

# Кластерный анализ результатов численного моделирования термометрических данных

М.В. Поляков<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Волгоградский государственный университет, Университетский 100, Волгоград, Россия, 400062

## Аннотация

В работе приводятся результаты применения алгоритмов кластерного анализа к данным, полученным при проведении имитационного моделирования радиотермометрических обследований. Исследование показывает систематические различия в выборке для двух классов пациентов, тем самым подтверждая гипотезу о влиянии опухолей на температурные поля в молочной железе. Данная методика может быть распространена и на модели других органов.

## Ключевые слова

Кластеризация, численное моделирование, радиомикроволновая термометрия, анализ данных

## 1. Введение

Разработка эффективных методов ранней диагностики онкологических заболеваний является актуальной задачей современной медицины. Метод радиомикроволновой термометрии – это способ обследования, позволяющий получить информацию о температуре биологических тканей на глубине в несколько сантиметров. Для изучения механизмов формирования температуры в биологических тканях выгодно применять техники математического моделирования [1, 2]. На текущий момент активно развиваются методы ранней диагностики заболеваний по термометрическим данным [3]. Развитие подобных подходов возможно с совместным применением методов компьютерного моделирования и интеллектуального анализа данных.

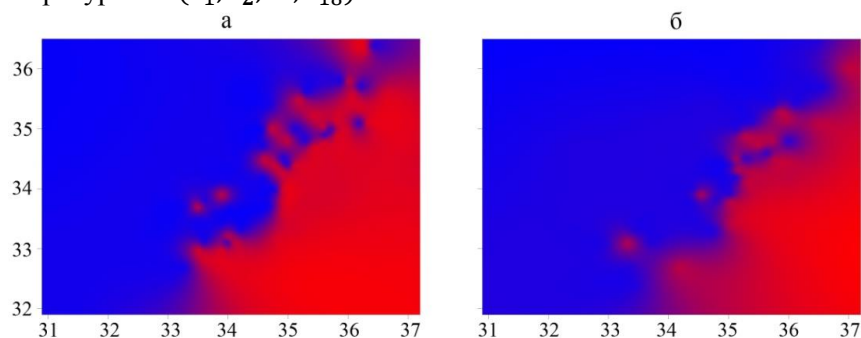
## 2. Подготовка исходных данных

Первичные данные являются результатом численного моделирования процесса термометрических обследований [4]. При моделировании используется набор 3D-моделей молочных желез, различающихся строением и внутренней структурой. Результатом численного эксперимента для отдельно взятой модели является вектор термометрических данных  $T$ , содержащий 18 температур (9 кожных и 9 внутренних согласно методике обследования). Для изучения степени влияния опухоли на температуру окружающих тканей, были построены модели, включающие мощный тепловой источник, моделирующий опухоль. Результаты натурных наблюдений указывают на то, что злокачественные опухоли обладают повышенным тепловыделением на ранних стадиях [5]. В результате формируются 2 класса в исходных данных: класс «здоровых»  $H$  и класс «больных»  $S$  моделей. Существенное преимущество, которое дает процесс моделирования – возможность точно определить положение опухоли в трехмерном пространстве  $(x_0, y_0, z_0)$ , отображенное на схему измерений. Таким образом, при варьировании местоположения опухоли, формируются 9 классов, каждый из которых включен во множество  $S$  моделей.

## 3. Кластеризация термометрических данных

Для исследования структуры выборки применим искусственную нейронную сеть, основанную на обучении без учителя, тем самым проверяя гипотезу о расхождении в

температурах пациентов классов  $H$  и  $S$ . Для кластеризации исходных данных будем использовать карту самоорганизации Кохонена. Для данного метода характерно уменьшение топологической окрестности в процессе обучения, таким образом, функция топологической окрестности сходится к ближайшим соседям. На вход поступает вектор, содержащий 18 значений температур  $T = (T_1, T_2, \dots, T_{18})$ .



**Рисунок 1:** Карта Кохонена в проекции на плоскость, красным отмечен класс моделей  $S$ , синим отмечен класс моделей  $H$ ; а) по оси  $Ox$  – температура ( $^{\circ}C$ ) для точки «8», по оси  $Oy$  – температура ( $^{\circ}C$ ) для точки «4»; б) по оси  $Ox$  – температура ( $^{\circ}C$ ) для точки «0», по оси  $Oy$  – температура ( $^{\circ}C$ ) для точки «3»

На выходе были получены карты, отражающие зависимость температурных данных от класса модели (см. рисунок 1).

#### 4. Заключение

В результате кластерного анализа была выявлена зависимость распределения температуры от наличия опухоли в модели. Данные были распределены на 2 класса, имеющие характерную структуру. Это, в свою очередь, подтверждает наличие системности в исходной выборке.

#### 5. Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 19-01-00358 «Математические модели радиационных полей и анализа данных микроволновой радиотермометрии в ранней диагностике рака молочных желез».

#### 6. Литература

- [1] Stauffer, P.R. Non-Invasive Measurement of Brain Temperature with Microwave Radiometry: Demonstration in a Head Phantom and Clinical Case / P.R. Stauffer, B.W. Snow, D.B. Rodrigues, S. Salahi, T.R. Oliveira, D. Reudink, P.F. MacCarini // The Neuroradiology Journal. – 2014. – Vol. 27. – P. 3-12.
- [2] Figueiredo, A.A.A. Breast tumor localization using skin surface temperatures from a 2D anatomic model without knowledge of the thermophysical properties / A.A.A. Figueiredo, J.G. do Nascimento, F.C. Malheiros, L.H. da Silva Ignacio, H.C. Fernandes, G. Guimaraes // Computer Methods and Programs in Biomedicine. – 2019. – Vol. 172. – P. 65-77.
- [3] Лосев, А.Г. Интеллектуальный анализ данных микроволновой радиотермометрии в диагностике рака молочной железы / А.Г. Лосев, В.В. Левшинский // Математическая физика и компьютерное моделирование. – 2017. – № 5(342). – С. 16-22.
- [4] Polyakov, M. Numerical Modeling of the Internal Temperature in the Mammary Gland / M. Polyakov, A. Khoperskov, T. Zamechnic // LNCS. – 2017. – Vol. 10594. – P. 128-135.
- [5] Gautherie, M. Temperature and blood flow patterns in breast cancer during natural evolution and following radiotherapy / M. Gautherie // Prog. Clin. Biol. Res. – 1982. – Vol. 107. – P. 21-64.