

ным изменениям, не меняя при этом глобальную функциональность контейнера. Метод предлагается использовать для внедрения секретных данных в LUT-контейнеры с целью организации в их пространстве цифровых водяных знаков или систем стеганографической защиты информации на их основе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конахович Г. Ф. Компьютерная стеганография [Текст] / Г. Ф. Конахович, А. Ю. Пузыренко. – К. : МК-Пресс, 2006. – 288 с.
2. El-Khalil R. Hidan: Hiding Information in Program Binaries [Text] / R. El-Khalil, A. Keromytis // Proceedings of International Conference on Information and Communications Security (ICICS 2004). – Malaga, Spain, 2004. – P. 187–199.
3. Hamilton, A. Survey of Static Software Watermarking [Text] / A. Hamilton, S. Danicic // Proceedings of Internet Security World Congress (WorldCIS-2011). – London, 2011. – P. 100–107.
4. Максфилд К. Проектирование на ПЛИС: архитектура, средства, методы [Текст] / К. Максфилд. – М. : Додека-XXI, 2007. – 408 с.

УДК 621.391:519.728

ИВАНОВ В.Г., ЛОМОНОСОВ Ю.В., ЛЮБАРСКИЙ М.Г.
НЮУ имени Ярослава Мудрого (Украина)

ПРОГРЕССИВНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СЖАТИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Приводятся результаты разработки и анализа эффективного алгоритма кодирования на основе выделения наиболее информативных областей изображения, не имеющих равномерного распределения яркости внутри себя и замкнутых границ, очерчивающих объект. Разделение изображения на области производится при помощи вейвлет-преобразования и выделения контуров в пространстве коэффициентов высокочастотных областей многомасштабного анализа.

Классические информационные технологии сжатия данных и изображений опираются на методы обработки сигналов и методы теории информации, которые используют декоррелирующие свойства различных линейных преобразований и возможности квантования и энтропийного кодирования коэффициентов этих преобразований.

Развитие этих методов привело к созданию известных JPEG-форматов, которые используют субоптимальные косинусные преобразования Фурье и методы вейвлет-преобразований, позволяющие в 20 и более раз сократить объем графических данных, сохранив при этом хорошее визуальное качество [1, 2, 3]. Повысить количественные и качественные характеристики этих форматов можно в результате сокращения содержательной избыточности изображений. Суть такого подхода заключается в том, что в памяти хранится только часть изображения, представляющая интерес в данном конкретном применении [4, 5].

Основной проблемой данного подхода к сжатию изображений остается выделение значимых (информативных) участков изображений (объектов) и участков менее информативных (фона). И хотя решению этой проблемы посвящено большое количество работ, в которых получены интересные результаты, в целом задача кодирования изображений на основе этих принципов еще далека от своего окончательного решения.

В данной работе разделение элементов изображения на два класса (объект и фон) производится при помощи вейвлет-преобразования изображения, и выделения контуров в пространстве коэффициентов высокочастотных областей многомасштабного анализа. Конечным результатом выделения объектов на изображении является построение битовой плоскости, которая содержит информацию о расположении объекта и фона. Дальнейшая обработка выделенных областей осуществляется при помощи JPEG-технологий на базе дискретного косинусного преобразования, а также с помощью многомасштабного вейвлет-анализа [6].

Идея кодирования изображения с различной степенью качества реализована в известном графическом формате DjVu. В этом формате изображение разделяется на передний план, задний план и битовую плоскость соответствия, которая содержит информацию о взаимном размещении переднего и заднего плана на плоскости изображения. Разделение изображения на передний план (в рассматриваемом случае – аналог объекта) и задний план (фон) основано на нахождении границ резких перепадов яркости между областями с равномерным распределением её значений.

