

На правах рукописи



МАТЫЦИНА Ирина Александровна

АЛГОРИТМ МОНИТОРИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ БОЛЬНЫХ
ЛЕГОЧНЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ
ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Специальность: 05.11.17 – Приборы, системы и изделия медицин-
цинского назначения

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Воронеж 2019

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном учреждении высшего образования «Воронежский государственный университет инженерных технологий» на кафедре «Высшая математика и информационные технологии».

Научный
руководитель:

Абрамов Геннадий Владимирович доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Математическое обеспечение ЭВМ» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

Официальные
оппоненты:

Фролов Сергей Владимирович доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Биомедицинская техника» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

Ивахно Наталия Валериевна доктор технических наук, профессор кафедры «Приборы и биотехнические системы», доцент, заместитель директора Института высокоточных систем им. В.П. Грязева ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «**Воронежский государственный технический университет**», г. Воронеж

Защита диссертации состоится 4 октября 2019 г. в 12:00 часов на заседании диссертационного совета Д212.211.04 в ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина» по адресу: 390005, г. Рязань, ул. Гагарина, д. 59/1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГОУ ВО «Рязанский радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина» и на сайте www.rsgeu.ru.

Автореферат разослан «__» _____ 201_ г.

Ученый секретарь диссертационного
совета
доктор технических наук, доцент



Овечкин Г.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы.

Медицинские информационные системы (МИС) являются базой для мониторинга здоровья человека. Они выполняют различные задачи (накопления данных, диагностики, мониторингования и консультации, а также обеспечения процесса медицинского обслуживания). Одним из путей повышения эффективности таких систем является расширение средств диагностики и мониторингования состояния больных. Получение объективных характеристик течения болезни позволяет врачу оперативно корректировать процесс лечения. Особенно это важно для болезней, представляющих угрозу жизни. К таким болезням относятся легочные заболевания, входящие в десятку ведущих причин смертности. При их лечении использование методов для объективного контроля по медицинским показаниям часто невозможно. Это связано с применением для диагностики специализированных процедур и обследований, которые имеют ограничения по частоте использования. Также необходимо учитывать то, что устройства диагностики не должны накладывать значительные ограничения на деятельность пациентов. Тяжесть течения болезни для легочных заболеваний врачи часто определяют по частоте кашля - основному симптому патологий дыхательных путей. Поэтому в качестве параметра, характеризующего состояние больных, может использоваться количество кашлевых толчков за определенное время. Следовательно, разработка элементов систем, позволяющих проводить мониторинг состояния пациентов и фиксировать их кашли автоматически, без значительных ограничений деятельности актуальна.

Степень разработанности темы исследования. В мониторинговании легочных заболеваний существуют 4 подобные разработки. Туссограф ИКТ-1, разработанный Провоторовым В.М. в г. Воронеже в 1989 году. Главный недостаток - громоздкость оборудования, т.е. его стационарность и время диагностики – не более 8 часов. The Leicester Cough Monitor, UK, разработанный группой авторов Birring S.S., Fleming T., Matos S., Raj A.A., Evans D.H., Pavord I.D. Данная система основана на скрытых марковских моделях, статистическом методе, который может быть использован для характеристики спектральных свойств изменяющегося во времени образца. Главный недостаток – высокая стоимость. Pulmatrack, Karmel Sonix, Israel - диагностика проводится не только по звуковой записи кашлей пациента, но и по показателям датчиков, прикрепленных к грудной клетке пациента. Разработчики Vizel E1, Yigla M, Goryachev Y, Dekel E, Felis V, Levi H, Kroin I, Godfrey S, Gavriely N.

VitaloJak cough monitor, UK – подобен холтеру. Чувствительные элементы прибора прикрепляют к грудной клетке пациента, и параллельно производится звуковая запись. Наличие датчиков накладывают ограничения на деятельность пациента. Разработчиками системы являются: К McGuinness, К Holt, R Dockry, J Smith.

Цель работы: разработка алгоритма мониторингования состояния больных легочными заболеваниями на основе длительной записи пациента для численной оценки кашлевых толчков.

Поставленная цель достигается в результате решения следующих задач:

1 Исследовать математические методы, используемые для анализа звуковых сигналов и определить критерии для выделения кашлевых фрагментов, оценить их эффективность.

2 Разработать алгоритм обработки мониторинговой записи, позволяющий проводить классификацию звуковых фрагментов по типу кашель-шум.

3 Разработать структуру модуля ИС мониторинга легочных заболеваний, выбрать программные средства и провести разработку модуля.

Научная новизна.

1 Разработана методика анализа звуковых фрагментов кашля при обработке информации мониторинговой записи диагностики состояния пациентов с легочными заболеваниями, использующая временные и частотные характеристики фрагментов звуковых сигналов и позволяющая правильно классифицировать от 43 до 88 % кашлевых фрагментов (п. 1, спец. 05.11.17).

