

ВОЗМОЖНОСТИ МНОГОМАСШТАБНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В ЗАДАЧАХ ФИЛЬТРАЦИИ ОСОБЕННОСТЕЙ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Пугин Е.В.¹, Фомин А.А.¹

¹Муромский институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых», Муром, Владимирская область, Россия (602264, Муром, ул. Орловская, 23), e-mail: sapres@mivlgu.ru

При классификации объектов, а также в задачах распознавания часто требуется точное определение характеристик объектов изображения. Для этого необходимо точно выделять исходные объекты на изображении, что решается в задачах фильтрации изображений. Статья описывает применение многомасштабных методов обработки для выделения объектов на изображениях. Данные методы позволяют проводить анализ характеристик объектов на множестве уровней разложения, при смене которых свойства разных объектов могут проявляться более отчётливо. Предлагаются методы фильтрации особенностей на основе сепарабельного и непрерывного вейвлет-преобразований. Наряду с выделением особенностей объектов рассматривается задача определения связей между объектами и отнесения их к некоторой группе. Даны определения группы объектов, одиночного объекта и фильтрации групповых объектов. Показано, что в случае большого числа объектов на изображении фильтрация элементарных объектов может быть затруднена, и следует проводить анализ групп объектов. В заключение рассмотрены некоторые критерии отнесения элементарных объектов к группе.

Ключевые слова: многомасштабная обработка, фильтрация изображений, вейвлет-преобразование, признаки изображений.

POSSIBILITIES OF MULTISCALE TRANSFORMS IN IMAGE FEATURES FILTRATION PROBLEMS

Pugin E.V.¹, Fomin A.A.¹

¹Murom Institute (branch) of Vladimir State University n.a. A.G. and N.G. Stoletovs, Murom, Vladimirskaya reg., Russia (602264, Murom, street Orlovskaya, 23), e-mail: sapres@mivlgu.ru

In the classification or recognition often it is required to get a precise definition of the features of objects in the image. To do this, we need precisely select the original objects in the image, which can be solved using an image filtering. This article describes the use of multiscale processing techniques for selecting objects in the images. These methods allow to analyze the features of the objects at multiple levels of decomposition, when the properties of different objects may be calculated more clearly. The article presents the methods of filtering features based on separable and continuous wavelet transforms. Along with the selection of the features of objects the problem of determining relationships between objects and assigning them to a group is considered. Definitions of a group of objects, a single object and filtering group objects are given. It is shown that in case of a large number of objects in the image filtering elementary objects can be difficult, and object groups should be analyzed. Finally, we consider some of the criteria of assigning of the elementary objects to the group.

Keywords: multiscale processing, image filtering, wavelet transform, image features.

Одним из значимых приложений методов цифровой фильтрации является решение задач выделения особенностей, расчета характеристик и определения параметров изображений. Часто на основе признаков и атрибутов изображений решаются задачи более высокого уровня, например, задачи распознавания [9, 10]. При этом требуется высокая точность выделения объектов интереса β на изображении для точного определения их характеристик и формирования векторов признаков α , часто являющиеся исходными данными в процедурах идентификации и классификации [5, 7, 8]. В этой связи актуальными остаются задачи разработки алгоритмов фильтрации объектов изображений [2–4].

При выделении объектов β изображений эффективными являются методы много-масштабной обработки, позволяющие анализировать характеристики α этих объектов на множестве уровней разложения j , при смене которых свойства разных объектов могут проявляться более отчетливо [3].

Объекты изображений с точки зрения распределения функции яркости можно трактовать как локальные неоднородности (особенности) двумерных сигналов. Удобным математическим инструментом выделения локальных особенностей сигналов и их анализа является непрерывное вейвлет-преобразование, обладающее также всеми преимуществами много-масштабной обработки.

Возможность использования непрерывного вейвлет-преобразования для выделения объектов обусловлена тем свойством, что при сопоставимых размерах особенности и фильтра амплитуда вейвлета, соответствующего области особенности, будет стремиться к максимуму. Это свойство действительно как для одномерных, так и для двумерных вейвлетов.