Подобный алгоритм выделения значимых областей изображений позволяет сохранить эти области с лучшим качеством, а степень сжатия повысить за счет большей компрессии заднего плана. Кодирование переднего и заднего плана изображения производится на основе вейвлет-преобразования данных с различным разрешением, причем разрешение заднего плана в несколько раз меньше чем разрешение переднего плана. Таким образом, обрабатываемое изображение в формате DjVu кодируется с различной степенью качества, что по сравнению с форматом JPEG-2000 (JP2), где также используется вейвлет-преобразование для всей плоскости изображения, имеет некоторое преимущество в сжатии для определенных классов изображений.

Ограничением приведенного метода выделения переднего плана есть, то, что значимый (информативный) объект должен иметь равномерное распределение яркости, быть замкнутым по форме и иметь четкие границы перепада яркости по сравнению с задним планом изображения (символьные данные). В случае, когда наиболее информативная область реалистичного изображения не имеет замкнутой формы с постоянным значением яркости, приведенный алгоритм не производит разделения изображения и кодирует его с равной степенью качества, т.е. сводится к известному формату JPEG-2000.

Цель данной работы – разработка и анализ эффективного алгоритма кодирования на основе выделения наиболее информативных областей изображения, не имеющих равномерного распределения яркости внутри себя и замкнутых границ, очерчивающих объект. В качестве такого изображения, из библиотеки стандартных изображений <http://www.icsl.ucla.edu>, был выбран файл zelda.bmp.

На практике вейвлет-преобразование проводится с помощью биортогональных вейвлет-базисов по формулам разложения (1) и синтеза (2). Если $\{a_i\}$ – коэффициенты разложения остаточного члена, то $\{b_i\}$ и $\{c_i\}$ – коэффициенты, соответственно нового остаточного члена в следующем масштабе представления

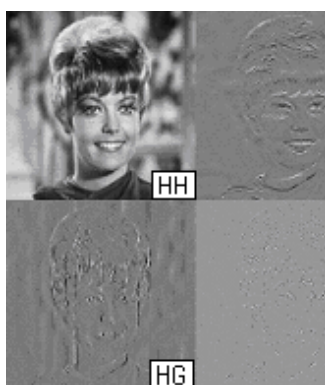


Рис. 1. Вейвлет коэффициенты после одного шага преобразования.

$$b_i = \sum_s h_s a_{2i+s} \quad \text{и} \quad c_i = \sum_s g_s a_{2i+s} \quad (1)$$

Аналогичным образом, если известны коэффициенты $\{b_i\}$ и $\{c_i\}$, то коэффициенты $\{a_i\}$ можно восстановить в соответствии с выражением

$$a_i = \sum_s h_s b_{i-s} + \sum_s g_s c_{i-s} \quad (2)$$

Для разложения и восстановления сигнала используют две разные пары квадратурных зеркальных фильтров [6]. При построении разделяющей битовой плоскости, использовались вейвлет-коэффициенты HG и GH областей (рис. 1), которые были получены в соответствии с выражением (1). После усредненного суммирования выбранных вейвлет-коэффициентов $(HG+GH)/2$ получим новое изображение, которое имеет более равномерное распределение яркости по сравнению с оригиналом.

Для отделения объекта от фона, производится последовательное сканирование изображения по строкам и столбцам до выявления первой и последней не нулевой точки. После разделения изображения на области объекта и фона, необходимо создать непрерывную и замкнутую границу между этими областями. Различная степень точности кодирования объекта и фона определяется количеством косинусных коэффициентов, которые используются в рабочих матрицах объекта и фона.

Предложенный метод разделения изображения на объект и фон, позволяет кодировать их отдельно, как с различной степенью качества, так и с использованием различных методов. Это дает возможность представлять наиболее информативные области изображения с более высоким качеством, чем остальные его составляющие. Благодаря такому подходу можно сохранить высокое качество информативных областей (объектов), менее информативные области (фон) представить с большей компрессией, но с худшим качеством и таким образом повысить общий коэффициент сжатия для всего изображения. Предложенный подход позволил выявить резервы классической схемы JPEG-кодирования и получить лучшие количественные характеристики по сравне-

