

**Sergey Vladimirovich Tarasov**  
Saint-Petersburg State Marine Technical University.  
E-mail: sergey\_tarasov@inbox.ru.  
20, Chekistov Street, Apt. 15, Saint-Petersburg, 198329, Russia.  
Phone: +79210965148.  
Post-graduate Student.

УДК 004.042

**А.А. Чусов**

### **КОДИРОВАНИЕ ДОННОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ В КАНАЛЕ СВЯЗИ АВТОНОМНОГО НЕОБИТАЕМОГО ПОДВОДНОГО АППАРАТА (АНПА)**

*В настоящее время актуальной является проблема анализа изображений, получаемых с автономного необитаемого подводного аппарата (АНПА). Современные системы – это акустические датчики, фото и видеокамеры. Зашумленность изображения – фактор, препятствующий достоверному анализу исследуемых характеристик дна. Методы фильтрации, применяемые на практике, используют усреднение яркостных значений соседних пикселей. При этом присутствует потеря высокочастотных составляющих изображения. В представленной статье рассматриваются способы фильтрации и компрессии изображений донной поверхности водоемов, полученных с АНПА. При этом предполагается, что полученное изображение вместе с данными о положении АНПА будут посылаться по низкоскоростному гидроакустическому каналу на надводную станцию.*

*Обработка донных изображений; АНПА; цифровая фильтрация; компрессия; кодирование изображений.*

**A.A. Chusov**

### **ENCODING IMAGES OF BOTTOMS OF WATER BODIES IN A CHANNEL OF CONNECTION AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLE (AUV)**

*Nowadays there is an actual problem of analyzing images were got from an autonomous underwater vehicle (AUV). Actual systems are acoustic sensors, photo and video cameras. Noisiness of the images is a factor creating many difficulties for precise analysis of the bottom being explored. Applied methods of filtration use approximation of brightness of adjacent pixels of an image. During the approximation there is a loss of high frequency parts of the image. In the article methods of filtration and compression of images of bottoms of water bodies got using AUV are reviewed. It is assumed that a resulting image packed with AUV coordinates will be sent to a surface station via low speed acoustic channel.*

*Processing bottom images; AUV; digital filtration; digital compression; image encoding.*

Необходимость фильтрации указанных данных обусловлена наличием суммарной помехи (реверберационной и шумовой). По взаимодействию с полезным сигналом помехи различаются на аддитивные и мультипликативные. К аддитивным относятся наиболее распространенная флуктуационная, а также импульсная помеха. Для оценки степени зашумленности сигнала используется анализ пикового отношения сигнал-шум, при котором вычисляется среднеквадратичное отклонение яркости пикселей тестового изображения при отсутствии помехи и при ее наличии. Однако такой критерий зашумленности не всегда соответствует качеству зрительного восприятия изображения.

Другой актуальной задачей является компрессия сигнала. В работе предполагается, что глубина одного пиксела донного изображения составляет 1 байт, описывающий одну из 256 градаций серого. Максимальная скорость передачи данных

по гидроакустическому каналу принимается равной 4 кбод. Считая горизонтальное разрешение изображения равным 1600 пикселей и частоту посылки сканирующих акустических импульсов 2 Гц для частоты дискретизации отраженного сигнала 3,2 кГц получаем необходимую скорость передачи основного изображения 32 кбод, что создает необходимость обеспечения фактора сжатия, равного 8.

В настоящее время наиболее качественными стандартами сжатия изображений являются PNG и JPEG. Данные методы основаны на дискретно-косинусном и вейвлетном преобразованиях изображения.

В настоящей работе предлагается следующая схема обработки изображения:

1. Гидролокатор АНПА построчно считывает изображение донной поверхности размером в 1600 пикселей/строку и 1600 строк, записывает пиксели в память произвольного доступа (RAM).

2. После считывания числа  $n$  пикселей, кратного 11208, матрица пикселей  $[[px_{n-11208}, \dots, px_{n-11201}], [px_{n-9600}, \dots, px_{n-9593}], \dots, [px_{n-8}, \dots, px_{n-1}]]$  размером  $8 \times 8$  поступает на программный конвейер обработки. Гидролокатор при этом продолжает непрерывный цикл считывания пикселей изображения.