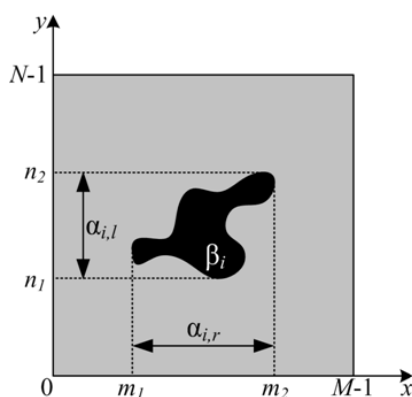


Рис. 1. Пример особенности изображения, обладающей анизотропными характеристиками

Поскольку локальные особенности β_i изображений являются двумерными, то очевидно, что они могут обладать анизотропными характеристиками $\alpha_{i,k}$, например, размеры неоднородности по каждому из направлений просмотра изображения могут существенно различаться (рис. 1).

В этом случае для фильтрации особенностей целесообразно использовать сепарабельное вейвлет-преобразование, реализуемое на основе:

$$W_c(c[n], s) \equiv W_c[s, t] = \frac{1}{\sqrt{s}} \sum_{n=-\infty}^{\infty} c[n] \int_n^{n+1} \psi\left(\frac{x-t}{s}\right) dx$$

отдельно по строкам $c_n[m] = f[n, m]$ и столбцам $c_m[n] = f[n, m]$ изображения $f[n, m]$.

При этом, фильтрация каждой особенности будет заключаться в фильтрации особенностей

одномерных сигналов $c[\bullet]$, соответствующих строкам или столбцам изображения, на которых эти особенности проявляются.

Такая постановка задачи, очевидно, позволяет разрабатывать алгоритмы фильтрации с выбором масштабирующего коэффициента s адаптивно к размеру поперечного сечения особенности β_i в заданной точке и направлении.

Другим возможным подходом к фильтрации подобных особенностей является использование двумерного непрерывного вейвлет-преобразования вида:

$$W_c(f[n,m],s_1,s_2) = f * \Psi, \quad \Psi = \frac{1}{\sqrt{s_1 s_2}} \Psi_0 \left[\frac{1}{\mathbf{R}_\Theta} \begin{bmatrix} -n \\ -m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \end{bmatrix} \right].$$

Одним из возможных вариантов используемого при этом вейвлета Ψ может служить вторая производная функции Гаусса (так называемый вейвлет «мексиканская шляпа»), обобщенная на двумерный случай [1]:

$$\Psi[n,m] = \frac{-1}{2\sqrt{s_1 s_2}} \left(h[n,m]^2 - 2 \right) e^{\frac{-h[n,m]^2}{2}}, \quad (1)$$

где $h[n,m] = \sqrt{\left[\frac{n-t_1}{s_1} \right]^2 + \left[\frac{m-t_2}{s_2} \right]^2}$, с возможностью поворота вейвлета на угол Θ , т.е.

$$\Psi[n,m,\Theta] = \Psi[n \cos \Theta - m \sin \Theta, n \sin \Theta + m \cos \Theta].$$

Из (1) следует, что возможно задание двух различных масштабирующих коэффициентов s_1, s_2 , что приводит к различной степени сжатия вейвлета Ψ по двум осям (рис. 2).

