

между отсчетами. Для процесса, характеризуемого шумом Гаусса, превалируют неограниченные дальние связи между отсчетами. Для процесса детерминированного хаоса (ритм сердца) превалируют ограниченные переменные связи между отсчетами, определенные влиянием того или иного механизма контроля, регуляции и управления. Количество соседей, «цепляемых» данным кардиоциклом может служить мерой  $m$  детерминизма ритма сердца. При росте  $i$  происходит последовательная потеря детерминизма. При росте  $m$  устойчивость ритма растет, «горизонт предсказуемости» ритма падает, а уровень функционального состояния организма растет. Уменьшение  $m$  приводит к росту риска внезапной сердечной смерти.

Превалирование в ритме сердца хаотической составляющей в форме шума Гаусса при росте  $m$  может означать проявление дальних связей между отсчетами на ДРС (механизмы контроля) и слабое участие ближних связей (механизмы регуляции и управления) в формировании ритма сердца.

### Литература

1. Кавасма Р.А. Ярусный метод анализа RR-интервалограмм // Биомедицинская радиоэлектроника. № 12, 2007. – С. 62-64.
2. Кузнецов А.А. Методы анализа и обработки электрокардиографических сигналов: Новые подходы к выделению информации. Владимир: Изд. ВГУ, 2008. – 140 с.
3. Дубров А.П. Симметрия биоритмов и реактивности. М.: Наука, 1987. – 238 с.
4. Анохин П.К. Философские аспекты теории функциональной системы. М.: Наука, 1978. – 400 с.
5. Прилуцкий Д.А. Накопитель ЭКГ «AnnA Flash2000» // Методы и средства измерений физических величин. Н.Новгород: Изд. НГТУ, 2006. – С. 31.
6. Medical Computer Systems, Zelenograd, Moscow: <http://www.mks.ru>
7. Инструментальные методы исследования сердечно-сосудистой системы. Под ред. Т. С. Виноградовой. М.: Медицина, 1986. – 416 с.
8. Кузнецов, А.А. Энтропия ритма сердца. Владимир: Изд. ВГУ, 2009. – 172 с.
9. Программа Fractan 4.4. Институт математических проблем биологии РАН: [sychyov@impb.ru](mailto:sychyov@impb.ru) <http://impb.psn.ru/~sychyov/>
10. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Введение в донозологическую диагностику. М.: Фирма «Слово», 2008. – 176 с.

## ТЕХНОЛОГИИ РАДИОСВЯЗИ, РАДИОВЕЩАНИЯ И ТЕЛЕВИДЕНИЯ

УДК 621.397.6.049

### РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ АЛГОРИТМА И ФОРМЫ АМПЛИТУДНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦВЕТОКОДИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

*Балобанов А.В., Балобанов В.Г., Безруков В.Н.*

Рассмотрены вопросы согласования объема визуальной информации в черно-белом изображении с пропускной способностью зрительного анализатора. Приведены практические рекомендации по выбору алгоритма и формы амплитудной характеристики цветокодирующего устройства (ЦКУ). Предложена методика определения оптимальных алгоритмов цветового контрастирования в зависимости от структуры черно-белого изображения.

#### Постановка задачи

При анализе черно-белых изображений возможности зрительной системы человека используются не полностью: происходит значительная потеря информации из-за рассогласования объема содержащейся информации в черно-белом изображении с возможностями (пропускной способностью) зрительного анализатора. Поэтому независимо от типа те-

левизионной (ТВ) системы и области ее применения в большинстве случаев целесообразно представлять изображение в цвете. Цвет обеспечивает согласование параметров изображения с физиологическими особенностями зрения. Сущность метода цветового кодирования заключается в преобразовании черно-белого изображения в цветное по признакам, отображающим определенные свойства изображения.

Правильное кодирование превращает очень сложную задачу распознавания образов в простую и доступную. Это достигается тем, что плавному изменению яркости исследуемого объекта должно соответствовать и плавное изменение цвета.

Повысить вероятность обнаружения малоконтрастного объекта в изображении можно путем введения в видеотракт гамма-коррекции [1]:

$$P_0 = \frac{1}{2} + \Phi \left[ \frac{\Psi_\phi (K - \frac{K_{II}}{\gamma})}{\sqrt{2}} \right], \quad (1)$$

где  $\Psi_\phi$  – отношение сигнал/шум,  $K$  – контраст обнаруживаемой детали,  $K_{II}$  – пороговая контрастная чувствительность зрительного анализатора.

