

*М.С. ГИРНЫК, А.И. ПОВОРОЗНИЮК*, канд. техн. наук (г. Харьков)

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДА НЕЛИНЕЙНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЙ**

Розглянуто метод виявлення структур на медичних зображеннях для візуалізації в'язкопружних властивостей біологічних тканин. В основі методу полягає розроблений алгоритм покращення ультразвукових зображень з використанням вейвлет перетворення. Досліджено декілька модифікацій даного методу обробки первинних даних для відтворення просторової структури пружних неоднорідностей. Приведені результати обробки зображень.

The method of revealing of structures on the medical images for visualization biological tissue viscoelastic properties has been considered. The imaging is based on the developed algorithm of improvement of the ultrasonic images with using wavelet transformation. Some variants of the given processing method of the primary data for reconstruction of spatial pattern of heterogeneous inclusions have been explored. It has shown obtained results of image processing.

**Постановка проблеми.** Ультразвуковая визуализация упругих неоднородностей в биологических тканях с помощью метода SWEI (Shear Wave Elasticity Imaging) [1] сталкивается с характерной для ультразвуковой диагностики проблемой искажения изображения специальным видом шума – спеклом. Спекл проявляется в условиях однородных мало контрастных участков на изображениях тканей, глубинные структуры которой слишком малы, чтобы выявляться ультразвуком с большой длиной волны. В результате значительно ухудшается качество изображения и затрудняется различение мелких деталей в изображениях. Это также осложняет дальнейшую обработку изображения (сегментацию и определение границ). В работе исследуется вейвлет-представление ультразвуковых изображений для разработки метода выявления и подчеркивания границ неоднородностей.

**Анализ литературы.** Методы подавления ультразвукового спекла, использующиеся при выделении структур могут быть классифицированы на два типа: смешивание и фильтрация. В методике смешивания, ряд изображений одной области проводится в разное время, с различными частотами ультразвука, или в различных направлениях развертки. Они затем объединяются, для формирования составного изображения. Недостаток метода – уменьшение пространственной разрешающей способности. В методах фильтрации для подавления спекл-шума используются различные фильтры. Фильтры, разработанные главным образом для подавления аддитивного хаотического шума, мало эффективны в подавлении спекла, который может рассматриваться как своего рода мультипликативный шум. Также используются локальные адаптивные фильтры [2, 3]. Веса адаптивного

фильтра определяются из локальной статистики. Этот метод может достаточно эффективно подавить спекл. Однако он не в состоянии достаточно хорошо сохранять слабый и диффузный край на изображениях.

Использование вейвлет-преобразования [4, 5] позволяет разложить сигнал на высокочастотные и низкочастотные компоненты. В методах с преобразованием ультразвукового изображения в вейвлет область, компоненты в некоторых масштабах корректируются. После обратного вейвлет преобразования, получается изображение с подавленным шумом. Таким образом, можно, обработав полученные вейвлет-коэффициенты, эффективно удалить спекл-шумы и выделить границы структур на изображении [6, 7].

**Целью работы** является исследование применения вейвлет-преобразований для обработки и выявления структур на SWEI изображениях и разработка соответствующих методов.

**Реконструктивная обработка изображений.** Разработанный метод обработки ультразвукового изображения, состоит из двух этапов. На первом этапе производится вычисление функции представления изображения с использованием вейвлет-преобразования, далее выполняются алгоритмы улучшения изображения на полученных на первом этапе функциях. Вейвлет-анализ представляет собой особый тип линейного преобразования функций из некоторого достаточно широкого класса. Базис собственных функций, по которому проводится разложение, обладает многими специальными свойствами. Правильное применение этих свойств позволяет исследователю сконцентрировать внимание на тех или иных особенностях анализируемого процесса, которые не могут быть выявлены с помощью традиционно применяемых преобразований Фурье и Лапласа. Поскольку исходные изображения является двумерным дискретным сигналом, то к нему применимы двумерные дискретные вейвлет-преобразования. Один шаг двумерного вейвлет-преобразования выделяет одну низкочастотную и три высокочастотных компоненты исходного сигнала-изображения.

Согласно быстрому вейвлет-преобразованию исходная функция может быть представлена в виде ряда [5, 6]:

$$f(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} s_{j_n,k} \varphi_{j_n,k}(t) + \sum_{j=j_n}^{\infty} \sum_{k=-\infty}^{\infty} d_{j,k} \psi_{j,k}(t), \quad (1)$$

где семейство  $\{\varphi_{jk}\}$ ,  $\{\psi_{jk}\}$  представляет собой ортонормированный базис функционального пространства.

