Левшинский Владислав Викторович. Математические методы анализа и интерпретации термометрических данных в медицинской диагностике;[Место защиты: ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет»], 2021

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение

высшего образования «Волгоградский государственный университет»

На правах рукописи

Левшинский Владислав Викторович

Математические методы анализа и интерпретации

термометрических данных в медицинской диагностике

Специальность 1.2.2 —

«Математическое моделирование, численные методы и комплексы

программ»

Диссертация на соискание учёной степени

кандидата технических наук

Научный руководитель: доктор физико-математических наук, профессор

Лосев Александр Георгиевич

Волгоград — 2022

Введение 5

Глава 1. Особенности данных микроволновой радиотермометрии 17

1.1 Основы и особенности метода микроволновой

радиотермометрии в медицинской диагностике 17

1.1.1 Диагностика патологии молочных желез 23

1.1.2 Диагностика и динамический контроль венозных

заболеваний 25

1.2 Базы данных обследований методом микроволновой

радиотермометрии 27

1.2.1 Данные измерений молочных желез 27

1.2.2 Данные измерений нижних конечностей 36

1.3 Заключение 38

Глава 2. Дескриптивные математические модели

диагностического состояния пациента 39

2.1 Концептуальные модели диагностического состояния пациента 39

2.2 Дескриптивная математическая модель диагностического

состояния пациента 47

2.3 Обобщенная дескриптивная математическая модель

состояния пациента 62

2.4 Численный метод аппроксимации информативных областей

термометрических признаков 66

2.5 Заключение 78

Глава 3. Адекватность моделей диагностического состояния

пациентов 79

3.1 Построение моделей бинарной классификации заболеваний

молочных желез и вен нижних конечностей 79

3.1.1 Алгоритмы взвешенного голосования

термометрических признаков и обоснования результата 80

3.1.2 Методы и критерии оценки эффективности моделей

классификации 85

3.1.3 Организация и проведение серии вычислительных

экспериментов 89

3.1.4 Результаты классификации и примеры построения

обоснования решения 91

3.2 Алгоритм дифференциальной диагностики венозных

заболеваний 102

3.3 Заключение 108

Глава 4. Комплекс программ для анализа данных

микроволновой радиотермометрии 109

4.1 История разработки программного обеспечения для

поддержки исследований 110

4.2 Структура и основные возможности программной системы

для моделирования, обогащения и анализа данных микроволновой радиотермометрии 116

4.3 Программа для визуализации карт полей температур 125

4.4 Разработка и организация взаимодействия программ на

разных языках 128

4.5 Заключение 133

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 134

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ 137

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 141

СПИСОК РИСУНКОВ 159

СПИСОК ТАБЛИЦ 161

Приложение А. Структуры баз термометрических данных 163

Приложение Б. Термометрические признаки классификации ... 186

Приложение В. Листинги 192

Приложение Г. Акт о внедрении программного обеспечения . . . 202

Основным результатом главы является разработанное программное обеспечение. Пакет программ для анализа данных микроволновой радио­термометрии предоставляет широкие возможности для полуавтоматическо­го конструирования и численной аппроксимации информативных областей термометрических признаков. Предусмотрена возможность загрузки и вы­грузки признаков, в том числе интеграция с программами на языке C# за счет генерации и динамической компиляции кода, содержащего определе­ния признаков. Начиная со второй версии пакета предусмотрена интеграция с популярной библиотекой машинного обучения и анализа данных Scikit- Learn. В пакет также входит программа для визуализации карт полей температур, особенностью которой является возможность расширения и ви­зуализации разнообразных температурных данных.

Поставленные задачи были выполнены. Основные результаты работы заключаются в следующем:

1. Выполнена обработка и верификация баз термометрических дан­ных молочных желез, подробно изучена и описана структура записей в базе, сформирована выборка. В процессе исследования данных выявлена зависимость значений температур от признака «тип датчика»;
2. Обработаны и верифицированы базы термометрических данных обследований нижних конечностей, изучена и описана их струк­тура, сформирована выборка;
3. Разработан метод анализа и интерпретации результатов термомет­рических измерений на основе дескриптивных математических моделей диагностического состояния пациентов;
4. Выполнен анализ и интерпретация знаний экспертов, систематизи­рованы и обобщены характерные особенности наличия патологии по термометрическим данным, на их основе построены концепту­альные диагностические модели;
5. Созданы дескриптивные математические модели диагностического состояния пациентов на основе данных микроволновой радиотер­мометрии;
6. В соответствии с положениями дескриптивной математической модели диагностического состояния сконструировано 65 новых признаков в данных измерений молочных желез, при этом каждый признак может быть интерпретирован;
7. В соответствии с положениями дескриптивной математической модели диагностического состояния сконструировано 128 новых признаков в данных измерений нижних конечностей, при этом каж­дый признак может быть интерпретирован;
8. Предложен метод аппроксимации информативных областей тер­мометрических признаков, позволяющий выявлять значительное

количество интерпретируемых закономерностей в данных мик­роволновой радиотермометрии и применяемый при построении обобщенной дескриптивной математической модели;

1. Показана практическая применимость разработанных моделей в задаче диагностики молочных желез, где на основе термометриче­ских признаков построена модель классификации, вывод которой может быть обоснован. Эффективности модели составляет 0.85 при чувствительности 0.892 и специфичности 0.813;
2. Показана практическая применимость разработанных моделей в за­даче диагностики заболеваний вен нижних конечностей, построена модель классификации, эффективность которой составляет 0.939 при чувствительности 0.961 и специфичности 0.925, при этом вы­вод модели может быть обоснован;
3. Применимость термометрических признаков показана и в зада­че дифференциальной диагностики венозных заболеваний, где построена модель, имеющая сбалансированную точность 0.574. Ре­зультат работы модели также может быть обоснован;
4. Разработан комплекс программ, содержащий реализации пред­ложенных методик и алгоритмов, и предоставляющий широкие возможности для поиска термометрических признаков в данных. Предусмотрена возможность интеграции с популярной библиоте­кой машинного обучения Scikit-Learn;
5. Разработана и включена в состав комплекса программа для интер­активного построения и анализа карт полей температур, которую можно применять для визуализации разнообразных термометриче­ских данных. Предусмотрена возможность расширения;
6. Предусмотрены механизмы интеграции результатов анализа дан­ных при помощи комплекса программ и интеллектуальных ди­агностических систем: предоставляется возможность выгрузки и загрузки термометрических признаков из файлов, в том числе разработаны библиотеки классов на C#, предоставляющие возмож­ность динамической загрузки признаков;

В заключение автор выражает благодарность и большую призна­тельность за полезные обсуждения и замечания, активную поддерж­ку, помощь и обсуждение результатов научному руководителю Лосеву Александру Георгиевичу, а также участникам семинара «Математическое моделирование в медицине» на базе Волгоградского государственного университета. Автор благодарит авторов шаблона \*Russian-Phd-LaTeX- Dissertation-Template\* [[22]](#bookmark181) за помощь в оформлении диссертации.