

УДК 628.1.03, 519.21

Р.Кветний, К.Кострова, І.Богач

Вінницький державний технічний університет

ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕРПОЛЯЦІЇ САМОАФІННИМИ МНОЖИНАМИ ДЛЯ ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ ЗОБРАЖЕНЬ

У цій статті подано застосування інтерполяції самоафінними множинами, яке можна використати для поліпшення контурів збільшених зображень, що значно підвищує якість зображення, не змінюючи при цьому його яскравості і різкості.

Технологія згладжування зображень (anti-aliasing technology) використовується для вилучення небажаних східчастих нерівностей растрових зображень, що утворюються при малюванні дуг або похилих ліній, нахил яких відмінний від 45°. Нерівності виникають, коли неможливо відобразити згладжену лінію внаслідок низької роздільної здатності екрана або занадто великого масштабу растрового зображення.

Причиною виникнення “сходинок” зображення є принцип відображення растрової графіки – комп'ютер створює лінію за допомогою малювання квадратних точок (*pixels* – скорочене від *picture elements*), інтерпретуючи похилу лінію як “сходи” із малесеньких горизонтальних відрізків. Чим нижча роздільна здатність екрана і чим більший масштаб зображення, тим ймовірніше, що “сходинок” будуть помітними [1].

Алгоритми згладжування зображень стимулюють вищу роздільну здатність екрана за допомогою додавання кольорових точок, що дає зорову ілюзію більш м'яких контурів зображення (такі, наприклад, технології компаній Microsoft, Adobe, MIT's Media Lab та інших). Загальна ідея алгоритмів така: додаткові точки менш насиченого кольору, ніж вихідне зображення, розміщуються навколо “сходів”. У складніших алгоритмах насиченість кольору додаткових точок варіюється від їхньої позиції і вихідного зображення [2].

Приклад використання описаної технології згладжування зображень для похилої лінії поданий на рис. 1.



- A) початкове зображення лінії;
- B) результат простого алгоритму згладжування контурів, що додає точки менш насиченого кольору уздовж “сходинок”. Для додаткових точок використано два відтінки;
- C) результат складного алгоритму згладжування контурів, що додає точки менш насиченого кольору уздовж “сходинок” і робить початкову лінію темнішою. Для додаткових точок використано шість відтінків.

Рис. 1. Технології згладжування зображень для похилої лінії

Описана технологія широко застосовується при створенні шрифтів, Web-графіки та інших растрових зображень, проте її недоліками є:

- 1) “розмивання” зображення, особливо при сильному збільшенні;
- 2) викривлення кольору, яскравості і контрастності вихідного зображення при складних алгоритмах згладжування.

Збільшення растрових зображень корисно використовувати у програмному забезпеченні для людей з вадами зору. Продукти даного класу визначають якусь частину екрану як лінзу, що збільшує, у якій показана та область екрана, де знаходиться курсор. Приклад цього інтерфейсного рішення поданий на рис. 2.

Найвідоміші продукти для людей з вадами зору (Zoom Text Xtra 7.0 фірми Ai Squared, VISULEX LP Win компанії F. H. Papenmeier, Supernova компанії Dolphin Computer Access, LLC) передбачають збільшення екрана у 2-8 разів, проте VISULEX LP Win і Supernova не використовують технології згладжування [3]. Це значно ускладнює роботу з текстовими документами, особливо при високих ступенях збільшення. Zoom Text Xtra застосовує стандартні алгоритми згладжування, проте при цьому зображення частково розмите.

Щоб усунути ці недоліки і максимально полегшити роботу з текстовими документами, у L&H Magnifier – продукті для людей з вадами зору, який зараз розробляють фірмами “Комп’ютерні Мультимедіа Системи”, Україна та Lernout & Hauspie, Бельгія, передбачається застосувати інтерполяцію самоафінними множинами для згладжування контурів збільшених зображень.

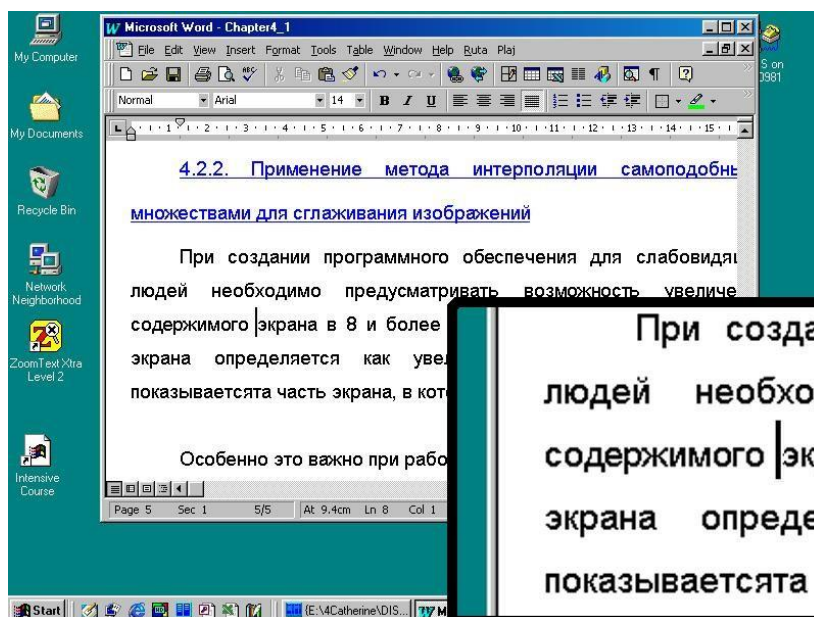


Рис. 2. Вид екрана при використанні ПЗ для людей з вадами зору

Метод інтерполяції самоподібними множинами може застосовуватися не тільки до окремих точок простору E_2 , але й до множин, що належать цьому просторові.