2 Предложена методика обработки информации мониторинговой записи для выделения возможных кашлевых фрагментов и их классификации по типу кашель-шум, использующая предварительную обработку сигнала, выделение фрагментов записи, которые могут быть кашлем и использование правил нечеткой логики на основе разработанных критериев и позволяющий классифицировать более 92,5 % (п. 1, спец. 05.11.17).

3 Разработана структура программного обеспечения для обработки мониторинговой звуковой информации кашлей пациентов с легочными заболеваниями с целью получения объективной информации о состоянии пациента на основе неинвазивного мониторинга процесса лечения, который позволяет в 6 раз сократить время обработки мониторинговой записи (п. 2, спец. 05.11.17).

Значимость полученных в работе результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- разработана и внедрена методика анализа мониторинговой записи для численной оценки кашлевых толчков пациента в лечебную работу БУЗ ВО «ВГКБСМП № 1», образовательный процесс кафедры факультетской терапии ФГБОУ ВО «ВГМУ им. Н.Н. Бурденко» и образовательный процесс кафедры высшей математики и информационных технологий ФГБОУ ВО «ВГУИТ»;

- определены возможности использования разработанной методики в лечебной работе для контроля состояния больных легочными заболеваниями;

- создан модуль неинвазивного мониторинга легочных заболеваний, основой которого является зарегистрированная программа № 2016661088 «Информационная система распознавания звуковых сигналов кашля».

Метод исследования.

Научной основой для решения поставленной задачи являются: теория и методы спектрального анализа, математический аппарат нечеткой логики, математической статистики, технологии объектно-ориентированного программирования.

На защиту выносятся следующие основные результаты работы:

1 Система критериев для выделения фрагментов кашля при обработке информации мониторинговой записи, каждый из которых позволяет правильно классифицировать до 88 % кашлевых фрагментов.

2 Алгоритм обработки информации мониторинговой записи для выделения возможных кашлевых фрагментов и их классификации по типу кашель-шум, использующий предварительную обработку сигнала, выделение фрагментов записи, которые могут быть кашлем, и правила нечеткой логики на основе разработанных критериев (позволяет классифицировать более 92,5 % звуковых фрагментов мониторинговой записи).

3 Модуль неинвазивного мониторинга легочных заболеваний, позволяющий исследовать состояние пациентов без ограничения частоты использования, т.е. ежедневно, в то время как другие методы диагностики имеют ограничения по частоте применения, что позволяет более чем в 6 раз сократить время обработки мониторинговой записи.

Апробация работы. Основные положения и результат диссертационной работы докладывались и обсуждались на Международный науч-

но-технической конференции: «Кибернетика и высокие технологии XXI века» (Воронеж, 2012, 2013), Международной научной Интернет-конференции «Математическое и компьютерное моделирование в биологии и химии. Перспективы развития» (2013), Международной научно-технической конференции «Актуальные проблем прикладной математики, информатики и механики» (Воронеж, 2016, 2017), Международной научно-технической конференции «Современные технологии в науке и образовании» СТНО-2016 (Рязань, 2016); Международной научной конференции «Математические метод в технике и технологиях» (Санкт-Петербург, 2016, 2017, Минск, 2017); на отчетных научно-практических конференциях профессорско-преподавательского состава и научных работников ФГБОУ ВО «ВГУИТ» 2012-2018 гг.

Публикации. По теме диссертационного исследования опубликовано 27 печатных работ (из них 1 научная статья опубликована в Scopus, 3 – в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России), в том числе 1 свидетельство Роспатента РФ о государственной регистрации программы для ЭВМ.

В работах, опубликованных в соавторстве и приведенных в автореферате, личный вклад соискателя состоит: в [5, 11, 13, 18] – алгоритмы распознавания звуковых сигналов кашля; [7, 10, 12, 19] – система критериев с определенными характеристиками, основанная на спектральных, статистических, стохастических методах, на операциях с признаками; [2, 14, 17] – правила вывода, на основе которых производится распознавание; [1, 3, 4, 6, 8, 9, 15, 16, 20] – программный модуль системы медицинского назначения.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литератур из 126 наименований и приложения. Работа изложена на 140 страницах основного текста, содержит 83 рисунка и 30 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы, формулируются цели и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе проведен анализ проблемы, т.е. рассмотрены методики диагностики и мониторинга легочных заболеваний, существующие информационные системы, применяемые в настоящее время в медицинских учреждениях.

Проведен анализ математических методов распознавания, используемых для классификации звуковых отрезков: спектральные методы; методы, основанные на операциях с признаками; статистические методы; стохастические (недетерминированные) методы. Отмечено, что для классификации звуковых отрезков мониторинговой записи по типу кашель - шум применяют шаблоны кашлей (ШК), которые позволяют учитывать особенности классифицируемых фрагментов.

