

УДК 004.9

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ.

Тимова А.Ю.

Донецкий национальный технический университет
кафедра автоматизированных систем управления
anastasiyashelud@yandex.ru

Рассмотрены современные методы диагностики рака молочной железы на основе обработки цифровых термографических изображений. Представлена модель молочной железы и локализации источника патологии.

Общая постановка задачи

На сегодняшний день рак молочной железы (РМЖ) у женщин вышел на лидирующие позиции, и является вторым по смертности после рака легких. Поэтому диагностика заболеваний на ранней стадии позволяет значительно снизить смертность пациентов после лечения. Важную роль при этом играют средства и методы диагностики, определение их возможностей и пределов, поиск значимых элементов в маммологии при массовом скрининге [5]. Уже сейчас средние показатели чувствительности и специфичности для термографии груди составляют 90 %. Построение модели по данным термографии молочной железы (МЖ) и ее анализ дает дополнительный критерий для диагностирования заболевания без вредного воздействия на организм пациента, а также возможность повысить чувствительность данного метода диагностики. Программная реализация на основе обработки термограмм позволяет решить задачу обнаружения, выделения и анализа, значимых для постановки диагноза объектов.

Объект диагностики

Объектом исследования является МЖ. В частности, нас интересуют заболевания МЖ и полученные в ходе предварительной диагностики термограммы такого вида, как на рис. 1. Термограмма – это температурная карта участка или всего тела человека, отображаемая в виде изображения.

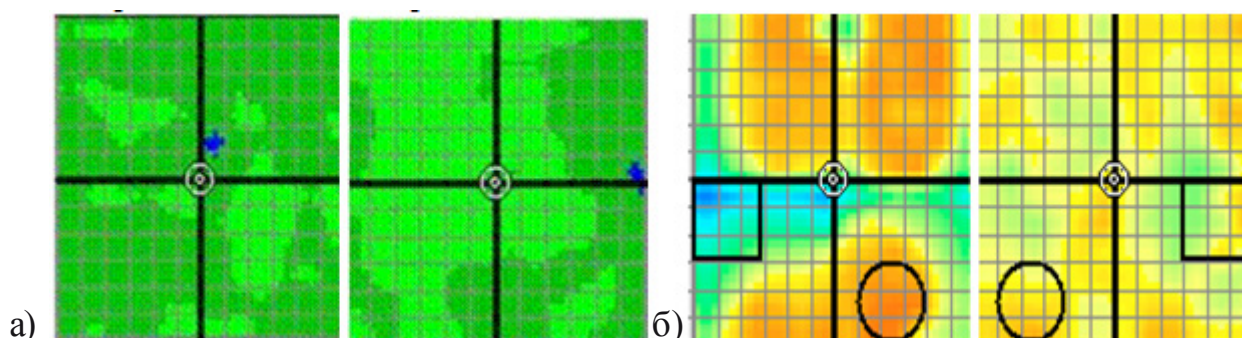


Рисунок 1 – Примеры термограмм МЖ: а) термограмма здоровых МЖ; б) термограмма с РМЖ справа

Обзор современных систем диагностики РМЖ на основе термографии

Термография базируется на измерении теплового инфракрасного излучения тела и дает истинную температуру только самого верхнего слоя кожи толщиной 2–3 мм [4]. В медицинской практике апробированы четыре разновидности тепловой диагностики: жидкокристаллическая, дистанционная инфракрасная, контактная термография и радиотермометрия.

Анализ материалов о контактной термографии показал ее универсальность и большую эффективность по сравнению с другими видами дифференциальной диагностики. Системы на основе термограмм, представлены такими устройствами, как тепловизионный компьютерный комплекс ТВ-03К [1], Диаграф ДОТ-1, термограф контактный цифровой (ТКЦ_1), который изображен на рис. 2. Эти системы имеют сходный принцип работы аппаратного комплекса и понятный пользовательский интерфейс. Самым успешным в цифровой обработке является ТКЦ_1, разработанный Донецким физико-техническим институтом им. А. А. Галкина НАН Украины совместно с Донецкой городской клинической больницей № 2 «Энергетик» для обследования МЖ, предстательной железы, костей и суставов.

