

А.М. Ахметшин, А.А. Степаненко

СЕГМЕНТАЦИЯ СЛАБОКОНТРАСТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ МЕТОДОМ ЛОКАЛЬНОГО ХАРТЛИ–ОТОБРАЖЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЯРКОСТЕЙ

Аннотация. Предложен новый метод многопараметровой обработки слабоконтрастных изображений, направленный на обеспечение повышения чувствительности и устойчивости выделения визуально неразличимых участков потенциального интереса.

Ключевые слова: слабоконтрастные изображения, преобразование Хартли, чувствительность, сегментация, многопараметровый анализ.

Постановка проблемы. Одной из актуальных и наиболее сложных проблем в области компьютерного зрения, является анализ слабоконтрастных изображений с визуально неразличимыми участками (объектами) потенциального интереса [1]. Сложность решения этой проблемы обусловлена взаимодействием трех основных факторов:

- как правило, ничего не известно о числе, форме, размерах и местоположении объектов потенциального интереса;
- не известны статистические и спектральные характеристики фонового распределения яркостей;
- не известны характеристики системы формирования анализируемого изображения.

Все это диктует необходимость использования нескольких различных методов, для повышения надежности и достоверности анализа подобных изображений [2].

В работе [3] был предложен метод резонансно–пространственного отображения (МРПО), обеспечивающий высокую чувствительность сегментации слабоконтрастных участков и стабильность к влиянию фоновых помех.

Суть МРПО базируется на следующих предположениях:

- используется скользящая рамка размером $(L * L)$ вдоль апертуры анализируемого изображения;

– яркостные отсчеты " b_i " рассматриваются в виде коэффициентов виртуального цифрового рекурсивного фильтра с системной функцией вида

$$H_{(x,y)}(z) = \frac{1}{1 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2} + \dots + b_N z^{-N}}, \quad (1)$$

где z^{-i} – оператор z – преобразования;

– системная функция цифрового фильтра $H(z)$ характеризуется его амплитудно-частотной $|H_{(x,y)}(f)|$ (АЧХ) и фазо-частотной $\Psi_{(x,y)}(f)$ (ФЧХ) характеристиками, вычисляемыми для 256 частот, по числу градаций серого на экране монитора ПК;

– синтезируются два новых изображения, соответствующих частоте и амплитуде максимума $|H_{(x,y)}(f)|$.

Например, если в окрестности точки (x, y) распределение яркостей имеет вид $b_i = [0.50 \ 0.60 \ 0.30 \ 0.40 \ 0.51 \ 0.57 \ 0.33 \ 0.29 \ 0.31]$, то АЧХ и ФЧХ виртуального фильтра имеют вид (рис.1).

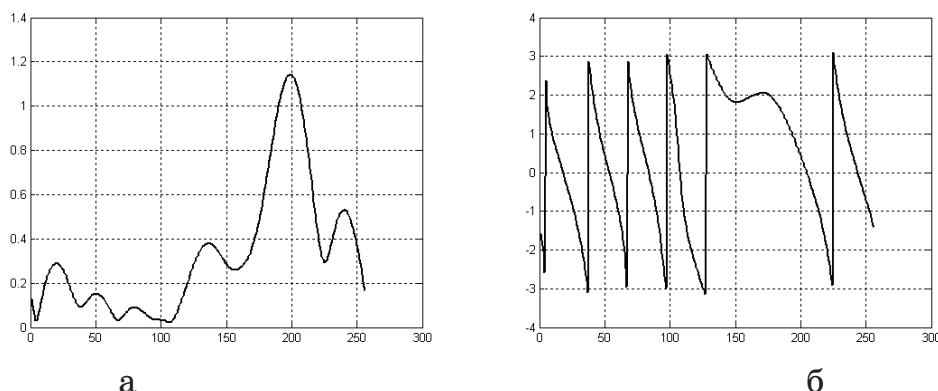


Рисунок 1 - АЧХ (а) и ФЧХ (б) виртуального цифрового фильтра с коэффициентами b_i

На рис. 2 представлены результаты МРПО применительно к анализу изображения гравитационного поля участка Земной поверхности.

