

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МЕТОДИКА ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ

Кадена Л.Л.,

научный руководитель д-р техн. наук Симонов К. В.

Сибирский федеральный университет

В работе представлен краткий обзор основных понятий шиарлет-преобразования пространственных данных наблюдений. Показаны возможности нового подхода для геометрического анализа сложных изображений. Приведены элементы вычислительной методики анализа пространственных данных наблюдений на основе шиарлет-преобразования.

Проблеме разделения изображения на морфологически различные составляющие в последнее время уделяют много внимания в научной среде в связи с её значимостью для важных приложений. Успешные методики для эффективного и точного решения этой задачи могут быть в действительности быть применены к гораздо более широкому кругу областей, в том числе к визуализации медицинских изображений для целей диагностики сложных явлений.

В данном исследовании представлен краткий обзор возможностей использования для решения задач диагностики и принятия решений шиарлет-преобразование (сдвиговое) пространственных данных наблюдений (изображений). Шиарлеты стали частью обширной исследовательской деятельности в течение последних лет для того, чтобы создать новый инструмент для анализа и обработки массивов многомерных данных, которые выходят за рамки традиционного Фурье и вейвлет-анализа [1–7].

Отметим, что хотя проблема разделения морфологических отличительных черт кажется неразрешимой (она неопределенна), так как имеем только одни известные данные (изображения) и два или более неизвестных (текстура), в последние годы проведены обширные исследования на эту тему.

В монографии [8] положено начало разработке метода разложения изображений, в частности, с применением вариационных методов. Несколько лет спустя, в работе [9] предложен «морфологический анализ компонентов», где показано, что задача разложения может быть разрешима, если есть информация о типе особенностей, которые должны быть извлечены при условии, что морфологические различия между ними достаточно сильны.

Для разделения точки и криволинейной особенности теоретически доказано в [2], что ℓ_1 -минимизация решает эту задачу со сколь угодно высокой точностью, предлагая комбинированный набор вейвлетов и кёрвлетов. Вейвлеты обеспечивают оптимально редкое разложение для точечных структур, а кёрвлеты обеспечивают оптимально редкое разложение для криволинейных структур. Следовательно, ℓ_1 -минимизация, применяемая к разложению коэффициентов исходного изображения, преобразует точечные структуры в вейвлеты, а криволинейные структуры в кёрвлеты, таким образом, автоматически разделяя изображение.

Сравнительно недавно появилась новая система представлений, так называемая шиарлет-система (преобразование), она обеспечивает единую обработку непрерывных моделей (изображений), а также цифровых моделей [10–12]. Шиарлет-системы – это системы преобразований, порожденные параболическим масштабированием, сдвигом и оператором параллельного переноса к исходным пространственным данным наблюдений.

Это те же вейвлет-системы, имеющие двоичное масштабирование и параллельный перенос функции, однако также включающие в себя характеристику направленности, имея дополнительную «сдвиговую» операцию (анизотропное масштабирование). Эта операция, фактически, дает более удобный подход для анализа направлений, обеспечивая тем самым единую обработку данных, дискретных и непрерывных областей изучаемого изображения [1].

Таким образом, шиарлет является функцией, которая похожа на вейвлет вдоль одной оси и выпукла по другой оси. Шиарлет-преобразование требуют комбинации следующих операторов: оператор масштабирования для создания элементов в различных масштабах; ортогональный оператор, чтобы изменить направление; оператор переноса для перемещения этих элементов в 2D плоскости.

В большинстве многомерных задач важные особенности изучаемых данных сосредоточены в многообразиях малых размерностей. Например, при обработке изображений край – это одномерная кривая, на которой интенсивность изображения резко меняется. В последнее время новый подход – система шиарлетов [11–12] предоставила эффективные инструменты для анализа внутренних геометрических черт пространственного сигнала, использующие анизотропные и направленные оконные функции.

При таком подходе, направленность достигается за счет применения целых степеней матриц сдвига, а эти операции сохраняют структуру целочисленной решетки, что имеет решающее значение для цифровой реализации. По сути это ключевая идея приводит к единому анализу, как в непрерывной, так и в дискретной области, обеспечивая при этом оптимально редкие приближения анизотропных характеристик.

Как уже упоминалось, шиарлет-системы порождены параболическим масштабированием, сдвигом и оператором параллельного переноса, примененным к исходной пространственной функции (изображению). В работе [10–12] предоставлено описание теории шиарлет-систем с компактным носителем, то есть систем с отличным пространственным расположением.

Следует также отметить, в [11] показано, что большой класс шиарлет-систем с компактным носителем обеспечивает оптимально редкое приближение изображений, управляемое криволинейными структурами. Для шиарлет-преобразования используется дискретное шиарлет-преобразование, реализованное с помощью 2D-свертки с дискретизированными шиарлетами с компактным носителем, алгоритмы представлены в работе [11].

