

Використання структурної інформації зображення для знаходження коефіцієнтів інтерполяційного фільтра

З.С. Верес¹

Анотація – The displaying of lower resolution video sequences on higher resolution displays has become common task. To address this requirements the new method for coefficients training of adaptive coding with dynamic ranges (ADRC) based method for video interpolation is proposed.

Ключові слова – інтерполяція зображення, структурна подібність.

I. ВСТУП

В останній час праці багатьох вчених присвячені розгляду низки методів та алгоритмів для просторового розширення зображень на основі адаптивного кодування блоку зображення з динамічним діапазоном [2,8,14]. Дані методи у процесі навчання характеризуються високою швидкістю та простотою обчислення їх інтерполяційних коефіцієнтів. Згадані коефіцієнти оптимізуються відносно метрики оцінювання якості зображення. В переважній більшості в ролі такої метрики виступає найменша середньоквадратична помилка (НСП, англ. Mean Square Error – MSE). Проте використання даної метрики слабо корелюється із існуючими суб'єктивними оцінками якості [2]. Заміна метрики MSE на метрику, результати якої мають кращу кореляцію із суб'єктивними оцінками, дозволяє отримати вихідні інтерпольовані зображення суттєво вищої якості.

II. ЗНАХОДЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ

ІНТЕРПОЛЯЦІЙНОГО ФІЛЬТРА НА ОСНОВІ ІНДЕКСУ СТРУКТУРНОЇ ПОДІБНОСТІ

Одним з найбільш відомих інтерполяційних фільтрів є фільтр побудований на основі адаптивного кодування з динамічним діапазоном – АКДД (англ. Adaptive Dynamic Range Coding – ADRC) [1,4,5], вихідний сигнал якого залежить від вхідних даних. Моментні коефіцієнти фільтра протягом інтерполяції залежать від вмісту локального блоку зображення.

На Рис. 1. наведена узагальнена блок-схема інтерполювання зображення з використанням фільтра на основі АКДД. На вхід схеми подається зображення формату стандартної роздільної здатності (англ. Standard-definition SD). Інтерполяція проводиться в межах блоку 3×3 пікселів. У кожному блоці виконується адаптивне кодування і знаходиться бітова маска блоку. На основі отриманої маски з пошукової таблиці вибираються коефіцієнти інтерполяційного фільтра і обчислюється результуюче значення.

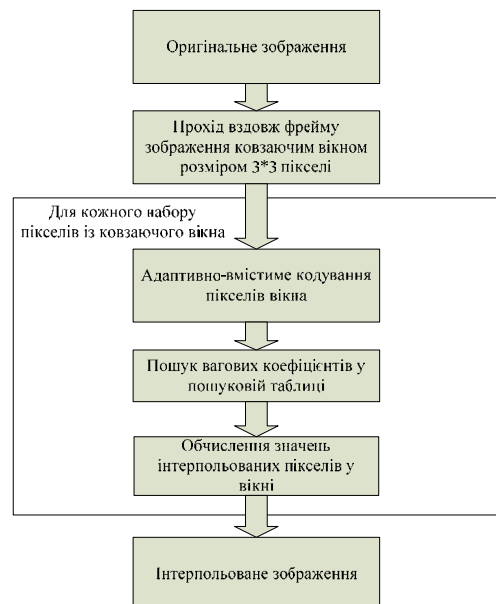


Рис.1. Схема алгоритму адаптивного кодування з динамічними границями

Нехай x – яскравість оригінальних пікселів формату високої роздільної здатності (англ. High-definition – HD), F_{SD} – яскравість пікселів формату стандартної роздільної здатності (англ. Standard-definition – SD). Тоді значення яскравості F_{HD} отримане в результаті інтерполювання обчислюється згідно виразу:

$$F_{HD} = \sum_{k=0}^8 w_c(k) \cdot F_{SD}(k) \quad (1)$$

Обчислення коефіцієнтів фільтра проводиться протягом процесу навчання. В процесі знаходження коефіцієнтів фільтра $w_c(k)$ здійснюється мінімізація сумарної квадратичної помилки між блоками оригінального та інтерпольованого зображення. При такому підході не враховується структурна інформація блоку. У випадку врахування такої інформації інтерпольовані зображення матимуть кращу суб'єктивну оцінку якості.

У працях [10, 13] розглядається новий підхід до оцінки якості зображень. При цьому показано, що людська зорова система (ЛЗС) є надзвичайно запутаною, високонелінійною системою і її основною функцією є виділення структурної інформації із поля спостереження. Вимірювання структурних спотворень дозволяє проводити оцінку спотворення зображення, яке сприйняте спостерігачем [11].

¹ Національний університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери, 12, Львів, 79013, УКРАЇНА, E-mail: viruslviv@gmail.com

У даній роботі пропонується зміна навчального процесу отримання коефіцієнтів фільтра. Існуючий метод отримання коефіцієнтів на основі оптимізації значень квадратичної похибки замінюється на оптимізацію значень індексу структурної подібності. При такому підході зростає кількість та складність обчислень, а також об'єм використаної пам'яті. Проте процес знаходження коефіцієнтів фільтра відбувається одноразово і не впливає на роботу алгоритму з реальними даними. Схема отримання результуючого зображення в режимі «реального часу» залишається незмінною.