Рассмотрение рис. 2 позволяет заключить, что МРПО позволил сегментировать несколько потенциально аномальных участков, неразличимых на исходном изображении.

Однако, рассмотренному варианту МРПО присущ тот недостаток, что синтез производится лишь на основе АЧХ фильтра $|H_{(x,y)}(f)|$, т.е. фазо-частотная характеристика $\Psi_{(x,y)}(f)$ не используется, что не

позволяет реализовать полностью весь информационный потенциал МРПО. Последнее обусловлено тем обстоятельством, что, как это видно из рассмотрения рис. 1 б, ФЧХ имеет разрывный характер в пределах $[\pi \div -\pi]$, а это не позволяет выделить на ней экстремальные точки.

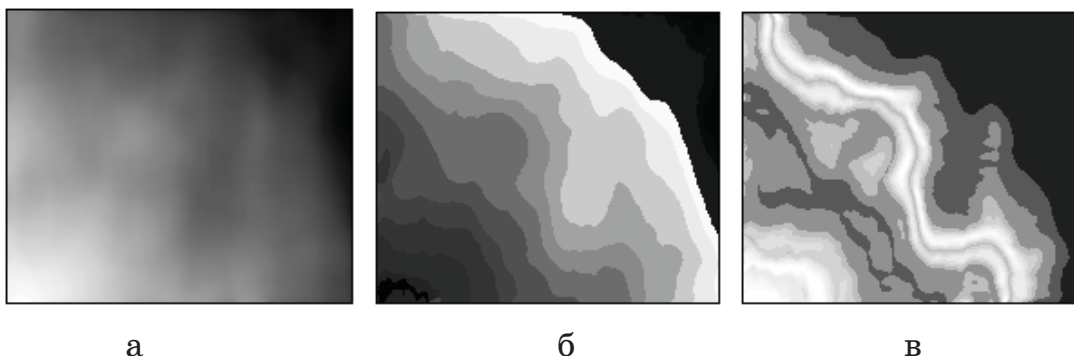


Рисунок 2 - Сегментация изображения гравитационного поля на основе МРПО:

а – оригинал; б – частота $\max |H(f)|$; в – амплитуда $\max |H(f)|$

Целью работы является развитие информационных возможностей МРПО слабоконтрастных изображений на основе дополнительного использования фазовой информации, заложенной в системной характеристике виртуального цифрового фильтра $H(z)$.

Основная часть. Для решения «фазовой проблемы» использования известного варианта МРПО необходимо найти такое преобразование вектора « b », которое бы обеспечивало его трансформацию к непрерывной функции, с информативной точки зрения сочетающей основные особенности, свойственные АЧХ и ФЧХ и преобразования Фурье $V(f)$ произвольной функции $v(x)$

$$V(f) = |V(f)|e^{j\Phi(f)} = \int_{-\infty}^{\infty} v(x)e^{-j2\pi fx} dx. \quad (2)$$

С математической точки зрения преобразование Фурье обеспечивает переход от функции действительной переменной, к функции комплексной переменной.

В 1942 г. было введено преобразование Хартли (ПХ), имеющее вид [4]

$$\Omega(f) = \int_{-\infty}^{\infty} v(x) \operatorname{cas} 2\pi fx dx; \quad v(x) = \int_{-\infty}^{\infty} \Omega(f) \operatorname{cas} 2\pi f x df, \quad (3)$$

где

$$\cos 2\pi f x = \cos 2\pi f x + \sin 2\pi f x. \quad (4)$$

В (3) $\Omega(f)$ рассматривается как прямое преобразование Хартли (ППХ), а $v(x)$ – как обратное преобразование Хартли (ОПХ).

Из сопоставления (2) и (3) вытекает отсутствие существенных отличий (с математической точки зрения) преобразования Хартли от преобразования Фурье.

Однако, с практической точки зрения, эти отличия являются весьма существенными.

1. Функция $\Omega(f)$ является вещественной, в отличие от комплексной функции $V(f)$.

2. Обратное преобразование Хартли требует точно такой же процедуры интегрирования, как и прямое преобразование.

3. ППХ (функция $\Omega(f)$) для всех встречающихся на практике зависимостей $v(x)$ (за исключением, чисто теоретического случая, обобщенных функций) является непрерывным и знакопеременным (рис. 3).

