

**ISSN 2077-6810**

# **ПЕРСПЕКТИВЫ НАУКИ**

**SCIENCE PROSPECTS**

**№ 5(128) 2020**

*Главный редактор*

**Воронкова О.В.**

*Редакционная коллегия:*

**Шувалов В.А.**

**Алтухов А.И.**

**Воронкова О.В.**

**Омар Ларук**

**Тютюнник В.М.**

**Вербицкий А.А.**

**Беднаржевский С.С.**

**Чамсутдинов Н.У.**

**Петренко С.В.**

**Леванова Е.А.**

**Осипенко С.Т.**

**Надточий И.О.**

**Ду Кунь**

**У Сунцзе**

**Бережная И.Ф.**

**Даукаев А.А.**

**Дривотин О.И.**

**Запивалов Н.П.**

**Пухаренко Ю.В.**

**Пеньков В.Б.**

**Джаманбалин К.К.**

**Даниловский А.Г.**

**Иванченко А.А.**

**Шадрин А.Б.**

**Снежко В.Л.**

**Левшина В.В.**

**Мельникова С.И.**

**Артюх А.А.**

**Лифинцева А.А.**

**Попова Н.В.**

**Серых А.Б.**

*Учредитель*

**МОО «Фонд развития  
науки и культуры»**

## **В ЭТОМ НОМЕРЕ:**

### **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ:**

Системный анализ, управление  
и обработка информации

Автоматизация и управление

Вычислительные машины, комплексы и  
компьютерные сети

Математическое моделирование и  
численные методы

### **СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА:**

Строительные конструкции,  
здания и сооружения

Технология и организация строительства

Архитектура, реставрация и реконструкция

Градостроительство

### **ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ:**

Теория и методика обучения и воспитания

Физическое воспитание  
и физическая культура

Профессиональное образование

**ТАМБОВ 2020**

---

# Содержание

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

### Системный анализ, управление и обработка информации

- Воробьев С.П., Широбокова С.Н., Евсин В.А.** Модель архитектуры системы распределенного реестра в среде облачных и туманных вычислений..... 10
- Жалыбин А.А.** Классификация текста с помощью нейронных сетей..... 14
- Махасин Али Абделрахман Фрах** Многоисточник индекса электромагнитного загрязнения и его влияние на здоровье человека ..... 18
- Соловьева С.Н., Рычков Д.А.** Разработка модели определения структуры патологии при онкологической диагностике легких ..... 21

### Автоматизация и управление

- Истратова Е.Е., Син Д.Д., Строкин К.Б.** Разработка информационной системы для сбора и обработки Big Data в строительстве..... 29
- Шегельман И.Р., Васильев А.С., Шадрин А.А.** Расширение функциональных возможностей лесопосадочной машины..... 36

### Вычислительные машины, комплексы и компьютерные сети

- Лушпа Е.Ю.** Локальные вычислительные сети. Особенности и методы построения..... 39

### Математическое моделирование и численные методы

- Паранук А.А., Хрисониди В.А., Схаляхо З.Ч., Подлесный Д.С., Степанов М.С.** Разработка математической модели расчета адсорбций бинарных растворов посредством языка C++ .. 45

## СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

### Строительные конструкции, здания и сооружения

- Свинарев В.С., Шульженко Е.В., Горбунова Е.С.** Нанокерамический порошок в роли мелкого заполнителя в бетонной смеси ..... 51
- Сканави Н.А.** Использование дисперсных отходов металлообработки в производстве строительной керамики ..... 54
- Харин Ю.И.** Выбор оптимальных вариантов свайных фундаментов в прибрежных районах Вьетнама и Туниса..... 58

### Технология и организация строительства

- Клыков М.С., Григорьев Н.П., Сульдин А.Н.** Прогнозирование спроса на материальные ресурсы при строительстве мостов ..... 62

## РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТРУКТУРЫ ПАТОЛОГИИ ПРИ ОНКОЛОГИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ ЛЕГКИХ

С.Н. СОЛОВЬЕВА, Д.А. РЫЧКОВ

*ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет  
имени Первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург*

*Ключевые слова и фразы:* анализ; классификация; компьютерная томография (КТ); моделирование; обработка; структура; текстурная сегментация.

