УДК 004.93’1

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ОПИСАНИЯ КОНТУРА ИЗОБРАЖЕНИЯ

д.т.н., проф. Е.П. Путятин, О.А. Кобылин

Рассматривается новый способ описания контуров объектов на основе вейвлет-преобразования. Использование двумерных вейвлетов позволяет определять минимальное количество коэффициентов для описания контура изображения. Для разложения контура изображения используются вейвлеты Хаара. Коэффициенты, получаемые при вейвлет-преобразовании, обеспечивают возможность восстановления контура изображения независимо от разрешения.

Постановка проблемы. В настоящее время в системах технического зрения важной проблемой является выделение свойств объекта с целью его дальнейшего распознавания. Одной из основных характеристик каждого объекта является контур изображения. Для распознавания объектов необходимо, чтобы описание контура изображения не зависело от величины изображения, расположения и его ориентации. В настоящее время в СТЗ используются различные методы описания и кодирования контуров изображения такие как цепные коды, сигнатуры, аппроксимация многоугольниками, индексы формы и т.д. [1, 2]. В работе рассмотрен вопрос использования вейвлет-преобразования [3 – 6] для описания контуров изображения.

Цель работы: используя вейвлет-преобразование произвести разложение сигнала по системе вейвлетов. Данное преобразование позволяет получить хорошее приближение изображения.

Решение поставленной задачи. Любую функцию $f(x) \in L^2(R)$ можно представить в виде ряда [6]:

$$f(x) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} c_i \psi_i(x).$$

Используя ортогональный вейвлет Хаара, определяемый соотношением

$$\psi_i(x) = \psi\left(2^j x - i\right),\ i = 0, \ldots, 2^j - 1,$$

где $\psi(x) = \begin{cases} 1, & x \in [0, 0.5); \\ -1, & x \in [0.5, 1); \\ 0, & x \notin [0, 1), \end{cases}$

произведем непрерывное прямое вейвлет-преобразование путем вычисления вейвлет-коэффициентов по формуле

$$c_i = \langle f(x), \psi(t) \rangle = |a|^{-1/2} \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt,$$

где a – масштабный коэффициент; b – параметр сдвига.

Таким образом, каждая функция $f(x) \in L^2(R)$ может быть представлена в виде набора числовых коэффициентов. Размер (величина) коэффициентов зависит от масштаба и параметров сдвига базисного вейвлета (Вейвлет Хаара). Полученные коэффициенты обеспечивают информацию, не зависящую от разрешения изображения.

Обратное непрерывное вейвлет-преобразование можно осуществить по формуле

$$f(x) = C_{\psi}^{-1} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} c_i \, \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \frac{da\, db}{a^2},$$

где a – масштабный коэффициент; b – параметр сдвига; C_{ψ}^{-1} – нормализующий коэффициент; c_i – коэффициенты разложения.

Рассмотрим случай вейвлет-преобразования для обработки двумерного массива данных, когда по каждому значению (x, y) имеются свои значения a и b. Преобразовав исходные формулы для анализа изображения, рассмотрим данный алгоритм на примере неподвижного изображения. Исследуемое изображение является полутоновым черно-белым, содержит N строк и M столбцов, и представляет собой некоторую матрицу X. Пример исследуемого изображения представлен на рис. 1.

Рис. 1. Пример исследуемого изображения

Произведем двумерное вейвлет-преобразование контура изображения. Для этого произведена сегментация изображения путем применения оператора Лапласа. Контур полученного изображения приведен на рис. 2. Размер контурного изображения составляет: ширина 10.34 см, высота 3.49 см, размер в пикселях составляет 293 и 99 соответственно. В результате преобразования мы получим ряд коэффициентов c_i.

Вычисление коэффициентов c_i осуществляется при помощи прикладного математического пакета MatLab 6.0. Текст программы приведен ниже:

```
T=imread('c:\matlabR12\work\autobus.jpg');  sT=size(T);
T=double(T)
[cA1,cH1,cV1,cD1]=dwt2(T,'haar')
T1=idwt2(cA1,cH1,cV1,cD1,'haar',sT)
subplot(211); image(T);
title('Original Image');
subplot(212); image(T1);
title('Syntezire Image');
```

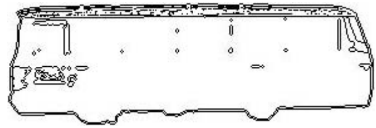

Рис. 2. Контур исследуемого изображения

Ввиду громоздкости вывода на экран величины коэффициентов разложения не приводятся.

