МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет (институт) Кафедра
ЛФ МИ МКиИ (наименование)
(наименование)

Направление подготовки (специальность) 30.05.03. Медицинская кибернетика
(код и наименование)

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА
на тему
«Информационная технология обнаружения и оценивания признаков пневмонии по рентгеновским изображениям легких»

Студент _____ _____
(подпись, дата) (фио полностью)

Руководитель/научный руководитель _____ _____
(подпись, дата) (фамилия, инициалы)

Консультанты (если имеются):

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

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

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

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

Рецензент _____ _____ _____
(должность, место работы) (подпись, дата) (фамилия, инициалы)

Работа допущена к защите (протокол заседания кафедры от _____ № ___)

Заведующий кафедрой _____ _____ _____
(подпись) (фамилия, инициалы)

Работа защищена с отметкой _____ (протокол заседания ГЭК от ____№__)

Секретарь ГЭК _____ _____
(подпись) (фамилия, инициалы)

Пенза 2017

РЕФЕРАТ

Пояснительная записькак дипломной работе на тему «Информационная технология обнаружения и оценивания признаков пневмонии по рентгеновским изображениям легких»содержит122 листа, 116 рисунков, 42 таблицы, 35 литературных источников.

ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ, ПАКЕТ IMAGE PROCESSING TOOLBOX, ФУНКЦИИ, ФИЛЬТРАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ, АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЯ, ТИП ИЗОБРАЖЕНИЯ, ТЕКСТ ПРОГРАММЫ, ПНЕВМОНИЯ

Объектом исследования являются качественные и количественные признаки пневмококковой пневмонии на рентгеновских изображениях лёгких.

Целью работы является разработка информационной технологии обнаружения и оценивания признаков пневмонии на рентгеновских изображениях лёгких для повышения достоверности, снижения трудоёмкости постановки диагноза и ограничение требований к квалификации специалистов при распознавании пневмонии.

Информационная технология предназначена для внедрения в лечебное учреждениедля повышения достоверности, при постановке диагноза пневмонии по рентгенологическим изображениям легких.

СОДЕРЖАНИЕ

с.

ВВЕДЕНИЕ..... 7

1 ДИАГНОСТИКА ПНЕВМОНИИ..... 11

1.1 Эпидемиология и классификация пневмонии 11

1.2 Этиология бактериальных пневмоний 15

1.3 Патогенез пневмонии 16

1.4 Основные симптомы и синдромы пневмонии 24

1.5Рентгенологические признаки пневмококковой пневмонии 26

1.6Традиционная методика обнаружения и оценивания признаков пневмонии по рентгеновским изображениям лёгких..... 31

1.7Основные результаты и выводы по первому разделу 37

2 МЕТОДЫ И СРЕДСТВА РЕНТГЕНОВСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ОРГАНОВ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ 40

2.1 Методы рентгеновского исследования органов грудной клетки40

2.2. Программные средства улучшения и оценивания признаков изображения 45

2.3Анализ рентгеновских изображений в IPT 51

2.4 Графический интерфейс Matlab..... 59

2.5Основные результаты и выводы по второму разделу..... 61

3 МЕТОДИКА ОБНАРУЖЕНИЯ ПРИЗНАКОВ ПНЕВМОНИИ ПО РЕНТГЕНОВСКИМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ ЛЕГКИХ 62

3.1 Методикаобнаружения рентгенологических признаков пневмонии..... 62

3.2 Работа с изображениями и выделение области интереса..... 64

3.3Улучшение изображений 68

3.4 Сравнение анализируемой рентгенограммы с эталоном возрастной нормы и патологии 74

3.5 Выделение границ затемнения..... 78

3.6 Сравнение локального массива пикселей области интереса с эталоном 78
3.7Оценивание оптической плотности изображения 80
3.8 Интерфейс пользователя 82
3.9 Оценивание достоверности 91
3.10 Основные результаты и выводы по третьему разделу 93
4МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ ПРИЗНАКОВ ПНЕВМОНИИ ПО РЕНТГЕНОВСКИМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ ЛЁГКИХ 96
4.1 Методика оценивания рентгенологических признаков пневмонии 96
4.2.Определение локализации затемнения 98
4.3 Оценивания размеров затемнения 99
4.4Оценивание площади затемнения 103
4.5 Интерфейс пользователя 104
4.6 Оценивание достоверности 108
4.7 Основные результаты и выводы по четвертому разделу 113
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 115
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 117

ВВЕДЕНИЕ

Эпидемиология пневмоний характеризуется тенденцией к росту заболеваемости и летальности как у нас в стране, так и во всем мире. В развитых странах заболеваемость пневмониями составляет от 3,6 до 16 на 1000 человек. Согласно статистике от воспаления легких ежегодно умирает более двух миллионов человек. Это больше, чем СПИД, малярия и корь вместе взятые. В настоящее время во всем мире пневмонии занимают 4 – 5-е место в структуре причин смерти после сердечно-сосудистой патологии, онкологических заболеваний, цереброваскулярной патологии и хронических обструктивных заболеваний легких (ХОЗЛ), а среди инфекционных болезней – 1-е место.

В 2009 году Всемирная организация здравоохранения совместно с ЮНИСЕФ объявили «Глобальный план действий по профилактике пневмонии и борьбе с ней». Цель этого плана - активизация борьбы с пневмонией с помощью комбинированных мероприятий по защите детей, профилактике и лечению болезни. Основной профилактикой пневмонии является вакцинопрофилактика. Ученые уже не первый год работают над созданием и улучшением вакцин, которые помогут снизить уровень заболеваемости пневмонией в мире. Для этих целей была создана 13-валентная конъюгированная вакцина, уже вошедшая в календари прививок во многих странах. Она действует против 13 серотипов пневмококка, прошла клинические испытания и признана специалистами эффективной в борьбе с пневмококковой инфекцией. В нашей стране массовая иммунизация детей до 2х лет была включена в Национальный календарь прививок с 2014 года. Но 13-валентная пневмококковая вакцина применяется также у детей до 5 лет и взрослых старше 50 лет – для тех, кто находится в группе повышенного риска [1].

Несмотря на предпринимаемые усилия, пневмония до сих пор остается одним из самых распространенных заболеваний. Одним из важнейших

факторов, способствующих формированию очагов внебольничных пневмоний, является позднее выявление больных и несвоевременное проведение противоэпидемических мероприятий. Несвоевременное информирование и позднее начало проведения санитарно-противоэпидемических мероприятий приводит к затягиванию сроков лечения и порой, к летальному исходу заболевания. В настоящее время доказана прямая тесная связь внебольничной пневмонии с заболеваемостью ОРВИ, что позволяет планировать профилактические мероприятия с более широким спектром воздействия на эпидемический процесс внебольничных пневмоний. Сведения о сезонности для заболеваний, вызываемых S. Pneumoniae, достаточно противоречивы. Однако ряд авторов отмечают повышение заболеваемости в осенне-зимний период, свойственное целому ряду и других пневмотропных инфекций.

В процессе постановки диагноза пневмонии выявляют клинические симптомы, учитывают факторы риска, проводят рентгенологическую и лабораторную верификацию пневмонии, дают оценку тяжести течения заболевания. Основным методом диагностики пневмонии является рентгенографическое исследование. Пневмония на рентгеновских изображениях проявляется участками затемнения. Они свидетельствуют о наличии воспалительного инфильтрата в ткани легкого.

Диагностика пневмонии имеет определенные трудности, и связано это с тем, что патогномоничных признаков внебольничной пневмонии существует. Во время эпидемии пневмонии значительно растет нагрузка на персонал. Врачу-рентгенологу, как правило, приходится просматривать большое количество снимков, например, при массовых обследованиях, эта работа весьма трудоемка и требует высокой квалификации специалиста. Выявление пневмонии затрудняет субъективное восприятие признаков специалистом. Поэтому качественный анализ снимка представляет собой большое искусство и воплощает в себе умение распознавать даже самые малые изменения яркостей точек рентгеновского снимка, а также способность обнаруживать аномальные структуры, особенно при низком разрешении снимка.

Расшифровка рентгена легких – это сложное занятие, требующее обширных знаний и длительного практического опыта.

Таким образом, возникает потребность во внедрении информационных технологий обнаружения и оценивания признаков пневмонии по рентгеновским изображениям лёгких, позволяющих снизить трудоёмкость диагностирования по рентгенологическим изображениям, снизить ошибки при диагностировании, ограничить требования к квалификации.

Существуют результаты глубоких исследований в области информационных технологий и систем распознавания по рентгенологическим изображениям [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

Исследование функций и особенностей работы современных специализированных систем для анализа и обработки медицинских изображений в различных целях показало, что эти системы обладают рядом недостатков. Основным недостатком представляется то, что большинство из систем содержит лишь широкий набор методов анализа и обработки изображений, доступный исследователю, без указаний, какой именно метод должен быть применен для достижения поставленной цели преобразования. В связи с этим выявлены следующие проблемы: невозможно гарантированно осуществить оптимальный (в смысле достижения поставленной цели преобразования) выбор метода (или комбинации методов) для обработки изображений, поскольку этот выбор основывается лишь на знаниях и опыте пользователя; осуществить перебор всех имеющихся в распоряжении исследователя методов (и их сочетаний) для достижения наилучшего результата обработки невозможно, поскольку это будет слишком затратным по времени. Поэтому для улучшения работы систем анализа и обработки медицинских изображений, очевидно, необходим метод, обеспечивающий автоматизированный выбор преобразования изображения

Эти проблемы можно решить с пакетом Image Processing Toolbox в MATLAB.

Объект исследования: качественные и количественные признаки пневмококковой пневмонии на рентгеновских изображениях лёгких.

Предмет исследования: информационная технология обнаружения и оценивания признаков пневмококковой пневмонии, основанная Image Processing Toolbox в MATLAB.

Целью работы является разработка информационной технологии обнаружения и оценивания признаков пневмонии на рентгеновских изображениях лёгких для повышения достоверности, снижения трудоёмкости постановки диагноза и ограничение требований к квалификации специалистов при распознавании пневмонии.

Основной проблемой является сложность интерпретации результатов обследования больных.

Задачи работы

1 Выявление информативных признаков пневмонии на рентгеновских изображениях лёгких.

2 Анализ методов обнаружения и оценивания признаков пневмонии на рентгеновских изображениях лёгких.

3. Анализ информационных систем анализа и распознавания медицинских изображений.

4. Разработка программно-методического комплекса улучшения рентгеновских изображений лёгких средствами Image Processing Toolbox.

5. Разработка методики обнаружения и оценивания признаков пневмонии на рентгеновских изображениях лёгких средствами Image Processing Toolbox.

6 Разработка интерфейса пользователя информационной системы.

1 ДИАГНОСТИКА ПНЕВМОНИИ

1.1 Эпидемиология и классификация пневмоний

Эпидемиология пневмоний на современном этапе характеризуется возникшей с конца 80-х годов тенденцией к росту заболеваемости и летальности как у нас в стране, так и во всем мире. В развитых странах заболеваемость пневмониями составляет от 3,6 до 16 на 1000 человек. В США внебольничными пневмониями ежегодно заболевают 3 – 4 млн. человек, 30 – 40% из них нуждаются в госпитализации. Примерно 50 – 70% пациентов лечат амбулаторно, и смертность среди них составляет 1 – 5%.

Заболеваемость в возрастной группе старше 60 лет составляет от 20 до 44 на 1000 населения в год. Летальность от пневмоний у данной категории больных составляет 10 – 33%, а при пневмониях, осложненных бактериемией, достигает 50%. Высока летальность от пневмонии среди новорожденных и маленьких детей, и достигает 25% у детей младше 5 лет. По данным ВОЗ, уровень смертности детей до 1 года в нашей стране в 2 – 4 раза выше (25,1 на 1000 населения), чем в других экономически развитых странах.

Среди больных пневмонией преобладают мужчины. Они составляют, по данным многих авторов, от 52 до 56% больных, тогда как женщины – от 44 до 48%. Частота пневмоний отчетливо увеличивается с возрастом. Пациенты в возрасте от 40 до 59 лет составляют 38,4 – 55,7% заболевших, старше 60 лет – от 31 до 60%. Продолжительность временной нетрудоспособности составляет в среднем 25,6 дня и может колебаться в пределах 12,8 – 45 дней. По данным зарубежных авторов, среднее число койко-дней у пациентов старше 60 лет составляет 21.

Согласно данным официальной статистики, в России заболеваемость пневмонией взрослого населения в 2007 году составила 351,7 на 100 тыс., в 2008 – 366,8 на 100 тыс., в 2009 – 388,2 на 100 тыс., в 2010 - 403,4 на 100 тыс., в 2011 -396,8 на 100 тыс. Реальная заболеваемость пневмониями существенно выше регистрируемой, общее число больных пневмонией ежегодно составляет

1,5 млн., каждый год, на них приходится 50% всех смертей от болезней органов дыхания [9]. Заболеваемость представлена на рисунке 1.1.

Рисунок 1.1 — Заболеваемость пневмонией за 2007 – 2011 год

Самые высокие показатели заболеваемости (от 75,02 до 534,20 на 100 тыс. населения) зарегистрированы в республиках Мордовия, Адыгея, Карачаево-Черкесской Республике, Свердловской, Архангельской, Волгоградской областях [10]. В Кемеровской области за 10 лет (1999--2008 гг.) заболеваемость пневмонией увеличилась на 12% -- с 586 до 657 на 100 тыс. населения [11]. За 5 месяцев 2016 года в Пензенской области зарегистрировано более 2,5 тыс. случаев пневмоний, в том числе 925 у детей. Показатель заболеваемости вырос, в сравнении с аналогичным периодом прошлого года, на 17,4% и составил 185,7 на 100 000 населения. За период 12 месяцев 2016 года в Пензенской области суммарный показатель заболеваемости внебольничными пневмониями составил 350,5 на 100 тысяч населения. Сохраняется преимущественное распространение внебольничных пневмоний – среди взрослого населения 68,4% заболевших [10].

Среди причин, вызывающих пневмонию, на первом месте стоит бактериальная инфекция. По данным формы государственного статистического наблюдения за 2011–2013 гг. – 43–44%, в 2014 г. – 31,8%, а в 2015 г. – 30,2% внебольничных пневмоний имели бактериальную природу.

По Международной классификации болезней десятого пересмотра [12], пневмонии (J13-J18) входят в группу «Грипп и пневмония» (J10- J81) и включают в себя рубрики, представленные в таблице 1.1.

Таблица 1.1 ― Классификация пневмонии по этиологии

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 (пневмония при: цитомегаловирусной болезни – В25.0, кори – В05.2, краснухе – В06.8, ветряной оспе – В01.2)
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

Продолжение таблицы 1.1

Код заболевания	Название заболевания
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

В настоящее время широкое распространение получила классификация, учитывающая условия, в которых развилось заболевание; при этом также предлагается учитывать особенности инфицирования легочной ткани и состояние иммунологической реактивности организма пациента. Подобный подход позволяет со значительной долей вероятности прогнозировать этиологию заболевания (таблица 1.2).

Таблица 1.2 ― Классификация пневмонии по R.G. Wunderink, G.M. Mutlu

Классификационные признаки	Классификационные группировки
Условия развития	Внебольнично - приобретенная пневмония
	Внутрибольнично – приобретённая
	Пневмония при иммунодефицитных состояниях
	Аспирационная пневмония
Локализация	Очаговая – в пределах ацинуса и дольки
	Сегментарная – в пределах одного или нескольких сегментов
	Долевая – в пределах одной доли
	Тотальная, субтотальная – может охватывать все легкое

С практической точки зрения наиболее значимым является подразделение пневмоний на внебольничные и внутрибольничные. Следует подчеркнуть, что такое подразделение не связано с тяжестью заболевания, основным критерием являются условия инфицирования пациента [13]. Кроме того пневмония классифицируется по осложнениям и течению (рисунок 1.2).

Рисунок 1.2 — Классификация пневмоний [14]

Таким образом, эпидемиология пневмоний характеризуется тенденцией к росту заболеваемости и летальности как у нас в стране, так и во всем мире. Среди больных пневмонией преобладают мужчины. В структуре заболеваемости пневмонией лидирует – бактериальная инфекция.

1.2 Этиология бактериальных пневмоний

Подавляющее большинство пневмоний, вызванных микроорганизмами, - это самостоятельные заболевания, реже встречаются пневмонии, как проявление острого инфекционного заболевания. В таблице 1.3 представлены возбудители внебольничной и внутрибольничной пневмонии.

Таблица 1.3 ─ Возбудители пневмонии [15]

Вид пневмонии	Возбудитель
Внебольничная пневмония	Streptococcuspneumoniae
	Haemophilusinfluenzae
	Mycoplasmapneumonaiae
	Chlamydiapneumoniae
	Legionellapneumophila
Внутрибольничные пневмония	Staphylococcusaureus
	Esherichiacoli
	Klebsiellapneumoniae
	Enterobacter

В таблице 1.4 – 1.5 соответственно, представлена заболеваемость и летальность бактериальной пневмонии. Наиболее часто встречается пневмония вызванная пневмококком. Наиболее высокая летальность наблюдается при внебольничной пневмонии, вызванной Streptococcus pneumoniae, Legionella pneumophila [1].

Таблица 1.4 ― Заболеваемость бактериальными пневмониями

Микробные каузальные агенты	Частота выделения в данном исследовании, изолированно и включая их участие в ассоциациях, %
Streptococcuspneumoniae	62,2 (пенициллин-резистентность до 50% всех исследованных штаммов)
Haemophilusinfluenzae	5,0
Mycoplasmapneumoniae	16,2
Chlamydiapneumoniae	18,9
Legionellapneumophila	5,4

Таблица 1.5 ― Летальность при внебольничных пневмониях

Возбудитель	Летальность, %
Streptococcuspneumoniae	12,3
Haemophilusinfluenzae	7,4
Mycoplasmapneumoniae	1,4
Chlamydiapneumoniae	9,8
Legionellapneumophila	14,7

В связи с тем, что в структуре заболеваемости и смертности от внебольничной пневмонии лидирует – пневмококк, в данной работе рассмотрим внебольничные пневмонии, вызванные данным возбудителем. Стадии развития и признаки пневмококковой пневмонии выявляются при изучении патогенеза.

1.3 Патогенез пневмоний

Наиболее частым путём проникновения микроорганизмов в лёгочную ткань является бронхогенный - этому способствуют: аспирация, вдыхание микробов из окружающей среды, переселение патогенной флоры из верхних отделов дыхательной системы в нижний, медицинские манипуляции -

бронхоскопия, интубация трахеи, искусственная вентиляция легких, ингаляция лекарственных веществ из обсеменённых ингаляторов.

Далее, при пневмонии любой этиологии, происходит фиксация и размножение инфекционного агента в эпителии респираторных бронхиол - развивается острый бронхит или бронхиолит различного типа - от лёгкого катарального до некротического. Распространение микроорганизмов за пределы респираторных бронхиол вызывает воспаление лёгочной ткани - пневмонию. За счёт нарушения бронхиальной проходимости возникают очаги ателектаза и эмфиземы. Рефлекторно, с помощью кашля и чихания, организм пытается восстановить проходимость бронхов, но в результате происходит распространение инфекции на здоровые ткани, и образуются новые очаги пневмонии. Развивается кислородная недостаточность, дыхательная недостаточность, а в тяжёлых случаях и сердечная недостаточность [16].

Большинство современных исследователей различают патогенез очаговой и крупозной пневмонии. Крупозная пневмония издавна рассматривается как проявление гиперергической реакции, в отличие от другой формы, при которой реакция на инфекционный агент нормо - или гипоергическая. В настоящее время доказано, что имеется сенсибилизация к инфекционным агентам как при крупозной, так и при очаговой пневмонии, причем уровень специфического иммунитета более высок у больных крупозной пневмонией, что, вероятно, связано с более значительным антигенным стимулом. Складывается впечатление, что патогенетическое различие этих основных форм обусловлено более патогенными штаммами пневмококков при крупозной пневмонии и, соответственно этому, иной реакцией макроорганизма. В то же время преобладание крупозной пневмонии у лиц, страдающих различной хронической бронхолегочной патологией, подтверждает роль состояния как местной, так и общей неспецифической защиты организма в патогенезе различных по тяжести форм пневмонии.

Развитие долевой пневмонии тесно связано с персистенцией пневмококка в носоглотке здорового человека и предварительной

сенсибилизацией организма к его антигенам. Риск развития долевой пневмонии может повышаться после переохлаждения, перенесенных гриппа и ОРВИ, стресса, снижения общего и местного иммунитета, травмы, чрезмерных физических нагрузок. Очаговая пневмония, в большей части случаев, является вторичной, выступая осложнением острых респираторных инфекций, протекающих с явлениями трахеобронхита и бронхита. Заболеваемость очаговой пневмонией резко возрастает в периоды эпидемиологических вспышек гриппа. Предполагается, что вирус гриппа в известной степени сенсибилизирует организм, изменяет ткани дыхательных путей и делает их более восприимчивыми к условно-патогенной и вирулентной флоре.

При первичной очаговой пневмонии имеет место бронхогенный путь проникновения возбудителей, при вторичных - гематогенный или лимфогенный пути распространения. Предрасполагающим моментом может выступать снижение функции местных и общих защитных систем вследствие курения, переохлаждения, стресса, вдыхания токсических веществ. Вторичные очаговые пневмонии могут развиваться на фоне других первичных заболеваний – кори, коклюша [17].

При долевой пневмонии различают четыре стадии развития долевой пневмококковой пневмонии (таблица 1.6). Следует учесть, что в пораженной доле легкого имеется одновременно сочетание признаков различных стадий или преобладание какой-либо стадии [18]. При очаговой пневмонии медленное развитие и распространение воспаления в очаге пневмонии ведет к тому, что разные его микроучастки находятся одномоментно в разных фазах воспаления. Эта неравномерность воспалительного процесса не позволяет специалистам выделить четкой стадийности в течение очаговой пневмонии (таблица 1.7).

Таблица 1.6 — Стадии развития долевойпневмококковой пневмонии [16]

Стадии пневмонии	Механизм развития заболевания	Клиническое проявление	Признаки пневмонии, обнаруживаемые в процессе			
			осмотра	физикального обследования	лабораторного исследования	рентгенологического обследования
Прилив	Характеризуется выраженным кровенаполнением сосудов, выраженной экссудацией серозной жидкости, причем в экссудате находятся пневмококки. Эта стадия продолжается от 12 ч до 3 суток	Повышение температуры тела (39-40 С), сопровождающиеся ознобом, нарастающими симптомами интоксикации, болями в грудной клетке, связанными с дыханием и появлением сухого, иногда мучительного кашля.	Больные занимают вынужденное положение – лежат на спине или больном боку, прижимая руками участок грудной клетки, в котором имеется максимальная болезненность. Кожные покровы влажные. Гиперемия лица, нередко больше выраженная на стороне поражения. В тяжелых случаях может отмечаться цианоз губ.	Поверхностное дыхание. При пальпации определяется локальная болезненность, усиление голосового дрожания на стороне поражения. В проекции пораженной доли отмечают притупление перкуторного звука с тимпаническим оттенком. При аускультации определяется крепитация и ослабленное дыхание.	При общем анализе крови обнаруживают нейтрофильный лейкоцитоз, возможен сдвиг лейкоцитарной формулы влево до метамиелоцитов и миелоцитов. Увеличение СОЭ. При биохимическом анализе обнаруживают снижение уровня альбуминов, увеличение α- и β- глобулинов.	Обогащение и усиление легочного рисунка
						Сниженная или обычная прозрачность легочных полей
						Расширение корня легкого на стороне поражения

Продолжение таблицы 1.6

Стадии пневмонии	Механизм развития заболевания	Клиническое проявление	Признаки пневмонии, обнаруживаемые в процессе			
			осмотра	физикального обследования	лабораторного исследования	рентгенологического обследования
Опеченение (красное и серое)	Красное опеченение - характеризуется тем, что альвеолы пораженного участка легкого полностью заполняются экссудатом, содержащим плазменные белки и большое количество эритроцитов Воспаленный участок легкого становится безвоздушным, плотным, имеет красноватый цвет, по внешнему виду напоминает печень. Эта стадия продолжается от 1 до 3 суток. В стадии серого опеченения в альвеолярном экссудате находится большое количество лейкоцитов, эритроцитов значительно меньше. Легкое, на разрезе имеет серовато-желтый цвет. Продолжительность этой стадии от 2 до 6 суток	Характеризуется сохранением высокой лихорадки, симптомов интоксикации, появлением кашля с отделением «ржавой» и слизисто-гнойной мокроты, наращением признаков дыхательной недостаточности.	Может сохраняться вынужденное положение пациента на боку, гиперемия лица. При тяжелом течении нарастает цианоз.	Дыхание частое (до 25-30 ив 1 мин) и поверхностное. Отставание в акте дыхания больной половины грудной клетки. Усиление голосового дрожания. При перкуссии отмечается притупление перкуторного звука, не доходящие до бедренного звука. При аускультации патологическое бронхиальное дыхание и шум трения плевры.	При общем анализе крови обнаруживают нейтрофильный лейкоцитоз, возможен сдвиг лейкоцитарной формулы влево до метамиелоцитов и миелоцитов. Увеличение СОЭ. При биохимическом анализе обнаруживают снижение уровня альбуминов, увеличение α- и β-глобулинов.	Снижение прозрачности легочных полей в области воспалительного поражения
						Появление интенсивных теней
						На фоне массивного затемнения полоски просветления - визуализация трахеи и бронхов, которые не поражены воспалением
						Расширение корня на стороне патологии
						Уплотнение плевральных листков в области воспалении
						Выпот в плевральной щели при присоединении плеврита

Продолжение таблицы 1.6

Стадии пневмонии	Механизм развития заболевания	Клиническое проявление	Признаки пневмонии, обнаруживаемые в процессе			
			осмотра	физикального обследования	лабораторного исследования	рентгенологического обследования
Разрешения	характеризуется постепенным рассасыванием экссудата в альвеолах под влиянием макрофагов, лейкоцитов, постепенно растворяется фибрин, исчезает зернистость легочной ткани. Постепенно восстанавливается воздушность легочной ткани. Длительность этой фазы зависит от распространенности воспалительного процесса, реактивности организма, вида и интенсивности проводимой терапии.	при неосложненном течении заболевания характеризуется снижением температуры тела, уменьшением общеинтоксикационного синдрома, прекращением кашля.	все патологические данные, выявляющиеся в стадии опеченения при перкуссии и аускультации постепенно регрессируют. «Просветление» притупления перкуторного звука (притупление, как и в стадию прилива приобретает тимпанический оттенок, а затем восстанавливается ясный легочный звук). При аускультации ослабевает бронхиальный оттенок дыхания. Над пораженным участком крепитация, с последующим исчезновением этого аускультативного феномена.		При общем анализе крови обнаруживают нейтрофильный лейкоцитоз, возможен сдвиг лейкоцитарной формулы влево до метамиелоцитов и миелоцитов. Увеличение СОЭ. При биохимическом анализе обнаруживают снижение уровня альбуминов, увеличение α- и β-глобулинов.	Снижение интенсивности затемнения Уменьшение размеров тени Расширение корня Обогащение легочного рисунка

Таблица 1.7 — Периоды развития очаговой пневмококковой пневмонии [16]

Периоды пневмонии	Признаки пневмонии, обнаруживаемые в процессе			
	осмотра	физикального обследования	лабораторного исследования	рентгенологического обследования
Начало	Начало бронхопневмонии более постепенное и растянутое во времени (часто на фоне ОРВИ). Лихорадка (38 – 38,5 С), насморк, слезотечение, кашель с серозной или слизисто-гнойной мокротой, общая слабость и недомогание (часто эти симптомы расценивают как проявление ОРВИ).	При пальпации определяется локальная болезненность (при поверхностном расположении очага).	Общий анализ крови: нейтрофильный лейкоцитоз, возможен палочкоядерный сдвиг. Наблюдается ускорение СОЭ. Биохимическое исследование крови обнаруживает положительные "острофазовые" реакции, менее выраженные чем при крупозной пневмонии: повышение содержания фибриногена, сиаловых кислот, глобулинов (количество альбуминов при этом снижается, реакция на С-реактивный белок становится резко положительной	Локальное усиление легочного рисунка
				Незначительное расширение корня легкого
Разгар	Нарастает интоксикация, появляется одышка и тахикардия. Усиливается кашель и отделение слизисто-гнойной или гнойной мокроты. Повышается температура тела до 38 – 39, усиливается слабость, головная боль. У больных с поверхностным расположением очага или наличаем сливной пневмонии возникают боли в грудной клетке, но боль менее интенсивная чем при долевой пневмонии.	Притупление перкуторного звука при размере пневмонического очага не менее 4 см в диаметре и расположении его близко к поверхности грудной клетке. При аускультации ослабленное везикулярное или жесткое дыхание, влажные мелкопузырчатые хрипы.		Наличие интенсивного инфильтрата тень имеет нечеткий контур
				Деформация легочного рисунка на ограниченном участке
				При воспалении плевры наблюдается линейная тяжистость или уровень жидкости в реберно-диафрагмальном синусе на стороне поражения
				Увеличение размеров корня за счет инфильтрации

Продолжение таблицы 1.7

Периоды пневмонии	Признаки пневмонии, обнаруживаемые в процессе			
	осмотра	физикального обследования	лабораторного исследования	рентгенологического обследования
Разрешения	Клиническая картина пневмонии в стадию разрешения сопровождается постепенным исчезновением патологических симптомов. Все патологические данные, выявляющиеся в стадии разрешения при перкуссии и аускультации постепенно регрессируют		Мокрота больных очаговой пневмонией содержит: большое количество лейкоцитов, слущенного эпителия дыхательных путей и бактерии.	Исчезновение инфильтрации
				Линейная тяжистость за счет разрастания соединительной ткани

Таким образом, развитие пневмонии от латентного периода до разгара проявляется разнообразными признаками, которые обнаруживаются при комплексном обследовании пациента. Специфические рентгенологические признаки пневмонии начинают проявляться в стадии опеченения долевой пневмонии и периоде разгара очаговой пневмонии.