Итерационные формулы быстрого вейвлет-преобразования имеют вид:

$$S_{j+1,k} = \sum_m h_m S_{j,2k+m}, \quad d_{j+1,k} = \sum_m g_m S_{j,2k+m}, \quad S_{0,k} = \sum_m c_m f(k-m). \quad (2)$$

Коэффициенты  $h_m$ ,  $g_m$  вычисляются в зависимости от выбранного базиса вейвлет-преобразования. В нашем случае был взят вейвлет  $D^4$  из семейства ортонормальных вейвлетов Добеши с конечным носителем, т.е. имеем коэффициенты  $h_m$ ,  $g_m$ :

$$h_0 = \frac{1}{4\sqrt{2}}(1 + \sqrt{3}); h_1 = \frac{1}{4\sqrt{2}}(3 + \sqrt{3}); h_2 = \frac{1}{4\sqrt{2}}(3 - \sqrt{3}); h_3 = \frac{1}{4\sqrt{2}}(1 - \sqrt{3}), \quad (5)$$

$$g_k = (-1)^k h_{2m-1-k}. \quad (6)$$

На рис 1. приведен результат преобразования на тестовом изображении ткани.

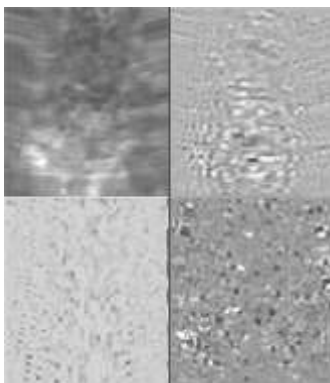


Рис 1. Один шаг прямого вейвлет-преобразования

Получив разложение по частотам, можно выполнять операции по подчеркиванию структур в изображении. Если, выполняя обратное вейвлет-преобразование, все вейвлет-коэффициенты одного или нескольких уровней детализации умножить на неотрицательное число, то можно изменить четкость изображения. Если число будет больше 1, то четкость возрастет, если меньше 1, то четкость понизится. Высокочастотные составляющие можно использовать для выделения перепадов, контуров изображения, участков резкой смены цвета или яркости и др. В нашем методе высокочастотные составляющие использовались для выявления контуров. Также до применения вейвлет-преобразования и внутри него выполнялись известные процедуры фильтрации изображения. На рис. 2 приведен результат обработки внутри вейвлет-преобразования. На полученном изображении отчетливо видны контуры уплотнения в ткани.

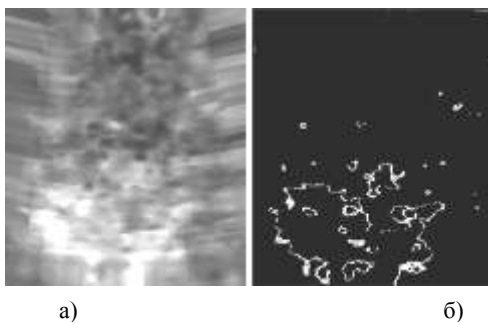


Рис 2. Обработка внутри вейвлет преобразования: а) исходное изображение; б) обработанное с выделением границ

В данной работе были рассмотрены различные последовательности применения процедур фильтрации данных и вейвлет-преобразований. Наиболее оптимальным оказалось применение процедуры фильтрации к исходному изображению медианным фильтром с последующим выделением границ внутри процедуры вейвлет-преобразования. Эффективность процедур оценивалась по коэффициенту корреляции с модельным изображением изучаемого объекта.

**Выводы и рекомендации.** В работе предложена процедура оконтуривания структур на ультразвуковых изображениях, полученных SWEI методом. Планируется разработка методов удаления спекл-шумов, основываясь на выделении структур шума с помощью вейвлет-преобразования.

**Список литературы:** 1. Sarvazyan A.P., Rudenko O.V and other. Shear wave elasticity imaging: a new ultrasonic technology of medical diagnostics, ultrasound med. biol. – 24 (9). – 1998. – P. 14–19. 2. Loupas T., McDicken W. N., and other. An adaptive weighted median filter for speckle suppression in medical ultrasonic images // IEEE Trans. Circuits Syst. – 1989.– Vol. 36. – P. 129–135. 3. Karaman M., Kutay M. A. and other. An adaptive speckle suppression filter for medical ultrasonic imaging // IEEE Trans. Med. Imag. – 1995. – Vol. 14. – P. 854–856. 4. Xiaohui Hao, Shangkai Gao and other. A novel multiscale nonlinear thresholding method for ultrasonic speckle suppressing // IEEE Transactions on Medical Imaging. – 1999. – Vol. 18. – N. 9. – P. 787–794. 5. Астафьева Н.М. Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения // УФН. – Т. 166. – № 11. – С. 1145–1170. 6. Дремин И.М., Иванов О.В., и др. Вейвлеты и их использование // УФН. – Т. 171. – № 5. – С. 465–499. 7. Поворознюк А.И., Гирных М.С. Реконструктивная обработка ультразвуковых изображений сдвиговых деформаций в неоднородных тканях. Системы обработки информации. – Х.: ХВУ. – 2004. – Вып.1. – С. 101–105. 8. Воробьев В.И., Грибунин В.Г. Теория и практика вейвлет-преобразования. – ВУС, 1999. – 204 с.

Поступила в редакцию 14.04.04