

## **Литература**

1. Горбачев В.Г. Что такое «топологические» отношения в цифровой картографии и для чего топологические отношения нужны в геоинформатике? // [www.integro.ru](http://www.integro.ru) — сайт ГИС Ингео ЗАО ЦСИ «Интегро», 1997 г.
2. Андрианов Д.Е., Булаев А.В. Алгоритм представления сложных топологических отношений в геоинформационных системах // Труды Российского научно-технического общества радиотехники, электроники и связи имени А.С. Попова. Серия: Цифровая обработка сигналов и ее применение. Выпуск: VIII-2. Москва, 2006. стр. 604-606.
3. Булаев А.В. Топологические отношения в географических информационных системах // Системы и методы обработки и анализа информации: Сборник научных статей / Под ред. С.С. Садыкова, Д.Е. Андрианова — М.: Горячая линия — Телеком, 2005, с. 70-77
4. Egenhofer M., Sharma J. Topological Relations in  $R^2$  and  $Z^2$  // Advances in Spatial Databases – Third International Symposium on Large Spatial Databases SSD'93. Singapore D. Able and B.C. Ooi (eds.). Lecture Notes in Computer Science. Vol. 692. Springer – Verlag, pp. 316-336, June 1993.
5. Булаев А.В. Использование алгебры логики в представлении топологических отношений // Математическое и программное обеспечение информационных систем: Межвуз. сб. науч. тр. / Под ред. А.Н. Пылькина – М.: Горячая линия - Телеком, 2006. 100 с.

УДК 681.3

## **Кодирование дискретных шумоподобных сигналов в системах видеомониторинга**

Середа С.Н., Гай В.Е.

*Муромский институт Владимирского государственного университета  
602264, г. Муром, Владимирской обл., ул. Орловская, 23  
E-mail: iamuser@inbox.ru*

*В статье рассмотрена модель изображения и алгоритмы восстановления изображения на основе случайного шумоподобного поля с адаптивным выбором статистических параметров и показаны результаты применения предложенной модели при решении практических задач.*

## **Введение**

На изображение при приёме и передаче по каналам связи действует случайный шум, ухудшающий качество визуального восприятия картины. Кроме того, вследствие ограничений, накладываемых полосой пропускания канала, требуется осуществить предварительное сжатие изображения. Таким образом, улучшение качества изображения, снижение уровня шума, уменьшение избыточности изображения с целью его эффективного кодирования является актуальной задачей в системах связи. Учитывая, что большинство реальных изображений с позиций теории сигналов являются Марковскими случайными полями, в работе рассматривается модель пред-

ставления изображения и алгоритмы реконструкции, пригодные для использования в системах видеомониторинга и телеконференций [1].

### 1. Модель изображения

Было установлено, что часть битовых срезов полутонового изображения представляет собой шумоподобные поля, которые не поддаются эффективному сжатию известными методами и передаются по каналу связи, повышая требования к скорости передачи и полосе пропускания [2]. Однако, такие поля содержат информацию о контурах, перепадах в виде пространственной компоненты детализации изображения (НР), и по существу являются слабо коррелированными с аппроксимирующей пространственной компонентой, содержащей грубую форму изображения (LP). Тогда изображение можно представить в виде модели

$$S_{ij} = L_{ij} + H_{ij}, \quad (1)$$

где  $S_{ij}$  – значения яркости пикселей цифрового изображения;  $L_{ij}$  и  $H_{ij}$  – LP и НР компоненты;  $i \in \overline{1, N}, j \in \overline{1, M}$  – координаты пикселей изображения;  $M, N$  – размеры изображения.

Выделить обе компоненты изображения можно операцией сплитинга, маскируя старшие и младшие биты в бинарном представлении пикселей цифрового изображения

$$\begin{cases} L_{ij} = S_{ij} \text{ and } 240 \\ H_{ij} = S_{ij} \text{ and } 15 \end{cases} \quad (2)$$

### 2. Алгоритм реконструкции изображения

После операции сплитинга LP компонента изображения может хорошо сжиматься различными алгоритмами без потерь до передачи по каналу связи. На стороне приемника она подвергается декомпрессии и аддитивно смешивается со сгенерированным случайным полем с равномерным законом распределения. В результате получается полутоновое изображение, содержащее 256 градаций уровня серого.

Алгоритм реконструкции состоит из следующих шагов:

1) генерация случайного шумового поля  $n_{ij}$  с равномерным законом распределения случайной величины, нулевым средним, дисперсией  $\sigma_n^2 = 18,75$  и динамическим диапазоном  $D=16$  по дискретной шкале яркости уровня серого.

