

А. С. САМОКИШ, студент НТУ «ХПИ»,
Н. А. МАРЧЕНКО, канд. техн. наук, доцент НТУ «ХПИ»

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Стаття присвячена викладу методів діагностики онкологічних захворювань, розглянуті основні методи діагностики, виділені їх особливості. Зроблена спроба підвищити чутливість виявлення раку використанням нейронної мережі.

Статья посвящена изложению методов диагностики онкологических заболеваний, рассмотрены основные методы диагностики, выделены их особенности. Сделана попытка повысить чувствительность обнаружения рака использованием нейронной сети.

Article is dedicated to methods of diagnostics of oncological diseases, reviewed the main methods of diagnosis. An attempt was made to increase the sensitivity of cancer detection using a neural network.

Введение. Термография как один из методов неинвазивного обследования существовала в Украине в начале 1980-х годов [1], но распространение магниторезонансной, компьютерной томографии и ультразвукового исследования (УЗИ) привели к спаду использованию термодиагностики. В настоящее время в связи с появлением нового класса термографов [2] и микроволновых радиотермометров вновь появился интерес к этому методу обследования.

Не зависимо от выбора метода обследования интерпретация результатов и постановка диагноза являются главной задачей диагностики. Для автоматизации постановки диагноза требуется выбрать необходимые параметры обследования и алгоритм, который будет обладать максимальной специфичностью и чувствительностью. Таким образом, идеальный метод диагностики должен, во-первых, не пропускать ни одного действительно больного человека и, во-вторых, не делать ошибочных заключений.

Онкологические заболевания занимают второе место в списке причин смертности. Одно из главных направлений, в котором сейчас идут работы – это диагностика рака молочной железы.

Постановка задачи. В данной статье поставлена цель: определить эффективный алгоритм обработки результатов термодиагностики для автоматизации постановки диагноза.

Методика диагностики. Метод термодиагностики основан на получении температурной карты и определении областей термоаномалий и наличия термоасимметрии. Главная особенность диагностики рака молочной железы в том, что молочные железы являются парными органами. Следовательно, выявление термоасимметрии может указывать на наличие заболевания.

Известно [3], что удельное тепловыделение в опухоли прямо пропорционально скорости ее роста, т.е. быстро растущие опухоли имеют повышенную температуру по сравнению со здоровой тканью. Так же следует учитывать, что на диагностику может влиять структура желез, различные формы рака и наличие не онкологических заболеваний и то, что с возрастом у женщин внутренняя температура молочных желез понижается [4]. Следовательно, из выше перечисленных особенностей можно выделить ряд характерных признаков, которые можно будет сопоставить с результатами традиционных методов диагностики.

В рамках исследования [5], разработчики радиотермометра РТМ-01-РЭС, проанализировали большинство термограмм пациенток уже с установленными диагнозом рака молочной железы и выделили следующие признаки наличия заболевания.

1. Повышенное максимальное значение температуры соска по сравнению со средней температурой молочной железы:

$$p_1 = t_c - \sum_{i=1}^{N-1} \frac{t_i}{N-1}, \quad (1)$$

где $t_c = t_0$ – температура соска, первый элемент массива температур;

t – массив температурных точек молочной железы;

N – количество температурных точек.

2. Повышенная разница температур сосков правой и левой молочной железы:

$$p_2 = |tr_c - tl_c|, \quad (2)$$

где $tr_c = tr_0$ – температура правого соска;

$tl_c = tl_0$ – температура левого соска.

3. Повышенное максимальное значение разности температур между симметричными точками левой и правой молочных желез:

$$p_3 = \max \left\{ |tr_i - tl_i| \right\} \quad (3)$$

где tr_i – температура точки правой молочной железы;

tl_i – температура точки левой молочной железы;

$i = [0..N)$ – индекс массива температуры.

4. Повышенное среднеквадратичное значение разностей температур между симметричными точками левой и правой молочной железы:

$$p_4 = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^N (tr_i - tl_i)^2}{N}}, \quad (4)$$

5. Повышенное среднеквадратичное значение разностей температур между симметричными точками левой и правой молочной железы и средней температуры всех точек обследования:

$$p_5 = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^N (\Delta t_i - \overline{t_m})^2}{N}}, \quad (5)$$

где $\Delta t_i = tr_i - tl_i$ – разница температур между симметричных точек;

$$\overline{t_m} = \frac{\sum_{i=0}^N \Delta t_i}{N} \text{ – средняя температура всех точек обследования.}$$

6. Повышенное среднеквадратичное значение в одной из молочной желез и средней температурой всех точек обследования, при этом выбирается большее из двух значений:

$$p_6 = \max \left\{ \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^N (tr_i - \overline{t_m})^2}{N}}, \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^N (tl_i - \overline{t_m})^2}{N}} \right\}. \quad (6)$$

В экспертной системе «РТМ-диагностика» [5], полученный результат обследования отображают на двухмерном графике, где на абсциссе представляют соотношение температуры соска и средней температуры молочной железы, а на оси ординат один из выше перечисленных признаков. Точками на графике (см. рис. 1) обозначены уже верифицированные значения, т.е. которые в результате дополнительной диагностики выявили рак. Совокупность данных точек образует, так называемую «область риска», при попадании в которую экспертная система делает заключение наличия рака по текущему признаку. При этом заявленная чувствительность экспертной системы лишь по одному признаку составляет 60-75% и при учете всех признаков повышается до 90% при специфичности не менее 75%.