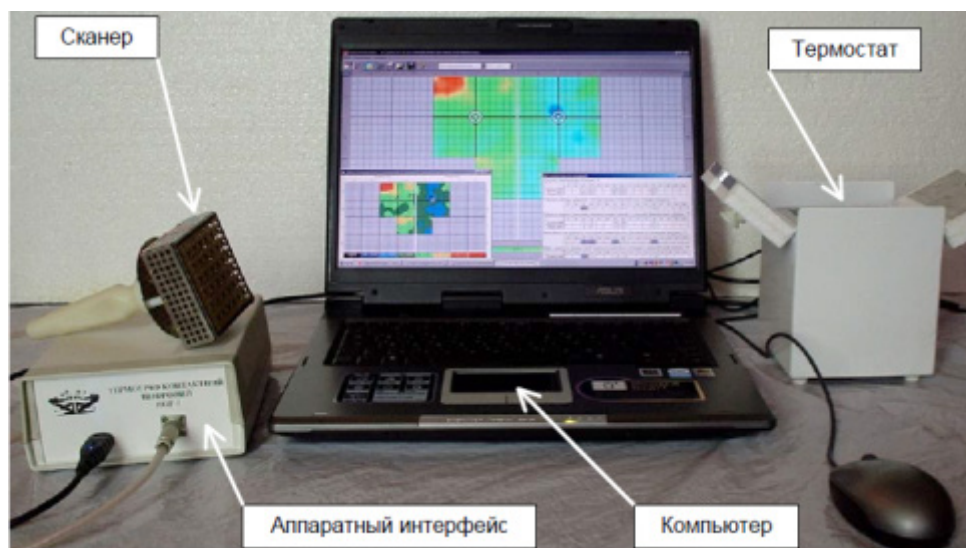


Рисунок 2. Внешний вид ТКЦ_1

Возможности специализированных компьютерных систем диагностики РМЖ

Преимуществом специализированных компьютерных систем (СКС) диагностики РМЖ на основе термографии является их пригодность для широкомасштабного скрининга, который предполагает способность таких устройств за минимальное время и с максимальной достоверностью получать температурные карты нужного участка тела.

При этом методы и устройства диагностики представляют собой абсолютно безопасные для здоровья, как пациентов, так и медицинского персонала – компактные, мобильные, простые и удобные в эксплуатации комплексы.

Они способны обеспечивать регистрацию малых температурных градиентов и распределений не только на коже, но и внутри организма [5], и в полной мере использовать преимущества дифференциальной диагностики (т.е. сравнения термограмм

симметричных участков тела) при видимой экономичности.

Благодаря уникальной способности инфракрасной съемки визуализировать метаболические процессы в груди, при долгосрочных исследованиях наблюдались чрезвычайно ранние предупредительные сигналы (иногда даже за 10 лет до возможного обнаружения с помощью какого-либо иного метода). Именно эту задачу можно решать с помощью полученных аномальных инфракрасных снимков. К тому же, он является единственным наиболее важным маркером высокого риска рака МЖ в настоящее время и в обозримом будущем.

Область применения компьютерной обработки термомаммографических изображений

В области автоматизации обработки термограмм исследования направлены на решение следующих задач [4]:

1. Расширение объема и точности диагностических показателей и анализа тонких свойств термограмм.
2. Определение целесообразности использования термографии при проведении массовых обследований и профилактических осмотров.
3. Создание банка данных термограмм пациентов.
4. Выделение термографических признаков с последующим переходом к классификации патологии и постановки диагноза компьютерными методами.
5. Построение моделей МЖ для более углубленной диагностики.

Современные методы обработки термограмм

Качественными характеристиками устройств диагностики РМЖ на основе термографии являются температурные показатели исследуемого участка и температурные карты в виде изображения. Эти характеристики получают первичную статистическую обработку. Можно выделить следующие математические методы моделирования и обработки:

- интерполяция и усреднение температур;
- выделение границ аномальных зон;
- нахождение градиентов, доверительных интервалов распределения температуры;
- построение гистограмм и изотерм;
- корреляция и диаграмма рассеяния;
- сглаживающая фильтрация, контрастирование, кадрирование;
- методы Кенни, Собеля, Роберта и д.р для выделения областей интереса [2].;
- выделение границ бинарных объектов, вращение [2].;
- построение 3D модели МЖ.

