снимке область, представляющую наибольший диагностический интерес (область, содержащую грудную клетку и органы грудной клетки), а так же выполнить внутри выделенной области поиск объекта подходящего по критерии диагностически значимого признака патологии лёгких. Так же описанный выше способ определения «уникальности» обнаруженного объекта даёт возможность принять решение относительно принадлежности найденного объекта диагностическим признакам патологии. При этом представленный способ является не единственным способом определения принадлежности обнаруженного объекта диагностическим признакам патологии. Решить данный вопрос можно с помощью определения формы найденного объекта, а так же путем обнаружения области измененной легочной ткани (зона инфильтрации) расположенной вокруг найденного объекта.

Одним из способов определения формы обнаруженного объекта является использование характеристик solidity и extent (называемые так же коэффициентами форм) функции regionprops с последующим сравнением

вычисленного значения представленных характеристик с ранее рассчитанными значениями коэффициента форм для определенных геометрических фигур.

В таблице И.14 представлен текст программы определения коэффициента формы, с помощью функции regionprops, и сравнения рассчитанного коэффициента с заранее определенным значениями. Однако при определении коэффициента формы может возникнуть ситуация при которой один и тот же объект относится к различным формам. Идентификация формы подобных объектов возможна через измерение угла между векторами (линиями), проведенными через определённые точки, вычисление которых происходит путем разделения обнаруженного объекта на четыре равные части и отборе правой верхней и левой нижней частей обнаруженного объекта (рисунок 4.16). Отобранные части подвергаются анализу в ходе, которого выявляется минимальная (рисунок 4.16, а) и максимальная (рисунок 4.16, б) координата выделенной части найденного объекта, а так же производится расчет среднего (между максимальной и минимальной точкой) значения (рисунок 4.16, в).

Найденные описанным выше способом точки используются для построения вектора (линий) и дальнейшего измерения угла между ними (рисунок 4.16, г, д). Для измерения угла применяется функция subspace, синтаксис которой представлен в таблице З.12.

Полученное, с помощью функции subspace, значение отражающее угол между векторами, сравнивается со значениями углов характерными для различных геометрических форм, что позволяет определить форму обнаруженного объекта. Значения углов, представленные для сравнения, были получены путем измерения углов, на изображениях содержащих различные геометрические фигуры с заранее известными размерами (представленными на рисунке 3.6 в подразделе 3.4 раздела 3).

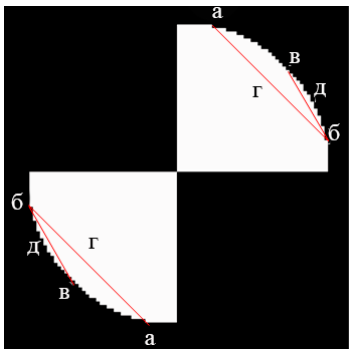


Рисунок 4.16 – Векторы (линии) между максимальными и минимальными координатами, а так же между максимальными и средними координатами на отобранном объекте

В итоге способ идентификации формы обнаруженного объекта, с помощью функции subspace, основывается на оценке края обнаруженного объекта, характер которого и позволяет производить разграничение форм сложных объектов.

Основные затруднения при определении формы найденного объекта возникают в том случае, если объект имеет круглую или квадратную формы. В связи с этим, представленный способ больше всего подходит для определения округлой или квадратной формы, а точнее для разграничения этих двух форм.

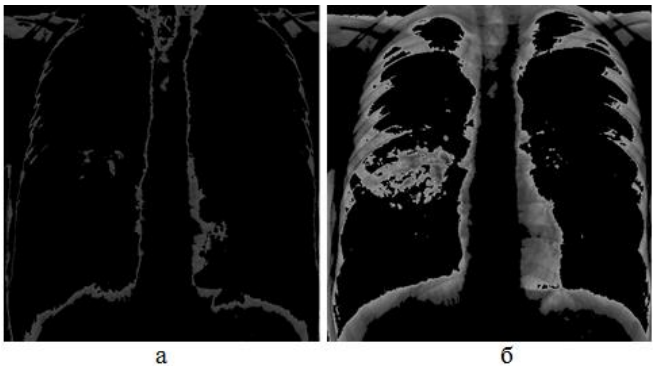
Текст программы определения формы с помощью функции subspace, представлен в таблице И.15.

Применение функции subspace позволяет отличать друг от друга различные геометрические фигуры путем измерения угла между векторами, проходящими через точки максимума, минимума и среднего между ними значения (или иными словами путем оценки формы края найденного объекта). В основном такой подход применим в случае затруднения определения либо округлой, либо квадратной формы обнаруженного объекта.

Помимо определения формы обнаруженного объекта (объектов) так же может возникнуть необходимость в определении наличий взаимосвязи между объектами или обнаружении области измененной легочной ткани представляющей диагностический интерес и располагающейся вокруг

обнаруженного объекта (или объектов). Решение представленной задачи заключается в определении наличия вокруг обнаруженных объектов пикселей связывающие их. Такой подход основан на предположении, в соответствии с которым вокруг одиночного объекта расположены только нулевые пиксели, а множественные объекты могут быть связаны между собой некоторым количеством пикселей, которые в свою очередь могут представлять диагностический интерес.

Поиск пикселей расположенных вокруг найденного объекта начинается с обнуления пикселей, яркость которых не попадает в заданный диапазон. Диапазон яркости пикселей задается путем превышения ранее применяемого диапазона (то есть того диапазона который использовался на этапе определения границ грудной клетки) на некоторое количество значений (обычно на 50 значений для верхней границы диапазона, а нижняя остаётся неизменной). Ниже представлено исходное изображение после обнуления пикселей, яркость которых не попала в диапазон значений от 50 до71 (рисунок 4.17, а). В свою очередь на рисунке 4.17, б показано исходное изображение с измененными пороговыми значениями для яркостей пикселей (в данном случае диапазон составляет от 50 до 150).



а б

Рисунок 4.17 – Изображения правой и левой половины грудной клетки с обнуленными пикселями значения яркостей, которых не принадлежат диапазону значений от 50 до 71 и увеличенному диапазону значений (50- 150)

Далее производится определение наличия вокруг границ найденных объектов ненулевых пикселей. Указанная манипуляция осуществляется путем перебора значений с определением их яркости до того момента как не будет найдено несколько (а именно 5) последовательно идущих нулевых пикселей. Текст программы определения взаимосвязи между обнаруженными объектами, представлен в таблице И.16.

Представленная в таблице И.16 программа позволяет определить наличие или отсутствие взаимосвязи между обнаруженными объектами. Так же представленная программа позволяет обнаружить область измененной ткани лёгкого (расположенной рядом с найденными объектами) представляющую диагностический интерес (то есть область, являющуюся диагностически значимым признаком патологии (затемнением)). Результатом применения представленной программы, является область, содержащая диагностический признак патологии, и либо объединяющая ранее найденные объекты, либо представляющая собой отдельный диагностический признак (затемнение).

Указанная программа, так же позволяет оценить размеры, форму и расположение найденной области. Оценка размеров производится с помощью функции regionprops, а форма оценивается через расчет коэффициентов формы (Solidity и Extent) с последующим сравнением рассчитанных значений коэффициентов с заранее высчитанными пороговыми значениями для определённых форм с помощью программы представленной ранее (единственной разницей является то, что верхняя граница размеров для данных областей находится в пределах 3,5 сантиметров). Результаты всех описанных выше действий представлены на рисунке 4.18, на котором приставлены обнаруженные ранее описанными программами объекты интереса (рисунок 4.18, а) и область их объединяющая (рисунок 4.18, б), и при этом представляющая диагностический интерес (так как по оценённым параметрам относится к диагностическим признакам патологии).

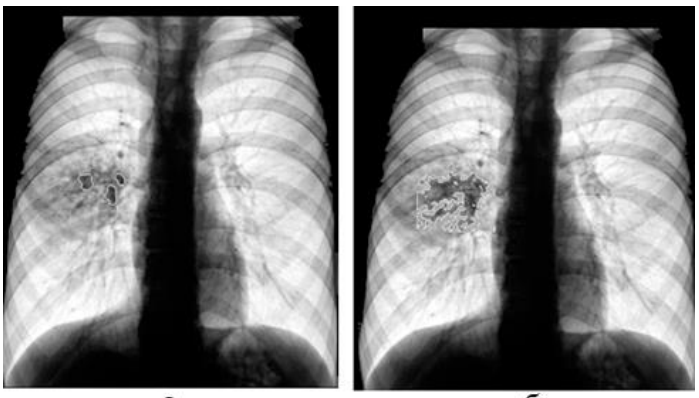


Рисунок 4.18 – Обнаруженные объекты: а - несколько обнаруженных объектов; б - область объединяющая найденные объекты

Исходя из рисунка 4.18 можно говорить о том, что при обнаружении на цифровом рентгеновском снимке диагностических признаков патологии возможна ситуация когда на изображении может быть обнаружено несколько объектов. В таком случае, возникает необходимость в определении наличия или отсутствия взаимосвязи между этими объектами (то есть в определении являются ли обнаруженные объекты самостоятельными, но рядом расположенными или являются частями одного объекта). Для решения поставленной задачи можно использовать представленную в таблице 4.30 программу.

Таким образом, принять окончательное решение, касательно отношения обнаруженного объекта к диагностическим признакам патологии, возможно путем оценивания его формы (с помощью расчета коэффициента формы). В случае затруднения определения формы указанным способом довольно результативным является вычисление угла между векторами, построенными между вычисленными точками с последующим сравнением результата (рассчитанного угла) с пороговым значением. Так же одним из способов подтверждения отношения обнаруженного объекта к диагностическим признакам патологии является определение взаимосвязи обнаруженных объектов между собой (в том случае если их обнаружилось несколько) или в

обнаружении патологически изменённой ткани легкого, расположенной вокруг найденного объекта.

4.4 Определение локализации найденного объекта

С целью определения локализации обнаруженного объекта необходимо разделить легочные поля на несколько отделов. Осуществление подобной процедуры возможно либо с учётом долей каждого из легких, либо путем выделения границ по другим ориентирам.

С учетом анатомических особенностей в лёгких выделяют пять долей: три доли в правом лёгком (верхняя, средняя и нижняя) и две доли в левом лёгком (верхняя и нижняя) (рисунок 4.19).

Рисунок 4.19 – Доли лёгких: а – верхняя доля правого легкого; б – нижняя доля правого легкого; в – средняя доля правого легкого; г – верхняя доля левого легкого; д – нижняя доля левого легкого

На рентгенограмме лёгких можно выделить верхушки – области находящиеся над ключицами, верхние отделы – располагающиеся между верхушками до второго ребра (а точнее до его переднего конца) (рисунок 4.20, г), средние отделы занимающие положение от второго ребра до четвертого (рисунок 4.20, д) и, соответственно, нижние отделы с границами от четвертого ребра до диафрагмы (рисунок 4.20, е). Описанные отделы позволяют

разделить легочные поля горизонтальными линиями. Так же легочные поля можно разделить вертикальными линиями на три зоны. В результате граница первой зоны проходит через место пересечения ключицы с наружной грудной стенкой (рисунок 4.20, а), граница второй зоны проходит через середину внутригрудного участка ключицы (рисунок 4.20, б) и эта же линия является границей третьей зоны (рисунок 4.20, в) [32].

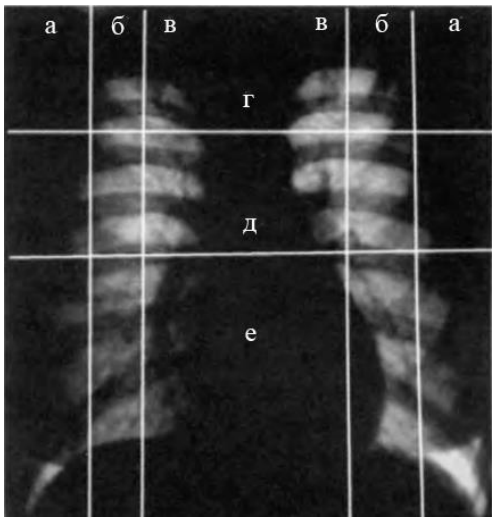


Рисунок 4.20 – Деление лёгочных полей на отделы и зоны [32]

Для определения локализации обнаруженного объекта необходимо выделить внутренние границы области интереса (внутренней границы легких) представленным ранее способом. Подобная граница выделяется как у правого, так и у левого лёгкого, после чего производится расчет расстояния между центральным столбцом исследуемого изображения и ненулевыми пикселями, формирующим внутреннюю границу легких (как для правого легкого, так и для левого). С целью упрощения вычислений производится учет только 60 пикселей формирующих внутреннюю границу легкого и расположенных выше и ниже центральной строки исследуемого изображения.

Текст программы расчета расстояния между центром изображения и внутренней границей правого и левого легкого, представлен в таблице И.17. Данная программа позволяет получить координаты пикселей находящихся на

минимальном расстоянии от центрального столбца изображения (рисунок 4.21) и используемые дальше как ориентиры для определения расположения обнаруженного объекта, а так же для разделения легочных полей на зоны и отделы.

Рисунок 4.21 – Внутренние границы лёгких

Разделение легочных полей на отделы и зоны заключается в расчете координат пикселей соответствующих месту пересечения ключиц и грудной клетки, а так же середине ключиц (среднеключичной линии).

Согласно представленным выше сведениям место пересечения ключиц и грудной клетки является границей между наружной и средней зонами, а середина ключиц отделяет средние и внутренние зоны. Представленные границы можно условно назвать вертикальными границами. Текст программы вычисления вертикальных границ, представлен в таблице И.18.

Помимо вертикальных границ можно выделить ещё и границы, так же условно называемые горизонтальными. Данные границы разделяют легочное поле на верхний, средний и нижний отделы. Представленные линии проходят через передний конец второго и четвертого ребер, для нахождения которых использовалось (подтвержденное практически) предположение о том, что сумма максимальной ширины легкого и поделенной пополам максимальной

ширины легкого, представляет собой то расстояние, которое располагается между найденной ранее верхней границей грудной клетки и передним концом четвертого ребра. От верхней границы грудной клетки передний конец второго ребра отделяет расстояние равное поделенной пополам ширине легкого (данное предположение было подтверждено практически). Текст программы вычисления вертикальных границ, представлен в таблице И.19.

В результате применения описанных выше действий удается разделить легочные поля на отделы и зоны с целью определения локализации обнаруженного объекта (данные ориентиры обозначенные белыми линиями на рисунке 4.22).

Рисунок 4.22 – Поделенные на отделы и зоны легочные поля

Используя полученные ранее ориентиры (горизонтальные и вертикальные линии) можно установить локализацию обнаруженного объекта. Для осуществления подобной манипуляции необходимо установить отношение центра обнаруженного объекта к рассчитанным ранее границам.

Текст программы определения локализации обнаруженного объекта (объектов), представлен в таблице И.20, а результат определения локализации найденных объектов (объекта) представлен на рисунке 4.23.

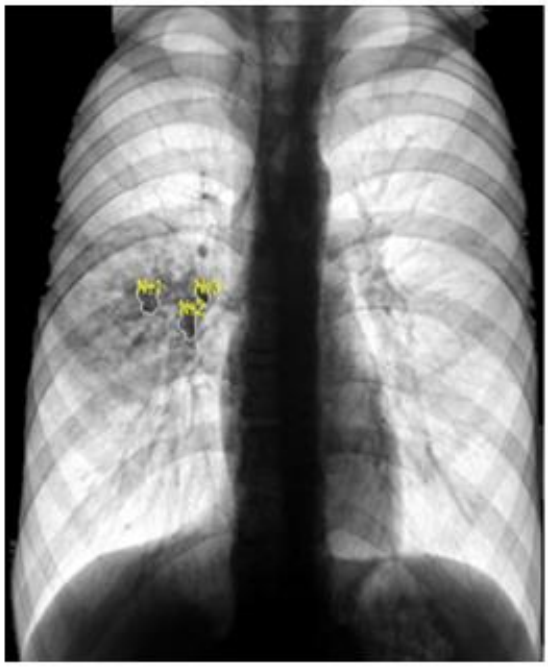


Рисунок 4.23 – Поделенные на отделы и зоны легочные поля

Таким образом, определение представленным способом координат областей цифрового рентгеновского изображения позволяет достаточно точно определить локализацию обнаруженного объекта, что позволяет принять решение относительно принадлежности обнаруженного объекта к диагностическим признакам патологии.

4.5 Графический интерфейс пользователя

Ограничение требований к квалификации пользователя в области информационных технологий достигается разработкой «дружественного» пользователю интерфейса программно- методического комплекса (рисунок 4.24).

