

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭМБОЛОГЕННОЙ ОПАСНОСТИ АТЕРОСКЛЕРОТИЧЕСКОЙ БЛЯШКИ

Михалец В.В., группа КСД-06м

Руководитель д.т.н., проф. Скобцов Ю.А.

Церебральная патология занимает одно из ведущих мест в структуре смертности и инвалидизации населения, что определяет ее как одну из важнейших медицинских и социальных проблем.

У больных со стенозом сонных артерий менее 70% гемодинамические нарушения не являются ведущей причиной возникновения острого нарушения мозгового кровообращения. Инсульты в таких случаях развиваются в результате эмболии из распадающейся атеросклеротической бляшки в устье внутренних сонных артерий.

Поэтому актуальным вопросом является определение источника эмболии – нестабильной атеросклеротической бляшки (см. рис. 1).



Рисунок 1 – Ультразвуковое изображение с выделением контура бляшки

В настоящее время по получаемому в результате ультразвукового исследования полутоновому изображению атеросклеротической бляшки, с помощью определенных методов обработки изображения и классификации структуры объекта на изображении, можно поставить диагноз о степени

эмбологенной опасности атеросклеротической бляшки, идентифицировать неустойчивые и устойчивые бляшки.

Целью работы является построение специализированной компьютерной системы для оценки эмбологенной опасности атеросклеротической бляшки на основании ультразвукового изображения, полученного с УЗ сканера в В-режиме обследования.

Обзор существующих решений

В области исследуемого вопроса существуют работы по классификации атеросклеротических бляшек по данным ультразвукового исследования в В-режиме, выполненные Reilly L.M. (1983) и Gray-Weale A.C. (1988) [1]. Эти работы лежат в основе всех имеющихся на сегодняшний день классификаций. В работе [2] приведены исследования с целью выяснения ультразвуковых критериев классификации атеросклеротической бляшки и выявления ее эмбологенности, помимо критериев, описанных в [1].

В работе [3] приводится применение классификаторов на основе машины опорных векторов (МОВ) и вероятностных нейронных сетей (ВНН) для осуществления классификации атеросклеротических бляшек на два типа.

В работе [4] показано, что текстурные описатели, вычисленные на основе матрицы пространственной встречаемости уровней серого (SGLDM-матрица) обладают наивысшей информативностью для задачи классификации атеросклеротических бляшек.

Предлагаемое решение

Создание диагностирующей системы для определения эмбологенной опасности атеросклеротической бляшки является сложной задачей, так как морфологические признаки, определяющие характер бляшки, трудно поддаются формализации и анализу. Врачом-экспертом были формализованы следующие критерии эмбологенной опасности:

1. Степень гетерогенности бляшки. Степень гетерогенности легко определяется по гистограмме изображения.

2. Наличие кальциноза в бляшке. Опасность эмболии увеличивается: начальный (КН) → тотальный (КТ) → умеренный (КУ).

3. Наличие фиброзной ткани в структуре бляшки. Фиброзная бляшка является устойчивой, обладает хорошей эластичностью и прочностью.

4. Наличие деструкции. Опасность эмболии увеличивается: отсутствие (ДО) → сглаженная (ДС) → свежая (ДСв). Для свежей деструкции характерны острые края на контуре бляшки.

5. Степень эхогенности. В случае очень низкой эхогенности бляшка состоит из низкоплотных липидов и подвержена повреждениям.

6. Наличие кровоизлияний и тромба.

Решение задачи требует системного подхода, основанного на анализе компонентов структуры бляшки, их размеров и взаимного расположения.

