

УДК 681.325.5

Ю.М. Опир, Н.С. Опир*

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра ЕОМ

*Фізико-механічний інститут НАН України

ПІДВИЩЕННЯ КОНТРАСТУ В СИСТЕМАХ СТЕЖЕННЯ ЗА РУХОМИМИ ОБ’ЄКТАМИ

© Опир Ю.М., Опир Н.С., 2001

Розглядаються методи підсилення контрасту зображень в системах реального часу. Методи основані на визначенні локального контрасту. Обґрунтовано застосування методів залежно від типу зображень і поставлених задач.

The methods of image contrast enhancement in real time systems is considered. The methods are based on local contrast definition. The application of these methods which depend of image type and problems put by users is proved.

Задачі стеження за рухомими об’єктами виникають в системах наведення і супроводу, в робототехніці, системах технічного зору та інших [1, 2]. В одних випадках активним учасником процесу стеження є людина, а в іншому – робот. Більшість зображень характеризується наявністю фону який заважає побачити об’єкт спостереження. Для прийняття людиною правильного рішення про наявність об’єкта в полі зору дуже важливо його розпізнати на складному неоднорідному фоні. Покращанню візуального сприйняття зображення сприяють підсилення контурів об’єктів, зменшення зашумленості зображення, підвищення контрастності. Існує багато різноманітних методів попередньої обробки, але на методи, які покладено в основу систем технічного зору чи систем стеження, накладаються додаткові умови. Ці алгоритми повинні бути швидкодіючі і не громіздкі в реалізації. Тому методи локальної корекції яскравостей, що базуються на визначенні контрасту, доцільно використовувати в системах стеження для покращання зображень. Ці методи ефективно реалізуються в системах реального часу, оскільки працюють з невеликим об’ємами інформації (слідкуюче вікно розміром $M \times N$) і не потребують великих обчислювальних затрат. Залежно від типу зображення і особливостей, які бажано виділити чи підсилити, розроблено різні модифікації методу підвищення контрастності зображень [3–6], які базуються на визначенні контрастності.

У роботах [3, 4] запропоновано оригінальну технологію підвищення якості зображень через підсилення локальних контрастів. Її суть полягає у визначенні числового значення локального контрасту для певного елемента зображення, нелінійному підсиленні цього контрасту та відновленні цього ж елемента зображення зі зміненою яскравістю, яка забезпечує порівняно зі вхідним зображенням підсилення локального контрасту. Структурна процедура підсилення локального контрасту складається з чотирьох основних етапів. На першому з них вибирається елемент $L_{k,l}$ з координатами (k,l) вхідного зображення L ($L_{k,l} \in L$).

На другому етапі обчислюється локальний контраст елемента. Для цього в [3, 4] запропоновано використовувати вираз

$$C_{k,l} = \frac{|L1 - L2|}{L1 + L2}, \quad (1)$$

де

$$L1 = \frac{1}{n^2} \sum_{(i,j) \in W1} L_{i,j}, \quad L2 = \frac{1}{m^2} \sum_{(i,j) \in W2} L_{i,j}, \quad (2)$$

а $m = 3n$, $n > 1$. Тут $L1$ та $L2$ є усередненими значеннями яскравостей $L_{i,j}$, що попадають в ковшні квадратні області $W1$ і $W2$ з центром в елементі з координатами (k, l) .