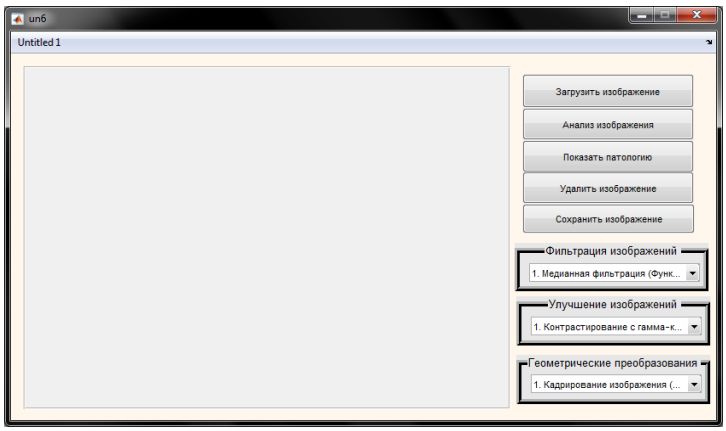


Рисунок 4.24 – Внешний вид главной управляющей формы

На управляющей форме размещены кнопки реализации нескольких функций, действие которых направлено на обработку анализируемого изображения. Для удобства все эти функции объединены в группы согласно тем действиям, которое они осуществляют.

• Фильтрация изображений. В эту группу вошли такие функции как: свертка N–мерных сигналов (функция convn), фильтрация двумерных и многомерных изображений (функция imfilter), фильтрация областей интереса (функция roifilt2). Доступ к функциям данной группы можно получить путём раскрытия ниспадающего списка (рисунок 4.25).

• Улучшение изображений. В эту группу вошли такие функции как: контрастирование с гамма–коррекцией (функция imadjust), устранение дефектов изображения в заданной области (функция roifill), выполнение контрастно ограниченной адаптивной эквализации гистограммы (функция adapthsteq), управление яркостью палитры (функция brighten). Доступ к функциям данной группы можно получить путём раскрытия ниспадающего списка (рисунок 4.26).

• Геометрическое преобразование. В эту группу вошли такие функции как: кадрирование изображения (функция imcrop), масштабирование изображения (функция zoom), построение для изображения линий уровня (функция imcontour), средства просмотра локального массива пикселей

(функция impixelregion), дополнение изображений (функция imcomplement). Доступ к функциям данной группы можно получить путём раскрытия ниспадающего списка (рисунок 4.27).

Наиболее эффективными среди представленных выше функций является такие функции как: adapthsteq и imcomplement, в силу того, что они позволяют выделить патологию (если она имеется). На рисунке 4.28 представлено исходное изображение (рисунок 4.28, а), а так же результат применения указанных функций adapthsteq (рисунок 4.28, б) и imcomplement (рисунок 4.28, в).

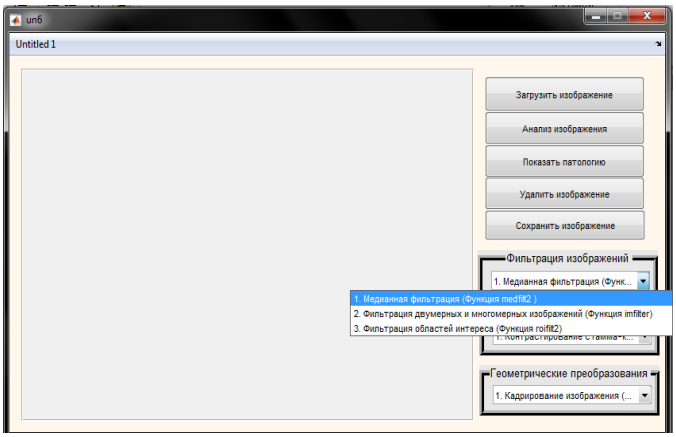


Рисунок 4.25 – Ниспадающий список, содержащий функции осуществляющие фильтрацию

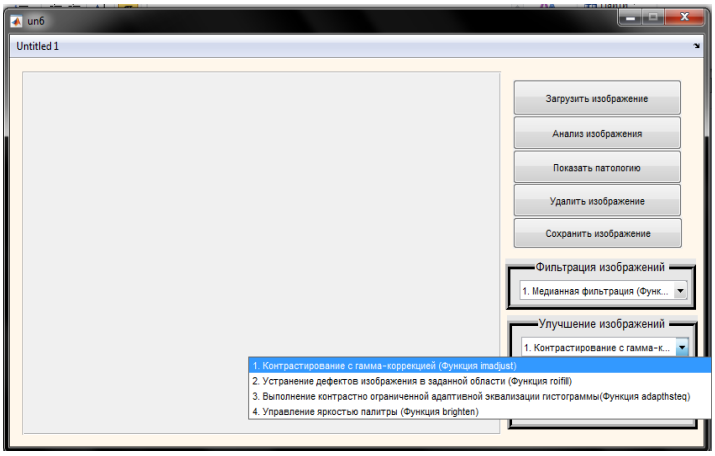


Рисунок 4.26 – Ниспадающий список, содержащий функции улучшения изображения

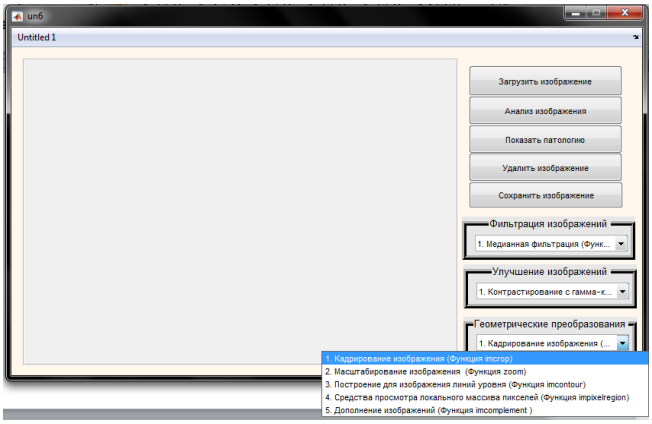


Рисунок 4.27 – Ниспадающий список, содержащий функции улучшения изображения

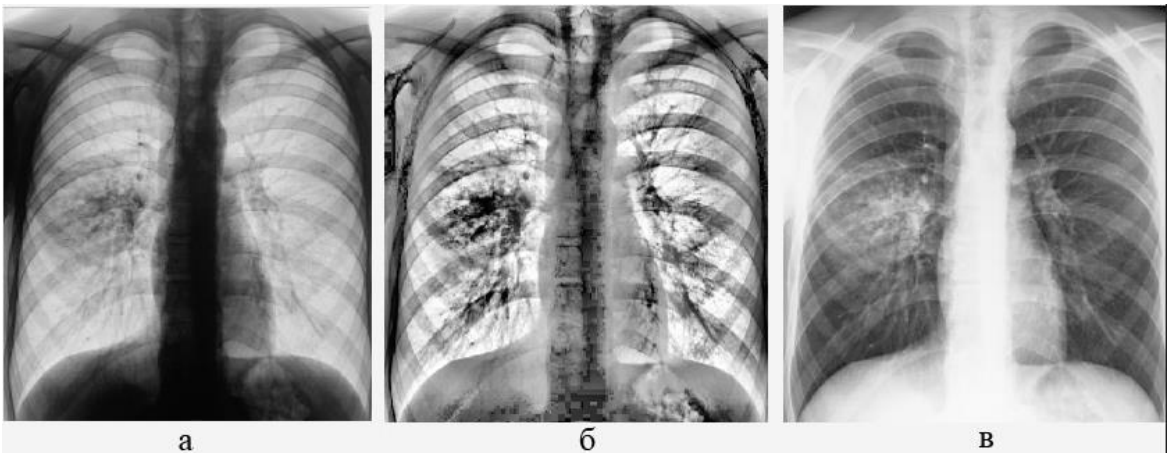


Рисунок 4.28 – Цифровой рентгеновский снимок лёгких: а – исходное изображениеб - результат применения функций adapthsteq; в - результат применения функций imcomplement

Программа запускается путем нажатия на кнопку «Анализ изображения», после чего пользователю в интерактивном режиме предлагается выбрать дальнейший сценарий: введение пользователем основных параметров искомых объектов (нажатием на кнопку «Ввод значений» и ввести в открывшемся окне необходимые параметры), либо использование параметров затемнения типичных для патологии лёгких, принимаемых по умолчанию (рисунок 4.29).

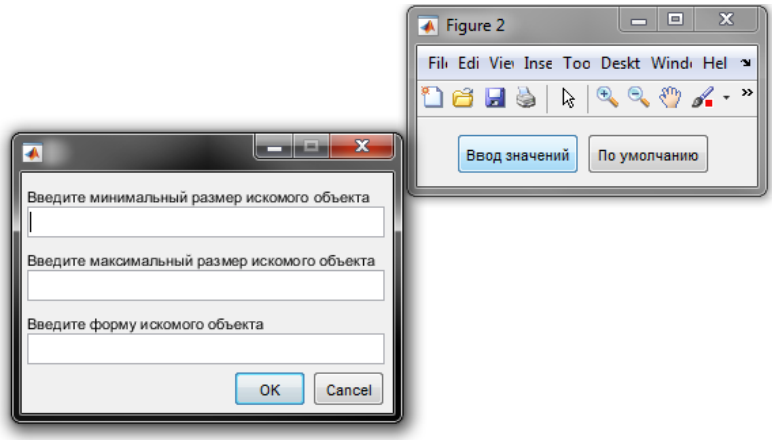


Рисунок 4.29 – Ввод данных

Пользователь может нажатием кнопки «Вывести патологию» вывести на экран изображение признаков патологии (если они имеется), за счет применения только первого этапа работы алгоритма (выделение границ области интереса), позволяющего отсечь большую часть пикселей и оставить только те пиксели, значение яркости которых попадает в определенный диапазон (рисунок 4.30).

Рисунок 4.30 – Выделение патологии

Нажатие на кнопку «Сохранить изображение» позволит пользователю сохранить обработанное изображение в выбранной им директории (рисунок 4.31).

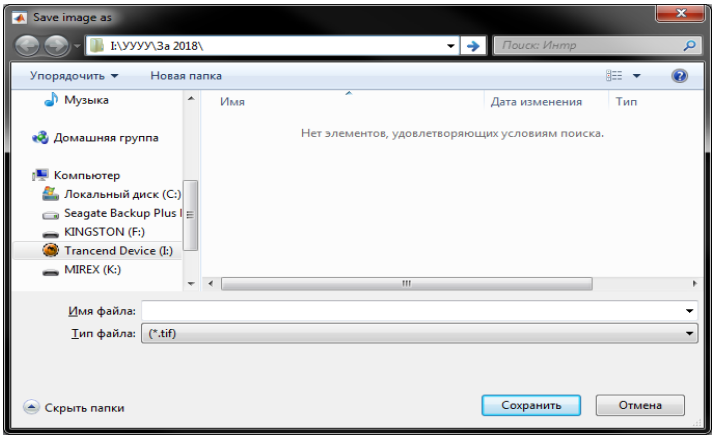


Рисунок 4.31 – Сохранение изображения

Кнопка «Удалить изображение» позволяет очистить результаты работы программы и тем самым подготовить её к анализу следующего изображения.

Нажатие на кнопку «Загрузить изображение» позволит пользователю выбрать цифровой рентгеновский снимок для проведения анализа (рисунок 4.32).

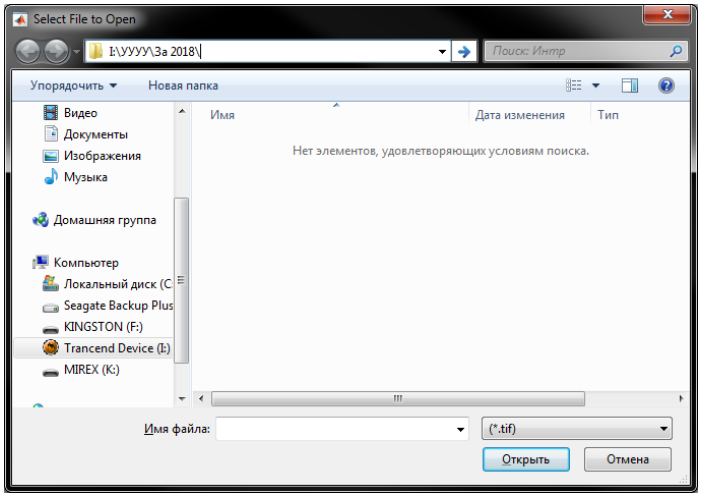


Рисунок 4.32 – Загрузка изображения

Таким образом, созданный с помощью среды GUI программный интерфейс, требует от пользователя ограниченных специальных знаний и умений работы с компьютером при реализации предлагаемого программно-методического комплекса, обеспечивает его «дружественность» к пользователю.

4.6 Вычислительный эксперимент по поиску признаков патологии на цифровом рентгеновском снимке лёгких

Для того чтобы проверить насколько созданный программно-методический комплекс способен решать поставленную задачу поиска признаков патологии, были выбраны несколько изображений лёгких с признаками патологии, найденными специалистами.

На рисунке 4.33 представлен цифровой рентгеновский снимок органов грудной клетки. Согласно описанию, выполненному специалистом, на снимке обнаружено округлое тотальное затемнение средней доли правого легкого. Поставлен диагноз очаговой пневмонии.

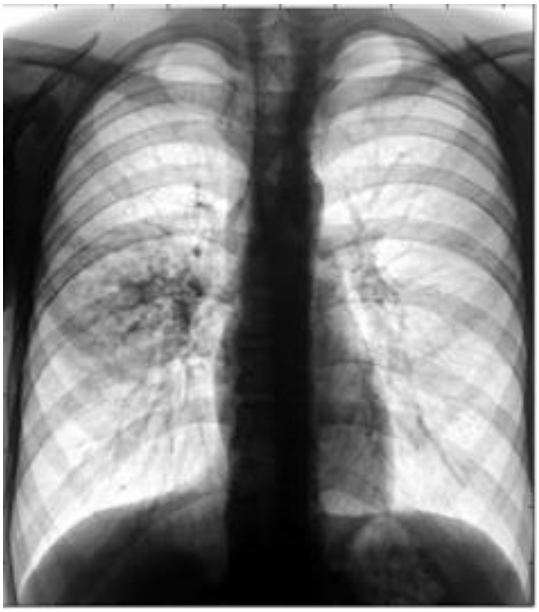


Рисунок 4.33 – Цифровой рентгеновский снимок

Разработанная программа осуществляет поиск на снимке затемнений лёгких, имеющих округлую форму размерами от 3 мм до 2,5 см, оценивает размеры затемнений, выделяет и оценивает область локализации затемнений (правое или левое лёгкое, доля и отдел лёгкого).

Результаты поиска рентгеновских признаков патологии лёгких представлены на рисунках 4.34 и 4.35. На рисунке 4.34 выделены контуры наиболее изменённых участков тканей правого лёгкого, а параметры обнаруженных объектов (измененных участков) представлены на рисунке 4.35.

Рисунок 4.34 – Результаты поиска признаков патологии (цифрами обозначены номера объектов (затемнений))

Выделенные объекты могут быть наиболее «тёмными» фрагментами единого затемнения. Подобная взаимосвязь объектов выявляется поиском пикселей определённого диапазона яркости расположенных вокруг объектов. Диапазон яркости пикселей выбран на основе анализа многочисленных изображений лёгких с патологией. Обнаружение пикселей в заданном диапазоне яркости позволяет сделать вывод о наличии взаимосвязи между

обнаруженными объектами. Результат реализации программы обнаружения взаимосвязи затемнений представлен на рисунке 4.36.

	Результаты
Объект уникален	Объект уникален
Форма	Округлая форма
Размеры (диаметр в см)	0.7447
Площадь	350
Локализация	Правое легкое. Средняя зона. Средний отдел

№1	

а

	Результаты
Объект уникален	Объект уникален
Форма	Округлая форма
Размеры (диаметр в см)	0.7242
Площадь	331
Локализация	Правое легкое. Внутренняя зона. Средний отдел

№2	

б

	Результаты
Объект уникален	Объект уникален
Форма	Округлая форма
Размеры (диаметр в см)	0.5082
Площадь	163
Локализация	Правое легкое. Внутренняя зона. Средний отдел

№3	

в

Рисунок 4.35 – Описание затемнений на рисунке 4.34: а – объект № 1; б – объект № 2; в – объект № 3

Таким образом, на анализируемом изображении выделены три объекта (затемнения), оценка параметров которых позволяет сделать вывод о их принадлежности к диагностическим признакам патологии.

Рисунок 4.36 – Результат обнаруженной взаимосвязи между выделенными объектами

На рисунке 4.36 выделена область затемнения в заданном диапазоне яркости, соответствующий наиболее изменённому участку тканей лёгкого. Оценки выделенного затемнения представлены на рисунке 4.37.

