

# Про один підхід до побудови методів підсилення контрастності зашумлених зображень

Роман Воробель, Наталія Отур

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

## About one way to design the contrast enhancement method of noise images. R. Vorobel, N. Oтур.

Contrast enhancement method which combine removal noise from image and increase the contrast simultaneously is proposed. The procedure is based on the Gordon's method and on the adaptive selection of an appropriate inner trimmed mean according to local measurements of the tailbehavior of the noise process.

Наявність шумів знижує контрастність зображення, зменшує можливість розрізнення дрібних деталей, порушує розподіл градацій яскравості в заданому динамічному діапазоні. Вплив шумів можна мінімізувати, використовуючи класичні методи лінійної і нелінійної фільтрації. Однак, усуваючи шуми, часто необхідно підвищити ще й контрастність зображення. Застосувавши відомі методи підвищення контрастності зображення після усунення шумів, вдруге перетворюємо первинну інформацію. Цієї двоетапності можна уникнути, використовуючи для підвищення контрастності метод Гордона, який базується на безпосередньому визначенні локального контрасту в точці, його нелінійному підсиленні, та відновленні зображення з поліпшеним контрастом. Підставою для усунення двоетапності є особливість цього методу: для визначення контрастності елементів зображення використовуються оцінки їх яскравості, а саме середньоарифметичні значення яскравостей у двох околах. Проте у випадку, коли зображення зашумлене, то використання методу Гордона призводить не до підвищення контрастності, а до розмиття границь об'єктів зображення. Пропонуємо підхід, який дозволяє усунути цей недолік.

Метод Гордона[5] підвищення контрастності зображення. У методі, запропонованому Гордоном, локальний контраст в точці (елементі зображення) з координатами  $(k, l)$  визначається за формулою:

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

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 ковзні квадратні околі  $W1$  і  $W2$  з центром в елементі з координатами  $(k, l)$ . Причому  $W1$  - це внутрішній окіл з

стороною в  $n$  елементів, а  $W2$  - зовнішній, з стороною в  $m$  елементів.

Визначене за формулою (1) числове значення контрасту, нелінійно підсилюється, враховуючи закони зорового сприйняття, шляхом перетворення

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

де  $F(C_{k,l})$  - нелінійна опукла монотонна функція, що задовольняє умовам

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

Переліченим умовам (4) задовольняють степеневі, логарифмічні, тригонометричні та інші функції [6,7]. Зокрема для перетворення можуть використовуватися функції:

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

$$F(C_{k,l}) = \ln(1 + 3 * (C_{k,l}));$$

$$F(C_{k,l}) = 1 - \exp(-3 * (C_{k,l})).$$

Відновлення ж зображення здійснюється шляхом обчислень нового значення  $L1^*$  за виразом, що випливає з формули (1), в якій первинне значення контрасту  $C_{k,l}$  замінене на підсилене значення  $C_{k,l}^*$ :

$$L1^* = \begin{cases} L2 \cdot \frac{1 - C_{k,l}^*}{1 + C_{k,l}^*} & \text{при } L1 \leq L2, \\ L2 \cdot \frac{1 + C_{k,l}^*}{1 - C_{k,l}^*} & \text{при } L1 > L2. \end{cases} \quad (5)$$

Модифікований метод Гордона для підвищення контрастності зашумлених зображень. В залежності від типу зображення, мети його перетворення, вибирається вигляд виразів для визначення  $L1$  і  $L2$ . Якщо зображення не зашумлені, то підвищити контрастність дрібних деталей можна через корекцію контрастності в точці, використавши вирази запропоновані в [5,8]. Коли зображення не сильно зашумлені, а потрібно підсилити контрастність границь об'єктів, то для визначення  $L1$  і  $L2$  доцільно застосовувати вирази, що запропоновані в [7].

$$L1 = L_{i,j} \quad (W1=1 \times 1)$$

$$L2 = \left( \sum_{(i,j) \in W2} \Delta_{i,j} \times L_{i,j} \right) / \left( \sum_{(i,j) \in W2} \Delta_{i,j} \right),$$

де  $\Delta_{i,j}$  - величина, що характеризує виділення границь і може бути обчислена, використовуючи оператори Лапласа, Собеля і інші, які не дуже чутливі до шумів. У найпростішому випадку

$$\Delta_{i,j} = L_{i,j} - \frac{1}{n^2} \sum_{(i,j) \in W1} L_{i,j}$$

У випадку ж зашумлених зображень метод Гордона частково усуває шуми, через використання усереднених значень яскравостей  $L1$  і  $L2$ , але при цьому розмиває границі об'єктів. Якщо ж розглядати елементи зображення, які попадають в околу  $W1$  і  $W2$  як реалізації випадкових процесів, то в теоретико-ймовірнісній моделі такого зображення кожна з них виступає як значення деякої випадкової величини  $X1$  та  $X2$  відповідно. При такому трактуванні відповідні середні арифметичні значення виступають як наближені значення математичного сподівання  $M(X)$  випадкової величини  $X$ , тобто як ймовірнісної характеристики випадкового процесу. Тоді вираз (1) можна представити як