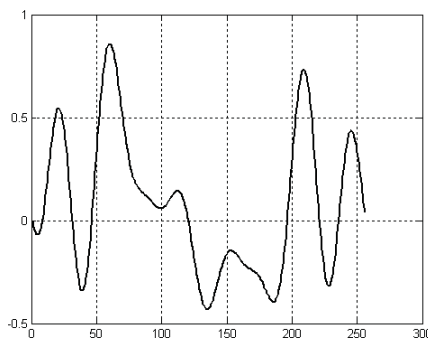


Рисунок 3 - Преобразование Хартли для данных, представленных на рис.1

4. В зависимости $\Omega(f)$ заложена информация об особенностях как АЧХ, так и ФЧХ характеристик виртуального цифрового фильтра $H(z)$.

Из последнего следует, что реализация МРПО возможна на основе отображения параметров резонансных точек (max–min) зависимости $\Omega(f)$, что увеличивает пространство информативных признаков в два раза, по сравнению с известным вариантом МРПО.

На рис. 4 представлены характеристики Хартли отображения для изображения гравитационного поля на рис. 2 а.

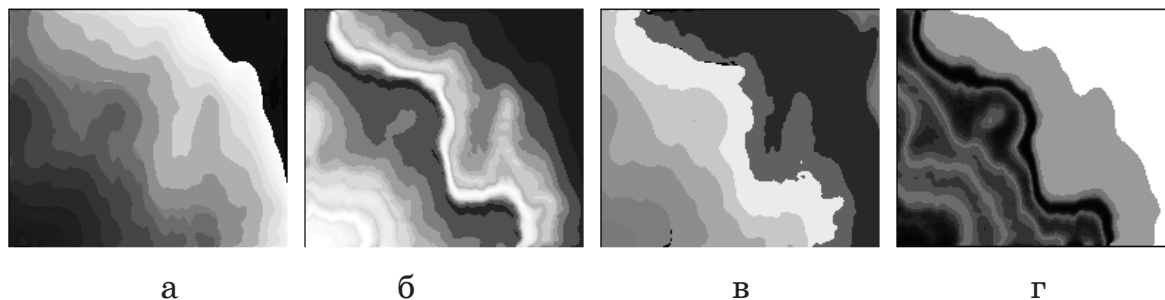


Рисунок 4 - Характеристики Хартли-отображения для изображения гравитационного поля: а – $\Omega(f_{\max})$; б – $|\Omega(f_{\max})|$; в – $\Omega(f_{\min})$; г – $|\Omega(f_{\min})|$

Из сопоставления рис. 2 с результатами представленными на рис. 4 следует, что новый метод позволяет выделить ряд деталей (рис. 4 г) невидимых на рис. 2. Последнее свидетельствует о более высокой чувствительности предложенного метода, поскольку здесь учитывается фазовая информация.

На рис. 5 а представлено медицинское радиологическое изображение, представляющее собой классический вариант слабоконтрастного изображения (где расположена область потенциального интереса?).

На рис. 5 представлены характеристики Хартли отображения, соответствующие максимумам зависимости $\Omega(f)$.