*Аннотация:* В работе рассматривается задача структурного анализа патологий легких на КТ-изображениях и проблема неприменимости существующих алгоритмов обработки и анализа изображений для дифференциальной диагностики легочных патологий. Сформулированы и проанализированы проблемы, обусловленные структурной сложностью патологий легких. Предложена концепция модели определения структуры патологий легких на основе КТ-изображений, включающая современные методы сегментации и фрактального анализа изображений и позволяющая учитывать текстурные особенности изображений легочных патологий. Осуществлен литературно-аналитический обзор методов сегментации изображений, методов извлечения текстурных признаков и методов классификации. Установлены критерии оценки алгоритмов и выявлены критерии оценки модели определения структуры патологий легких. Разработан пакет алгоритмических, функциональных и математических моделей, позволяющий проиллюстрировать новизну предлагаемого нами решения. Полученная в результате модель позволяет определить структуру патологии при онкологической диагностике легких и увеличивает точность дифференцирования патологии легких на КТ-изображениях с учетом классификационных признаков.

Ежегодно в мире выявляется более 10 миллионов случаев онкологических заболеваний, а смертность достигает 20 % [1]. По прогнозам Всемирной организации здравоохранения, к 2040 г. на 20 миллионов новых заболевших будет приходиться 12 миллионов смертей, таким образом, онкология станет одной из главных причин смерти человека [1]. Согласно проведенным исследованиям [2], процент неправильно поставленных диагнозов достигает 50 %. Среди очагов появления онкологических патологий первое место занимают легкие – 27 % [1].

Одним из распространенных методов диагностики новообразований в легких является компьютерная томография (КТ). Однако в большинстве случаев первично представленной информации недостаточно, для того чтобы с достоверной точностью дифференцировать патологию. Это обусловлено сложной внутренней структурой легочных образований. Это в

конечном счете может привести к неточности выбранной стратегии лечения и ограничениям предоперационного планирования. Таким образом, крайне важна необходимость создания модели обработки и анализа КТ-изображений на основе внутренней структуры патологии.

Для доказательства выдвинутой нами гипотезы был проведен литературно-аналитический обзор, задачей которого являлось изучение существующих моделей обработки и анализа изображений с целью дифференцирования легочных патологий. В связи с тем, что на изображении представлена лишь плотность тканей, необходима предварительная обработка, которая позволит выделить дополнительные качественные признаки структуры тканей, а также анализ изображения и выделенных признаков, способствующий увеличению точности дифференцирования легочных патологий. В связи с этим разрабатываемая модель должна содер-

жать в себе две составляющие: обработку и анализ изображения.

Обработка изображения осуществляется путем выделения сегментов легочных патологий и извлечения качественных признаков, которые позволят в дальнейшем провести анализ изображения.

Анализ изображения в общем случае – применение методов классификации качественных признаков, полученных на этапе обработки изображения.

В настоящее время для осуществления обработки и анализа изображения существует множество алгоритмов и методов. Для выбора наиболее подходящего алгоритма следует учесть особенности проблемы, а именно:

- КТ-снимки – это набор растровых, полутоновых изображений, которые можно представить как трехмерную матрицу, значения элементов которой являются показаниями рентгеновской плотности ткани в данной точке;

- КТ-снимки имеют низкое разрешение;
- легочные патологии имеют характеристики, отличные от всех остальных патологий организма человека, такие как ровные и нечеткие края, наличие воздуха и др.

В процессе анализа литературы удалось выявить аналоги, которые способны частично решить вышеописанную проблему. Так, в [3] говорится о применении алгоритмов нечеткой связности и случайного леса для выделения и кластеризации патологии вместе с паренхимой для определения наличия патологии. В работе [4] говорится об успешном применении нейронных сетей для выделения и классификации патологий на изображениях флюорограмм. В [5] использован метод случайного поля Маркова-Гиббса для 3D-изображений легких, который является одним из самых точных методов.