$$C_{k,l} = \frac{|M(X1) \cdot M(X2)|}{M(X1) + M(X2)} \quad (6)$$

де  $M(X1)$ ,  $M(X2)$  - математичні сподівання (МС) випадкових величин, що формуються околами  $W1$  і  $W2$  відповідно. Однак відомо [9], що немає універсальних оцінок статистичних характеристик, що придатні до широкого класу процесів та умов. Використовувані оцінки математичного сподівання, такі як середньоарифметичні значення (2) оптимальні для чисел, розподілених за нормальним законом і неадекватні для рівномірно розподілених чисел, а також при наявності кореляції між відліками нормально розподіленого стаціонарного випадкового процесу, і тим більше у випадках довільного розподілу випадкового процесу чи при спотвореннях його в інформаційно-вимірювальних системах до обробки. Тому значний інтерес складають прості способи непараметричного оцінювання ймовірнісних характеристик [9-11], зокрема МС. Такими оцінками МС, а значить і способами обчислення величин  $M(X1)$  і  $M(X2)$ , можуть бути зрізане середнє [10-12], а також оцінки, що є в основі сігма-фільтру [13,14] або ж комбінованих фільтрів [3,15]. Оскільки в телевізійних зображеннях найбільш частим дефектом є імпульсні завади, які виникають при передачі відеосигналу по цифрових каналах зв'язку, в цифрових телевізійних системах з імпульсно-кодуючою модуляцією, в радіоканалах з нелінійними видами модуляції та ін. [16-18], то далі розглянемо проблему підвищення контрастності зображень саме з імпульсним точковим шумом. Для спрощення подальші викладки будемо проводити тільки для внутрішнього околу  $W1$ . Ідентичними будуть вирази і

для зовнішнього околу  $W2$ . Розглянемо детальніше запропоновану модифікацію методу Гордона та ін. [6], яка полягає у використанні для визначення контрасту взамін виразу (1) виразу (6), що використовує оцінки МС, а саме зрізане середнє та оцінку на основі сігмового критерію.

Оцінкою МС на основі зрізаного рангового ряду є зрізане середнє  $trm\{h(n,n)\}$ , яке визначається як:

$$M(X1) = trm\{h(n,n)\} = \frac{1}{n^2 - 2 \cdot r} \sum_{i=r+1}^{n^2-r} h_i(n,n) \quad (6)$$

де  $h_i(n,n)$  - члени варіаційного ряду, побудованого для елементів околу  $W1$ , впорядковані по зростанню;  $r$  - кількість членів варіаційного ряду, що відкидаються як з його початку так і з кінця.

Якщо значення елементів на початку або в кінці варіаційного ряду різко відрізняються за величиною, то для визначення  $r$  використовують критерії Ірвіна, Граббса [14], Діксона [19], а також сігмові критерії [13,14,20].

На основі сігмових критеріїв побудовані і сігма-фільтри [13,14]. Суть сігма-фільтру полягає в тому, що з околу  $W$  вибираються для усереднення тільки ті елементи  $L_{ij}$ , значення яких попадають в діапазон  $(M(X) - \delta, M(X) + \delta)$ , де

$$M(X) = \frac{1}{n^2} \sum_{(i,j) \in W1} L_{i,j}, \quad \delta = \sigma, 2\sigma, 3\sigma;$$

$\sigma$  - середньоквадратичне відхилення

$$\sigma = \frac{1}{n^2 - 1} \sqrt{\sum_{(i,j) \in W1} (L_{i,j} - M(X))^2}$$

Якщо  $\delta = \sigma$ , то 67.5% елементів, які знаходяться в околі  $W$ , потрапляють в інтервал  $(M(X) - \sigma, M(X) + \sigma)$ . Якщо ж  $\delta = 2\sigma$ , то 95% всіх елементів потрапляє в інтервал  $(M(X) - 2\sigma, M(X) + 2\sigma)$ . Часто вибирають  $\delta = 2\sigma$  [14].

Фільтри ковзного середнього усувають шуми, які мають малу дисперсію, але й велику ймовірність появи; медіанні ж фільтри краще усувають імпульсний шум, у якого велика дисперсія викидів, але мала ймовірність їхньої появи [3]. Тому застосовуються також комбіновані фільтри, які використовують порядкові статистики [15]. Вживши запропоновані в цій роботі оцінки для обчислення МС  $M(X1)$  і  $M(X2)$ , можна покращити зображення певного типу. Для прикладу розглядався випадок, коли зображення спотворене нормально розподіленим імпульсним точковим шумом. Була проведена обробка тестового зображення деталі розміром  $201 \times 181$  [21], спотвореного