нию с вейвлет-кодированием на основе формата JPEG 2000 в среднем на 8 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Миано Дж.* Форматы и алгоритмы сжатия изображений в действии. Учеб. пособ. – М.: Триумф, 2003. – 336 с.
2. *Уэлстид С.* Фракталы и вейвлеты для сжатия изображений в действии. Учеб. пособ. – М.: Триумф, 2003. – 320 с.
3. *Гонсалес Р., Вудс Р.* Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
4. *Кунт М., Икономопулос А., Кошер М.* Методы кодирования изображений второго поколения // ТИИЭР. – 1985. Т. 73, № 4. – С. 59-86.
5. *Сэломон Д.* Сжатие данных, изображений и звука. – М.: Техносфера, 2004. – 368 с.
6. *Иванов В.Г., Любарский М.Г., Ломоносов Ю.В.* Сокращение содержательной избыточности изображений на основе классификации объектов и фона // Проблемы управления и информатики. – 2007. - № 3. – С. 93-102.

УДК 004.4; 004.7

КИРИЧЕНКО О.Л., ОСТАПОВ С.Е., КАНОВСЬКИЙ І.Я.*

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича (Україна)

*Max Stern Academic College of Emek Yezreel, Israel

МОДЕЛЮВАННЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ДЕЯКИХ СЕГМЕНТІВ WEB-ПРОСТОРУ

У роботі наведені результати досліджень статистичних характеристик складних мереж. Для збору та обробки статистичної інформації веб-сторінок розроблено кроулер, робота якого полягає у зондуванні мережі з багатьох точок входу. Досліджено сегменти web-простору українського – net.ua, edu.ua, ізраїльського – ac.il та польського – edu.pl. Обчислені кластерні коефіцієнти підмереж, побудовані закони розподілу ймовірностей вузлів по вхідних та вихідних зв'язках, побудовані неорієнтовані графи. Одержані результати свідчать, що досліджені сегменти веб-простору за своїми статистичними характеристиками належать до безмасштабних мереж, що повністю відповідає сучасним тенденціям розвитку глобальних мереж.

Велика кількість науковців на сьогоднішній день займається дослідженням складних (комплексних) мереж. В теорії складних мереж розглядають три основних напрями досліджень:

- дослідження статистичних характеристик, які характеризують поведінку мереж;
- створення моделі мережі;
- прогнозування поведінки мережі при зміні її структури [1].

Активний розвиток такої області досліджень призвів до вивчення характеристик мережі, враховуючи не тільки її топологію, а й статистичні характеристики, які характеризують поведінку мережі при зміні структурних властивостей.

Для цього дослідники вивчають та досліджують статистичні характеристики різноманітних мереж: енергетичних мереж, транспортних мереж, мереж авіаперевезень, комп'ютерних мереж, мереж співавторства, соціальної мережі, всесвітньої мережі Інтернет та багато інших [1-3].

Багато робіт присвячено вивченню структури WWW-простору, статистичні характеристики якої вивчають як граф, вузлами якого є web-сторінки, а ребрами – зв'язки між ними. Досліджуються як орієнтовані, так і неорієнтовані графи [2-4]. З'ясовано, що всесвітня мережа підкоряється статистичним законам комплексних мереж, причому встановлено, що розподіл вузлів графу, який відображає всесвітню павутину, підкоряється степеневому закону з показником, близьким до (-2,2) для вхідних зв'язків та (-2,7) – для вихідних [2-4]. Це свідчить про безмасштабність такої мережі, тобто про високий ступінь розвиненості мережі в цілому [1-4].

Нами проводились дослідження деяких сегментів WWW-простору: українського (net.ua; edu.ua), ізраїльського (ac.il) та польського (edu.pl). Для проведення таких досліджень нами використовувалось спеціальне програмне забезпечення – кроулер, який обробляє значні обсяги даних з різноманітних веб-сторінок. Розроблений нами кроулер написаний з використанням мови програмування Java. Він складається з модулів: Downloader, Content parser, Url extractor, Url resolver, Bussines module, Url manager. Ми самостійно задаємо перелік сайтів, які хотіли б досліджувати,