

В.В. Воронков, к.т.н., доц.

.В. Гуменюк, н.ж.

Житомирський в'їськовий нститут м. С.П. Корольова

Нац онального ав ац йного ун верситету

### АЛГОРИТМ СТИСНЕННЯ ЦИФРОВИХ КАРТ РАСТРОВОЇ МОДЕЛ З ВИКОРИСТАННЯМ СКАЛЯРНОГО КВАНТУВАННЯ

*У робот проанал зовано алгоритм стиснення цифрових карт растрово модел . Показано, що скалярне квантування основним нструментом при стисненн цифрових карт растрово модел на основ вейвлет-перетворення, або перетворення Фур' .*

**Вступ.** Цифров карти растрово модел , що збер гаються на р зних нос ях передаються по каналах зв'язку, як правило, мають значну надм рн сть. Збер гання передача такого типу карт, що мають вигляд матриц п ксел в, потребу обробки великих об' м в даних. Проте безпосередн представлення карти у нестиснутому вигляд неефективним унасл док значно корельованост елемент в матриц , а вар ант незалежного кодування п ксел в породжу надм рн коди. На сьогоднішн й день сну безл ч п дход в до стиснення нформац та алгоритм в, як х реал зують. Тому особливу актуальн сть серед нших завдань цифрово обробки зображень набува завдання стиснення й обробки зображень у каналах з обмеженою пропускнуо здатн стю [1].

Методи стиснення зображення зручно розглядати у вигляд загально схеми, що склада ться з трьох основних етап в: зменшення м желементно кореляц даних, квантування елемент в даних, статичне кодування [2].

**Метою** дано статт анал з алгоритму скалярного квантування цифрових карт та досл дження основних критер в при застосуванн даного методу стиснення зображення.

**Викладення основного матер алу.** Розглядаючи задач стиснення зображень, сл д звернути увагу на алгоритми квантування. П д квантуванням розум ють зам ну неперервних даних системою ндекс в. Якщо дан описуються лише свої ми значеннями, то використовую ться скалярне квантування [4].

Задано, що  $f = \{f_i\}_{i=0}^N$  – масив вх дних даних. Вважатимемо, що  $\varphi = \{\varphi_i\}_{i=0}^N$  – наб р коеф ц нт в початкових даних, розгорнених в одновим рний масив. Враховано той факт, що в розкладанн використовувалися ортогональн або близьк до ортогональних ф льтри. У вигляд таких ф льтр в можуть використовуватися ф льтри на основ вейвлет-перетворення, або перетворення Фур' .

Для будь-якого масиву  $\tilde{\varphi} = \{\tilde{\varphi}_i\}_{i=0}^N$  через  $\tilde{f} = \{\tilde{f}_i\}_{i=0}^N$  позначимо результат застосування оберненого перетворення до  $\tilde{\varphi}$ .

З ортогональност ф льтр в, л н йност процесу ф льтрац та р вност Парсевала ма мо:

$$\sum_{i=0}^N (f_i - \tilde{f}_i)^2 = \sum_{i=0}^N (\varphi_i - \tilde{\varphi}_i)^2. \quad (1)$$

В домо, що  $A^- = \min_i \varphi_i$ ,  $A^+ = \max_i \varphi_i$ , кр м того  $B = B_{n+m+1}$  розбиття в др зка  $[A^-, A^+]$  на  $n + m + 1$  пром жк в точками  $A^- = b_{-m-1/2} < \dots < b_{-1/2} < 0 < b_{1/2} < \dots < b_{n+1/2} = A^+$ .

Для кожного ндексу  $i = 0, 1, 2, \dots, N$  знайдеться ндекс  $k = k(i)$ , що знаходиться у межах  $[-m..n]$  такий, що в дпов да умовам:

$$b_{k-1/2} < \varphi_i \leq b_{k+1/2} \text{ при } k = [1, n], \quad (2)$$

або

$$b_{k-1/2} < \varphi_i \leq b_{k+1/2} \text{ при } k = [-1, -m], \quad (3)$$

або

$$b_{-1/2} < \varphi_i \leq b_{1/2} \text{ при } k = 0, \quad (4)$$

для будь-яких  $\{a_i\}_{i=1}^M$  задача  $\sum_{i=1}^M (a_i - c)^2 \rightarrow \min$  маєдиний розв'язок:

$$\hat{c} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M a_i. \quad (5)$$

Таким чином, якщо для фксованого  $k = [-m, n]$  всі значення  $\varphi_i$ , що знаходяться в одному з інтервал в (2), (3) або (4), замнен на одне число  $c_k$ , то найменша похибка в середньоквадратичній матриці буде при  $c_k = b_k$ , де  $b_k = \frac{s_k}{n_k}$ ,  $k = [-m, n]$ ,  $s_k = \sum_{i:k(i)=k} \varphi_i$ ,

$$n_k = \sum_{i:k(i)=k} 1.$$

Тому послдовність  $g_i = b_{(i)} (i = 0, 1, 2, \dots, N)$  буде найкращою серед усіх послдовностей, побудованих на кожному з проміжків в (2), (3) або (4).

Для фксованих чисел  $b_k (k = [-m, n])$  кожній послдовності  $g_i$  ставиться у відповідність послдовність  $\psi_i = k_i$ , яку для зручності замнімо такою послдовністю:

$$\theta_i = \begin{cases} 2k(i) - 1, & k(i) > 0, \\ -2k(i), & k(i) < 0, \\ 0, & k(i) = 0. \end{cases} \quad (6)$$

Таким чином, при фксованому векторі  $B$  кожне значення  $\varphi_i$  округлено до значення  $g_i$  (значення  $\psi_i$  або  $\theta_i$  називатимемо кодом масиву  $\varphi$ , процедуру – квантуванням послдовності  $\varphi$  по вектору  $B$ ).

З (1) випливає, що похибка  $RMSE$  (Root Mean Square Error) виникла в результат квантування  $RMSE(B, f) = \left\| f - \tilde{f} \right\|_{l_2}$ , де  $\tilde{f}$  – результат застосування оберненого ортогонального перетворення до масиву  $g$ :

$$RMSE(B, f) = \left\| f - \tilde{f} \right\|_{l_2} = \left\| \varphi - g \right\|_{l_2} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=0}^N (\varphi_i - g_i)^2}. \quad (7)$$

Основною характеристикою якості відновлення величина:

$$p = PSNR(B, \varphi) = 20 \log_{10} \frac{\max_i |\varphi_i|}{RMSE(B, \varphi)}, \quad (8)$$

де  $PSNR$  (Peak Signal-to-Noise Ratio) – відношення сигнал/шум (у dB).

Процес квантування можна переписати в більшій термінології.

Взьмемо  $\Phi_{k+1/2}^+ = \{\varphi_i : \varphi_i \leq b_{k+1/2}\}$ ,  $\Phi_{k+1/2}^- = \{\varphi_i : \varphi_i \geq b_{k+1/2}\}$ . Для  $k = [0, n]$   $\Delta\Phi_k = \Phi_{k+1/2}^+ / \Phi_{k-1/2}^+$ , а для  $k = [-m, -1]$   $\Delta\Phi_k = \Phi_{k-1/2}^- / \Phi_{k+1/2}^-$ ,  $\Delta\Phi_0 = \Phi_{1/2}^+ \cap \Phi_{-1/2}^-$ .

Нехай  $b_k = \frac{1}{n_k} \sum_{i:\varphi_i \in \Delta\Phi_k} \varphi_i$ , тоді  $RMSE$  можна записати у вигляді:

$$RMSE(B, \varphi) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=-m}^n \sum_{i:\varphi_i \in \Delta\Phi_k} (\varphi_i - b_k)^2}. \quad (9)$$

Умовно процедуру побудови набору векторів в  $B$  поділяють на дві частини:

- вибір нульового інтервалу  $[b_{-1/2}, b_{1/2}]$ ;
- за обраним нульовим інтервалом квантування побудова решітки інтервалів  $[b_{k-1/2}, b_{k+1/2}]$  ( $|k| > 1$ ).

Процедура квантування полягає у такому. Задано число  $\delta > 0$ , що в дповдає умов  $b_{1/2} - b_{-1/2} = \delta$ .