Как видно из соотношения (1), применение  $\gamma$ -коррекции эквивалентно изменению пороговой контрастной чувствительности зрения в  $\gamma$  раз, что (при  $\gamma > 1$ ) повышает вероятность обнаружения малоконтрастной детали. Гамма-коррекция расширяет диапазон значений видеосигнала в одних участках за счет подавления в других.

Когда полезную информацию несет только часть динамического диапазона видеосигнала, наряду с  $\gamma$ -коррекцией черно-белое изображение подвергают цветовому контрастированию, что дополнительно многократно повышает различимость деталей в изображении. В раскрашенном изображении возможно обнаружение объектов, контраст которых меньше контрастной чувствительности зрения при рассмотрении черно-белого изображения.

Цветовое кодирование особенно эффективно при высоких отношениях сигнал/шум ( $\Psi_\phi > 50$ ). При  $\Psi_\phi < 20$  применение  $\gamma$ -коррекции не рекомендуется, так как увеличивается вероятность ложной тревоги. Можно также применить метод масштабирования с ограничением, заключающийся в том, что необходимый участок диапазона сигнала растягивается на весь допустимый динамический диапазон видеосигнала и раскрашивается. Детали за пределами выбранного участка подавляются.

При достаточно высоком отношении сигнал/шум ( $\Psi_\phi > 50$ ) и не равномерном распределении информации по динамическому диапазону видеосигнала используют  $\gamma$ -коррекцию или масштабирование с ограничением в совокупности со цветовым кодированием.

### Алгоритмы цветокодирования

При практической реализации контрастирования черно-белых изображений необходимо иметь набор из 6-7 составленных программ для отобранных заранее алгоритмов цветокодирования. Далее путем теоретического анализа структуры исследуемого изображения подбирают 2-3 алгоритма кодирования и экспериментально на мониторе компьютера проводят сравнительный анализ раскрашенных в условные цвета изображений. По результатам экспериментальной про-

верки выбирают оптимальную форму амплитудной характеристики: линейную, нелинейную (с  $\gamma$ -коррекцией) или с масштабированием. При масштабировании оставляют для исследования только один участок, учитывая при этом яркость фона изображения, на котором расположены детали (информация). Выделенный участок раскрашивают, а остальные ограничивают.

Проведенные эксперименты подтвердили результаты теоретических исследований по определению оптимальных форм амплитудных характеристик ЦКУ и алгоритмов раскрашивания черно-белых изображений. В соответствии с вышеизложенным было смоделировано на персональном компьютере цветокодирующее устройство (ЦКУ). Были разработаны 10 программ для раскрашивания черно-белых изображений, в качестве которых исследовались рентгенограммы, черно-белые изображения производственного и научного назначения.

Компьютерное моделирование позволяет врачам оперативно по раскрашенным снимкам более точно поставить диагнозы, производителям находить дефекты изготавливаемой продукции, проводить обучение студентов и готовить специалистов по данному направлению. Методика проведения работы на персональном компьютере (ПК) по раскрашиванию черно-белых изображений заключается в следующем (см. рис. 1).

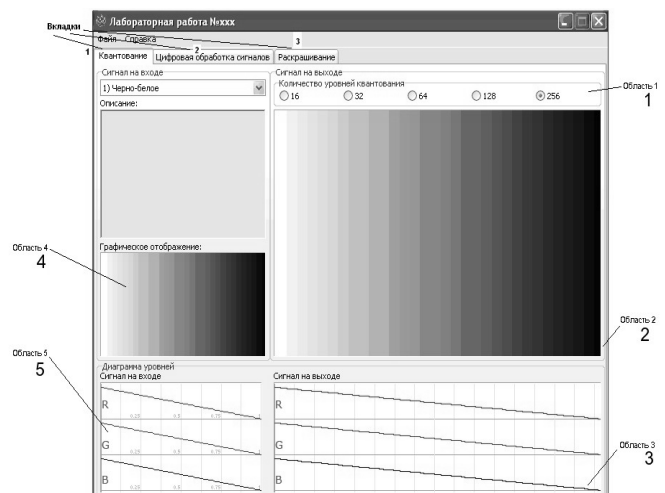


Рис. 1. Главное окно программы

Приступая к работе, для начала нужно рассмотреть и изучить возможные преобразования данного изображения, а именно: исследуемое черно-белое и все наиболее подходящие алгоритмы для раскрашивания заданного черно-белого изображения. Проанализировать все алгоритмы со всеми возмож-

