

МОДИФІКОВАНИЙ МЕТОД ГІПЕРБОЛІЗАЦІЇ ГІСТОГРАМИ ЗОБРАЖЕННЯ

Р. А. Воробель, О. Р. Берегуляк, І. Б. Івасенко, Т. С. Мандзій

Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, Львів

E-mail: roman.vorobel@gmail.com, olena.berehulyak@gmail.com,
ivaskenko.iryana@gmail.com, teodor.mandziy@gmail.com

Одним із методів поліпшення якості зображень є гіперболізація їх гистограм. Однак він неефективний, зокрема, коли зображення світлі, чи затемнені. Щоб усунути цей недолік, розроблено модифікований метод гіперболізації гистограм, який, володіючи керуючим параметром перетворення, дає можливість отримати опрацьовані зображення з кращим розрізненням дрібних деталей.

Ключові слова: *гіперболізація гистограм, перетворення гистограм, поліпшення якості зображення.*

MODIFIED METHOD OF IMAGE HISTOGRAM HYPERBOLIZATION

R. A. Vorobel, O. R. Berehulyak, I. B. Ivasenko, T. S. Mandziy

H. V. Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine, Lviv

One of the methods to improve image quality, which consists in increasing the resolution of image details by contrast enhancement, is to hyperbolize the image histogram. Herewith this increase in local contrast is carried out indirectly. It is due to the nature of the change in the histogram of the transformed image. Usually the histogram of the input image is transformed so that it has a uniform distribution, which illustrates the same contribution of pixels gray level to the image structure. However, there is a method that is based on modeling the human visual system, which is characterized by the logarithmic dependence of the human reaction to light stimulation. It consists in the hyperbolic transformation of the histogram of the image. Then, due to its perception by the visual system, at its output, during the psychophysical perception of the image, an approximately uniform distribution of the histogram of the levels of gray pixels is formed. But the drawback is the lack of effectiveness of this approach for excessively light or dark images. The modified method of image histogram hyperbolization has been developed. It is based on the power transformation of the probability distribution function, which in the discrete version of the images is approximated by a normalized cumulative histogram. The power index is a control parameter of the transformation. To improve the darkened images we use the value of the control parameter less than one, and for light images more than one. The effectiveness of the proposed method is shown by examples.

Keywords: image hyperbolization, image equalization, image enhancement

Вступ. Поліпшити якість зображення для ефективнішого виявлення деталей – одна з важливих задач його оброблення. І тут слід виділити два основні напрямки – опрацювання зображень у частотній та просторовій областях. Методи першого використовують перетворення Фур'є, Уолша, Хаара, вейвлет-перетворення [1–3]. Загалом вони достатньо громіздкі, хоча поліпшують якість зображень. Методи другого застосовують оброблення в просторовій області, простіші і компактніші [4, 5]. Серед множини відомих тут слід виділити методи розтягу динамічного діапазону зображення, різницеві чи, як їх ще називають, методи нерізкого маскування [6], методи безпосереднього підсилення локального контрасту [7], методи з використанням нечіткої логіки [8] та методи перетворення гистограм зображення, які непрямо сприяють поліпшенню якості зображення через підсилення контрасту [9, 10]. Одному з таких методів, зокрема, методу гіперболізації гистограм, присвячене це дослідження, мета якого – підвищити ефективність гіперболізації гистограм через підсилення розрізнення деталей. Спочатку розглядатимемо класичну його реалізацію, а далі опишемо пропонувану модифікацію та проілюструємо на прикладах її ефективність.

© R. A. Vorobel, O. R. Berehulyak, I. B. Ivasenko, T. S. Mandziy, 2021

Класичний метод гіперболізації гістограми зображення. Цей метод запропонував Фрей у праці [11]. Згідно з ним гістограма первинного вхідного зображення видозмінюється так, що густина імовірності вихідного набуває гіперболічну форму. Якщо тепер припустити, що у зоровій системі вихідний сигнал фоторецепторів пропорційний логарифму чи кубічному кореню вхідної інтенсивності, то результуюча густина імовірності буде рівномірною. У цьому випадку вирівнювання гістограми, яке супроводжується кращим розрізненням деталей з різними рівнями інтенсивностей пікселів, виконують за безпосереднього урахування властивостей палочок та колбочок сітківки [2]. Загалом процес видозміни гістограми ілюструє структурна схема, подана на рис. 1. З неї випливає, що зорова система сприймає перетворене оператором гіперболізації вхідне зображення L з густиною розподілу ймовірності $p(L)$, що зумовлює кінцеву реакцію цієї ж системи як на зображення з рівномірним розподілом рівнів сірого (інтенсивностей) його пікселів $p_w(w)$.

