

6. Горшенина, Т.И. О гипоксическом влиянии слабых ПМП на живые организмы / Т.И. Горшенина, Л.Ф. Казимова, А.Э. Фрумкис, В.И. Садовникова // В кн.: Живые системы в электромагнитных полях. – Томск, 1979. – Вып. 2. – С.3–6.

7. Информационный канал // Экология вашего дома и офиса [Электронный ресурс]. – 1997-2011. – Режим доступа: <http://subscribe.ru/archive/home.help.ionization/200601/17121142.html>. – Дата доступа: 02.03.2012.

8. Центр Государственного санитарно-эпидемиологического надзора в Тюменской области [Электронный ресурс]. – Тюмень, 2004. – Режим доступа: <http://www.fondation-pegase.org/news06.htm>. – Дата доступа: 02.03.2012.

9. Малахов, Г.П. Электромагнитное излучение и ваше здоровье / Г.П. Малахов. – СПб: Невский проспект, 2003. – 128 с.

10. Таскаев, Ю. Н. Биоконтроль экстремальных факторов в электроэнергетике: Автореф. дис. на соиск. учен. степ. д.б.н.: Спец. 03.00.16: Спец. 03.00.13 / Ю. Н. Таскаев; [Сиб. НИИ энергетики РАО ЕЭС]. – Новосибирск. – 2001. – 38 с.

УДК 007.681.3.01

Гнатюк С.П.<sup>1,2</sup>, Басов С.В.<sup>3</sup>, Хазизов Р.Ю.<sup>1</sup>, Чунаев А.В.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> ФГУВО Санкт-Петербургский государственный университет кино и телевидения, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация,

<sup>2</sup> Северо-Западный институт печати ФГУВО Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна,

г. Санкт-Петербург, Российская Федерация,

<sup>3</sup> УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест

<sup>4</sup> Санкт-Петербургский Национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики,

г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

## **КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТОВ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ НА ОСНОВАНИИ АНАЛИЗА ИХ ДВУХГРАДАЦИОННЫХ (БИНАРИЗОВАННЫХ) ИЗОБРАЖЕНИЙ. I. ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТАТИСТИЧЕСКОГО ПОДХОДА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЕЙ БИНАРИЗАЦИИ**

The article proposes approach which can provide the basis for new instrumental methods of evaluation of different object parameters basing on analysis of their binarized images.

При проведении исследований в различных областях человеческой деятельности широко применяются методы, которые основаны на анализе изображений объектов различной природы. Однако получаемая информация зачастую носит качественный характер, что связано с объективными трудностями при получении количественных оценок даже при условии использования перспективных цифровых технологий (например, часто возникают проблемы оценки достоверности полученных данных в связи с потерей части информации в результате цифровой фильтрации и пр.). Это провоцирует появление новых алгоритмов, которые основаны в том числе и на статистическом подходе к анализу параметров исходных изображений, что может обеспечить получение результатов с заранее определенным уровнем достоверности.

В работе предложено использовать в качестве априорной информации для выделения информационно – значимых двухградационных (бинаризованных) элементов изображения результаты математического моделирования его гистограммы, которая, по мнению авторов, содержит всю необходимую информацию для наиболее обоснованного определения уровней бинаризации. Такой подход может резко снизить вероятность ошибок при интерпретации полученных данных, причиной которых может быть, например, слабая воспроизводимость условий получения первичного изображения.

Основным понятием, которое широко используется в многочисленных методах, лежащих в основе системного подхода к анализу информации, является понятие энтропии, причем выражения для "термодинамической" (в трактовке Больцмана) и "кибернетической" энтропии совпадают.

С энтропией тесно связано собственно понятие информации, точнее – ее количество. Если исходное состояние системы можно характеризовать определенной начальной энтропией  $H_1$ , а после преобразования сигнала – ее текущим значением –  $H_2$ , то количество информации определяется выражением  $I = H_1 - H_2$ . Физический смысл характеристик, которые предлагается использовать в рамках рассматриваемого метода, позволяет применять их и для анализа изображений, причем значимые результаты могут быть получены при количественной оценке их особенностей для идентификации и измерения различных характеристик объекта исследования [1–3].

В теории информации энтропию как меру количества информации, возможности выбора и неопределенности принято оценивать как:

$$H = \sum_{i=1}^n p_i \log_a p_i, \quad (1)$$

где  $p_i$  – вероятность появления дискретного события  $i$ ;

$a$  – основание логарифма;

$n$  – количество интервалов группирования данных.

Если в качестве основания логарифма  $a$  выбрано число 2, энтропия измеряется в битах.

Величина  $H$  есть энтропия дискретного множества вероятностей (средняя собственная информация), которая представляет собой количественную меру степени неопределенности исхода случайного опыта и которая зависит не от индивидуальных свойств результата опыта, а от соответствующих вероятностей, тогда максимальное разнообразие системы вычисляется по формуле Хартли:

$$H_{\max} = \log_2 n \quad (2)$$

Таким образом, справедлива формула:

$$-0 \leq H \leq H_{\max} \quad (3)$$

То есть максимум энтропии соответствует наибольшей неопределенности или равенству вероятностей всех возможных исходов опыта.

