

Метод регулювання контрастності напівтонових зображень

Роман Воробель, Ігор Журавель

Фізико-механічний інститут НАН України, 290601, Львів, Наукова 5, vorobel@ah.ipm.lviv.ua, тел.(0322) 65 4803

Contrast regulation method of halftoning images. R. Vorobel, I. Zhuravel.

Contrast regulation method which using linear f-equalization is presented. Algorithm including one of four modification moving histogram transformation such as histogram equalization, power or nonlinear intensification, functional transformation of cumulative histogram.

Можливість зміни контрастності зображень є однією з важливих характеристик систем обробки зображень. Зокрема, для цієї мети використовують різні специфічні методи, такі як градаційну корекцію, гістограмні та рангові перетворення, методи нерізкого маскування та перетворення локального контрасту. Особливістю цих методів є те, що при повторному перетворенні зображення з метою зміни його контрасту в порівнянні з отриманим, як правило використовують повторне виконання всіх операцій в повному обсязі. Однак деколи є необхідним отримання серії одних і тих же зображень, тільки з різним контрастом. Це актуальне при дослідженні різних оптичних систем. Тому представляє інтерес такий метод регулювання контрастності зображень, який не вимагав би повного повторення обчислювального процесу.

Для розв'язку поставленої задачі скористаємося підходом, описаним в роботі [1], що полягає в реалізації лінійної еквалізації як часткового випадку f -еквалізації. Перетворення сигналу, при якому його крутизна пропорційна деякій функції від значення локальної гістограми

$$\frac{\Delta F}{\Delta x} = f[H_s(q)]$$

називають f -еквалізацією. Якщо $f[H_s(q)]$ описується лінійною функцією, то можна отримати лінійну f -еквалізацію, для якої

$$f[H_s(q)] = \alpha H_s(x) + \beta.$$

В цьому випадку перетворене зображення представляє собою зважену суму еквалізованого та вхідного зображень

$$y^* = \alpha H_s(q) + \beta x. \quad (1)$$

Якщо прийняти, що $\beta = 1 - \alpha$, то з (1) отримаємо

$$y^* = \alpha H_s(x) + (1 - \alpha)x. \quad (2)$$

Вираз (2) забезпечує використання одного параметра α для регулювання контрастності зображень. Однією з основних його компонент є локальна гістограма $H_s(x)$, значення якої є

результатом ковзного вирівнювання гістограми. Однак можливості методу (2) можна значно розширити, якщо використовувати взамін класичної еквалізації гістограми - вирівнювання функціонально перетвореної гістограми. Розглянемо це на конкретних прикладах.

1. Класичне вирівнювання гістограми. Нехай задане вхідне зображення з яскравостями x елементів, таких що $x_{\min} \leq x \leq x_{\max}$. Елементи перетвореного зображення позначимо через y . Припустимо, що значення y змінюються в діапазоні $y_{\min} \leq y \leq y_{\max}$. Перетворення, що забезпечує формування гістограми з вирівняними значеннями яскравостей, сприяє підвищенню візуальної якості зображень через підсилення контрастності його елементів.

Процедуру видозміни гістограми можна розглядати як монотонне поелементне перетворення $y = F(x)$ вхідних яскравостей x у вихідні яскравості y [2], в результаті якого проходить перерозподіл вхідного розподілу імовірностей $P_x(x)$ в розподіл імовірностей $P_y(y)$, що має задану форму. Очевидно, що при такому підході сума імовірностей всіх рівнів має дорівнювати одиниці. Тобто

$$\int_{x=0}^x P(x) = 1, \quad (3)$$

$$\int_{y=0}^y P(y) = 1. \quad (4)$$

Окрім того для довільного x мають бути однакою вхідна і перетворена функції розподілу імовірностей. Тобто імовірність того, що яскравість елементів вхідного зображення менша чи рівна x , має дорівнювати імовірності того, що яскравість елементів обробленого зображення буде меншою чи рівною y , де $y = F(x)$:

$$\int_{y_{\min}}^y P_y(y) dy = \int_{x_{\min}}^x P_x(x) dx \quad (5)$$

де $P_x(x)$ і $P_y(y)$ - густина яскравості x у відповідно. Інтеграл у правій частині рівності визначається розподілом імовірностей для вхідного