Алгоритм определения класса атеросклеротической бляшки:

1) получение исходного 256-цветного ультразвукового изображения атеросклеротической бляшки;

2) предварительная обработка изображения (линеаризация гистограммы изображения, контрастирование, фильтрация);

3) ручное оконтуривание формы атеросклеротической бляшки;

4) сегментация структуры бляшки на основе текстурных признаков для выделения участков с низкой эхогенностью, с фиброзом, кальцинозом, кровоизлияниями, тромбом;

5) расчет числовых значений характеристических признаков отдельных сегментов выделенной структуры, получение N-мерного вектора признаков;

6) применение классификатора для идентификации типа атеросклеротической бляшки на основе N-мерного вектора признаков.

Схема алгоритма диагностики эмбологенного атеросклеротического поражения приведена на рисунке 2.

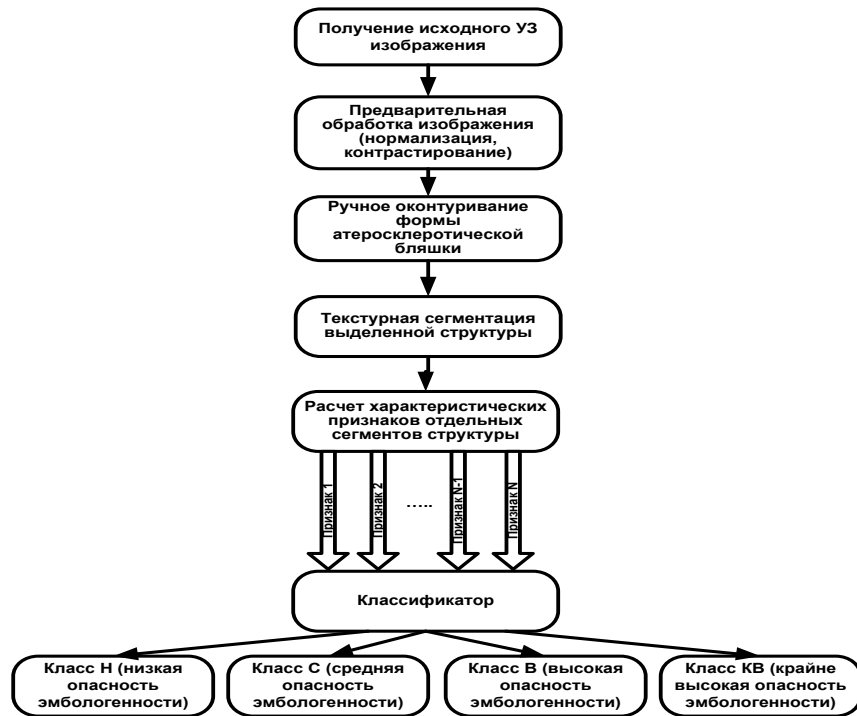


Рисунок 2 – Алгоритм обработки, производимой системой

Для идентификации и классификации отдельных структурных элементов бляшки вычисляется следующий набор текстурных признаков:

- текстурные энергетические характеристики Лоца для каждого пиксела изображения [5]. Пространство текстурных признаков $x(i, j)$ является результатом свертки исходного изображения и некоторой маски микротекстуры. В качестве такой маски может использоваться одна из масок E5L5, R5R5, E5S5, L5S5, которые получаются при перемножении соответствующих столбца и строки: $L5 = \{1, 4, 6, 4, 1\}$, $E5 = \{-1, -2, 0, 2, 1\}$, $S5 = \{-1, 0, 2, 0, -1\}$, $R5 = \{1, -4, 6, -4, 1\}$.

Результаты свертки служат для расчета различных макростатистических признаков текстуры, например, математического ожидания (i, j – координаты точки, $(2*n+1)$ – размер маски):

$$s(i, j) = \frac{1}{(2n + 1)^2} \sum_{k=i-n}^{i+n} \sum_{l=j-n}^{j+n} |x(k, l)| \quad (1)$$

- признаки гистограммы пространственной разности яркостей (GLDS).