	Результаты
Объект уникален	Да
Форма	Округлая
Размеры (диаметр в см)	2.7913
Площадь	4917
Локализация	Правое легкое. Средняя доля

Обнаруженная область	

Рисунок 4.37 – Сведения об объекте на рисунке 4.36

Результаты работы созданного программно-методического комплекса позволили обнаружить на исследуемом изображении (рисунок 3.33) затемнение округлой формы, расположенное в средней доле правого легкого, что полностью соответствует приложенному к снимку описанию сделанному специалистом.

На рисунке 4.38 представлен цифровой рентгеновский снимок органов грудной клетки. Согласно описанию, выполненному специалистом, на снимке обнаружено инфильтративное затемнение верхней доли левого лёгкого. Поставлен диагноз сегментарной пневмонии.

На рисунке 4.39 выделены наиболее изменённый участок тканей левого лёгкого, параметры которого представлены на рисунках 4.40.

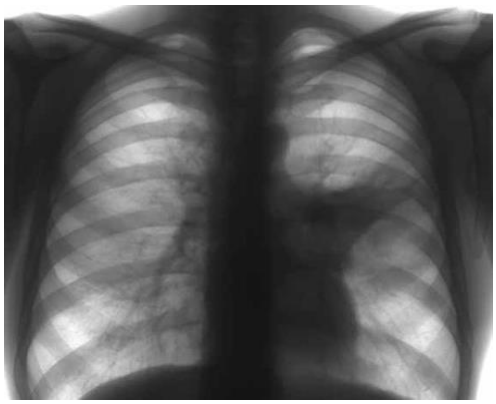


Рисунок 4.38 – Цифровой рентгеновский снимок

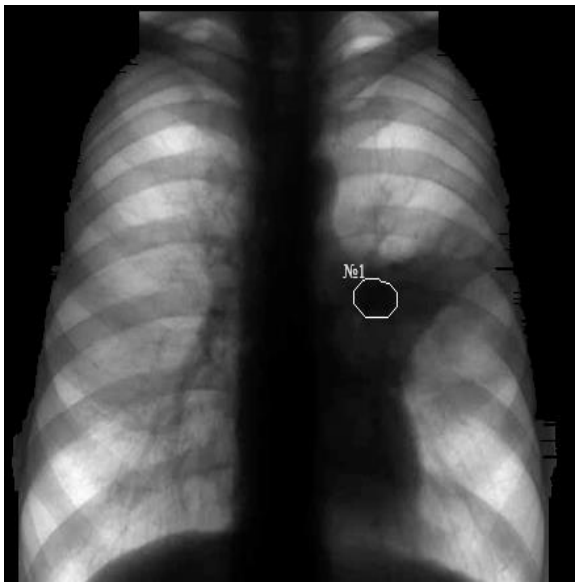


Рисунок 4.39 – Результаты поиска признаков патологии

	Результаты
Объект уникален	Да
Форма	Округлая форма
Размеры (диаметр в см)	1.0659
Площадь	717
Локализация	Левое легкое. Внутренняя зона. Средний отдел

Рисунок 4.40 – Сведения об объекте изображенном на рисунке 4.39

Область окружающая обнаруженный объект (область измененой ткани легкого (зона инфильтрации)) представлена на рисунке 4.41.

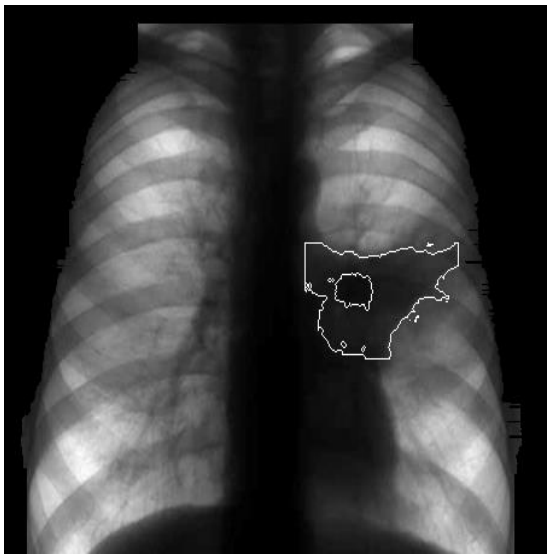


Рисунок 4.41 – Область измененой ткани легкого (зона инфильтрации)

Оценка параметров представленного на рисунке 4.41 объекта представлена на рисунке 4.42.

	Результаты
Объект уникален	Да
Форма	Треугольник
Размеры (диаметр в см)	3.1036
Площадь	6079
Локализация	Левое легкое. Верхняя доля

Обнаруженная область	

Рисунок 4.42 – Сведения об объекте на рисунке 4.41

Исходя из полученных данных можно говорить, что на представленном, на рисунке 4.38 цифровом рентгеновском снимке можно выделить затемнение, имеющее треугольную форму, расположенное в верхней доле, что, в свою очередь, соответствует приложенному к снимку описанию, сделанному специалистом.

Обнаруживаемые с помощь программно-методического комплекса наиболее измененные участки тканей лёгкого могут выступать не только в качестве части одного большого затемнения (рисунок 3.36), но и могут иметь самостоятельное диагностическое значение (например, объект округлой формы, выделенный на рисунке 4.39).

Объекты, выделенные с использованием предлагаемого программно-методического комплекса, анализируются специалистом, который принимает решение о наличии или отсутствии признаков патологии, продолжении или прекращении поиска признаков патологии и диагнозе заболевания.

Таким образом, созданный программно-методический комплекс, базирующийся на методике последовательного анализа рентгеновского снимка, выполняемого за счет применения функций пакета IPT Matlab, позволяет обнаруживать не только сам диагностический признак патологии, но и выделять наиболее изменные участи ткани лёгкого. Наличие соответствия между сведениями об обнаруженных объектах, представленных программно-методическим комплексом, и описанием, данным специалистом,

доказывает, что созданный программно-методический комплекс способен решить поставленную задачу, связанную с поиском и анализом диагностических признаков на цифровом рентгеновском снимке.

4.7 Основные результаты и выводы по разделу 4

1 Анализ изображения с помощью созданного программно-методического комплекса начинается с вычисления границ грудной клетки, что позволяет уменьшить анализируемую область, и, в свою очередь, способствует повышению скорости работы программно-методического комплекса и снижению вероятности возникновения ошибки при обнаружении объектов представляющих диагностический интерес.

2 Поиск объектов происходит путем применения функции пороговой бинаризации, а установление их соответствия диагностическому признаку патологии происходит за счет использования функций, позволяющих при их последовательном применении, выделить обнаруженные объекты и произвести их анализ, (то есть вычисление их размеров и расположения, а так же определения их «уникальности»), с помощью которого можно принять или опровергнуть предположение о принадлежности найденных объектов к диагностическим признакам патологии.

3 Определение коэффициента формы позволяет не только оценить истинную форму обнаруженного объекта, но и определить насколько достоверными являются результаты, полученные на предыдущих этапах. Однако возможна ситуация, в которой один объект может быть отнесен к разным формам и для разрешения подобного противоречия возможно воспользоваться оценкой угла характеризующего форму края обнаруженного объекта производимого с помощью функции subspace.

4 Ещё одним важным диагностическим признаком является локализация затемнения, определение которой производится путем определения

отношения координат центра обнаруженного объекта к рассчитанным ранее ориентирам.

5 Возможности среды GUI программы Matlab позволили создать интерфейс программно-методического комплекса, требующий от пользователя ограниченных специальных знаний и умений работы с компьютером, с помощью которого обеспечивается «дружественность» созданного комплекса к пользователю.

6 Созданный программно-методический комплекс позволяет обнаружить объект представляющий диагностический интерес, по таким признакам, как размер, форма (в случае затруднения определения которой производится оценка формы края выделенного объекта), локализация, наличие похожих объектов на анализируемом изображении. Достоверность предлагаемого программно-методического комплекса обоснована совпадением результатов компьютерного поиска признаков патологии с описанием рентгеновских снимков специалистами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1 Предлагаемая информационная технология реализует часть интеллектуальных действий, традиционно выполняемых экспертом, по поиску признаков патологии на рентгеновском снимке лёгких. Вместе с тем, информационная технология не исключает специалиста из процесса поиска признаков патологии, оставляя ему выбор исходных данных, формирование задания, анализ результатов поиска и принятие решения о наличии или отсутствии признаков патологии на рентгеновском снимке лёгких.

2 От известных технологий предлагаемая информационная технология поиска признаков патологии на рентгеновском снимке лёгких отличается возможностью оценивания объектов по комплексу задаваемых диагностически значимых характеристик и параметров, в том числе по форме, размерам, площади и оптической плотности, с использованием функций IPT без участия эксперта в оценивании объектов.

3 Снижение трудоемкости поиска рентгенологических признаков патологии достигается за счет автоматизации традиционного экспертного визуального поиска признаков патологии на рентгеновском снимке лёгких, обеспечиваемой программно-методическим комплексом предлагаемой информационной технологии.

4 Повышение безошибочности поиска рентгенологических признаков патологии достигается проверкой соответствия обнаруженного объекта комплексу задаваемых характеристик и параметров признака патологии и отсутствия подобного объекта в «симметричной» области второго лёгкого или на снимке лёгких пациента или эталонном снимке без патологии из базы данных рентгеновских снимков в составе информационной системы поиска признаков патологии на рентгеновских снимках.

5 Ограничение требования к квалификации специалистов-рентгенологов в части компьютерной обработки рентгеновских медицинских изображений

достигается алгоритмизацией поиска признаков патологии и созданием «дружественного» интерфейса для реализации предлагаемой информационной технологии на компьютере.

6 Результаты вычислений, полученные с помощью созданного программно- методического комплекса, соответствуют сделанному специалистом описанию для каждого из проанализированных снимков, что позволяет сделать вывод об удовлетворительной достоверности обнаружения признаков патологии с использованием предлагаемого программно-методического комплекса.

7 Предлагаемая информационная технология может использоваться для поиска на рентгеновских снимках лёгких признаков пневмонии, туберкулёза, онкологических заболеваний, а также для поиска признаков заболеваний на рентгеновских снимках других органов.

8 Перспективным направлением развития предмета исследования является классификация характеристик и параметров признаков заболеваний лёгких для создания базы данных рентгеновских изображений и признаков заболеваний лёгких в составе информационной системы поиска признаков патологии на рентгеновских снимках.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 10 ведущих причин смерти в мире [Электронный ресурс] // Всемирная организация здравоохранения., 2018. URL: http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs310/ru/index1.html (дата обращения: 10.02.2018).

2 Инфекции нижних дыхательных путей [Электронный ресурс] // antibiotic.ru., 2000. URL: http://www.antibiotic.ru/ab/090-93.shtml (дата обращения: 12.02.2018).

3 В цифрах и фактах: пневмония занимает 4-е место среди причин смерти [Электронный ресурс] // aif.ru., 2018. URL: http://www.aif.ru/health/life/v_cifrah_i_faktah_pnevmoniya_zanimaet_4-e_mesto_sredi_prichin_smerti (дата обращения: 12.02.2018).

4 Никонова Е. В. Пневмонии: эпидемиология, классификация, клинико-диагностические аспекты [Электронный ресурс] // Русский медицинский журнал., 1994-2018. URL: https://www.rmj.ru/articles/pulmonologiya/PNEVMONII_EPIDEMIOLOGIYa_KLASSIFIKACIYa_KLINIKO-DIAGNOSTIChESKIE_ASPEKTY/ (дата обращения: 18.04.2018).

5 Биличенко Т. Н. Заболеваемость и смертность населения России от острых респираторных вирусных инфекций, пневмонии и вакцинопрофилактика [Электронный ресурс] // CONSILIUM MEDICUM., 1999-2018. URL: https://con-med.ru/magazines/terapevticheskiy_arkhiv_/terapevticheskiy_arkhiv_-01-2018/zabolevaemost_i_smertnost_naseleniya_rossii_ot_ostrykh_respiratornykh_virusnykh_infektsiy_pnevmonii_/ (дата обращения: 18.04.2018).

6 Пневмония [Электронный ресурс] // progorod58.ru., 2018. URL: https://progorod58.ru/news/50025 (дата обращения: 14.02.2018).

7 Международная классификация болезней 10 пересмотра [Электронный ресурс] // Международная классификация болезней 10 пересмотра., 1990-2018. URL: http://mkb-10.com/ (дата обращения: 8.02.2018).

8 Олейников В.Э., Герасимова А.С. Пневмонии. Методические рекомендации для студентов III-IV курсов медицинских вузов. Пенза: ПГУ, 2011. 100с.

9 Зюзенков М.В. Поликлиническая терапия. Минск: Выш. шк., 2012. 608 с.

10 Классификация пневмонии по R.G. Wunderink, G.M. Mutlu (2006) [Электронный ресурс] // StudFiles.net., 2018. URL: https://studfiles.net/preview/5868124/page:42/ (дата обращения: 15.02.2018).

11 Мухин Н.А., Мартынова А.И., Моисеева В.С. Внутренние болезни. М.: ГЭОТАР – Медиа, 2004. 588с.

12 Эпидемия пневмонии 2017: симптомы и лечение микоплазменной пневмонии [Электронный ресурс] // ОкейДок., 2018. URL: http://okeydoc.ru/epidemiya-pnevmonii-simptomy-i-lechenie-mikoplazmennoj-pnevmonii/ (дата обращения: 18.02.2018).

13 Щерба Ю.В. Внебольничная пневмония в аспекте глобального процесса появления новых и возвращающихся инфекций: новые этиологические, эпидемиологические и клинические характеристики, приобретение категории системного инфекционного заболевания. М.: Поликлиника, 2011. — № 1. — С. 21-52.

14 Гельфанда Б.Р., Салтанова А.И. Интенсивная терапия: Национальное руководство. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. – Т. 2. 784 с.

15 Лекция 5. Пневмония. Этиология, патогенез, классификация [Электронный ресурс] // Medkurs.ru., 2018. URL: http://www.medkurs.ru/lecture4k/faculty/fl5/ (дата обращения: 20.02.2018).

16 Швайко С.Н. Длительный стресс может довести до пневмонии [Электронный ресурс] // Боткинская больница., 2008-2017. URL: https://botkinmoscow.ru/news/s-n-shvajko-dlitelnyj-stress-mozhet-dovesti-do-pnevmonii/ (дата обращения: 20.02.2018).

17 Пневмония [Электронный ресурс] // Sisibol.ru., 1939-2014. URL: http://sisibol.ru/practice/16.shtml (дата обращения: 21.04.2018).

18 Ройтберг Г.Е., Струтынский А. В. Внутренние болезни. Система органов дыхания. М.: Бином, 2005. 464 с.

19 Рентгенологическая диагностика пневмоний [Электронный ресурс] // Pneumonija.ru., 2014-2018. URL: http://pneumonija.ru/inflammation/diagnostika/rentgenologicheskaya-diagnostika-vospaleniya-legkih.html (дата обращения: 5.03.2018).

20 Острые пневмонии: этиология, патогенез [Электронный ресурс] // Архив врача: здоровье и болезни., URL: https://ftiza.info/ostryie-pnevmonii-etiologiya-patogenez/ (дата обращения: 7.03.2018).

21 Очаговая пневмония [Электронный ресурс] // Медицинский справочник болезней., 2018. URL: http://www.krasotaimedicina.ru/diseases/zabolevanija_pulmonology/focal-pneumonia (дата обращения: 7.03.2018).

22 Долевая пневмония [Электронный ресурс] // Медицинский справочник болезней., 2018. URL: http://www.krasotaimedicina.ru/diseases/zabolevanija_pulmonology/lobar-pneumonia (дата обращения: 7.03.2018).

23 Дроздов А.А. Справочник практикующего врача. М.: «Правда севера», 2009. 896 с.

24 Диагностика пневмонии [Электронный ресурс] // ilive.com., 2018. URL: https://ilive.com.ua/health/diagnostika-pnevmonii_110660i15943.html (дата обращения: 10.03.2018).

25 Анализы при пневмонии [Электронный ресурс] // градусник.net., 2018. URL: https://gradusnik.net/analizy-pri-pnevmonii/ (дата обращения: 12.03.2018).

26 Ройтберг Г.Е., Струтынский А. В. Внутренние болезни. Лабораторная и инструментальная диагностика. М.: МЕДпресс – информ, 2013. 800 с.

27 Пневмония [Электронный ресурс] // Медицинский справочник., 2018. URL: http://medicalhandbook.ru/diagnostika/issledovanie-mokroty/ izmeneniya -v-mokrote-pri-razlichnykh-zabolevaniyakh/3020-pnevmoniya.html (дата обращения: 13.03.2018).

