

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗА ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ СТРУКТУР ФАЦИЙ БИОЖИДКОСТИ

Заблоцкая Т.Ю., ассист.

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского

ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина

E-mail:zablotskaja_t@mail.ru

Рассматривается применение вейвлет-методов и алгоритмов для выявления структурных особенностей фаций биожидкостей, полученных методом клиновидной дегидратации, с целью создания системы автоматизированной медицинской диагностики.

Ключевые слова: вейвлет-анализ, фация, текстура, контур, частота, распознавание.

Введение. Метод клиновидной дегидратации биологических жидкостей (БЖ) можно отнести к передовым диагностическим методам, используемым современной медициной для диагностики различных заболеваний человека. Он отражает процесс самоорганизации компонентов БЖ и позволяет не только выявить патологии на ранней, доклинической, стадии, но и определить ряд параметров, имеющих важное диагностическое значение [1]. Выходным материалом для диагностического анализа является фация БЖ (сухая пленка дегидратированной капли), по характеру структурирования которой специалист определяет отсутствие или наличие патологии у пациента. Такой анализ проводится преимущественно путем визуального сравнения полученных структур с некими эталонами; количественные же оценки структур используются в единичных работах и затрагивают только отдельные зоны фации [2], т.е. не дают исчерпывающей информации о характере структурирования в целом. В то же время текстура изображений, как правило, является двухуровневой и состоит из распределенных пространственно структурных элементов (высший уровень) и их случайных флуктуаций (низший уровень), а также обладает рядом качественных признаков [3-4]. Кроме текстурных признаков, есть целый ряд других показателей, имеющих важное значение при распознавании изображений, и количественная характеристика этих данных позволила бы расширить возможности анализа образов при автоматизированной обработке изображений.

Цель работы. Оценка возможностей применения вейвлет-преобразований для распознавания структур фации БЖ.

Материал и результаты исследований. Цифровая обработка изображений имеет ряд неоспоримых преимуществ по сравнению с аналоговой, среди которых быстрота и точность получения данных, широкий спектр возможностей их представления и операций с ними, а также возможность количественной оценки параметров изображения и автоматического распознавания образов. Задача распознавания образов является одной из главных и заключается в классификации изображений на основе определенных критериев, при этом изображения, относящиеся к одному

классу образов, обладают относительно высокой степенью близости [5]. Этот процесс можно представить как отображение пространства признаков в пространство решений. При таком подходе распознавание образов включает две основные задачи:

- выделение отличительных признаков, группирование и упорядочивание;
- собственно классификация и представление результатов.

Существует множество алгоритмов цифровой обработки изображений, основанных на различных теоретических подходах, однако вопрос разработки эффективных и точных методов, дающих максимум полезной информации, по-прежнему актуален. Построение описания изображения на основе его представления по отличительным признакам представляет собой одну из наиболее сложных задач при разработке системы распознавания образов. При этом если процесс классификации удастся формализовать в рамках отдельных математических моделей, то выбор признаков по-прежнему происходит эвристически и зависит как от предметной области, так и от разработчика.

Для решения вышеназванных задач может быть применен вейвлет-анализ, являющийся на сегодняшний день наиболее перспективным и высокочувствительным методом частотного анализа различных сигналов, включая изображения [6, 7]. Основным преимуществом вейвлет-анализа, по сравнению с традиционно применяемыми подходами (Фурье-преобразованием, фрактальной обработкой и др.), является представление не только характерных частот (масштабов) сигнала, но и локальных пространственных координат, на которых эти частоты себя проявляют [8]. Это позволяет использовать вейвлеты для анализа существенно неоднородных в пространстве сигналов, каковыми в большинстве своем являются изображения.

В общем случае вейвлет-анализ сигнала помогает распознать и описать его скрытые характеристики, например, симметричность, частоту флуктуаций и сингулярностей, и позволяет оптимизировать такое описание по различным критериям, что значительно расширяет возможности классификации образов. Согласно вейвлет-преобразованию, любую функцию f из пространства $L^2(R)$ можно разложить на

некотором заданном уровне разрешения j_n в ряд вида:

$$f = \sum_k s_{j_n,k} j_{j_n,k} + \sum_{j \geq j_n,k} d_{j_n,k} y_{j_n,k}, \quad (1)$$

где первая сумма со скейлинг-функциями $j_{j,k}$ содержит средние значения функции f по диадным интервалам $[k2^j, (k+1)2^j]$ и отражает флуктуации функции f на данном интервале; вторая сумма показывает флуктуации на всех уровнях; j – параметр масштабирования [9].

Применение вейвлет-фильтра к функции исходного изображения дает последовательность изображений вида:

$$f^{(0)} \supset f^{(1)} \supset \dots \supset f^{(k)}, \quad (2)$$

где $f^{(0)}$ – исходное изображение;

$f^{(1)}, \dots, f^{(k)}$ – более «грубые» версии, полученные применением декомпозирующего вейвлет-фильтра h^* [8].

