

УДК 681.518:655.4/ 5

**О.В.Ющик, І.І.Сіняков, А.Р.Тищенко**

**МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЧНОГО РІВНЯ  
ПЕРЕТВОРЕННЯ БАГАТОГРАДАЦІЙНОЇ  
РАСТРОВОЇ ГРАФІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ В  
ДВОГРАДАЦІЙНУ**

Суттєвий вплив на кількість спотворень, що з'являються при уводі в комп'ютер шрифтової графічної інформації (ШГІ) із застосуванням растрових скануючих пристроїв (РСП), має точне виділення контурів на багатоградацийному зображенні.

Серед цифрових методів виділення контурів об'єктів на багатоградацийному растровому зображенні найбільш розповсюджені методи, які використовують операцію

дискретного диференціювання. Ця операція означає обчислення різниці величин яскравості точок зображення, вибраних за певним правилом за допомогою лінійного оператора (маски), яка діє на фрагмент зображення розміром  $n \times n$  растрових елементів [3, 7–8]. Особливостями даних методів є типи масок і наступні операції з градієнтними функціями. Для запобігання отриманню фальшивих контурів звичайно застосовуються методи граничного обмеження, в яких вибір порога зумовлений імовірністю знаходження фальшивого контуру, породженого шумом (низький граничний рівень) та пропусками контуру (високий граничний рівень). У роботах [2, 4] проведено порівняльне дослідження деяких найбільш відомих методів виділення контурів на багатоградацийному зображенні за візуальною оцінкою якості отриманих контурних зображень та об'єму машинного часу, необхідного для їх реалізації. Недолік усіх розглянутих методів полягає в тому, що їх кінцевою метою є отримання не графічного максимально точного двоградацийного зображення, яке відповідає еталону, а наближеного бінарного контурного зображення для суб'єктивної оцінки його якості без наявності еталона для порівняння.

При цифровому способі відображення знаків ШГІ кожний еталонний символ має вигляд дискретної матриці, де ділянки з максимальною оптичною щільністю позначені одиницями, а ділянки з мінімальною оптичною щільністю — нулями. Таку бінарну дискретну матрицю можна отримати при скануванні зображення еталонного знаку ШГІ на універсальному багатоградацийному РСР, призначеному для вводу напівтонових зображень у комп'ютер.

Оригінали шрифтових знаків на границях переходів від мінімальної оптичної щільності (щільності фону) до максимальної (щільності штрихів) і від максимальної до мінімальної мають вигляд, зображений на рис. 1 [5].

Оскільки краї знаків володіють властивістю розмитості, важливим завданням є вибір відповідної граничної точки переходу оптичних щільностей.

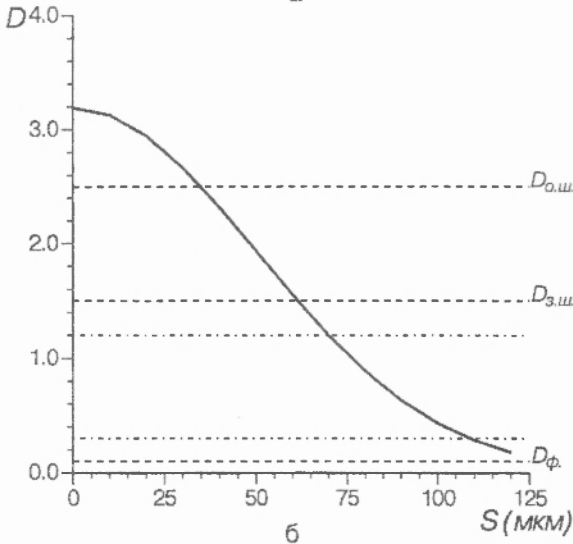
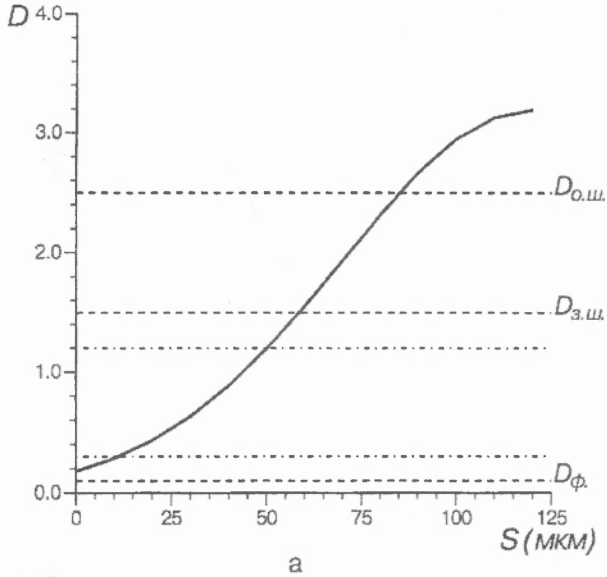