28 Копосова Р. А., Журавлева Л. М. Рентгенодиагностика. Архангельск: изд-во Северного гос. мед. ун-та, 2012. 279 с.

29 Труфанов Г.Е. Лучевая диагностика. М.: ГЭОТАР – Медиа, 2007. 416с.

30 Диагностика пневмонии [Электронный ресурс] // ilive.com., 2018. URL: http://ilive.com.ua/health/diagnostika-pnevmonii_87388i15943.html (дата обращения: 16.03.2018).

31 Диагностика и лечение пневмонии [Электронный ресурс] // Health.mail.ru., 2018. URL: https://health.mail.ru/disease/pnevmoniya /diagnostika_i_lechenie_pnevmonii/ (дата обращения: 18.03.2018).

32 Линденбратен Л.Д., Королюк И.П. Медицинская радиология. М.: Медицина, 2000. 672 с.

33 Khouri N.F. et al. // Chest. 1987. V. 91. P. 128.

34 Троян В. Н. Клиническая интерпретация рентгенограмм легких. М.: ГЭОТАР – Медиа, 2017. 216с.

35 Основы. ОГК. Органы грудной клетки здорового человека в рентгеновском изображении. Изображения из коллекции Стенфордского университета [Электронный ресурс] // RADIOMED., 2008-2018. URL: https://radiomed.ru/publications/osnovy-ogk-organy-grudnoi-kletki-zdorovogo-cheloveka-v-rentgenovskom-izobrazhenii (дата обращения: 20.03.2018).

36 Трофимова Т. Н., Парижский З. М., Суворов А. С., Казначеева А.О.Физико-технические основы рентгенологии, компьютерной и магнитно-резонансной томографии. Фотопроцесс и информационные технологии в лучевой диагностике. СПб.: Издательский дом СПбМАПО, 2007. 192 с.

37 Харитонов Г.И. Цифровая рентгенография, ее место и возможности в системе RIS-PACS [Электронный ресурс] // zodorov.ru., 2017. URL: http://zodorov.ru/haritonov-g-i-cifrovaya-rentgenografiya-ee-mesto-i-vozmojnosti.html (дата обращения: 22.03.2018).

38 Зеликман М. И. Цифровые приемники для рентгенодиагностических аппаратов [Электронный ресурс] // vidar.ru., 2016. URL: http://vidar.ru/Article.asp?fid=RP_2001_1_30 (дата обращения: 25.04.2018)

39 Цифровые рентгенографические системы [Электронный ресурс] // Сайт практического рентгенолога., 2018. URL: http://zhuravlev.info/a_169_ (дата обращения: 23.03.2018).

40 Кораблев В. М. Измерение кардиоторакального индекса на флюорографах серии Проскан [Электронный ресурс] // amico.ru., 2018. URL: http://www.amico.ru/images/cms/data/newspic/publicatiy/2016/izmerenie_kardiotorakalnogo_indeksa_na_proskan.pdf (дата обращения: 28.04.2018).

41 Коваленко В.Л., Косых Н.Э., Марочко А.Ю., Молоков А.И., Радивоз М.И., Савин С.З. Информационное моделирование в задачах распознавания медицинских изображений // Заочные электронные конференции. 2009. URL: http://econf.rae.ru/article/7125 (дата обращения: 05.04.2018).

42 Нейросеть CheXNet [Электронный ресурс] // the-robot.ru., 2017-2018. URL: https://the-robot.ru/kejsy/nejroset-chexnet-prevzoshla-rentgenologov-v-kachestve-diagnostiki/ (дата обращения: 07.04.2018).

43 Список функций Image Processing Toolbox [Электронный ресурс] // Matlab.exponenta.ru., 2001-2014. URL: http://matlab.exponenta.ru/imageprocess/book3/index.php (дата обращения: 10.04.2018).

44 Интерфейс пользователя [Электронный ресурс] // Wikipedia., 2018. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Интерфейс_пользователя (дата обращения: 15.04.2018).

45 Зеликман М. И. Цифровые рентгенодиагностические системы. Часть I [Электронный ресурс] // radp.ru., 2018. URL: http://www.radp.ru/db/20083/056-071_Zelikman(16).pdf (дата обращения: 07.04.2018).

46 Приложения с GUI и дескрипторная графика [Электронный ресурс] // Materia Medica., 2018. URL: http://matlab.exponenta.ru/gui/book2/4.php (дата обращения: 07.05.2018).

47 Приложения с GUI и дескрипторная графика [Электронный ресурс] // Matlab.exponenta.ru., 2001-2014. URL: http://matlab.exponenta.ru/gui/book2/1.php (дата обращения: 16.04.2018).

48 Приложение для просмотра изображений (imtool) [Электронный ресурс] // Matlab.exponenta.ru., 2001-2014. URL: https://www.mathworks.com/help/images/ref/imtool.html (дата обращения: 17.04.2018).

49 Винер Н. Творец и робот: Обсуждение некоторых проблем, в которых кибернетика сталкивается с религией. М.: Прогресс, 1966. 104 с.

50 Титова А.Ю. Цифровая обработка изображений в маммографии [Электронный ресурс] // masters.donntu.org., 2018. URL: http://masters.donntu.org/2012/fknt/titova/library/article.htm (дата обращения: 17.02.2018).

51 Ван Шии, И. В. Цапко. Программа поиска определенного объекта изображения на основе его контурного анализа. Томск: Изд-во ТПУ, 2016. — Т. 1. — С. 214-215.

52 Контрастирование с гамма-коррекцией [Электронный ресурс] // Matlab.exponenta.ru., 2001-2014. URL: http://matlab.exponenta.ru/imageprocess/book3/10/imadjust.php (дата обращения: 16.04.2018).

53 Вычисление признаков объектов [Электронный ресурс] // Matlab.exponenta.ru., 2001-2014. URL: http://matlab.exponenta.ru/imageprocess/book3/14/imfeature.php (дата обращения: 18.04.2018).

54 DICOM [Электронный ресурс] // Wikipedia., 2018. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/DICOM (дата обращения: 15.04.2018).

55 Преобразование полноцветного изображения в полутоновое [Электронный ресурс] // Matlab.exponenta.ru., 2001-2014. URL: http://matlab.exponenta.ru/imageprocess/book3/6/rgb2gray.php (дата обращения: 19.04.2018).

56 Поиск объектов и вычисление их признаков [Электронный ресурс] // Matlab.exponenta.ru., 2001-2014. URL: http://matlab.exponenta.ru/imageprocess/ book3/14/bwlabel.php (дата обращения: 18.04.2018).

57 Бинаризация отсечением по порогу яркости [Электронный ресурс]. // Matlab.exponenta.ru., 2001-2014. URL: http://matlab.exponenta.ru/imageprocess/ book3/6/im2bw.php (дата обращения: 20.04.2018).

58 Выделение границ [Электронный ресурс] // Matlab.exponenta.ru., 2001-2014. URL: http://matlab.exponenta.ru/imageprocess/book3/12/edge.php (дата обращения: 18.04.2018).

59 Создание морфологических структурных элементов [Электронный ресурс] // Matlab.exponenta.ru., 2001-2014. URL: http://matlab.exponenta.ru/ imageprocess/ book3/18/strel.php (дата обращения: 18.04.2018).

60 Заполнение областей изображения [Электронный ресурс] // Matlab.exponenta.ru., 2001-2014. URL: http://matlab.exponenta.ru/ imageprocess/book3/13/imfill.php (дата обращения: 18.04.2018).

61 Вычисление площади объектов [Электронный ресурс] // Matlab.exponenta.ru., 2001-2014. URL: http://matlab.exponenta.ru/ imageprocess/book3/14/bwarea.php (дата обращения: 18.04.2018).

62 Угол между двумя подпространствами [Электронный ресурс] // Справочник по Matlab., 2001-2014. URL: http://old.exponenta.ru/soft/ matlab/potemkin/book2/chapter7/subspace.asp (дата обращения: 18.04.2018).

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Классификация пневмонии по этиологии

Таблица А.1 — Классификация пневмонии по этиологии [7]

Код заболевания	Название заболевания
J13	Пневмония, вызванная Streptococcuspneumonia
J14	Пневмония, вызванная Haemophilusinfluenza
J15	Бактериальная пневмония, не классифицированная в других рубриках
J15.0	Пневмония, вызванная Klebsiellapneumonia
J15.1	Пневмония, вызванная Pseudomonasspp
J15.2	Пневмония, вызванная Staphylococcusspp
J15.3	Пневмония, вызванная стрептококками группы В
J15.4	Пневмония, вызванная другими стрептококками
J15.5	Пневмония, вызванная Escherichiacoli
J15.6	Пневмония, вызванная другими аэробными грамотрицательными бактериями
J15.7	Пневмония, вызванная Mycoplasmapneumonia
J15.8	Другие бактериальные пневмонии
J15.9	Бактериальные пневмонии неуточненной этиологии
J16	Пневмония, вызванная возбудителями не классифицированными в других рубриках (исключены: орнитоз – А70, пневмоцистная пневмония – В59)
J16.0	Пневмония, вызванная Chlamydiaspp.
J16.8	Пневмония, вызванная другими уточненными инфекционными агентами
J17.0	Пневмония при бактериальных болезнях, классифицированных в других рубриках (пневмония при актиномикозе – А42.0, сибирской язве – А22.1, гонорее А54.8, нокардиозе – А43.0, сальмонеллезе – А022.2, туляремии – А721.2, брюшном тифе – А031, коклюше – А37)
J17.1	Пневмония при вирусных болезнях, классифицированных в других рубриках
J17.2	Пневмония при микозах
J17.8	Пневмония при других болезнях, классифицированных в других рубриках (пневмония при: орнитозе – А70, Ку-лихорадке – А78, острой ревматической лихорадке – 100, спирохитозе – А69.8)
J18	Пневмония без уточнения возбудителя
J18.0	Бронхопневмония неуточненная
J18.1	Долевая пневмония неуточненная
J18.2	Гипостатическая пневмония неуточненная
J18.8	Другая пневмония, возбудитель не уточнен
J18.9	Пневмония неуточненная

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Результаты рентгенологического исследования (рентгенограммы) пациентов с пневмонией

Рисунок Б.1 – Рентгенограмма лёгких при стафилококковой пневмонии (на рисунке видны зоны разрушения легочной ткани)

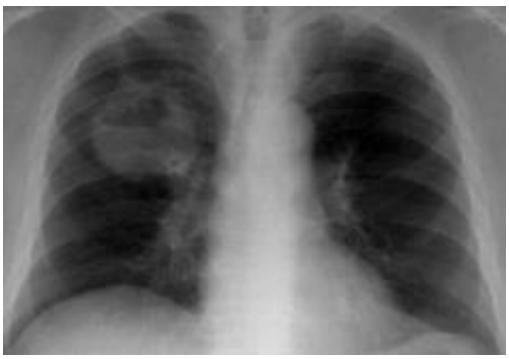


Рисунок Б.2 – Рентгенограмма лёгких при пневмонии вызванной клебсиеллой

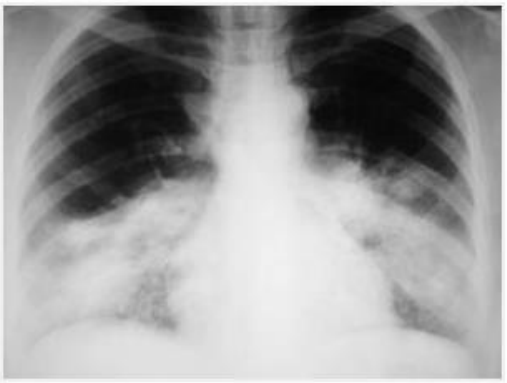


Рисунок Б.3 – Рентгенограмма лёгких при легионеллезной пневмонии

Рисунок Б.4 – Рентгенограмма лёгких при микоплазменной пневмонии

Рисунок Б.5 – Рентгенограмма лёгких при хламидийной пневмонии

Рисунок Б.6 – Рентгенограмма лёгких ребенка трех лет с характерными для шаровидной пневмонии рентгенологическими признаками

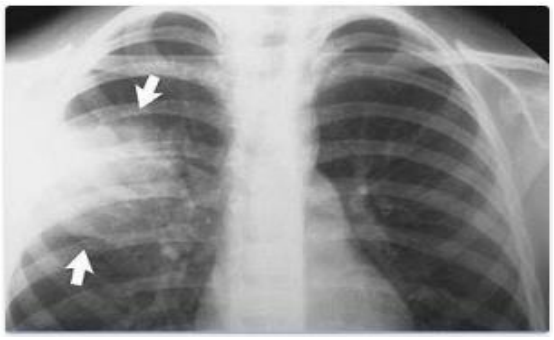


Рисунок Б.7 – Рентгенограмма лёгких при вирусной пневмонии

Рисунок Б.8 – Рентгенограмма лёгких при пневмококковой (бактериальной) пневмонии

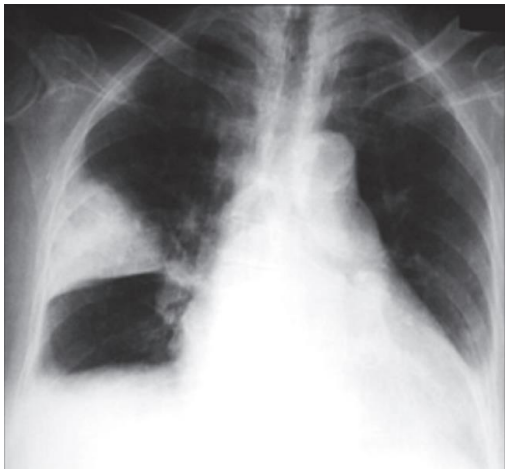


Рисунок Б.9 – Рентгенограмма лёгких при инфаркт пневмонии

ПРИЛОЖЕНИЕ В. Программное обеспечение, входящее в состав автоматизированных рабочих мест (АРМ)

Таблица В.1 — Возможности программного обеспечения входящего в состав АРМ врача рентгенолога

Функции	АРМ						
	AGFA SE Suite Standalone	«АрхиМед»	Medical Vision	ДИАРМ-МТ	ПроМед	Рентгенолог	Гамма Мультивокс Д1
Фильтрация, подчеркивание границ	-	-	+	+	-	-	-
Изменение контрастности	+	+	+	+	+	+	+
Изменение масштаба (увеличение и уменьшение)	+	+	+	+	+	+	+
Изменение яркости	+	+	+	+	+	+	+
Линейные и объемные измерения (периметр, площадь, объем)	+	+	-	-	+	-	+
Фильтрация	-	+	+	+	+	+	+
2D- и 3D- реконструкция	базовые функции 3d построения (MIP и MPR)	-	-	+	-	-	-
Выделение зон интереса и определение их числовых характеристик	-	+	+	-	-	-	+
Вычисление плотностей	-	+	-	-	-	-	-
Измерения углов	+	-	-	+	+	-	-
Измерения расстояний	+	-	+	+	+	+	+
Поддержка Dicom 3.0	+	+	+	+	+	+	+

ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Последовательность применения функций Image Processing Toolbox (IPT) для анализа цифровых рентгеновских снимков

Таблица Г.1 — Описание оптимальной последовательности применения функций IPT

№ этапа	Проводимые действия	Применяемые функции	Результат
1	Получение матрицы исследуемого изображения (ввод изображения)	imread	Извлечение искомого изображения из определенного каталога, то есть получение матрицы изображения и присвоение значений полученной матрицы определенной переменной
2	Конвертация полноцветного изображения в полутоновое (градации серого)	rgb2gray	Полутоновое изображение позволяющее значительно упростить процесс анализа изображения за счет значительного упрощения цветового спектра
3	Устранение недостаточного контрастирование структур исходного изображения	imadjus	Корректировка качества изображения
4	Создание бинарного изображения с автоматической сменой порога бианаризации	im2bw	Бинарное изображение содержащее объекты подлежащие дальнейшему анализу
5	Поиск объектов больше 11 пикселей (3 миллиметров)	strel	К дальнейшему анализу подлежат только те объекты которые соответствует определенному условию
6	Выделение границ определенного объекта (с применением метода 'canny')	edge	Бинарное изображение, содержащее объекты с выделенными границами
7	Заполнение найденных областей (объектов)	imfill	На изображении остаются только объекты отобранные ранее с выделенными границами, пространство внутри которых заполняется белым цветом
8	Устранение объектов не подходящих под определённые ранее условия путем применения операции закрытия	imopen	
9	Отбор полученных объктов по площади (данный параметр задается заранее в пределах от 3 мм до 2,5 см)	bwarea	На изображении остаётся только те объекты которые соответствуют определенной площади