Полученные изображения отличаются друг от друга детализирующей компонентой d , дополняющей каждое последующее изображение до изображения предыдущего уровня:

$$d^{(i+1)} \bullet = f^{(i+1)} \bullet g^* = f^{(i+1)} - f^{(i)}, \quad (3)$$

где g^* – высокочастотный декомпозирующий фильтр.

При этом:

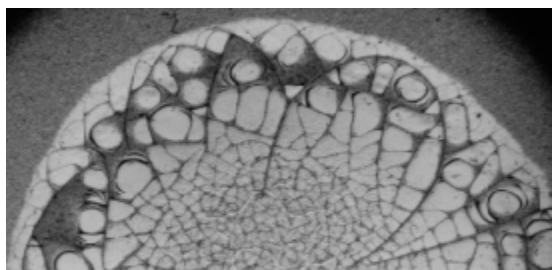
$$f^{(0)} = d^{(1)} + d^{(2)} + \dots + d^{(k-1)} + f^{(k)}. \quad (4)$$

Такой масштабированный набор изображений дает возможность более детального анализа исходного изображения, позволяет отойти от мелких и случайных деталей и лучше выявить основную структуру. Многомасштабное представление изображений позволяет отслеживать и анализировать изменения, происходящие на каждом следующем шаге преобразования, а рассмотрение структурных элементов, выделенных на разных масштабах представления изображения, позволяет составить целостную картину изображения и выбрать те данные для анализа, которые представляют наибольший интерес. Такие структурные элементы изображения, как контуры, сегменты, скелет (срединная ось), в основном несут в себе всю содержательную информацию об исходном изображении. В то же время они имеют намного более компактное вейвлет-представление и лучше подходят для анализа как автоматического (формальное описание структурных элементов параметрами заданных функций – для контура либо параметрами геометрического объекта – для сегмента), так и субъективного, по сравнению с исходным полутоновым изображением фации БЖ.

Анализ контуров и скелетов на разных масштабах позволяет выявить наиболее существенные признаки, характеризующие исследуемое изображение, и, в то же время, избавиться от рассмотрения второстепенных и случайных объектов. При этом кратномасштабное представление можно применять как для исходных изображений, так и для уже выделенных контуров и объектов, возможно совместное применение обоих подходов.

Чтобы оценить эффективность применения вейвлет-анализа для обработки фаций БЖ, необходимо проанализировать ее типовые структурные элементы. Для фаций БЖ характерно деление на зоны: центральная, переходная и периферийная [10], каждой из которых присущ свой набор структурных элементов в норме и патологии. Ширина и текстура зон, форма и текстура расположенных в них структурных элементов имеют диагностическое значение. При этом характер структур для пробы БЖ с определенной патологией имеет ряд существенных и устойчивых отличий (рис. 1), составляющих основу диагностики данного заболевания методом клиновидной дегидратации. Для сыворотки крови человека, фации которой представлены на рис. 1, такими отличительными особенностями будут:

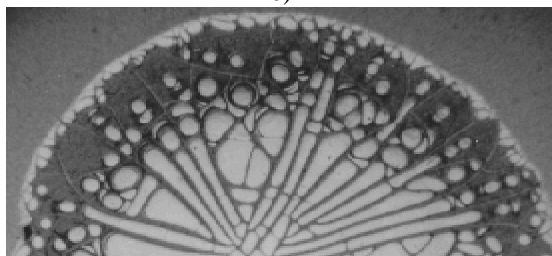
- нарушение контура или искажение петлевых линий в центральной зоне при патологии;
- изменение характера фона основной зоны;
- появление новых структурных элементов (кристаллические структуры, ячейки и ядра, С бляшки и морщины, спиральные трещины), в том числе обладающих фрактальными признаками (дендритные кристаллы, ковры Серпинского, языки Арнольда) [2, 11];



а)



б)



в)

Рисунок 1 – Характер структурирования фации сыворотки крови:
а, б – патология; в - норма

– учетом структурных особенностей фаций, особый интерес для применения вейвлет-анализа

представляют задачи выявления сингулярностей и частотных характеристик изображения, текстурных особенностей структур, размера и частоты их расположения. Для их решения вейвлет-анализ имеет широкий набор математических инструментов, из которых предстоит выбрать наиболее эффективные и оптимальные для обработки входного изображения. В общем виде алгоритм обработки можно представить в виде последовательности, показанной на рис. 2.