Расчет диагностических признаков и реализация методов обработки термограмм

Важнейшую роль в диагностике МЖ играют диагностические признаки. Остановимся подробнее на некоторых таких, как максимальное локальное превышение

над средней температурой правой и левой МЖ и максимальная локальная асимметрия. Первый параметр вычисляется следующим образом: рассчитываются средние температуры локальных областей термограммы, ограниченных сканирующим пятном выбранного размера, и определяются превышения этих локальных средних над средней температурой железы; максимальное из этих превышений и является значением параметра, который заносится в соответствующую таблицу, пример которой представлен далее. Этот параметр рассчитывается для пяти размеров сканирующего пятна [3]: $\max_{lp} = \max_{avr} - \text{максимальное локальное превышение}$; $\max_{avr} = \max(T_{avr} - T_{avl}(i))$, где T_{avr} – средняя температура МЖ, $T_{avl}(i)$ – средняя температура i -ой локальной области. Для найденного максимального локального превышения определяются квадрант, в котором оно расположено, и расстояние от его центра до центра соска. Если включен режим отображения указателей аномальных зон, то на термограмме зона максимального локального превышения выделяется окружностью, как показано на рис. 1, б. Второй признак вычисляется следующим образом: последовательным сканированием термограммы рассчитываются средние температуры симметричных локальных областей, ограниченных сканирующим пятном выбранного размера, и определяются разности этих средних. Из всех разностей выбирается наибольшая для каждого из доступных пяти размеров сканирующего пятна. Модули этих максимальных разностей выводятся в таблицу, в которой дополнительный столбец справа поясняет, в какой стороне расположен локальный очаг гипертермии [3]: $\max_{as} = \max(T_{avl}(i) - T_{avl}(j))$ максимальная локальная асимметрия, где i – позиция текущей области; j – позиция симметричной в другой МЖ. Ниже табл. 1 представлены площади зон отклонения от средней температуры термограммы для каждой из желез, рассчитанные в процентах к полной площади термограммы соответствующей МЖ.

Таблица 1. Диагностические признаки для локализации зон гипертермии

Параметр	Значение, °С	S сканирующего пятна, см ²	Квадрант	Расстояние от соска, см	Примеч.
Макс. локальное превышение над средней температурой правой МЖ	2.0	1	ниж. внутр.	5.1	
	2.0	4	ниж. внутр.	5.4	
	1.6	9	ниж. внутр.	5.1	
	1.4	16	верх. внутр.	5.0	
	1.1	25	верх. внутр.	4.3	
Макс. локальное превышение над средней температурой левой МЖ	1.2	1	нижн.внутр.	6.5	
	0.8	4	нижн.внутр.	6.4	
	0.5	9	нижн.внутр.	5.7	
	0.3	16	верх. внутр.	5.7	
	0.2	25	верх. внутр.	4.9	
Макс. локальная асимметрия	5.4	1	нижн.внутр.	5.5	Л > П
	3.9	4	нижн.внутр.	5.1	Л > П
	2.7	9	нижн.внутр.	4.7	Л > П
	1.9	16	верх. внутр.	4.5	Л > П
	1.5	25	верх. внутр.	3.8	Л > П

Зоны отклонения от средней температуры термограммы:	Правая МЖ	Левая МЖ
Площадь зоны (<-3.0°C) в процентах от площади термограммы МЖ	4.7%	0.0%
..... (-3.0...-2.0°C).....	6.8%	0.0%
..... (-2.0...-1.0°C).....	14.0%	2.6%
..... (-1.0...0.0°C).....	19.5%	50.1%
..... (0.0...1.0°C).....	28.2%	46.9%
..... (1.0...2.0°C).....	26.7%	0.4%
..... (2.0...3.0°C).....	0.0%	0.0%
..... (>3.0°C).....	0.1%	0.0%

3D визуализация молочной железы

Значимым для диагностики МЖ является построение 3D модели в виде полусферы МЖ, полученной из 2D термограммы. После получения такой модели становится возможным проведение из точек гипертермии и гипотермии, перпендикуляров длиной равной разнице температур в симметричной области второй МЖ, как показано на рис. 3.