2) обработка полученного в приемнике сигнала изображения  $S_{ij}$  сглаживающим фильтром, локальной скользящей маской в окне  $3 \times 3$ ;

3) операция сплитинга отфильтрованного изображения на аппроксимирующую  $\bar{L}_{ij}$  и детализирующую компоненты  $\bar{H}_{ij}$ ;

4) реконструкция конечного изображения согласно формуле

$$\tilde{S}_{ij} = S_{ij} + \bar{L}_{ij} + n_{ij}. \quad (3)$$

Для улучшения качества визуального восприятия изображения на выходе используется низкочастотный фильтр, сглаживающий всплески шума и подавляющий гранулированную структуру, но с сохранением контуров объектов на изображении. В качестве такого фильтра можно использовать «сигма» – фильтр, который является статистически адаптивным к уровню шума на изображении [3]. Значения пикселей отфильтрованного изображения определяются формулой

$$\bar{S}_{ij} = \sum_{k=1}^{Ml} \sum_{l=1}^{Nl} \delta_{kl} \cdot \tilde{S}_{ij} / \sum_{k=1}^{Ml} \sum_{l=1}^{Nl} \delta_{kl}, \quad (4)$$

где  $\tilde{S}_{ij}$  - значение центрального элемента в окне;  $\sigma_n$  - СКО шумового поля;  $k \in \overline{1, Ml}; l \in \overline{1, Nl}$  - координаты пикселей в окне;  $Ml, Nl$  - размеры окна фильтрующей маски;  $\delta_{kl}$  - весовые коэффициенты локальной маски, определяемые по формуле

$$\delta_{kl} = \begin{cases} 1, & \text{если } (1 - 2\sigma_n)S_{ij} \leq S_{kl} < (1 + 2\sigma_n)S_{ij}, \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}, \quad (5)$$

где  $S_{ij}$  – значение яркости центрального элемента окна.

В предложенной модели изображения СКО шумового поля  $\sigma_n$  определяется на этапе его генерации в приемнике

$$\sigma_n = \frac{1}{n * m} \sqrt{\frac{(b-a)^2}{12}}, \quad (6)$$

где  $a, b$  - интервал изменения случайной величины  $[0, 15]$ .

Когда сумма всех весовых коэффициентов  $\delta_{kl}$  меньше величины заданного порога  $P$ , выходное значение берется как среднее по четырех- связанной окрестности в окне.

Порог  $P$  также может быть вычислен по статистическим характеристикам случайного поля, сгенерированного в приёмнике

$$P = \frac{1}{2} * \frac{(b+a)}{2}. \quad (7)$$

Величина среднеквадратической ошибки  $R$  позволяет оценить количественно качество восстановленного изображения по сравнению с известным оригиналом.

$$R = \frac{1}{M \cdot N} \sqrt{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N |S_{ij} - \bar{S}_{ij}|^2}, \quad (8)$$

где  $S_{i,j}$ ,  $\bar{S}_{i,j}$  - пиксели исходного и восстановленного изображений.

Результат фильтрации можно оценить и по отношению сигнал/шум.

$$T = 10 \cdot \text{Log} \left( \frac{\sigma_s^2}{\sigma_n^2} \right) = 20 \cdot \text{Log} \left( \frac{1}{M \cdot N} \sqrt{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \left( \frac{\bar{S}_{ij}^2}{\sigma_n^2} \right)} \right), \quad (9)$$

где  $\sigma_s^2, \sigma_n^2$  - дисперсии сигнала и шума.

Типичные значения этих числовых оценок  $T = 20$  дБ при  $\sigma_n = 25$ , и  $T = 40$  дБ при  $\sigma_n = 2,5$ .

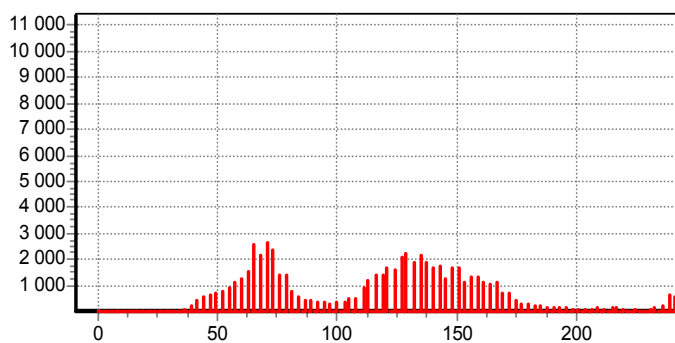
### 3. Результаты экспериментов

В качестве тестового изображения в эксперименте использовалось изображение типа "портрет", показанное на рис.1.