3. Выбранная на предыдущем шаге матрица поступает на систему из двух фильтров.

4. Первый фильтр выполняет гауссовское размытие, производя свертку пикселей по формуле

$$px_j = \frac{\sum_{i=0}^{63} \left( px_i e^{-\frac{(px_i - px_j)^2}{4\delta^2}} \right)}{\sum_{i=0}^{63} e^{-\frac{(px_i - px_j)^2}{4\delta^2}}}, \quad (1)$$

где  $\delta$  – параметр фильтрации, подбираемый эмпирически, исходя из компромисса между качеством фильтрации и сохранением высокочастотных деталей изображения,  $j$  – индекс пикселя, пробегающий значения целочисленного множества  $[0, 63]$ .

Таким фильтром устраняются флуктуационные помехи.

5. В задачу второго фильтра, называемого медианным, входит гашение импульсной помехи. Принцип его действия основан на замене значения текущего пикселя на значение среднего пикселя из упорядоченной (по яркости) совокупности пикселей, образуемых так называемым скользящим окном с нечетной размерностью  $N$ . В фильтре, используемом в представленной системе  $N = 3$ . Тогда действие его применительно к представленной системе состоит в следующем: для каждого последовательно перебираемого пикселя входной матрицы  $8 \times 8$  строится матрица  $3 \times 3$ , в которой он является средним элементом. Соседние с ним элементы соответствуют соседним с ним элементам входной матрицы. Если границы матрицы  $3 \times 3$  выходят за соответствующие пределы входной матрицы, недостающие места заполняются соседними по горизонтали пикселями, если последние также не существуют, то соседними пикселями по вертикали. Далее пиксели матрицы упорядочиваются по возрастанию. Медианный пиксел упорядоченной матрицы является выходом фильтра для заменяемого пикселя.

6. Результирующая отфильтрованная от помех матрица пикселей поступает на вход ДСТ-преобразователя (дискретно-косинусного преобразователя). Создается матрица  $8 \times 8$  коэффициентов, задаваемых формулой

$$G_{i,j} = 0,25 C_i C_j \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 \left( px_{xy} \cos \frac{(2y+1)j\pi}{16} \cos \frac{(2x+1)i\pi}{16} \right), \quad (2)$$

где итераторы  $i$  и  $j$  пробегают значения из интервала  $[0, 7]$ , а коэффициенты  $C_i, C_j$  принимают значения из 8-элементного вектора  $\{\frac{1}{\sqrt{2}}, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1\}$ . Тогда формула для вычисления значения пикселей из элементов весовой матрицы

$$p_{xy} = \frac{1}{4} \sum_{i=0}^7 \sum_{j=0}^7 \left( C_i C_j G_{ij} \cos \frac{(2y+1)j\pi}{16} \cos \frac{(2x+1)i\pi}{16} \right). \quad (3)$$

Вычисленные коэффициенты  $G$  весовой матрицы поступают на вход энтропийного компрессора. В представленной ниже программной модели выбран полуадаптивный кодер Хаффмана, квантование весовых коэффициентов не производится, при этом модель дает факторы сжатия  $\sim 8,2 \dots 8,5$ . Кодирование коэффициентов матрицы можно также осуществлять и во временной области, последовательно перестраивая дерево Хаффмана для каждой входной матрицы.

Для моделирования описанной системы была построена программная модель (рис. 1) представленных фильтров и компрессора, в которую также были включены генераторы флуктуационного и импульсного шумов. Для симуляции конвейерной обработки блоков, поступающих поочередно с гидролокатора, была введена многопоточная модель, в которой каждый поток Windows отвечает за определенный этап преобразования блока изображения, соответственно представленной выше схемой. Потоки связываются между собой посредством очередей.

В данной модели работа ведется над BITMAP-файлами растрового изображения версии 3 с битовой глубиной 16 бит (формат X1 R5 G5 B5). Поддерживается работа с любыми размерами изображения (производится экранное сжатие до размеров 300x300 пикселей), кратными 8 (по горизонтали и вертикали).