Гистограмма рассматривается не как плотность вероятности уровней яркости, а как плотность вероятности разности уровней яркости между точками каждой пары элементов, разделенных заданным расстоянием $d=(\Delta x, \Delta y)$, то есть строится p_d , где:

$$f_d(x, y) = |f(x, y) - f(x + \Delta x, y + \Delta y)| \quad (2)$$

(x, y – координаты элемента изображения). Поведение p_d гораздо ярче характеризует текстуру, чем обычная гистограмма. Вычисляются следующие признаки (K – количество уровней яркости):

- контраст:

$$CON = \sum_{k=0}^{K-1} k^2 p_d(k) \quad (3)$$

- второй угловой момент:

$$ANSM = \sum_{k=0}^{K-1} p_d(k)^2 \quad (4)$$

- среднее:

$$M = \frac{1}{K} \sum_{k=0}^{K-1} k p_d(k) \quad (5)$$

- энтропия:

$$ENT = - \sum_{k=0}^{K-1} p_d(k) \log p_d(k) \quad (6)$$

Для сегментации изображения используется метод «Разделения и слияния областей». Конечное множество плоскости R , на котором определена функция исходного изображения $f(x, y)$, методом quadro-дерева разбивается на n непустых связанных подмножеств $R_i, i=1, \dots, n$ в соответствии с некоторым логическим предикатом P , определяемом на множестве всех точек из $R=\{R_1, R_2, \dots, R_k\}$:

- $P(R_i) = \text{TRUE}, i = 1, \dots, n$ (7)

- $P(R_i \cup R_j) = \text{FALSE}, i \langle \rangle j$ (8)

Концепция *текстурной сегментации* заключается в том, что в качестве условий для предиката $P(R_i)$ используются текстурные признаки, вычисляемые для соответствующего подмножества R_i [6].

Для решения *задачи классификации* используется прогнозирующая искусственная нейронная сеть «Многослойный персептрон» [7]. Для ее обучения необходимы знания о принадлежности векторов текстурных признаков обучающего множества изображений к определенному классу атеросклеротических бляшек. Набор обучающих данных должен содержать не меньше 100 исходных изображений и соответствующих диагнозов.

Таким образом, предложенная методика позволяет выявить эмбологенные бляшки и своевременно дать рекомендации к оперативному лечению.

Перечень ссылок

1. Gray-Weale A.C., Graham J.C., Burnett J.R. et al. Carotid artery atheroma: comparison of preoperative B-mode ultrasound appearance with carotid endarterectomy specimen pathology // J. Cardiovasc. Surg. 1988. V. 29. № 6. P. 676-681. Источник: Дубров Э.Я. и др. Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2006. №1. С.97-103
2. C.I Christodoulou, E. Kyriacou, M.S.Pattichis, C.S. Pattichis, A. Nicolaidis, “ A Comparative Study of Morphological and other Texture Features for the Characterization of Atherosclerotic Carotid Plaques”, *Proc of CAIP 2003*, The Netherlands, 165-173, (2003).
3. Classification of Atherosclerotic Carotid Plaques Using Gray Level Morphological Analysis on Ultrasound images / Электронный ресурс. Способ доступа: URL:
www.ivpcl.org/2006_Classification.pdf
4. Selection of Parameters for Texture Analysis for the Classification of Carotid Plaques / Электронный ресурс. Способ доступа: URL:
www.medinfo.cs.ucy.ac.cy/documents/Medicon04_Christodoulou-CI.pdf
5. K. Laws. Rapid texture identification. In *SPIE Vol. 238 Image Processing for Missile Guidance*, pages 376-380, 1980.
6. Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods "Digital Image Processing" Second Edition, Chapter 10 "Image Segmentation", ISBN 0-201-18075-8, Copyright ©2002 by Prentice-Hall, Inc.
7. С.Короткий «Нейронные сети: алгоритм обратного распространения» / Электронный ресурс. Способ доступа: URL: http://lii.newmail.ru/NN/KOROTKY/N3/kor_nn2.htm