

Пензенский Государственный Университет  
440026, Россия, Пенза, ул. Красная 40, mash@sura.ru

**Реферат.** В работе рассматриваются методы одновременного увеличения и детализации образов на основе Wavelet преобразовании. Основная задача состоит в том, чтобы доопределить дискретный образ на более мелкой сетке при условии сохранения визуального качества.

### 1. Введение

Судя по спецификации стандарта JPEG2000 и сопутствующих публикациях, Wavelet преобразование в настоящее время наиболее широко применяется в сжатии изображений. В то же время существует целый ряд задач компьютерной графики (мипкарты), в которых желательно получить изображение за пределом его исходного разрешения. В работе [3] авторами поставлена и в частном случае решена одна из таких задач - задача экспансии изображения с сохранением или усилением его деталей. В данной работе проводится качественный анализ классических и предложенных альтернативных схем Wavelet экспансии изображений.

### 2. Методы экспансии изображений

В качестве исходного изображения использовался 64x64 фрагмент изображения Lena, показанный на рис. 2а.

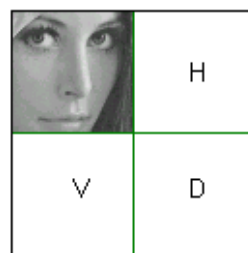
Wavelet аппроксимация. Экспансию изображения можно осуществить интерпретируя его как результирующую низкочастотную полосу двумерного пакетного Wavelet преобразования некоторого более чёткого изображения. За отсутствием дополнительной информации высокочастотные полосы обнуляются и производится обратное Wavelet преобразование (рис. 2b). В результате аппроксимации некоторые детали при экспансии изображение неизбежно теряются (рис. 3а).

Wavelet интерполяция. В [2] предложена парадигма экспансии данных на основе интерполирующего Wavelet преобразования Donoho. Полученное изображение, представленное на рис.3b, является сглаженной версией исходного изображения в другом масштабе. Изображение, полученное по схеме интерполяции Deslauriers-Dubuc [1], представлено на Рис.3с. и выглядит менее сглаженным, чем полученное предыдущим методом. Фактически данные интерполирующие схемы аналогичны по структуре схеме Wavelet аппроксимации. Отличие состоит в выборе базисных функций. Однако, схемы интерполяции в принципе не включают в себя выделение деталей изображения, что приводит при экспансии к их постепенному сглаживанию.

Альтернативные методы. В [3] авторами предложены два альтернативных метода детализации и увеличения изображений. Суть обоих методов состоит в выделении характерных деталей высокочастотных полос полученных в результате Wavelet преобразования изображения и использовании последних в рамках упомянутой Wavelet аппроксимации.



a



b

Fig.2

a - Оригинал 256x256 изображения с выделенной областью 64x64  
b – Диаграмма Wavelet разложения; полосы H,V,D неизвестны