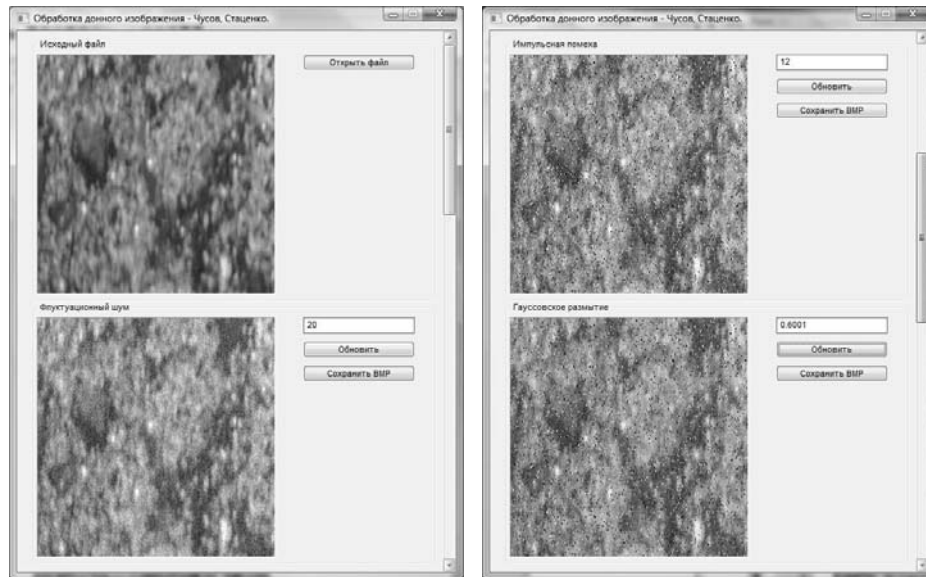


Рис. 1. Вверху слева – исходное изображение, внизу слева – оно же с флуктуационным шумом в 20 % по мощности. Справа внизу – уменьшение флуктуационной помехи посредством Гауссовского размытия (коэффициент размытия 0,6001)

Разработанная программа позволяет проводить сжатие данных, следуя указанным шагам, показывая изображения, полученные на каждом этапе. Выходной файл содержит сжатое посредством полуадаптивного кодера Хаффмана изобра-

жение в виде заголовка исходного растра (без палитры) (40 б), а также весовых коэффициентов DCT. Очевидно, что если регламентировать формат передаваемого между АНПА и надводной станцией изображения, заголовок растра можно не указывать.

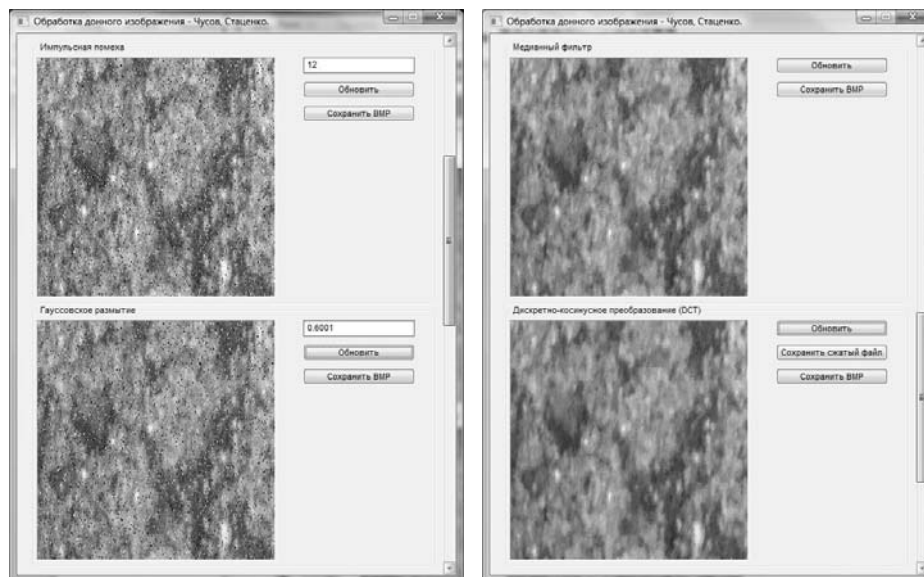


Рис. 2. Импульсная помеха (12 %) и уменьшение ее медианным фильтром. Справа внизу – изображение, обработанное сначала кодером DCT, а затем декодером IDCT