зображення і представляє собою функцію розподілу імовірностей $P_x(x)$ вхідної змінної x . Отже,

$$\int_{y_{\min}}^y P_y(y) dy = P_x(x). \quad (6)$$

У випадку вирівнювання гістограми

$$P_y(y) = \frac{1}{y_{\max} - y_{\min}}$$

в межах $y_{\min} \leq y \leq y_{\max}$. З врахуванням (6), отримуємо

$$y = y_{\min} + (y_{\max} - y_{\min}) P_x(x). \quad (7)$$

Оскільки

$$P_x(x) = \int_{x_{\min}}^x P_x(x) dx,$$

то з (7) отримаємо

$$y = y_{\min} + (y_{\max} - y_{\min}) \int_{x_{\min}}^x P_x(x) dx. \quad (8)$$

Через те, що для конкретних цифрових зображень розподіл імовірностей зображень замінюється розподілом частот, а густина розподілу імовірностей - гістограмою $H(x)$ частот рівнів яскравостей, то можемо переписати (8) у вигляді

$$y = y_{\min} + (y_{\max} - y_{\min}) \sum_{x=x_{\min}}^x H(x) \quad (9)$$

2. Степенева інтенсифікація гістограми. В роботі [3] описаний алгоритм ступеневої інтенсифікації, що є одним із методів амплітудних перетворень і узагальнює метод вирівнювання гістограми елементів зображень за величиною відеосигналу [4]. Для цього випадку встановлено, що при ступеневій залежності крутизни функції перетворення від амплітуди сигналу, вираз для адаптивного амплітудного перетворення такий:

$$y = y_{\min} + (y_{\max} - y_{\min}) \frac{\sum_{x=x_{\min}}^x H^\alpha(x)}{\sum_{x=x_{\min}}^{x_{\max}} H^\alpha(x)}. \quad (10)$$

Аналіз перетворення (10) показує [4], що:

- 1) при $\alpha = 0$ реалізується лінійний розтяг шкали значень відеосигналу;
- 2) при $\alpha = 1$ отримується формула еквалізації гістограми (9);
- 3) при $\alpha > 0$ збільшується контраст на рівнях значень відеосигналу, що часто зустрічаються, причому тим більше, чим більший степінь α ;
- 4) при $\alpha < 0$ моди гістограми стискаються, при цьому на зображенні виділяються області, аналогічні до тих, що отримуються при квантуванні зображення

за модами гістограми розподілу елементів зображення за величиною відеосигналу [4].

3. Нелінійна інтенсифікація гістограми. За аналогією з ступеневою інтенсифікацією, нелінійна інтенсифікація полягає у формуванні нелінійної залежності крутизни функції перетворення від амплітуди сигналу. Для таких перетворень використовуватимемо однозначні функції $F(H)$. Тоді вираз, що описує вказане узагальнене перетворення, буде таким:

$$y = y_{\min} + (y_{\max} - y_{\min}) \frac{\sum_{x=x_{\min}}^x F[H(x)]}{\sum_{x=x_{\min}}^{x_{\max}} F[H(x)]}. \quad (11)$$

4. Функціональні перетворення кумулятивної гістограми. Основою цього методу [5], перетворень є кумулятивна гістограма $CH(x)$, яку нелінійно перетворюють

$$CH^*(x) = F[CH(x)]. \quad (12)$$

Функція перетворення має бути однозначною і задовольняти умовам

$$CH \in [0,1]; F(CH) \geq CH; F(CH) \in [0,1].$$

Для перетворення використовують функції $(CH)^{a/b}$, $\ln(1 + CH)$, $1 - \exp(-nCH)$, $1 - (1 - CH)^{a/b}$ та інші.

Експериментальне моделювання запропонованих алгоритмів регулювання контрастності зображень підтвердило їх ефективність.

1. Ким В., Ярославский Л.П. Ранговые алгоритмы обработки изображений. Рук. деп. в ВИНТИ 30.05.85 г. №3793-85 Деп. М., 1985.-40с.
2. Прэрт У. Цифровая обработка изображений. - М.: Мир, 1982. - 790 с.
3. Беликова Т.П., Ярославский Л.П. Использование адаптивных амплитудных преобразований для препарирования изображений. - Вопросы радиоэлектроники. Сер. общетехн., 1974, вып. 14. - С. 88-95.
4. Беликова Т.П., Ярославский Л.П. Препарирование изображений в диалоговом режиме в задачах медицинской диагностики и исследования природных ресурсов. Автотриум, 1980. № 4. - С. 66-75.
5. Воробель Р.А. Метод адаптивного підсилення напівтонових зображень. Обробка сигналів і зображень та розпізнавання образів. Праці. Перша Всеукраїнська конференція. Україна, Київ, 17-21 листопада 1992 р. УкрОБРАЗ'92. К.: ІК АН України, 1992. - С. 183-185.