Продолжение таблицы Г.1

10	Применение аргумента 'Bounding Box' функции regionprops для вычисления прямоугольника ограничивающего найденный объект с целью расчета альтернативных координат на противоположной стороне изображения (в противоположном лёгком)	regionprops(Ibw,'BoundingBox')	Помещение найденного объекта в прямоугольник с дальнейшем вычислением его координат и поиском похожей области в противоположной части лёгкого
11	Суммирование значений пикселей выделенных областей	sum	На основании суммы пикселей найденной и альтернативной области принимается решение о том, что если яркости (оптическая плотность) альтернативной больше области интереса то обнаруженный объект действительно является диагностическим признаком патологии

ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Схема алгоритма поиска признаков патологии на цифровом рентгеновском снимке лёгких

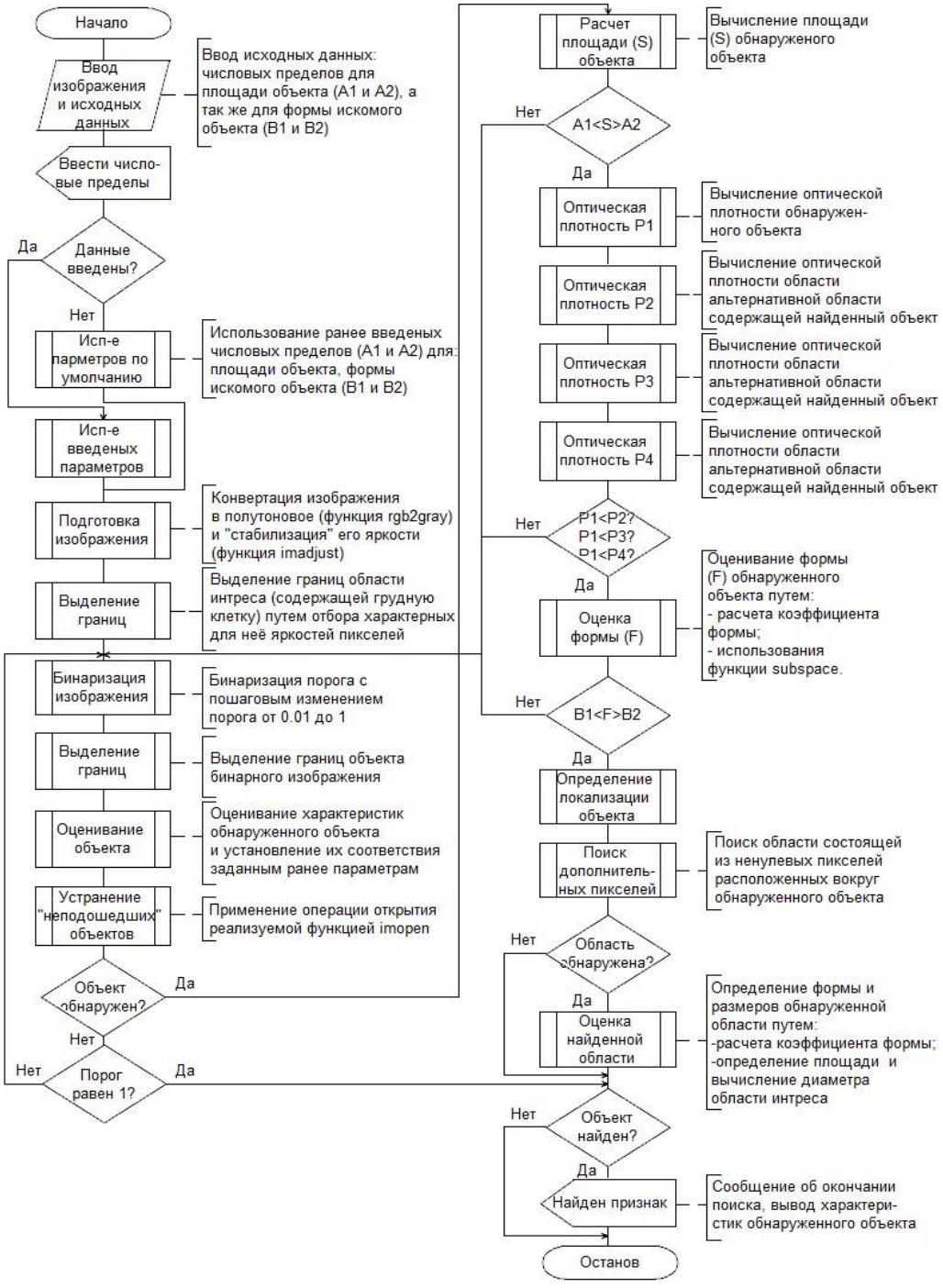


Рисунок Д.1 — Схема алгоритма поиска признаков патологии на цифровом рентгеновском снимке лёгких

ПРИЛОЖЕНИЕ Е. Схема алгоритма поиска границ области интереса

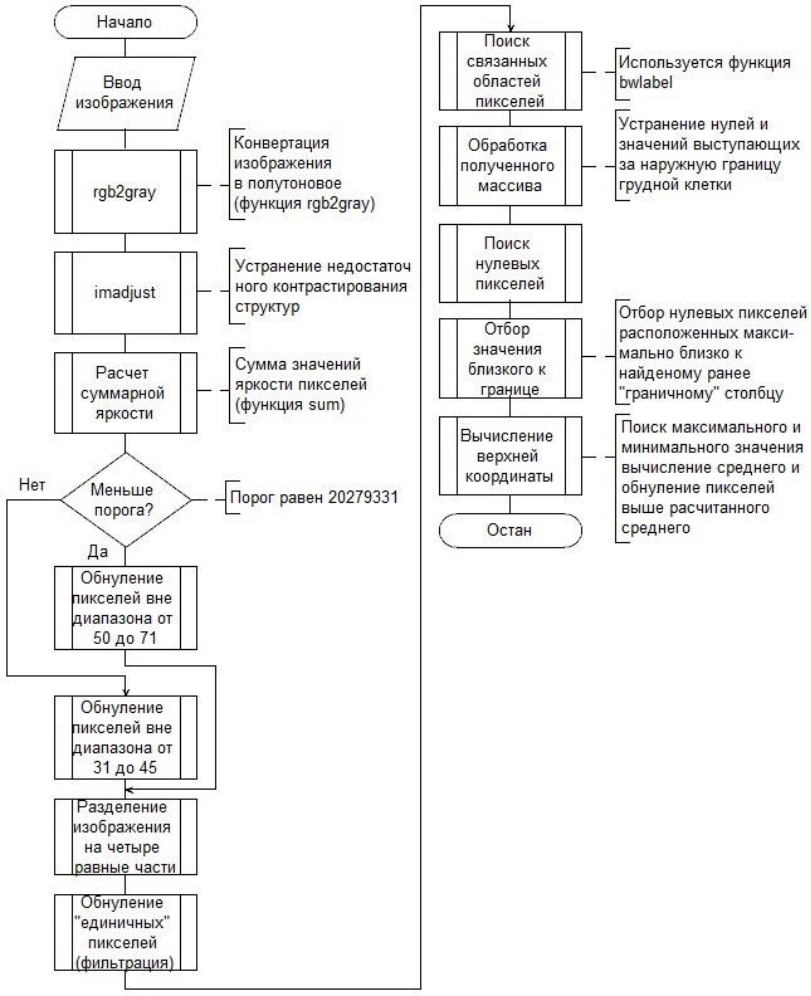


Рисунок Е.1 — Схема алгоритма поиска границ области интереса

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж. Схема алгоритма обнаружения диагностических признаков

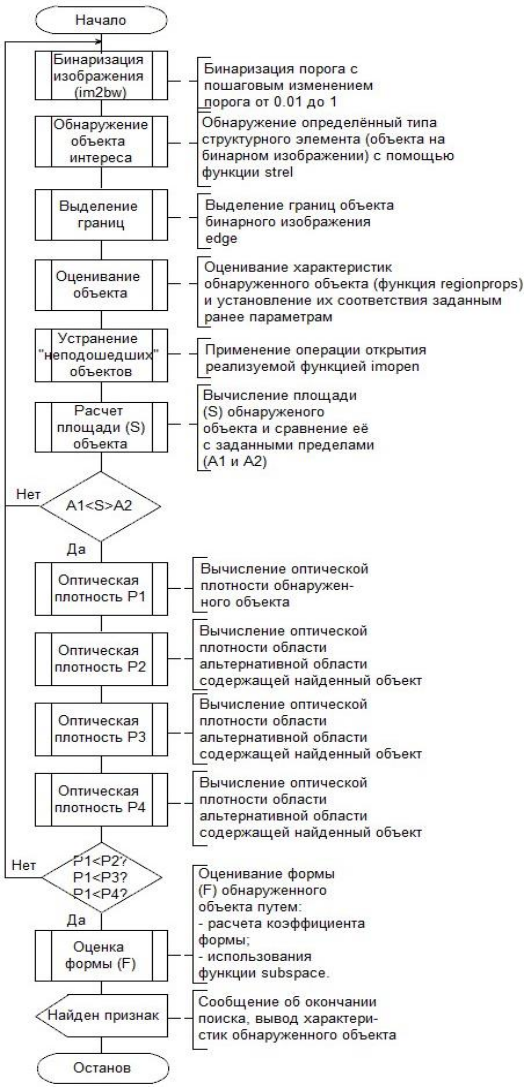


Рисунок Ж.1 – Схема алгоритма обнаружения диагностических признаков

ПРИЛОЖЕНИЕ З. Синтаксис функций пакета IMAGE Processing Toolbox программы Matlab

Таблица З.1 —Синтаксис функции imadjust[52]

Функция	Комментарий
imadjust	Данная функция создает за счет контрастирования исходного полутонового изображения позволяет создавать полутоновое изображение. Значения яркости в диапазоне [lowhigh] преобразуются в значения яркости в диапазоне [bottomtop]. Значения яркости, меньшие low, принимают значение bottom, а значения яркости, большие high, принимают значение top. Значения top, bottom, low, high должны принадлежать диапазону [0,1]. С помощью показателя gamma можно дополнительно осуществлять преобразование, называемое гамма - коррекцией.

Таблица З.2 —Синтаксис функции rgb2gray [55]

Функция	Комментарий
I=rgb2gray(RGB)	Путем преобразования R-, G-, B-составляющих пикселов полноцветного изображения в соответствующий им яркостной диапазон создает полутоновое изображение I
newmap=rgb2gray(map)	Создает палитру newmap, состоящую из значений яркости (градаций серого), полученных преобразованием R-, G-, B-составляющих цветов исходной палитры map.

Таблица З.3 —Синтаксис функции bwlabel[56]

Функция	Комментарий
L=bwlabel(BW, n)	Осуществляет поиск на бинарном изображении BW связные области пикселов и создает матрицу L. Объекты нумеруются по порядку начиная с 1. Параметр n указывает критерий связности, используемый для нахождения связных областей - объектов. Параметр n может принимать значения 4 или 8
[L, num]=bwlabel(BW, n)	Параметр num возвращает количество объектов, найденных на изображении BW

Таблица 3.4 —Синтаксис функции im2bw [57]

Функция	Комментарий
BW=im2bw(S, threshold)	Используется для создания бинарного изображения, путем отсечения по порогу яркости. Пикселы результирующего бинарного изображения BW принимают значения 0 (черный цвет), если яркость соответствующих пикселов исходного изображения меньше порога threshold, и значения 1 (белый цвет), если яркость соответствующих пикселов исходного изображения больше либо равна threshold. Порог threshold должен задаваться в диапазоне [0, 1]. Часто данную операцию называют бинаризацией по порогу

Таблица 3.5 — Синтаксис функции edge [58]

Функция	Комментарий
edge(I, 'canny', thresh)	Позволяет проводить определение границ методом Канни, основанном на поиске участков с перепадами яркости. Данный метод лучше всего обнаруживает границы на зашумленных изображениях, но требует большего времени, чем остальные методы функции edge

Таблица 3.6 — Синтаксис функции strel [59]

Функция	Комментарий
ZE=strel(shape, parameters)	Создает структурный элемент ZE, с описанным в параметре shape типом. Типы поддерживаемых форм структурных элементов могут быть различны. В зависимости от параметра формы shape, структурный элемент strel может иметь ряд дополнительных параметров

Таблица 3.7 — Формы структурного элемента для функции strel[59]

Тип формы	Комментарий
Плоские структурные элементы	
strel('pair', OFFSET)	Структурный элемент, состоящий из двух частей. Одна часть расположена в центре.
strel('diamond', R)	Ромбообразный структурный элемент, где R описывает расстояние от центра структурного элемента до точки ромба.
strel('disk', R)	Дискообразные структурные элементы, где параметр R описывает радиус
strel('periodicline', P, V)	Структурный элемент, состоящий из 2*P+1 частей, V является двухэлементным вектором содержащим целочисленные значения строк и столбцов структурного элемента

Продолжение таблицы 3.7

strel('rectangle', MN)	Прямоугольный структурный элемент, где параметр MN описывает его размер.
strel('line', LEN, DEG)	Плоский линейный структурный элемент, где параметр LEN описывает длину, а параметр DEG описывает угол (в градусах) линии
strel('square', W)	Структурные элементы в виде квадрата, размеры которого задаются параметром W
strel('octagon', R)	Восьмиугольные структурные элементы, где R описывает расстояние между центром структурного элемента и стороной восьмиугольника
Неплоские структурные элементы	
strel('ball', R, H, N)	"Шарообразные" (точнее эллипсообразные) структурные элементы с радиусом R в плоскости X-Y и высотой H

Таблица 3.8 — Синтаксис функции imfill [60]

Формы структурного элемента	Комментарий
imfill(WB, LOCATIONS)	Осуществляетоперацию заливки фоновыми пикселами исходного изображения начиная из точек, определенных параметром LOCATIONS (WB– бинарное изображение). Для решения задачи обнаружение объекта округлой формы больше подходит параметр 'holes'
imfill(WB, 'holes')	Заполняет отверстия на исходном бинарном изображении (WB – бинарное изображение)

Таблица 3.9 — Синтаксис функций imopen и bwarea [61]

Функция	Комментарий
imopen(er, we)	Осуществляет морфологическую операцию открытия бинарного изображения erc структурным элементом we. Аргумент we должен быть единичным структурным элементом объекта, противоположным массиву объектов
bwarea(er)	Вычисляет суммарную площадь всех объектов на бинарном изображении er. Площадь приблизительно соответствует числу пикселов объектов на изображении

Таблица 3.10 — Синтаксис функции regionprops [53]

Функция	Комментарий
STATS=regionprops(L, properties)	Производит измерение целого набора различных характеристик области, отмеченной в матрице меток L. STATS представляется структурой в виде массива длиной max(L(:)).