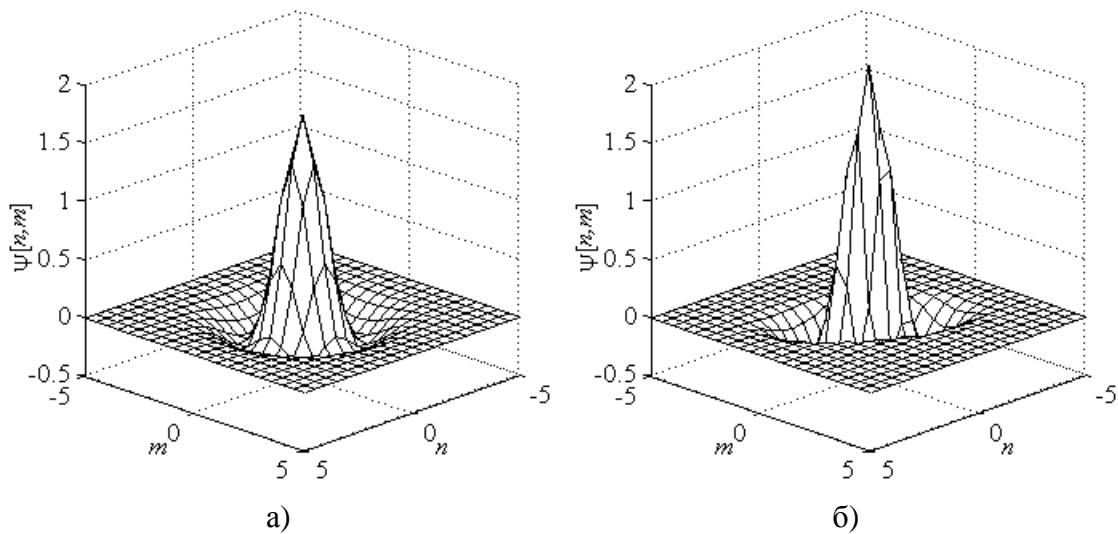


Рис. 2. Аналоги вейвлета «мексиканская шляпа» для двумерного случая

при: а – $s_1 = 1, s_2 = 1, \Theta = 0^0$; б – $s_1 = 1, s_2 = 0.5, \Theta = 30^0$

Тогда, очевидно, что, используя вейвлет вида (1), возможна фильтрация особенностей с различными размерами по двум направлениям, которые могут быть заданы углом поворота вейвлета.

Фильтрация особенностей изображений – задача важная, возникающая во многих приложениях цифровой обработки. Наряду с задачами определения характеристик α выделяемых объектов β , например, в задачах распознавания, интерес представляет задача определения некоторых связей (топологических, пространственных и др.) между объектами изображения и их отнесения к некоторой группе объектов β_i^{gr} , на основе анализа полученных зависимостей.

Определение 1. Группой объектов β_i^{gr} или групповым объектом назовем множество объектов β_i изображения, обладающих схожими характеристиками $\alpha_{i,k}$ или расположенных на незначительном удалении друг от друга.

Определение 2. Одиночный объект β_i , входящий в некоторую группу объектов β_i^{gr} , назовем элементарным объектом или символом.

Таким образом, возникает задача фильтрации групповых объектов изображений, состоящих их множества элементарных объектов или символов β_i [4, 6], т.е. $\beta_i^{gr} = \{\beta_i\}$, $i \in \mathbf{Z}$.

При обработке изображений групповых объектов часто необходимо получать и анализировать характеристики группы образов в целом, а не отдельных элементарных объектов. При этом необходимо определить, какие элементарные объекты β_i принадлежат той или иной группе β_i^{gr} . Единого критерия отнесения элементарного объекта изображения к групповому не существует. Для каждой задачи формируется свой параметр. Принадлежность элементарного объекта групповому может быть определена на основе вычисления некоторого набора характеристик элементарных символов. При этом возможны два варианта решения задачи: определение характеристик элементарных объектов и сравнение их с некоторыми пороговыми значениями или же использование некоторого оператора классификации $G(\beta)$, не учитывающего характеристики отдельных элементарных символов β_i , но относящего их к какой-либо группе объектов β_i^{gr} , т.е. $\beta_i^{gr} = G(\beta)$, $\beta = (\beta_i)$, $i, l \in \mathbf{Z}$.

Определение 3. Под фильтрацией групповых объектов, в данном случае, будем понимать реализацию некоторого оператора $G(\beta)$, относящего каждый элементарный объект β_i некоторого множества β к определенной группе объектов β_i^{gr} и формирующего соответствующее представление каждой группы для последующего анализа и решения задач обра-

ботки изображений.