1.4 Основные симптомы и синдромы пневмонии

Изучение этиологии и патогенеза внебольничной пневмококковой пневмонии позволило вделить и классифицировать диагностические признаки (таблица 1.8).

Таблица 1.8 — Диагностические признаки пневмококковой пневмонии

Название по МКБ	Код МКБ	Описание	Классификация
Признаки, обнаруживаемые при опросе			
Лихорадка с ознобом	R50.0	Долевая пневмония начинается остро, внезапно появляется интенсивная боль в грудной клетке, усиливающаяся при дыхании, наблюдаются озноб, повышение температуры до 39 °С и выше; очаговая пневмония начинается постепенно, повышение температуры постепенное, как правило, не выше 38,0-38,5 °С, озноб не закономерен	Ранний
Общая слабость	R53	Быстрая утомляемость при минимальной физической нагрузке	Ранний
Кашель	R05	Вначале сухой, у многих в 1 сутки в виде частого покашливания, на 2 сутки кашель с трудноотделяемой мокротой слизисто - гнойного характера; у больных долевой пневмонией часто появляется «ржавая» мокрота в связи с появлением в ней большого количества эритроцитов	Ранний
Мокрота	R09.3	Ржавый цвет при гриппозной, крупозной или очаговой пневмонии и ярко желтый – при эозинофильной	Поздний
Боль в грудной клетке	R07.4	Наиболее характерны для долевой пневмонии, обусловлены вовлечением в процесс плевры (плевропневмония) и нижних межреберных нервов. Боль появляется внезапно, она достаточно интенсивная, усиливается при кашле, дыхании; при выраженной боли отмечается отставание соответствующей половины грудной клетки в акте дыхания, больной «щадит ее» и придерживает рукой. При очаговой пневмонии боль может быть слабо выраженной или отсутствовать	Ранний
Одышка	R06.0	Выраженность зависит от протяженности пневмонии; при долевой пневмонии может наблюдаться значительное тахипноэ до 30-40 мин, лицо при этом бледное, осунувшееся, с раздувающимися при дыхании крыльями носа. Одышка нередко сочетается с ощущением «заложенности в груди»	Поздний
Признаки, обнаруживаемые при физикальном обследовании			
Притупление перкуторного звука	R09.8	Притупление перкуторного звука соответственно локализации воспалительного очага всегда четко определяется при долевой и не всегда выражено при очаговой пневмонии	Ранний

Продолжение таблицы 1.8

Название по МКБ	Код МКБ	Описание	Классификация
Признаки, обнаруживаемые при физикальном обследовании			
Мелкопузырчатые хрипы	R09.8	Характерны для очаговой пневмонии, являются отражением сопутствующего бронхопневмонии локального бронхита	Поздний
Крепитация	R09.8	Крепитация – напоминает мелкий треск или звук, который выслушивается, если растирать пальцами пучок волос около уха	Ранний
Усиление голосового дрожания	R09.8	Связано с уплотнением легочной ткани над очагом поражения	Ранний
Признаки, обнаруживаемые лабораторным обследованием			
Лейкоцитоз	D72.8	Повышение уровня лейкоцитов	Ранний
Ускоренное оседание эритроцитов	R70.0	Показатель выше нормы	Ранний
Отклонение от нормы альбумина	R77.0	Снижение уровня альбумина	Поздний
Отклонение от нормы глобулина	R77.1	Повышение уровня глобулина	Поздний
Другие уточненные отклонения от нормы белков плазмы	R77.8	Повышение фибриногена	Поздний
Отклонения от нормы, выявленные при проведении функциональных исследований легких	R94.2	Сниженная вентиляционная способность легких, жизненная емкость легких	Поздний
Высокий титр антител	R76.0	Серологические методы позволяют установить этиологию пневмонии лишь ретроспективно, поскольку диагностическое (четырехкратное) повышение титра антител наблюдается только к концу болезни.	Поздний
Признаки, обнаруживаемые инструментальным рентгенологическим обследованием			
Затемнение	Z01.6	Может быть обширным (тотальным) снижением прозрачности легочной ткани, субтотальным затемнением – при локализации воспаления в пределах одной или двух долей легких и ограниченным затемнением – инфильтративные изменения легочной ткани, не выходящие за пределы сегмента.	Поздний
Деформация корня легкого, усиление легочного рисунка	Z01.6	Корни легких часто расширены, малоструктурны, с нечеткими контурами.	Ранний

Поскольку рентгенологическое обследование пациента при подозрении пневмонии проводится обязательно, то наиболее диагностически значимой группой признаков, являются признаки, обнаруживаемые инструментальным рентгенологическим обследованием.

1.5 Рентгенологические признаки пневмококковой пневмонии

Пневмококковая пневмония может протекать в двух клинических формах, определяемых реактивностью организма и особенностями морфологии процесса - крупозной (долевой) и очаговой пневмонии.

Рентгеновские снимки при крупозной пневмонии характеризуются следующими синдромами:

1 обширное (тотальное) снижение прозрачности легочной ткани;

2 субтотальное затемнение – при локализации воспаления в пределах одной или двух долей легких;

3 ограниченное затемнение – инфильтративные изменения легочной ткани, не выходящие за пределы сегмента.

Вышеописанные признаки наблюдаются не только при крупозной пневмонии. Они прослеживаются также при: ателектазе, раке легких, плевритах, туберкулезных пневмонитах, инфаркте легкого.

Рентген пневмонии должен базироваться на дополнительных признаках постадийного течения воспалительных изменений в легочной ткани для достоверной установки диагноза. Крупозная пневмония включает в себя несколько последовательно развивающихся стадий. А именно: стадия прилива, стадия опеченения и стадия разрешения.

Стадия прилива – начальный этап формирования крупозного воспаления легких. При ней на снимках наблюдаются следующие рентгенологические синдромы:

1 обогащение и усиление легочного рисунка;

2 сниженная или обычная прозрачность легочных полей;

3 расширение корня легкого на стороне поражения.

Пример долевой пневмонии в стадии прилива на рисунке 1.3.

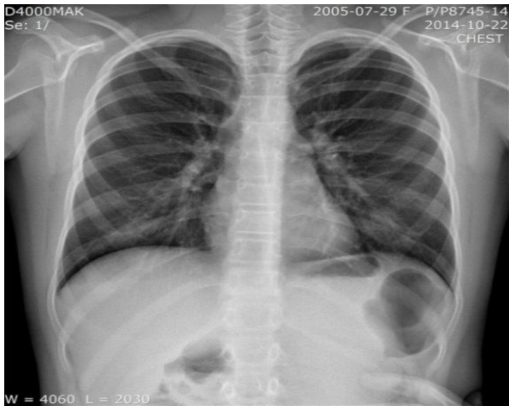

Рисунок 1.3— Крупозная пневмония в стадии прилива. На рентгенограмме ОГК в прямой проекции выявлено усиление легочного рисунка, расширение корня левого легкого

Рентгенография органов грудной клетки в стадии опеченения способна зафиксировать следующие рентгеновские признаки пневмонии (рисунок 1.4):

1 снижение прозрачности легочных полей в области воспалительного поражения;

2 появление интенсивных теней, соответствующих размерам поврежденной ткани;

3 на фоне массивного затемнения полоски просветления - визуализация трахеи и бронхов, которые не поражены воспалением;

4 расширение корня на стороне патологии;

5 уплотнение плевральных листков в области воспаления;

6 выпот в плевральной щели при присоединении плеврита.

Рисунок 1.4— Крупозная пневмония в стадии опеченения. На рентгенограмме ОГК в прямой проекции: затемнение нижней доли правого легкого, усиление легочного рисунка

На рентгенограмме при пневмонии в стадии разрешения наблюдаются следующие признаки: Снижение интенсивности затемнения. Уменьшение размеров тени. Расширение корня. Обогащение легочного рисунка (множество мелких элементов на единицу площади) в месте существовавшего очага воспаления. Расширенный корень легкого в стадии разрешения пневмонии может наблюдаться еще несколько месяцев подряд, пока анатомические структуры не восстановятся. После излечивания плеврита на месте воспалительных очагов могут оставаться линейные тени фибринозных наслоений или рубцовые спайки, затрудняющие процесс дыхания. Данные изменения и отражают морфологические фото легких в стадии разрешения пневмонии – в альвеолах нет инфильтрата, но фиброзные наложения могут оставаться [19]. Долевая пневмония в стадию разрешения представлена на рисунке 1.5.

Рисунок 1.5 — Крупозная пневмония в стадию разрешения. На рентгенограмме ОГК: расширен корень легкого, усилен легочный рисунок

На рентгенограмме ее можно не выявить, так как на начальных стадиях болезнь характеризуется появлением небольших инфильтратов. Тем не менее, квалифицированный рентгенолог может предположить воспалительный процесс легочной ткани даже при отсутствии инфильтратов по косвенным рентгеновским симптомам:

1 патологические тени участка легкого;

2 наличие уровня плевральной полости (плеврит);

3 увеличение размеров корня за счет инфильтрации;

4 деформация легочного рисунка на ограниченном участке [19].

Очаговая пневмония – самый трудно диагностируемый вариант. Рентген симптомы болезни четко визуализируются при разгаре заболевания. Темные пятна на снимке обусловлены снижением воздушности легочной ткани.

Вначале заболевания инфильтраты прослеживаются, как «дымка». Такая тень имеет гомогенную структуру, среднюю интенсивность. Она быстро превращается в классический пневмонический очаг.

При разгаре заболевания очаговую пневмонию на снимке диагностируют по следующим признакам:

1 наличие интенсивного инфильтрата негомогенной структуры;

2 «плохая» тень имеет нечеткий контур;

3 при воспалении плевры наблюдается линейная тяжистость или уровень жидкости в реберно-диафрагмальном синусе на стороне поражения;

4 на фоне разрешения процесса участок инфильтрации становится сильно неоднородным за счет участков распада и заживления легких.

Рентген признаки пневмонии на стадии разрешения:

1 исчезновение инфильтрации;

2 линейная тяжистость за счет соединительной ткани;

3 спайке реберно-диафрагмального синуса (завуалированность).

После исчезновения инфильтратов на протяжении нескольких месяцев область поражения легких характеризуется на снимке деформацией рисунка. Остаточные изменения после пневмонических теней требует динамического наблюдения за пациентов. Для этих целей назначается рентгенография через месяц [20]. Пример очаговой пневмонии приведен на рисунке 1.6.

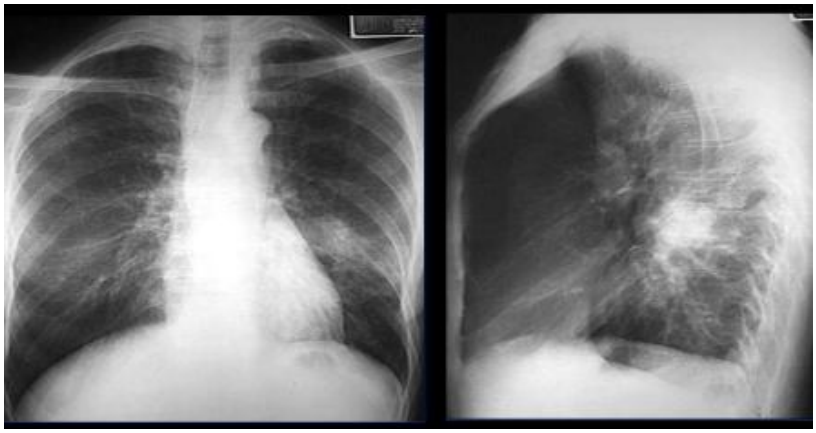

Рисунок 1.6 — Очаговая пневмония. На рентгенограмме ОГК в прямой и боковой проекции выявлено округлое затемнения

Таким образом, основными рентгенологическими признаками пневмококковой пневмонии являются затемнение легочного поля, локализация затемнения, деформация корня легкого и усиление легочного рисунка Данные показатели являются качественными, и не могут

подвергаться обработке. Качественные показатели необходимо перевести в количественные (таблица 1.9).

Таблица 1.9 ― Качественные и количественные признаки пневмонии

Качественные признаки	Количественные признаки
Затемнение легочного поля	Число очагов затемнения
	Локализация очагов затемнения
	Площадь тени
	Размеры тени
	Интенсивность затемнения по сравнению с нормальными участками легочной ткани
Расширение корня легкого	Ширина
	Диаметр сосудов

Таким образом, основными количественными признаками являются число очагов затемнения, их размеры и площадь, интенсивность затемнения по сравнению с нормальными участкамилегочной ткани, а также размер корня легкого.

1.6 Традиционная методика обнаружения и оценивания признаков пневмонии по рентгеновским изображениям лёгких

Постановка диагноза пневмония – достаточно трудоемкий процесс, требующий высокой квалификации специалиста.

Общий анализ крови помогает определить тяжесть и фазу процесса пневмонии. Но по одним лишь общим анализам нельзя поставить диагноз, так как показатели являются не специфичными и могут появляться при других инфекционных процессах. Серологическое исследование проводится при нетипичном течении пневмонии в группе риска у алкоголиков, наркоманов, при иммунодифиците. Биохимический анализ крови проводят при тяжелом течении пневмонии с проявлениями почечной, печеночной недостаточности. Исследование мокроты позволяет установить наличие инфекционного процесса и выявить возбудителя пневмонии, что позволяет

выбрать правильную терапевтическую стратегию. Микробиологическое исследование позволит заменить препараты, назначенные эмпирическим способом, на конкретные формулы, действующие прицельно. Из-за невозможности точной визуализации инфильтративных теней ультразвуковое исследование для диагностирования болезней легких используется достаточно редко.

Как правило, физиологических и лабораторных исследований недостаточно для постановки диагноза, выявления стадии пневмонии. Основным методом диагностики пневмонии является рентгенография органов грудной клетки. Диагноз без рентгена органов грудной клетки в двух проекциях считается неуточненным, сомнительным. При анализе рентгенограммы специалист оценивает объем, характер, однородность, локализацию (рисунок 1.7) поражения ткани легких, характеристики плевры.

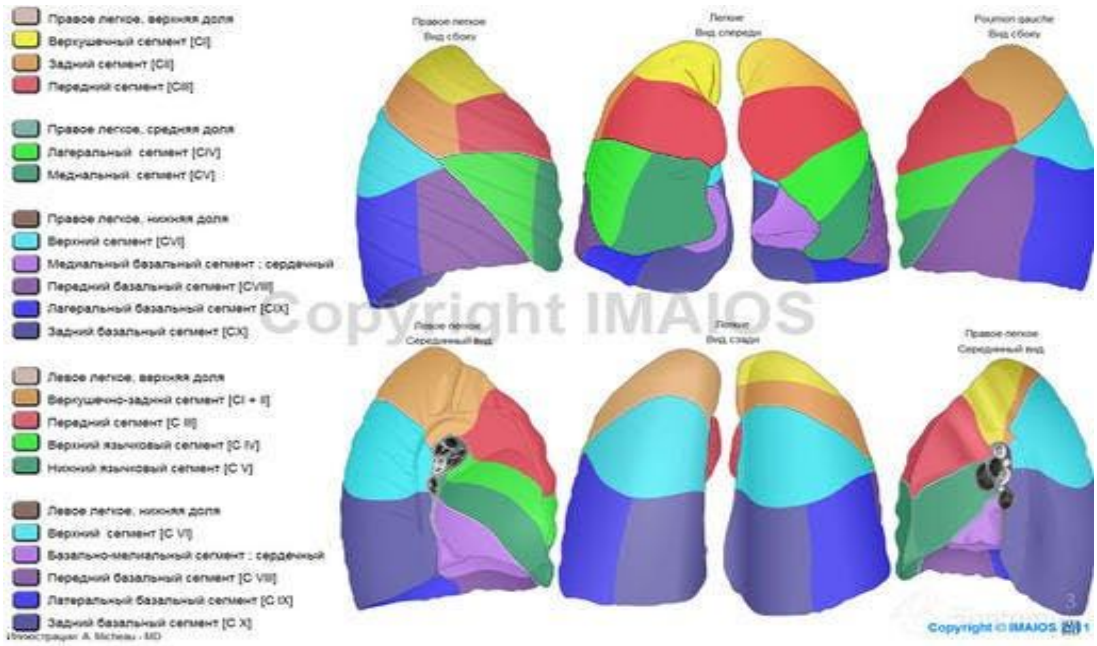

Рисунок 1.7 — Сегменты и доли легкого

План изучения рентгенограммы легких:

1 определение исследуемой области;

2 определение проекции;

3 оценка качества снимка;

4 общая оценка формы грудной клетки, симметричность ее половин;

5 изучение стенок грудной полости;

6 изучение легких;

7 изучение корней легких;

8 изучение сердечно-сосудистой тени;

9 заключение [21].

Методика исследования исследования больного при подозрении на пневмонию представлена на рисунке 1.8.

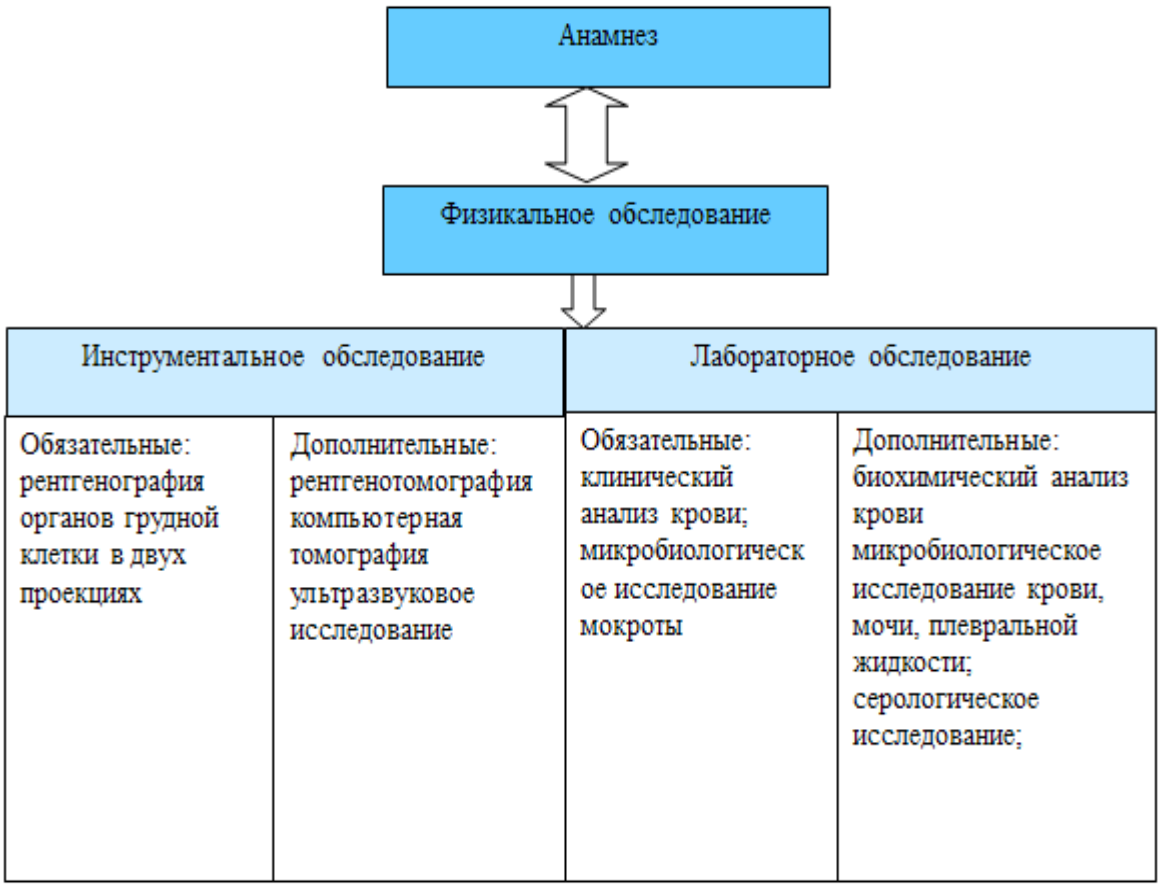

Рисунок 1.8 — Методика обследования больного при подозрении на пневмонию

В таблице 1.10 представлена методика описания рентгенологического снимка органов грудной клетки.

Таблица 1.10 — Методика анализа рентгенограмм органов грудной клетки

Этапы	Рентгенологическая терминология	Описание, выполняемой работы
1.Определение исследуемой области	Необходимо определить исследуемую область и назвать метод рентгенографического исследования	
	Обзорная рентгенограмма ОГК	Если на рентгенограмме представлена целиком анатомическая область
	Рентгенограмма правой или левой половины грудной клетки	Если на рентгенограмме представлена соответствующая часть грудной клетки
	Прицельная рентгенограмма	Если на рентгенограмме небольшого размера представлена часть органа
2. Определение проекции	Прямая	При таком положении больного, когда сагиттальная плоскость его перпендикулярна рентгеновской пленке
	Боковая	Краеобразующее положение (спереди) грудины
	Косая	Грудина проецируется на фоне легочного поля между передним контуром грудной клетки, образованным ребрами, и позвоночника
3.Оценка качества снимка	Контрастность (снимок контрастный, сниженной контрастности, неконтрастный)	Наличие на рентгенограмме черного, белого и переходных цветов от черного к белому, что отражает различную степень поглощения и прохождения рентгеновых лучей через различные ткани (появление желтого цвета или «серый» снимок свидетельствует о неконтрастности рентгенограммы
	Жесткость лучей оптимальная,	Критерием оптимальной жесткости рентгеновых лучей для данного больного является отчетливая видимость 3х - 4х верхних грудных (а не вообще) позвонков.
4.Оценка формы грудной клетки	Форма грудной клетки правильная, обе ее половины симметричны	При деформациях и асимметрии грудной клетки необходимо отметить характер деформации и выраженность ассиметрии
5.Изучение стенок грудной полости	Мягкие ткани (в пределах нормы или имеются изменения)	Оценивается форма, толщина мягких тканей, наличие каких либо теней или просветлений на их фоне, симметричность с обеих сторон.
	Скелет грудной клетки и плечевого пояса (изменения)	Изучаются форма костей, их размеры, контуры, структура, ширина межреберных (симметричных) промежутков
	Диафрагма	Оценивается высота стояния диафрагмы (в норме: справа-VI ребро, слева - на одно ребро или межреберье ниже, счет ведется по передним отрезкам ребер), форма (в норме - куполообразная), контуры

Продолжение таблицы 1.10

Этапы	Рентгенологическая терминология	Описание, выполняемой работы
6.Изучение легких	Форма и размеры легочных полей (в пределах нормы или отметить отклонения от нормы)	В норме правое легкое короче и шире левого, что связано с более высоким состоянием правого купола диафрагмы и положением сердца в грудной клетке. необходимо при этом оценить положение краев легкого. Совпадают ли с внутренними стенками грудной полости (в норме) или смешены внутри за счет, например, газа
	«Прозрачность» легочных полей - прозрачны или отметить выявленные отклонения от нормы в виде:	Осуществляется сравнением прозрачности симметричных легочных полей в норме должна быть одинакова
	Теней	Симптом, выявляемый при изменениях, характеризующих процессы с повышенным поглощением рентгеновых лучей в этих участках
	Просветлений	Симптом, выявляемый при изменениях, характеризующих процессы с повышенным прохождением рентгеновых лучей через эти участки.
	Смешанного теневого симптома	Сочетание признаков и теней, и просветлений
	При выявлении отмеченных симптомов им дается характеристика по схеме:	1. количество (одиночные или множественные); 2. локализация (по долям и сегментам); 3. форма (по форме геометрических фигур); 4. размеры (указываются в сантиметрах); 5. интенсивность (признак, используемый только для характеристики теней). Интенсивная тень по плотности равна плотности ребра, тень средней интенсивности - плотности корня легкого, малой интенсивности - плотности элемента легочного рисунка; 6. структура (гомогенная или негомогенная, однородная или неоднородная - синонимы); 7. контуры (ровные или неровные, четкие или нечеткие); 8. смещаемость (только при рентгеноскопии или на серии рентгенограмм);
	Изучение легочного рисунка (усилен, обеднен или в норме)	В норме легочный рисунок представляет собой разветвления сосудов, древовидно ветвящихся, с постепенны уменьшением их калибра к периферии, на расстоянии 1,5- 2,0 см от края легочного поля не определяется

Продолжение таблицы 1.10

Этапы	Рентгенологическая терминология	Описание, выполняемой работы
7. Изучение корней легких	Положение корней (в норме или изменено)	В норме - на уровне II-IV ребер, слева несколько выше, чем справа.
	Размеры	Длина соответствует ширине двух межреберных промежутков, ширина - корень легкого располагается внутри от перпендикуляра, опушенного из конца костной части 1 ребра.
	Плотность корней	Определяется сравнением обоих корней
	Структурность (корень структурен или не структурен)	В норме корни легких структурны. Тень структурного корня легкого не однородна
	Дифференцировка корней	Выделения на рентгенограмме изображения головки, тела и хвостового отделов корней легких. В диагностическом отношении этот признак не очень важен
8. Изучение сердечно-сосудистой тени	Форма (обычная или измененная)	При изучение формы исследуемого органа могут быть выявлены деформации, типичные для определенных заболеваний
	Митральная	Характеризуется сглаженностью талии сердца или выбуханием контура сердечно-сосудистой тени в этом месте (вместо обычного западения)
	Аортальная	Характеризуется подчеркнутостью талии сердца (область II и III дуг по левому контору)
	Шаровидная	Отмечается обычно в раннем детском возврате.
	Трапециевидная	Встречается при некоторых заболеванияхсердца.
	Положение тени	Определяется углом между горизонтальной линией и длинником сердца
	Размеры тени	Истинные размеры можно получать только на телерентгенограммах
Заключение		Формируется в 2 этапа: сначала необходимо отнести выявленные отклонения от нормы к одному из синдромов легочной или сердечно-сосудистой патологии, затем, используя алгоритм, выбрать наиболее подходящее по рентгенологической картине (а если дана клиническая картина заболеваний, то с учетом клиники) заболевание [22]

Таким образом, у методики постановки диагноза при подозрении на пневмонию существует ряд недостатков, которые проявляются трудоёмкостью, ограниченной достоверностью, необходимостью высокой квалификации специалистов. При постановке диагноза пневмония

необходимо провести тщательный сбор анамнеза, физикальное обследование, выполнить обязательные (рентгенография органов грудной клетки в двух взаимно перпендикулярных поверхностях, клинический анализ крови, микробиологическое исследование мокроты) и дополнительные (КТ, ультразвуковое исследование, биохимический анализ крови, микробиологическое исследование биологических жидкостей, серологическое исследование) методы обследования. Грамотная интерпретация полученных результатов сложное занятие, требующее обширных знаний и длительного практического опыта специалиста.

1.7 Основные результаты и выводы по первому разделу

1. Эпидемиология пневмоний на современном этапе характеризуется возникшей с конца 80-х годов тенденцией к росту заболеваемости и летальности как у нас в стране, так и во всем мире. В настоящее время во всем мире пневмонии занимают 4 – 5-е место в структуре причин смерти, а среди инфекционных болезней – 1-е место. Пневмония - нередкое и тяжелое заболевание, представляющее особую опасность жизни новорожденных и стариков, а также многочисленным группам риска трудоспособного населения.

2. В РФ пневмококк является причиной до 62 - 76% пневмоний у взрослых. Наиболее высокая летальность наблюдается при внебольничной пневмонией, вызванной Streptococcuspneumoniae, Legionellaspp. В связи с тем, что в структуре заболеваемости и смертности от внебольничной пневмонии лидирует – пневмококк, в данной работе рассматриваются внебольничные пневмонии, вызванные данным возбудителем.

3. При постановке диагноза пневмония важно правильно собрать и интерпретировать данные анамнеза и физиологические характеристики, которые позволяют предположить возможного возбудителя заболевания и, соответственно, дифференцировать крупозную и очаговую пневмонии. Как

правило, физикальных и лабораторных исследований недостаточно для постановки диагноза, выявления стадии пневмонии. Основным методом диагностики пневмонии является рентгенография органов грудной клетки.

4. Основными рентгенологическими качественными признаками пневмококковой пневмонии являются наличие на снимке затемнений, расширения корней, деформация и усиление легочного рисунка, завуалированность реберно-диафрагмального синуса (при плевропневмонии). Рентгенологическая картина при пневмонии зависит от возбудителя, стадии заболевания. Поскольку наличие рентгенологических признаков является обязательным критерием, наиболее диагностически значимой группой признаков, являются затемнение легочного поля, деформация корня легкого и усиление легочного рисунка.

5 Основными количественными признаками пневмококковойпневмонии являются число очагов затемнения, их размеры и площадь, интенсивность затемнения по сравнению с нормальными участками легочной ткани, а также размер корня легкого.

6 При постановке диагноза пневмония необходимо провести тщательный сбор анамнеза, физикальное обследование, выполнить обязательные (рентгенография органов грудной клетки в двух взаимно перпендикулярных поверхностях, клинический анализ крови, микробиологическое исследование мокроты) и дополнительные (КТ, ультразвуковое исследование, биохимический анализ крови, микробиологическое исследование биологических жидкостей, серологическое исследование) методы обследования. Грамотная интерпретация полученных результатов сложное занятие, требующее обширных знаний и длительного практического опыта специалиста.