Также существуют методы классификации патологий на изображениях: метод текстурного анализа и метод опорных векторов для поиска гриппа H1N1 на КТ-снимках легкого [6], а также метод адаптивных множественных особенностей для диагностирования и классификации хронической обструктивной болезни легких на ранних стадиях [7].

Результат проведенного литературно-аналитического обзора показал, что среди всех рассмотренных методов не удалось выявить модель, которая была бы применима к легочным патологиям и полностью решала бы поставленную проблему. Для разработки модели

нами были проанализированы аналоги методов обработки и анализа изображения, и в качестве прототипа нулевого ранга для модели был выбран аналог [4]. Для оценки были выбраны три критерия:

- 1) применимость модели для КТ-изображений;

- 2) применимость для анализа легочных патологий;

- 3) точность классифицирования патологий малого размера.

В качестве аналогов анализа изображения первого ранга нами были рассмотрены методы классификации. В качестве методов извлечения классификационных признаков рассматривались методы текстурного анализа. В процессе обработки изображения можно выделить два этапа: выделение области интереса (кластеризация или сегментация) и извлечение признаков.

Была произведена оценка рассмотренных методов, и для каждой группы был выбран ряд критериев, необходимых для реализации модели. Критерии оценки группы аналогов методов сегментации:

- время работы: критерий оценивает время работы алгоритма;

- степень автоматизации: оценивает необходимость вмешательства оператора в работу программы;

- конечность результата: критерий показывает, является ли результат сегментации конечным или используется как один из этапов.

Критерии оценки группы аналогов методов текстурного анализа:

- время работы алгоритма;

- необходимость реализации: критерий показывает, необходимо ли создание программы по существующей модели;

- количество текстурных признаков: критерий показывает достаточность текстурных признаков для проведения классификации;

- качество текстурных признаков: оценивает, насколько текстурные признаки позволяют произвести классификацию.

Критерии оценки группы аналогов методов классификации:

- время работы алгоритма;

- необходимость реализации;

- точность классификации: критерий оценивает процент правильно классифицированных патологий.

Один из способов классификации методов сегментации представлен в [8] и позволяет вы-

делить следующие классы методов сегментации: методы пороговой сегментации; методы поиска границ; метод, основанный на регионах; метод кластеризации; метод водоразделов; метод дифференциальных уравнений; метод нейронных сетей.

Методы пороговой сегментации являются простейшими методами сегментации изображений. Они позволяют сегментировать объект на фоне, таким образом выступая первым шагом сегментации. Преимуществом данного метода является его простота и отсутствие необходимости в предшествующей информации. Недостатком метода является неточность работы при наличии пиков на гистограмме яркости изображения.

Методы поиска границ основаны на кластеризации объектов. Он подходит для выделения объектов с четкими краями и не подходит для изображений, в которых края объектов нечеткие или их слишком много.

Методы сегментации на основе региона позволяют сегментировать изображение на различные области, имеющие аналогичные характеристики. Существует два основных метода, основанных на нем: это методы выращивания регионов и методы разделения и слияния регионов. Преимуществом данных методов является их устойчивость к шуму. Также они позволяют определять критерии подобия. Недостатком методов является их время работы и зависимость от памяти.

Метод кластеризации основан на выделении однородных кластеров. Преимуществом является наличие функции частичной принадлежности, благодаря этому он более подходит для решения реальных задач [1]. Недостатком является сложность определения функции принадлежности.

Метод водоразделов основан на топологической интерпретации изображения. Преимуществом метода является более стабильный результат, непрерывность обнаруженных границ. Недостаток метода – необходимость в комплексном расчете градиентов.

Метод дифференциальных уравнений основан на работе вычисления дифференциальных уравнений в частных производных. Лучше всего подходит для критически важных приложений. Недостаток метода – большая вычислительная сложность.