Рис. 1. Розподіл оптичної щільності на границі шрифтового знаку, виготовленого оптикомеханічним фотонасвітленням: а — при переході від мінімальної оптичної щільності до максимальної; б — при переході від максимальної оптичної щільності до мінімальної

Вибір відповідного значення граничної оптичної щільності довільного багатоградаційного графічного зображення знаків ШГІ дозволяє перетворити його в бінарне чорно-біле зображення.

В роботах ряду авторів [9—11] пропонується метод перетворення багатоградаційного зображення в двоградаційне, який використовується при розпізнаванні зображень у томографії та який можна застосувати і для обробки шрифтових знаків, що вводяться за допомогою універсального РСР.

Згідно з [1, 6], дискретне зображення знаку ШГІ, яке вводить у комп'ютер за допомогою універсального РСР вводу зображень, має вигляд матриці  $X$  розміром  $M \cdot N$ , де кожний елемент  $x_{mn}$  приймає один з  $K$  рівнів градації оптичної щільності. Більше того, на множині  $X$  можна задати нечітку множину, яка характеризує певну властивість зображення. В цьому сенсі саме зображення розглядається як об'єднання нечітких одноточкових множин (синглетонів)

$$X = \bigcup_m \bigcup_n p_{mn} / x_{mn}; \quad m = 1, 2, \dots, M; \quad n = 1, 2, \dots, N, \quad (1)$$

де  $p_{mn}$  являє собою ступінь, з якою елемент  $x_{mn}$  зображення володіє максимальною оптичною щільністю. При цьому  $0 \leq p_{mn} \leq 1$  і його значення визначається формулою

$$p_{mn} = \left[ 1 + \frac{x_{\max} - x_{\min}}{F_d} \right]^{-F_e}. \quad (2)$$

Формула (2) якраз і дозволяє визначити ступінь володіння властивістю "мати максимальну оптичну щільність" кожним елементом  $x_{mn}$  зображення знаку. З двох констант  $F_e$  та  $F_d$ , які входять в (2), одна є експоненціальною складовою і задається з натурального ряду цілих чисел. Як правило, на практиці її значення не перевищує трьох. Константа  $F_d$  визначається з умови рівності  $p_{mn} = 0,5$  і вибору відповідного значення  $x_{mn}$ , яке і є по суті граничним значенням оптичної щільності  $x_e$ , відносно якого початкове довільне напівтонове зображення повинно зводитись до бінарного чорно-білого

зображення. На рис.2 показано залежність нечіткої константи  $F_d$  від граничного значення оптичної щільності  $x_c$  та експоненціальної складової  $F_e$ .

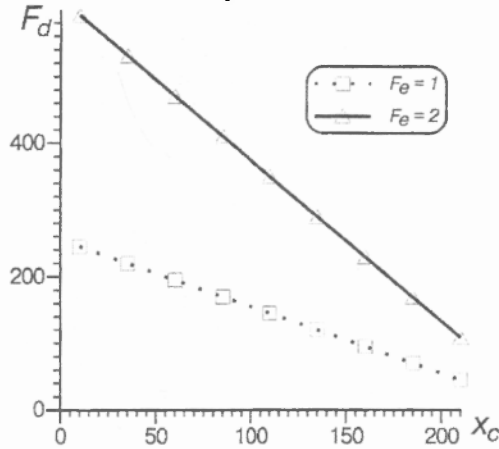


Рис. 2. Залежність нечіткої константи  $F_d$  від порогового значення оптичної щільності  $x_c$  і експоненціальної складової  $F_e$ .