На третьому етапі здійснюється нелінійне підсилення локального контрасту

$$C_{k,l}^* = F(C_{k,l}), \quad (3)$$

де $C_{k,l}^*$ – нелінійна монотонна функція, яка має задовольняти умови

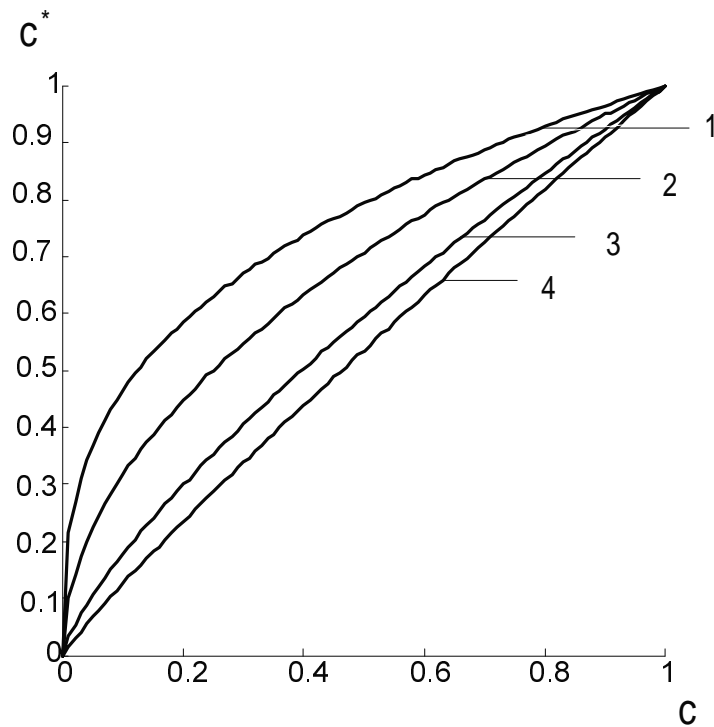
$$C_{k,l} \in [0,1], \quad F(C_{k,l}) \geq C_{k,l}, \quad F(C_{k,l}) \in [0,1]. \quad (4)$$

тобто функція $C_{k,l}^*$ є монотонно зростаючою і визначеною на проміжку $[0,1]$. За такі функції приймалися степеневі, експоненціальні, логарифмічні і гіперболічні функції.

$$F(C_{k,l}) = (C_{k,l})^{r/d}, \quad \text{де } r < d; \quad (5)$$

$$F(C_{k,l}) = \ln(1 + 3 * (C_{k,l})) ; F(C_{k,l}) = 1 - \exp(-3 * (C_{k,l})) . \quad (6)$$

Найчастіше використовуються степеневі функції вигляду (5) (рисунок). Кривій 1 відповідає функція $C_{k,l}^* = (C_{k,l})^{a/b}$, при значенні параметрів $a=1$, $b=3$, крива 2 – при $a=1$, $b=2$, крива 3 – при $a=3$, $b=4$, крива 4 – при $a=9$, $b=10$.



Вигляд функції перетворення контрасту $C_{k,l}^* = (C_{k,l})^{a/b}$ при різних значеннях a і b

Для прискорення обчислень в реальному часі функцію перетворення контрасту доцільно подати таблично.

На четвертому етапі відновлюється елемент $L_{k,l}$ з координатами (k,l) , але з усередненою яскравістю, яка забезпечує підсилення локального контрасту. Для цього проводяться обчислення за формулами:

$$L1^* = \begin{cases} L2 \cdot \frac{1 - C_{k,l}^*}{1 + C_{k,l}^*} & \text{при } L1 \leq L2, \\ L2 \cdot \frac{1 + C_{k,l}^*}{1 - C_{k,l}^*} & \text{при } L1 > L2. \end{cases} \quad (7)$$

Обчислення виразів (1-3), (7) повторюють для кожного елемента вхідного зображення L розміром $M \times N$. Однак використання описаного методу показує, що його ефективність недостатня для обробки зображень, які містять дрібні деталі. У випадку, коли зображення не є зашумленим, більш ефективним є використання не усередненого значення як яскравості елемента, для якого обчислюється локальний контраст (1), а безпосереднього значення яскравості центрального елемента області $W1$.