7 Возникает потребность во внедрении информационных технологий обнаружения и оценивания признаков пневмонии по рентгеновским изображениям лёгких, позволяющих снизить трудоёмкость

диагностирования по рентгенологическим изображениям, снизить ошибки при диагностировании, ограничить требования к квалификации специалистов.

2 МЕТОДЫ И СРЕДСТВА РЕНТГЕНОВСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ОРГАНОВ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ

2.1 Методы рентгеновского исследования органов грудной клетки

Развитие компьютерной техники позволило разработать цифровой способ получения рентгеновского изображения. При цифровой рентгенографии может применяться обычное рентгеновское оборудование, но изображение поступает в специальное устройство – аналого-цифровой преобразователь, в котором электрический сигнал, несущий информацию о рентгеновском изображении, кодируется в цифровую форму. Поступая затем в компьютер, цифровая информация обрабатывается в нем по заранее составленным программам, выбор которых зависит от задач исследования. Превращение цифрового образа в аналоговый происходит в цифро-аналоговом преобразователе [23].

Все методы формирования и регистрации цифровых рентгеновских изображений и, соответственно, реализующие эти методы технологические разработки могут быть условно разделены на 2 группы:

1 системы, в которых прием и преобразование информации, содержащейся в рентгеновском потоке, прошедшем через исследуемую область тела пациента, осуществляется с использованием запоминающих устройств, выполняющих роль своеобразного буфера, с формированием цифрового массива данных при последующем считывании информации уже с запоминающего устройства в специально предназначенной для этих целей аппаратуре (рисунок 2.1);

2 системы с непосредственным приемом и преобразованием информации, содержащейся в прошедшем через тело пациента потоке фотонов, в массив цифровых данных – системы с формированием цифровых изображений в режиме реального масштаба времени (рисунок 2.2) [24].

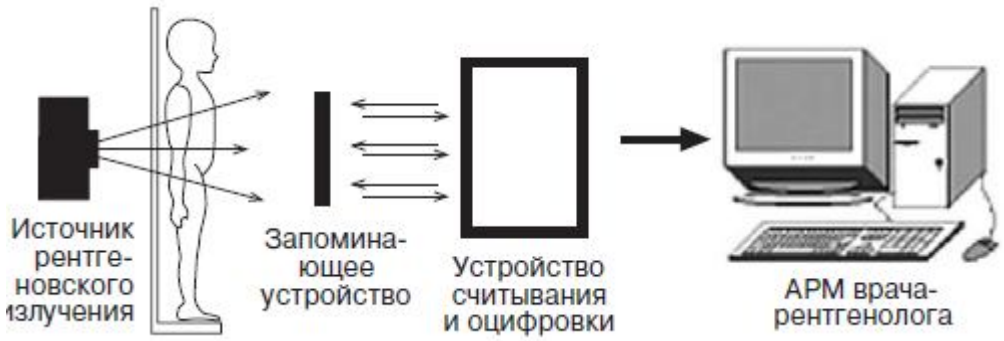

Рисунок 2.1 —Система с формированием цифрового рентгеновского изображения при использовании запоминающего устройства.

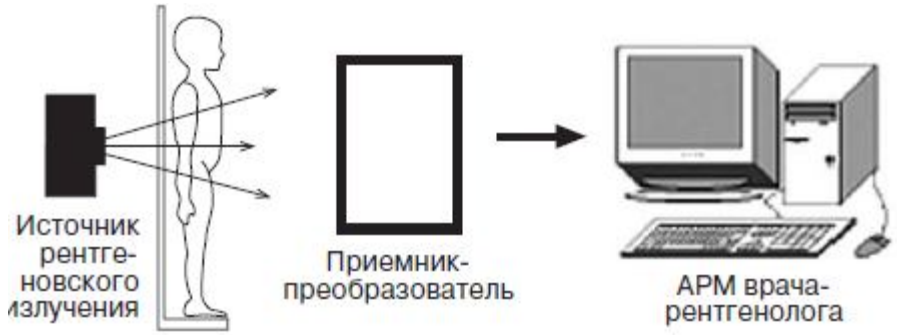

Рисунок 2.2 —Система с непосредственным формированием цифрового рентгеновского изображения.

Оборудование для цифровой рентгенографии может быть как портативным, так и стационарным, которое располагается в особых кабинетах, и может давать более 200 снимков в час. Вся система для цифровой рентгенографии включает в себя дисплей, клавиатуру и компьютер, который соединен со сканером. Врач может видеть рентгеновский снимок без всякой пленки, может сохранить его в компьютере, на отдельном диске, передать по интернету или при необходимости просто распечатать на принтере [25]. На рисунке 2.3 представлены составные элементы цифровой системы.

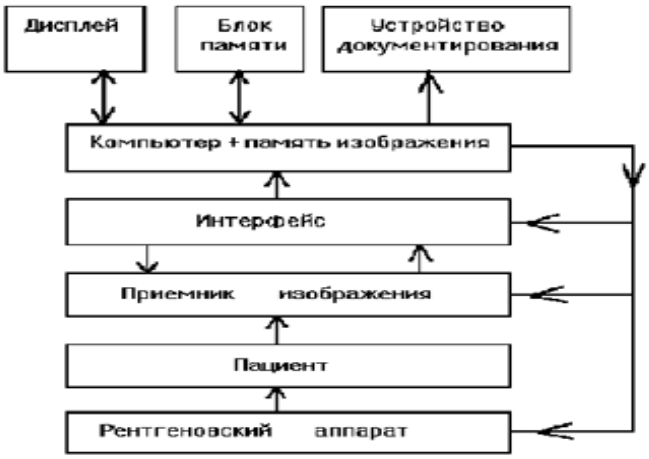

Рисунок 2.3 — Составные элементы цифровой системы получения рентгеновских изображений [26]

На рисунке 2.4 изображена принципиальная схема взаимодействия элементов системы получения, обработки, хранения и передачи рентгеновских диагностических изображений.

Система представлена тремя каналами:

1 традиционная рентгенография;

2 цифровая рентгенографическая установка;

3 рентгеноскопия (видеосигнал с УРИ).

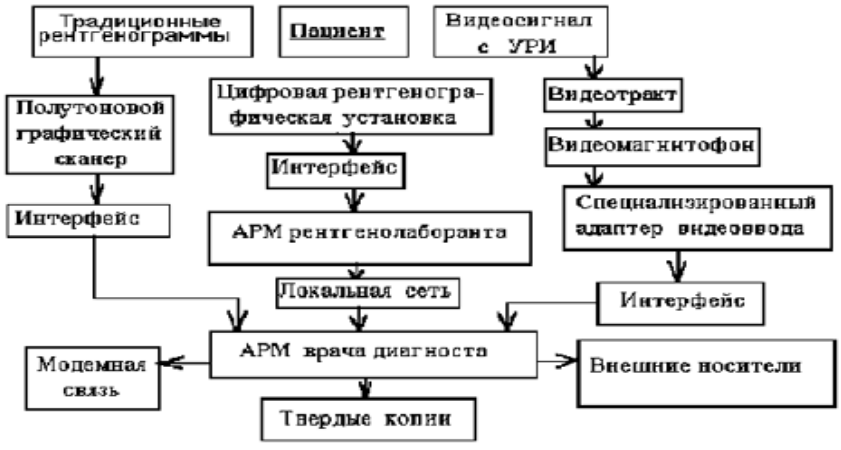

Рисунок 2.4 — Принципиальная схема взаимодействия элементов системы получения, обработки, хранения и передачи рентгеновских диагностических изображений [26]

Структура цифрового рентгеновского комплекса включает автоматизированное рабочее место (АРМ) лаборанта и АРМ врача-рентгенолога (рисунок 2.5).

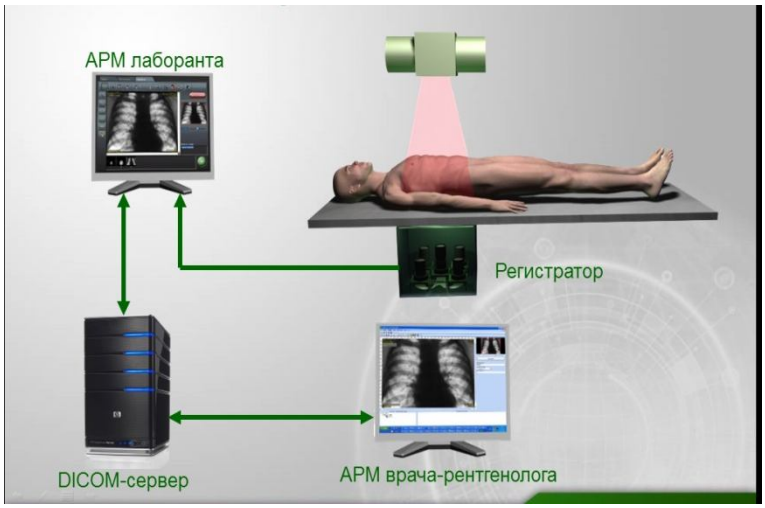

Рисунок 2.5 —Схема работы рентгенологической системы

Основные преимущества цифровой рентгенографии перед традиционной:

- быстрота получения изображения;

-широкие возможности обработки (коррекция яркости и контрастности, подавление шума, электронно увеличение изображения зоны интереса, преимущественное выделение костных либо мягкотканных структур и т.д.);

- получение более четких снимков;

- отсутствие фотолабораторного процесса;

- электронное архивирование изображений;

- передача изображения на большие расстояния без потери качества.

Недостатки цифровой рентгенографии:

- распечатки цифровых изображений на бытовом принтере пока уступают пленкам в качестве изображения;

- высокие начальные затраты на приобретение комплекса цифровой рентгенографии [23].

В настоящее время цифровые рентгенодиагностические системы включают рабочее место, как врача - рентгенолога, так и рентген лаборанта. Классификация АРМ представлена в таблице 2.1.

Таблица 2.1 — Классификация АРМ

Классификационные признаки	Классификационная группа
Назначение	АРМ рентген-лаборанта; АРМ врача-специалиста
Комплектация	АРМ поставляемые в составе рентгеновского комплекса; поставляемые дополнительно

В таблице 2.2 представлены характеристики АРМ врача-рентгенолога.

Таблица 2.2 — Характеристики АРМ врача-специалиста [27, 28, 29]

Характеристики	АРМ				
	Medical Vision	ДИАРМ-МТ	ПроМед	Рентгенолог	Гамма Мультивокс Д1
Страна-производитель	Россия	Россия	Россия	Россия	Россия
Поддержка Dicom 3.0	Да	Да	Да	Да	Да
База данных пациентов и результатов обследований	Да	Да	Да	Да	Да
Создание и печать отчетов	Да	Да	Да	Да	Да
Функции архивирования изображений	Да	Да	Да	Да	Да
Функции улучшения и восстановления изображений	Да	Да	Да	Да	Да
Функции фильтрации изображений	Да	Да	Да	Да	Да
Функции оценивания признаков (площадь затемнения, ширина корня легкого и т.д.)	-	-	Да	нет	Да
Стоимость, руб	217000	-	-	-	799972,25

Таким образом, внедрение цифровой рентгеновской техники позволило значительно снизить дозу облучения пациента, сократить трудоёмкость обследования, упростить выбор режима обследования, создаёт возможность внедрения информационной технологии улучшения, восстановления снимка

и распознавания заболевания, возможность виртуального архивирования снимков.

2.2 Программные средства улучшения качества изображения и оценивания признаков объектов на изображения

Программное обеспечение АРМ, входящего в состав цифрового рентгенодиагностического устройства, содержит системный и прикладной компоненты. В качестве операционной системы в зарубежных разработках широко используются различные версии платформы Unix, а в нашей стране наибольшее распространение получили версии MS Windows. Для организации эффективной работы при использовании цифровых комплексов в рабочих станциях в качестве прикладного применяют специализированное программное обеспечение, которое служит для управления аппаратной частью, регистрации полученных изображений, их математической обработки, организации хранения информации и быстрого доступа к ней, а также для выполнения целого ряда других функций, например работы в локальных вычислительных сетях отделений и ЛПУ [30].

При запуске программы АРМ-лаборанта осуществляется проверка наличия разрешения на работу для данного лица из состава персонала отделения путем введения имени и пароля. В том случае, если доступ данного лица санкционирован, ему предоставляется доступ к единой учетной форме для проведения регистрации и приема пациентов. Основные сведения о пациенте, вид проекции и параметры съемки, дата и время проведения исследования, регистрационный номер страхового полюса и другие данные, вводятся через рабочий список с клавиатуры один раз и после этого являются составной частью цифрового изображения. В диалоговом окне лаборант автоматически или вручную осуществляет выбор параметров съемки и режим работы, в зависимости от вида исследования и получения оптимального качества изображения. По окончании регистрации лаборант с

помощью переговорного устройства приглашает пациента принять необходимое для съемки положение в кабине, ведя наблюдение за его укладкой по каналу видеосвязи. Полученное цифровое рентгеновское изображение исследуемого органа пациента отображается на экране монитора сразу после съемки и затем, проанализировав полученный снимок, лаборант, производит запись цифрового изображения в базу данных рентгенологического отделения. Записанный результат исследования в архив становится доступным для анализа врачом-рентгенологом сразу же после записи, либо в любое другое удобное для него время.

В АРМ-врача входят программы оформления диагноза, расчета статистических данных, справочные сведения и программные средства для улучшения качества изображения и оценивания признаков. Визуализация рентгеновского изображения осуществляется на специальном медицинском мониторе, эффективность которого оценивается свойствами полученного светового изображения. Работа с изображениями ведется в формате международного стандарта медицинских изображений DICOM-3. Вывод (получение твёрдых копий) производится с помощью принтера, позволяющего переносить снимки с высоким качеством изображения на бумагу. Врач, в удобное для него время, проводит обработку и анализ изображений сохраненных в архиве данных, используя следующие возможности: изменяет яркость и контраст снимка; выбирает и масштабирует область интереса; просматривает изображение в негативе и позитиве; производит ввод описаний результатов обследования. Особенно важно получение количественных характеристик изображения – это определение расстояний, углов, размеров органов или патологических образований. При уточнении диагноза возможно измерение относительной плотности в каждой точке снимка или средней относительной плотности в произвольном фрагменте снимка. АРМ должно иметь дружественный интерфейс и быть адаптированным к пользователю (рисунок 2.6 – 2.10). При работе с

цифровым изображением в рабочем окне отображаются необходимые клавиши для постобработки изображения. Данные клавиши, как правило, сгруппированы по выполняемым ими функциям [30].

Рисунок 2.6 — Пользовательский интерфейс рентгенлаборанта АРМ «X-RAY»

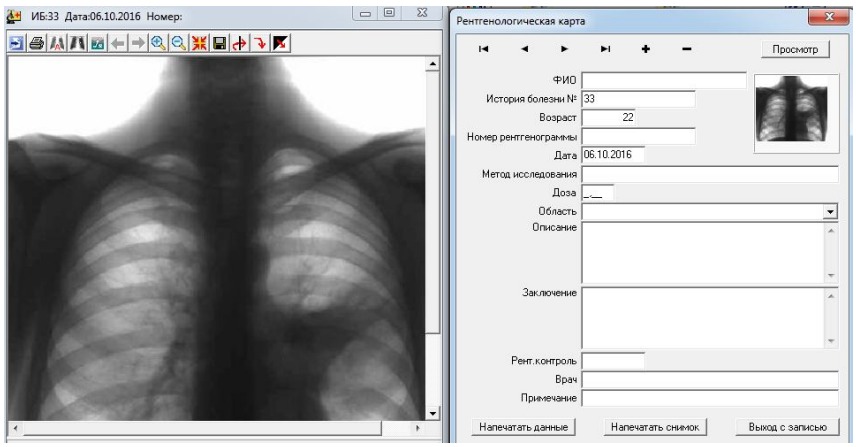

Рисунок 2.7 — Интерфейс АРМ «Рентгенолог»

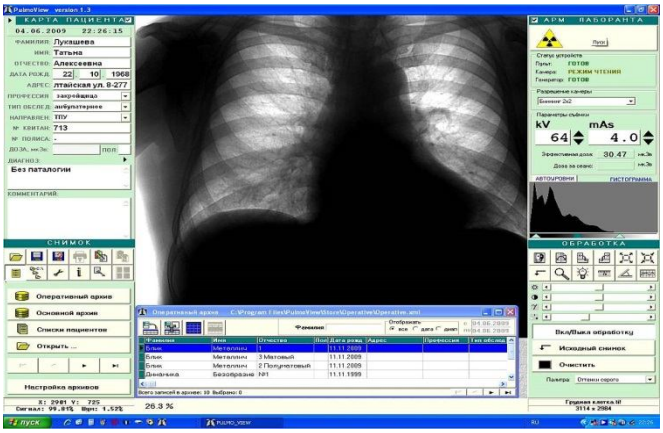

Рисунок 2.8 — Пользовательский интерфейс «ПУЛЬМО-Х»

Рисунок 2.9 — Пользовательский интерфейс «Гамма Мультивокс Р»

Рисунок 2.10 — Пользовательский интерфейс «Гамма Мультивокс Д1»

Последним достижением в информационном обеспечении АРМ рентгенолога стали программы CAD (Computer-Aided Diagnosis -

компьютерная помощь в диагностике). Эта система может быть обозначена как компьютерная помощь в диагностике заболевания на основе построения вероятностных моделей типичных рентгенологических образов.

Система CAD ни в коем случае не ставит диагноз и не подменяет врача. Она - лишь его умный компьютерный помощник. Ее метко характеризуют как «вторичное компьютерное мнение» в медицинской диагностике. Кроме рентгенологии эта система применяется также в других разделах медицинской диагностики - ультрасонографии, радионуклидной сцинтиграфии и магнитнорезонансной томографии.

Система CAD строится на трех базовых принципах: выделение и усиление патологических изменений на рентгенограмме, математическая оценка формы, контраста и размеров найденных очагов патологии, разделение выявленных изменений на норму и патологию. В настоящее время наибольшее распространение системы CAD получила в цифровой маммографии, ангиологии и пульмонологии [3] (рисунок 2.11).

Рисунок 2.11 — Рабочее окно системы CAD при анализе рентгенограммы легких

В таблице 2.3 представленыхарактеристики программного обеспечения АРМ врача-специалиста.

Таблица 2.3 — Характеристики программного обеспечения АРМ [27, 28, 29]

Характеристики	АРМ				
	Medical Vision	ДИАРМ-МТ	ПроМед	Рентгенолог	Гамма Мультивокс Д1
Функции работы с изображениями					
Быстрое сохранение изображения в базе данных	Да	Да	Да	Да	Да
Печать изображения на бумаге	Да	Да	Да	Да	Да
Архивирование изображений	Да	Да	Да	Да	Да
Увеличение изображения	Да	Да	Да	Да	Да
Уменьшение изображения	Да	Да	Да	Да	Да
Поворот изображения вокруг своей оси	Да	Да	Да	Да	Да
Отмена всех изменений изображения	Да	Да	Да	Да	Да
Выделение области интереса	Да	-	-	Нет	Да
Функции улучшения изображений					
Изменение яркости изображения	Да	Да	Да	Да	Да
Изменение контраста изображения	Да	Да	Да	Да	Да
Инверсия изображения	Да	Да	Да	Да	Да
Коррекция гистограммы					
Функции восстановления (фильтрации) изображений					
Сглаживающий фильтр	Да	Да	Да	Да	Да
Выделение деталей	-	-	-	Да	-
Удаление мелких дефектов	Да	Да	Да	Да	Да
Повышение резкости	Да	Да	Да	Да	-
Поиск переходов яркости	Нет	-	-	Да	-
Функции выделения границ объектов					
Выделение границ объектов	Да	-	-	Нет	-
Функции оценивания признаков					
Измерение длин, углов, площадей поверхностей и отображение на экране	-	-	Да	Нет	Да

Таким образом, исследование функций и особенностей работы современных специализированных систем для анализа и обработки медицинских изображений в различных целях показало, что эти системы

обладают рядом недостатков. Основным недостатком представляется то, что большинство из систем содержит лишь широкий набор методов анализа и обработки изображений, доступный исследователю, без указаний, какой именно метод должен быть применен для достижения поставленной цели преобразования.

В связи с этим выявлены следующие проблемы:

1 невозможно гарантированно осуществить оптимальный (в смысле достижения поставленной цели преобразования) выбор метода для обработки изображений, поскольку этот выбор основывается лишь на знаниях и опыте пользователя;

2 невозможно осуществить перебор всех имеющихся в распоряжении исследователя методов для достижения наилучшего результата обработки, поскольку это будет слишком затратным по времени.

Таким образом, для улучшения работы систем анализа и обработки медицинских изображений, очевидно, необходима методика, обеспечивающая наиболее оптимальный набор инструментов для преобразования изображения. Эти проблемы можно решить с пакетом Image Processing Toolbox в MATLAB.

2.3 Анализ рентгеновских изображений в Image Processing Toolbox

Пакет ImageProcessingToolbox (IPT) в MATLAB включает большое количество функций для работы с изображениями. 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 [31] (таблица 2.4).

Таблица 2.4 — Функции работы с изображениями в IPT

Название функции	Назначение функции	Использование функции		
		Работа с изображениями	Обнаружение признаков заболевания	Оценка признаков заболевания
Работа с графическими форматами файлов				
imread	чтение изображения из файла	+	-	-
imwrite	запись изображения в файл	+	-	-
Вывод изображения на экран				
imshow	вывод изображения на экран	+	-	-
imcontour	построение линий уровня	+	+	-
zoom	масштабирование	+	-	-
Преобразование типов изображения				
rgb2gray	преобразование изображения в полутоновое	+	-	-
im2bw	Преобразование изображения в бинарное	+	-	-
Выделение области интереса				
roifill	заполнение областей интереса	+	-	-
roifilt2	заполнение областей интереса	+	-	-
roipoly	заполнение области интереса с помощью полигона	+	-	-
Улучшение изображения				
histeq	выравнивание гистограммы	+	-	-
imadjust	контрастирование с гамма-коррекцией	+	-	-
stretchlim	поиск границ повышения контраста изображения	+	-	-
imcontrast	изменение контраста	+	-	-
Фильтрация изображения				
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	+	-	-
Сегментация изображения				
edge	выделение границ	-	+	-

Продолжение таблицы 2.4

Поиск объектов и вычисление их признаков				
regionprops	определение свойств области изображения	-	-	+
bweuler	вычисление числа Эйлера	-	-	+
bwarea	вычисление площади объектов	-	-	+
imfeature	вычисление признаков объектов	-	-	+

Функция imread используется для открытия файлов. Функция imwrite сохраняет измененное изображение. Синтаксис приведен в таблице 2.5.

Таблица 2.5 — Синтаксис записи функции imread

Форма записи	Описание
D=imread(filename, fmt)	Читает из файла с именем filename бинарное, полутоновое или полноцветное изображение и помещает его в массив D. Параметр fmt в вызове функции может быть опущен, в этом случае формат файла автоматически определяется из его содержимого
B=imwrite(S, filename, fmt)	Записывает в файл с именем filename бинарное, полутоновое или полноцветное изображение S. Формат файла определяется параметром ftm. Параметры filename и ftm являются строками

Функция imshowиспользуется для вывода изображения на экран. Функция imcontour рассматривает полутоновое изображение I как трехмерную поверхность, строит для поверхности линии уровня аналогично функции MATLAB contour и выводит их на экран. Линии уровня образуются в результате пересечения плоскостей, перпендикулярных оси яркости и рассматриваемой поверхности. Для масштабирования используется команда zoom (таблица 2.6).

Таблица 2.7 — Синтаксис записи функции imshow

Форма записи	Описание
imshow(I, n)	Выводит на экран полутоновое изображение I, используя при выводе n уровней серого. Если при вызове функции опустить параметр n, то когда MATLAB запущен в графическом режиме TrueColor, для вывода полутонового изображения используется 256 градаций серого или 64 градации серого, когда MATLAB запущен в графическом режиме с меньшим количеством цветов

Продолжение таблицы 2.7

Форма записи	Описание
imcontour(I, n)	Читает из файла с именем filename бинарное, полутоновое или строит линии уровня для полутонового изображения I, используя n плоскостей, проходящих через значения, равномерно распределенные по оси яркости. Если в вызове функции параметр n опущен, то он выбирается автоматически
zoom on	Включает режим интерактивного масштабирования для текущего окна. В этом режиме щелчок клавиши мыши приводит к увеличению или уменьшению окна в factor раз. Курсор мыши должен находится в пределах изображения. Щелчок левой клавишей мыши приводит к увеличению окна, а щелчок правой клавишей - к уменьшению*. Если перемещать курсор при нажатой левой клавише мыши, то можно указать прямоугольный фрагмент изображения, который следует увеличить до размеров всего окна
zoom off	Выключает режим интерактивного масштабирования
zoom out	Возвращает размер изображения к его первоначальному состоянию

Функции rgb2gray, im2bw используют для преобразования изображений (таблица 2.8). Группа функций imbw создает бинарное изображение, используя отсечение по порогу яркости. Для этой цели полноцветные и палитровые изображения конвертируются в полутоновые. 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 2.8 — Синтаксис функций преобразование изображений

Форма записи	Описание
I=rgb2gray(RGB)	Создает полутоновое изображение I, преобразуя R-, G-, B-составляющие пикселов полноцветного изображения в соответствующие им значение яркости
BW=im2bw(S, threshold)	Используется для преобразования полутонового или полноцветного изображения S в бинарное BW

Функция roifill предназначена для устранения небольших по площади дефектов полутоновых изображений. Она заполняет задаваемые области плавными переходами яркости, используя интерполяцию по значениям яркости граничных пикселов области. Функция roifilt2 предназначена для фильтрации отдельных фрагментов полутоновых изображений. Эти фрагменты – области интереса (regions of interest) - задаются с помощью бинарного изображения BW. Заполнение области интереса с помощью полигона осуществляется с помощью функции roipoly (таблица 2.9).

Таблица 2.9 — Синтаксис функций выделения области интереса

Синтаксис	Описание
Id=roifill(Is)	Позволяет интерактивно задать область на исходном полутоновом изображении Is и создает новое полутоновое изображение Id, которое отличается от исходного изображения Is тем, что заданная область заполнена
Id=roifilt2(h, Is, BW)	Создает изображение Id как результат фильрации областей интереса BW исходного изображения Is линейным фильтром с маской h
BW=roipoly(S)	Позволяет интерактивно задать область интереса на исходном изображении S любого типа и поместить результат в бинарное изображение BW. Полученное бинарное изображение BW можно использовать в качестве области интереса для функции roifilt2 или для задания положения объектов и их последующего поиска с помощью функции bwlabel

Таким образом, пакет прикладных программ Image Processing Toolbox позволяет реализовать следующие функции АРМ врача-рентгенолога: сохранение, архивирование, масштабирование изображения, а также выделение области интереса.

Функции histeq, imadjust, stretchlim используются улучшения изображения. Функция histeq улучшает контраст изображения с помощью преобразования значений пикселов исходного изображения таким образом, чтобы гистограмма яркостей пикселов результирующего изображения приблизительно соответствовала некоторой предопределенной гистограмме. Функция imadjust применяется для контрастирования с гамма-коррекцией.

Поиск границ повышения контраста на изображении осуществляется с помощью функции stretchlim (таблица 2.10).

Таблица 2.10 —Синтаксис группы функций улучшения изображения

Синтаксис	Описание
Id=imadjust(Is, [low high], [bottom top], gamma)	Создает полутоновое изображение Id путем контрастирования исходного полутонового изображения Is. Значения яркости в диапазоне [low high] преобразуются в значения яркости в диапазоне [bottom top]. С помощью показателя gamma можно дополнительно осуществлять преобразование, называемое гамма - коррекцией.
LOW_HIGH=stretchlim(I, TOL)	Возвращает пару значений яркостей, которые могут использоваться функцией imadjust для увеличения контраста изображения. Параметр TOL=[LOW_FRACT HIGH_FRACT] описывает часть изображения с точки зрения минимальной и максимальной яркости
histeq(Is, hgram)	Преобразует исходное полутоновое изображение Is таким образом, чтобы гистограмма яркостей пикселов результирующего полутонового изображения Id приблизительно соответствовала гистограмме, задаваемой вектором hgram

Функция imcontrast используется для доступа к интерактивному методу регулирования контраста и яркости (таблица 2.11).

Таблица 2.11 — Синтаксис записи функции imcontrast

Синтаксис	Описание
imcontrast	Функция imcontrast создает инструментарий усиления контраста изображения, связанный с полутоновым изображением в текущем окне просмотра и названный объектом изображения. Когда окно просмотра содержит многослойное изображение, объектом является первое полутоновое изображение в окне просмотра (созданное последним). Функция imcontrast создает этот инструментарий в отдельном окне просмотра

С помощью imcontrast можно изменять контрастность изображения, что может применяться для нахождения того состояния изображения, когда дефект наиболее выражен.

Таким образом, пакет прикладных программ Image Processing Toolbox позволяет реализовать следующие функции АРМ врача-рентгенолога:

изменение яркости и контраста, инверсию изображения, а также управление яркостью палитры, выравнивание гистограммы, поиск границ повышения контраста изображения и интерактивный метод регулирования контраста и яркости изображения.

Функция conv2 осуществляет свертку изображений. Функция fsamp2 применяется для формирования маски линейного фильтра по желаемой АЧХ. Функция medfilt2 применяется для медианной фильртации. Функция imfilter выполняет фильтрацию двумерных и многомерных изображений. Для задания маски предопределенного фильтра используется функция fspecial (таблица 2.12).

