

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 621.391.172 : 621.397.681.518.2

Т. П. БЕЛИКОВА
(Москва)

**ЭКВАЛИЗАЦИЯ И ГИПЕРБОЛИЗАЦИЯ ГИСТОГРАММЫ
С УЧЕТОМ ХАРАКТЕРИСТИК УСТРОЙСТВ ВИЗУАЛИЗАЦИИ**

В настоящее время для изменения контраста изображения и отдельных его участков широко применяются цифровые методы преобразования шкалы значений видеосигнала [1—3], в частности методы адаптивных амплитудных преобразований. При использовании этих методов закон преобразования значений видеосигнала на изображении строится на основе гистограммы распределения элементов исходного изображения по величине видеосигнала. В результате получают изображение со стандартной гистограммой, описываемой, например, экспоненциальной, релеевской, равномерной, гиперболической и другими функциями [2, 3]. Анализ таких преобразований показывает, что при их построении необходимо учитывать характеристики устройств, осуществляющих визуализацию и регистрацию сигнала на выходе ЭВМ [4], если эти устройства применяются для визуального контроля результатов преобразования. Изображение, наблюдаемое на выходе устройства, может значительно отличаться по значениям видеосигнала и гистограмме от ожидаемого.

Так, например, по предположению, высказанному Л. П. Ярославским, изображение, полученное при выравнивании (эквализации) гистограммы [1—4] и выведенное на экран телевизионного монитора (трубка которого имеет экспоненциальную характеристику сигнал — свет), оказывается аналогичным изображению, возникающему при гиперболизации гистограммы [2—4]. Устройство с такой характеристикой используют потому, что в ЭВМ вводятся обычно величины, соответствующие в каждой точке логарифму яркости исходного изображения (см., например, [5]). Поэтому на выходе ЭВМ осуществляют экспоненцирование имеющегося сигнала.

Для того чтобы результат выравнивания гистограммы на выходе соответствующего устройства был аналогичен результату гиперболизации гистограммы, достаточно доказать, что полученный сигнал имеет распределение, описываемое гиперболической функцией, как в случае гиперболизации гистограммы [2]. Сигнал на выходе такого устройства равен $y = \exp B$, где случайная величина B (значение видеосигнала) распределена равномерно в результате применения метода выравнивания гистограммы [1—3]: $p(B) = 1/(B_{\max} - B_{\min})$. Используя свойство монотонности функции $B(y) = \ln y$, можно записать

$$\mathcal{P}_y(y < Y) = \mathcal{P}_B(B < B(Y)).$$

Здесь $\mathcal{P}_y(y \leq Y)$ — вероятность того, что случайная величина y не превышает числа Y ; $\mathcal{P}_B(B \leq B(Y))$ — вероятность того, что случайная величина B не превышает числа $B(Y) = \ln(Y)$.

Учитывая, что

$$\mathcal{P}_y(y < Y) = \sum_{g=Y_{\min}}^Y p(y = g);$$

$$B_{\min} = \ln Y_{\min}; B_{\max} = \ln Y_{\max};$$

$$\mathcal{P}_B(B < B(Y)) = \sum_{\ln Y_{\min}}^{\ln Y} 1/\ln(Y_{\max}/Y_{\min}),$$

получим

$$\sum_{g=Y_{\min}}^Y p(y = g) = \sum_{g=Y_{\min}}^Y p_g = \ln(Y/Y_{\min})/\ln(Y_{\max}/Y_{\min}),$$

откуда следует, что случайная величина y имеет гиперболическое распределение

$$p(y) = (1/y) (1/\ln(Y_{\max}/Y_{\min})).$$

По аналогии нетрудно показать, что добавление константы C к сигналу y приводит к преобразованию, описываемому формулой гиперболизации гистограммы [4, 6]. Для сигнала $y = \exp B - C$ имеем

$$Y(A) = (C + Y_{\min}) [(C + Y_{\max}) / (C + Y_{\min})]^{i - A_{\min}} - C.$$

Здесь $A \in [A_{\min}, A_{\max}]$, $Y \in [Y_{\min}, Y_{\max}]$ — диапазоны значений видеосигнала на исходном изображении и на выходе устройства соответственно; p_i — распределение значений видеосигнала на исходном изображении (частота появления значений видеосигнала, равных i).

Интересно отметить, что в [7], где формула гиперболизации гистограммы получена впервые для случая $B_{\min} = 0$, $B_{\max} = 1$, константа C рассматривалась как неформализуемая величина, зависящая от условий наблюдения объекта (его размеров, отражения фона и т. д.), и выбиралась экспериментально: $C = 200$. В работах [4, 6] эта константа использовалась в качестве управляющего параметра преобразования, позволяющего менять условия наблюдения объекта на сложном фоне в задачах препарирования изображений.

В более общем случае сигнал на выходе монитора определяется величиной внешней засветки экрана C и передаточной характеристикой кинескопа y [8]:

$$y = kE^\gamma + C.$$

Здесь $E = \alpha B + \beta$, где B — значение видеосигнала; α и β — параметры, задаваемые вращением ручек регуляции контраста и яркости монитора соответственно, k , γ — константы. Для типовых электронно-лучевых трубок $\gamma = 2 \div 2,5$ [8].

Таким образом, во всех случаях, когда результат преобразования исходного изображения к изображению со стандартной гистограммой предназначен для визуального контроля или анализа, следует формулировать задачу о нахождении требуемого преобразования так, чтобы учесть последующие изменения, вносимые устройством визуализации или регистрации, и получить изображение с заданным видом гистограммы распределения элементов изображения по величине видеосигнала на выходе используемого устройства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ярославский Л. П. Введение в цифровую обработку изображений. — М.: Сов. радио, 1979.
2. Pratt W. K. Digital image processing. — N. Y.: Wiley, 1978.
3. Rosenfeld A., Kak A. C. Digital picture processing. — N. Y.: Academic Press, 1976.
4. Беликова Т. П. Исследование некоторых методов цифрового препарирования изображений. — В кн.: Цифровая обработка сигналов и ее применения. М.: Наука, 1981.
5. Ярославский Л. П. Устройства ввода-вывода изображений для ЭЦВМ. — М.: Энергия, 1968.
6. Беликова Т. П., Ярославский Л. П. Препарирование изображений в диалоговом режиме в задачах медицинской диагностики и исследования природных ресурсов. — Автометрия. 1980. № 4.
7. Frie W. Image enhancement by histogram hiperbolization. — Computer Graphics and Image Processing, 1977, vol. 6, N 3, p. 286—294.
8. Нетравали А. И., Лимб Д. О. Кодирование изображений. Обзор. — ТИИЭР, 1980, т. 68, № 3.

Поступило в редакцию 12 марта 1982 г.

УДК 621.384.3

С. М. БЕНЗА, Б. В. УХОВ

(Азов)

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО ТРАКТА СКАНИРУЮЩИХ СИСТЕМ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ТОЧЕЧНЫХ ОБЪЕКТОВ

В работе [1] приводятся оптимальные значения верхней граничной частоты полосы пропускания $f_b = (0,36 \div 0,80)/\tau$ для сканирующих оптико-электронных систем (ОЭС) в случае, когда на выходе безынерционного фотоприемника (ФП) имеются два прямоугольных импульса длительностью $\tau = a/v$, разделенные временным