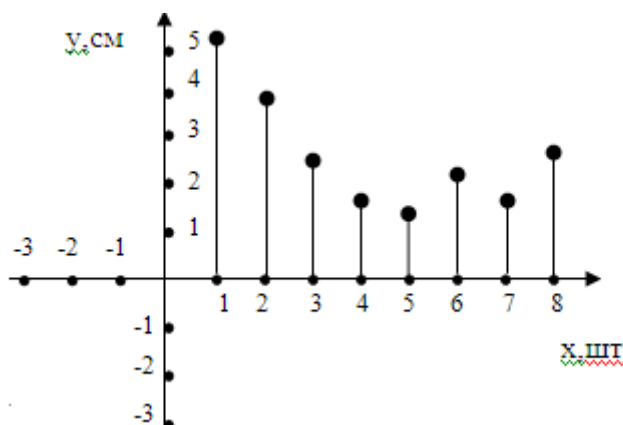


Рисунок 3. Перпендикуляры, длина которых в см эквивалентна оС из таблицы

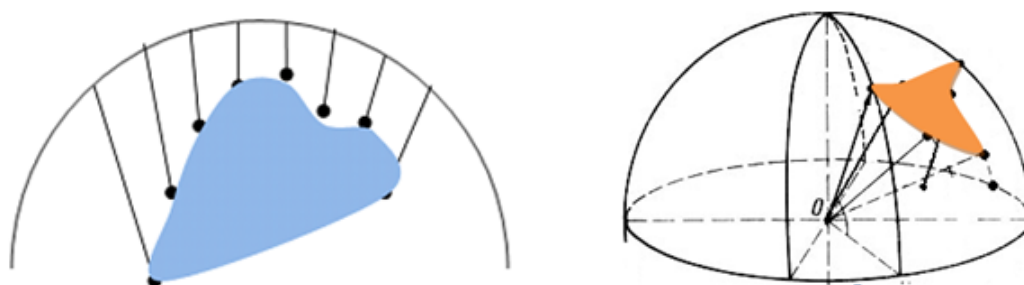


Рисунок 4. Модель МЖ с очагом гипертермии

Источником тепла может быть опухоль или воспаление, которые имеют разные геометрические размеры и формы. Множество таких перпендикуляров визуально представляет их вид. При этом перпендикуляры опускаются из точек, которые соответствуют полученным значениям разности температур, т.е. с поверхности модели МЖ. Другие концы перпендикуляров соединены между собой и образуют представленную на рисунке фигуру. В случае РМЖ перпендикуляры должны быть направлены в одну область (очаг гипертермии или гипотермии), как видно на рис. 4. В случае мастита определенного направления не имеется, и фигура получается большого размера. На рис. 4 отображается предположительный вид модели МЖ, первый вариант в

2D представлении, второй – в виде объемного изображения. Экспериментально данный метод будет исследоваться на термограммах с заранее известным и проверенным другими средствами диагнозом. При положительном результате, предполагается углубленное изучение зависимости направления перпендикуляров от формы и биологической структуры тканей МЖ.

Структура специализированной компьютерной системы

1. На вход системы поступают данные в виде термографических карт, с показателями температуры МЖ каждого датчика.
2. В ходе компьютерной диагностики параметры проходят первичную статическую обработку, в результате которой формируются диагностические признаки.
3. Диагностические признаки заносятся в протокол и используются для визуализации молочной железы и постановки диагноза.
4. Результат – эффективная и точная дифференциальная диагностика и возможность применения системы для массового скрининга.

Ожидаемые результаты спроектированной компьютерной системы

- увеличение чувствительности и специфичности контактной термографии;
- уменьшение временных затрат;
- предоставление системой возможности сохранения результатов диагностики.

Выводы

В процессе исследования рассмотрены методы вычисления диагностических признаков рака молочной железы – отклонений от нормы температуры и локальной асимметрии. Обусловлена необходимость для диагностики РМЖ построения объемной модели МЖ и визуализация источника воспаления. Программная реализация и апробация в лечебном учреждении показала, что методы выделения областей с патологией на основе термографии являются эффективными, достаточно точными и могут с успехом использоваться в дифференциальной диагностике заболеваний молочной железы.

Список источников

- [1] Ткаченко А.Ю., Голованова М. В., Овечкин А.М. Клиническая термография (обзор основных возможностей) – Нижний Новгород, 1998 г.
- [2] Титова А.Ю. Цифровая обработка изображений в маммографии. – Сборник материалов II Всеукраинской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Том 3). – Донецк, 2011 г.
- [3] Приходченко В.В. и др. Применение контактного цифрового термографа ТКЦ-1 в диагностике заболеваний молочных желез – Руководство для врачей. – Донецк, 2007.
- [4] Розенфельд Л.Г., Колотилов Н.Н. Дистанционная инфракрасная термография в онкологии. Онкология. – 2001. – Т. 3. – № 2–3. – С. 103–106.
- [5] Белошенко В.А., Дорошев В.Д., Карчанев А.С., Приходченко В.В. Комплекс аппаратуры для ранней диагностики онкологических заболеваний методом контактной цифровой термографии. – Наука та інновації № 5. – 2007 г.