Метод на основе нейронных сетей основан на моделировании процесса обучения принятия

решений. Преимуществом метода является отсутствие необходимости в написании сложных программ. Недостаток – большая потеря времени, связанная с обучением сети.

Подходы к анализу текстуры очень разнообразны и отличаются друг от друга главным образом методом, используемым для извлечения текстурных признаков. Можно определить четыре категории.

1. Методы статистического анализа текстур в основном описывают текстуру областей в изображении через моменты высших порядков на гистограмме градаций серого [9]. Недостатком метода является высокая вычислительная сложность и большое разнообразие статистических характеристик, что делает необходимым изучение наиболее информативных признаков в зависимости от типа текстуры.

2. Методы структурного анализа текстур описывают текстуру как состав четко определенных текстурных элементов, таких как регулярные интервальные параллельные линии. Свойства и правила размещения элементов текстуры определяют текстуру изображения. Однако эти методы кажутся ограниченными по практичности, поскольку они могут описывать только очень регулярные текстуры [10].

3. Моделирующие методы анализа текстур создают эмпирическую модель каждого пикселя изображения, основанную на средневзвешенном значении интенсивности пикселей в его окрестности. Оценочные параметры моделей изображений используются в качестве текстовых описателей признаков. Примерами таких дескрипторов текстурной модели являются авторегрессионные модели [11], марковские случайные поля (*MRF*) [12] и фрактальные модели [13].

4. Основанные на преобразовании методы анализа текстур преобразуют изображение в новую форму с использованием пространственно-частотных характеристик изменений интенсивности пикселей, а также позволяют произвести сегментацию изображения [14].

Существуют следующие классы методов классификации [15].

1. Наивный классификатор Байеса – метод классификации, основанный на теореме Байеса и предполагающий, что наличие определенной функции в классе не связано с наличием какой-либо другой функции. Преимущество метода – простота построения классификатора, эффективность при работе с большим объемом



Рис. 1. Алгоритмическая модель предлагаемого решения

данных.

2. Логистическая регрессия – статистический метод для анализа набора данных, в котором есть одна или несколько независимых переменных, определяющих результат. Логистическая регрессия обладает преимуществами наивного классификатора и позволяет вероятностно оценить принадлежность к определенному классу.

3. Метод ближайших соседей является одним из простейших методов классификации, но, несмотря на это, применение позволяет получить хороший результат.

4. Дерево принятия решений строит модели классификации или регрессии в виде древовидной структуры. Метод также позволяет дать вероятностную оценку результату проведенной классификации.

5. Метод опорных векторов позволяет

классифицировать линейно неразделимые классы объектов. Применение метода позволило достичь 99,007 % точности классификации патологий в [6].

6. Случайные леса или леса с произвольным решением являются методом классификации, регрессии и других задач, которые работают путем построения множества деревьев принятия решений во время обучения и вывода класса.

7. Нейронная сеть является универсальным средством аппроксимации функций, что позволяет их использовать в решении задач классификации. Применение нейронных сетей в задачах классификации позволяет добиться точности до 99 %.

При оценке трех групп аналогов был выявлен компилятивный прототип, включающий в себя методы пороговой сегментации и струк-

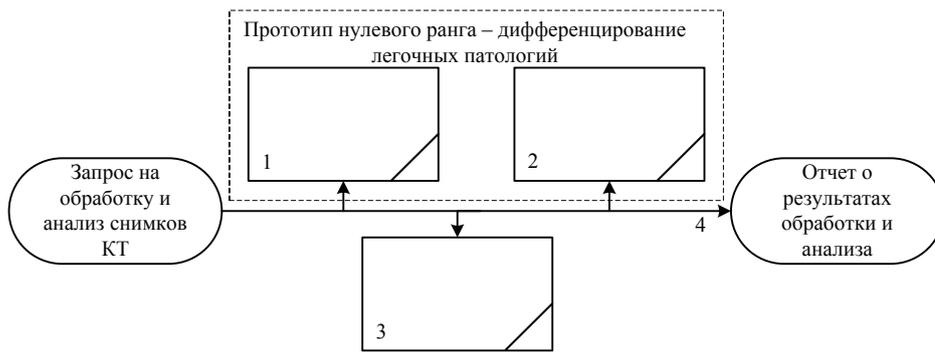


Рис. 2. Структурная модель предлагаемого решения

турные методы извлечения текстурных признаков, которые будут применены на этапе обработки изображения, и метод опорных векторов, применяемый на этапе анализа изображения.