ными уровнями квантования по испытательному изображению. Сохранить наиболее информативные алгоритмы. Области 4 и 2 на рис. 1 позволяют определить необходимое число уровней квантования для исключения ложных контуров (определяется по испытательному изображению). Области 5 и 3 дают осциллограммы сигналов раскрашенных изображений для выбранного алгоритма кодирования. Нажимая на вкладку 3, можно производить раскрашивание реальных изображений по уже исследованным ранее алгоритмам. В окне «Описание» можно поместить выбранный алгоритм раскрашивания (см. рис. 2). Для наглядности в программу встроены два рентгеновских изображения человеческой кисти и челюсти (см. рис. 3-4). В «области» 5 на рис. 3 логично выбрать свое собственное изображение и проводить экспериментальную часть уже с ним (см. рис. 3). Область 3 содержит испытательный черно-белый клин и раскрашенный по заданному алгоритму клин. Сравнивая их, легко определить яркость исследуемого изображения для определения дефекта.

На рис. 1 в области 4 показано изображение проквантованное на 1024 уровня (визуально не различимы), а область 5 дает осциллограммы сигналов этого изображения. В области 2 аналоговый сигнал проквантован на меньшее число уровней (16; 32; 64; 128; 256). В области 3 расположены осциллограммы сигналов исследуемого изображения. Вкладки позволяют наблюдать испытательные и реальные изображения на экране монитора. Проводя сравнения изображений, можно убедиться в достоверности теоретически выкладок. К примеру, рассматривая черно-белое изображение испытанного клина при 128 уровнях квантования, визуально мы не замечаем переходов, тогда как рассматривая это изображение после обработки, мы ясно видим переходы между цветами, наблюдая «ступеньки».

Таким образом, описанная методика определения оптимального алгоритма кодирования раскрашивания черно-белого изображения поможет специалисту более оперативно работать с исследуемым материалом, не допуская при этом грубых ошибок.

Выбор оптимального алгоритма кодирования зависит от характера черно-белого изображения и поставленной задачи. Следует также отметить трудности визуального определения яркости раскрашенных участков. Практически это делается сравнением исследуемых участков с испытательным изображением, яркость которого монотонно увеличивается. Эта задача упрощается, если использовать свойства зрения: визуальная яркость увеличивается от темно-синего до желто-зеленого.