Таблица 2.12 — Синтаксис функций фильтрации изображений

Форма записи	Описание
Z=conv2(X, Y)	Вычисляет свертку Z двух изображений [1], представленных в виде двумерных массивов X и Y
h=fsamp2(H)	Формирует маску с линейного двумерного КИХ-фильтра, основываясь на желаемой АЧХ двумерного фильтра, передаваемой в матрице H
D=medfilt2(S, [m n])	Создает полутоновое изображение D, каждый пиксель которого формируется следующим образом. Пиксели исходного полутонового изображения S, соответствующие всем элементам маски фильтра размера m n, составляют упорядоченную последовательность A
B=imfilter(A,H)	Фильтрует многомерный массив A многомерным фильтром H. Массив A должен быть неразреженным числовым массивом любого формата и размерности. Результирующий массив B имеет ту же размерность и формат представления данных, что и массив A
h=fspecial(type, P1, P2)	Возвращает маску h предопределенного двумерного линейного фильтра, задаваемого строкой type. Маска h предназначена для передачи в функции filter2 или conv2, выполняющих двумерную линейную фильтрацию. В зависимости от типа фильтра для него могут быть определены один или два дополнительных параметра P1, P2

Таким образом, пакет прикладных программ Image Processing Toolbox позволяет реализовать следующие функции АРМ врача-рентгенолога: свертка, фильтрация области интереса, выделение деталей, удаление мелких дефектов, а также фильтрация двумерных и многомерных изображений, медианная и ранговая фильтрация.

Функция выделения границ edge реализует встроенные методы Собела, Превита, Робертса, лапласиан-гауссиана, Канни (таблица 2.13).

Таблица 2.13 — Синтаксис записи функции edge

Синтаксис	Описание
BW=edge(I, method)	Предназначена для выделения границ на исходном полутоновом изображении I. Данная функция возвращает бинарное изображение BW такого же размера, как исходное I

Таким образом, пакет прикладных программ Image Processing Toolbox позволяет реализовать следующие функции АРМ врача-рентгенолога: выделение границ объектов на изображении.

Функция regionprops вычисляет признак объектов на изображении. Функция bweuler вычисляет для бинарного изображения число Эйлера. Число Эйлера равно числу объектов на изображении минус количество дыр в этих объектах (таблицы 2.14).

Таблица 2.14 — Синтаксис функции вычисления признаков объектов

Синтаксис	Описание
STATS=regionprops(L, properties)	измеряет набор характеристик для каждойобласти, отмеченной в матрице меток L. Положительные вещественные элементы L соответствуют разным областям. Например, набор элементов L равных 1соответствует 1-й области, набор элементов L равных 2 соответствует 2-й области и т.д. Результирующая переменная STATS имеет структуру в виде массива длиной max (L(:))
e=bweuler(BW, n)	Параметр n определяет используемый критерий связности. Он может быть равен 4 или 8. При вызове функции bweuler параметр n можно опустить, в этом случае объекты рассматриваются как 8-связные.

Таким образом, пакет прикладных программ Image Processing Toolbox позволяет реализовать следующие функции АРМ врача-рентгенолога:

измерение длин, площадей поверхностей, а также определение свойств области изображения и вычисление числа Эйлера.

2.4 Графический интерфейс Matlab

В состав MATLAB входит среда GUIDE для создания приложений с графическим интерфейсом пользователя. Работа в этой среде достаточно проста- элементы управления (кнопки, раскрывающиеся списки и т.д.) размещаются при помощи мыши, а затем программируются события, которые возникают при обращении пользователя к данным элементам управления.

Приложение может состоять как из одного основного окна, так и нескольких окон и осуществлять вывод графической и текстовой информации, в основное окно приложения и в отдельные окна. Ряд функций MATLAB предназначен для создания стандартных диалоговых окон открытия и сохранения файла, печати, выбора шрифта, окна для ввода данных и др., которыми можно пользоваться в собственных приложениях.

Основное окно среды GUIDE содержит поле окна приложения, вертикальную панель инструментов для добавления элементов интерфейса, горизонтальную панель инструментов и меню (рисунок 2.12).

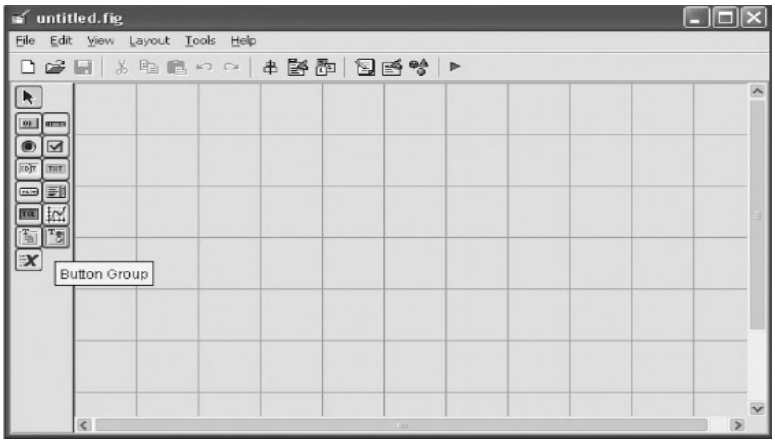

Рисунок 2.12 – Основное окно среды GUIDE

Основные функции MATLAB GUIDE представлены в таблице 2.15.

Таблица 2.15 —Функции кнопок MATLAB GUIDE

Название	Описание
Select	Выбор объектов окна GUI
Pushbutton	Кнопка
Radiobutton	Переключатель
Edit text	Ввода и редактирования текста
Popupmenu	Раскрывающийся список
Togglebutton	Кнопка-переключатель
Panel	Панель
Checkbox	Флаг
ActiveX Component	Компонент ActiveX
Slider	Линейка прокрутки
Listbox	Список
Axes	Оси графика
Static text	Область ввода текста
Button group	Кнопка для группы объектов

На рисунке2.13 выведены все объекты GUI, кроме ActiveX. Попытка вывода объекта ActiveX приведет к выводу окна с обширным списком объектов ActiveX, которые являются действующими объектами, например календарем, часами.

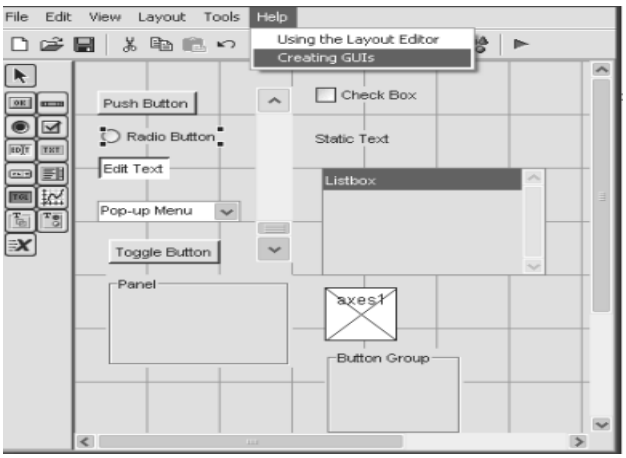

Рисунок 2.13 — Пример вывода всех объектов GUI, кроме ActiveX

Пакет прикладных программ Image Processing Toolbox обладает мощным инструментарием для обработки и анализа цифровых изображений.

2.5 Основные результаты и выво+ды по второму разделу

1 Внедрение цифровой рентгеновской техники позволило значительно снизить дозу облучения пациента, сократить трудоёмкость обследования, упростить выбор режима обследования, создаёт возможность внедрения информационной технологии улучшения, восстановления снимка и распознавания заболевания, возможность виртуального архивирования снимков.

2 Исследование функций и особенностей работы современных специализированных систем для анализа и обработки медицинских изображений в различных целях показало, что эти системы обладают рядом недостатков. Большинство из систем содержит лишь широкий набор методов анализа и обработки изображений, доступный исследователю, без указаний, какой именно метод должен быть применен для достижения поставленной цели преобразования. Невозможно гарантированно осуществить оптимальный выбор метода для обработки изображений, поскольку этот выбор основывается лишь на знаниях и опыте пользователя. Невозможно осуществить перебор всех имеющихся в распоряжении исследователя методов для достижения наилучшего результата обработки, поскольку это будет слишком затратным по времени.

3 Для улучшения работы систем анализа и обработки медицинских изображений, необходима методика, обеспечивающая наиболее оптимальный набор инструментов для преобразования изображения. Эти проблемы можно решить с пакетом Image Processing Toolbox в MATLAB.

4 Таким образом, задачей следующих разделов является разработка программно-методического комплекса, позволяющего улучшать изображение, производить поиск рентгенологических признаков пневмококковой пневмонии и оценивать найденные признаки.

3 ПРОГРАММНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ОБНАРУЖЕНИЯ ПРИЗНАКОВ ПНЕВМОНИИ ПО РЕНТГЕНОВСКИМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ ЛЁГКИХ

3.1 Методикаобнаружения рентгенологических признаков пневмонии

Обнаружение рентгенологических признаков пневмонии осуществляется поэтапно (рисунок 3.1).

Первым этапом работы является загрузка анализируемых и эталонных изображений специалистом. Специалист масштабирует изображение, задает область интереса на исходном изображении, для дальнейшей работы с необходимым фрагментом рентгенограммы.

Вторым этапом обнаружения признаков пневмонии по рентгеновским изображениям лёгких является визуальная оценка качества снимка специалистом. При недостаточном качестве изучаемой рентгенограммы необходимо повысить качество снимка, с помощью специальных программных средств MatlabImage Processing Toolbox (инструмент изменения контраста и яркости, автоматическая эквализация гистограммы, увеличение контраста, фильтрация изображения и т.д.).

Третьим этапом является сравнение специалистом анализируемой рентгенограммы с эталоном возрастной нормы и патологииопределения области изображения, содержащей патологию. Если анализируемая рентгенограмма органов грудной клетки не содержит патологических изменений, специалист формирует соответствующее заключение и архивирует рентгеновский снимок. При подозрении на наличие патологии в области снимка специалист применяет программные средства MatlabIPT (четвертый – шестой этапы методики).

Четвертым этапом обнаружения признаков пневмонии является выделение границ - участков изображения, в которых есть перепад яркости.

Выделение границ с помощью MatlabIPT позволяет визуально обнаружить дефект в легком (затемнение).

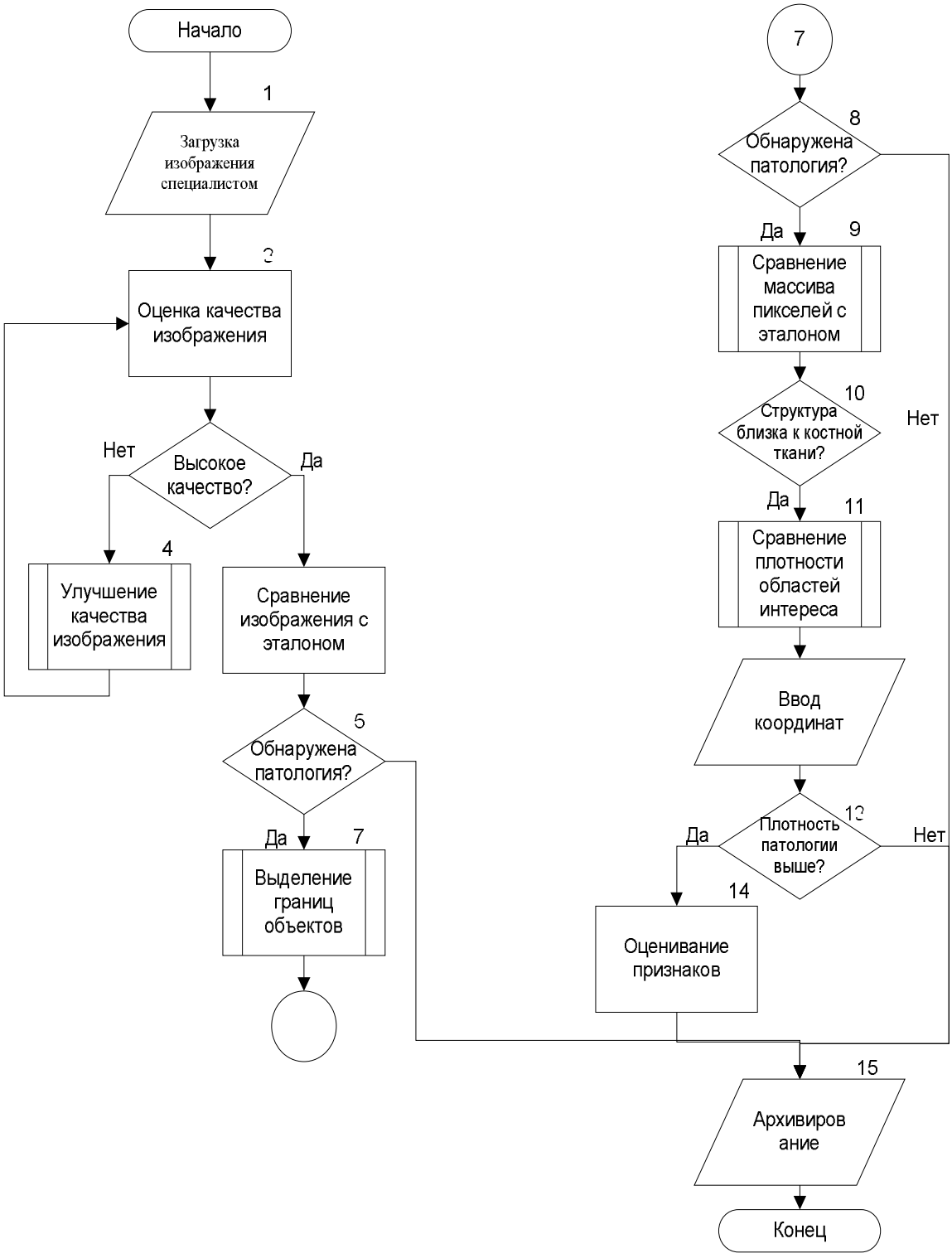

Рисунок 3.1 — Алгоритм обнаружения признаков пневмонии по рентгенологическим изображениям легких

Пятым этапом обнаружения рентгенологических признаков пневмонии является сравнение специалистом фрагмента изображения, возможно содержащего патологию, с эталоном. Эталоном является кость (грудина) и легочная ткань (межреберный промежуток). Кость выделяется черным цветом и принимает значение 0. Легочная ткань белого цвета и принимает значение 1. Соответственно, сравнивая значения локального массива пикселей области интереса, полученного с помощью MATLABIPT, с эталоном, можно говорить о принадлежности к одному из эталонов.

Шестым этапом является сравнение пораженной ткани легкого со здоровой тканью на аналогичном участке изображения, с целью проверки правильности обнаружения патологического очага. Сравнение выполняется автоматически, после ввода специалистом координат области интереса и аналогичного участка легкого.

3.2 Работа с изображениями и выделение области интереса

Первым этапом написания программы стало создание кнопок для работы с изображениями и выделения области интереса. Для работы с изображениями используются функции imread, imshow, imcontour, zoom, imwrite, imresize, cla. Текст программы приведен в таблице 3.1.

Таблица 3.1 —Текст программы «Работа с изображениями»

Наименование функции	Описание
Кнопка «Загрузить»	
[FileName, PathName] = uigetfile(‘*. Tif ‘)	Открытие файла
if FileName~=0	Проверка, был ли выбран файл
FullName = [PathName FileName];	Формирование полного пути к файлу
handles.pict= imread(FullName);	Считывание изображения из графического файла и перемещение в пространство handles.pict
axes(handles.axes1);	Указывает место, куда будет выводиться изображение
imshow(handles.pict);	Открытие изображения
Кнопка «Очистить поле»	
axes(handles.axes1);	Указывает на поле

Продолжение таблицы 3.1

Наименование функции	Описание
Cla	Очищение поля
Кнопка «Сохранить»	
[filename,pathname]=uiputfile(‘*.png’,’Save image as’)	Сохранение файла
FullName = [pathname filename]	Формирование полного пути к файлу
if filename~=0; imwrite(handles.new_pic); end	Проверка, был ли выбран файл
Кнопка «Вывод изображения в новом окне»	
hFig = figure(‘Toolbar’,’none’)	Создание фигуры
hIm = imshow(handles.pict);	Вывод изображения
Список «Масштабирование»	
zoom on	Включает режим масштабирования
zoom off	Выключает режим масштабирования
zoom out	Возвращает размер изображения к его первоначальному состоянию
Список «Изменение размера»	
D=imresize(I,5)	Увеличивает изображение I в 5 раз

После загрузки изображения необходимо преобразовать его в полутоновое или бинарное (функции rgb2gray, im2bw). Текст программы представлен в таблице 3.2.

Таблица 3.2 — Текст программы «Преобразование изображения»

Наименование функции	Описание
Список «Преобразование изображения»	
T= rgb2gray(RGB)	Перевод изображения в полутоновое (рисунок 3.2)
imshow(T)	Открывает изображение T
bw = im2bw(I2,level)	Преобразует изображение в бинарное (рисунок 3.3)
imshow(bw)	Открывает изображение bw

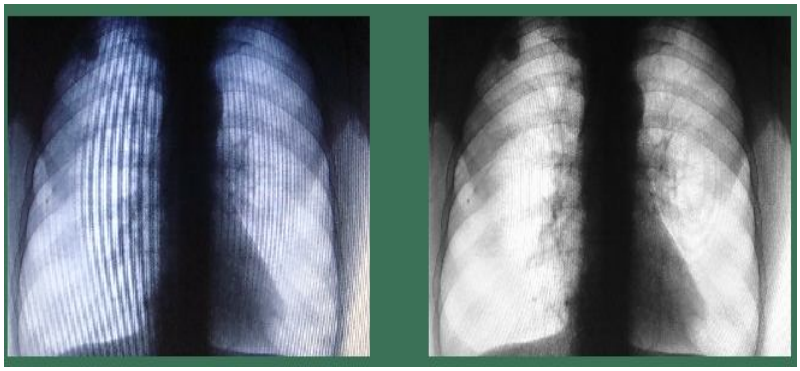

Рисунок 3.2 — Создание полутонового изображения

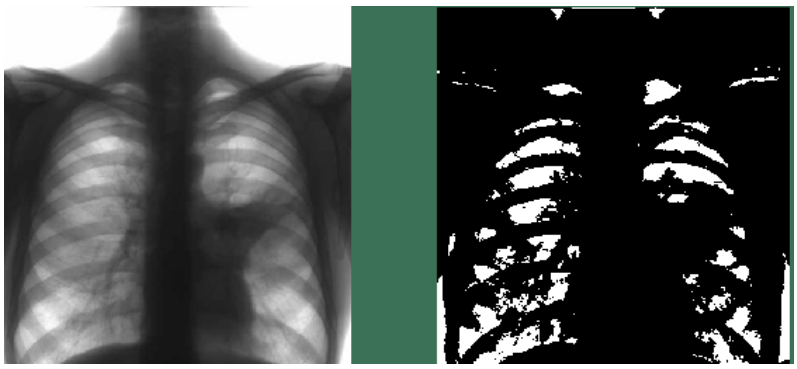

Рисунок 3.3 — Создание бинарного изображения

Функции roipoly, roifill, roifill2, imcrop используются для выделения области интереса. Текст программы представлен в таблице 3.3.

Таблица 3.3 —Текст программы «Выделение области интереса»

Наименование функции	Описание
Кнопка «Заполнение областей интереса roifill2»	
H=roifill2(J)	Устраняет дефекты изображения в заданной области
imshow(J)	Открывает изображение J (рисунок 3.4)
Кнопка «Заполнение областей интереса roifill»	
H=roifill(I)	Устраняет дефекты изображения в заданной области
imshow(H)	Открывает изображение H (рисунок 3.5)
Кнопка «Заполнение областей интереса roipoly»	
BW=roipoly	Задает область интереса на исходном изображении S любого типа и помещает результат в бинарное
imshow(N)	Открывает изображение J (рисунок 3.6)
Кнопка «Кадрирование»	
I=imcrop(J)	Вырезает часть изображения и поместить ее в новое окно просмотра
imshow(I)	Открывает изображение I (рисунок 3.7)

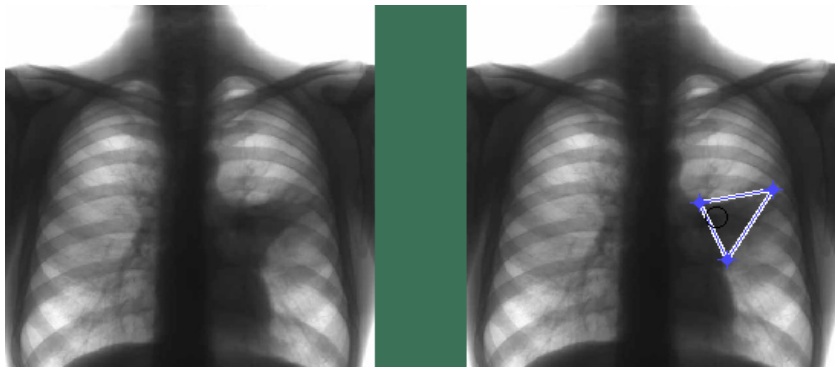

Рисунок 3.4 — Заполнение областей интереса roifill2

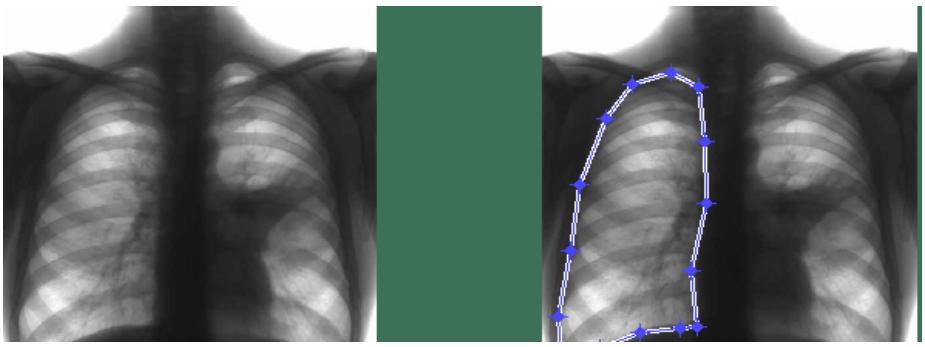

Рисунок 3.5 — Заполнение областей интереса roifill

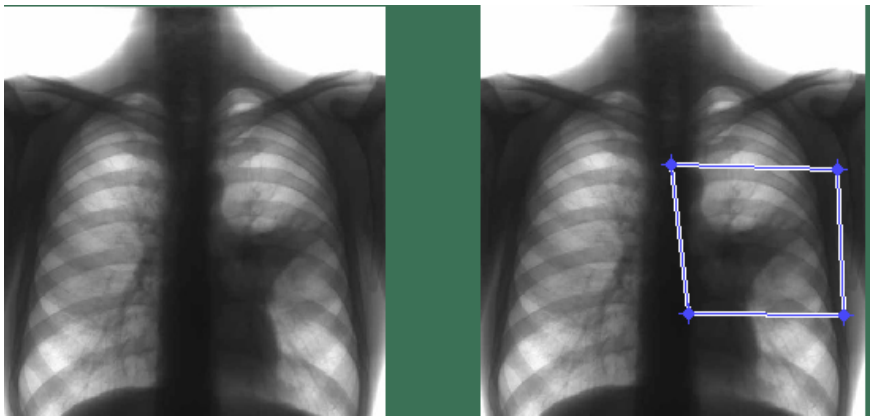

Рисунок 3.6 — Заполнение областей интереса roipoly

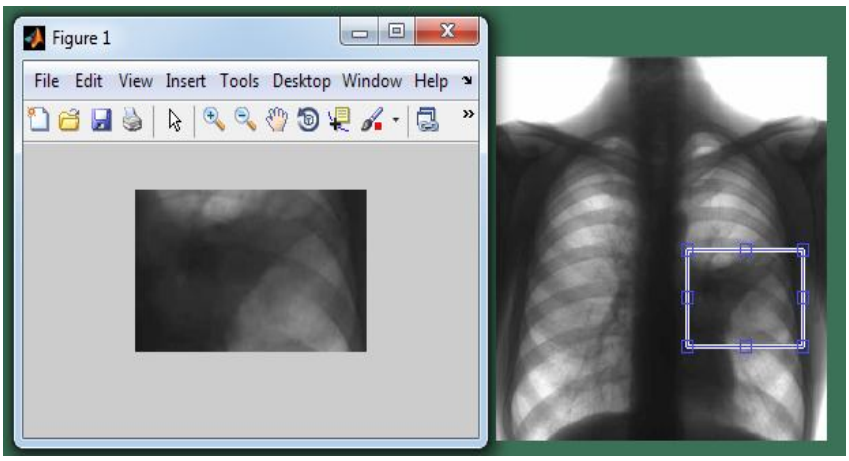

Рисунок 3.7 — Кадрирование imcrop

Функции работы с изображениями реализуют первый этап методики обнаружения рентгенологических признаков пневмонии и дают возможность загрузить и сохранить изображение, отменить действия, масштабировать

изображение, задать область интереса на исходном изображении, для дальнейшей работы с необходимым фрагментом рентенограммы. В области интереса возможно устранение небольших по площади дефектов, фильтрация, кадрирование. Таким образом,Matlab GUI реализует базовый набор инструментов современных специализированных систем для анализа и обработки медицинских изображений.

3.3 Улучшение изображения

Работа в приложении GUI существенно облегчает работу при манипуляциях с некачественными изображениями.Для улучшения качества изображения были использованы следующие группы функций пакета ImageProcessingToolbox (IPT) MATLAB: улучшение изображений, фильтрация изображений.Группа функций «Улучшение изображений» позволяет увеличить контраст изображения, выполнить контрастирование с гамма-коррекцией и адаптивную эквализацию гистограммы, для этого использовались функции imadjust, adapthisteq, stretchlim и histeq соответственно (таблица 3.4).

Таблица 3.4 — Текст программы «Улучшение изображений»

Наименование функции	Описание
Список «Контраст»	
Контрастирование с гамма-коррекцией	
A=imadjust(I)	Создает полутоновое результирующее изображение A путем контрастирования исходного полутонового изображения I
Imshow (A)	Открывает изображение A (рисунок 3.8)
Контрастно ограниченная адаптивной эквализация гистограммы	
A=adapthisteq(I, 'clipLimit', 0.1, 'Distribution', 'uniform')	Улучшает контраст полутонового изображения. ClipLimi вещественный скаляр в диапазоне [0 1], который определяет границу усиления контраста. Distribution uniform задает равномерную гистограмму
Imshow (A)	Открывает изображение A (рисунок 3.9)
Увеличение контраста изображения (stretchlim)	
A= stretchlim(I, 0)	Определяет исходное значение яркостей

Продолжение таблицы 3.4

Наименование функции	Описание
J=imadjust(I,A, [])	Значения яркости в диапазоне J преобразуются в значения яркости в диапазоне
imshow(J)	Открывает изображение J (рисунок 3.10)
Увеличение контраста изображения (histeq)	
I2=histeq(I, 10)	Преобразует исходное полутоновое изображение таким образом, чтобы результирующее полутоновое изображение имело гистограмму яркостей пикселов, близкую к равномерной
imshow(I2)	Открывает изображение I2 (рисунок 3.11)

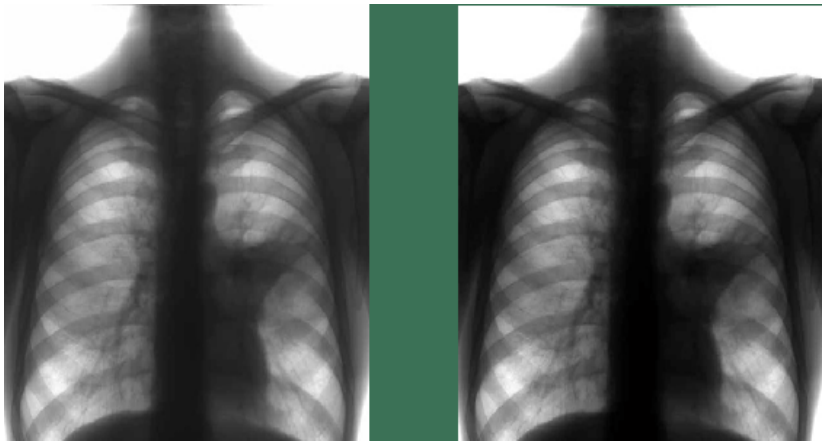

Рисунок 3.8 — Контрастирование с гамма – коррекцией (imadjust)

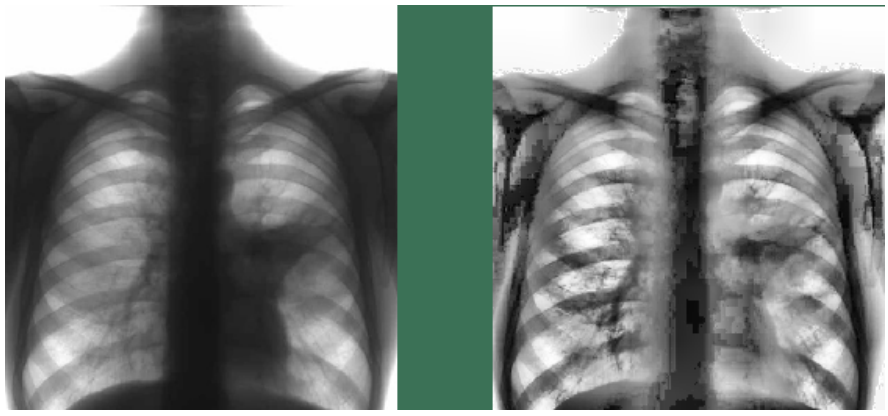

Рисунок 3.9 — Адаптивная эквализация гистограммы(adapthisteq)

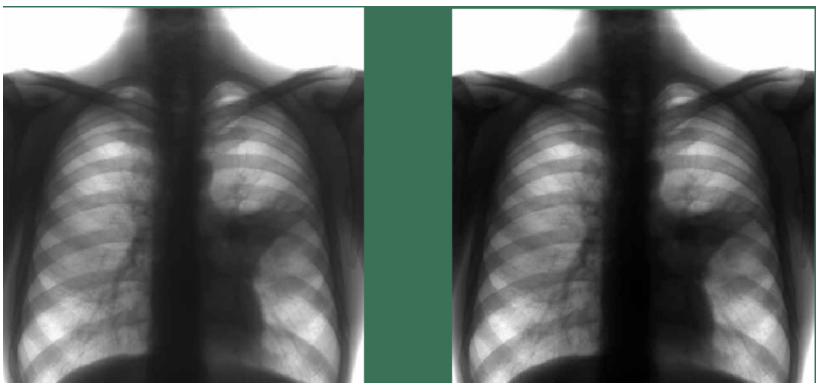

Рисунок 3.10 — Увеличение контраста изображения (stretchlim)

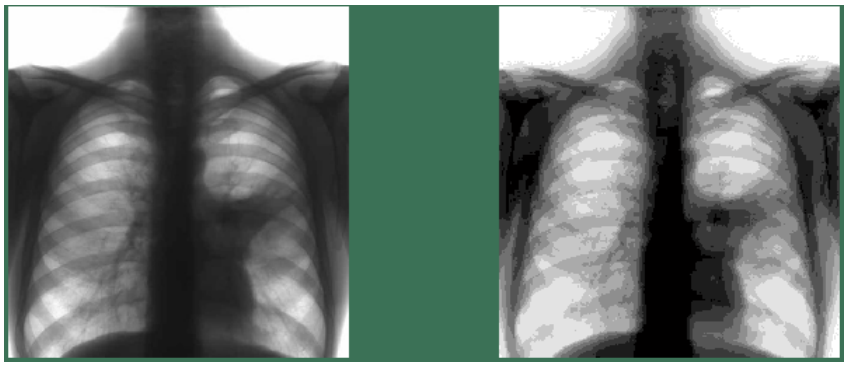

Рисунок 3.11 — Увеличение контраста изображения (histeq)

Функция imcontrast создает инструментарий усиления контраста изображения, связанный с полутоновым изображением в текущем окне просмотра и названный объектом изображения, что позволяет настраивать контраст и яркость индивидуально. Когда окно просмотра содержит многослойное изображение, объектом является первое полутоновое изображение в окне просмотра. Функция imcontrast создает этот инструментарий в отдельном окне просмотра.