Во второй главе проведен анализ основных информационных потоков МИС, определены основные параметры модуля неинвазивного мониторинга процесса лечения (НМПЛ) легочных заболеваний и его взаимодействие с элементами системы. На рисунке 1 представлена функциональная модель НМПЛ в виде контекстной диаграммы на основе методологии IDEF0.

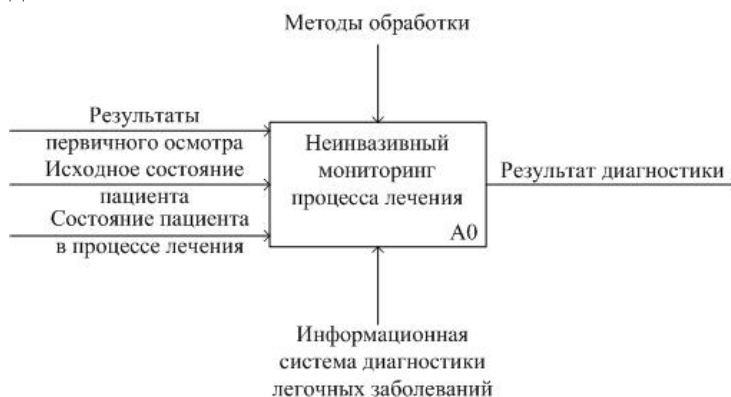


Рисунок 1 – Функциональная модель НМПЛ

Основной задачей модуля является выделение из мониторинговой записи звуковых фрагментов, которые имеют признаки кашля и их классификация по типу сигнал-шум. В качестве ШК, с помощью которого будет проводиться классификация звуковых фрагментов по типу кашель-шум, выбирается врачом кашель пациента в начале мониторинговой записи. Такой ШК позволяет учитывать индивидуальные особенности кашля пациента (особенности голосовых связок, вид, тяжесть заболевания и др.). Проведенные исследования показали, что традиционный метод оценки – по коэффициенту корреляции – для определения близости амплитуд огибающих ШК и исследуемых сигналов во временной области позволяет правильно классифицировать не более 63 % выделенных фрагментов мониторинговой записи. Поэтому предложен еще

ряд критериев, которые могут быть использованы для классификации кашель-шум.

Анализ временных характеристик показал, что фрагментам, соответствующим кашлям, характерна симметричная форма сигнала, для части шумов – несимметричная. Оценка степени симметричности проводилась по критерию интегральной ошибки между положительной и отрицательной частями огибающей. В работе анализировалось влияние ширины сглаживающего окна по времени при построении огибающей и пороговое значение ошибки, позволяющее выделять фрагменты кашлей. Анализ по данному критерию показал, что процент правильно распознанных кашлей не менее 67 % выделенных фрагментов мониторинговой записи.

Проведенный анализ спектральных характеристик фрагментов записи с использованием алгоритма многосигнальной классификации (Multiple Signal Classification (MUSIC)) показал, что в рассматриваемых фрагментах кашлей выделяются от двух до четырех характерных частот. При этом характеристики пиков по частоте и амплитуде для кашлей и шумов оказываются достаточно близкими, что не позволяет разделить их на кашли и шумы только по этим признакам (рисунок 2).

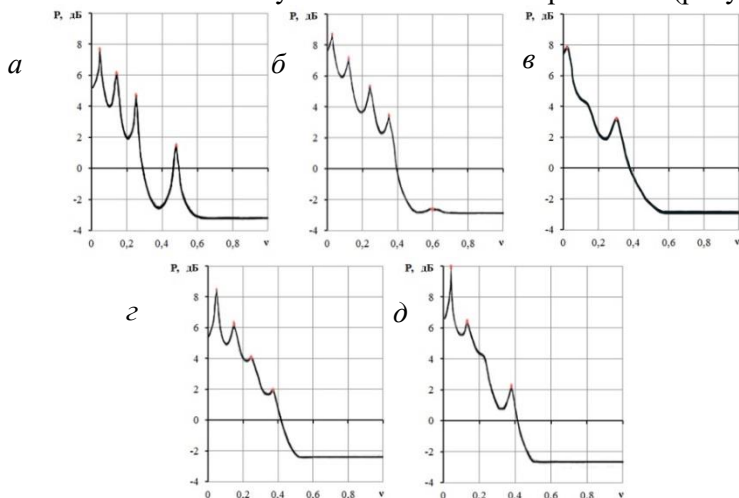


Рисунок 2 - Представление характерных частот, где *а*, *б*, *в* – кашли, *г*, *д* – шумы

Анализировалось изменение амплитуды звукового сигнала во времени на двух частотах, характерных для первой и второй фаз кашля.