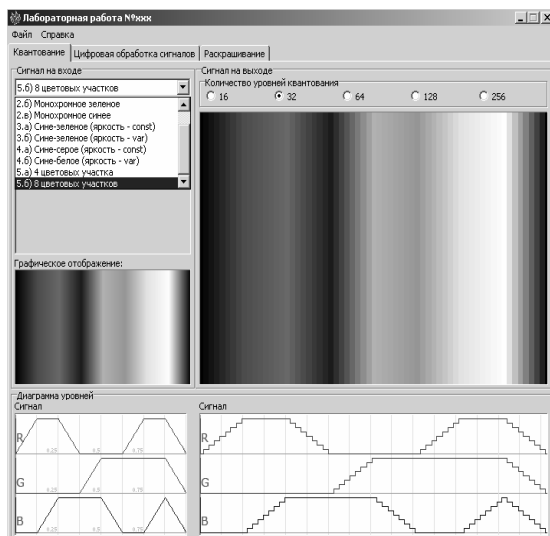


Рис. 2. Окно программы: цветное изображение

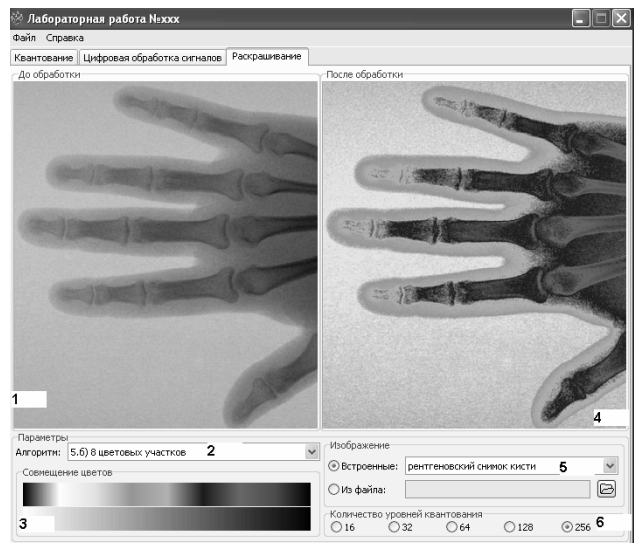


Рис. 3. Главное окно программы (вкладка 3)



Рис. 4. Изображение «Челюсть», 8 цветовых участков

Хотя информационная емкость этого варианта кодирования не является максимальной, но здесь легко определить относительную яркость интересующего участка.

Естественно, выбор оптимального алгоритма кодирования зависит от конкретной задачи, поставленной перед оператором. Например, требуется выделить на изображении все участки заданного интервала яркости. Поставленная задача может быть решена двумя путями:

- выделенный участок растягивают от черного до белого, то есть до полного динамического диапазона преобразователя сигнал-свет. Остальные участки на экране преобразователя не воспроизводятся, уходя в область отсечки и насыщения модуляционной характеристики кинескопа. Информационная емкость при этом увеличивается только за счет растягивания динамического диапазона участка выделенного сигнала черно-белого изображения. Описанная операция повторяется, при необходимости, для всех участков изображения;

- цветовое кодирование выделенного участка многократно увеличивает информационную емкость изображения. При необходимости заданный интервал яркости также может быть разбит на участки, каждый из которых растягивается до полного размаха сигнала цветного кинескопа. При большой зашумленности изображения выделенные участки рекомендуется рассматривать на участках выше уровня серого, где помехи визуальнее менее заметны, чем на темных участках.

Второй способ позволяет наблюдать все раскрашенные участки одновременно или последовательно, раскрашивая выделенные участки в соответствии с рекомендациями работы [4].

### Контрастирование в Adobe Photoshop

Adobe Photoshop – растровый графический редактор, являющийся лидером рынка в области коммерческих средств редактирования растровых изображений. Photoshop тесно связан с другими программами для обработки медиафайлов, анимации и другого творчества.

Практически все представленные в работе алгоритмы реализуются в данной программе, но здесь можно столкнуться со следующим трудностями:

- в данной программе невозможно провести квантование, чтобы изучить все тонкости дискретизации по уровню видеосигнала;

- при разбивке изображения на несколько участков придется вручную подбирать каждый

цвет. Этот процесс крайне трудоёмок и требует больших временных затрат;

- Photoshop является коммерческой программой, цена одной лицензионной копии составляет примерно 60 т.р.

Предложенная выше методика раскрашивания черно-белых изображений имеет значительные преимущества перед программой Photoshop:

- позволяет реализовать большее количество алгоритмов (более оперативно);

- простота использования, не требующая специальных навыков работы с ПК;

- является практически бесплатной и универсальной: ее можно использовать как в учебном процессе, так и на производстве, потому более удобна, чем Photoshop.

### Выводы

1. Цветовое контрастирование черно-белого изображения повышает визуальную информационную емкость исходного изображения. Хотя содержащиеся в изображении информация не увеличивается, но благодаря лучшему согласованию его параметров с особенностями зрения возможности и резервы зрительной системы человека используется более эффективно.

2. Аналоговым способом цветового контрастирования присущие серьезные недостатки: невозможность изменения алгоритма цветового кодирования от ЭВМ; переходные процессы, возникают в устройствах в моменты срабатывания, приводят к ложным контурам в изображении [2].

3. Дискретные способы цветового контрастирования в отличие от аналоговых наиболее оперативны, позволяют легко изменять алгоритм кодирования и вести обработку сигнала с помощью ЭВМ [2].

4. При цветовом кодировании видеосигнала с широкой полосой частот рекомендуется перед контрастированием этот сигнал предварительно ограничить по полосе частот, преобразовать в цифровую форму, произвести раскрашивание изображения в условные цвета по заданному алгоритму кодирования и после ЦАП смешать его с исходным высокочастотным сигналом, несущим информацию о мелких деталях [2].