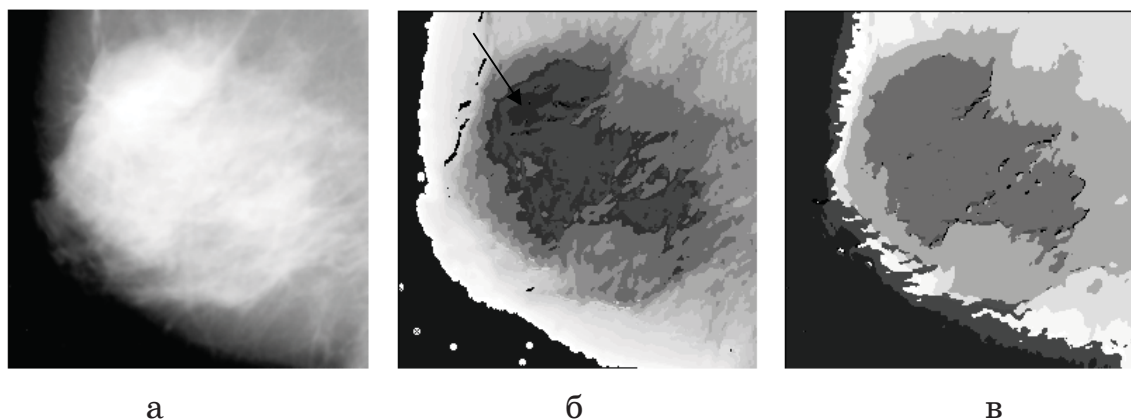


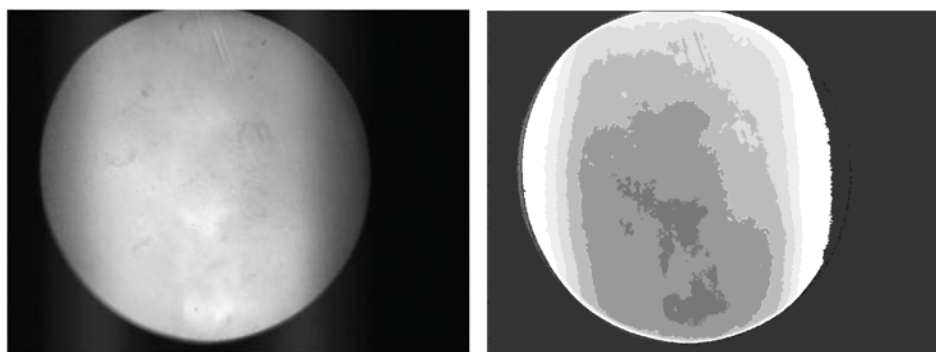
Рисунок 5 - Медицинское радиологическое изображение:

а – оригинал; б – $\Omega(f_{\max})$; в – $|\Omega(f_{\max})|$

На рис. 5 в сегментировалась область потенциального интереса, а на рис. 5 б выделилась более детализованная область (указана стрелкой).

На рис. 6 а представлен образец инфракрасного изображения, характеризующего турбулентность сверхзвукового воздушного потока

протекающего между двумя близко расположенными алюминиевыми панелями.



а

б

Рисунок 6 - Инфракрасное изображение воздушного потока:

а – оригинал; б – $\Omega(f_{\max})$

Из рассмотрения рис. 6 б видно, что Хартли отображение соответствующее частоте максимума зависимости $\Omega(f)$ позволило сегментировать две области возможного турбулентного срыва течения воздушного потока.

Выводы.

1. Использование интегрального преобразования Хартли позволяет повысить информативность, чувствительность и достоверность процедуры сегментации слабоконтрастных изображений различной физической природы в рамках общей методологии МРПО.

2. Повышение информативных возможностей МРПО на основе использования интегрально отображения Хартли пространственного распределения яркостей анализируемого изображения основывается на том факте, что характеристика $\Omega(f)$ аккумулирует все особенности, присущие АЧХ и ФЧХ преобразования Фурье, при этом являясь действительной и непрерывной, что позволяет использовать не только параметры максимума (резонанс) функции $\Omega(f)$, но и параметры минимума (антирезонанс) функции $\Omega(f)$.

3. Предложенный вариант повышения информационных возможностей МРПО имеет значительный потенциал его дальнейшего развития.

ЛИТЕРАТУРА

1. Форсайт Д., Понс Ж. Компьютерное зрение: современный подход / Форсайт Д., Понс Ж.; [пер. с англ. А.В. Назаренко, И.Ю. Дорошенко]. – М.: Вильямс, 2004. – 926 с.
2. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Гонсалес Р., Вудс Р.; [пер. с англ. под ред. П.А.Чочиа]. – М.: Техносфера, 2006. – 1070 с.
3. Ахметшин А.М. Повышение чувствительности анализа низкоконтрастных изображений на основе метода резонансно-пространственного отображения / Ахметшин А.М., Ахметшина Л.Г. // Вестник ХГТУ. 2003. – №19.– С. 14- 17.
4. Брейсуэлл Р. Преобразование Хартли / Брейсуэлл Р.; [пер. с англ. А.И. Папкина]. – М.: Мир, 1990. – 173 с.

Получено 16.01.2011г.