Продолжение таблицы 3.10

Функция	Комментарий
STATS=regionprops(L, properties)	Поля структурного массива обозначают различные измерения для каждой области и определяют их характеристики. В свою очередь характеристики могут быть перечислены в виде строки, ячейка массива содержит строку единиц, строку 'all' или 'basic'

Таблица 3.11 — Характеристик получаемых с помощью функции regionprops[53]

Функция	Комментарий
Area	Число пикселей в обозначенной области. (Это значение может немного отличаться от значения, выдаваемого функцией bwarea.)
Centroid	Центр масс области. Первым элементом данной характеристики является горизонтальная координата, а вторым элементом является вертикальная координата
BoundingBox	Минимальный прямоугольник, вмещающий рассматриваемую локальную область. BoundingBox является вектором [ul_cornerwidth], где ul_corner представляется вформе [x y z ...] и описывает верхний-левый угол ограничивающего прямоугольника; width представляется в форме [x_widthy_width ...] и определяет ширину вдоль каждой размерности
Eccentricity	Эксцентриситет эллипса. Это отношение расстояний между большой осью эллипса и фокусом
Orientation	Угол (положение) между максимальной осью эллипса и x-осью
Image	Бинарное изображение, размеры которого совпадают с размерами прямоугольника, ограничивающего область
FilledImage	Бинарное изображение, размеры которого совпадают с размерами прямоугольника, ограничивающего область
FilledArea	Полное число пикселей в FilledImage
ConvexHull	Выпуклый многоугольник, вмещающий рассматриваемую область. Каждая строка матрицы содержит x- и y-координаты одной вершины многоугольника
EulerNumber	Число объектов в области минус число отверстий
Extrema	Экстремальные точки в области
EquivDiameter	Диаметр окружности, площадь которой эквивалентна площади рассматриваемой области. Вычисляется как sqrt(4*Area/pi)
Solidity	Коэффициент выпуклости, равен отношению площади объекта к площади ограничивающего многоугольника. Вычисляется как Area/ConvexArea

Продолжение таблицы 3.11

Функция	Комментарий
Extent	Коэффициент заполнения - равен отношению площади объекта к площади ограничивающего прямоугольника. Вычисляется как Area/(width*height)

Таблица 3.12 — Синтаксис функцииsubspace[62]

Функция	Комментарий
x = subspace(C, D)	Расчет угла между подпространствами, натянутыми на столбцы матриц C и D, если Си Dявляются векторами единичной длины, то расчет угла осуществляется между двумя векторами x = acos(c * d)

ПРИЛОЖЕНИЕ И. Текст программно-методического комплекса поиска и распознавания патологических образований на цифровом рентгеновском снимке легких

Таблица И.1 — Применение функций imadjust и rgb2gray, и поиск центральной строки и столбца исследуемого изображения

Функция	Комментарий
[FileName, PathName] = uigetfile({'*.tif','*.jpg'}); if FileName~=0 FullName = [PathName FileName]; handles.pict= imread(FullName); end	Ввод исходного изображения и передача его матрицы переменной handles.pict
img = handles.pict; t_img = imadjust (rgb2gray(img)); I=t_img;	Перевод исходного изображения в полутоновое и стабилизация его яркости с помощью функции imadjust. В результате получается полутоновое изображение (I)
ors=size(I); cen_sa=ors(1,1)/2; cen_sa=fix(cen_sa); cen_sc=ors(1,2)/2; cen_sc=fix(cen_sc);	Вычисление количества строк и столбцов исходного изображения с помощью функции size (переменная ors). Вычисление центральной строки (cen_sa) и центрального столбца (cen_sc)

Таблица И.2 — Текст программы вычисления яркости изображения, определения диапазона граничных пикселей и обнуление тех пикселей, яркость которых в данный диапазон не попадет

Функция	Комментарий
fim=I;	Передача матрицы исходного изображения переменной fim
porog=sum(fim);	Суммирование значений пикселей всех строк исходного изображения и передача полученного значения переменной porog
porog=porog';	Конвертирование столбца содержащего сумму пикселей всех строк исходного изображения в вектор строку
porog=sum(porog);	Получение с помощью функции sum искомого значения яркости
if porog>20279331 z_pr1=50; z_pr2=71; else z_pr1=31; z_pr2=45; end	Принятие решения касательно яркости изображения. Так если рассчитанное значение будет меньше порогового значения, то в таком случае будут обнулены пиксели яркость которых не относится к диапазону 50 – 71. Если же рассчитанное значение будет больше порогового значения, то будут обнулены пиксели яркость которых не относится к диапазону 31 – 45.

Продолжение таблицы И.2

Функция	Комментарий

for i1=1:1:ors(1,1)
for i2=1:1:ors(1,2)
xc1=fim(i1,i2);
if xc1<z_pr1
fim(i1,i2)=0;
end
if xc1>z_pr2
fim(i1,i2)=0;
end
end
end
	Обнуление пикселей, яркость которых не принадлежит ни одному из порогов

Таблица И.3 — Разделение анализируемого изображения на четыре равные части с обнуление пикселей располагающихся за пределами каждой из частей

Функция	Комментарий
Y_L1=fim;	Передача матрицы изображения содержащего только пиксели значения, которых вошли в выбранный диапазон
pum1=cen_sc-20;	Производится операция вычитания из центрального значения 20 пикселей с учетом того, что изображение может быть немного смещено сторону
for Zu3=pum1:1:ors(1,2) Y_L1(:,Zu3)=0; end	Обнуление пикселей расположенных в правой части исследуемого изображения (выделение левой половины грудной клетки)

kor_L=cen_sc/2;
kor_L=fix(kor_L);
kor_L=kor_L+1;
	Вычисление координат столбца разделяющего полученную левую половину грудной клетки на две равные части

Y_L2=Y_L1; for Zu6=kor_L:1:cen_sc Y_L2(:,Zu6)=0; end	Обнуление пикселей расположенных за пределами вычисленной координаты (то есть тех пикселей, координаты которых находятся за пределами вновь вычисленной координаты делящей полученную левую половину грудной клетки на две части)
Вычисления для правой половины изображения (то есть той, которая содержит левое лёгкое) альтернативные выше описанным в данной таблице действиям	

Таблица И.4 — Текст программы фильтрации исследуемого изображения

Функция	Комментарий
for gz=1:1:2	Создание цикла позволяющего произвести последовательный анализ правой и левой части грудной клетки

Продолжение таблицы И.4

Функция	Комментарий
Y_P3=[]; dq=[]; ef1=[]; ef2=[]; ef3=[]; ef4=[]; ef5=[]; ef6=[]; ef7=[]; fi1=[]; fi2=[]; fi3=[]; fi4=[]; fi5=[]; fi6=[]; fi7=[];	Создание необходимых для расчетов переменных
if gz==1 Y_P3=Y_L2; Y_P3(:,1)=0; yo1=2; end	Выбор правой половины грудной клетки для анализа
if gz==2 Y_P3=Y_P2; yo1=kor_P; end	Выбор левой половины грудной клетки для анализа
[Y_P3 num]=bwlabel(Y_P3,8); for pod1=1:1:ors(1,1) for pod2=1:1:ors(1,2) pod3=Y_P3(pod1,pod2); if pod3>0 Y_P3(pod1,pod2)=1; end end end	Повторное применение функции bwlabel с целью выделения связанных областей и присвоение подобным областям значения равному единице

for i1=yo1:1:ors(1,2)
ef1=Y_P3(:,i1);
for i2=1:1:ors(1,1)
ef2=ef1(i2,1);
	Последовательный выбор пикселей исследуемой части анализируемого изображения

if ef2>0	Проверка выбранного пикселя на равенство нулю. Если выбранный пиксель больше нуля то в этом случае запускается дальнейшее вычисление, в противном случае выбирается следующий пиксель

ef3=i2+1;
if ef3<=ors(1,1)
fi1=Y_P3(ef3,i1);
ef4=i2-1;
fi2=Y_P3(ef4,i1);
	Поиск нулевых пикселей выше (fi2) и ниже (fi1)выбранного пикселя

ef5=i1+1;
if ef5<=ors(1,2)
fi3=Y_P3(i2,ef5);
ef6=i1-1;
fi4=Y_P3(i2,ef6);
	Поиск нулевых пикселей справа (fi3) и слева (fi4)

fi5=Y_P3(ef4,ef6); fi6=Y_P3(ef3,ef6);	Поиск нулевых пикселей слева вверху (fi5) и справа внизу (fi8)
fi7=Y_P3(ef4,ef5); fi8=Y_P3(ef3,ef5);	Поиск нулевых пикселей справа вверху (fi7) и слева внизу (fi6)

Продолжение таблицы И.4

Функция	Комментарий
sm=fi1+ fi2+ fi3+ fi4+ fi5+ fi6+ fi7+ fi8 if sm>=1 & sm<=2 Y_P3(i2,i1)=0; end	Если все из проанализированных участков (fi1+ fi2+ fi3+ fi4+ fi5+ fi6+ fi7+ fi8) равны нулю или рассчитанное значение находится в пределах от 1 до 2 то выбранный пиксель обнуляется

if gz==1
iz_s1=Y_P3;
end
if gz==2
iz_s2=Y_P3;
end
end
	Полученная в результате матрицы изображения, лишенная единичных пикселей, передается переменной iz_s1 (при анализе правой половины грудной клетки) или iz_s2 (при анализе левой половины грудной клетки)

Таблица И.5 — Текст программы формирование массива содержащего ненулевые пиксели, представляющие собой внешнюю границу грудной клетки

Функция	Комментарий
for gz2=1:1:2	Создание цикла позволяющего произвести последовательный анализ правой и левой части грудной клетки
for i3=1:1:ors(1,1)	Запуск цикла для формирования массива со значением столбцов ненулевых пикселей путем обнаружения ненулевых пикселей в каждой строке изображения
LL=[]; eg2=[]; if gz2==1 LL=L1; end if gz2==2 LL=L2; end	Создание переменных необходимых для дальнейших вычислений и присвоение переменной LL матрицы содержащей либо правую, либо левую половину грудной клетки
for i3=1:1:ors(1,1)	Запуск цикла последовательного анализа всех отобранных значений
[eg1]=[];	Создание временного массива
[eg1(:,1) eg1(:,2)]=find(L(i3,:)>0);	Поиск во временном массиве с помощью, функции find, ненулевых пикселей и запись значений их столбцов во временный массив
if numel(eg1)>0 ai1=min(eg1(:,2)); [eg2(i3,1)]=ai1; end end	Вычисление минимального значения во временном массиве и перенос их в массив eg2 (правая половина грудной клетки)

Продолжение таблицы И.5

Функция	Комментарий
if numel(eg1)>0 ai1=max(eg1(:,2)); [eg2(i3,1)]=ai1; end end	Вычисление максимального значения во временном массиве и перенос их в массив eg2 (левая половина грудной клетки)

if gz2==1
arch_zn1=eg2;
end
if gz2==2
arch_zn2=eg2;
end
end
	Передача полученных значений переменной arch_zn1 (для правой половины грудной клетки) или arch_zn2 (для левой правой половины грудной клетки)

Таблица И.6 — Текст программы поиска границы грудной клетки по яркости пикселей её составляющих, а так же обнуления пикселей, не относящихся к границе

Функция	Комментарий
Сбор значений пикселей формирующих внешнюю границу грудной клетки	
for gz3=1:1:2	Создание цикла позволяющего произвести последовательный анализ правой и левой части грудной клетки

if gz3==1
for it1=1:1:numel(arch_zn1)
it2=arch_zn1(it1,1);
if it2>0
it3=L1(it1,it2);
[eg3(it1,1)]=it3;
end
end
end
	Сбор значений пикселей формирующих внешнюю границу правой половины грудной клетки

if gz3==2
for it1=1:1:numel(arch_zn2)
it2=arch_zn2(it1,1);
if it2>0
it3=L2(it1,it2);
[eg3(it1,1)]=it3;
end
end
end
	Сбор значений пикселей формирующих внешнюю границу левой половины грудной клетки

if gz3==1
arch_zn3=eg3;
end
if gz3==1
arch_zn4=eg3;
end
	Передача собранных значений переменной arch_zn3 (для правой половины грудной клетки) или arch_zn4 (для левой половины грудной клетки)

Продолжение таблицы И.6

Функция	Комментарий
Поиск среди отобранных значений наиболее часто встречаемого значения	
for gz4=1:1:2	Создание цикла позволяющего произвести последовательный анализ правой (gz4=1) и левой (gz4=2) части грудной клетки

eg3=[];
if gz4==1
eg3=arch_zn3;
end
if gz4==2
eg3=arch_zn4;
end
	Создание переменных необходимых для дальнейших вычислений. Выбор для анализа переменной arch_zn3 (для правой половины грудной клетки) или arch_zn4 (для левой половины грудной клетки)

[eg4]=[];
[eg5]=[];
eg4=eg3';
eg4(eg4==0)=[];
eg5=[];
eg4=eg4';
	Устранение из анализируемого массива нулевых значений

MasU=unique(eg4);
for in=1:numel(MasU)
N=find(eg4==MasU(in));
eg5=[eg5 numel(N)];
end;
MasU=MasU';
eg5=eg5';
m_zn1=max(eg5(:,1));
	Выбор из массива, содержащего значения соответствующих пикселям формирующим внешнюю границу грудной клетки, наиболее часто встречаемого значения (m_zn1)

for ok=1:1:numel(eg3)
ok1=eg3(ok,1);
if ok1>0
[eg6]=[];
[eg6(:,1)]=find(eg3(:,1)==ok1);
if numel(eg6)==m_zn1
if gz4==1
ito1=ok1;
ito1=max(ito1);
end
if gz4==2
ito2=ok1;
ito2=max(ito2);
end
end
end
	Поиск самого часто встречаемого значения яркость (полученного с помощью функции bwlabel) для внешних правой и левой половины грудной клетки

Устранение (путем обнуления) с изображения правой, а затем и левой половины грудной клетки, пикселей, яркость которых не соответствует найденному значению (ito1 и ito2)	

Продолжение таблицы И.6

Функция	Комментарий
for gz11=1:1:2 LVV1=[]; LVV2=[]; if gz11==1 LVV1=L1; LVV2=ito1; end if gz11==2 LVV1=L2; LVV2=ito2; end	Создание цикла позволяющего произвести последовательный анализ правой и левой части грудной клетки, а так же переменных, необходимых для последующих вычислений
for i5=1:1:ors(1,1) for i6=1:1:ors(1,2) ai8=LVV1(i5,i6); if ai8>LVV2 LVV1(i5,i6)=0; end	Последовательное устранение с изображения содержащего правую (LVV1), а затем и левую (LVV1) половину грудной клетки писклей яркость которых не соответствует вычисленному значению (LVV2)
if gz11==1 LV1=LVV1; end if gz11==2 LV2=LVV1; end end end end	Передача полученных значений переменной LV1 (для правой половины грудной клетки) или LV2 (для левой правой половины грудной клетки)

Таблица И.7 — Устранение нулей из массива, содержащего номер столбцов ненулевых значения каждой строки исходного изображения

Функция	Комментарий
for ik=1:1:numel(eg2) ik1=eg2(ik,1);	Последовательный (с помощью цикла) выбор значений из созданного ранее массива eg2
ik2=ik-1;	Вычисление координаты значения расположенного на строку выше в массиве eg2

if ik2>0
ik3=eg2(ik2,1);
if ik1==0
if ik3>0
eg2(ik,1)=ik3;
end
end
end
	Устранение нулей из созданного массива путем замены текущего значения (с условием если оно равно нулю) на значение расположенное на строку выше

В данной таблице представлено вычисление для правой половины грудной клетки, вычисления для левой аналогичны	

Таблица И.8 — Устранение в сформированном массиве значений отличающихся от других больше чем на определенный диапазон значений

Функция	Комментарий

for gz6=1:1:2
f=[];
if gz6==1
f=arch_zn1;
end
if gz6==2
f=arch_zn2;
end
	Создание цикла позволяющего произвести последовательный анализ правой и левой части грудной клетки, а так же переменных, необходимых для последующих вычислений

for im=1:1:numel(f)	Создание цикла (с помощью оператора for) для последовательного перебора значений массива (f) хранящего в себе номера столбцов отобранных пикселей
im1=f(im,1);	Выбор одного из значений массива (eg2)
im2=im-1;	Вычисление координаты значения предыдущей строки
if im2>0 im3=f(im2,1); if im1>0 if im3>0	Дальнейшая работа возможна только в том случае если выбранные значения больше нуля
im4=im3+5; im5=im3-3;	Создания диапазона значений путем прибавления к im3 5 и вычитанию 5

if im1>im4
f(im,1)=im3;
end
if im1<im5
f(im,1)=im3;
end
if gz6==1
fi1=f;
end
if gz6==2
fi2=f;
end
end
end
	Последовательный (с помощью цикла создаваемого применением оператора for) перебор значений из формированного массива (сначала для правой потом для левой половины грудной клетки) и сравнение каждого из выбранных значений с диапазоном. Если выбранное значение окажется меньше вышестоящего (с учетом вычитания из вышестоящего 3) или больше его (с учетом прибавления к вышестоящему 5) то в этом случае оно заменяется на вышестоящее значение

Таблица И.9 — Устранение с изображения пикселей, не имеющих отношения к внешней границе грудной клетки

Функция	Комментарий
for gz5=1:1:2 eg11=[];	Создание цикла позволяющего произвести последовательный анализ правой и левой части грудной клетки, а так же переменных, необходимых для последующих вычислений
for ib=1:1:ors(1,1) ib1=eg2(ib,1);	Запуск цикла для последовательного перебора значений из ранее созданного массива (массив eg2)

Продолжение таблицы И.9

Функция	Комментарий
if ib1>0 [eg10]=[];	Дальнейшая работа возможна только в том случае если выбранное значение больше нуля (проверка правильности проведенных ранее вычислений). Создание массива используемого в дальнейшем как промежуточный массив
for ib3=1:1:ib1 ib4=E(ib,ib3); if ib4==0 [eg10(ib3,1)]=ib3; end end	Сокращение количества столбцов в каждой строке до значений от начального столбца матрицы изображения (для правой половины грудной клетки) до ранее вычисленного столбца внутренней границы наружного контура грудной клетки или, для левой половины, от рассчитанного значения до последнего столбца матрицы изображения.

ib5=max(eg10);
eg10(eg10==ib5)=[];
ib6=max(eg10);
[eg11(ib,1)]=ib6;
end
end
for bi=1:1:numel(eg11)
bi1=eg11(bi,1);
if bi1>0
bi2=bi1+1;
eg11(bi,1)=bi2;
end
end
	Среди полученных строк отбираются нулевые пиксели и среди их координат отбирается тот столбец который ближе всего расположен к внутренней границе, то есть максимальный столбец, а все значения меньше выбранного столбца обнуляются