5. Цветокодирующее устройство, составленное из логических элементов, является наиболее простым в настройке, надежным в работе, путем простого переключения позволяет получить 3-4 алгоритма кодирования, рекомендуется для использования в прикладном телевидении – в дефетоскопии, рентгеноскопии, интроскопии и других исследованиях [2].

6. ЦКУ с программируемым алгоритмом кодирования на ОЗУ целесообразно использовать в научных исследованиях.

7. Перспективным, эффективным и практически единственным в смысле оперативности при определении оптимального алгоритма является цветовое контрастирование черно-белых изображений с применением персонального компьютера, который избавляет нас от использования технических средств.

### Литература

1. Данилов В.А., Мазуров А.И. Цветовое контрастирование изображений малоконтрастных объектов // Техника средств связи. Серия «Телевидение». Вып. 2, 1985. – С. 31-36.

2. Балобанов В.Г., Горчаков Б.М. Исследование вопросов цифровой обработки видеосигнала при цветовом контрастировании черно-белых изображений // Информатика, радиотехника, связь. Сборник трудов ученых Поволжья. Вып.6. Самара: 2000. – С. 24-27.

3. Балобанов А.В., Кривоzubов В.П., Балобанов В.Г. Цветовое кодирование черно-белых изображений с помощью персонального компьютера // ИКТ. Т.1, №2, 2003. – С. 51-56.

4. Балобанов А.В., Балобанов В.Г., Кривоzubов В.П. Выбор алгоритма цветового кодирования черно-белых изображений для прикладных систем черно-белого телевидения // ИКТ. Т.3, №2, 2005. – С. 45-49.

## ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ

УДК. 621.391.82

### МОДЕЛИРОВАНИЕ СИГНАЛА СВЯЗИ В СО ЛВВ ПРИ ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРАХ ГРУНТА

*Воеводин С.В., Духан Е.И.*

В статье анализируются результаты моделирования сигнала связи в средствах обнаружения на основе линии вытекающей волны при изменяющихся электрических параметрах грунта. Показано, что применение частотно-модулированного сигнала позволяет повысить устойчивость средств обнаружения на основе линий вытекающей волны (СО ЛВВ) к изменению физических условий внешней среды.

Зависимость характеристик обнаружения от состояния сред распространения электромагнитного поля в СО ЛВВ является одним из существенных недостатков этого класса устройств и, несмотря на очевидные тактические преимущества, ограничивает их применимость для охраны важных государственных объектов. Известно, что модуляция сигнала связи, вызванная изменением температуры и (или) влажности (следовательно, и электрофизических характеристик) грунта при его намокании или высыхании, может приводить в современных образцах СО ЛВВ к формированию недопустимо большого потока ложных срабатываний.

Этот недостаток является следствием фазовых эффектов, имеющих место при формировании сигнала связи. Как математическое моделирование, так и экспериментальные исследования пространственных характеристик ЭМП, возбуж-

даемого передающей линией, показывает, что распределение поля вдоль приемной ЛВВ есть квазипериодическая функция от продольной координаты  $z$ . На рис. 1 приведен характерный вид распределения поля передатчика вдоль оси приемной ЛВВ при двух различных значениях влажности грунта.

Электромагнитное поле, возбуждаемое передающим кабелем, является результатом интерференции нескольких пространственных гармоник, отличающихся друг от друга амплитудами, комплексными коэффициентами распространения, имеющими смешанный вытекающий и поверхностный характер [1-2].

Максимальный вклад в результирующее поле вносит внешняя пространственная волна, поддерживаемая внутренней волной ЛВВ с фазовым коэффициентом  $\beta_n$ , близким, но не равным  $\beta_{лев}$  излучающего кабеля. Для наглядности рассуждений распределение зондирующего поля вдоль оси приемной линии можно представить одиночной пространственной гармоникой с медленно меняющимися амплитудой и начальной фазой:

$$E(z, r) = E_0(z, r) e^{j[\beta_n z + \phi_0(z, r)]}, \quad (1)$$

где  $\beta_n$ ,  $E_0(z, r)$ ,  $\phi_0(z, r)$  – соответственно коэффициент фазы, амплитуда и фаза внешней стоя-