При $n = 1$:

$$C_{k,l} = \frac{|L(k,l) - L2|}{L(k,l) + L2} \quad (8)$$

та

$$L^*(k,l) = \begin{cases} L2 \cdot \frac{1 - C_{k,l}^*}{1 + C_{k,l}^*} & \text{при } L1 \leq L2, \\ L2 \cdot \frac{1 + C_{k,l}^*}{1 - C_{k,l}^*} & \text{при } L1 > L2. \end{cases} \quad (9)$$

Згідно з виразом (8) локальний контраст елемента зображення розглядається як міра його відмінності від навколишнього фону. Складовими виразу (1) і (8) є безпосередні величини елементів чи їх усереднені значення, що призводить до неповного опису текстури локальної області.

Для підвищення контрастності країв запропоновано в [5] використовувати оператори виділення країв $\Delta_{i,j}$ і видозмінити вираз (1) для визначення контрасту.

$$C_{k,l} = \frac{|L(k,l) - E(k,l)|}{L(k,l) + E(k,l)} \quad (10)$$

де $E(k,l) = \left(\sum_{(i,j) \in W_{k,l}} \Delta_{i,j} \times L_{i,j} \right) / \left(\sum_{(i,j) \in W_{k,l}} \Delta_{i,j} \right)$.

Скоректоване значення яскравості в точці $L^*(k,l)$ визначається згідно з алгоритмом, описаним вище:

$$L^*(k,l) = \begin{cases} E(k,l) \cdot \frac{1 - C_{k,l}^*}{1 + C_{k,l}^*} & \text{при } L_{k,l} \leq E_{k,l}, \\ E(k,l) \cdot \frac{1 + C_{k,l}^*}{1 - C_{k,l}^*} & \text{при } L_{k,l} > E_{k,l}. \end{cases} \quad (11)$$

Для підвищення контрастності зашумлених зображень доцільно використовувати алгоритм, запропонований в [6], який усуває шуми і підвищує контрастність зображення.

Цей метод ефективно використовувати для систем обробки зображень в реальному часі, оскільки операція усунення шумів і підвищення контрастності відбувається за один прохід. Підставою для усунення двоетапності є особливість методу, яка полягає в тому, що для визначення контрастності елементів зображення використовуються оцінки їх яскравості: середньоарифметичні значення яскравостей, зрізане середнє, оцінки, в основі яких сігма-фільтри і інші. При такому трактуванні середні арифметичні значення $L1$ та $L2$ (1) є наближеними значеннями математичного сподівання $M(X)$ випадкової величини X , тобто ймовірнісними характеристиками випадкового процесу. Тоді вираз (1) можна подати як

$$C_{k,l} = \frac{|M(X1) - M(X2)|}{M(X1) + M(X2)}, \quad (12)$$

де $M(X1)$, $M(X2)$ – математичні сподівання (МС) випадкових величин, що формуються околами $W1$ і $W2$ відповідно. Покращене значення яскравості визначається згідно з описаним вище алгоритмом з використанням виразу (12).

Запропоновані методи підвищення контрастності можна ефективно реалізувати як в програмному забезпеченні в системах обробки зображень реального часу, так і в апаратурі на основі сигнальних і інших спеціалізованих процесорів.

1. Фу К, Гонзалес Р., Ли К. Робототехника. М., 1989. – 615 с.
2. Гаврилюк М.О., Лисенко О., Опир Ю.М., Пуйда В.Я. Система моделювання алгоритмів стеження за візуальними об'єктами. // Вісн НУ "Львівська політехніка". – 2000, № 392. – С. 183 – 186.
3. Gordon R., Rangayan R. H. Feature enhancement of film mammograms using fixed and adaptive neighborhood. // Applied optics. 1984. Vol.23. – P.560-564.
4. Dash L., Chatterji B.N. Adaptive contrast enhancement and de-enhancement // Pattern Recognition, 1992. – Vol. 24, № 4. – P.289 – 302.
5. Begdadi A., Negrate A. Contrast enhancement technique based on local detection of edges // Computer vision, graphics and image processing. 1989, Vol.46, № 2. – P. 162-174.
6. Воробель Р.А., Опир Н.В. Підвищення контрастності зашумлених зображень // Відбір і обробка інформації. – 1998, №12(88) – С.94–99.