Данный критерий («коэффициент корреляции по временному срезу») характеризует близость изменения амплитуды во времени у ШК и исследуемого звукового фрагмента. Предложено использовать данный критерий в двух вариантах (рисунок 3):

- коэффициент корреляции по всей длине фрагмента – область, в которой характерный временной срез (рисунок 3, а);
- коэффициент корреляции с уменьшенной длиной временного среза, который характерен второй (наиболее продолжительной) фазе кашля (рисунок 3, б).

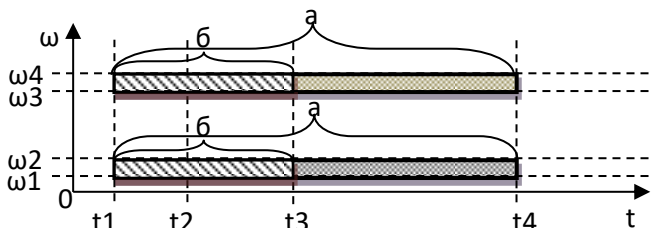


Рисунок 3 – Характерные зоны окна спектрограммы критерия коэффициент корреляции по временному срезу

Процент правильно классифицируемых сигналов по типу кашельшум не менее 49 % выделенных фрагментов мониторинговой записи.

Также при анализе спектрограмм установлено, что для кашлей и шумов есть области, значительно отличающиеся по амплитуде друг от друга. Поэтому предложен критерий «среднее значение по окну спектрограммы». Данный критерий рассчитывает среднее значение амплитуд в окне спектрограммы и сравнивает его со средним значением амплитуд ШК в таком же окне. Положение окон спектрограммы выбирается в соответствии с наиболее информативными фазами кашля, как показано на рисунке 4, а (окно 1 и окно 2). Процент правильно классифицируемых кашлей не менее 35 % выделенных фрагментов мониторинговой записи.

На основе представленных типов критериев для классификации фрагментов записи предлагается использовать систему (комплекс) из 8 критериев.

Критерии корреляции:

$$\begin{aligned}
 r_{x_1, y_1, j} &\geq R_1; & r_{x_4, y_4, j} &\geq R_4; \\
 r_{x_2, y_2, j} &\geq R_2; & r_{x_5, y_5, j} &\geq R_5; \\
 r_{x_3, y_3, j} &\geq R_3; & &
 \end{aligned}$$

Рассчитываются по формуле

$$r_{x_i, y_{i,j}} = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_{i,j} - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_{i,j} - \bar{x})^2 \sum(y_{i,j} - \bar{y})^2}}, \quad (1)$$

где x_i – значение амплитуды огибающей ШК i -й записи ($i=1..n$, $n=5$); \bar{x} – среднее значение амплитуд огибающей ШК; $y_{i,j}$ – значения амплитуды огибающей исследуемого отрезка i -й записи ($i=1..n$, $n=5$, $j=1..m$, j – номер отрезка исследуемой записи, m – число отрезков исследуемой записи); \bar{y} – среднее значение амплитуд исследуемой записи; $r_{x_1, y_{1,j}}$ – коэффициент корреляции позитивной части огибающей с ШК; $r_{x_2, y_{2,j}}$ – коэффициент корреляции на первой характерной частоте по всей длине звукового фрагмента; $r_{x_3, y_{3,j}}$ – коэффициент корреляции на первой характерной частоте по второй фазе кашля; $r_{x_4, y_{4,j}}$ – коэффициент корреляции на второй характерной частоте по всей длине фрагмента; $r_{x_5, y_{5,j}}$ – коэффициент корреляции на второй характерной частоте по второй фазе кашля.

Критерий среднее значение окна спектрограммы (рисунок 4) рассчитывается по формуле

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m w_{i,j}}{n*m}, \quad (2)$$

где \bar{X} – среднее значение окна спектрограммы; $w_{i,j}$ – значение амплитуды в заданном окне; n , m – размер заданного окна.

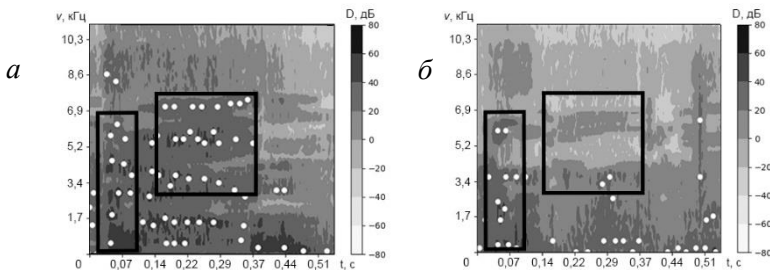


Рисунок 4 – Спектр: *a* – кашля, *б* – шума

Критерий определяет отклонение от ШК:

для окна 1: $\delta_i = |\bar{X}_3 - \bar{X}_{0i}| \leq \delta_6$; для окна 2: $\delta_i = |\bar{X}_3 - \bar{X}_{0i}| \leq \delta_7$, где δ_1 – пороговая ошибка при расчете среднего значения окна спектрограммы в сравнении с ШК пациента в окне 1; δ_2 – пороговая

ошибка при расчете среднего значения окна спектрограммы в сравнении с ШК в окне 2.