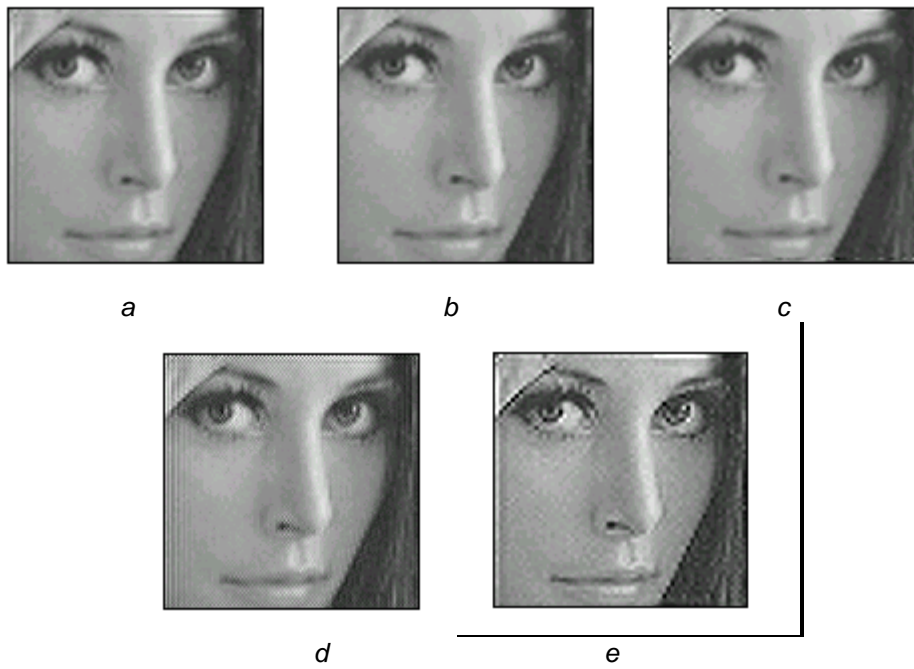


Fig.3

- a- Wavelet аппроксимация
- b- интерполяция Donoho
- c- интерполяция Deslauriers-Dubuc
- d – метод межмасштабного переноса деталей
- e – метод модификации схемы преобразования

Согласно первому методу низкочастотной полосой для обратного Wavelet преобразования служит исходное изображение, а высокочастотные полосы формируются в результате межмасштабного переноса выделенных характерных особенностей [3]. Результирующее изображение представлено на рис.3d.

Согласно второму методу модифицируется схема одномерного Wavelet преобразования таким образом, что сохраняются свойства биортогональности, но, как результат усиления высокочастотных деталей, теряется свойство полного восстановления. Пример такой диаграммы приведён на рис.1.

Здесь  $(H, G)$ - пара операторов анализа,  $(H^*, G^*)$ - дуальная пара операторов синтеза, таких, что выполняются условия:

$$HH^* = GG^* = I,$$

$$HG^* = GH^* = 0,$$

$$H^*H + G^*G = I.$$

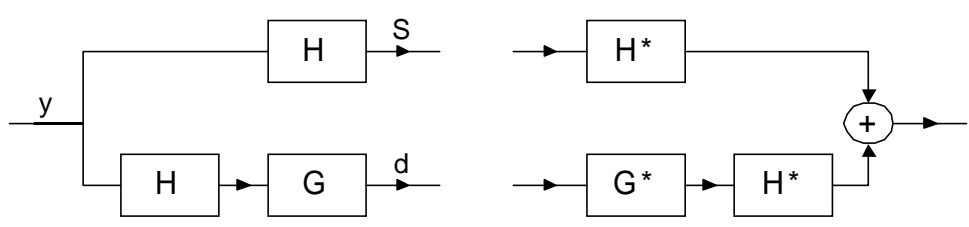


Рис. 1

В порядке мысленного эксперимента предположим, что наблюдаемый сигнал  $S$  является сглаженной версией некоторого сигнала  $y$  определённого на более мелкой сетке, то есть  $S = Hy$ . Тогда высокочастотная полоса сигнала имеет вид  $d = GS = GHy$  и, согласно диаграмме, псевдосигнал на выходе равен  $\hat{y} = H^*(I + G^*G)S$ . Таким образом оператор экспансии имеет вид  $P = H^*(I + G^*G)$ .

В результате сепарабельной экспансии и детализации тестового изображения по модифицированной диаграмме, аналогичной приведённой, было получено изображение рис.3е. В отличие от [5] фрактальность тестового изображения не предполагается, а используется фрактальность самого Wavelet преобразования. Кроме того, в силу операторного подхода, вид базисных функций в явном виде не оговаривается и может зависеть от класса изображений.

Поскольку предложенные методы вносят артефакты в результирующее изображение, целесообразно использовать нелинейные процедуры их подавления [4].

Тестирование рассмотренных методов на фрагменте изображения Lena показало, что наиболее качественным, в смысле баланса деталей и артефактов, оказалось изображение на рис.3д, соответствующее методу межмасштабного переноса деталей.

### **3. Заключение**

Проведённый в данной работе анализ методов детализации образов на основе Wavelet преобразования позволяет говорить о том, что предложенные в работе методы дают возможность на качественно новом уровне решать задачи экспансии и детализации изображений. Дальнейшие исследования могут быть направлены на выработку общих правил синтеза с учётом подавления артефактов в результирующих изображениях.