Инструмент усиления контраста (Adjust Contrast tool) реализует интерактивное регулирование контраста и яркостного диапазона изображения, представленного в текущем окне просмотра. Описанная обработка приводит к изменению свойств изображений. Далее, соответственно, используем гистограмму регулирования яркости

изображения. В появившемся окне AdjustContrast с использованием ползунков регулируем нужный контраст (рисунок 3.12).

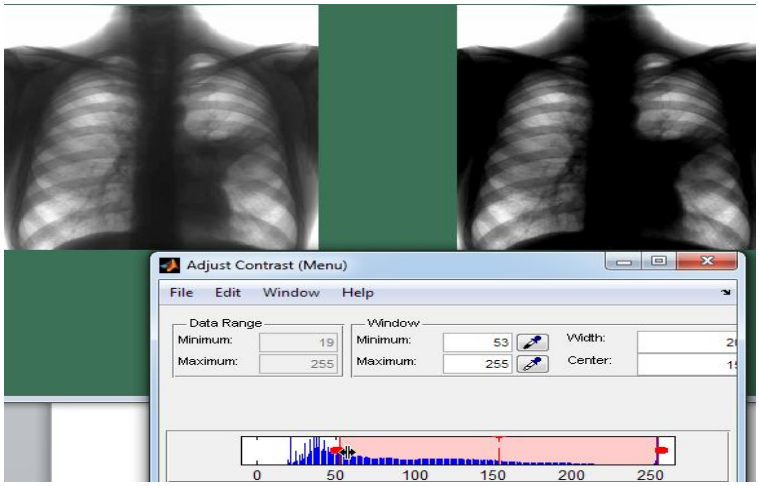

Рисунок 3.12 — Регулирование контраста изображения

Группа функций «Фильтрация изображений» позволяет производить свертку изображений, свертку N –мерных сигналов, медианную фильтрацию, фильтрацию двумерных и многомерных изображений, формирование маски двумерного фильтра, для этого использовались функции convn, convn2, medfilt2, imfilter и ftrans2 (таблица3.5). Пример представлен на рисунках 3.13 – 3.17.

Таблица 3.5 — Текст программы «Фильтрация изображений»

Наименование функции	Описание
Список «Фильтрация изображений»	
Свертка N –мерных сигналов	
N=convn(I, h)	Осуществляет свертку многомерных изображений
Свертка изображений	
Z=conv2(I,h)	Осуществляет свертку изображения относительно маски фильтра
Медианная фильтрация	
D=medfilt2(I, [50 50])	Создает медианный фильтр для изображения I
Фильтрация двумерных и многомерных изображений	
B=imfilter(I, h)	Создает маску предопределенного фильтра
Формирование маски двумерного фильтра	
h=ftrans2(b)	Формирует маску двумерного фильтра

Продолжение таблицы 3.5

Наименование функции	Описание
figure, freqz2(h)	Выводит на экран графическую характеристику фильтра
I1=im2double(I)	Позволяет представить все пикселы матрицы изображения в виде действительных чисел
I2=filter2(h,I1)	Выполняет фильтрацию изображения I1 в соответствии с маской фильтра h

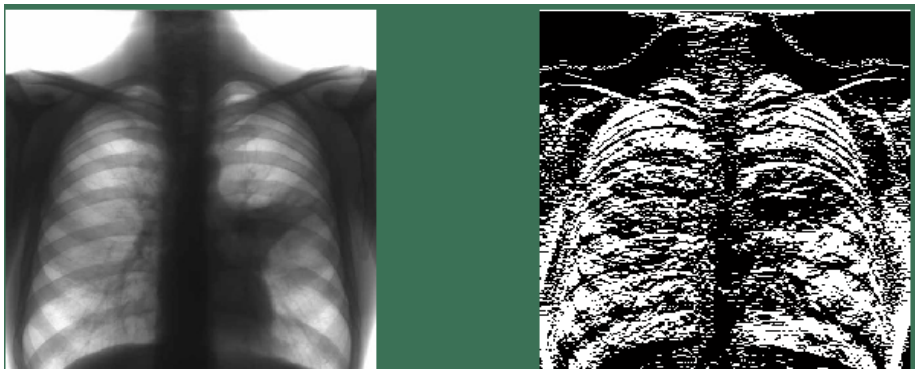

Рисунок 3.13 —– Свертка N –мерных сигналов

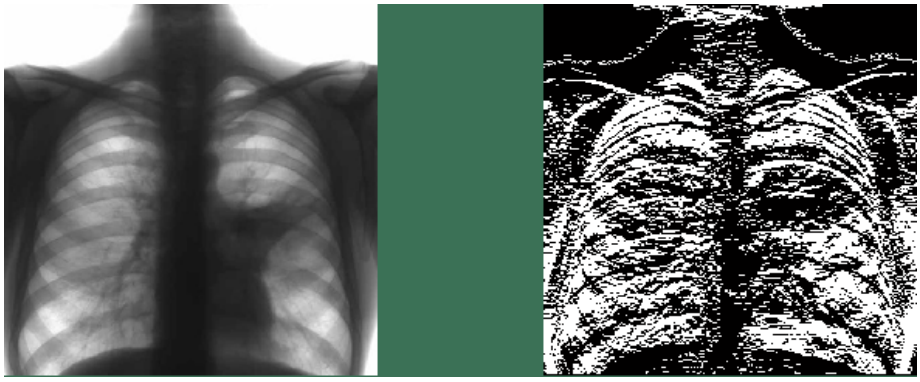

Рисунок 3.14 — Свертка изображений

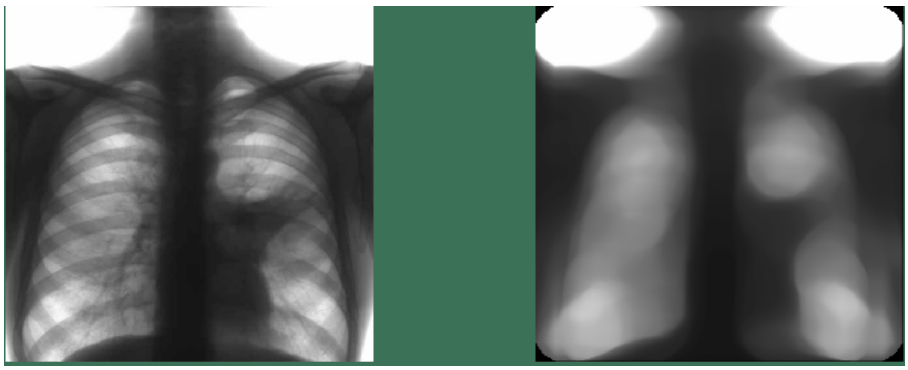

Рисунок 3.15 — Медианная фильтрация

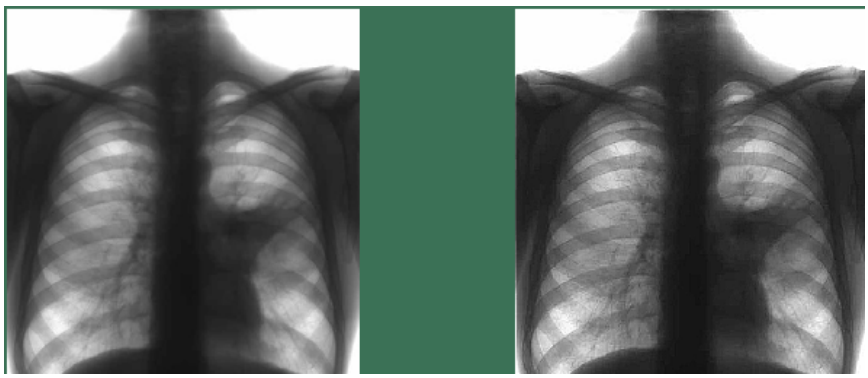

Рисунок 3.16 — Фильтрация двумерных и многомерных изображений

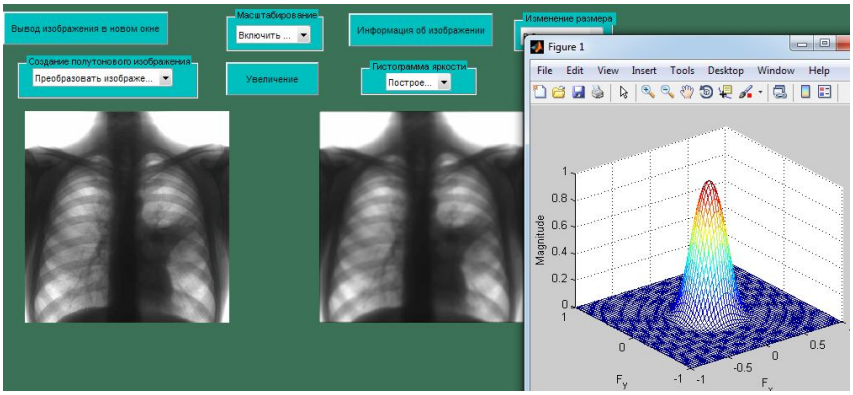

Рисунок 3.17 — Формирование маски двумерного фильтра

Группы функций пакета ImageProcessingToolbox (IPT) MATLAB: улучшение изображений, фильтрация изображений использованы для улучшения качества изображения. Группа функций «Улучшение изображений» позволяет увеличить контраст изображения, выполнить контрастирование с гамма-коррекцией и адаптивную эквализацию гистограммы. Группа функций «Фильтрация изображений» позволяет производить свертку изображений, свертку N –мерных сигналов, медианную фильтрацию, фильтрацию двумерных и многомерных изображений, формирование маски двумерного фильтра.

Таким образом, в результате произведенных выше манипуляций при последовательном наслаивании функций получено улучшенное рентгеновское изображение, что повышает точность диагностики пневмонии.

3.4 Сравнения анализируемой рентгенограммы с эталоном возрастной нормы и патологии

Повышение точности интерпретации рентгенограмм органов грудной клетки достигается сопоставлением их возрастными нормами (рисунок 3.18 - 3.23) и с патологией(рисунок 3.24 –3.27). Текст программы в таблице 3.6.

Таблица 3.6 — Текст программы сравнения рентгенограммы с эталоном

Команды	Комментарии
Список «Сравнение с эталоном»	
I= imread('C.png')	Считывание изображения из файла
imshow(I)	Вывод изображения
msgbox	Вывод диалогового окна с текстом

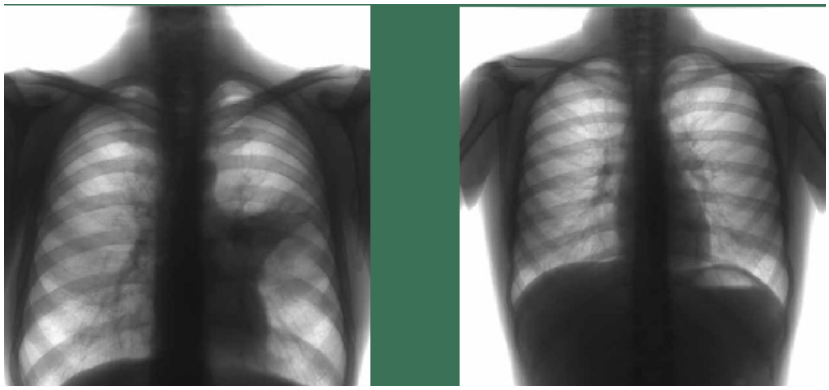

Рисунок 3.18 — Сравнение исследуемой рентгенограммы с нормой в 17 лет [32]

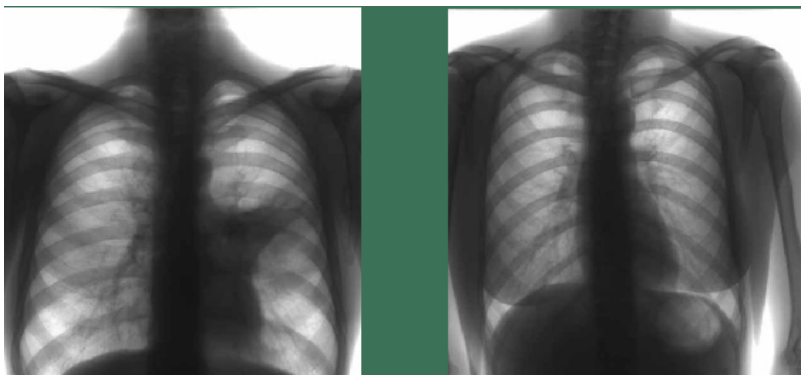

Рисунок 3.19 — Сравнение исследуемой рентгенограммы с нормой в 18 лет [32]

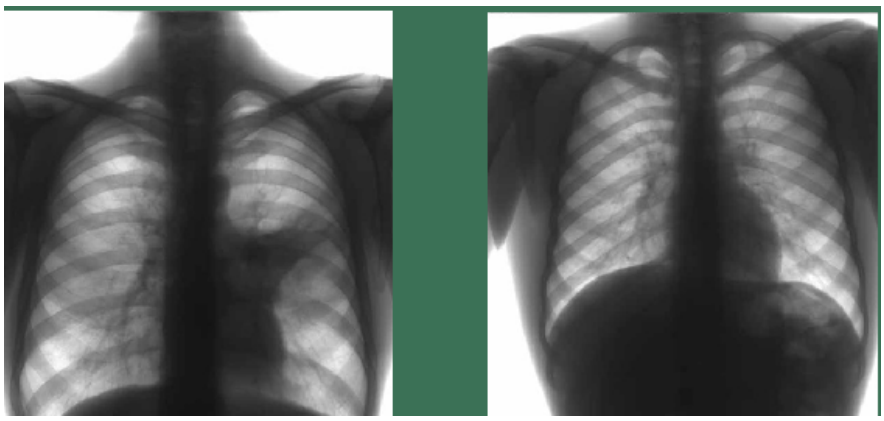

Рисунок 3.20 — Сравнение исследуемой рентгенограммы с нормой в 24 года [32]

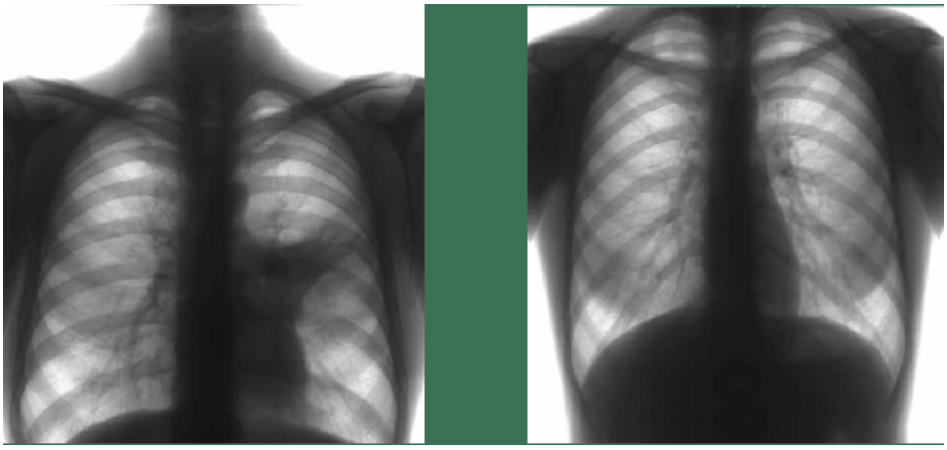

Рисунок 3.21 — Сравнение исследуемой рентгенограммы с нормой в 33 года [32]

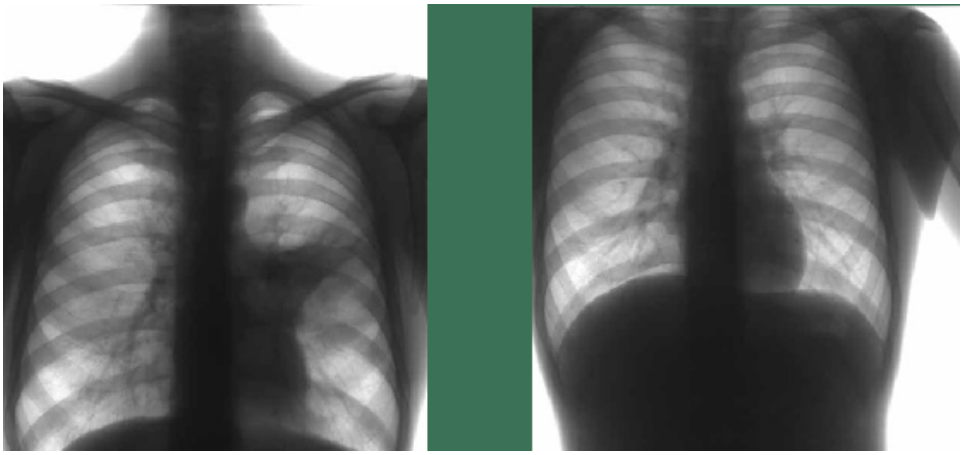

Рисунок 3.22 — Сравнение исследуемой рентгенограммы с нормой в 40 лет [32]

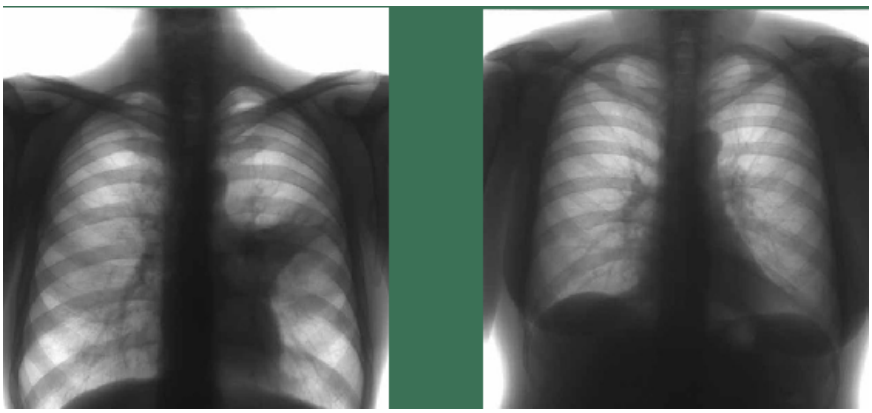

Рисунок 3.23 — Сравнение исследуемой рентгенограммы с нормой в 55 лет [32]

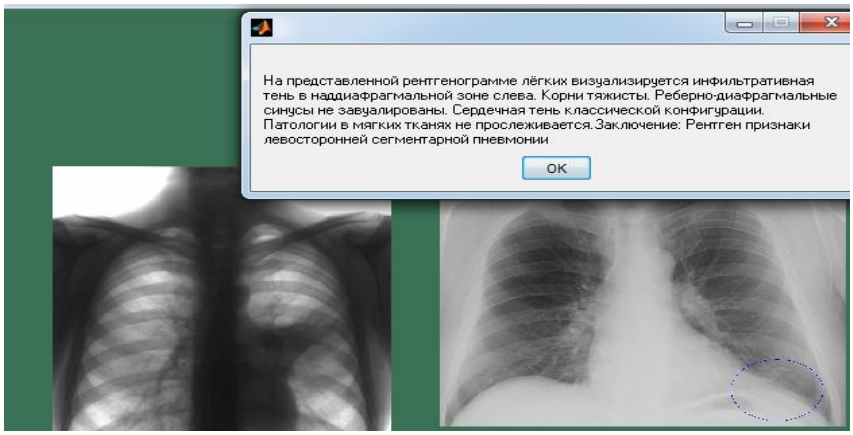

Рисунок 3.24 — Сравнение исследуемой рентгенограммы сегментарной пневмонией[33]

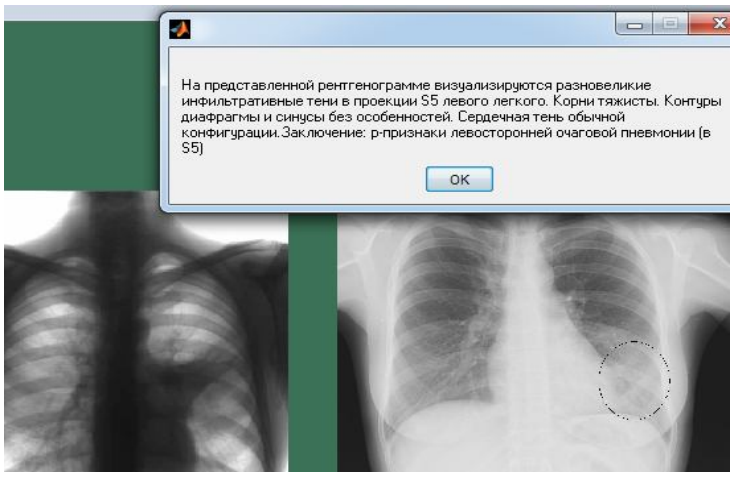

Рисунок 3.25 — Сравнение исследуемой рентгенограммы очаговой пневмонией

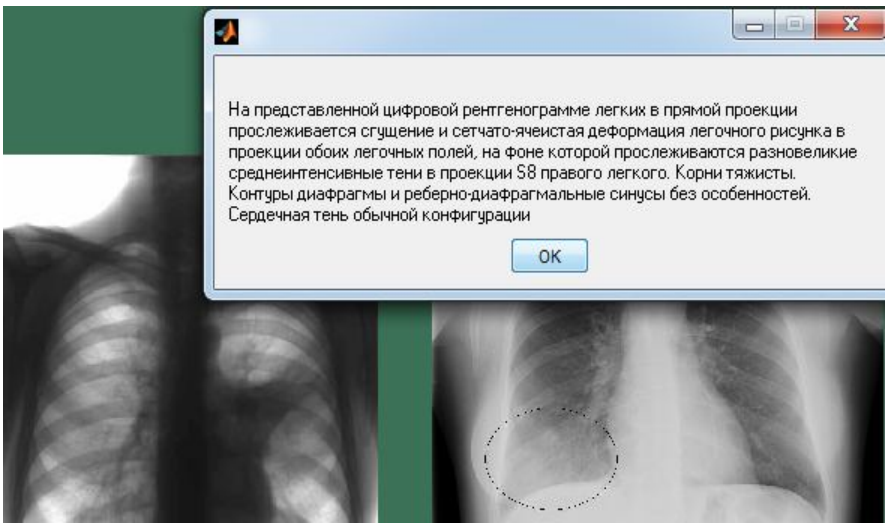

Рисунок 3.26 — Сравнение исследуемой рентгенограммы очаговой пневмонией[34]

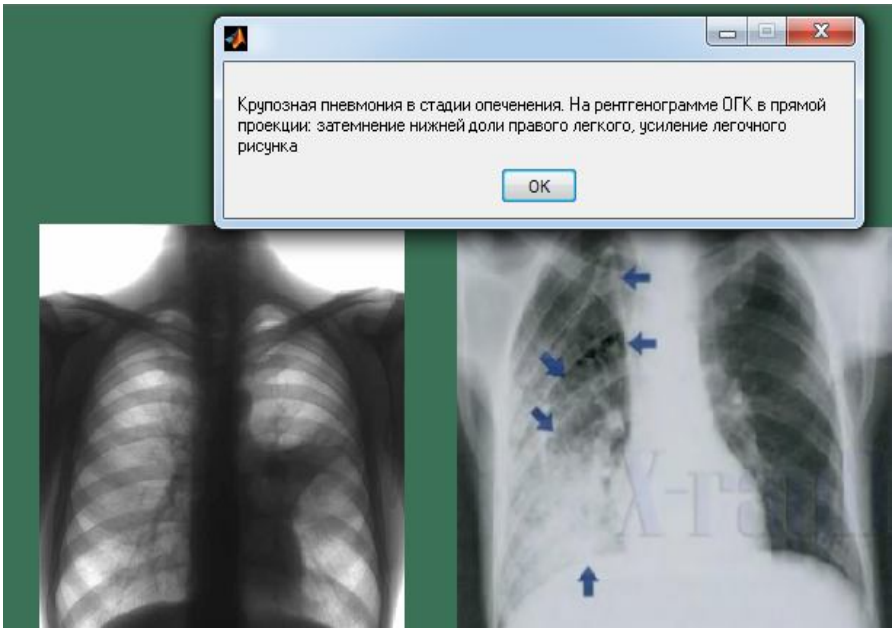

Рисунок 3.27 — Сравнение исследуемой рентгенограммы долевой пневмонией

Таким образом, визуальное сопоставление специалистом анализируемой рентгенограммы с эталоном возрастной нормы и патологии облегчает процесс обнаружения области, содержащей патологию, и соответственно снижает возможность диагностических ошибок.

3.5 Выделение границ затемнения

Границы объектов - участки изображения, в которых есть перепад яркости. Функция выделения границ edge реализует встроенные методы Собела, Превита, Робертса, лапласиан-гауссиана, Канни и др. (таблица 3.7).

Таблица 3.7 — Текст программы выделения границ

Команды	Комментарии
I=rgb2gray(I)	Перевод в изображения в полутоновое
BW=edge(I, sobel, 0.01)	Выделение границ с помощью фильтра Собеля
imshow(BW)	Вывод изображения (рисунок 3.28)

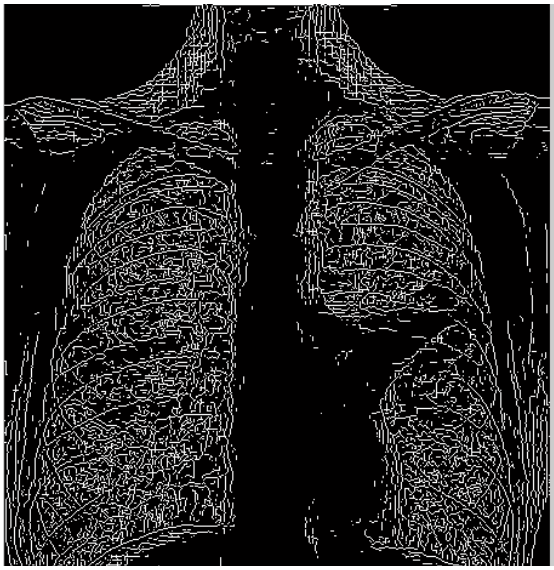

Рисунок 3.28 — Результаты выделения границ фильтром Собеля

Таким образом, в результате применения функции edge отчетливо видны границы легких, что позволяет визуально обнаружить дефект в легком.

3.6 Сравнение локального массива пикселей области интереса с эталоном

Функция impixelregion создает средства отображения локального массива пикселей изображения, представленного в текущем окне просмотра.

Исходное изображение преобразуется в бинарное, затем вводится окно отображения локального массива пикселей изображения (таблица 3.8).

