

## МЕТОД БЛОКОВОГО ПОКРИТТЯ АТРАКТОРУ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ФРАКТАЛЬНИХ МЕТОДІВ СТИСКУ

Ю.В. Стасєв, Є.О. Бридня, Н.Ю. Любченко  
(Харківський університет Повітряних Сил)

*Запропоновано адаптивний метод блокового покриття атрактора природного відеозображення при використанні фрактальних методів стиску, що базується на побудові оптимального інформаційного тезаурусу покриття.*

### *фрактальний метод стиску, аттрактор, інформаційний тезаурус покриття*

**Вступ.** Найбільш перспективними методами, що дають найкращі результати за ступенем стиску (величині коефіцієнта стиску) природних зображень є методи з частковою втратою якості, з яких за даним показником виділяються фрактальні методи стиску [1 – 2]. В даний час розвиток цих методів відбувається по наступних напрямках [3 – 4]:

- зменшення часу компресії;
- зменшення часу декомпресії;
- збільшення коефіцієнта стиску;
- поліпшення якості відновлюваних зображень.

Однак, зважаючи на те, що фрактальні методи мають істотний недолік – великий часом кодування, і у більшості випадків програють іншим за сумарним часом кодування-декодування інформації [5, 8], на сьогодні **актуальною** залишається задача розробки нових або удосконалювання існуючих фрактальних методів стиску, у яких даний показник зменшується в порівнянні з існуючими. Зокрема, це дозволяє зробити підхід, заснований на прискоренні процесу кодування-декодування атрактора з використанням адаптивної побудови інформаційного тезауруса блокового покриття атрактора. **Метою даної статті** є розробка відповідного адаптивного методу, що дозволяє істотно зменшити кількість обчислень, які повинні бути зроблені на початкових ітераціях.

**1. Формалізація процесу блокового покриття атрактора.** У методах стиску зображень, зокрема і фрактальних, кодери часто дуже насичені обчислювальними операціями. Кодування атрактора [3] включає порівняння двох наборів блоків: рангових блоків і блоків-доменів. Найбільш розповсюджений тип кодера розбиває вихідне зображення на квадратнірангові області  $R_i$ , що не перекриваються, наприклад, розміром  $4 \times 4$  піксела. Потім для кожної рангової області підбирається блок-домен  $D_i$  наступним чином. Береться квад-

рат, наприклад, у два рази більшого розміру ( $8 \times 8$ ), і шляхом усереднення по чотирьох сусідніх пікселях з нього формується квадрат розміром  $4 \times 4$ . Цей квадрат орієнтується в одному з восьми різних положень: чотири положення визначаються його поворотом на  $90^\circ$  в і ще чотири – повороти на  $90^\circ$  його дзеркального відображення. Після перетворення контрасту і яскравості кожний з отриманих квадратів порівнюється з ранговою областю. При мінімальному розходженні в середньоквадратичному змісті блок-домен вважається відображенням розглянутого блоку, тобто відбувається порівняння цих наборів шляхом повного перебору. Для зменшення складності на кроці кодування пропонується використовувати схему класифікації як рангових блоків, так і блоків-доменів. Для кожного рангового блоку розглядаються блоки всередині області відповідного класу. Ці методи класифікації блоків і швидке кодування зв'язані класифікаційним векторним квантуванням (КВК) [2], яке зберігає візуально важливі властивості зображення [5].

При використанні фрактального методу стиску зображення кожен блок кодуемого зображення апроксимується кодуючим блоком, що будується як лінійна комбінація двох або декількох блоків базису. При цьому передбачається, що базис є доступним як для кодера, так і для декодера. Позначимо кодуємо зображення як  $x_0$ . У ньому  $n$ -й блок буде позначений  $[x_0]_n$ . Якщо  $\Psi$  – відображення кодування, то

$$[x_c]_n = \Psi(b_{k(n)}),$$

де  $b_{k(n)}$  – блок, витягнутий з кодуемого зображення  $x_0$ , тобто

$$b_{k(n)} \in \{[x_0]_n\};$$

$x_c$  – колаж, тобто зображення, що є результатом кодування [3];  $[x_c]_n$  –  $n$ -й блок колажу.

Відповідно до сказаного вище, блок колажу може бути виражений як

$$[x_c]_n = \alpha_{1,n} b_{k(n)} + \alpha_{2,n} \left( \xi_2 + \sum_{i=3}^D \alpha_{i,n} \xi_i \right), \quad (1)$$

де  $\alpha_{i,n}$  – скалярні коефіцієнти матриці представлення  $\Psi$ ;  $\xi_i$  – використувані блоки сформованого базису;  $D$  – ранг матриці представлення відображення  $\Psi$ .

Блок  $b_i$  формується лінійною операцією, що копіює блок-домен (звичайно більший, ніж ранговий блок) з якої-небудь частини зображення, стискаючи його шляхом усереднення по чотирьох сусідніх пікселях. Для формування інформаційного тезауруса покриття потужності  $K$  необхідно ввести таку ж кількість лінійних операторів  $B_i$ ,  $i=1, \dots, K$  на  $x_0 = \{[x_0]_n\}$ .