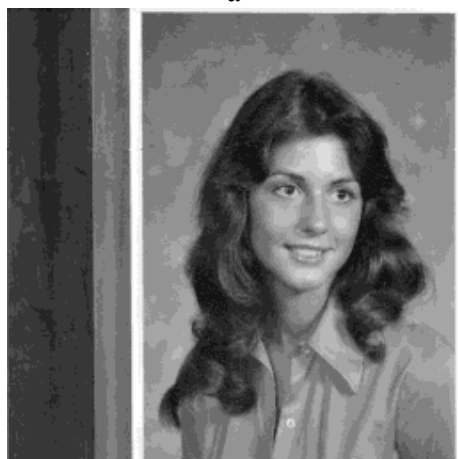
Эксперимент заключался в оценке качества восстановления изображения по предложенному алгоритму и приложению метода реконструкции к задачам выделения границ и сжатия изображений. Результаты эксперимента приведены на рис.2 и в таблице 1.



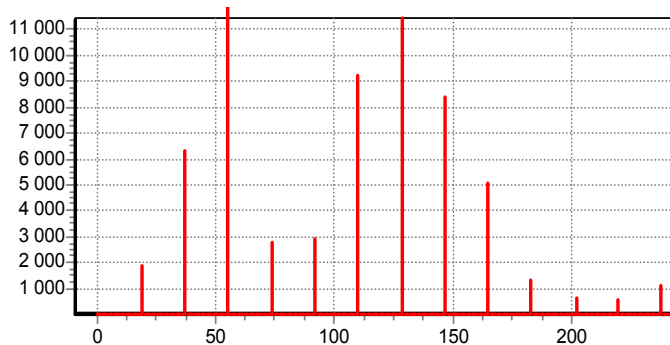
а



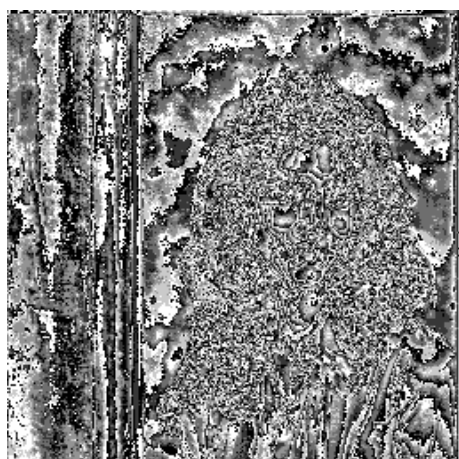
б



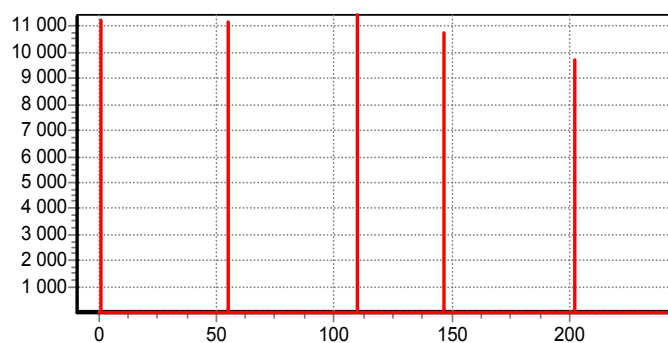
в



г



д

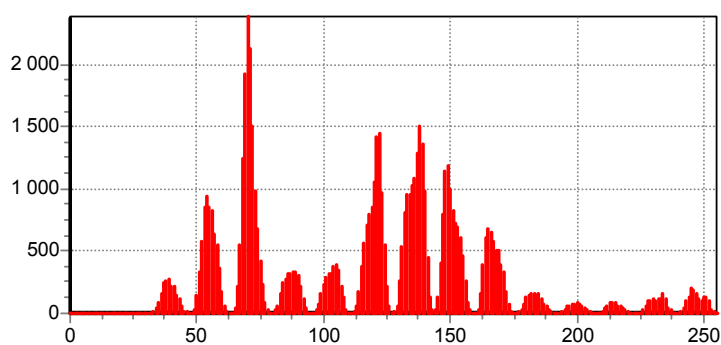


е

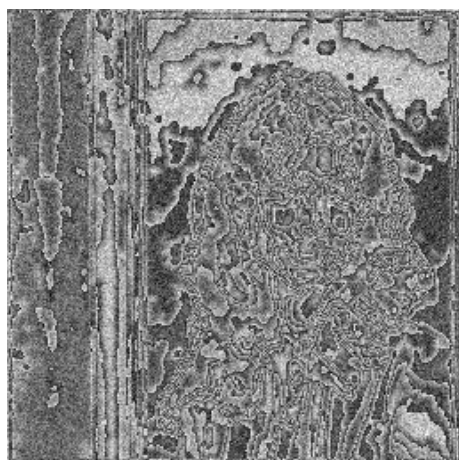
**Рис. 1.** Тестовое изображение типа «портрет» и его составляющие  
а) исходное изображение; б) гистограмма исходного изображения; в) LP компонента; г) гистограмма LP компоненты; д) HP компонента; е) гистограмма HP компоненты