Таким образом, предлагаемое решение заключается в разработке модели структурного анализа легочных патологий на основе текстурного анализа легочных патологий на снимках КТ с целью повышения точности дифференцирования легочных патологий.

На рис. 1 представлена алгоритмическая модель предлагаемого решения для определения структуры легочных патологий.

Также нами был разработан пакет математических моделей, каждая из которых описывает блоки, представленные на рис. 2. На рис. 2 использованы следующие обозначения.

1. Блок выделения классификационных признаков изображения. Новая подфункция – подфункция извлечения текстурных признаков блоков патологии. Вычисляет 5 признаков текстурного блок изображения: дисперсию, относительную гладкость, энтропию, момент третьего порядка и среднюю интенсивность.

2. Блок классификации патологии. Новая подфункция – подфункция подготовки признаков. Осуществляется в два этапа: обучение классификатора и основной этап. Обучение классификатора состоит в выполнении всего алгоритма на заранее классифицированных патологиях. Основной этап состоит в классификации патологий на основе полученных ранее данных. В результате работы модель возвращает класс патологии и точность классифицирования.

3. Блок сегментирования внутренней структуры патологии. Данная подсистема выполняет кластеризацию текстурных блоков ме-

тодом пороговой сегментации на основе полученных текстурных признаков.

4. Общий интерфейс.

### Математическое моделирование

Входными данными решаемой задачи является набор снимков КТ, на котором представлена патология без прилегающих тканей. Окружающее пространство представлено пикселями со значениями  $-2048$ . В памяти изображения представлены трехмерной матрицей  $A$  размера  $M \times N \times K$ , значениями элементов являются пиксели  $z_{m,n,k}$ , которые соответствуют плотности ткани по шкале Хаунсфилда;  $p(z_i) - i = 0, 1, 2, \dots, L - 1$ , – ее гистограмма;  $L$  – число значений плотностей:

$$A = \begin{pmatrix} 11 & \dots & 1_m \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ n_1 & \dots & n_m \end{pmatrix}_k$$

### Выделение классификационных признаков

Поскольку размер патологии может составлять от 20 до 60 пикселей, необходимо определить размер текстурного блока  $s$ , который будет содержать достаточное количество информации о текстуре, и в то же время количество текстурных блоков будет достаточно для проведения этапов сегментации и классификации. Оптимальный размер текстурного блока составляет 10 % от размера патологии, что обеспечивает  $\sim 100-1000$  текстурных блоков. Если блок находится на границе патологии, то пиксели, находящиеся снаружи границ, не учитываются. Текстурный блок определяется по формуле:

$$B^{m^* n^* k^*} = \begin{pmatrix} n^* m^* & \dots & 2m^* \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 2n^* 1 & \dots & 2n^* 2m^* \end{pmatrix}_{k^*},$$

где  $n^* = \{0, s, 2s, \dots, s(N/S + 1)\}$ ;  $m^* = \{0, s, 2s, \dots, s(M/S + 1)\}$ ;  $k^* = \{0, s, 2s, \dots, s^*(K/S + 1)\}$ .