Расчет для половины грудной клетки, содержащей правое легкое	
if gz5==1 for ib=1:1:ors(1,1) ib1=fi1(ib,1);	Запуск цикла для последовательного перебора значений из ранее созданного массива (массив fi1 описанный в ранее)
if ib1>0 [eg10]=[];	Дальнейшая работа возможна только в том случае если выбранное значение больше нуля (проверка правильности проведенных ранее вычислений). Создание массива используемого в дальнейшем как промежуточный массив
for ib3=1:1:ib1 ib4=E1(ib,ib3); if ib4==0 [eg10(ib3,1)]=ib3; end end	Сокращение количества столбцов в каждой строке до значений от начального столбца матрицы изображения (для правой половины грудной клетки) до ранее вычисленного столбца внутренней границы наружного контура грудной клетки или, для левой половины, от рассчитанного значения до последнего столбца матрицы изображения

ib5=max(eg10);
eg10(eg10==ib5)=[];
ib6=max(eg10);
[eg11(ib,1)]=ib6;
end
	Среди полученных строк отбираются нулевые пиксели, и среди их координат отбирается тот столбец, который ближе всего расположен к внутренней границе, то есть максимальный столбец, а все значения меньше выбранного столбца обнуляются

Продолжение таблицы И.9

Функция	Комментарий

for bi=1:1:numel(eg11)
bi1=eg11(bi,1);
if bi1>0
bi2=bi1+1;
eg11(bi,1)=bi2;
end
end
	Среди полученных строк отбираются нулевые пиксели, и среди их координат отбирается тот столбец, который ближе всего расположен к внутренней границе, то есть максимальный столбец, а все значения меньше выбранного столбца обнуляются

V1=E1; ge1=eg11;	Присвоение полученных значений переменным V1 и ge1 (для правого легкого) и V2 и ge2 (для левого легкого)
Расчет для половины грудной клетки, содержащей левое легкое, аналогичен выше описанному, за исключением одного этапа представленного ниже	

ib5=min(eg10);
eg10(eg10==ib5)=[];
ib6=min(eg10);
if ib6==0
[eg111(ib,1)]=ib3;
end
if ib6>0
[eg111(ib,1)]=ib6;
end
end
for ib5=2:1:ors(1,1)
ib6=eg111(ib5,1);
if ib6==0
ib7=ib5-1;
ib8=eg111(ib7,1);
if ib7>0
eg111(ib5,1)=ib8;
end
end
end
	Среди полученных строк отбираются нулевые пиксели, и среди их координат отбирается тот столбец, который ближе всего расположен к внутренней границе, то есть минимальный столбец, а все значения больше выбранного столбца обнуляются

Таблица И.10 — Выделение границ верхней части наружной границы грудной клетки

Функция	Комментарий
Y_L3=Y_L1;	Передача значений ненулевых пикселей соответствующих границам левого легкого переменной Y_L3
for Zuu6=1:1:kor_L Y_L3(:,Zuu6)=0; end	Обнуление области между началом изображения и координатой делящей левое лёгкое пополам (kor_L)
Y_L4=Y_L3; for Zuu7=cen_sa:1:ors(1,1) Y_L4(Zuu7,:)=0; end	Обнуление значений пикселей расположенных ниже центральной строки (cen_sa) с целью разделения полученной ранее области на две части

Продолжение таблицы И.10

Функция	Комментарий

shir1=cen_sc-kor_L; shir1=fix(shir1);
shir2=shir1/2; shir2=fix(shir2);
shir3=kor_L+shir2;
	Вычисление столбца отражающего середину внутренней части левого легкого

[v_g2]=[];	Создание пустого массива для дальнейших вычислений

for Zuu8=kor_L:1:shir3
[v_g1]=[];
v_g1_ma=[];
[v_g1(:,1)
v_g1(:,2)]=find(Y_L4(:,Zuu8)>0);
v_g1_ma=min(v_g1(:,1));
if v_g1_ma>0
ert1=size(v_g2);
ert2=ert1(1,1)+1;
[v_g2(ert2,1)]=v_g1_ma(1,1);
end
end
	Поиск внутри выделенной половины внутренней части левого лёгкого пикселей значения, которых больше нуля и запись их в массив v_g2

ver_ma1=max(v_g2);	Поиск пикселя максимально близко расположенного к верхнему краю изображения (максимальное значение)
ver_mi1=min(v_g2);	Поиск пикселя максимально удаленного от верхнего края изображения (минимальное значение)
ver_sr1=(ver_ma1+ver_mi1)/2; ver_sr1=fix(ver_sr1);	Поиск среднего значения между максимальным и минимальными значениями вычисленными ранее

for Zu4=1:1:pum2
Y_P1(:,Zu4)=0;
end
Y_P3=Y_P1;
for Zuu9=kor_P:1:ors(1,2)
Y_P3(:,Zuu9)=0;
end
Y_P4=Y_P3;
for Zuu10=cen_sa:1:ors(1,1)
Y_P4(Zuu10,:)=0;
end
shir4=kor_P-cen_sc; shir4=fix(shir4);
shir5=shir4/2; shir5=fix(shir5);
shir6=kor_P-shir5;
[v_g4]=[];
for Zuu11=kor_P:-1:shir6
[v_g3]=[];
	Аналогичные описанным выше вычислениям расчеты для правой стороны. Поиск внутри выделенной половины внутренней части правого лёгкого пикселей значения, которых больше нуля и запись их в массив v_g4

Продолжение таблицы И.10

Функция	Комментарий

v_g3_ma=[];
[v_g3(:,1)
v_g3(:,2)]=find(Y_P4(:,Zuu11)>0);
v_g3_ma=min(v_g3(:,1));
if v_g3_ma>0
ert1=size(v_g4);
ert2=ert1(1,1)+1;
[v_g4(ert2,1)]=v_g3_ma(1,1);
end
end
ver_ma2=max(v_g4);
ver_mi2=min(v_g4);
ver_sr2=(ver_ma2+ver_mi2)/2;
ver_sr2=fix(ver_sr2);
	Аналогичные описанным выше вычислениям расчеты для правой стороны. Поиск внутри выделенной половины внутренней части правого лёгкого пикселей значения, которых больше нуля и запись их в массив v_g4

Таблица И.11 — Выделение границ грудной клетки

Функция	Комментарий
II7=I;	Передача матрицы исходного изображения переменной II7

[arch_ver_sr(1,1)]=ver_sr1;
[arch_ver_sr(2,1)]=ver_sr2;
ver_sr3=min(arch_ver_sr);
for nul1=1:1:ver_sr3
II7(nul1,:)=0;
end
for bn1=1:1:ma_ver2
for bn2=1:1:ma_ver1
II7(bn1,bn2)=0;
end
end
V=II7;
for ni=1:1:ors(1,1)
ni1=eg11(ni,1);
if ni1>0
for ni2=1:1:ni1
V(ni,ni2)=0;
end
end
end
	Обнуление, на исходном изображении (I), значений пикселей находящихся за пределами вычисленных ранее границ. Аналогичные действия производятся и для правого легкого

Таблица И.12 — Пороговая бинаризация и обнаружение объектов представляющих диагностический интерес

Функция	Комментарий
Y_I2=Y_I1;	Передача матрицы изображения содержащего грудную клетку с выделенными границами (Y_I1) переменной (Y_I2)

Продолжение таблицы И.12

Функция	Комментарий
for level = 0.01:0.01:1.00	Запуск цикла, с помощью которого происходит смена значений порога бинаризации (level)
BW=im2bw(Y_I2,level);	Пороговая бинаризация изображения
se = strel('disk',11);	Поиск объектов дисковидной формы больше 11 пикселей (3 миллиметров)
EEE = edge(BW,'canny');	Выделение границ найденного объекта, используя метод Канни
EEE = imfill(EEE,'holes');	Заполнение полученных объектов
EEE = imopen(EEE, se);	Операция открытия, применяемая для удаления «неподходящих объектов»
S=bwarea(Ibw);	Измерение площади объектов подошедших под описанные условия
if S>=10.9393& S<=91.9393 или (в случае ручного ввода) if S>= rP1& S<= rP2	Проверка соответствия площади обнаруженного объекта определённым числовым пределам (от 3 миллиметров до 3 сантиметров), которые могут быть заданы и вручную (с помощью переменных rP1 и rP2)
stC=regionprops(EEE,'BoundingBox','Centroid','Solidity','Extent');	Определение координат прямоугольника ограничивающего область, содержащую найденный объект, координат центра найденного объекта, а так же расчет коэффициентов формы (Solidity и Extent)

ch_stC=numel(stC(:,1));
for o1=1:1:ch_stC
c_o=getfield(stC, {o1}, 'Centroid');
c_o1=c_o(1,1);
	В случае обнаружения нескольких объектов производится проверка их принадлежности к легочным полям через вычисление координат их центра и оценки отношения этих координат к ранее полученным координатам внутренних границ легких

ch_stC=numel(stC(:,1));
for o1=1:1:ch_stC
c_o=getfield(stC, {o1}, 'Centroid');
c_o1=c_o(1,1);
c_o1=fix(c_o1);
if c_o1>=mo_avL & c_o1<=mo_avP
else
[c_o2(o1,1)]=fix(c_o(1,1));
[c_o2(o1,2)]=fix(c_o(1,2));
c_o3=getfield(stC, {o1}, 'BoundingBox');
[c_o4(o1,1)]=fix(c_o3(1,1));
[c_o4(o1,2)]=fix(c_o3(1,2));
[c_o4(o1,3)]=fix(c_o3(1,3));
[c_o4(o1,4)]=fix(c_o3(1,4));
c_o5=getfield(stC, {o1}, 'Solidity');
[c_o6(o1,1)]=c_o5(1,1);
c_o51=getfield(stC, {o1}, 'Extent');
	При установлении соответствия обнаруженных объектов легочным полям производится определение для них координат прямоугольника ограничивающего область, содержащую найденный объект, расчет коэффициентов формы (Solidity, Extent)

Продолжение таблицы И.12

Функция	Комментарий
[c_o6(o1,2)]=c_o51(1,1); c_o52=getfield(stC, {o1}, 'Eccentricity'); [c_o6(o1,3)]=c_o52(1,1); c_o7=getfield(stC, {o1}, 'Centroid'); [c_o8(o1,1)]=fix(c_o7(1,2)); [c_o8(o1,2)]=fix(c_o7(1,1)); c_o9=getfield(stC, {o1}, 'EquivDiameter'); [c_o10(o1,1)]=c_o9(1,1); c_o11=getfield(stC, {o1}, 'Area'); [c_o12(o1,1)]=c_o11(1,1); end end end end	При установлении соответствия обнаруженных объектов легочным полям производится определение для них координат центра найденного объекта, а так же расчет коэффициентов формы (Eccentricity), диаметра найденного объекта, а так же его площади

Таблица И.13 — Текст программы оценивания оптической плотности определённых областей

Функция	Комментарий
for kj1=1:1:numel(c_o4(:,1))	Запуск цикла позволяющего оценить все найденные объекты
cen1=c_o2(kj1,1); if cen1(1,1)<cen_sc	Определение координат центра объекта и определение того легкого в котором располагается найденный объект
Обнаруженный объект расположен слева	

lsa1=c_o4(kj1,2); lsa1=fix(lsa1);
lsc1=c_o4(kj1,1); lsc1=fix(lsc1
shi1=c_o4(kj1,3); shi1=fix(shi1);
vis1=c_o4(kj1,4); vis1=fix(vis1);
	Определение координат области (прямоугольника) ограничивающей обнаруженный объект

rect1=[lsc1 lsa1 shi1 vis1]; Demo1=imcrop(Y_I3, rect1);	Осуществления выделения («вырезки») области ограничивающей обнаруженный объект с использованием ранее вычисленных координат
E1=sum(Demo1,2); Cv1=sum(E1);	Расчет суммарной яркости области содержащей обнаруженный объект (оптической плотности)
tol1=mo_avL-lsc1;	Если объект расположен слева, то определяется расстояние от левой внутренней границы до левого верхнего угла прямоугольника ограничивающего выбранный объект

lsa1_1=lsa1-(vis1+3);lsc1_1=lsc1;
shi1_1=shi1;vis1_1=vis1;
rect2=[lsc1_1 lsa1_1 shi1_1 vis1_1];
Demo2=imcrop(Y_I3, rect2);
	Осуществление описанных ранее действий для области расположенной выше области содержащей обнаруженный объект

Продолжение таблицы И.13

Функция	Комментарий
При локализации объекта справа расчет аналогичен представленному выше	
E2=sum(Demo2); Cv2=sum(E2); end	Осуществление описанных ранее действий для области расположенной выше области содержащей обнаруженный объект

if uyt1==1
lsc2=mo_avP+tol1;
lsa2=lsa1;
shi2=shi1;
vis2=vis1;
rect1=[lsc2 lsa2 shi2 vis2];
Demo1=imcrop(Y_I3, rect1);
	Определение координат области (прямоугольника) ограничивающей область, являющуюся альтернативной области ограничивающей обнаруженный объект

E1=sum(Demo1); Cv3=sum(E1);	Расчет суммарной яркости альтернативной области (оптической плотности)

lsc2_1=lsc2-(vis2+3);
lsa2_1=lsa1; shi2_1=shi1;
vis2_1=vis1;
rect1=[lsc2_1 lsa2_1 shi2_1
vis2_1];
Demo1=imcrop(Y_I3, rect1);
E1=sum(Demo1); Cv4=sum(E1);
	Осуществление описанных ранее действий для области расположенной выше области альтернативной области содержащей обнаруженный объект

ZXC1=0; ZXC2=0; ZXC3=0; if Cv1<Cv2 ZXC1=1; end if Cv1<Cv3 ZXC2=1; end if Cv1<Cv4 ZXC3=1; end	Сравнение яркостей найденного объекта (Cv1) и альтернативных областей (Cv2, Cv3, Cv3). Если область, содержащая обнаруженный объект имеет оптическую плотность меньше, чем альтернативная ей область то переменной ZXC присваивается единица
ZXC=ZXC1+ZXC2+ZXC3; if ZXC>=2 & ZXC<=3 uca{kj1}='Объект уникален'; end	Если суммарное количество областей (ZXC) находится в пределах от 2 до 3 то это говорит о том, что обнаруженный объект по оптической плотности отличается от 2 или 3 альтернативных областей (то есть он «уникален»). Если суммарное количество областей (ZXC) меньше 2, то это говорит о неправильном выборе объекта

Таблица И.14 — Текст программы определения коэффициента формы

Функция	Комментарий
Вычисленные ранее коэффициенты формы (Solidity и Extent) сохранены в массиве c_o6	
prc=numel(c_o6(:,1));	Определение количества обнаруженных объектов
for pi1=1:1:prc kvad=0; kru=0;	Запуск цикла позволяющего последовательно проанализировать все обнаруженные объекты

Продолжение таблицы И.14

Функция	Комментарий
So=c_o6(pi1,1); for i=1:1:18 if So==KElips(i,1) El_So=i;	Определение коэффициента форма с помощью характеристики Solidity и сравнение полученного значения с ранее рассчитанными значениями коэффициента формы для различных фигур

if So==KKrug(i,1)
K_So=i;
kru=1;
end
if So==KMnogo(i,1)
M_So=i;
end
if So==KTreug(i,1)
T_So=i;
end
if So==KKvadr(i,1)
KV_So=i;
kvadr=1;
end
end
	Определение коэффициента форма с помощью характеристики Solidity и сравнение полученного значения с ранее рассчитанными значениями коэффициента формы для различных геометрических фигур

Ex=c_o6(pi1,2); for i=1:1:18 if Ex==KElips(i,2) El_Ex=i; end if Ex==KKrug(i,2) K_Ex=i; kru=1; end if Ex==KMnogo(i,2) M_Ex=i; End if Ex==KTreug(i,2) T_Ex=i; end	Определение коэффициента форма с помощью характеристики Extent и сравнение полученного значения с ранее рассчитанными значениями коэффициента формы для различных геометрических фигур
if Ex==KKvadr(i,2) KV_Ex=i; kvadr=1; end end	Определение коэффициента форма с помощью характеристики Extent и сравнение полученного значения с ранее рассчитанными значениями коэффициента формы для различных геометрических фигур
% Элипс if El_So~=0 csa{pi1}='Элипс'; end if El_Ex~=0 csa{pi1}='Элипс'; end if El_Ecc~=0 csa{pi1}='Элипс';	Вывод результатов на экран и передача информации о вычисленной форме, переменной csa, при условии обнаружения соответствия рассчитанного значения коэффициента формы табличному (то есть вычисленному ранее)