Окончательная же установка диагноза лежит на субъективной оценки врача, основываясь на показаниях экспертной системы и дополнительной информации полученной при обследовании. Стоит отметить, что именно

дополнительная информация существенно может вносить поправки в трактовку результатов экспертной системы.

Поскольку взаимосвязь определенных параметров может быть не очевидной для установки диагноза, будет целесообразно данную экспертную систему дополнить нейронной сетью.

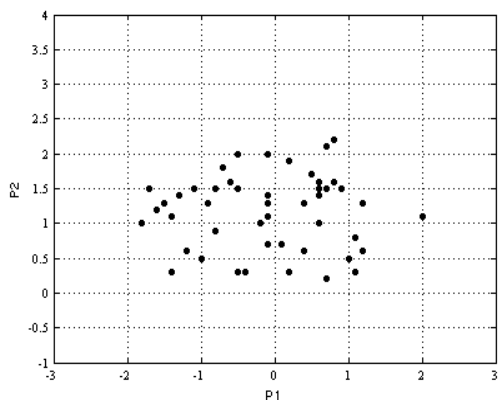


Рис. 1. График области верифицированных значений по двум признакам

Для решения данной задачи посредством системы MATLAB была создана нейронная сеть прямого распространения [6] с одним скрытым слоем. Кроме перечисленных выше признаков, входными данными для нейронной сети могут быть возраст, объем молочной железы, особенности ее формы и средняя температура с аксиллярных точек.

Данные о возрасте были взяты с анкет обследований экспертной системе [5] и температуру с аксиллярных точек, которые измеряют как контрольные показания для построения термокарты. Выборка была разделена на три группы, первая группа численностью 70% для обучения сети, вторая группа 15% для верификации и оставшиеся 15% для проверки.

Обучение нейронной сети проводилось методом масштабируемых сопряженных градиентов, основанном на вычислении второй производной целевой функции. На рис. 2 представлен процесс обучения, отношение среднеквадратичной ошибки к количеству эпох. Наилучшая точка, при которой была минимальная среднеквадратичная ошибка, обозначена на графике.

Численная характеристика ошибок проверки нейронной сети была получена с помощью функции `plotconfusion`, результатом которой является матрица неточностей (см. рис. 2).

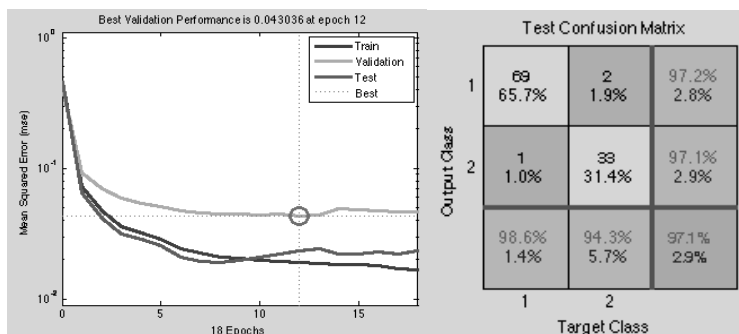


Рис. 2. Среднеквадратичная ошибка при обучении сети и матрица неточностей

Точность результатов тестирования нейронной сети составила 97,1%, что превышает чувствительность экспертной системы [5], основанной на проверке полученных новых значений к принадлежности «области риска». Конечно, применение нейронной сети может сделать не очевидной сделанное заключение и затруднит интерпретацию результатов, но совместное использование экспертной системы [5] и нейронной сети повышают эффективность метода диагностики.

Выводы. Главной особенностью применения нейронной сети для принятия решения о наличии рака, является то, что основываясь на тех же данных что и экспертная система [5] точность выявления рака оказалась выше. Введение дополнительных параметров, может еще больше повысить чувствительность метода, но проверить это можно лишь клиническими исследованиями.

Таким образом, термодиагностика как неинвазивный метод обследования может занять достойное место в медицинской практике как средство обнаружения рака на ранней стадии.

Список литературы: 1. Розенфельд Л. Г. Основы клинической дистанционной термодиагностики. – К.: Здоров'я, 1988. – 224 с. 2. Заболотный Д.И., Розенфельд Л.Г., Колотилев Н.Н. Новые возможности дистанционной инфракрасной термографии в оториноларингологии // Журнал ушних, носовых і горлових хвороб.– №5.– С. 2-5. 3. Carr K.L. Microwave Radiometry: it's Importance to the Detection of Cancer. IEEE, vol. 37 №12 Dec. 1989 4. Рахлин В.Л., Алова С.Е. Радиотермометрия в диагностике патологии молочных желез, гениталий, предстательной железы и позвоночника.– Препринт.– №253.– Горький, НИРФИ.– 1988. 5. Рожкова Н.И., Смирнова Н.А., Назарова А.А. Факторы, влияющие на эффективность радиотермометрических измерений молочной железы с помощью диагностического комплекса РТМ-01-РЭС.– «Опухоли женской репродуктивной системы».– №3.– 2007.– С. 21–25. 6. Дьяконов В., Круглов В. Математические пакеты расширения MATLAB. Специальный справочник.– СПб.: Питер, 2001.

Поступила в редколлегию 12.02.09