Таблица 3.8 — Текст программы «Сравнение массива пикселей»

Команды	Комментарии
Кнопка «Пиксели»	
Создание бинарного изображения	
background = imopen(I,strel(15))	Функция imopen выполняет морфологическое раскрытие. При этом также используется функция strel для создания структурного элемента в виде диска с радиусом 15
I2 = imsubtract(I,background)	Создание изображения с более равномерным фоном, вычтем изображение фона background из исходного изображения I
level = graythresh(I2)	Автоматически определяет подходящий порог, который используется для преобразования полутонового изображения в бинарное
bw = im2bw(I2,level)	Преобразует изображение в бинарное
imshow(bw)	Выводит изображение
Средство отображения локального массива пикселей изображения	
impixelregion	Создает средства отображения локального массива пикселей изображения

На рисунке 3.29 выделена область интереса в области грудины, которая выделена черным цветом и в окне отображения локального массива пикселей изображения принимает значение 0.

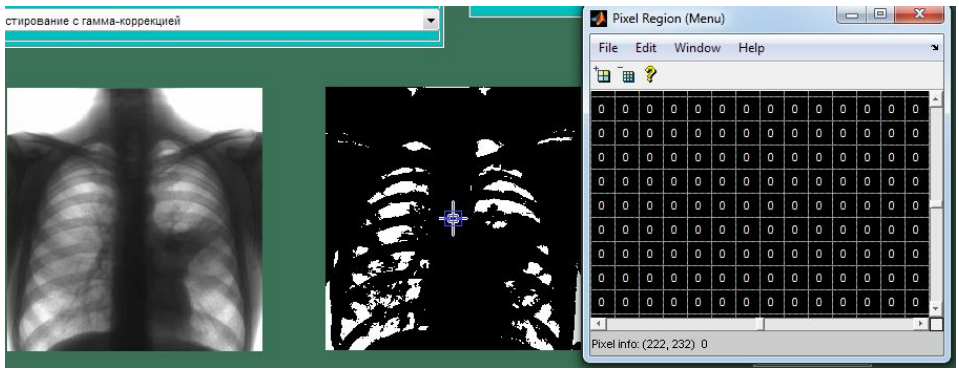

Рисунок 3.29 — Локальный массив пикселей грудины

Выделенный фрагмент в области легочной ткани, между тенями ребер, белого цвета и принимает значение 1 (рисунок 3.30).

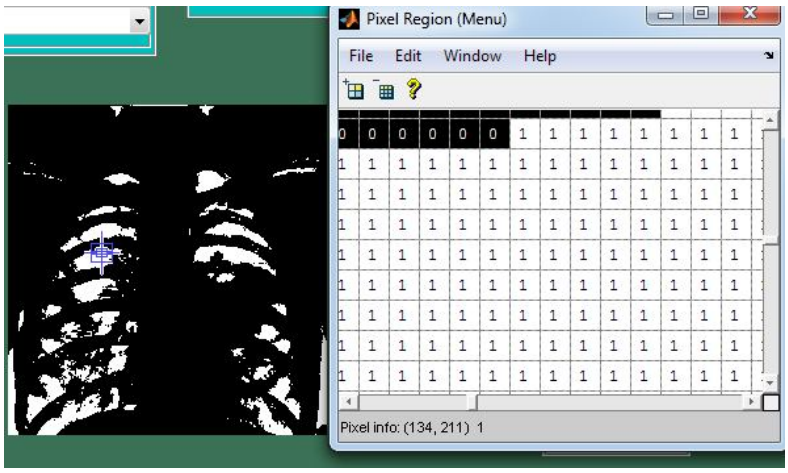

Рисунок 3.30 — Локальный массив пикселей легочной ткани

Аналогично выделен фрагмент возможной патологии левого легкого, который принимает значение 1 и выделен черным цветом (рисунок 3.31).

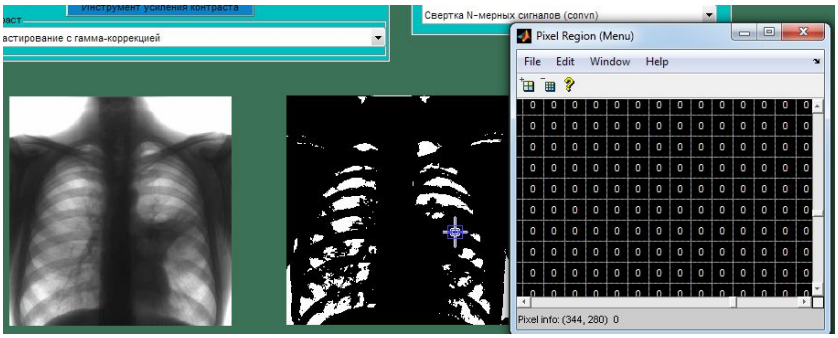

Рисунок 3.31 — Локальный массив пикселей патологии легочной ткани

Таким образом, фрагмент возможной патологии левого легкого по структуре близок к костной ткани. Соответственно это затемнение.

3.7Оценивание оптической плотности изображения

Числовые значения расположения области интереса определяются с помощью функции imcrop, для этого необходимо выделить область интереса, далее нажать правую кнопку мыши и в появившемся меню выбрать «CopyPosition» (рисунок 3.32). Полученные значения вставить в отдельный файл.

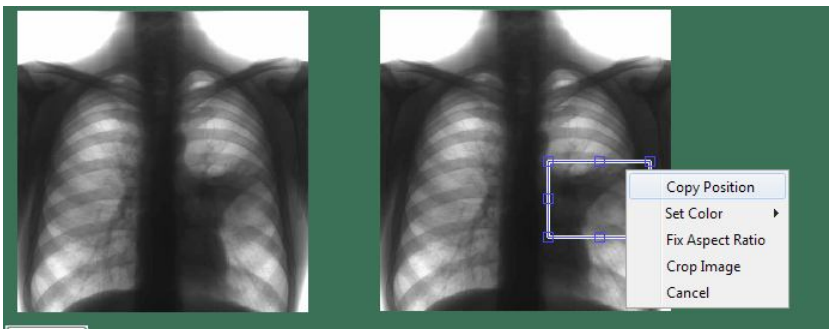

Рисунок 3.32 — Определениерасположения области интереса на изображении

Далее левой кнопкой мыши перемещаем выделенную область интереса в правое легкое, на такое же расстояние (рисунок 3.33). Аналогично определяем числовые значения позиции выделенной области на рентгеновском изображении.

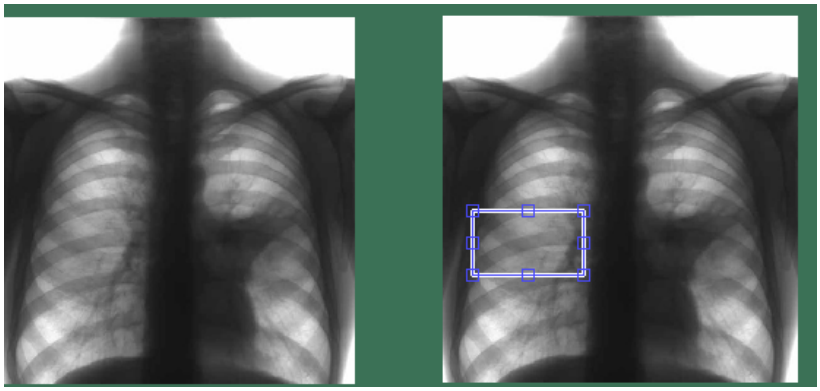

Рисунок 3.33 – Определениерасположения области интереса на изображении

После ввода данных в диалоговое окно рассчитывается плотность двух областей интереса и сравнивается (таблица 3.9). Плотность области интереса, содержащей патологию (затемнение), больше плотности нормальной ткани (воздух). Соответственно если в выделенной области интереса присутствует патология, программа выдает результат «Болен» (рисунок 3.34).

Таблица 3.9 — Текст программы «Оценивание плотности»

Команды	Комментарии
Кнопка «Плотность	
I=imread('pn1.tif')	Считывание изображения из файла
I1=imadjust(rgb2gray(I))	Увеличение контраста изображения путем растяжения значений интенсивностей динамического диапазона, затем с помощью функции rgb2gray создается полутоновое изображение путем преобразования R-, G-, B - составляющих пикселов полноцветного изображения в соответствующие им значение яркости
I2=imcrop(I1,a1);I3=imcrop(I1,a2)	Поиск области интереса и ее вырезание
E1=sum(I2,1); E2=sum(I3,1)	Суммирование строк матрицы
Cv1=sum(E1);Cv2=sum(E2)	Определение яркости двух областей интереса путем суммации пикселей
if Cv1<Cv2 msgbox('болен') if Cv1>Cv2 msgbox('здоров')	Если в выделенной области интереса присутствует патология, программа выдает результат «Болен»

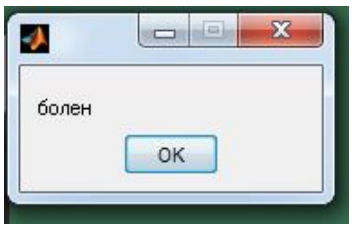

Рисунок 3.34 — Результат работы кнопки «Плотность»

Таким образом, сравнение плотности областей интереса на рентгенологических снимках легких позволяет обнаружить патологию. Так как плотность затемнения близка по плотности с костью.

3.8 Интерфейс пользователя

Для реализации первого этапа методики обнаружения рентген-признаков пневмонии создана панель «Работа с изображениями», включающая кнопки «Загрузить», «Очистить поле 1», «Очистить поле 2», «Вывод изображения в новом окне», «Информация об изображении», «roipoly», «roifill», «roifill2», «Кадрирование», «Увеличение» и списки «Масштабирование», «Гистограмма яркости» и «Преобразование изображения» (рисунок 3.35).

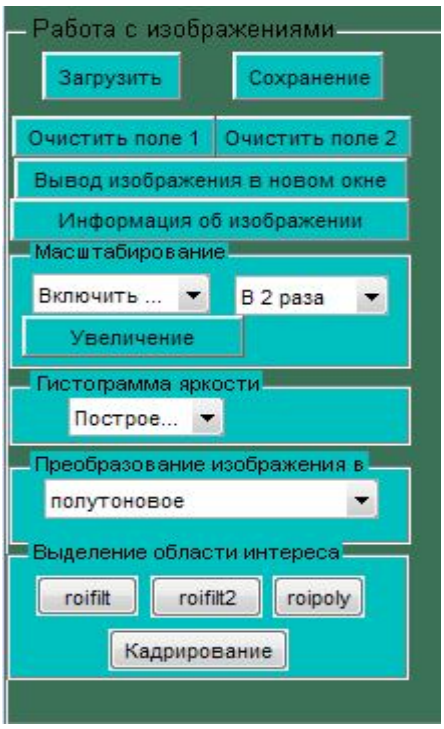

Рисунок 3.35 — Панель «Работа с изображениями»

Кнопка «Загрузить» осуществляет открытие изображения в формате tif (рисунок 3.36).

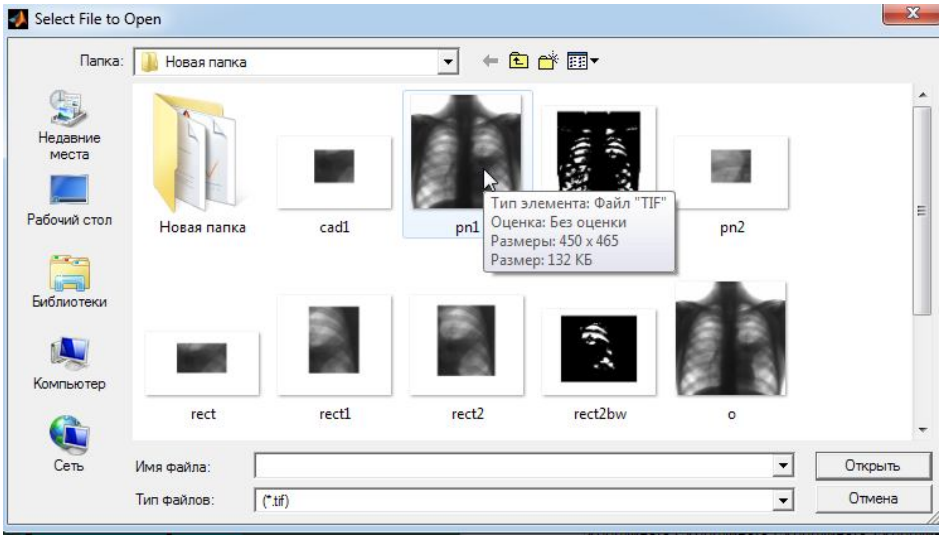

Рисунок 3.36 — Кнопка «Загрузить»

Сформирована кнопка «Сохранить», которая позволяет архивировать измененное изображение в формате tif (рисунок 3.37).

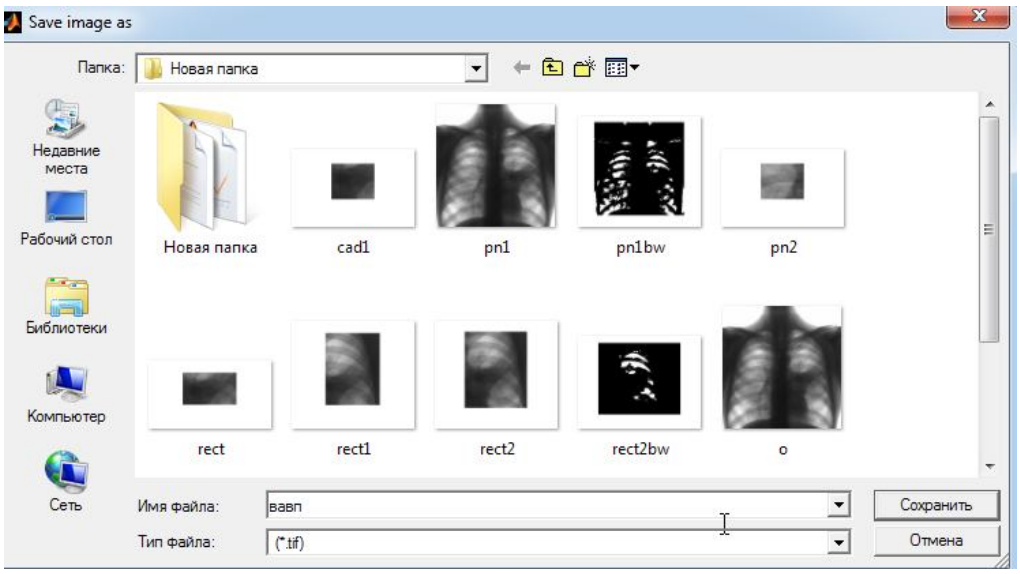

Рисунок 3.37 — Кнопка «Сохранить»

Далее создана кнопка «Очистить поле», которая осуществляет удаление изображения.

Затем создана кнопка «Вывод изображения в новом окне». Данная функция осуществляет открытие изображения в новом окне.

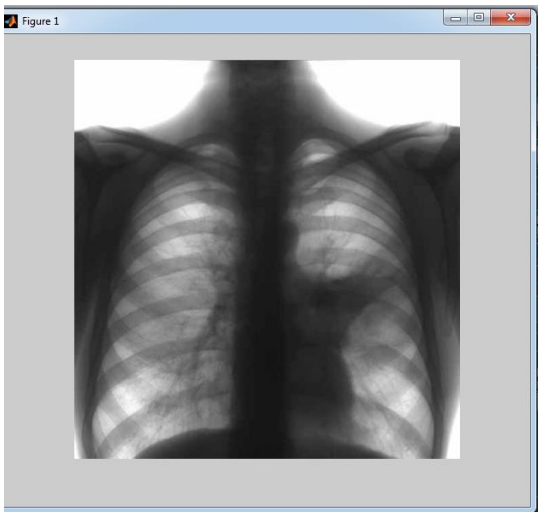

Рисунок 3.38 — Кнопка «Вывод изображения в новом окне»

Сформирован список «Масштабирование», который включает команды «Включить масштабирование», «Отключить масштабирование» и «Исходный размер изображения» (рисунок 3.39). Пример применения на

рсунке 3.40. Затем был сформирован список «Изменение размера», для этого используется функция imresize, которая создает новое изображение, изменяя размеры исходного изображения любого типа. Данный список включает в себя команды «Увеличить в 2 раза», «Увеличить в 5 раз» и «Увеличить в 10 раз». Синтаксис функции «Увеличить в 5 раз».

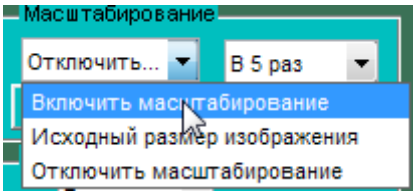

Рисунок 3.39 — Список «Масштабирование»

Рисунок 3.40 — Команда «Включить масштабирование»

Сформированы «roipoly», «roifill», «roifill2», «Кадрирование», выделяющие область интереса (рисунок 3.41).

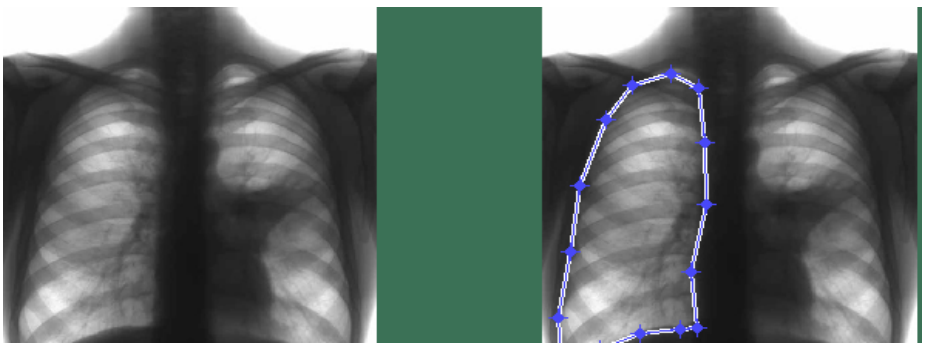

Рисунок 3.41 — Выделение области интереса на изображении

Этапу оценивания и улучшения качества рентгенограммы соответствует панель «Улучшение изображения», включающую списки «Контраст», «Фильтрация изображений», и кнопку «Инструмент усиления контраста».

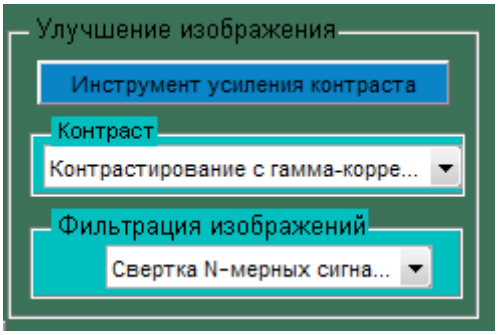

Рисунок 3.42 — Панель «Улучшение изображения»

Список «Контраст» включает: «Контрастирование с гамма-коррекцией», «Выполнение контрастно ограниченной адаптивной эквализации гистограммы», «Увеличение контраста изображения (stretchlim)» и «Увеличение контраста изображения (histeq)» (рисунок 3.43).

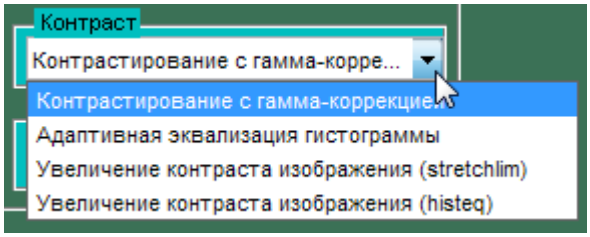

Рисунок 3.43 — Список «Контраст»

Далее была создана кнопка «Инструмент усиления контраста», которая необходима для регулировки уровня контраста. Перемещение красного бегунка обеспечивает возможность настраивать контраст индивидуально, и облегчает восприятие изображения глазом человека (рисунок 3.44).

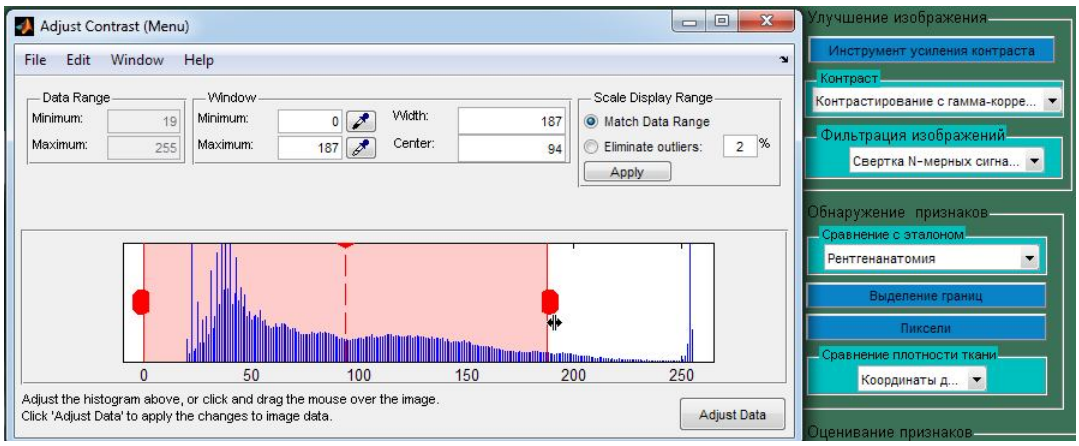

Рисунок 3.44 — Инструмент усиления контраста

Аналогично создан список «Фильтрация изображений», включающий «Свертка N –мерных сигналов», «Свертка изображений», «Медианная фильтрация», «Фильтрация двумерных и многомерных изображений», «Двумерная линейная фильтрация», «Формирование маски двумерного фильтра», «Фильтрация Винера» и «Фильтрация областей интереса» (рисунок 3.45).

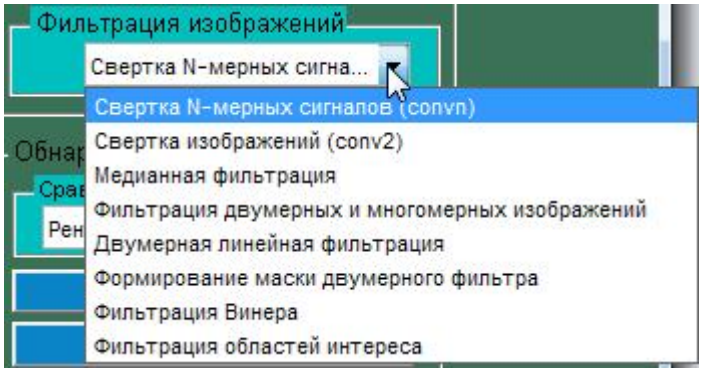

Рисунок 3.45 — Список «Фильтрация изображений»

Сформирована панель «Обнаружение признаков», включающая кнопки «Выделение границ», «Пиксели» и списки «Сравнение с эталоном», «Сравнение плотности ткани» (рисунок 3.46). Панель «Обнаружение признаков» реализует оставшиеся четыре этапа.

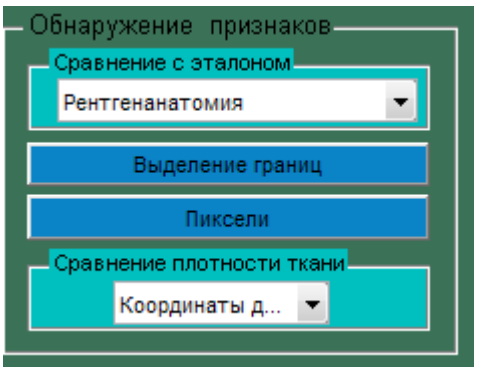

Рисунок 3.46 — Панель «Обнаружение признаков»

Кнопки «Выделение границ» и «Пиксели» реализуют этапы выделения границ и сравнения локального массива пикселей нормальной и патологической ткани. Кнопка «Пиксели» выводит средства отображения локального массива пикселей изображения, представленного в текущем окне просмотра (рисунок 3.47).

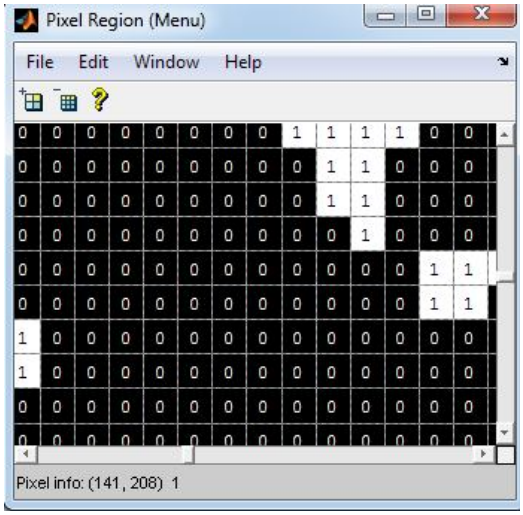

Рисунок 3.47 — Окно просмотра локального массива пикселей

Этап сравнения с возрастной нормой и патологией отображает список «Сравнение с эталоном», который включает команды «Рентгенанатомия», «Норма 17 лет», «Норма 18 лет», «Норма 24 года», «Норма 33 года», «Норма 40 лет», «Норма 55 лет», «Сегментарная пневмония», «Очаговая пневмония», «Долевая пневмония» (рисунок 3.48).

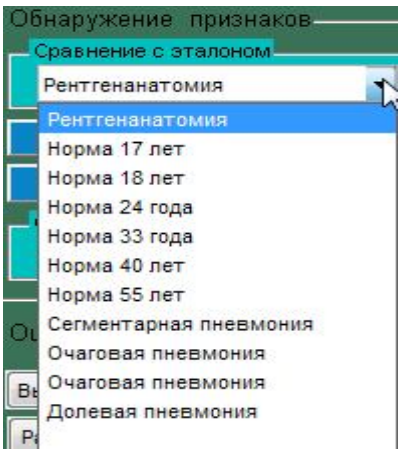

Рисунок 3.48 — Список «Сравнение с эталоном»,

При выполнении команд «Сегментарная пневмония», «Очаговая пневмония», «Долевая пневмония» выводится справочное окно с рентгенологическим заключением по снимку (рисунок 3.49).

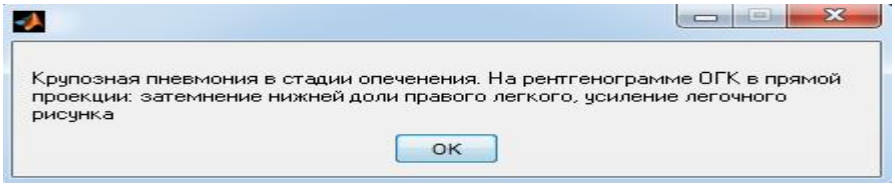

Рисунок 3.49 — Справочное окно

Сравнение плотности нормальной и патологической ткани осуществляет список «Сравнение плотности ткани», включающий команды «Координаты для плотности», «Вычисление плотности» (рисунок 3.50). При выполнении команды «Координаты для плотности» в таблицу выводятся координаты двух областей, вычисленных ранее функцией imcrop (рисунок 3.51).

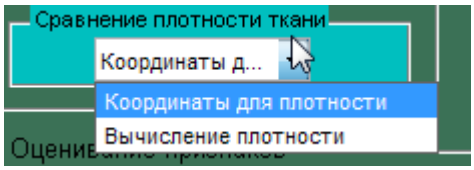

Рисунок 3.50 — Список «Сравнение плотности ткани»

	Координата 1	Координата 2	Координата 3	Координата 4
Область 1	249.5000	245.5000	67	143
Область 2	67.5000	245.5000	67	143

Рисунок 3.51 —Координаты вычисления плотности

При выполнении команды Вычислении плотности» появляется диалоговое окно, в которое необходимо ввести координаты области содержащей патологию и аналогичной области в другом легком (рисунок 3.52).

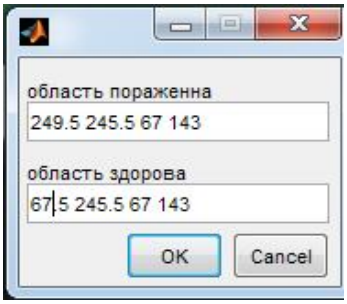

Рисунок 3.52 — Диалоговое окно ввода позиции области интереса на изображении

После ввода данных в диалоговое окно рассчитывается плотность двух областей интереса и сравнивается, программа выдает результат (рисунок 3.53).

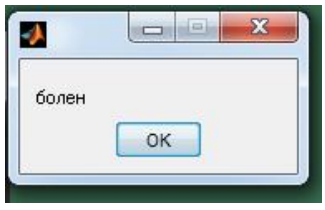

Рисунок 3.53 — Результат работы кнопки «Плотность»

В результате применения MatlabGUIбыло сформировано поле с кнопками и осями для вывода рентгенограмм, обеспечивающее наиболее

оптимальный набор инструментов для преобразования изображения и обнаружения рентгенологических признаков пневмонии.

3.9 Оценка достоверности

Выбрана рентгенограмма заведомо содержащая патологию (пневмония). Выбранное изображение приведено на рисунке 3.54. На приведенной рентгенограмме органов грудной клетки пациента 34 лет верхнедолевая сегментарная пневмония слева[33].