Продолжение таблицы И.14

Функция	Комментарий

end
% Круг
if K_So~=0
csa{pi1}='Округлая форма';
kru=1; end
if K_Ex~=0
csa{pi1}='Округлая форма';
kru=1;
end
if K_Ecc~=0
csa{pi1}='Округлая форма';
end
% Многоугольник
if M_So~=0
csa{pi1}='Многоугольник';
end
if M_Ex~=0
csa{pi1}='Многоугольник';
end
if M_Ecc~=0
csa{pi1}='Многоугольник';
end
% Треугольник
if T_So~=0
csa{pi1}='Треугольник';
end
if T_Ex~=0
csa{pi1}='Треугольник';
end
if T_Ecc~=0
csa{pi1}='Треугольник';
end
% Квадрат
if KV_So~=0
csa{pi1}='Квадрат';
kvad=1;
end
if KV_Ex~=0
csa{pi1}='Квадрат';
kvad=1;
end
	Вывод результатов на экран и передача информации о вычисленной форме, переменной csa, при условии обнаружения соответствия рассчитанного значения коэффициента формы табличному (то есть вычисленному ранее)

Таблица И.15 — Текст программы определения формы с помощью функции subspace

Функция	Комментарий
if kru~=0 & kvad~=0	Начальное условие, позволяющее производить дальнейшие вычисления только при наличии предположения о наличии у объекта как округлой так и квадратной формы
RET1=feats.Centroid(1,2); RET1=fix(RET1); RET2=feats.Centroid(1,1); RET2=fix(RET2);	Вычисление у найденного объекта центра (то есть центральной строки и столбца) с помощью функции regionprops
Вычисление для верхнего правого участка найденного объекта	
RET3=RET2-1 RET4=RET1+1;	Сдвиг на один столбец влево и на один столбец вниз, чтобы не задеть границу области
RET5=size(III_II); ZZ=III_II;	Определение количества строк и столбцов исходного изображения и передача матрицы исходного изображения переменной ZZ
for it=1:1:RET3 ZZ(:,it)=0; end for ti=RET4:1:RET5(1,1) ZZ(ti,:)=0; end	Обнуление всех пикселей за пределами центральной строки и столбца рассчитанных ранее

[no1(:,1) no1(:,2)]=find(ZZ>0);
no2=no1(:,1);
no3=unique(no2);
no4=no1(:,2);
no5=unique(no4);
%no3(:,2)=no5;
no6=size(no3);
for fo=1:1:no6(1,1)
ZNACH=nnz(ZZ(no3(fo,1),:));
no3(fo,3)=ZNACH;
end
MAXI=max(no3(:,3));
MINI=min(no3(:,3));
	Определение максимальной и минимальной координаты обнаруженных ранее ненулевых пикселей и расчет среди них пикселя расположенного на максимальном и минимальном расстоянии от найденного центрального столбца (RET2)

Sr_ZNACH1=size(no3(:,3)); Sr_ZNACH2=sum(no3(:,3))/Sr_ZNACH1(1,1); Sr_ZNACH3=fix(Sr_ZNACH2);	Расчет среднего значения с помощью рассчитанного ранее максимального и минимального значений

Продолжение таблицы И.15

Функция	Комментарий

no7=[];
[no7(:,1)
no7(:,2)]=find(no3(:,3)==MINI);
no8(1,:)=no7(1,:);
no9(1,1)=no3((no7(1,1)),1);
x_x1=find(no1(:,1)==no9(1,1));
x_x2=max(x_x1);
x_x3=no1((x_x2(1,1)),:);
	Вычисление координат рассчитанных максимального, минимального и среднего значения. Данные координаты необходимы для построения векторов (линий) используемых для дальнейших расчетов

no7=[];
[no7(:,1)
no7(:,2)]=find(no3(:,3)==MAXI);
no8(2,:)=no7(1,:);
no9(2,1)=no3((no7(1,1)),1);
y_y1=find(no1(:,1)==no9(2,1));
y_y2=max(y_y1);
y_y3=no1((y_y2(1,1)),:);
no7=[];
[no7(:,1)no7(:,2)]=find(no3(:,3)==Sr_ZNACH3);
no8(3,:)=no7(1,:);
no9(3,1)=no3((no7(1,1)),1);
z_z1=find(no1(:,1)==no9(3,1));
z_z2=max(z_z1);
z_z3=no1((z_z2(1,1)),:);
	Вычисление координат рассчитанных максимального, минимального и среднего значения. Данные координаты необходимы для построения векторов (линий) используемых для дальнейших расчетов

tch1=[y_y3(1,1)-x_x3(1,1);y_y3(1,2)-x_x3(1,2)]; tch2=[y_y3(1,1)-z_z3(1,1);y_y3(1,2)-z_z3(1,2)];	Вычисленные координаты максимального, минимального и среднего значения
angle1=subspace(tch1,tch2);	Расчет угла между построенными векторами с помощью функции subspace

if angle1<0.6202
%'Круг'
exi1=1;
else
%'Квадрат'
exi1=2;
end
	Сравнение рассчитанного угла с пороговым значением. Превышение порога в 0.6202 говорит о квадратной форме объекта, а значения ниже порога говорит о круглой форме объекта

Представленный выше расчет позволяет произвести вычисления для верхней правой части обнаруженного объекта, расчет для нижней левой части аналогичен выше описанному выше, в данной таблице	
d_exi=exi1+exi2; if d_exi==2 'Круг' End if d_exi==3	Определение формы найденного объекта, путем суммирования переменных exi1 и exi2 и оценке полученного результата

Продолжение таблицы И.15

Функция	Комментарий
'Неопределенная форма (предположительно округлая)' end if d_exi==4 'Квадрат ' end	Определение формы найденного объекта, путем суммирования переменных exi1 и exi2 и оценке полученного результата

Таблица И.16 — Текст программы поиска взаимосвязи между обнаруженными объектами

Функция	Комментарий
for tiu1=1:1:numel(c_o4(:,1))	Запуск цикла позволяющего последовательно анализировать все найденные объекты
hnl1=c_o4(iyp,2); hnl2=c_o4(iyp,1);	Извлечение координат левого верхнего угла из полученного ранее массива значений, содержащего характеристики обнаруженных объектов

fgh1=fim2(:,hnl2);
for tiu2=hnl1:-1:5
iz1=fgh1(tiu2,1);
if iz1==0
tiu3=tiu2-1;
iz2=fgh1(tiu3,1);
if iz2==0
tiu4=tiu3-1;
iz3=fgh1(tiu4,1);
if iz3==0
tiu5=tiu4-1;
iz4=fgh1(tiu5,1);
if iz4==0
tiu6=tiu5-1;
iz5=fgh1(tiu6,1);
if iz5==0
tiu7=tiu6-1;
iz6=fgh1(tiu7,1);
if iz6==0
[tij1(tiu1,1)]=tiu7;
break
end
end
end
end
end
end
end
end
	Поиск верхней границы области ограничивающей все обнаруженные объекты. Данное действие производится путем последовательного изъятия всех значений столбца соответствующего одной из координат (номер столбца) левого верхнего угла области ограничивающей найденный объект и последующем поиске среди полученных значений нескольких последовательно идущих пикселей с нулевым значением яркости, после нахождения, которых цикл прерывается (с помощью команды (break), а координаты последнего (5) пикселя записываются в массив tij1. Поиск правой, левой и нижней границ производится аналогичным образом

Продолжение таблицы И.16

Функция	Комментарий
LGO=min(tij1(:,3))+5; PGO=max(tij1(:,4))+5; VGO=min(tij1(:,1))+5; NGO=max(tij1(:,2))+5;	Вычисление границ области ограничивающей найденные объекты (левой (LGO), правой (PGO), верхней (VGO) и нижней (NGO))
for gra1=1:1:ors(1,2) if gra1<LGO fi3(:,gra1)=0; end if gra1>PGO fi3(:,gra1)=0; end end	Обнуление пикселей находящихся выше найденной верхней границы и ниже нижней
for gra2=1:1:ors(1,1) if gra2<VGO fi3(gra2,:)=0; end if gra2>NGO fi3(gra2,:)=0; end end	Обнуление пикселей находящихся за пределами правой и левой границы анализируемой области

[fi3 num]=bwlabel(fi3,8);
stD=regionprops(fi3,'all');
for hib1=1:1:numel(stD(:,1))
tbn=getfield(stD, {hib1},
'EquivDiameter');
[tbn1(hib1,1)]=tbn;
tbnA=getfield(stD, {hib1},
'Area');
[tbn2(hib1,1)]=tbnA;
end
tbn1_m=max(tbn1(:,1));
tbn2_m=max(tbn2(:,1));
for hib1=1:1:numel(tbn1(:,1))
zc1=tbn1(hib1,1);
if zc1==tbn1_m
z_m=hib1;
break
end
end
	Выделение границ найденной области с целью представления её как отдельного объекта и расчет параметров её характеризующих (площадь и диаметр) с помощью функции regionprops. Если областей было обнаружено несколько, то из всех обнаруженных областей выбирается та, которая имеет максимальный размер (диаметр)

Sol=getfield(stD, {z_m}, 'Solidity'); Exe=getfield(stD, {z_m}, 'Extent');	Вычисление коэффициентов формы (Solidity и Extent) выделенной области

Таблица И.17 — Текст программы расчета расстояния между центром изображения и внутренней границей правого и левого легкого

Функция	Комментарий
for uh1=kv:1:cen_sa for uh2=cen_sc:-1:1 uh3=Y_H1(uh1,uh2); if uh3~=0 [av1(uh1,1)]=uh2; break end end end	Поиск ненулевых пикселей соответствующих внутренней границе левого легкого. При нахождении подобного пикселя поиск, реализованный с помощью цикла прерывается, а координаты найденного пикселя записываются в массив (av1). Поиск осуществляется среди пикселей расположенных выше центральной строки
for uh1=cen_sa:1:kn for uh2=cen_sc:-1:1 uh3=Y_H1(uh1,uh2); if uh3~=0 [av2(uh1,1)]=uh2; break end end end	Поиск ненулевых пикселей соответствующих внутренней границе левого легкого. При нахождении подобного пикселя поиск, реализованный с помощью цикла прерывается, а координаты найденного пикселя записываются в массив (av2). Поиск осуществляется среди пикселей расположенных ниже центральной строки
m_av1=max(av1(:,1)) ; m_av2=max(av2(:,1)) ;	Среди найденных ранее пикселей образующих внутреннюю границу осуществляется поиск того пикселя который расположен на минимальном расстоянии от центрального столбца изображения. Подобный поиск осуществляется как среди значений расположенных выше (m_av1) центральной строки, так и расположенных ниже её (m_av2)

if m_av1>=m_av2
mo_avL=m_av1;
elseif m_av2>=m_av1
mo_avL=m_av2;
end
	Выбор максимального значения среди максимальных значений для каждого легкого

Таблица И.18 — Текст программы вычисления вертикальных границ

Функция	Комментарий

for ipl=1:1:numel(ge1)
ipl1=ge1(ipl,1);
if ipl1>0
ipl2=mo_avL-ipl1;
[ipl3(ipl,1)]=ipl2;
end end
	Расчет расстояний между внутренней границей левого легкого и его наружной границей

for ipl=1:1:numel(ge2) ipl1=ge2(ipl,1); if ipl1>0	Расчет расстояний между внутренней границей правого легкого и его наружной границей
ipl2=ipl1-mo_avP; [ipl4(ipl,1)]=ipl2; end end	Расчет расстояний между внутренней границей правого легкого и его наружной границей

ma_liL1=max(ipl3);
ma_liL2=ma_liL1/2;
ma_liL2=fix(ma_liL2);
	Среди найденных расстояний для левого легкого вычисляется максимальное (ma_liL2)

Продолжение таблицы И.18

Функция	Комментарий

ma_liP1=max(ipl4);
ma_liP2=ma_liP1/2;
ma_liP2=fix(ma_liP2);
	Среди найденных расстояний для правого легкого вычисляется максимальное (ma_liP2)

li_O=ma_liL1+ma_liL 2; li1=li_O+VeG	Вычисление координат линии отделяющей средний и нижний отдел (то есть соответствующей переднему концу четвертого ребра) путем суммирования максимальных значений найденных ранее с последующим сложением результата со значением верхней границы легкого
li2=(li_O/2)+VeG;	Вычисление координат линии отделяющей верхний и средний отдел (то есть соответствующей переднему концу второго ребра)

Таблица И.19 — Текст программы вычисления вертикальных границ

Функция	Комментарий
li3=zV1+3	Поиск вертикальной границ для левого легкого находящейся на пересечении ключицы и грудной клетки. Поиск осуществляется путем небольшого отступа от ранее выявленной боковой границы верхушки легкого
li4=zV2-3	Поиск вертикальной границ для правого легкого находящейся на пересечении ключицы и грудной клетки. Поиск осуществляется путем небольшого отступа от ранее выявленной боковой границы верхушки легкого

ras_li51=mo_avL-zV1;
ras_li52=ras_li51/2;
li5=fix(ras_li52);
	Поиск вертикальной границ для левого легкого соответствующей середине ключицы. Поиск осуществляется путем разделения пополам расстояния от внутренней границы легкого до его наружной границы и деление пополам полученного значения

ras_li61=zV2-mo_avP;
ras_li62=ras_li61/2;
li6=fix(ras_li62);
	Поиск вертикальной границ для правого легкого соответствующей середине ключицы. Поиск осуществляется путем разделения пополам расстояния от внутренней границы легкого до его наружной границы и деление пополам полученного значения

Таблица И.20 — Текст программы определения локализации обнаруженного объекта (объектов)

Функция	Комментарий

for lo1=1:1:numel(c_o2(:,1))
lo2=c_o2(lo1,2);
lo3=c_o2(lo1,1);
if lo3<mo_avL
if lo3<li3
if lo2<li2
fsa{lo1}='Правое легкое. Наружная зона. Верхний отдел';
	Последовательный выбор координат центра обнаруженных объектов (объекта) и определение их отношения к рассчитанным ранее границам путем определения равенства для каждого из значений характерных для той или иной границы и координат центра обнаруженных объектов

Продолжение таблицы И.20

Функция	Комментарий
end if lo2>li2 & lo2<li1 fsa{lo1}='Правое легкое. Наружная зона. Средний отдел'; end if lo2>li1 fsa{lo1}='Правое легкое. Наружная зона. Нижний отдел'; end end if lo3>li3 & lo3<li5 if lo2<li2 fsa{lo1}='Правое легкое. Средняя зона. Верхний отдел'; end if lo2>li2 & lo2<li1 fsa{lo1}='Правое легкое. Средняя зона. Средний отдел'; end if lo2>li1 fsa{lo1}='Правое легкое. Средняя зона. Нижний отдел'; end end if lo3>li5 & mo_avL if lo2<li2 fsa{lo1}='Правое легкое. Внутренняя зона. Верхний отдел'; end if lo2>li2 & lo2<li1 fsa{lo1}='Правое легкое. Внутренняя зона. Средний отдел'; end if lo2>li1 fsa{lo1}='Правое легкое. Внутренняя зона. Нижний отдел'; end end end if lo3>mo_avP if lo3>li4 if lo2<li2 fsa{lo1}='Левое легкое. Наружная зона. Верхний отдел'; end	Последовательный выбор координат центра обнаруженных объектов (объекта) и определение их отношения к рассчитанным ранее границам путем определения равенства для каждого из значений характерных для той или иной границы и координат центра обнаруженных объектов. После определения расположения объекта его локализация (легкое, зона и отдел) передаются переменной fsa

Продолжение таблицы И.20

Функция	Комментарий
if lo2>li2 & lo2<li1 fsa{lo1}='Левое легкое. Наружная зона. Средний отдел'; end if lo2>li1 fsa{lo1}='Левое легкое. Наружная зона. Нижний отдел'; end end if lo3<li4 & lo3>li6 if lo2<li2 fsa{lo1}='Левое легкое. Средняя зона. Верхний отдел'; end if lo2>li2 & lo2<li1 fsa{lo1}='Левое легкое. Средняя зона. Средний отдел'; end if lo2>li1 fsa{lo1}='Левое легкое. Средняя зона. Нижний отдел'; end end if lo3<li6 if lo2<li2 fsa{lo1}='Левое легкое. Внутренняя зона. Верхний отдел'; if lo2>li2 & lo2<li1 fsa{lo1}='Левое легкое. Внутренняя зона. Средний отдел'; end if lo2>li1 fsa{lo1}='Левое легкое. Внутренняя зона. Нижний отдел'; end end end end	Последовательный выбор координат центра обнаруженных объектов (объекта) и определение их отношения к рассчитанным ранее границам путем определения равенства для каждого из значений характерных для той или иной границы и координат центра обнаруженных объектов. После определения расположения объекта его локализация (легкое, зона и отдел) передаются переменной fsa