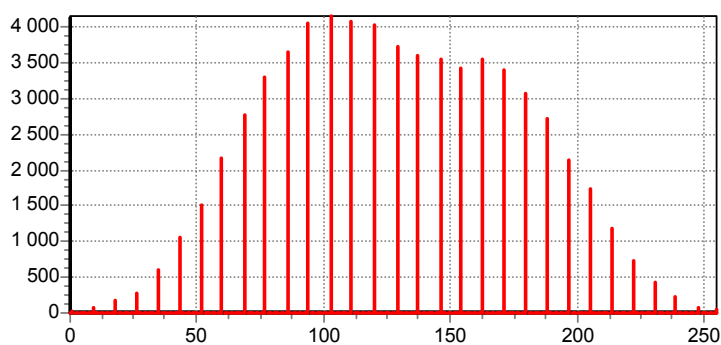
а



б



в



г



**Рис.2.** Результаты экспериментов: а) восстановленное изображение; б) гистограмма восстановленного изображения; в) сгенерированная НР компонента составляющая; г) гистограмма сгенерированной НР компоненты; д) выделенные контуры по исходному изображению; е) выделенные контуры по LP компоненте изображения

Таблица 1. Результаты экспериментальных исследований

Метод/показатель качества	Коэффициент сжатия	R	T, (дБ)
Восстановление с использованием только LP компоненты, (метод LZV)	2,1 (4,4)	7,52	30,17
Восстановление с использованием LP компоненты и наложения шума по алгоритму (3), (метод LZV)	2,1 (4,4)	4,054	30,10
JPEG, сжатие с наилучшем качеством	2,4	2,437	29,32
Haar Wavelet, сжатие с наилучшем качеством	4,2	10,595	23,93

Учитывая, что НР компонента изображения является бесполезной при выделении границ объектов и контуров, она явно избыточна, так как поле шума является не дифференцируемым процессом. Как следствие результаты применения предложенной модели изображения в задаче выделения контуров изображения в целом не хуже, чем при обработке всего исходного изображения.

Оценка качества восстановления изображения проводилась в сравнении с известными методами сжатия изображений JPEG и Haar Wavelet с параметрами сжатия, обеспечивающими наилучшее качество при наименьших потерях и наименьшем достижимом значении коэффициента сжатия. Для предложенной модели изображения дополнительно использовался LZV алгоритм сжатия без потерь.

- Восстановленное изображение имеет хорошее качество с точки зрения визуального восприятия. Предложенный алгоритм может быть ис-

пользован в системах передачи видео сигналов с уплотнением каналов, а также при сжатии изображений.

## **Литература**

1. Методы компьютерной обработки изображений / Под ред. В.А. Соифера. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 784 с.
2. Salomon, D. A Guide to Data Compression Methods. Springer-Verlag, New York, 2002.
3. Gonzalez K. Wintz P. Digital Image Processing. Addison-Wesley Publishing Company, 1987.

УДК 519.95

## **Распределенная система мониторинга и прогнозирования экологического состояния окружающей среды**

Суворова Г.П.

*Муромский институт Владимирского государственного университета  
602264, г. Муром, Владимирской обл., ул. Орловская, 23  
E-mail: electron@mivlgu.ru*

*В статье рассмотрены вопросы проектирования распределенной системы мониторинга и прогнозирования экологического состояния окружающей среды. Рассмотрены вопросы моделирования состояния экосистемы при техногенных воздействиях на окружающую среду.*

Целью экологического мониторинга является контроль качества окружающей среды, а именно обеспечение соблюдения действующих природоохранных правил, требований и норм на всех этапах производства.

В настоящее время ведомственная разобщенность не способствует выработке единого критериального подхода к нормированию допустимых воздействий или концентраций вредных веществ в окружающей среде.

Существующие в настоящее время системы контроля окружающей среды проводят замеры выбросов на промышленных предприятиях эпизодически, что существенно снижает адекватность реальной обстановке и измеряемых данных по экологическому состоянию окружающей среды.

Распределенная система мониторинга окружающей среды и прогнозирования экологического состояния промышленно развитого региона предназначена для выполнения следующих функций [1]:

- автоматический и автоматизированный сбор информации от арбитражных стационарных постов и передвижных лабораторий контроля выбросов;
- ведение баз данных информации о выбросах и информации, собранной службами наблюдения с обеспечением надежности хранения информации и защитой от несанкционированного доступа;