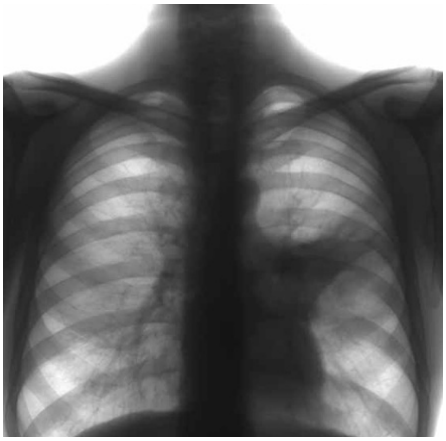

Рисунок 3.54 — Анализируемая рентгенограмма. Слева в третьем межреберье инфильтрация легочной ткани треугольной формы, основанием обращенная к корню легкого[35]

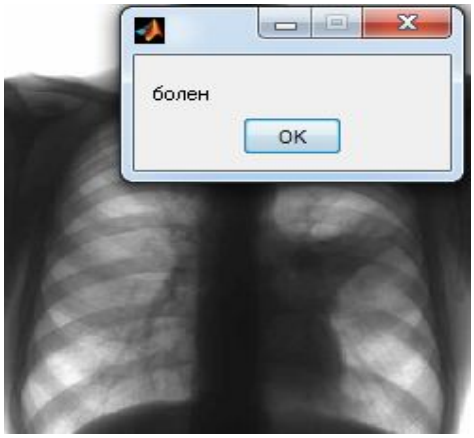

Рисунок 3.55 — Результат применения кнопки «Плотность» к анализируемой рентгенограмме

Выбран снимок, не содержащий патологию пациента 33 лет [34] для оценивания достоверности работы программы сравнения плотности аналогичных участков правого и левого легкого.На данном изображении с помощью кнопки «Кадрирование» выбраны две области интереса (рисунок 3.56). Результат на рисунке 3.57.

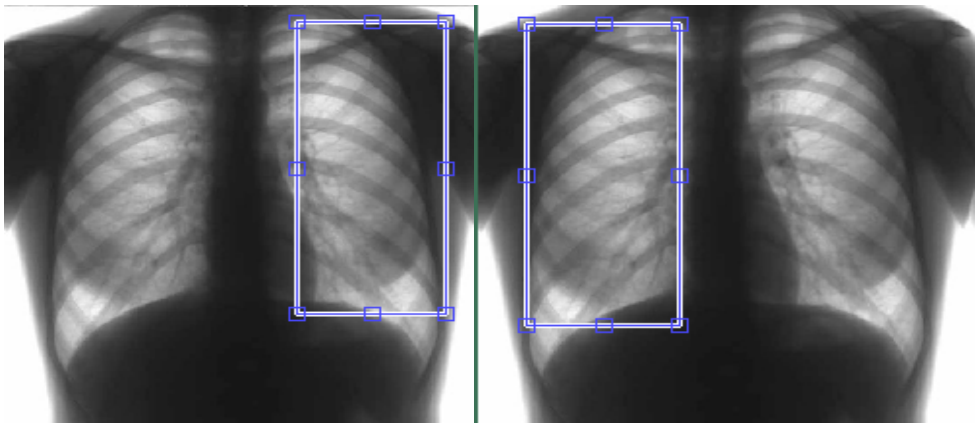

Рисунок 3.56 — Определение координат области интереса

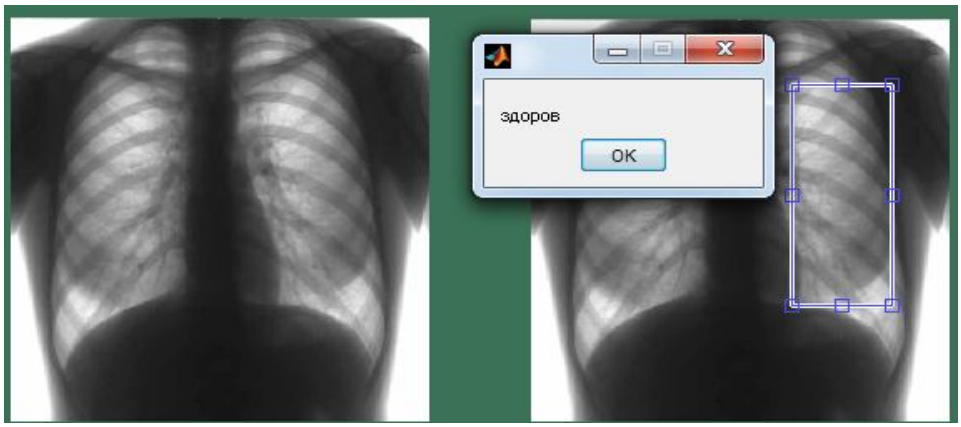

Рисунок 3.57 — Результат работы кнопки «Плотность»

Программа выдает результат «здоров».

При анализе рентгенограмм органов грудной клетки заведомо содержащих и не содержащих патологию программа выдает достоверный результат.

Таким образом, работоспособность созданного программно-методического комплекса была экспериментально. Итогом проверки стало достоверное обнаружение патологии.

3.10 Основные результаты и выводы по третьему разделу

1 Разработана методика обнаружения рентгенологических признаков пневмонии (рисунок 3.1), в основе которой лежит комплексное использование функций MatlabIPTврачом-рентгенологом. Специалист загружает изображение, визуально оценивает анализируемую рентгенограмму органов грудной клетки, и при недостаточном качестве изображения, подозрении на наличие патологических признаков, для подтверждения диагноза пневмонии, применяет методику обнаружения рентгенологических признаков пневмонии.

2 Первым этапом методики обнаружения рентгенологических признаков пневмонии является загрузка рентгенограммы врачом-рентгенологом. Специалист также осуществляет загрузку эталонных изображений, для оценивания качества и наличия патологии.

3 Улучшение качества изображения (второй этап) осуществляет автоматически разработанной информационной технологией, если рентгенограмма недостаточного качества. Используются группы функций MATLABIPT «Улучшение изображений» и «Фильтрация изображений». При последовательном наслаивании функций пакета ImageProcessingToolboxMATLAB получено улучшенное рентгеновское изображение, что повышает точность диагностики пневмонии и снижает вероятность ошибочной постановки диагноза. Работа в приложении IPT существенно облегчает работу при манипуляциях с некачественными изображениями.

4 Третий этап - визуальное сопоставление специалистом анализируемой рентгенограммы с эталоном возрастной нормы и патологии

облегчает процесс обнаружения области, содержащей патологию, что повышает точность интерпретации рентгенограмм органов грудной клетки, облегчает процесс обнаружения области, содержащей патологию, и соответственно, сокращает диагностические ошибки.

5 Специалист приступает к выделению границ (четвертый этап) при обнаружении на рентгенограмме органов грудной клетки патологических признаков пневмонии. В результате выделения границ на изображении отчетливо видны границы легких, что позволяет визуально обнаружить дефект в легком. Выделение границ производится с помощью функции edge.

6 Пятый этап - сравнение локального массива пикселей патологического объекта с эталоном (локальный массив пикселей грудины и легочной ткани) осуществляется специалистом для подтверждения диагноза пневмонии. Функция impixelregion выводит окно отображения массива пикселей, в котором выделенный фрагмент в области грудины принимает значение 0, легочной ткани принимает 1, соответственносравнение с эталоном позволяет определить,к какой ткани принадлежит патологический объект на рентгенограмме.

7 Сравнение плотности областей интереса на рентгенологических снимкахлегких (шестой этап) позволяет автоматически обнаружить патологию. Специалист вводит в диалоговое окно координаты аналогичных областей правого и левого легкого. Вычисление плотности осуществляется автоматически, если плотность затемнения близка по плотности с костью, выдается результат «Болен», если к легочной ткани выводится результат «Здоров».

8Выбраны рентгенограммы заведомо не содержащие и содержащие патологию (пневмония), что позволяет оценить достоверность работы информационной технологии сравненияплотности. Выбраны области интереса аналогичных участков правого и левого легкого, полученные координаты внесены в диалоговое окно. При анализе рентгенограмм органов

грудной клетки заведомо содержащих и не содержащих патологию программа выдает достоверный результат. Работоспособность созданного программно- методического комплекса была экспериментально проверена на цифровом рентгеновском снимке и доказана.

9MatlabIPT реализует оптимальный набор инструментов современных специализированных информационных систем для анализа и обработки медицинских изображений. Сформировано поле с кнопками, списками и осями для вывода рентгенограмм. Панель «Работа с изображениями» (рисунок 3.35) реализует первый этап методики обнаружения рентген-признаков пневмонии. Панель «Улучшение изображений» (рисунок 3.42) позволяет улучшить некачественное изображение (второй этап). Панель «Обнаружение признаков» (рисунок 3.46) соответствует третьему –шестому этапу, и реализует сопоставление с возвратными нормами и патологией, выделение границ, сравнение локального массива пикселей и плотности нормальных, и содержащих патологию тканей.

10 Задачами очередного раздела является разработка методики (алгоритма) оценивания признаков на рентгенографическом изображении специалистом и разработка удобного графического интерфейса пользователя.

4 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ОЦЕНИВАНИЯ ПРИЗНАКОВ ПНЕВМОНИИ ПО РЕНТГЕНОВСКИМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ ЛЁГКИХ

4.1 Методикаоценивания рентгенологических признаков пневмонии

Оценивание признаков пневмонии по рентгеновским изображениям органов грудной клетки осуществляется поэтапно (рисунок 4.1).

Первым этапом оценивания признаков пневмонии по рентгеновским изображениям лёгких является определение локализации затемнения. Для автоматического определения локализации затемнения, специалисту необходимо выбрать на анализируемой рентгенограмме органов грудной клетки наивысшую и наинизшую точки, результат выдается автоматически в виде диалогового окна.

Вторым этапом оценивания рентгенологических признаков пневмонии является оценивание размеров затемнения, а именно длин сторон и углов. Для оценивания размеров затемнения специалист, согласно справочному окну, выбирает три точки на анализируемом изображении. Координаты точек вычисляются автоматически для длин и выводятся в таблицу. Координаты точек для расчета углов специалист вводит вручную в диалоговое окно. Углы рассчитываются в радианах, соответственно необходимо перевести радианы в градусы. Перевод осуществляется автоматически после ввода углов в радианах в диалоговое окно специалистом.

Третьим этапом является оценивание площади затемнения. Выбор координат точек осуществляется автоматически, или специалист вводит в диалоговое окно координаты трех точек полученных на втором этапе, что необходимо для оценивания достоверности работы.

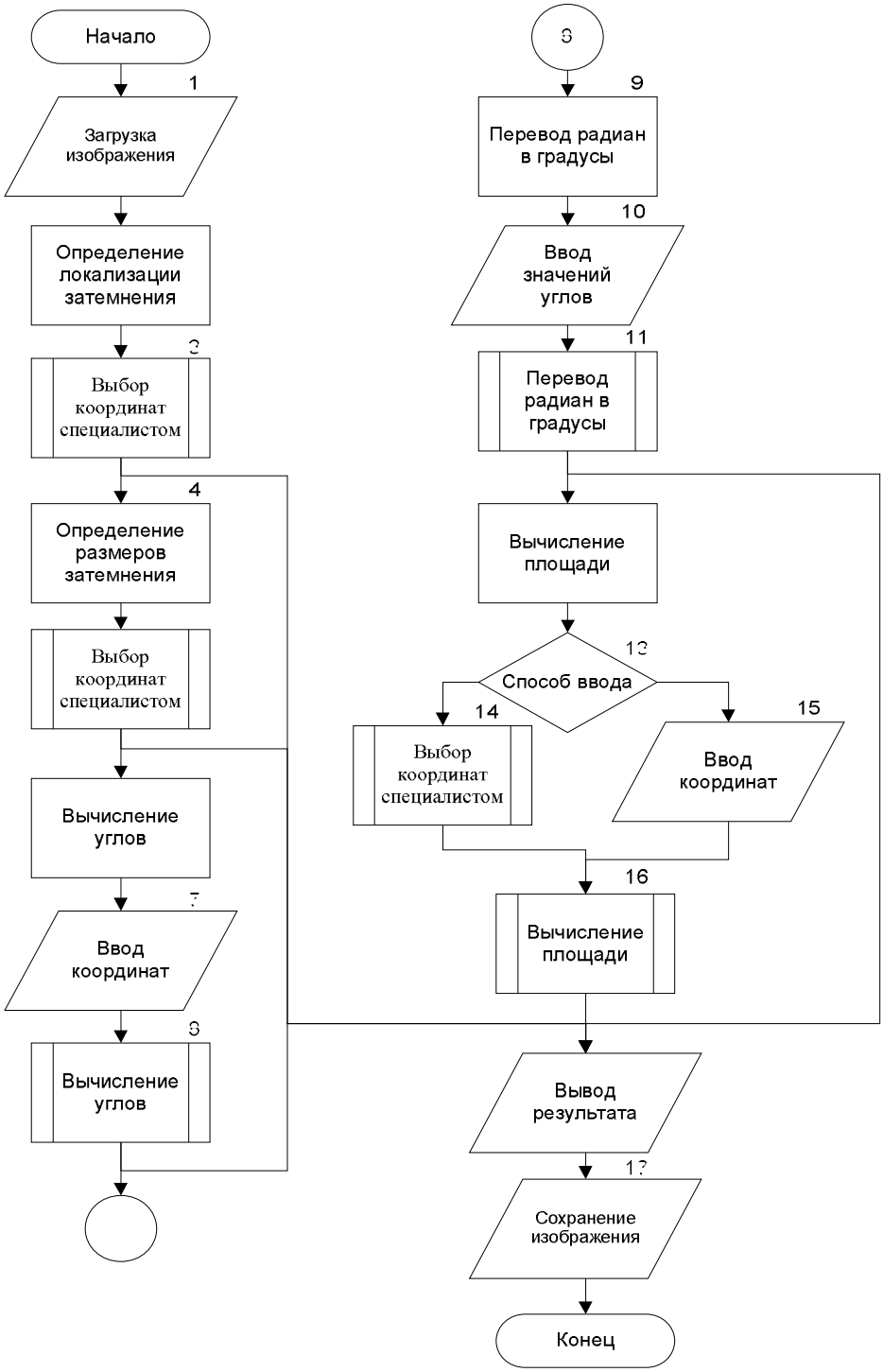

Рисунок 4.1 — Алгоритм обнаружения признаков пневмонии по рентгенологическим изображениям легких

Методика оценивания рентгенологических признаков пневмонии предполагает комплексное использование функций MatlabIPT врачом-рентгенологом.

4.2 Определение локализации затемнения

Перед началом работы необходимо вызвать справку, щелкнув кнопку “Help”. В результате появится справочное окно, содержащие информацию о порядке действий для определения локализации патологического объекта (рисунок 4.2).

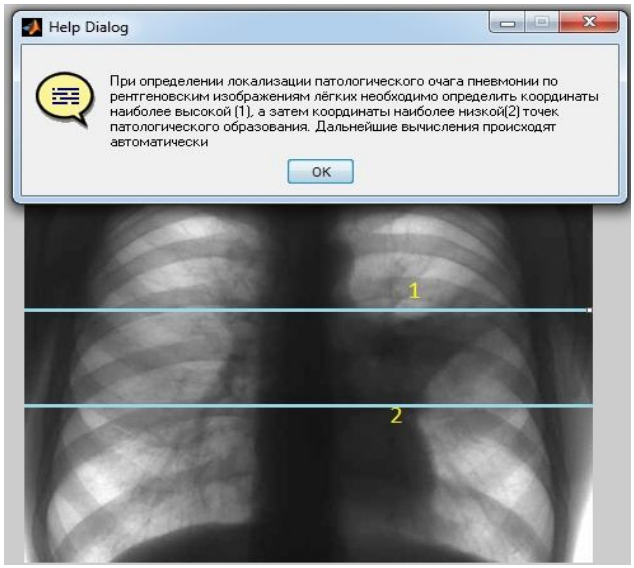

Рисунок 4.2 — Справочное окно

Полученные координаты точек выводятся в таблицу (рисунок 4.3) и сравниваются с эталоном. Эталоном являются координаты верхней, нижней и средней долей. Результат выводится в виде диалогового окна (рисунок 4.4). Текст программы представлен в таблице 4.1.

Таблица 4.1 — Текст программы определения локализации

Наименование функции	Описание
imshow(I)	Вывод изображения на экран
[i,j]=ginput(1)	Определение координат точки 1
[q,w]=ginput(1)	Определение координат точки 2
A=[i,j;q,w;]	Формирование матрицы из координат 2 точек
set(handles.uitable6, 'Data',A)	Вывод координат точек в таблицу (рисунок 4.3)
E=sum(A,1)	Суммирование строк матрицы
F=E(:,2)	Удаление ширины

Продолжение таблицы 4.1

Наименование функции	Описание
if F<634.7645 msgbox(В верхней доле')	Затемнение располагается в верхней доле (634,7645 – граница между верхней и нижней долей)
if F>634.7645 msgbox('В нижней доле')	Затемнение располагается в нижней доле

	Координата 1	Координата 2
Точка 1	302.7008	261.7259
Точка 2	306.2915	331.7452

Рисунок 4.3 — Координаты точек для определения локализации затемнения

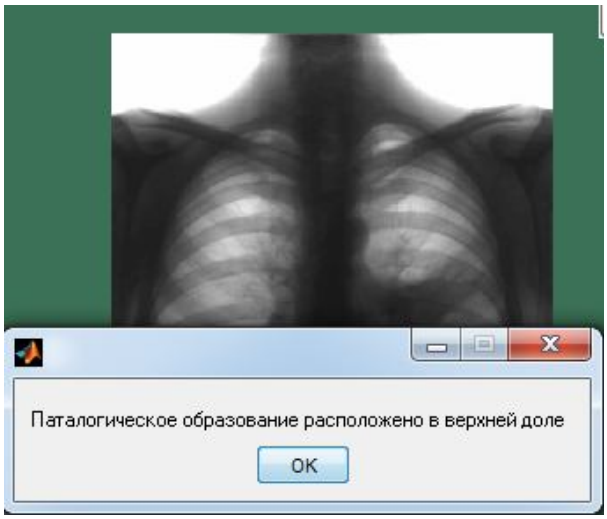

Рисунок 4.4 — Результат определения локализации патологического объекта

4.3 Оценивание размеров затемнения

В связи с тем, что затемнение треугольной формы основными оцениваемыми размерами являются длины сторон треугольника и углы.

Перед началом работы необходимо вызвать справку, щелкнув кнопку “Help”. В результате появится справочное окно, содержащие информацию о порядке действий для определения размеров патологического объекта (рисунок 4.5).

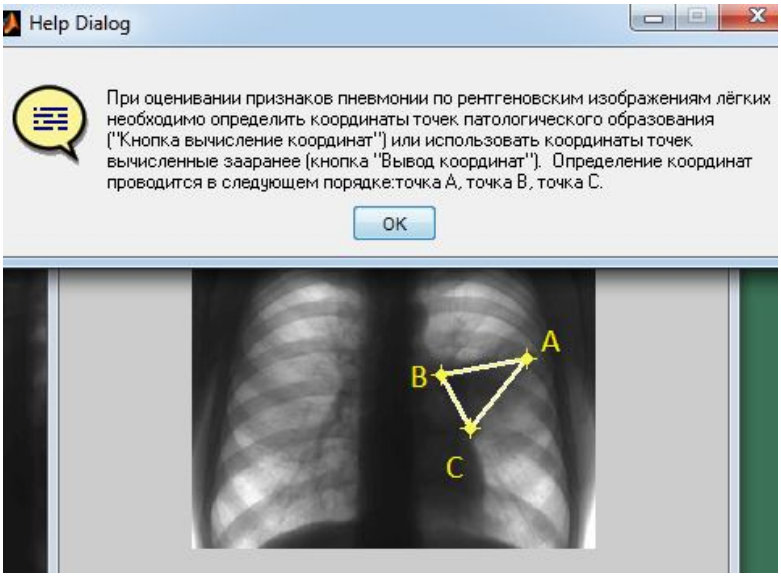

Рисунок 4.5 — Справочное окно

Текст программы вычисления размеров представлен в таблице 4.2.

Таблица 4.2 — Текст программы вычисления размеров затемнения

Наименование функции	Описание
imshow(I)	Вывод изображения на экран
[i,j]=ginput(1)	Определение координат точки 1 (рисунок 4.6)
[q,w]=ginput(1)	Определение координат точки 2
[e,f]=ginput(1)	Определение координат точки 3
A=[i,j;q,w;e,f]	Формирование матрицы из координат 3 точек
set(handles.uitable6, 'Data',A)	Вывод координат точек в таблицу (рисунок 4.7)
r1 = [i,j]; r2= [q,w]; r3= [e,f]	Задаются координаты точек
r1r2=r2-r1	Координаты вектора r1
r2r3=r3-r2	Координаты вектора r1
r3r1=r3-r1	Координаты вектора r1
lr1=sqrt(((r1r2(1)^2)+(r1r2(2)^2)))/25.4	Определение длины AB. Деление на 25.4 необходима для перевода числовых значений в сантиметры
lr2=sqrt(((r2r3(1)^2)+(r2r3(2)^2)))/25.4	Определение длины BC
lr3=sqrt(((r3r1(1)^2)+(r3r1(2)^2)))/25.4	Определение CA
D=[lr1 lr2 lr3]	Формирование матрицы
set(handles.uitable9,'Data',D)	Запись матрицы D в таблицу (рисунок 4.8)

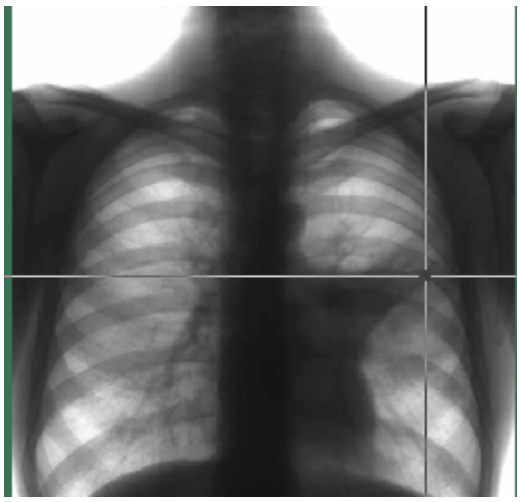

Рисунок 4.6 — Определение координат точек

	Координата 1	Координата 2
Точка 1	370.9247	259.9305
Точка 2	270.3842	252.7490
Точка 3	315.2683	337.1313

Рисунок 4.7 — Координаты точек

	AB	BC	CA
См	4.1215	3.0427	3.9640

Рисунок 4.8 — Размеры затемнения

Таблица 4.3 — Текст программы нахождение углов

Наименование функции	Описание
M = inputdlg({'Координаты точки A' 'Координаты точки B' 'Координаты точки C'})	Вывод изображения на экран
r1 = str2num(M{1})	Определение координат точки 1 (рисунок 4.1)
r2= str2num(M{2})	Определение координат точки 2
r3= str2num(M{3})	Определение координат точки 3
r1r2=r1-r2	Координаты вектора r1
r2r3=r3-r2	Координаты вектора r1
r3r1=r3-r1	Координаты вектора r1
lr1=sqrt(((r1r2(1)^2)+(r1r2(2)^2)))/25.4	Определение длины AB. Деление на 25.4 необходимо для перевода числовых значений в сантиметры
lr2=sqrt(((r2r3(1)^2)+(r2r3(2)^2)))/25.4	Определение длины BC

Продолжение таблицы 4.3

Наименование функции	Описание
lr3=sqrt(((r3r1(1)^2)+(r3r1(2)^2)))/25.4	Определение CA
cx1 = ((r1r2(1)*r2r3(1))+(r1r2(2)*r2r3(2)))/ lr1* lr3	cos(Y)=cx1
B=acos(cx1)	Вычисление угла в радианах
set(handles.uitable10,'Data',B)	Запись матрицы B в таблицу (рисунок 4.3)
cx2 = ((r2r3(1)*r3r1(1))+(r2r3(2)*r3r1(2)))/ lr1* lr3	cos(Y)=cx2
C=acos(cx2)	Вычисление угла в радианах
set(handles.uitable10,'Data',C)	Запись матрицы D в таблицу (рисунок 4.3)
cx3 = ((r1r2(1)*r3r1(1))+(r1r2(2)*r3r1(2)))/ lr1* lr3	cos(Y)=cx3
A=acos(cx3)	Вычисление угла в радианах
set(handles.uitable10,'Data',A)	Запись матрицы D в таблицу (рисунок 4.3)

В результате получены углы A, B, C в радианах (рисунок 4.9 – 4.11).

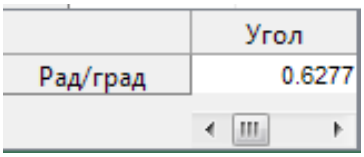

Рисунок 4.9 — Значение угла A в радианах

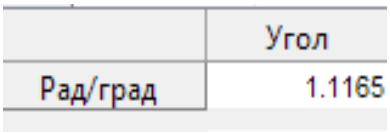

Рисунок 4.10 — Значение угла B в радианах

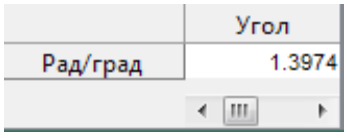

Рисунок 4.11 — Значение угла C в радианах

Радианы необходимо перевести в градусы (таблица 4.4). Углы A, B, C в градусах представлены на рисунках 4.12 – 4.14.

Таблица 4.4 — Текст программы перевод радиан

Наименование функции	Описание
M = inputdlg({"Введите значение угла в радианах"})	Диалоговое окно для ввода значения угла
g1 = str2num(M{1})	Поле для ввода значения угла
P=3.14	Задание значения числа
B=180/P	Перевод радиан в градусы
A=g1*B	Перевод радиан в градусы
set(handles.uitable10, 'Data',A)	Вывод в значения угла таблицу

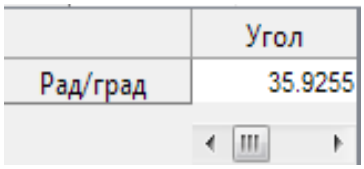

Рисунок 4.12 — Значение угла A в градусах

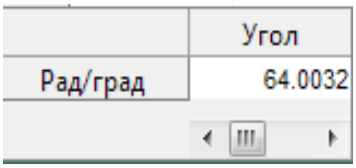

Рисунок 4.13 — Значение угла B в градусах

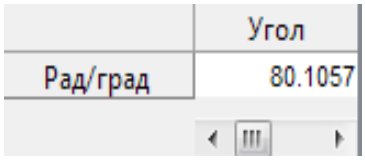

Рисунок 4.14 — Значение угла C в градусах

4.4 Оценивание площади затемнения

В диалоговое окно,для вычисления площади затемнения, вводятся координаты 3 точек. Площадь выводится в таблицу (рисунок 4.15). Текст программы расчета площади затемнения представлен в таблице 4.5.

Таблица 4.5 — Текст программы вычисление площади затемнения

Наименование функции	Описание
M = inputdlg({'Координаты точки A' 'Координаты точки B' 'Координаты точки C'})	Вывод изображения на экран

Продолжение таблицы 4.5

Наименование функции	Описание
r1 = str2num(M{1})	Определение координат точки 1
r2= str2num(M{2})	Определение координат точки 2
r3= str2num(M{3})	Определение координат точки 3
r1r2=r2-r1	Координаты вектора r1
r2r3=r3-r2	Координаты вектора r1
r3r1=r3-r1	Координаты вектора r1
lr1=sqrt(((r1r2(1)^2)+(r1r2(2)^2)))/25.4	Определение длины AB. Деление на 25.4 необходимо для перевода числовых значений в сантиметры
lr2=sqrt(((r2r3(1)^2)+(r2r3(2)^2)))/25.4	Определение длины BC
lr3=sqrt(((r3r1(1)^2)+(r3r1(2)^2)))/25.4	Определение CA
p=(lr1+lr2+lr3)/2;S2=sqrt ((p-lr1)*(p-lr2)*(p-lr3)*p)	Вычисление площади
set(handles.uitable7,'Data', S2)	Запись площади в таблицу

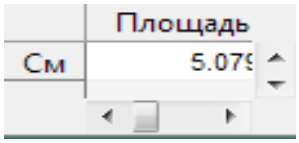

Рисунок 4.15 — Площадь затемнения

4.5 Интерфейс пользователя

Создана панель «Оценивание признаков», включающая кнопки «Вывод координат», «Вычисление координат», «Help», «Локализация», «Размеры», «Угол A», «УголB», «Угол C», «Перевод радиан в градусы», «Площадь» (рисунок 4.16).

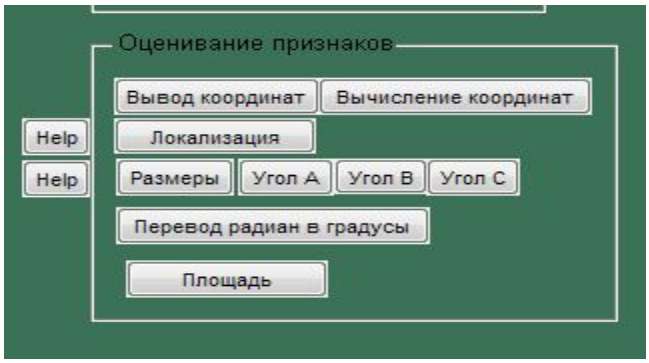

Рисунок 4.16 — Панель «Работа с изображениями»

Кнопка «Вывод координат» отображает в таблице (рисунок 4.17) координаты вычисленные заранее. Это необходимо для проверки правильности результатов.

	Координата 1	Координата 2
Точка 1	371	257
Точка 2	264	285
Точка 3	307	335

Рисунок 4.17 — Координаты точек

Кнопка «Вычисление координат» производит автоматическое вычисление координат точек (рисунок 4.18) и вывод в таблицу (рисунок 3.19).

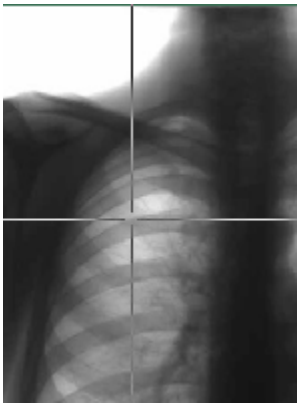

Рисунок 4.18 — Определение координат точек

	Координата 1	Координата 2
Точка 1	80.0753	218.6371
Точка 2	286.5425	110.9151
Точка 3	112.3919	358.6757

Рисунок 4.19 — Координаты точек

Кнопка «Help» выводит справочное окно, содержащие информацию о порядке действий необходимых для определения локализации

патологического затемнения (первый этап) и вычисления размеров и углов патологического объекта (рисунок 4.20).