Попередньо введене довільне растрове багатоградаційне зображення знаку ШГІ можна піддати згідно з операціями, які проводяться над нечіткими множинами, операції так званої контрастної інтенсифікації INT

$$p'_{mn} = \begin{cases} 2 \cdot p_{mn}^2, & \text{якщо } 0 \leq p_{mn} \leq 0,5 \\ 1 - 2 \cdot (1 - p_{mn})^2, & \text{якщо } 0,5 < p_{mn} \leq 1. \end{cases} \quad (3)$$

Ця операція збільшує значення  $p_{mn}$ , для яких  $p_{mn} > 0,5$ , і зменшує значення  $p_{mn}$ , для яких  $p_{mn} < 0,5$ . У більш загальному вигляді (3) можна записати через функцію перетворення  $T_r$  у вигляді

$$p'_{mn} = T_r(p_{mn}) = \begin{cases} T'_r(p_{mn}), & \text{якщо } 0 \leq p_{mn} \leq 0,5 \\ T''_r(p_{mn}), & \text{якщо } 0,5 < p_{mn} \leq 1, \end{cases} \quad (4)$$

де  $r = 1, 2, \dots$

й, аналогічно, (3) можна записати як

$$p_{mn} = G(x_{mn}). \quad (5)$$

Надання значень цілого числа для  $r$  в (4) означає, що операцію контрастної інтенсифікації можна повторювати неодноразово. Вибір числа перетворень  $r$  визначається дослідником.

Графічна інтерпретація результату застосування операції контрастної інтенсифікації зображена на рис. 3. Як бачимо, із збільшенням  $r$  крива функції належності нечіткої множини прагне бути стрімкішою.

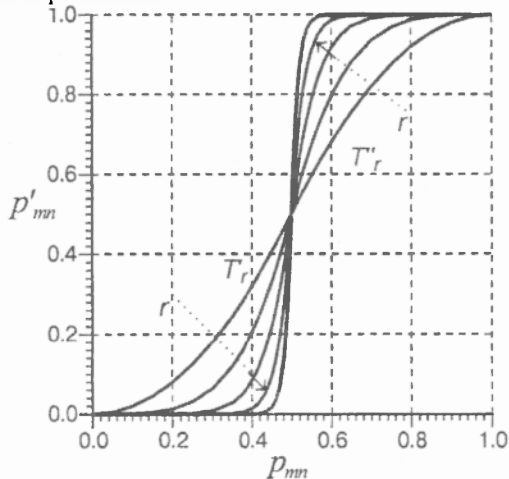


Рис. 3. Застосування операції INT для трансформації функції належності нечіткої множини

У граничному випадку, при  $r \rightarrow \infty$ ,  $T_r$  утворює бінарне чорно-біле зображення.

Якщо операцію (3) провести декілька раз, то носії нечітких підмножин “біле” і “чорне” будуть розширюватися, звужуючи тим самим носій нечіткої підмножини “сіре”. І, нарешті, перетворення (2) та (5) означають, відповідно, перехід з просторової області  $(x_{mn}, x'_{mn})$  в область властивостей  $(p_{mn}, p'_{mn})$  і навпаки.

Для вибору граничного значення  $x_c$  в (2) при заданому  $p_{mn} = 0,5$  (а при цьому однозначно визначається і константа  $F_d$  в (2), обчислюється ентропія нечіткої множини зображення шрифтового знаку  $X(1)$  у вигляді

$$H(X) = \frac{1}{M \cdot N \cdot \ln 2} \cdot \sum_m \sum_n \left[ -p_{mn} \cdot \ln p_{mn} - (1 - p_{mn}) \cdot \ln(1 - p_{mn}) \right] \quad (6)$$

На рис. 4 показана залежність ентропії нечіткої множини всього зображення  $H_\Sigma$  від різних значень граничної оптичної щільності  $x_c$  при  $F_c = 1$  і 2 для чотирьох проведених операцій контрастної інтенсифікації.

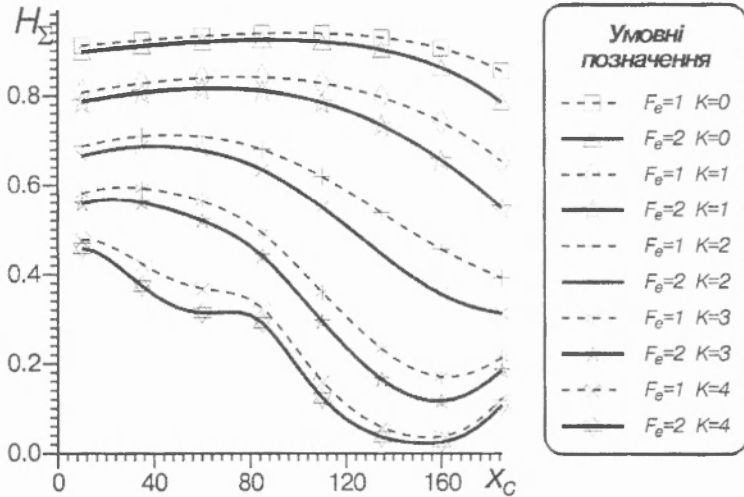


Рис. 4. Залежність ентропії нечіткої множини всього зображення  $H_\Sigma$  від різних значень порогової точки переходу оптичних щільностей  $x_c$