При кодуванні зображення на  $K$  лінійних підпросторах з базисами  $(b_{k(n)}, \xi_2, \dots, \xi_D)$  для  $k = 1, \dots, K$  обчислюється оцінка помилки  $\eta_{до}$  [2]. Як

код для кожного блоку  $[x_0]_n$  вибирається блок інформаційного тезауруса  $b_{k(n)}$  таким чином, що  $b_{k(n)} = b_{k'} \Big| \eta_{k'} = \min_{k \in I, k} \eta_{k, \xi}$ , тобто код для  $n$ -го блоку

визначається множиною скалярів  $\{k(n), \alpha_{i, |n|} \mid i \in 2, \dots, D\} \dots$

**2. Вибір оптимального тезаурусу блокового покриття.** Для заданого інформаційного тезауруса найбільш істотним фактором, що впливає на швидкість кодування, є час пошуку елементів  $b_{k(n)}$ . Для прискорення пошуку пропонується розбити інформаційний тезаурус на  $M$  кластерів  $D_1, \dots, D_M$  з центрами  $c_1, \dots, c_M$ . Тоді пошук можна проводити в два етапи:

- 1) вибір центра кластера;
- 2) вибір блоку всередині кластера.

Для оцінки часу пошуку блоку в інформаційному тезаурусі покриття введемо наступні позначення:  $N$  – число первісних блоків;  $K$  – число блоків інформаційного тезауруса;  $M$  – число центрів кластерів;  $X_m$  – номер кластера  $m$  у  $x_0$ ;  $X_m^*$  – число блоків у  $X_m$ ;  $F_m = X_m^*/N$  – відносний розмір кластера з номером  $X_m$ ;  $D_m$  – номер кластера  $m$  в інформаційному тезаурусі покриття;  $D_m^*$  – число блоків у кластері  $m$ ;  $Y_m = D_m^*/K$  – відносний розмір кластера з номером  $D_m$ .

При кодуванні зображення математичне сподівання загального числа порівнянь для знаходження оптимального кластера стандартними методами [1] дорівнює

$$m_{\text{ст}} = \frac{KN}{2},$$

а при кластерному пошуку

$$\sum_{m=1}^M X_m^* D_m^* = NK \sum_{m=1}^M F_m Y_m. \quad (2)$$

При цьому  $F_m$  і  $Y_m$  задовольняє наступним властивостям:

$$\sum_{m=1}^M F_m = 1; F_m \geq 0; \quad \sum_{m=1}^M Y_m = 1; Y_m \geq 0. \quad (3)$$

Введемо вектори  $\bar{F} = (f_1, \dots, f_m)_m$  і  $\bar{Y} = (y_1, \dots, y_m)_m$ . Координати розглянутих векторів розташовані в інтервалі  $(0, 1)$ . При цьому нульові координати виключаються, тому що порожні кластери розглядати недоцільно. З (1) випливає, що найменше число порівнянь при кластерному аналізі інформаційного тезауруса покриття буде досягатися при  $\bar{F} \parallel \bar{Y}$  [1]. Але тоді з (3) випливає, що  $\bar{F} = \bar{Y}$  і виконується наступне співвідношення:

$$m_{\text{кл}} = NK \sum_{m=1}^M f_m y_m = NK \sum_{m=1}^M f_m^2. \quad (4)$$

Мінімальне значення  $m_{\text{кл}}$  досягається при мінімальному значенні квадратичної форми  $\sum_{m=1}^M f_m^2$ . Але тому що  $\sum_{m=1}^M f_m = 1$ , то мінімум досягається при рівному відносному розподілі кластерів. При цьому математичне сподівання числа порівнянь блоків на двох етапах не перевершить значення  $NM/2 + NK/M$ . Для зображення  $256 \times 256$  пікселів, сегментованих у блоки  $4 \times 4$  піксела,  $N = 4096$ ,  $K = 4000$ ,  $M = 20$ , тобто число порівнянь блоків зменшене від  $8 \cdot 10^6$  до  $9 \cdot 10^5$ , а коефіцієнт зменшення обчислювальної складності приблизно дорівнює 9.

**Висновок.** Запропонований адаптивний метод блокового покриття атрактору природного відеозображення при використанні фрактальних методів стиску, який базується на побудові оптимального інформаційного тезаурусу покриття, значно зменшує час декодування зображень за рахунок зменшення практично на порядок обчислювальної складності відповідних алгоритмів. Подальшим напрямком досліджень є побудова оптимальних рекурсивних структур зображення відеоданих [7] при виконанні послідовних кроків фрактального декодування.

## ЛІТЕРАТУРА

1. *Fractal image compression* / Editor Y. Fisher. - Springer - Verlag, 1995. - 341 p.
2. Кучук Г.А. Фрактальный гауссовский шум в трафиковых трассах // Системы обработки информации. - X.: ХВУ, 2004. - Вып. 3. - С. 91 - 99.
3. Fisher Y., Jacobs E.W., Boss R.D. *Fractal image compression using iterated transforms* // In James A.Storer, editor, *Image and text compression*. - Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, 1992. - P. 35 - 61.
4. Ансон Л., Барнсли М. Фрактальное сжатие изображений // Мир ПК.-1992. № 4.- С. 23 - 27.
5. Кучук Г.А. Моделирование трафика изолированного пульсирующего источника // Системы обработки информации. - X.: ХВУ, 2004. - Вып. 1. - С. 168 - 173.
6. Забарянский С.Ф. Фрактальное сжатие изображений // Компьютеры + программы. - 1997. - №6. - С.16-22.
7. Водопьянов В.К Средства рекурсивной обработки изображений // Автоматрия. - РАН.- 1996. - №1.- С. 93 - 99.
8. Кучук Г.А. Побудова черги при самоподібному трафіку // Системи обробки інформації. - X.: ХВУ, 2004. - Вып. 6. - С. 134 - 137.

Надійшла 25.02.2005

**Рецензент:** доктор технічних наук професор В.А. Краснобаєв,  
Харківський університет Повітряних Сил.