Для каждого рассчитывается  $k = 5$  текстурных признаков по формулам, описанным в [10]:

- средняя яркость текстурного блока:

$$m = \sum_{i=0}^{L-1} z_i p(z_i);$$

- относительная гладкость текстурного блока (дисперсия):

$$R = 1 - \frac{1}{1 + \sigma^2(z)},$$

где  $\sigma^2(z) = \sum_{i=0}^{L-1} (z_i - m)^2 p(z_i)$

- асимметрия текстурного блока:

$$\mu_3 = \sum_{i=0}^{L-1} (z_i - m)^3 p(z_i);$$

- однородность:

$$U = \sum_{i=0}^{L-1} p^2(z_i);$$

- энтропия:

$$e = - \sum_{i=0}^{L-1} p(z_i) \log_2 p(z_i).$$

### Кластеризация внутренней структуры патологии

Для кластеризации внутренней структуры патологии будет использован выбранный метод пороговой сегментации. Данный метод группирует пиксели, чьи значения находятся в заданном интервале. Значения пикселей рассчитываются по формуле:

$$z'_i = - \sum_{k=1}^5 \frac{P_{i,k}}{\max p_k},$$

где  $k$  – текстурный признак.

Далее выполняется процедура пороговой

сегментации по формуле:

$$z'' = \begin{cases} 1, & \text{если } z'_i \geq T, \\ 0, & \text{если } z'_i < T, \end{cases}$$

где  $T = \max_{t \in \{0, \dots, 255\}} SC(t)$ .

В свою очередь,  $SC(t)$  является критерием разделимости и вычисляется по формуле:

$$SC(t) = 1 - \frac{\sigma(\min(z), t) + \sigma(t + 1, \max(z))}{\sigma(\min(z), \max(z))},$$

$$t : [\min(z), \max(z)].$$

### Классификация патологии

Процедура классификации осуществляется методом опорных векторов. Описание метода дано в [7]. Для обучения классификатора на вход необходимо подать массив векторов признаков вида:

$$v_b = \{c, z'', M, R, U, e, \mu_3\},$$

где  $b = count(B)$ , а  $c = \{\text{рак туберкулома}\}$ .

Для непосредственной классификации на вход классификатора подается вектор признаков неклассифицированной патологии:

$$v'_b = \{z'', M, R, U, e, \mu_3\}.$$

Таким образом, разработана модель структурного анализа КТ-изображения легочных патологий на основе предлагаемых критериев оценки структуры тканей, являющаяся комплексным методом обработки и анализа КТ-изображения с целью увеличения точности дифференцирования легочных патологий.

В ходе работы были получены как научные, так и практические результаты:

- рассмотрены особенности задачи структурного анализа патологий легких на КТ-изображении;
- сформулированы и проанализированы проблемы, обоснованные структурной сложностью патологий легких;
- проведен литературно-аналитический обзор существующих способов решения поставленных задач;
- предложена концепция модели определения структуры патологий легких на основе КТ-изображений, включающая современные

методы сегментации и фрактального анализа изображений, позволяющие учитывать структурные особенности текстуры изображений легочных патологий;

– разработан пакет различных моделей, в том числе, математических, позволяющих проиллюстрировать новизну предлагаемого решения.

*Работа выполнена в рамках проекта НИЦ «Авантред» – «Программный модуль дифференцирования легочных патологий».*