Интегральная ошибка между положительной и отрицательной частями огибающей λ рассчитывается по формуле

$$\lambda = |I_+ - I_-| \leq \Lambda_8, \quad (3)$$

где $I = \int_0^T \Omega(t)dt$ вычисляется для положительной (+) и отрицательной (-) частей огибающей; Ω - значение амплитуды огибающей; T – время звукового отрезка.

В результате проведенных исследований звуковых записей определены значения констант, которые позволяют правильно классифицировать все фрагменты кашлей при минимальном наличии шумов: $R_1 = 0,712$; $R_2 = 0,62$; $R_3 = 0,66$; $R_4 = 0,69$; $R_5 = 0,75$; $\delta_1 = 0,01$; $\delta_2 = 0,006$; $\Lambda = 1,95$.

Применение критериев с принятыми константами позволяют классифицировать звуковые фрагменты мониторинговой записи по типу кашель-шум до 88 % выделенных фрагментов. Это доказывает пункт 1 научной новизны.

Также был проведен количественный анализ использования предложенных критериев. Для этого последовательно классифицировались фрагменты мониторинговой записи критерием 1, затем критерием 2. В таблице приведен процент дополнительно правильно классифицируемых шумов критерием 2 по сравнению с критерием 1.

Т а б л и ц а – Сравнение дополнительно правильно классифицированных шумов критериями

Критерий 1 \ Критерий 2	R_2	R_3	R_4	R_5	δ_6	δ_7	Λ_8
R_2		5 %	7 %	2 %	3 %	11 %	3 %
R_3	22 %		11 %	12 %	12 %	27 %	13 %
R_4	25 %	12 %		12 %	13 %	26 %	10 %
R_5	41 %	34 %	33 %		21 %	48 %	12 %
δ_6	45 %	38 %	37 %	25 %		54 %	14 %
δ_7	5 %	4 %	1 %	3 %	6 %		3 %
Λ_8	61 %	54 %	50 %	32 %	30 %	67 %	

В третьей главе при использовании механизма логического вывода использовались три этапа: введение нечеткости (фазифика-

ция), нечеткий вывод, композиция и приведение к четкости, или дефазификация.

Для этого введена лингвистическая переменная: $MF_c(\xi)$ – степень принадлежности к нечеткому множеству C (множество кашлей). Тогда нечетким множеством $C = \{MF_c(\xi)/\xi\}$, $MF_c(\xi) [0,1]$. Значение $MF_c(\xi)=0$ означает отсутствие принадлежности к множеству кашлей, 1- полную принадлежность.

В качестве лингвистических переменных приняты перечисленные выше критерии. Лингвистическая переменная представлена набором (N, T, E, G) , где N – название критерия, E – универсальное множество (область рассуждений $[0,1]$), T – нечеткое множество на E (кашель, шум), G – синтаксическое правило (ЕСЛИ БПВ ТО «возможно кашель» ИНАЧЕ «шум»), где БПВ (базовое правило вывода) определяет связь с критериями, приведенными выше.

Для приведения полученных экспериментальных данных к общему виду проведено нормирование по шкале интервалов. Для получения логического вывода использовался следующий алгоритм. По каждому критерию проведена фазификация и построены для каждой лингвистической переменной функции принадлежности. В результате получаем степени принадлежности для каждого правила по формуле

$$A_{ik}(x_k), \quad i = 1..m; \quad k = 1..n, \quad (4)$$

где A_{ik} - степень истинности; x – обрабатываемый звуковой отрезок; i - номер критерия; k - номер отрезка.

Нечеткий вывод проводился с определением уровня «отсечения» по графику функции принадлежности каждого из критериев, а затем на основе проецирования «усеченных» функций принадлежности на график дефазификации каждого критерия.

Далее была проведена композиция полученных «усеченных» функций принадлежности. Для этого использовалась максимальная композиция нечетких множеств по формуле

$$\mu_{\text{общ}}(\xi) = \max(B_i(\xi)), \quad (5)$$

где $\mu_{\text{общ}}$ – функция принадлежности итогового нечеткого множества; B_i - «усеченные» функции принадлежности; ξ – аргумент функции принадлежности.

На этапе дефазификации применялся метод среднего. Результат итогового нечеткого вывода по Мамдани представлен на рисунке 5.