Использование операторов, не учитывающих характеристики элементарных символов, при анализе изображений естественных объектов более предпочтительно. Это обусловлено следующей причиной. Естественные образы чаще всего обладают уникальными характеристиками, поэтому задача отнесения элементарного объекта β_i к некоторой группе β_i^{gr} затрудняется необходимостью анализа множества признаков α каждого такого объекта. Другими словами эта задача сводится к задаче классификации элементарных символов. Использование оператора классификации $G(\beta)$ позволяет рассматривать характеристики всего изображения $f[n, m]$ и на основе их анализа относить каждый элементарный объект к определенному групповому, т.е. $G(f[n, m]) \equiv G(\beta)$. При этом отпадает необходимость в анализе уникальных признаков элементарных символов и выполнении сложных операций их классификации.

Возможным критерием отнесения элементарных символов β_i к групповому объекту β_i^{gr} является их пространственное расположение и максимальное расстояние между каждой парой соседних элементарных объектов.

Очевидным решением этой задачи является определение расстояний между парами соседних объектов и сравнение полученных расстояний с пороговым значением. Недостатком данного подхода является необходимость расчета характеристик α каждого объекта β_i изображения (например, центра тяжести и расстояния между центрами тяжести пар объектов), кроме того, необходимо определить какие объекты изображения являются соседними. При достаточно большом количестве объектов $\beta_{i \rightarrow \infty}$ на изображении эта задача является весьма трудоемкой. Поэтому более предпочтительным является использование подхода, не использующего для классификации характеристики элементарных объектов.

Возможным путем решения этой задачи также может служить использование вейвлет-преобразований. Поскольку анализ амплитуд вейвлетов Ψ позволяет обнаруживать одиночные локальные неоднородности β_i изображений, то вероятно, что при увеличении масштабирующего коэффициента s вейвлет-преобразования на некоторую величину, максимумы амплитуд вейвлетов будут соответствовать областям изображения, содержащим группы β_i^{gr} элементарных объектов β_i . Тогда для успешного решения задачи фильтрации групповых объектов, необходимо проведение анализа вейвлет-образов $d_j^x[n, m]$, соответствующих некоторому множеству масштабов s , с установлением связей между максимумами амплитуд

на соседних уровнях разложения j и $j + 1$.

Список литературы

1. Добеши, И. Десять лекций по вейвлетам / И. Добеши. – М.–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2004. – 464 с.
2. Жизняков, А.Л. Формирование и анализ наборов признаков многомасштабных последовательностей цифровых изображений / А.Л. Жизняков // Программные продукты и системы. – 2007. – № 4. – С. 24.
3. Жизняков, А.Л. Теоретические основы обработки многомасштабных последовательностей цифровых изображений: монография / А.Л. Жизняков, С.С. Садыков; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2008. – 121 с.
4. Жизняков, А.Л., Гай, В.Е. Сегментация изображений на базе использования адаптивной локальной области / А.Л. Жизняков, В.Е.Гай // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2008. – № 1. – С. 16–21.
5. Жизняков А.Л., Привезенцев Д.Г., Фомин А.А. Классификация изображений на основе локальных признаков самоподобия // Ползуновский вестник. – 2011. – № 3. – Ч. 1. – С. 12-14.
6. Жизняков А.Л., Фомин А.А. Многомасштабный подход к фильтрации контуров полутоновых изображений // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2007. – № 9. – С. 19–24.
7. Малла, С. Вейвлеты в обработке сигналов / Пер. с англ. / С. Малла. – М.: Мир, 2005. – 671 с.
8. Прэтт У. Цифровая обработка изображений. В 2 кн. / Пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – Кн. 1. – 312 с. Кн. 2. – 480 с.
9. Чуи, Ч. Введение в вейвлеты / Ч. Чуи. / Пер. Я. М. Жилейкина. – М.: Мир, 2001. – 412 с.
10. Tang, Y.Y. [et al.] Wavelet theory and its application to pattern recognition / Y.Y. Tang [et al.]. – Singapore : Regal press, 2000. – 359 p.

Рецензенты:

Андрианов Д.Е., д.т.н., доцент, заместитель директора по учебной работе, заведующий кафедрой «Информационные системы», Муромский институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых», г. Муром;
Орлов А.А., д.т.н., доцент, заместитель директора по развитию электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, заведующий кафедрой «Физика и прикладная

математика», Муромский институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых», г. Муром.