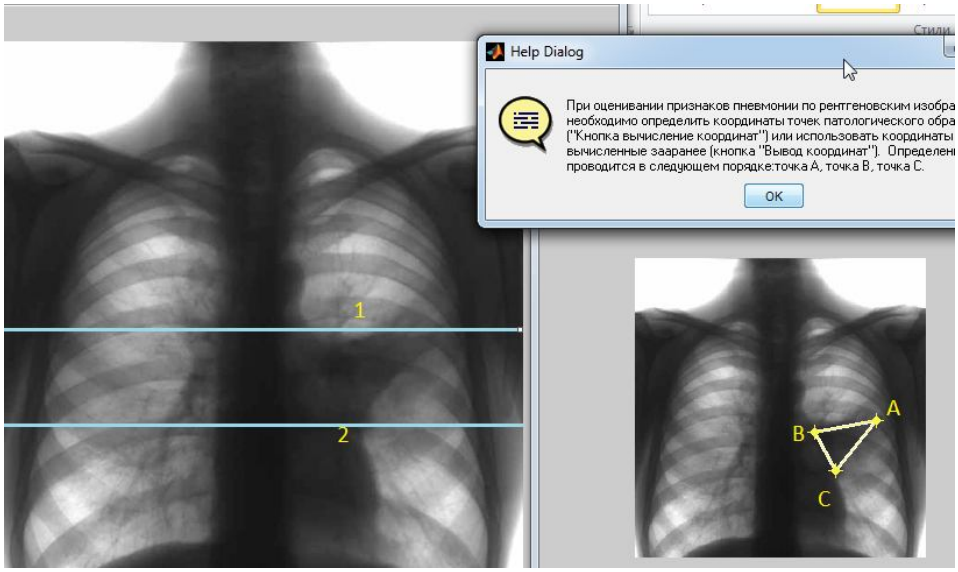

Рисунок 4.20 — Справочное окно

Кнопки «Размеры», «Угол А», «УголВ», «Угол С» реализуют второй этап алгоритма. В результате нажатия кнопки автоматически вычисляются координаты трех точек и длины, которые выводятся в таблицу (рисунок 4.21).

	AB	BC	CA
См	3.8228	3.2683	3.8515

Рисунок 4.21 — Длины сторон затемнения

В результате нажатия кнопок «Угол А», «УголВ», «Угол С» появляется диалоговое окно, в которое необходимо ввести координаты точек полученные нажатием кнопки «Вывод координат» (рисунок 4.17), либо нажатием кнопки «Вычисление координат» (рисунки 4.18 – 4.19). Автоматически определяются углы,которые выводятсяв таблицу (рисунки 4.22 – 4.24).

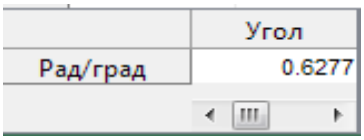

Рисунок 4.22 — Значение угла A в радианах

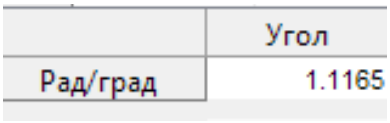

Рисунок 4.23 — Значение угла B в радианах

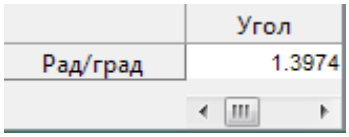

Рисунок 4.24 — Значение угла C в радианах

Кнопка «Перевод радиан в градусыосуществляет автоматический перевод радиан в градусы. Углы A, B, C в градусах представлены на рисунках 4.25 – 4.27.

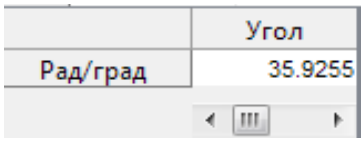

Рисунок 4.25 — Значение угла A в градусах

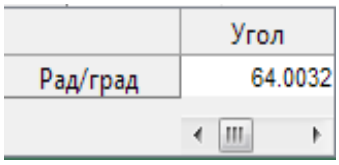

Рисунок 4.26 — Значение угла B в градусах

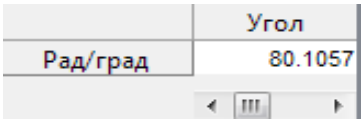

Рисунок 4.27 — Значение угла C в градусах

При нажатии кнопки «Площадь» реализуется третий этап методики. В результате нажатия кнопки «Площадь» появляется диалоговое окно, в которое необходимо ввести координаты точек полученные нажатием кнопки «Вывод координат» (рисунок 4.17), либо нажатием кнопки «Вычисление координат» (рисунки 4.18 – 4.19). Автоматически определяются площадь затемнения, которые выводятся в таблицу (рисунки 4.28).

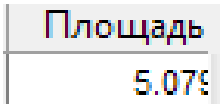

Рисунок 4.28 — Площадь затемнения

На рисунке 4.29 представлен интерфейс пользователя.

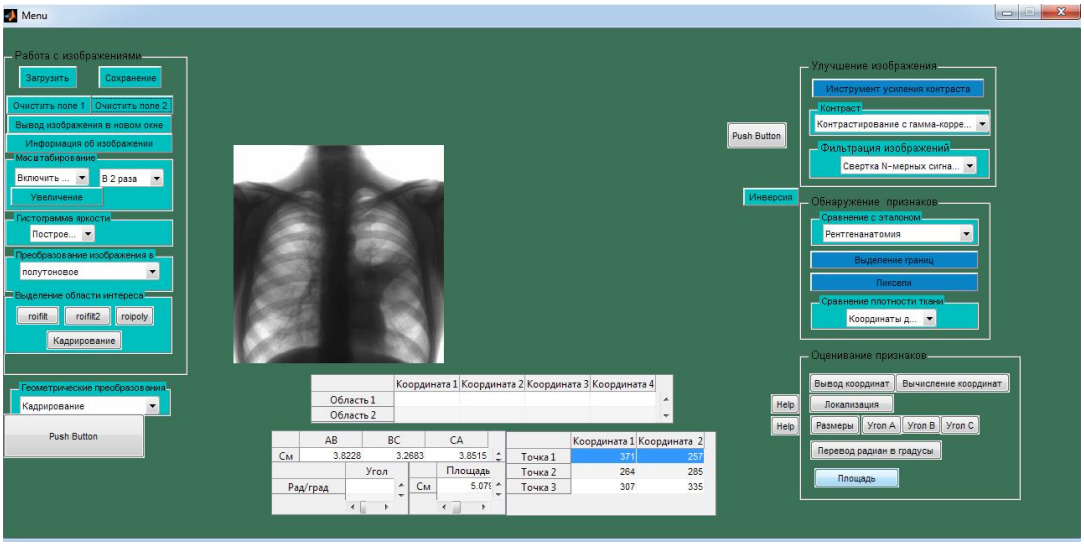

Рисунок 4.29 — Интерфейс пользователя

4.6 Оценивание достоверности

Выбрана рентгенограмма, затемнение на которой располагается в верхней доле. Программа выдает результат «Патологическое образование расположено в верхней доле» (рисунок 4.30).

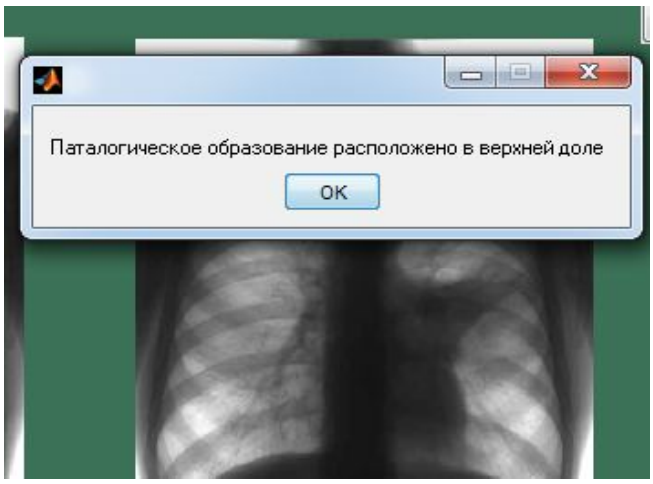

Рисунок 4.30 — Результат определения локализации затемнения

Выбраны снимки, содержащие патологию в нижней доле легкого, для подтверждения достоверности методикиработы программы. Программа выдает результат «Патологическое образование расположено в нижней доле» (рисунок 4.31 - 4.32).

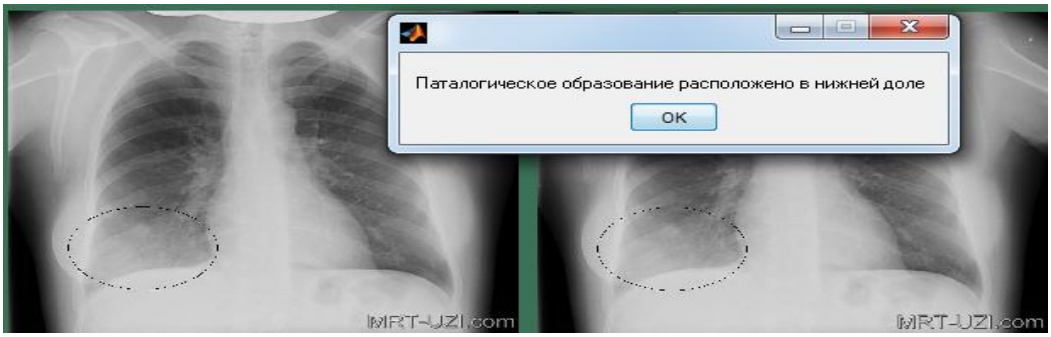

Рисунок 4.31 — Результат определения локализации затемнения

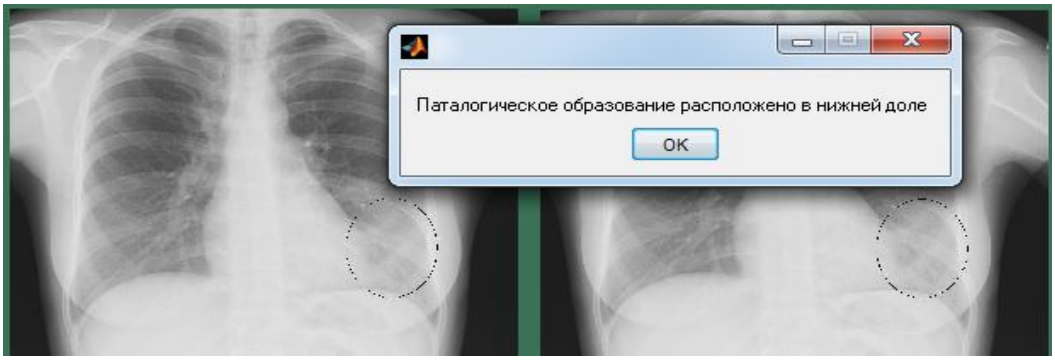

Рисунок 4.32 — Результат определения локализации затемнения

Выбраны координаты трех точек для проверки достоверности расчетов длин сторон, углов и площади затемнения, по которым рассчитываются данные показатели (рисунок 4.33).

	Координата 1	Координата 2
Точка 1	371	257
Точка 2	264	285
Точка 3	307	335

Рисунок 4.33 — Координаты точек

Вводятся координаты точек, для проверки достоверности полученных данных, в онлайн калькулятор [35] (рисунок 4.34).

Рисунок 4.34 — Ввод координат точек в онлайн калькулятор

Координаты векторов вычислены по формуле:

$$X = x_j - x_i, \quad (4.1)$$

$$Y = y_j - y_i. \quad (4.2)$$

где X, Y- координаты вектора;

x_i, y_i- координаты точки A_i; x_j, y_j.

В результате получили AB(-107;28), AC(-64;78), BC(43;50).

Расстояние d между точками $A_1(x_1; y_1)$ и $A_2(x_2; y_2)$ определяется по формуле:

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y)^2}. \quad (4.3)$$

Длины сторон, рассчитанные программой и онлайн калькулятором, приведены в таблице 4.6. Для получения длин векторов в сантиметрах необходимо разделить полученные значения на 25.4.

Таблица 4.6 — Проверка достоверности длин сторон

Длина векторов	Онлайн калькулятор		Программа	Погрешность,%
	dpi	Сантиметры	Сантиметры	
AB	110.6	4.35	4.3544	0,1
BC	65.95	2.6	2.5963	0,14
AC	100.9	3.97	3.9723	0,05

Углы определяются по формуле:

$$cosy = \frac{a_1 * a_2}{|a_1| * |a_2|}. \quad (4.4)$$

где $a_1a_2 = X_1X_2 + Y_1Y_2$.

Результат получен в радианах, их необходимо перевести в градусы, вычислив арккосинус полученного значения. На рисунках 4.35 – 4.37 углы рассчитанные онлайн калькулятором. Результаты в таблице 4.7.

Найдем угол между векторами AB(-107;28) и AC(-64;78)

$$cos\gamma = \frac{-107(-64)+28 \cdot 78}{\sqrt{12233} \cdot \sqrt{10180}} = 0.81$$

γ = arccos(0.81) = 35.97^0

Рисунок 4.35 — Расчет угла A

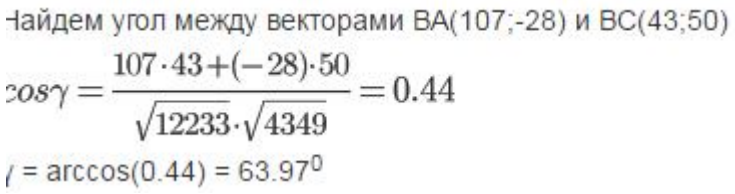

Рисунок 4.36 — Расчет угла B

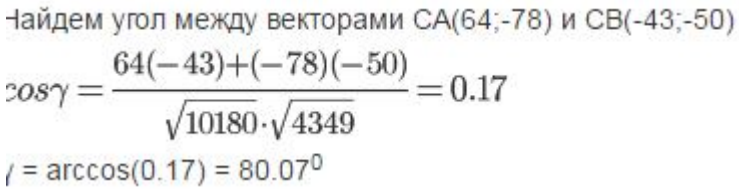

Рисунок 4.37 — Расчет угла C

Таблица 4.7 — Проверка достоверности углов

Угол	Онлайн калькулятор		Программа		Погрешность,%
	Радианы	Градусы	Радианы	Градусы	
A	0.81	35.97	0.6277	35.9255	0,12
B	0.44	63.97	1.1165	64.0032	0,05
C	0.17	80.07	1.3974	80.1057	0,044

Ввели длины сторон в онлайн калькулятор для нахождения площади (рисунок 4.38). В таблице 4.8 приведена площадь рассчитанная программой и онлайн калькулятором.

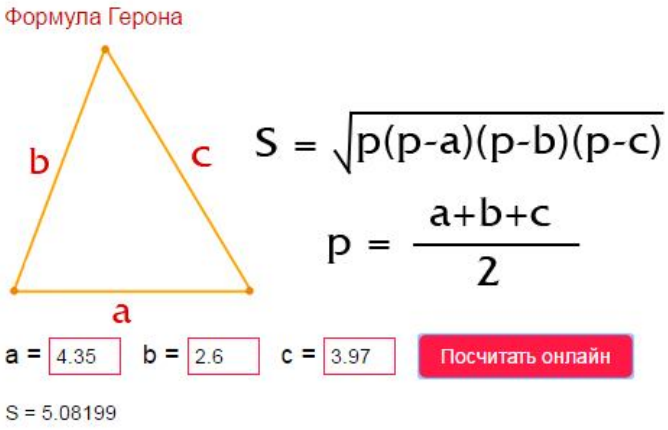

Рисунок 4.38 — Расчет площади

Таблица 4.8 — Проверка достоверности площади

Онлайн калькулятор	Программа	Погрешность, %
5.081	5.079	0,39

Таким образом, в результате проверки достоверности данных доказано что значения полученные созданным программным комплексом и онлайн калькулятором совпадают. Соответственно работоспособность созданного программно- методического комплекса была экспериментально проверена и доказана.

4.7 Основные результаты и выводы по четвертому разделу

1 Разработана методика оценивания рентгенологических признаков пневмонии. Специалист выбирает на анализируемой рентгенограмме наивысшую и наинисшую точки, локализация затемнения (первый этап) производится автоматически, результат выводится в виде диалогового окна.

2 Вторым этапом оценивания рентгенологических признаков пневмонии является оценивание размеров затемнения, а именно длин сторон и углов. Для оценивания размеров затемнения специалист, согласно справочному окну, выбирает три точки на анализируемом изображении. Координаты точек вычисляются автоматически для длин и выводятся в таблицу. Координаты точек для расчета углов специалист вводит вручную в диалоговое окно. Углы рассчитываются в радианах, соответственно, необходимо перевести радианы в градусы. Перевод осуществляется автоматически после ввода углов в радианах специалистом в диалоговое окно.

3 Третий этап - оценивание площади затемнения. Выбор координат точек осуществляется автоматически, или специалист вводит в диалоговое окно координаты трех точек полученных на втором этапе, что необходимо для оценивания достоверности работы.

4MATLABIPTдает возможность автоматизировать определение качественных и количественных признаков, что облегчает работу специалисту, и снижает трудоемкость процесса. В результате использования разработаннойинформационной технологии выявлено, что патологическое образование или патологический очаг на рентгенограмме локализован в верхней доле левого легкого. Так же, благодаря возможностям программно-методического комплекса, были измерены длины сторон найденного объекта, которые равны4.3544, 2.5963, 3.9723 сантиметров, углы составляют 35.9255, 64.0032, 80.1057 градусов. Вычислена площадь затемнения, которая равна 5.079 сантиметров.

4 Относительные погрешности размеров составляет 0,1; 0,14; 0,05 процентов, погрешность определения углов 0,12, 0,05, 0,044 процентов, площади 0,39 процентов. Полученные результаты свидетельствуют о том, что программа работает корректно и позволяет получить достоверные сведения о количественных признаках на рентгеновском изображении легких.

5 Сформировано поле с кнопками, списками и осями для вывода рентгенограмм. Панель «Оценивание признаков» (рисунок 4.16) реализует методику оценивания признаков пневмонии по рентгеновским изображениям легких. Кнопка «Локализация» определяет локализацию затемнения (первый этап). Кнопки «Размеры», «Угол А», «Угол В», » «Угол С» соответствуют второму этапу. Третий этап реализуется кнопкой «Площадь». В результате применения MatlabGUIбыло сформировано поле с кнопками и осями для вывода рентгенограмм, обеспечивающее наиболее оптимальный набор инструментов для оценивания рентгенологических признаков пневмонии.

5Созданнаяметодика решает проблемуоценки параметров патологических образований, соответственно, ее можно использовать в ЛПУ, с целью облегчения диагностики пневмонии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1 Эпидемиология пневмоний характеризуется тенденцией к росту заболеваемости как у нас в стране, так и во всем мире (см. рисунок 1.1). В РФ пневмококк является причиной до 62 - 76% пневмоний у взрослых. Наиболее высокая летальность наблюдается при внебольничной пневмонией, вызванной Streptococcuspneumoniae и Legionellapneumophila.

2Наиболее информативным методом диагностики пневмонии является рентгенография органов грудной клетки в двух взаимноперпендикулярных плоскостях(см. рисунок 1.8). Расшифровка рентгена легких – это сложная задача, требующая обширных знаний и длительного практического опыта.

3 В связи с массовостью заболевания возникает потребность во внедрении информационных технологий обнаружения и оценивания признаков пневмонии по рентгеновским изображениям лёгких, позволяющих снизить трудоёмкость диагностирования по рентгенологическим изображениям, повысить достоверность диагностирования, ограничить требования к квалификации специалистов.

4 Большинство рентгенологических систем содержит набор методов анализа и обработки изображений, доступный исследователю, без указаний, какой именно метод должен быть применен для достижения поставленной цели преобразования.Эти проблемы можно решить с пакетом Image Processing Toolbox в MATLAB.

5Разработана методика обнаружения и оценивания рентгенологических признаков пневмонии, основанная на комплексном использовании функций MatlabIPT врачом-рентгенологом (см. рисунок 3.1, 4.1). Методикой обнаружения и оценивания признаков пневмонии предусматривается улучшение качества изображения, выделение области интереса, сопоставление анализируемого изображения с эталонным для подтверждения диагноза пневмонии, выделение границ легких для

обнаружения затемнения, сравнение массива пикселей, сравнение плотности правого и левого легкого, определение локализации затемнения, вычисление длин, углов и площади затемнения.

6MATLABIPT дает возможность автоматизировать определение качественных и количественных признаков, что снижает трудоемкость процесса. Для вычисления количественных признаков и локализации затемнения выбор координат точек осуществляется автоматически, или вводятся в диалоговое окно, что необходимо для оценивания достоверности работы.

7Достоверность обнаружения признаков пневмонии оценивается обнаружением признаков пневмонии на эталонном изображении по разработанной методике. Достоверность оценивания признаков пневмонии подтверждается сравнением данных полученных по разработанной методике и онлайн калькулятором. В результате проверки достоверности данных доказано, что значения совпадают, соответственно работоспособность разработанной методики экспериментально проверена и доказана.

8 Разработан программный комплекс, в среде Matlab, позволяющий реализовать методику обнаружения и оценивания рентгенологических признаков пневмонии. Программный комплекс обладает графическим интерфейсом и не требует специальных навыков работы.

9 Результаты в полной мере соответствуют поставленным задачам дипломной работы. Созданная методика решает проблему оценки параметров патологических образований, соответственно, ее можно использовать в ЛПУ, с целью облегчения диагностики пневмонии. Перспективами применения данных методик, алгоритмов и программных комплексов является создание программного комплекса автоматического определения формы затемнения на рентгенограмме.

Отчет по курсовой работе был оформлен в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.32 – 2001 и ГОСТ Р 7.0.5 – 2008.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Центр гигиены и эпидемиологии [Электронный ресурс]. — Электрон., текстовые дан. - Режим доступа: http://fbuz01.rospotrebnadzor.ru/konsultatcionnyicentr/nashi- — Загл. с экрана.

2. Антонов, О.С. Автоматизация разделения рентгенограмм грудной клетки на «норму» и «патологию»/ О.С. Антонов, А.Г. Хабахпашев, Л.И. Шехтман // Вестник рентгенологии и радиологии. 1992. № 1.

3. Дороничева А. В., Савин С. З. Метод распознавания медицинских изображений для задач компьютерной автоматизированной диагностики /Современные проблемы науки и образования. 2014. № 4 [Электронный ресурс]. – Электрон., текстовые дан. – Режим доступа: https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=14414 (дата обращения: 15.06.2017).

4. Дюдин М. В., Методы, модели и алгоритмы анализа и классификации растровых изображений рентгенограмм грудной клетки. / Курск 2016.

5. Косых Н. Э. Система автоматизированного компьютерного анализа медицинских изображений / Информационные технологии и вычислительные системы. 2011. № 3.

6. Лукашевич П.В.,Залесский Б.А. Выделение теней на изображениях с помощью анализа гистограмм диагностики / Информатика. 2011. № 29 [Электронный ресурс]. – Электрон., текстовые дан. – Режим доступа: http://depository.baset.by/EDNI/Periodicals/Articles/Details.aspx?Key_Journal=32&Id=526

7.Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB / Р. Гонсалес, Р. Вудс, С. Эддинс. — М.: Техносфера, 2006. — 616 с.

8. Прус А. В., Ковалёв В. А., Ванькевич П. Е. Сегментация рентгеновских изображений лёгких / Информатика. 2008. № 21

[Электронный ресурс]. – Электрон., текстовые дан. – Режим доступа: http://depository.basnet.by/EDNI/Periodicals/Articles/Details.aspx?Key_Journal=32&Id=291

9. Внебольничные пневмонии [Электронный ресурс]. — Электрон, текстовые дан. - Режим доступа: http://www.zodorov.ru/vnebolenichnie-pnevmonii-klassifikaciya-patogenez-etiologiya-e.html — Загл. с экрана.

10. Молчанова О.В. Внебольничная пневмония в Хабаровском крае. Эпидемиологические аспекты. / Дальневосточный журнал инфекционной патологии. 2010. 16: 77-81 [Электронный ресурс]. – Электрон., текстовые дан. – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/etiologiya-vnebolnichnoy-pnevmonii-u-vzroslyh-gospitalizirovannyh-bolnyh-b-habarovskom-krae

11.Ханин А.Л., Чернушенко Т.И. Проблемы болезней органов дыхания и возможные пути их решения на уровне муниципального здравоохранения / Пульмонология. 2012. 2: 115-118.

12. Международная классификация болезней 10 пересмотра [Электронный ресурс]. — Электрон, текстовые дан. - Режим доступа: http://mkb-10.com/ — Загл. с экрана.

13. МЕДУНИВЕР [Электронный ресурс]. — Электрон, текстовые дан. — Режим доступа: http://meduniver.com/Medical/Therapy/211.html — Загл. с экрана.

14.Герасимова А.С., Пневмонии: учеб. пособие для мед. спец. вузов / А.С. Герасимова – П. : Издательство ПГУ, 2016. – 73 с.

15. Портал для студентов медиков [Электронный ресурс]. — Электрон, текстовые дан. — Режим доступа: http://uchenie.net/therapy/ekzamen/1290-10-pnevmoniya-etiologiya-patogenez.html — Загл. с экрана.

16. Внутренние болезни. Система органов дыхания [Текст] / Г.Е. Ройтберг, А. В. Струтынский — М.: Бином, 2005. — 464 с.

17. Пневмония [Электронный ресурс]. — Электрон, текстовые дан. — Режим доступа: http://pneumonija.ru/rentgenologicheskaya-diagnostika-vospaleniya-legkih — Загл. с экрана.

18. Портал о человеке и его здоровой жизни [Электронный ресурс]. — Электрон, текстовые дан. — Режим доступа: http://ilive.com.ua/health/pnevmokokkovaya-pnevmoniya_75427i15943.html — Загл. с экрана.

19. Портал о лучевой диагностике [Электронный ресурс]. — Электрон, текстовые дан. — Режим доступа: Источник: http://x-raydoctor.ru/rentgen/grudnaja-kletka/snimki-legkih-pri-pnevmonii.html — Загл. с экрана.

20. Лучевая лиагностика [Электронный ресурс]. — Электрон, текстовые дан. — Режим доступа: http://mrt-uzi.com/rentgen-legkih/rentgen-legkih-pri-pnevmonii.html — Загл. с экрана.

21. Сайт практического рентгенолога [Электронный ресурс]. — Электрон, текстовые дан. — Режим доступа: http://zhuravlev.info/a_21_-— Загл. с экрана.

22. Методика анализа рентгенограмм. [Учебное пособие] / А.И. Сидоров, А.А. Щербатых, Л.Н. Покровская. Под ред. А.В. Синькова — Иркутск: ИГМУ, 2012.- 22 с

23. Лучевая диагностика: учебник. Т. 1/ Под ред. Г. Е. Труфанова. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. — 416 с.

24.Зеликман М.И. Цифровые приемники для рентгенодиагностических аппаратов // Радиология –практика. 2001. № 1. С. 30–34.

25. Михайлов А.Н. Средства и методы современной рентгенографии. - Минск. Белорусская наука, 2000. - с18-20, с 204-232

26. Сайт практического рентгенолога [Электронный ресурс]. — Электрон, текстовые дан. — Режим доступа: http://zhuravlev.info/a_169_- — Загл. с экрана.

27. АРМ MEDICAL VISION [Электронный ресурс]. — Электрон, текстовые дан. — Режим доступа: Рентгенотехника: http://www.astek-npo.ru/mvision — Загл. с экрана.

28. РИАМС ПРОМЕД [Электронный ресурс]. — Электрон, текстовые дан. - Режим доступа: http://swanit.ruelektronnoe_zdravoohranenie/rims_promed — Загл. с экрана.

29. Группа компаний ГАММАМЕД [Электронный ресурс]. — Электрон, текстовые дан. - Режим доступа: http://www.gammamed.ru/multivox — Загл. с экрана.

30. Зеликман М. И. Цифровые рентгенодиагностические системы. Часть I// Радиология-практика, 2007 г, №3. С. 16-20

31. Список функций IPT [Электронный ресурс]. — Электрон, текстовые дан. — Режим доступа: matlab.exponenta.ru/imageprocess/bndex.ph. — Загл. с экрана.

32. Возрастная флюорографическая норма легких[Электронный ресурс]. — Электрон, текстовые дан. - Режим доступа: http://medicusamicus.com/index.php?action=mimg-norma — Загл. с экрана.

33. Сегментарная пневмония[Электронный ресурс]. — Электрон, текстовые дан. - Режим доступа: http://mrt-uzi.com/rentgen-legkih/segmentarnaya-pnevmoniya.html — Загл. с экрана.

34. Сегментарная пневмония[Электронный ресурс]. — Электрон, текстовые дан. - Режим доступаhttp://mrt-uzi.com/rentgen-legkih/.html — Загл. с экрана. Сегментарная пневмония[Электронный ресурс]. — Электрон, текстовые дан. - Режим доступа: http://mrt-uzi.com/rentgen-legkih/segmentarnaya-pnevmoniya.html — Загл. с экрана.

35. Верхнедолевая сегментарная пневмония [Электронный ресурс]. — Электрон, текстовые дан. - Режим доступа: http://medicusamicus.com/index.php?action=mimg-levverhnpneumonia — Загл. с экрана.