Кількість інтервалів квантування  $n$  і  $m$ , отримано таким чином:  $n = \lceil (A^+ - b_{1/2}) / \delta \rceil$ ,  $m = \lceil (b_{-1/2} - A^-) / \delta \rceil$ , де  $\lceil * \rceil$  – ціла частина числа. Обчислено межі інтервалів квантування:

$$b_{k+1/2} = b_{1/2} + \frac{A^+ - b_{1/2}}{n}, \quad k = [1, n], \quad b_{k-1/2} = b_{-1/2} + \frac{-b_{-1/2} - A^-}{m}, \quad k = [-1, -m]$$

таблицю квантування  $b_k = \frac{1}{n_k} \sum_{i \in I_k} \varphi_i$ , де  $I_k = \{i : b_{i-1/2} \leq \varphi_i < b_{i+1/2}\}$ .

Ця процедура для набору  $B$  називається рівномірним квантуванням [3]. Мняючи  $\delta$ , одержуємо набір векторів в  $B$  квантування, тобто метод квантування.

Аналіз скалярного квантування проведено на прикладі фрагменту цифрової карти (рис. 1).

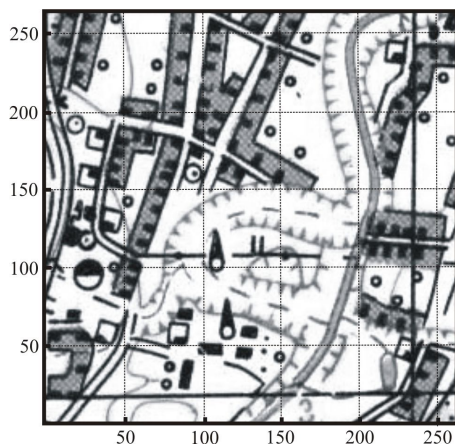
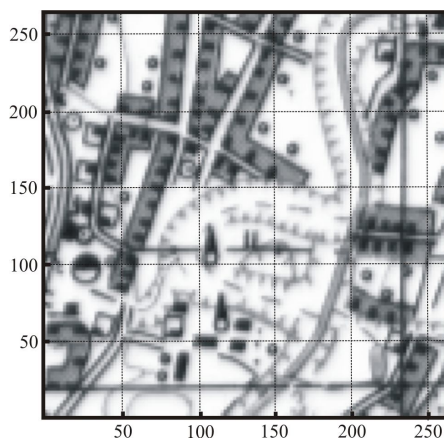
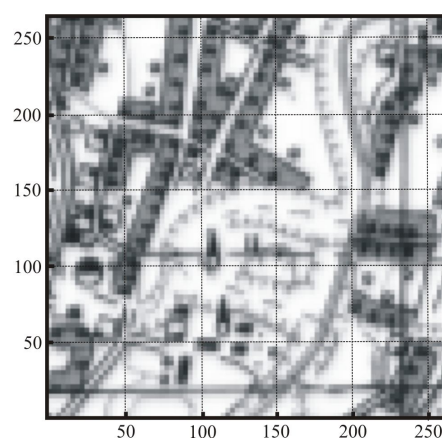


Рис. 1. Вхідне зображення "Мар" розміром 256x256, 196 662 байти

Результат скалярного квантування показано на рисунку 2. Чітко видно, що при збільшенні інтервалу квантування зникає надмірна піксельзація, при цьому якості зображення зменшуються.



а)



б)