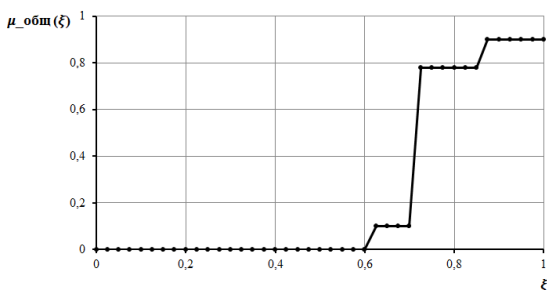


Рисунок 5 – Итоговый вывод по Мамдани

Функция принадлежности данного графика описана ниже

$$\mu_{\text{общ}}(\xi) = \begin{cases} 0, & \xi \leq 0,6, \\ 4\xi - 2,4, & 0,6 < \xi \leq 0,625, \\ 0,1, & 0,625 < \xi \leq 0,7, \\ 27\xi - 18,94, & 0,7 < \xi \leq 0,725, \\ 0,78, & 0,725 < \xi \leq 0,85, \\ 4,8\xi - 3,3, & 0,85 < \xi \leq 0,875, \\ 0,9, & \xi > 0,875. \end{cases} \quad (6)$$

Результаты вывода иллюстрируют возможность классификации звуковых фрагментов кашель-шум с вероятностью 92,5 %, что доказывает пункт 2 научной новизны.

В четвертой главе описана структура разработанного программного обеспечения. Алгоритм функционирования программы (рисунок б) при анализе звуковой записи заключается в последовательной обработке.

- Предварительная обработка исходного звукового сигнала и кодирование в требуемый формат (WAV, монографическая и одноканальная запись).
- Выделение отрезков заданной длины, которые при предварительной обработке могут быть кашлями. Здесь же проводится фильтрация по высоким частотам и отсекаются отрезки, не удовлетворяющие частотным характеристикам.
- Расчет критериев, проведение нечеткого вывода и классификация сигналов.
- Анализ и визуализация результатов.

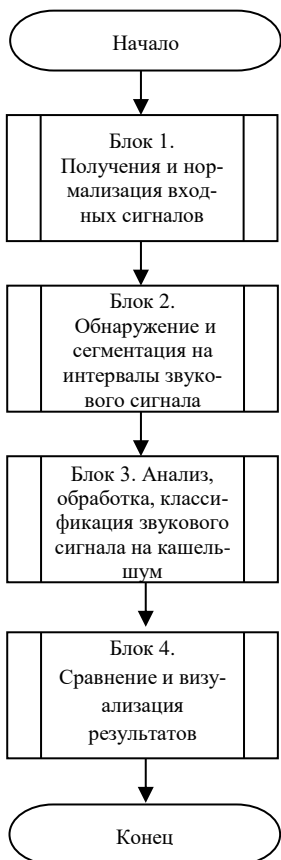


Рисунок 6 -
Укрупненный алгоритм функционирования программного обеспечения

Разработанная структура программного обеспечения и алгоритм функционирования программы доказывают пункт 3 научной новизны.

В пятой главе описана платформа JavaSE 7, на которой реализован программный продукт. Основные используемые библиотеки – JFreeChart и Groovy. Проектируемый элемент информационной системы предполагает интерактивный режим работы исследователя, включающий в себя формулирование правил разной степени сложности, представляющих собой логические выражения.

Основными функциями разработанного элемента информационной системы являются: загрузка суточной записи; разбиение ее на звуковые отрезки; ввод и редактирование правил на основе реализованных критериев; визуализация результата полученной классификации (рисунок 7).

В заключении приведены основные результаты работы.

В приложении приведены: свидетельство регистрации информационной системы, акт внедрения ИС, листинг программы, дипломы и сертификаты, подтверждающие апробацию результатов работы.

Основные результаты работы:

1 Разработана методика анализа звуковых фрагментов кашля при обработке информации мониторинговой записи диагностики состояния пациентов с легочными заболеваниями, использующая временные и частотные характеристики фрагментов звуковых сигналов и позволяющая правильно классифицировать от 43 до 88 % кашлевых фрагментов в применении по отдельности.