Видно, что использованные здесь фильтры и компрессоры работают довольно эффективно. Представленная схема параллельной обработки донного изображения позволит повысить скорость подготовки изображения к передаче по гидроакустическому каналу связи. Используемый кодер, обеспечивающий фактор сжатия около 8,3, уменьшает размер передаваемых данных до приемлемого значения, что показано в начале статьи. При использовании дополнительных энтропийных кодеров (например, RLE), а также квантования коэффициентов DCT фактор сжатия можно дополнительно повысить.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сэломон Д. Мир программирования. Сжатие данных, изображений и звука / Д. Сэломон. – М.: Техносфера, 2004. – 368 с.
2. Смирнов А. Цифровое телевидение. От теории к практике / А. Смирнов. – М.: Техносфера, 2002. – 347 с.
3. Поляков А. Методы и алгоритмы компьютерной графики в примерах на Visual C++ / А. Поляков. – 2-е изд. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 540 с.
4. Чусов А. Система цифровой беспроводной коммуникации автономного необитаемого подводного аппарата с управляющей станцией / А.А. Чусов, Л.Г. Стаценко, Ю.В. Миргородская // Технические проблемы освоения Мирового океана: Всеросс. науч.-техн. конф. – Владивосток, 2009.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н. Н.Н. Чернов.

**Чусов Андрей Александрович**

Дальневосточный государственный технический университет (ДВПИ им. Куйбышева).

E-mail: lpsztemp@gmail.com.

690108, г. Владивосток, ул. Артековская, д. 3, кв. 19.

Тел.: +79147315896.

Аспирант.

**Chusov Andrey Alexandrovich**

The Far Eastern National Technical University.

E-mail: lpsztemp@gmail.com.

3-19, Artekovskaya Sreet, Vladivostok, 690108, Russia.

Phone: +79147315896.

Postgraduate Student.

УДК 534.222

**Б.А. Сальников, Е.Н. Сальникова, Л.Г. Стаценко, С.Ю. Кулик**

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПОДВОДНЫХ АКВАТОРИЙ  
НАПРАВЛЕННЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЗВУКА \***

*Целью работы является анализ взаимодействия акустических полей подсветки в многолучевых подводных волноводах со случайно-анизотропными и локальными неоднородностями поля скорости звука (ПСЗ). Показано, что при произвольном выборе величины углового раскрытия источника приёмной системой, состоящей из одной вертикальной эквидистантной антенной решетки (ВЭАР), невозможно обнаружить наличие линз в подводном волноводе (ПВ) на фоне изменяющейся стохастичности ПСЗ. В работе обоснована принципиальная возможность выбора угла раскрытия излучающей системы, позволяющего определить наличие линз в ПВ одной ВЭАР.*

*Случайно-неоднородные подводные волноводы; стохастическое моделирование; антропогенные нарушения поля скорости звука.*

**B.A. Salmnikov, E.N. Salmnikova, L.G. Statsenko, S.Y. Kulik**

**ECOLOGICAL MONITORING OF UNDERWATER AREAS OF DIRECTED  
SOUND SOURCES**

*The given paper's purpose is analysis of interaction of acoustic fields lightings in multi-ray underwater waveguides with random anisotropic and local inhomogeneities of sound velocity fields (SVF). It is shown that when a receiving system containing of one vertical equidistant antenna array (VEAA) arbitrary chooses an aperture angle value of source it is impossible to determine presence of lenses in underwater waveguides (UW) against changing stochasticity of sound velocity fields (SVF). The possibility in principle to choose such aperture angle value of source system which enables to determine lenses presence in UW with one VEAA is proven in the paper.*

*Randomly inhomogeneous underwater waveguides; stochastic modeling; human disturbance sound speed field.*

Исследование влияния океанических неоднородностей на звуковые поля подсветки водной среды – фундаментальная проблема акустики океана. Реальная мор-

---

\* Работа выполнена при поддержке федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» мероприятие 1.2.2 «Проведение научных исследований научными группами под руководством кандидатов наук» (Гос. контракт № 2524 от 20.11.09 г.).