Рисунок 2 – Алгоритм обработки изображения с помощью вейвлет-преобразования

К предварительной обработке (рис. 2) можно отнести все процедуры по улучшению изображения (контрастирование, выравнивание, шумоподавление и т.п.). Выбор метода обработки определяется конкретной узкой задачей и для распознавания совокупности структур будет представлять собой оптимальную комбинацию методов, эффективных в каждом отдельном случае. Алгоритм анализа структур может включать в себя следующие этапы:

- получение кратномасштабных вейвлет-коэффициентов;
- вычисление энергетического спектра изображения;
- определение контуров зон фации;
- характеристика каждой зоны;
- контурная обработка: прослеживание структурных элементов фации;
- определение геометрических признаков структурных элементов;
- разбиение образа на сегменты и работа с фрагментами;
- анализ текстур.

Классификация текстур представляет собой отдельную объемную задачу при распознавании образов и не является приоритетной на данном этапе постановки задачи.

Выводы. Анализ основных характерных признаков фации БЖ позволяет выделить следующие структурные особенности:

- двухуровневую структуру, сочетающую низко- и высокочастотные компоненты;
- пространственную неоднородность изображения;
- деление на зоны, каждой из которых присущ свой характер структурного рисунка;
- наличие как периодических, так и непериодических структур;
- структурные элементы обладают отличительной формой, контуром, текстурой, оптической плотностью, расположением, фрактальной размерностью;
- изменение структурного рисунка (при отклонении от нормы) затрагивает все зоны фации.

Перечисленные признаки позволяют говорить о применимости вейвлет-анализа для распознавания структур фаций БЖ, что даст возможность проводить весь цикл обработки изображений от предварительного улучшения и до выделения структур, классификации образов, сжатия данных и т.д. без промежуточных преобразований, а также получить количественные характеристики структуры фаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шатохина С. М. Ранняя диагностика уролитиаза, определение степени его активности и состава камнеобразующих солей мочи (Система Литос) / С. М. Шатохина, В. Н. Шабалин // Урология и нефрология, 1998. - № 1. – С. 19-23.
2. Белова Л. М. Исследование конформационных изменений молекулы альбумина в различных условиях методом клиновидной дегидратации (сообщение I) / Л. М. Белова, Ю. П. Потехина // Нижегородский медицинский журнал, 2003. – № 3-4. – С. 8-12.
3. Харалик Р. М. Статистический и структурный подходы к описанию текстур / Р. М. Харалик // ТИИЭР, 1979. - №5. – С. 98-118.
4. Andre Galalowicz and Song De Ma. Sequential Synthesis of Natural Textures Computer Vision // Graphics and Image Processing, 1985. – №30. - P. 289-315.
5. Методы компьютерной обработки изображений / Под. ред. В. А. Сойфера. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 784 с.
6. Дьяконов В. П. От теории к практике. Вейвлеты / В. П. Дьяконов. – М.: СОЛОН-Р, 2002. – 448 с.
7. Чуи Ч. Введение в вейвлеты: Пер. с англ. / Чуи Ч. – М.: Мир, 2001. – 412 с.
8. Жизняков А. Л. Вейвлет-преобразование в обработке и анализе изображений / А. Л. Жизняков, Н. В. Вакунов – М.: Государственный научный центр Российской Федерации. – ВНИИ Геосистем, 2004. – 102 с.
9. Дремин И. М. Вейвлеты и их использование / И. М. Дремин, О. В. Иванов, В. А. Нечитайло // УФН, 2001. – № 171. – С. 465 – 501.

10. Елизаров А. И. Метод количественной оценки изображений с центральной симметрией на примере фаций биологических жидкостей / А. И. Елизаров, Т. Ю. Заблочкая // Вісник КДПУ, 2007. – Вип.1(42). – С. 8 - 13.

11. Тарасевич Ю. Ю. Качественный анализ закономерностей высыхания капли многокомпонентного раствора на твердой подложке / Ю. Ю. Тарасевич, Д. М. Православнова // ЖТФ, 2007. – Т. 77, вып. 2. – С. 17–21.

ЗАСТОСУВАННЯ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕННЯ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ СТРУКТУР ФАЦІЙ БІОРІДИНИ

Заблоцька Т.Ю., асист.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна

E-mail: zablotskaja_t@mail.ru

Розглядається застосування вейвлет-методів та алгоритмів щодо визначення структурних особливостей фацій біорідин, отриманих методом клиновидної дегідратації, з метою створення системи автоматизованого медичного діагностування.

Ключові слова: вейвлет-аналіз, фація, текстура, контур, частота, структурування.

THE VAWELET-APPLICATION FOR STRUCTURES IDENTIFYING OF BIOFLUID'S FACIES

Zablotskaja T.Y., assist.

Kremenchuk Mykhaylo Ostrohradskyi National University

vil. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine

E-mail: zablotskaja_t@mail.ru

The present article is concerned with the application of wavelet-transforms for structures identifying of biofluids' facies obtained by wedge-shaped dehydration method in order to develop the computer-aided health diagnostic system.

Key words: wavelet-analyses, facies, texture, shape, frequency function, structuring.