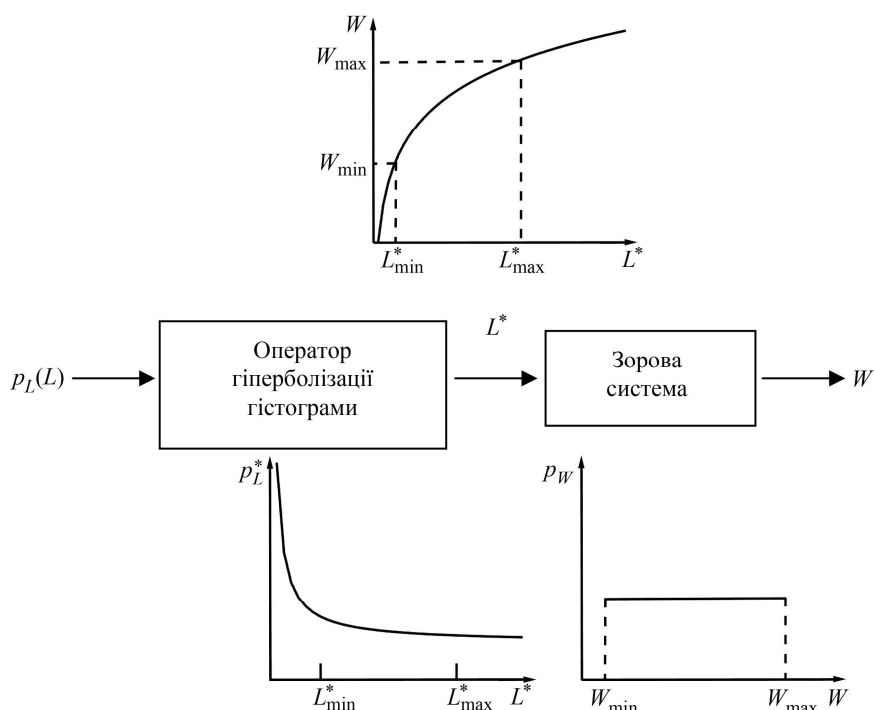


Рис. 1. Структура гіперболічного перетворення гістограми.

За наближеної форми перетворення гістограми виду $L^* = T(L)$ густини імовірностей $p_{L^*}(L^*)$ перетвореного зображення та густини імовірностей $p_L(L)$ вхідного справедлива рівність

$$\int_{L_{\min}^*}^{L^*} p_{L^*}(x) dx = \int_{L_{\min}}^L p_L(x) dx. \quad (1)$$

Інтеграл у правій її частині репрезентує функцію розподілу ймовірностей $P_L(L)$ вхідної змінної (рівня сірого, інтенсивності) L . Отже,

$$\int_{L_{\min}^*}^{L^*} p_{L^*}(x) dx = P_L(L). \quad (2)$$

Якщо потрібно отримати перетворену густину імовірності з гіперболічним розподілом, тобто коли

$$p_{L^*}(L^*) = \frac{1}{L^* \cdot (\ln(L_{\max}^*) - \ln(L_{\min}^*))} \quad (3)$$

в межах $L_{\min}^* \leq L^* \leq L_{\max}^*$, вираз для характеристики передачі рівнів знаходимо, підставляючи формулу (3) в (2):

$$\int_{L_{\min}^*}^{L^*} \frac{1}{x \cdot (\ln(L_{\max}^*) - \ln(L_{\min}^*))} dx = P_L(L),$$

звідки

$$\frac{1}{\ln \frac{L_{\max}^*}{L_{\min}^*}} \int_{L_{\min}^*}^{L^*} \frac{1}{x} dx = P_L(L),$$