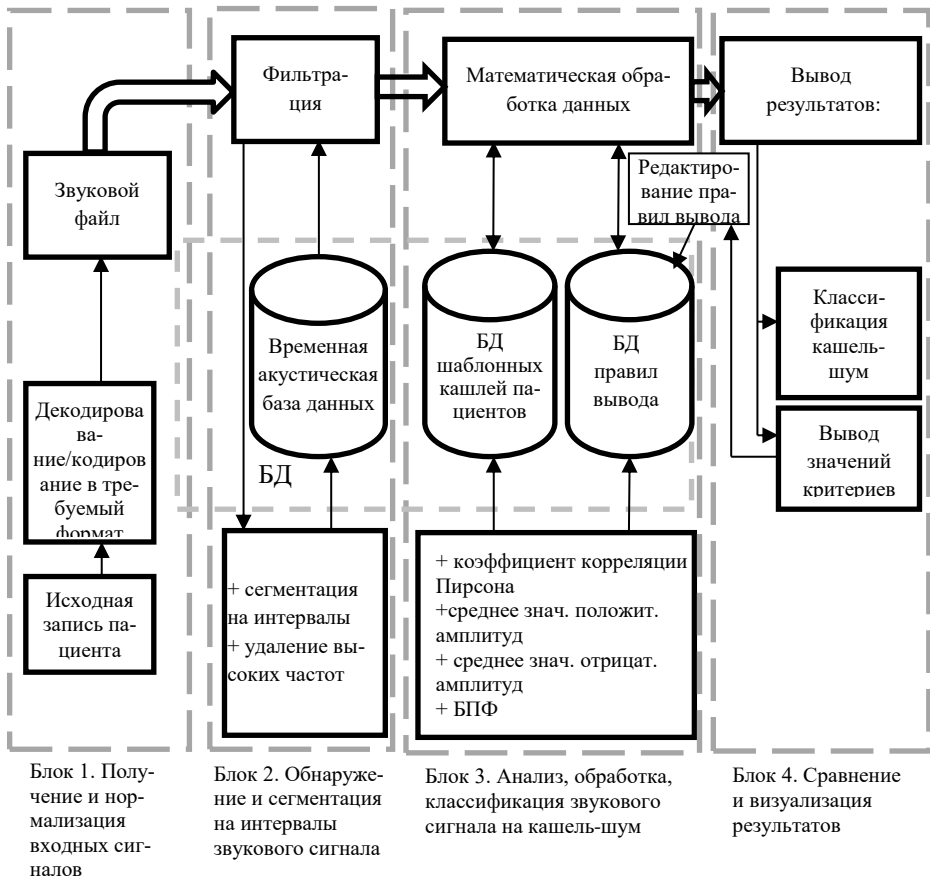


Рисунок 7 – Структура информационной системы

2 Разработан критерий выделения кашлевых фрагментов из мониторинговой записи, основанный на расчете интегральной ошибки между положительной и отрицательной огибающими значений амплитуды звукового сигнала во времени, позволяющий выделять от 67 до 88 % кашлевых фрагментов.

3 Разработан критерий выделения кашлевых фрагментов из мониторинговой записи, основанный на расчете коэффициента корреляции по временному срезу в заданном окне (по времени и частоте) спектрограммы, позволяющий выделять фрагменты кашлей в пределах от 49 до 79,47 %.

4 Разработан критерий выделения кашлевых фрагментов из мониторинговой записи, основанный на расчете среднего значения по окну спектрограммы, выделяющий от 35 до 43 %.

5 Предложен алгоритм обработки информации мониторинговой записи для выделения возможных кашлевых фрагментов и их классификации по типу кашель-шум, использующий предварительную обработку сигнала, выделение фрагментов записи, которые могут быть кашлем, правила нечеткой логики на основе разработанных критериев (позволяет классифицировать более 92,5 %).

6 Разработана структура программного обеспечения для обработки мониторинговой звуковой информации кашлей пациентов с легочными заболеваниями для получения объективной информации об их состоянии, использующая модуль неинвазивного мониторинга легочных заболеваний, позволяющая сократить время обработки мониторинговой записи не менее чем в 6 раз.

Основное содержание диссертации отражено в работах

Публикации в журналах Scopus

1. Abramov, G. V. Information system for diagnosis of respiratory system diseases / G. V. Abramov, Korobova L.A., Ivashin A.L., Matytsina I.A. // Journal of Physics: Conference Series. 2018. Т. 1015.

Публикации в журналах, рекомендованных ВАК РФ

2. Коробова, Л.А. Разработка модуля медицинской информационной системы для диагностики легочных заболеваний / Л.А. Коробова, И.А. Матыцина // Вестник НГИЭИ – 2018. № 10 (89). – С.13-28.

3. Абрамов, Г.В. Разработка модуля диагностики информационной системы мониторинга здоровья больных легочными заболеваниями / Г. В. Абрамов, Л. А. Коробова, А. Л. Ивашин, И. А. Матыцина // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета – 2018. № 3 (Выпуск 65) – С. 136-142.

4. Абрамов, Г. В. Анализ и использование математических методов для распознавания звуковых сигналов / Г. В. Абрамов, Л. А. Коробова, А. Л. Ивашин, И. А. Матыцина // Вестник ВГУИТ – 2015. № 2 (64) – С. 61-65.

Публикации в сборниках международных конференций, журналах

5. Абрамов Г.В. Информационная система для диагностики заболеваний дыхательных путей / Г. В. Абрамов, Л. А. Коробова, И. А. Матыцина// Математические методы в технике и технологиях - ММТТ. 2017. – Т. 5. – С. – 111-116.

6. Матыцина, И. А. Применение информационной системы диагностики легочных заболеваний в процессе обследования пациентов / И. А. Матыцина // Математические методы в технике и технологиях - ММТТ. 2017. – Т. 12. – № 2. – С. 65-69.