Исходные данные для вычисления энтропии системы представляют собой вариационный ряд, например, гистограмму распределения элементов изображения по значениям яркости, поэтому его энтропия будет зависеть от количества уровней, а при одинаковом количестве уровней – от их закона распределения. Тогда информационную загрузженность системы можно вычислить по формуле:

$$h = H / H_{\max} \quad (4)$$

Величину  $h$  можно интерпретировать как относительную энтропию, которая является мерой близости распределения пикселей по яркости исследуемого объекта к равномерному закону распределения.

Другой характеристикой, связанной с энтропией, является избыточность. Данная величина показывает, какая доля информации является избыточной, она дает соотношение между полным количеством информации, «шумом» (фактически это есть источник полезной информации об индивидуальных особенностях изображения изучаемого объекта, которые могут быть связаны с его природой или изменениями, которые могут происходить за счет протекания каких – либо процессов) и сохранившейся упорядоченностью системы.

Избыточность может быть вычислена как:

$$D = 1 - H / H_{\max} \quad (5)$$

Очевидно, что для полутонового изображения с 256 градациями яркости энтропия не превышает 8, а избыточность при равномерном законе распределения равна нулю. Кроме того, понятие избыточности можно использовать при обосновании возможности применения тех или иных методов анализа и адекватности типа выбранной модели.

Так как исходные данные для вычисления информационных характеристик изображения можно почерпнуть из анализа вида его гистограммы распределения значений интенсивности пикселей (6), то при условии, что гистограмма построена по частотам, выражение (1) можно привести к виду (7):

$$\omega_i = n_i / N, \quad (6)$$

где  $n_i$  – количество пикселей, принадлежащих данному значению яркости;  
 $N$  – общее количество пикселей;

$\omega_i$  – частота, с которой встречаются пиксели данной яркости в изображении;

$$H = - \sum_{i=1}^n \omega_i \log_a \omega_i \quad (7)$$

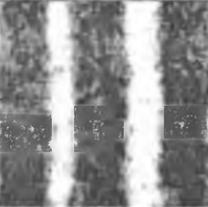
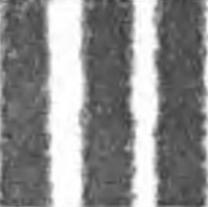
Предлагаемый подход может быть использован в материаловедении при необходимости получения количественной информации об изменении состояния либо свойств различных материалов в результате протекания процессов как внутри объекта исследования, так и на его поверхности в том числе под влиянием внешних факторов.

Для экспериментальной проверки обоснованности предлагаемого подхода было проведено исследование особенностей поведения системы «бумага – компоненты чернил (красок) для цифровой струйной печати» и ее влияние на величины энтропийных параметров увеличенного изображения тест – объекта, таблица 1. Рассчитанные значения информационных характеристик изображения исходного тест - объекта и его изображений на различных типах материалов (бумаг) для струйной печати различного качества показали, что имеют место значительные изменения в распределении яркостной информации в зависимости от природы и качества образцов носителей, а это сказывается на существенном изменении величин избыточности, энтропии, ее относительного и максимального значений.

При относительно малом уровне регресса значений энтропии наблюдался существенный рост показателя избыточности и величины относительной энтропии, что хорошо коррелирует с изменением геометрических (гладкость, шероховатость) и оптических (лоск, глянец) характеристик материалов. Это скорее всего связано с появлением в изображении тест - объекта новых классов элементов изображения и отличиями в заселенности этих классов для различных типов носителей.

Предложенный подход может лечь в основу создания либо совершенствования целого ряда современных инструментальных методик на базе информационных технологий.

Таблица 1 – Энтропийные характеристики тест-объекта и его изображения на различных типах материалов

	Вид использованного тест – объекта и его изображение на поверхности бумаг различного качества (увеличение X200)	Энтропия*	Избыточность*	Относительная энтропия*	Максимальная энтропия*
Изображение исходного тест-объекта		1,00	0,79	0,21	4,64
Бумага общего назначения		3,94	0,15	0,84	4,64
Бумага с матовой поверхностью рецептивного слоя		3,45	0,26	0,74	4,64
Бумага с глянцевой поверхностью рецептивного слоя		3,21	0,30	0,69	4,64

- относительная погрешность измерения не превышает 3%

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов, К.А. Выделение статистически однородных участков изображения. Иконика. Обработка изображений / К.А. Иванов – М.: Наука, 1975. – С. 62 – 73.
2. Леонтьук, А.С. Информационный анализ в морфологических исследованиях / А.С. Леонтьук, Л.А. Леонтьук, А.И. Сыкало. – М.: Наука и техника, 1981. – 160 с.
3. Morrison. D.F. Multivariate Statistical Methods, third edition / D.F. Morrison. – N.Y.: McGraw – Hill, 1990. - 396 p.