Используя полученные коэффициенты по формуле обратного двухмерного вейвлет-преобразования можно восстановить контур изображения в полном объеме (рис. 3).

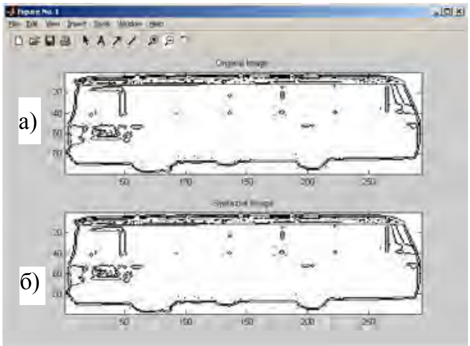

Рис. 3. Восстановление изображения
а) исследуемый контур,
б) восстановленный контур

Полученные разложения вычисляются легко и быстро, время вычисления зависит только от размера изображения. Погрешность восстановления изображения составляет 1.7053e-013, так что в данном случае можно считать восстановление изображения полным.

Дальнейшим шагом для упрощения формы описания контура изображения при помощи вейвлет-преобразования является частичное обнуление коэффициентов, величина которых ничтожно мала. Обнуление предельно малых значений коэффициентов позволяет также устранить шум или помехи в изображении (контуре). Вследствие обнуления коэффициентов существенного изменения в описании контура изображения не произойдет. Таким образом, контур изображения будет описан в компактной цифровой форме.

Описанный выше метод можно использовать в задачах распознавания образов и изображений.

На современном этапе для поиска соответствия изображений в базе данных используются методы поиска по ключевым словам описываемого изображения (цветовые гистограммы, текстурный анализ, анализ формы изображения, а также совокупность этих методов). Такой метод имеет свои недостатки, связанные с затруднительным описанием свойств объектов.

Рассмотрим теперь входное нормализованное изображение (контур) D. Путем двумерного вейвлет-преобразования получим матрицу коэффициентов $Dc_k[i, j]$ анализируемого изображения. Матрица $Dc_k[i, j]$ отражает ничто иное, как контур изображения. Для распознавания контура изображения необходимо теперь сравнить его с базой данных эталонов изображений (контуров). База данных эталонов изображений $Bc_k[i, j]$ (контуров) представлена в виде коэффициентов, полученных в ходе двухмерного вейвлет-преобразования. В случае, когда $Dc_k[i, j]$ соответствует $Bc_k[i, j]$, можно считать, что изображение распознано.

Вычисляя разницу

$$\|D - B\| = \sum_{i,j} \left| Dc_k[i,j] - Bc_k[i,j] \right|$$

и погрешность можно также идентифицировать исследуемое изображение.

Использование данного метода для описания изображения (контура) позволяет производить поиск изображения в базе данных также при любом разрешении исследуемого изображения.

Для упрощения вычислений и достижения максимальной скорости в анализе изображения можно рассматривать только те коэффициенты $Dc_k[i, j]$, которые не равны 0.

Выводы. Использование метода позволяет сравнивать контур нормализованного изображения с контуром эталонного изображения независимо от разрешения поступающего изображения. Скорость поиска благодаря использованию вейвлетов не зависит от разрешений изображения. Использование вейвлетов Хаара позволяет производить разложения легко и быстро, время вычисления зависит только от размера изображения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Зубарев Ю.В., Дворкович В.П. Цифровая обработка телевизионных и компьютерных изображений. – М.: МЦНТИ, 1997. – 212 с.*
2. *Бондарев В.Н, Трестер Г., Чернега В.С. Цифровая обработка сигналов: методы и средства. – Х.: Конус, 2001. – 398 с.*
3. *Mallat S. A wavelet tour of signal processing. – New York: Academic Press, 1999. – 572 с.*
4. *Чуи К. Введение в вейвлеты. – М.: МИР, 2001. – 412 с.*
5. *Доберши И. Десять лекций по вейвлетам. – Москва-Ижевск: РХД, 2001. – 464 с.*
6. *Кашин Б.С., Саакян А.А. Ортогональные ряды. – М.: АФЦ, 1999. – 560 с.*

Поступила 13.10.2003

ПУТЯТИН Евгений Петрович, *д.т.н., профессор, зав. кафедрой информатики ХНУРЭ. В 1963 году окончил Харьковский политехнический институт. Область научных интересов – обработка и распознавание изображений.*

КОБЫЛИН Олег Анатольевич, *аспирант ХНУРЭ. В 1995 году окончил ХТУРЭ. Область научных интересов – обработка и распознавание изображений.*