#### Литература

1. G.Deslauriers, S. Dubuc, Symmetric Iterative interpolation processes, Constructive Approximation 5 (1989), 49-68.
2. D.L. Donoho. Smooth Wavelet Decompositions with Blocky Coefficient Kernels. Recent Advances in Wavelet Analysis. Boston: Academic Press, 1993.
3. M.A. Shcherbakov, W.Y. Schegolev. A Wavelet-based Technique for Image Refinement, EUSIPCO-2000, Tampere, pp.1737-1739.
4. M.A. Shcherbakov. Digital polynomial filtering: theory and application, Penza State University, 1996 (in Russian).
5. B. Simon. Image coding using overlapping fractal transform in the wavelet domain, NSIP96, 1996.



WAVELET-BASED METHODS OF IMAGE REFINEMENT AND EXPANSION

Shcherbakov M., Schegolev W.

Penza State University  
Krasnaya st. 40, Penza 440017, Russia mash@sura.ru

Judging by JPEG2000 standard specification and work papers, Wavelet transform is a must in the image compression domain. At the same time there exists a range of problems in computer graphics (mipmaps, etc.), which challenge practitioners to obtain an image beyond its initial resolution. In [3], the authors stated such a task – multiscale image refinement featuring stable details. Here we analyse both well-known and new multiscale image refinement schemes.

An image may be refined if we interpret one as the lowpass band of the 2-d packet Wavelet transform made on a sharper superimage. As we know nothing about superimage details, highpass bands are given zero weight in the Inverse Wavelet transform follow-up. As a result of Wavelet approximation, some details are inevitably lost (Fig 3a).

In [2] a data refinement paradigm based on the Average Interpolating Wavelet Transform was elaborated. After the AIWT synthesis step we arrived at the image which appears to be a smoothed version for initial image viewed from other scale (Fig 3b). Another image refined by Deslauriers-Dubuc's interpolative scheme [1] is rendered less smoothed out (Fig. 3c), than the AIWT-image. Nevertheless, both the interpolative refinement schemes fundamentally miss detail selection step, hence details become smoothed in refinement.

We propose two alternative methods for image refinement. The main idea behind them is to derive an image features out of highpass bands resulted from Wavelet transform, to make use of them later in the framework of the above-mentioned Wavelet approximation. According to the first method, we take initial image for the lowpass band in the Inverse Wavelet Transform, while highpass bands are shaped by interscale detail transition. The resulting image is shown in Fig.3d. According to the second method, the 1-D Wavelet transform scheme is modified (Fig. 1). We have biorthogonality preserved, while the perfect reconstruction condition fails to hold because we should obtain more detailed output. The scheme thus modified is applied in a separable manner to the image being refined. As opposed to [5], test image fractality is not presupposed, rather we rely on the fractality inherent to the Wavelet transform itself.

As we observe the methods proposed induce artifacts into the resulting image, it seems rather sensible to apply nonlinear processing to suppress artifacts [4].

We tested the refinement schemes on 64x64 region of interest of the Lena grayscale image. Image in Fig. 3d seems to be superior to other ones, in the sense of proper balance between details and artifacts. The image corresponds to the interscale detail transition method.

Our analysis shows that Wavelet-based image refinement techniques, like proposed herein, have a potential in giving a new insight to the problem, despite the artifacts and lack of generalised synthesis guidelines.

REFERENCES

1. G.Deslauriers, S. Dubuc, Symmetric Iterative interpolation processes, *Constructive Approximation* 5 (1989), 49-68.
2. D.L. Donoho. *Smooth Wavelet Decompositions with Blocky Coefficient Kernels*. Recent Advances in Wavelet Analysis. Boston: Academic Press, 1993.
3. M.A. Shcherbakov, W.Y. Schegolev. A Wavelet-based Technique for Image Refinement, *EUSIPCO-2000*, Tampere, pp.1737-1739.
4. M.A. Shcherbakov. *Digital polynomial filtering: theory and application*, Penza State University, 1996 (in Russian).
5. B. Simon. *Image coding using overlapping fractal transform in the wavelet domain*, NSIP96, 1996.