Як видно з рис. 4, точка максимуму  $x_c = 80$  не залежить від числа операцій контрастної інтенсифікації (при  $r > 2$ ). Відповідно, це значення ( $x_c = 80$ ) і вибирається як граничне, відносно якого довільне багатоградцієне зображення

шрифтового знаку зводиться до бінарного чорно-білого. Такий вибір відповідає вибору розв'язку за принципом максимуму ентропії, тільки в термінах теорії нечітких множин.

На рис. 5 зображено шрифтовий знак "Г" (великий), введений у комп'ютер за допомогою універсального РСП уводу зображень, при різних значеннях граничного рівня кодування.

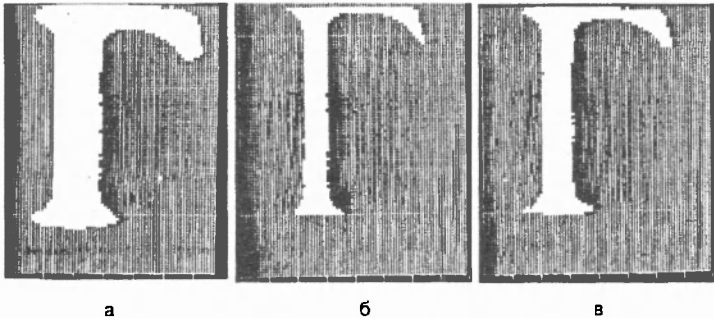


Рис. 5. Шрифтовий знак "Г", уведений у комп'ютер при різних значеннях граничного рівня кодування:

- а — низький граничний рівень;
- б — високий граничний рівень;
- в — оптимальний граничний рівень

На рис. 5,а і 5,б, відповідно, було встановлено низький і високий порогові рівні. На рис. 5,в зображено шрифтовий знак при граничному рівні кодування, отриманому згідно з вищенаведеною методикою. Як видно з рисунків, шрифтовий знак на рис. 5,в має мінімальні спотворення.

1. Даджон Д., Мерсеро Р. Цифровая обработка многомерных сигналов: Пер. с англ. М., 1988.
2. Лалько Л.Б., Порфирьева Н.Н. Сравнительная оценка различных цифровых методов оконтуривания изображений// ОМП. 1985. №4. С.12-14.
3. Прэтт У. Цифровая обработка изображений. Пер. с англ. М., 1982. Кн.1, 312 с.; кн.2, 480 с.
4. Управляющие системы и машины. 1985. №1. С.2-5.
5. Участие в изготовлении первой партии печатной продукции с применением новой системы переработки текстовой информации в условиях промышленного производства. Отчет о НИР/ Всесоюз. науч.-исслед. ин-т комплексных проблем полиграфии. 16-80/9.12. 1980, 16 с.
6. Ярославский Л.П. Введение в цифровую обработку изображений. М., 1979.
7. Abdou I.E., Pratt W.K. Quantitative design and evaluation of enhancement/thresholding edge detectors. Proceedings IEEE. Vol. 67. 1979. P.753-763.
8. Computer Graphics and Image Processing. 1975. V.4. P.248.
9. Pal S.K. A note on the quantization measure of image enhancement through fuzziness/ IEEE Trans. Pattern Analysis Machine Intell. Vol. PAMI-4. №2. March 1982. P.204-208.
10. Pal S.K., King R.A. Image enhancement using smoothing with fuzzy sets/ IEEE



Trans. Syst., Man, Cybern. Vol. SMC-11, July 198. P. 494–501. 11. Pal S.K., King R.A. On edge detection of X-ray images using fuzzy sets/ IEEE Trans. Pattern Analysis Machine Intell. Vol. PAMI-5. №1, January 1983. P. 69–77.

Стаття надійшла до редколегії 30.01.98