псевдовипадковим гаусівським 6% точковим шумом з математичним сподіванням  $M(X)=127$  і  $\sigma = 255$ . При визначенні величин  $M(X1)$  і  $M(X2)$  використовували сігма фільтр. Для підсилення контрасту застосовувалось степеневе перетворення  $C_{k,l}^* = C_{k,l}^{0.6}$ . За критерій відкидання найменших і найбільших елементів, які вважалися спотворені шумом, вибирали сігмовий критерій [14]. Тестове зображення оброблялось сігма-фільтром з вікном (3x3), а потім підвищувався контраст методом Гордона ( $W1=3x3$ ;  $W2=9x9$ ). Цим було реалізовано двоетапну обробку вхідного зображення. Для порівняння ефективності нового підходу була проведена обробка зашумленого зображення запропонованим методом з такими ж розмірами областей  $W1$  і  $W2$  та функцією нелінійного перетворення контрасту, але МС  $M(X1)$  і  $M(X2)$  визначались за формулами

$$M(X1) = \text{trm}_{(n,n) \in W1} \{h(n,n)\} = \frac{1}{n^2 - 2 \cdot \sigma_1} \sum_{i=\sigma_1+1}^{n^2-\sigma_1} h_i(n,n),$$

$$M(X2) = \text{trm}_{(m,m) \in W2} \{h(m,m)\} = \frac{1}{m^2 - 2 \cdot \sigma_2} \sum_{i=\sigma_2+1}^{m^2-\sigma_2} h_i(m,m),$$

де  $\sigma_1$  і  $\sigma_2$  – середньоквадратичні відхилення яскравостей в областях  $W1$  і  $W2$

Порівняння результатів тестувань у випадку, коли зашумлене зображення оброблялось сігма фільтром, а потім методом Гордона і це ж зашумлене зображення, оброблене запропонованим методом, видно, що запропонований метод добре усуває шуми і підвищує контрастність, стає видима структура поверхні деталі.

1. Прэтт У. *Цифровая обработка изображений*. - М.: Мир, 1982. - 790 с.
2. Тьюки Дж. *Анализ результатов наблюдений. Разведочный анализ*. - М.: Мир, 1981. - 684 с.
3. Justusson B.I. *Median filtering: statistical properties/ Two-dimensional digital Signal processing II. Transforms and median filters*. Ed. T.S.Huang. Springer-Verlag, New York, 1981. - P.161-196.
4. Ярославский Л.П. *Цифровая обработка сигналов в оптике и голографии. Введение в цифровую оптику*. М.: Радио и связь. - 1987. - 296 с.
5. Gordon R. Rangayan R.H. *Feature enhancement of film mammograms using fixed and adaptive neighborhood*// Applied optics.-1984.-23.-P.560-564.
6. Dhaawan A.P., Buelloni G., Gordon R. *A Feature enhancement of film mammograms using fixed and adaptive neighborhood image processing*// IEEE

transactions on medical imaging.- 1986. -5, N2.- P8-15.

7. Begdadi A., Negrate. *Contrast enhancement technique based on local detection of edges*// Computer vision, graphics and imaging processing. - 1989. -46, N2. - P.162-174.
8. Воробель Р.А., Опир Н.В. *Підвищення ефективності методу Гордона для підвищення контрастності зображень*//Відбір і обробка інформації.-1997.-Вип.11. - С.100-103.
9. *Устойчивые методы обработки результатов измерений* /Г.В.Стогнов, А.В. Мак-шанов, А.А.Мусаев. Зарубежная радиоэлектроника, 1982. №9, С.3-46.
10. *Микро-ЭВМ в информационно-измерительных системах*/ С.М. Перкеверткин, Н.И. Гаранин, Ю.Н. Костик, И.И. Мироков- М.: Машиностроение,1987.-С.3-46.
11. Гильбо Е.П.,Челпанов И.Б. *Обработка сигналов на основе упорядоченного выбора*. М: Сов.радио, 1976.- 344с.
12. Piestrepo A. and Bobik A.C. *Adaptive trimmed mean filters for image restoration* //IEEE. Trans. on Acoust. Speech and Signal Proc. - 1988. - Vol. ASSP-36. P.1326-1327.
13. Lee J.-S. *Digital image smoothing and the sigma filter*//Computer vision, graphics and image processing. 1983.-v.24.-№2. -P.255-269.
14. Степнов М.Н. *Статистическая обработка результатов механических испытаний*. М.: Машиностроение, 1972. - 232 с.
15. Бронников А.Б., Воскобойников Ю.Е. *Комбинированные алгоритмы нелинейной фильтрации зашумленных сигналов и изображений*. Автометрия. 1990. N 1, С.21-26.
16. Виленчик Л.С. *Искажения в цифровом телевидении*. Труды НИИР, 1977, №2, С.36-40.
17. *Цифровое кодирование телевизионных изображений*. Цуккерман И.И., Кац Б.М., Лебедев Д.С. М.: Радио и связь, 1981.-240с.
18. Чочиа П.А. *Цифровая фильтрация импульсных помех на телевизионных изображениях*. Техника средств связи. Техника телевидения. 1984, вып.1.- С.26-35.
19. Дейвид Г. *Порядковые статистики*. М.: Наука, 1979. - 336с.
20. Чочиа П.А. *Обработка и анализ изображений на основе двухмасштабной модели*. (Препринт). - Москва, ИППИ АН СССР, 1986. - 69 с.
21. <http://www.eecs.wsu.edu/~irl/3DDB/RID/Isolated/RID-block1.html>