### Литература

1. Чучалин, Г.А. Пульмонология : нац. рук. / Г.А. Чучалин. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2009. – 957 с.
2. Bostrom, P.J. Staging and Staging Errors in Bladder Cancer / P.J. Bostrom, B.W.G. van Rhijn and et. // Science Direct. – 2010. – № 9. – С. 2–9.
3. Mansoor, A. A Generic Approach to Pathological Lung Segmentation / A. Mansoor, U. Bagci, Ziyue Xu, B. Foster, N. Kenneth and et. // IEEE Trans Med Imaging. – 2014. – P. 2293–2310.
4. Дюдин, М.В. Методы, модели и алгоритмы анализа и классификации растровых изображений рентгенограмм грудной клетки : дисс. ... канд. техн. наук / М.В. Дюдин. – Курск, 2016. – 154 с.
5. Soliman, A. Accurate Lungs Segmentation on CT Chest Images by Adaptive Appearance-Guided Shape Modeling / A. Soliman, F. Khalifa, A. Elnakib and et. // IEEE Transactions on Medical Imaging. – 2017. – Vol. 36. – No. 1. – P. 263–276.
6. Yao, J. Computer-aided diagnosis of pulmonary infections using texture analysis and support vector machine classification / J. Yao, A. Dwyer, R.M. Summers, D.J. Mollura // Acad Radiol. – 2011. – Vol. 18. – No. 3. – P. 306–314.
7. Xu Ye. Sensitivity and Specificity of 3D texture analysis of lung parenchyma is better than 2D for discrimination of lung pathology in Stage 0 COPD / Xu Ye, Sonka Milan, Mclennan Geoffrey, Guo Junfeng, Hoffman Eric // Proc SPIE. – 2005. – No. 5746. – P. 474–485.
8. Kaur, D. Various Image Segmentation Techniques: A Review / D. Kaur, Y. Kaur // International Journal of Computer Science and Mobile Computing. – 2014. – Vol. 3. – Iss. 5. – P. 809–814.
9. Kemal Akyo. Automatic Detection of Optic Disc in Retinal Image by Using Keypoint Detection, Texture Analysis, and Visual Dictionary Techniques / Kemal Akyo, Baha Fen, Fafak Bay Jr. // Computational and Mathematical Methods in Medicine, 2016 [Electronic resource]. – Access mode : <https://doi.org/10.1155/2016/6814791>.
10. Gonzalez, R.C. Digital Image Processing / R.C. Gonzalez, R.E. Woods // Addison-Wesley, Reading, 1992. – P. 797.
11. Васильев, К.К. Авторегрессионные модели многомерных изображений / К.К. Васильев, В.Е. Дементьев // Научные технологии. – М. – 2013. – Т. 14. – № 5. – С. 12–15.
12. Медведева, Е.В. Метод текстурной сегментации изображений на основе марковских случайных полей / Е.В. Медведева, Е.Е. Курбатова // Цифровая Обработка Сигналов. – 2012. – № 3. – С. 76–80.
13. Привезенцев, Д.Г. Фрактальная модель цифрового изображения / Д.Г. Привезенцев, А.Л. Жизняков // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. – Муром. – 2010. – № 15. – С. 147–152.
14. Heiberg, E. Design and validation of Segment – freely available software for cardiovascular image analysis / E. Heiberg, J. Sjogren, M. Ugander, M. Carlsson, H. Engblom, H. Arheden // BMC Med Imaging. – 2010. – Vol. 10.
15. Types of classification algorithms in Machine Learning [Electronic resource]. – Access mode : <https://medium.com/@sifium/machine-learning-types-of-classification-9497bd4f2e14>.

### References

1. Chuchalin, G.A. Pulmonologiya : nats. ruk. / G.A. Chuchalin. – M. : GEOTAR-Media,

2009. – 957 s.

4. Dyudin, M.V. Metody, modeli i algoritmy analiza i klassifikatsii rastrovnykh izobrazheniy rentgenogramm grudnoy kletki : diss. ... kand. tekhn. nauk / M.V. Dyudin. – Kursk, 2016. – 154 s.

11. Vasilev, K.K. Avtoregressionnyye modeli mnogomernykh izobrazheniy / K.K. Vasilev, V.E. Dementev // Naukoemkie tekhnologii. – M. – 2013. – T. 14. – № 5. – S. 12–15.

12. Medvedeva, E.V. Metod teksturnoy segmentatsii izobrazheniy na osnove markovskikh sluchaynykh poley / E.V. Medvedeva, E.E. Kurbatova // TSifrovaya Obrabotka Signalov. – 2012. – № 3. – S. 76–80.

13. Privezentsev, D.G. Fraktalnaya model tsifrovogo izobrazheniya / D.G. Privezentsev, A.L. Zhiznyakov // Algoritmy, metody i sistemy obrabotki dannykh. – Murom. – 2010. – № 15. – S. 147–152.

---

© С.Н. Соловьева, Д.А. Рычков, 2020