7. Коробова, Л. А. Программная реализация нечеткой модели распознавания звуковых сигналов / Л. А. Коробова, И. А. Матыцина, Т. В. Курченкова // «Научные ведомости» Белгородского государственного университета. Серия Математика. Физика № 13 (234). – Вып. 43 – 2016. – С. 174 – 178.

8. Абрамов, Г. В. Моделирование информационной системы распознавания кашля / Г. В. Абрамов, Л. А. Коробова, А. Л. Иващин, И. А. Матыцина // XXIX Международная научная конференция «Математические методы в технике и технологиях» ММТТ – 29. – 2016. – Т. 8. – С. 116-121.

9. Абрамов, Г. В. Информационная система для распознавания звуковых сигналов кашля / Г. В. Абрамов, Л. А. Коробова, И. А. Матыцина // Сб. трудов XXVIII Междунар. науч. конф. “Математические методы в технике и технологиях” – ММТТ-28. – 2015, № 7. – С. 271 – 274.

10. Абрамов, Г. В. Использование спектрального анализа для распознавания звуковых записей / Г. В. Абрамов, Л. А. Коробова, И. А. Матыцина, Л. В. Лупенко // Международная научно-техническая конференция «Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики»: сб. статей. – Воронеж, 2016. – С. 51 – 52.

11. Абрамов, Г. В. Математические методы в распознавании звуковых сигналов / Г. В. Абрамов, Л. А. Коробова, И. А. Матыцина // Международная научно-техническая конференция «Современные технологии в науке и образовании» СТНО-2016. – Рязань. – 2016. – Т. 1. – С. 97-100.

12. Абрамов, Г. В. Использование математических методов в распознавании звуковых сигналов / Г. В. Абрамов, Л. А. Коробова, Е. С. Овсянников, И. А. Матыцина // VI Международная научно-практическая конференция «Наука в современном информационном обществе». – NorthCharleston, USA. – 2015. – Т. 1. – С. 111-113.

13. Абрамов, Г. В. Моделирование процессов обработки звуковых сигналов / Г. В. Абрамов, Л. А. Коробова, И. А. Матыцина // Сборник статей III Международной научно-практической Интернет-конференции. – Воронеж, 2015. – С. 81-84.

14. Абрамов, Г. В. Разработка математической модели для распознавания звуковых сигналов / Г. В. Абрамов, Л. А. Коробова,

И. А. Матыцина, Д. С. Карпович, Р. А. Шуленков // Труды БГТУ. Научный журнал «Физико-математические науки и информатика» - Минск, 2014. – №6 (170). – С. 100-104.

15. Абрамов, Г. В. Разработка информационной системы для диагностики состояния больных легочными заболеваниями / Г. В. Абрамов, Е. С. Овсянников, Л. А. Коробова, И. А. Матыцина // II Международная научная Интернет-конференция «Математическое и компьютерное моделирование в биологии и химии». – Казань, 2013. – Т. 1. – С. 4-10.

16. Абрамов, Г. В. Информационная система распознавания и обработки звуковых сигналов / Г. В. Абрамов, Л. А. Коробова, И. А. Матыцина // Международная конференция «Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики»: сб. трудов – Воронеж. – 2013. – С. 3-6.

17. Коробова, Л. А. Распознавание кашлевых моментов с использованием различных методов / Л. А. Коробова, И. А. Матыцина, М. С. Соломатин // XXVI Международная научная конференция «Математические методы в технике и технологиях» ММТТ – 26, 2013. – Т. 8. – С. 171–173.

18. Абрамов, Г. В. Разработка информационной системы диагностики больных легочными заболеваниями / Г. В. Абрамов, Л. А. Коробова, И. А. Матыцина // Кибернетика и высокие технологии XXI века: матер. XIII Международной научно-технической конференции. – Воронеж, 2013. – Т. 2. – С. 464-468.

19. Абрамов, Г. В. Разработка информационной системы мониторинга больных легочными заболеваниями / Г. В. Абрамов, Л. А. Коробова, И. А. Матыцина // Кибернетика и высокие технологии XXI века: матер. XIII Международной научно-технической конференции. – Воронеж, 2012. – Т. 2. – С. 529-535.

Свидетельство государственной регистрации программы на ЭВМ

20. Свидетельство о государственной регистрации № 2016661088. Программы на ЭВМ «Информационная система распознавания звуковых сигналов кашля». Заявка № 2016648376, дата поступления 01.08.2016 г., дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 29.09.2016 г. / Коробова Л.А., Ивашин А.Л., Матыцина И.А., Абрамов Г.В., Овсянников Е.С.

Лицензия ЛР № _____ от _____
Подписано в печать _____ Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Ризография.
Усл. печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ _____

Воронежский государственный университет инженерных технологий (ВГУИТ)
Участок оперативной полиграфии
Адрес университета и участка оперативной полиграфии
394000 Воронеж, пр. Революции, 19