Припускаючи, що клас c в загальному містить N зразків під час навчального процесу, значення індекса структурної подібності для всіх пікселів, що належать даному класу обчислюється згідно виразу:

$$SSIM = \frac{(2\mu_{F_{HI}} \mu_{F_{HD}} + C_1)(2\sigma_{F_{HI}F_{HD}} + C_2)}{(\mu_{F_{HI}}^2 + \mu_{F_{HD}}^2 + C_1)(\sigma_{F_{HI}}^2 + \sigma_{F_{HD}}^2 + C_2)} \quad (2)$$

де:

$$\mu_{F_{HI}} = \overline{F_{HI}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N F_{HI_i}, \quad \mu_{F_{HD}} = \overline{F_{HD}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N F_{HD_i} \quad (3)$$

$$\sigma_{F_{HI}}^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (F_{HI_i} - \overline{F_{HI}})^2 \quad (4)$$

$$\sigma_{F_{HD}}^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (F_{HD_i} - \overline{F_{HD}})^2 \quad (5)$$

$$\sigma_{F_{HI}F_{HD}} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (F_{HI_i} - \overline{F_{HI}})(F_{HD_i} - \overline{F_{HD}}) \quad (6)$$

Обчислення коефіцієнтів інтерполяційного фільтра $w_c(1), w_c(2), \dots, w_c(8)$ при яких значення метрики SSIM буде максимальним відбувається для всіх пікселів, що належать певному класу c .

Дані обчислення повторюються для всіх класів протягом процесу навчання. Для знаходження оптимальних коефіцієнтів фільтра перша похідна $\frac{\partial(SSIM)}{\partial w_c(k)}$ відносно кожного коефіцієнта $w_c(k)$ прирівнюється до нуля:

$$\begin{cases} \frac{\partial(SSIM)}{\partial w_c(1)} = 0; \\ \frac{\partial(SSIM)}{\partial w_c(2)} = 0; \\ \dots \\ \frac{\partial(SSIM)}{\partial w_c(n)} = 0; \end{cases} \quad (7)$$

Отримана система рівнянь є нелінійною. Для її розв'язання, тобто знаходження вагових коефіцієнтів інтерполяційного фільтра $w_c(k)$, використаний метод Ньютона, який забезпечує швидку збіжність і не вимагає значної кількості ітерацій для знаходження коренів рівняння.

III. ВИСНОВОК

Наведений алгоритм інтерполяції зображень на основі методу адаптивного кодування вмістимого блоку зображення з динамічним діапазоном забезпечує непогану швидкодію однак якісні характеристики при цьому є неостатніми. Даний підхід враховує лише абсолютні значення пікселів протягом навчання, ігноруючи структурну інформацію. Методи оцінки якості, що базуються на використанні структурної інформації, краще корелюються із суб'єктивними оцінюваннями якості [6]. На основі цього запропоновано новий алгоритм отримання коефіцієнтів інтерполяційного фільтра з використанням метрики структурної подібності зображення. Новий алгоритм вимагає значно більшого числа обчислень в процесі навчання, а також збереження значень усіх пікселів навчальних відеозображень у оперативній пам'яті. Враховуючи, що процес навчання відбувається лише один раз, дані вимоги не змінюють характеристики процесу інтерполяції в режимі «реального часу». Незважаючи на ускладнення процесу навчання є можливим отримання інтерпольованих зображень суттєво вищої якості.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- [1] Верес З.С., Наконечний А.Й. «Класифікація методів просторового розширення зображення», *Методи та прилади контролю якості*. – 2009. – №22. – С. 76-80.
- [2] Верес З.С., Наконечний А.Й. «Методи оцінки якості зображень та шляхи їх вдосконалення» *Комп'ютерні технології друкарства*. – 2008. – №20. – С. 69-81.
- [3] Bovik A.C., «The Essential Guide to Image Processing» *Academic Press*. – 2009. – P. 672.
- [4] Final report from the video quality experts group on the validation of objective models of video quality assessment, phase II *VQEG*. – 2003.
- [5] Kondo T., Fujiwara T., Okumura Y., and Node Y. «Picture conversion apparatus, picture conversion method, learning apparatus and learning method», US-patent 6,323,905, 2001.
- [6] Poynton C. A., «A Technical Introduction to Digital Video» *John Wiley & Sons*. – 1996. – P. 352.
- [7] Schultz R. R. and Stevenson R. L. «A bayesian approach to image expansion for improved definition» *IEEE Transactions on Image Processing*. – 1994. – 3, № 3. – 3. 233-242
- [8] Shao L. «An Overview and Performance Evaluation of Least Mean Square Trained Filters» *Technical Note PR-TN 2007/00230, Philips Research Europe*. – 2007. – P. 35
- [9] Wang Z. and Bovik A. C. «A universal image quality index» *IEEE Signal Processing*. – 2002. – 9, №3. – P. 81–84.
- [10] Wang Z., Bovik A. C. and Lu L. «Why is image quality assessment so difficult?» *Proc. IEEE Int. Conf. Acoustics, Speech, and Signal Proc.* – 2002. – № 4. – P. 3313-3316
- [11] Wang Z., Bovik A. C., Sheikh H. R. and Simoncelli E.P. «Image Quality Assessment: From Error Visibility to Structural Similarity» *IEEE Transactions on Image Processing*. – 2004. – 13, № 4. – P. 600–612.
- [12] Wang Z., Lu L. and Bovik A. C. «Video quality assessment based on structural distortion measurement» *Signal processing: Image communication*. – 2004. – 19, № 2. P. 121-132.
- [13] Wang Z. «Rate Scalable Foveated Image and Video Communications» *PhD thesis, Dept. of ECE, The University of Texas at Austin*. – 2001.
- [14] Zhao M., et al. «Content adaptive image de-blocking», *Proc. IEEE International Symposium on Consumer Electronics*. – 2004.