або

$$\int_{L_{\min}^*}^{L^*} \frac{1}{x} dx = \ln \frac{L_{\max}^*}{L_{\min}^*} P_L(L),$$

звідки

$$\ln x \Big|_{L_{\min}^*}^{L^*} = \ln \frac{L_{\max}^*}{L_{\min}^*} P_L(L),$$

або

$$\ln \frac{L^*}{L_{\min}^*} = \ln \frac{L_{\max}^*}{L_{\min}^*} P_L(L),$$

та

$$\frac{L^*}{L_{\min}^*} = \left(\frac{L_{\max}^*}{L_{\min}^*} \right)^{P_L(L)},$$

звідки

$$L^* = L_{\min}^* \left(\frac{L_{\max}^*}{L_{\min}^*} \right)^{P_L(L)}. \quad (4)$$

Однак на практиці за цим методом не вдається адаптувати зображення до яскравіших характеристик.

Модифікований метод гіперболізації гістограми зображення. Для підвищення ефективності методу застосували степеневе перетворення функції розподілу імовірностей, через що вираз (4) для модифікованого нелінійного перетворення набув виду

$$L^* = L_{\min}^* \left(\frac{L_{\max}^*}{L_{\min}^*} \right)^{[P_L(L)]^\alpha}, \quad (5)$$

де $\alpha > 0$. Таке степеневе перетворення за малих значень α забезпечує збільшення кількості складових гістограми з низьким рівнем сірого у кумулятивній гістограмі, яка апроксимує функцію розподілу імовірностей, або ж за великих – зменшує кількість складових з високими рівнями сірого. У такий спосіб забезпечили можливість адаптації гіперболізації гістограми до властивостей гістограми розподілу рівнів сірого вхідного зображення.

Експериментальні дослідження. Ефективність розробленої модифікації методу гіперболізації гистограми проілюстровано на прикладах (рис. 2). Для порівняльних експериментів вибрали ряд зображень (*а, з, е, з*), які опрацювали, застосовуючи класичну гіперболізацію гистограми (*б, г, е, и*) та запропонований модифікований метод (*в, д, ж, і*). На цих зображеннях краще розрізняють дрібні деталі, ніж на одержаних за відомим підходом гіперболізації гистограми.