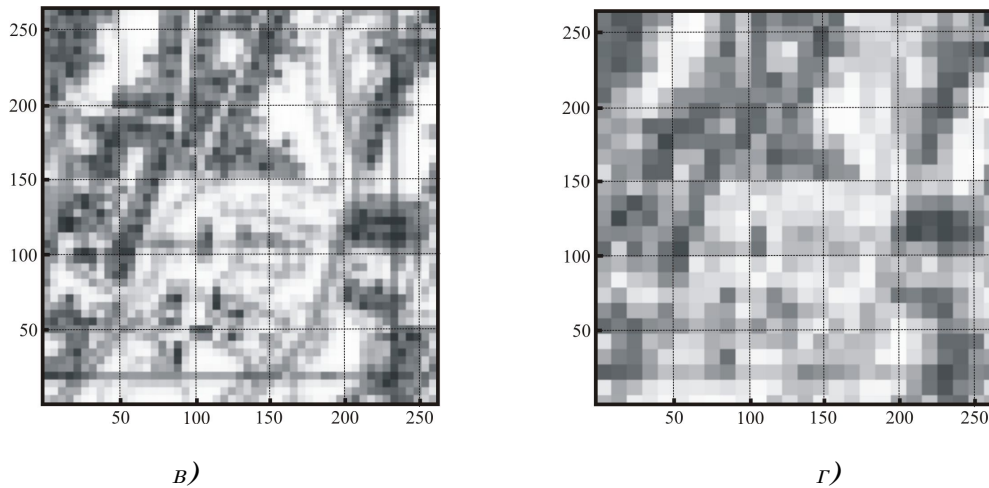


Рис. 2. Результат скалярного квантування зображення. Ітервал квантування: а  $-2 \times 2$ ; б  $-3 \times 3$ ; в  $-5 \times 5$ ; г  $-10 \times 10$

На основ отриманих результатів в майже залежності від двох критеріїв.

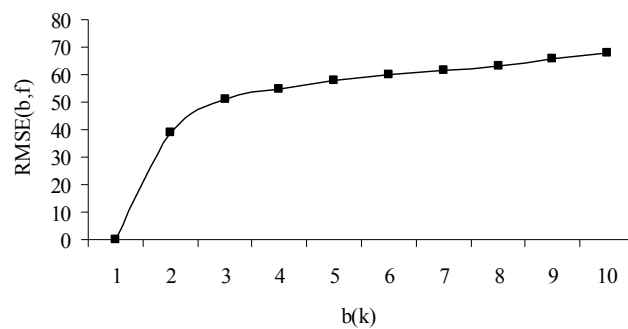


Рис. 3. Залежність середньоквадратичного відхилення від вибору нульового інтервалу квантування

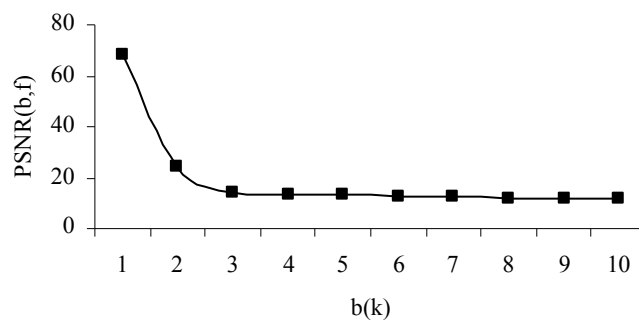


Рис. 4. Залежність пікового відношення сигнал/шум від вибору нульового інтервалу квантування

**Висновки.** У статті розглядається стиснення цифрових карт растрової моделі з використанням скалярного квантування, в основі якого лежить вейвлет-перетворення, або перетворення Фур'є, що в подальшому дає умову ортогональності фільтрів.

Використання алгоритму стиснення інформації на основі скалярного перетворення дозволяє підвищити в декілька разів швидкість обробки по каналах зв'язку в стільки ж разів

економити об'єм дискового простору, але при цьому необхідно розв'язувати задачу оптимального підбору параметрів квантування.

З практичного погляду, стиснення зображення на основі скалярного квантування реалізувати в сукупності з цифрових карт з різним розширенням.

#### Список використаної літератури:

1. *Иванов М.А.* Применение вейвлет-преобразований в кодировании изображений / *М.А. Иванов* // Новые информационные технологии в науке и образовании. – 2004. – 24. – С. 157–175.
2. *Дяконов В.* Обработка сигналов и изображений : спец. справочник / *В.Дяконов*. – СПб. : Питер, 2002. – С. 608.
3. Цифровая обработка изображений в информационных системах : учебн. пособие / *И.С. Грузман, В.С. Киричук, В.П. Косых и др.* – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2000. – С. 168.
4. *Кобелев В.Ю.* Выбор оптимальных вейвлетов для обработки сигналов и изображений / *В.Ю. Кобелев* // труды Междунар. конф. – М., 1999. – Т. 2. – С. 514–518.

**ВОРОТНИКОВ** Володимир Володимирович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизованих систем управління центру Житомирського військового інституту м. С.П. Корольова Національного авіаційного університету.

Наукові інтереси:

– моделювання інформаційних систем.

**ГУМЕНЮК** Володимир Володимирович – інженер кафедри автоматизованих систем управління центру Житомирського військового інституту м. С.П. Корольова Національного авіаційного університету.

Наукові інтереси:

– цифрова обробка зображення;

– моделювання інформаційних систем.

Стаття надійшла до редакції 23.05.2012