Автором разработана вычислительная методика, позволяющая решать задачу обработки сложных медицинских изображений на основе шиарлет-преобразования (рис. 1). Далее приведены результаты обработки данных диагностики уролитиаза в рамках среды Матлаб (рис. 2). В настоящее время методика тестируется на пространственно-временных рядах данных наблюдений различных сложных явлений и процессов. Методика состоит из несколько этапов:

- *подготовительное*, исходное изображение форматируется под расчетный шаблон и намечается последовательность расчетных процедур для наиболее оптимального решения поставленной задачи;
- *запуск и настройка* алгоритмического обеспечения в *shearletlab*, выбор конкретного алгоритма для поставленной задачи;
- *загрузка и обработка исходных изображений* для различных расчетных условий в соответствии с поставленной задачей;
- *анализ* получаемых расчетных изображений в результате шиарлет-преобразования, контрастирование изображения, в итоге получаем атлас расчетных изображений с интерпретацией изучаемого явления.

На рисунке 2 представлен пример обработки сложных медицинских изображений на основе разработанной вычислительной методики.

```
Editor - D:\ShearLab-PPFT-1.0\ShearLab-PPFT-1.0\Demos\DenoiseDemo1.m
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
Stack: Base
- 1.0 + ÷ 1.1 x
This file uses Cell Mode. For information, see the rapid_code iteration video, the publishing video, or help.
1 %% DENOISEDEMO
2 % denoising demo using shearlets
3 %
4 %% Description
5 % Denoising demo using shearlet transform
6 %% Examples
7 %
8 %% See also SHEARLETTRANSFORM, GENERATEW, ADJSHEARLETTRANSFORM,
9 %% IIVSHEARLETTRANSFORM, DSHDEN
10 %
11 %% Copyright
12 % Copyright (C) 2011. Xiaosheng Zhuang, University of Osnabrueck
13 %
14
15 -
16 -
17 -
18
19 %% Reading image
20 % 1. image bridge
21 % img = imread('bridge.jpg');
22 % img = img(89:600,1:512,:);
23 % 2. image barbara
24 -
25 -
26 -
27 -
28 -
29 -
30 -
img = imread('barbara.gif');
img1 = double(img(:,:,1));
%img = rgb2gray(img);
%img = im2double(img);
%img1 = img1(1:2:512,1:2:512);
%imshow(uint8(img1));
% size(img1)
script Ln 24 Col 30 OVR
```

Рисунок 1 – Вид соответствующих окон для выполнения расчетов.



а) оригинал



б) обработано шиарлетом

Рисунок 2 – Пример шиарлет-преобразования для изучаемого изображения.

Выводы. Шиарлет–преобразование позволяет работать с криволинейными сингулярностями, учитывать анизотропные свойства исследуемой среды, причем математический аппарат, применяемый для анализа сложных сигналов тот же для различных физических сред и моделей.

Шиарлет-преобразование применимо для фиксации регулярности изображения в анизотропных средах, учитывает масштаб, пространство и направление. Шиарлет-преобразование эффективный инструмент для анализа внутренних геометрических черт изображения, использующий анизотропные и направленные оконные функции.

В среде Матлаб, на основе разработанной методики, показаны возможности шиарлет-преобразования медицинских изображений для анализа сложных явлений в изучаемой предметной области.

Литература

1. E. J. Candes and D. L. Donoho, New tight frames of curvelets and optimal representations of objects with piecewise C^2 singularities, *Comm. Pure and Appl. Math.* 56 (2004), 216–266.
2. D. L. Donoho and G. Kutyniok, Geometric Separation using a Wavelet-Shearlet Dictionary, *SampTA'09 (Marseille, France, 2009), Proc.*, 2009.
3. M. N. Do and M. Vetterli, The contourlet transform: An efficient directional multiresolution image representation, *IEEE Trans. Image Process.* 14 (2005), 2091–2106.
4. D. L. Donoho, A. Maleki, M. Shahram, V. Stodden, and I. Ur-Rahman, Fifteen years of reproducible research in computational harmonic analysis, *Comput. Sci. Engrg.* 11 (2009), 8–18.
5. M. Elad, *Sparse and redundant representations*, Springer, New York, 2010.
6. M.J. Fadilli, J. –L Starck, M. Elad, and D. L. Donoho, MCA Lab: Reproducible research in signal and image decomposition and inpainting, *IEEE Comput. Sci. Eng. Mag.* 12 (2010), 44–63.
7. S. Mallat, *A wavelet tour of signal processing*, Academic Press, Inc., San Diego, CA, 1998.
8. Y. Meyer, *Oscillating Patterns in Image processing and nonlinear evolution equations*, University Lecture Series, Amer. Math. Soc. 22 (2002).
9. J. –L Starck, M. Elad, and D. Donoho, Image decomposition via the combination of sparse representation and a variational approach, *IEEE Trans. Image Proc.* 14(2005), 1570–1582.
10. D. Labate, W.-Q Lim, G. Kutyniok, and G. Weiss. Sparse multidimensional representation using shearlets, in *Wavelets XI*, edited by M. Papadakis, A. F. Laine, and M. A. Unser, *SPIE Proc.*, 5914, SPIE, Bellingham, WA, 2005, 254–262.
11. W. – Q Lim, The discrete shearlet transform: A new directional transform and compactly supported shearlet frames, *IEEE Trans. Image Proc.* 19 (2010), 1166–1180.
12. K. Guo, G. Kutyniok, and D. Labate, Sparse multidimensional representations using anisotropic dilation and shear operators, *Wavelets and Splines (Athens, GA, 2005)*, Nashboro Press, Nashville, TN, 2006, 189–201.