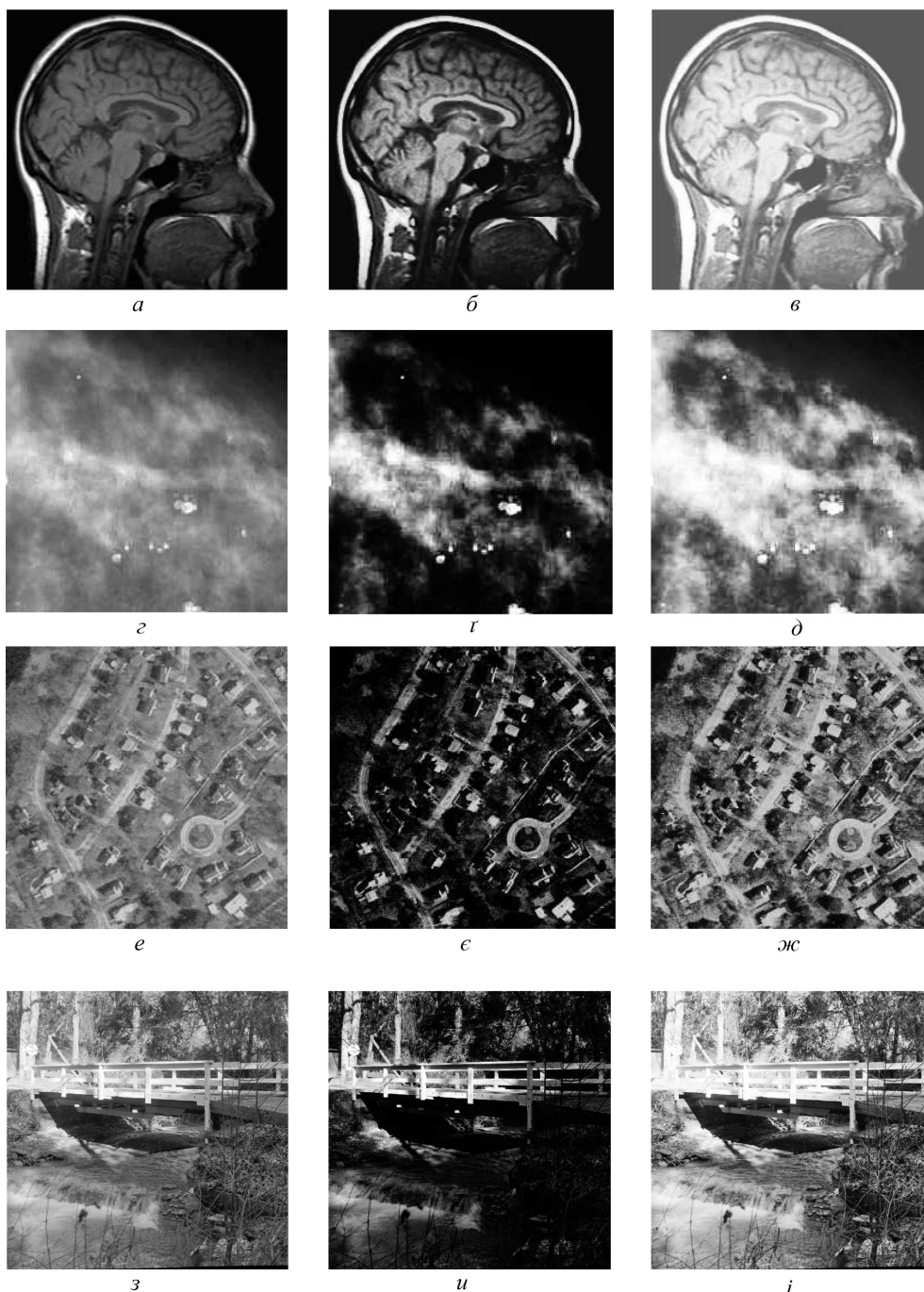


Рис. 2. Опрацювання зображень гіперболічним перетворенням гистограми.

ВИСНОВКИ

Розроблений модифікований метод гіперболізації гистограми, володіючи керуючим параметром α , забезпечує більшу гнучкість та адаптацію перетворення до конкретного виду гистограми вхідного зображення, що проявляється у кращій візуалізації дрібних деталей.

1. Jähne, B. Digital Image Processing, *Springer, Berlin*, **2006**, 584.
2. Pratt, W.K. Digital Image Processing, *Wiley, Los Altos*, **2007**, 807. <https://doi.org/10.1002/0470097434>
3. Gonzales, R.C.; Woods, R.E. Digital Image Processing, *Prentice Hall*, **2008**, 954.
4. Воробель, Р.А. Логарифмічна обробка зображень, *Наукова думка, Київ*, **2012**, 231.
5. Pratt, W.K. Digital Image Processing, *Wiley, Los Altos*, **2007**, 807. <https://doi.org/10.1002/0470097434>
6. Ярославский, Л.П. Цифровая обработка сигналов в оптике и голографии. Введение в цифровую оптику, *Радио и связь, Москва*, **1987**, 296.
7. Воробель, Р.А. Локальний контраст як основа побудови методів підвищення якості зображень, *Відбір і обробка інформації*, **2001**, 15(91), 154–163.
8. Vorobel, R.; Berehulyak, O. Gray Image Contrast Enhancement by Optimal Fuzzy Transformation, *Artificial Intelligence and Soft Computing*, L.Rutkowski et al. (Eds.), Lecture Notes in Artificial Intelligence, *Springer-Verlag, Berlin Heidelberg*, **2006**, 4029, 860–869. https://doi.org/10.1007/11785231_90
9. Hall, E.L. Computer Image Processing and Recognition, *Academic Press., New York*, **1979**, 567.
10. Воробель, Р.А. Метод підсилення контрасту зображень з використанням нелінійних перетворень компонент гистограми, *Відбір і обробка інформації*, **2000**, 14(90), 105–110.
11. Frei, W. Image Enhancement by Histogram Hyperbolization, *Computer Graphics and Image Processing*, **1977**, 6, 3, 286–294. [https://doi.org/10.1016/S0146-664X\(77\)80030-0](https://doi.org/10.1016/S0146-664X(77)80030-0)

Одержано 09.09.2021