Розглянемо початкову множину $A = \{a_0, a_1, \dots, a_n\}$, $n \geq 5$ – упорядкована множина з E_2 (рис. 3).

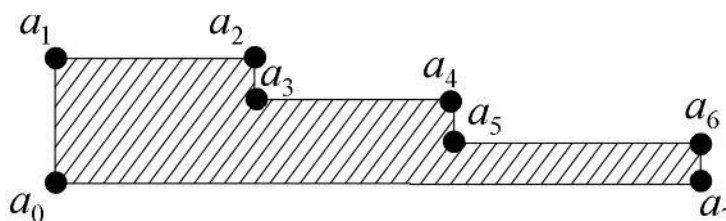


Рис. 3. Приклад початкової множини $A = \{a_0, a_1, \dots, a_n\}$ ($n = 7$)

Визначимо для цієї множини sqr -співвідношення як:

$$s_i = \frac{d(a_i, a_{i+1})}{d(a_0, a_n)}, \quad q_i = \frac{d(a_{z-1}, a_z)}{d(a_0, a_1)}, \quad \varphi = (a_i - a_{i+1}) \wedge (a_i - a_n) = 0, \\ t = a_i - a_0, \quad i = 1, 3, 5, \dots, \quad z = \begin{cases} 3, i = 1 \\ i, i > 1 \end{cases} \quad (1)$$

Визначимо афінні перетворення W_i як:

$$w_i = T_{t_i} \circ (G_{s_i} \circ P_x + G_{q_i} \circ P_y), \quad i = 1, 3, 5, \dots, \quad (2)$$

де T_{t_i} – рівнобіжне перенесення на вектор t_i ;
 G_{s_i} – гомотетія з центром в a_0 і коефіцієнтом s_i ,
 G_{q_i} – гомотетія з центром в a_0 і коефіцієнтом q_i ,
 P_x – проектор на вісь абсцис;
 P_y – проектор на вісь ординат [4].

Побудуємо оператор Хатчинсона W :

$$W(A) = \bigcup_{i=1,3,5,\dots} w_i(A) \quad (3)$$

$$W : E_2 \rightarrow E_2$$

Відповідно до Теорема 4 множини

$$A_1 = W(A_0), A_2 = W(A_1), \dots, A_m = W(A_{m-1}), \dots$$

є інтерполяційними множинами Хатчинсона $\bar{A}_j$ рангу j .

Приклад інтерполяційних множин Хатчинсона, отриманих при інтерполяції контура зображення, поданий на рис 4.

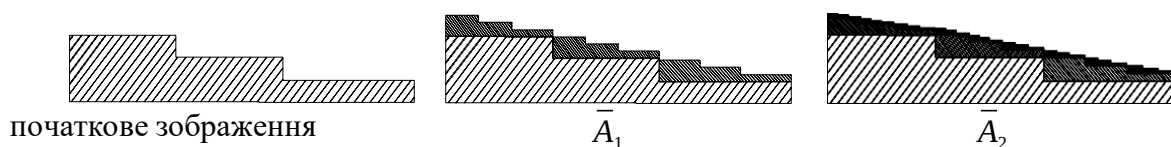


Рис 4. $\bar{A}_j$, $j = 1, 2$, при інтерполяції контура зображення

Інтерполюються окремі лінії здійснюється на підставі двох початкових множин $A = \{a_0, a_1, \dots, a_n\}$ і $A' = \{a_0, a_1, \dots, a_n\}$, $n \geq 5$, що вибираються:

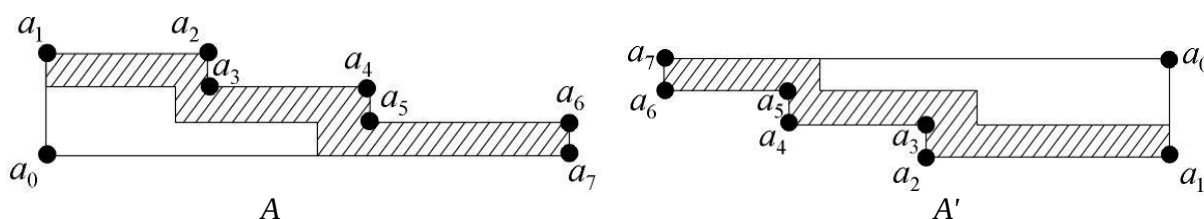


Рис. 5. Приклад початкових множин $A = \{a_0, \dots, a_n\}$ і $A' = \{a_0, \dots, a_n\}$ ($n = 7$)

Приклад інтерполяційних множин Хатчинсона, отриманих при інтерполяції похилої лінії, поданий на рис 6.

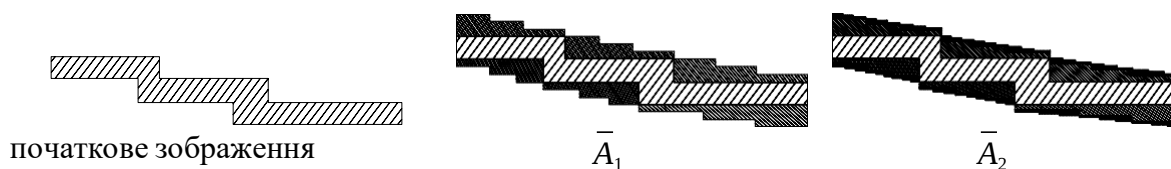


Рис 6. $\bar{A}_j$, $j = 1, 2$, при інтерполяції похилої лінії

Приклади зображень, збільшених у 4 і 8 разів за допомогою програмних продуктів Zoom Text Xtra і L&H Magnifier, подані на рис. 7.

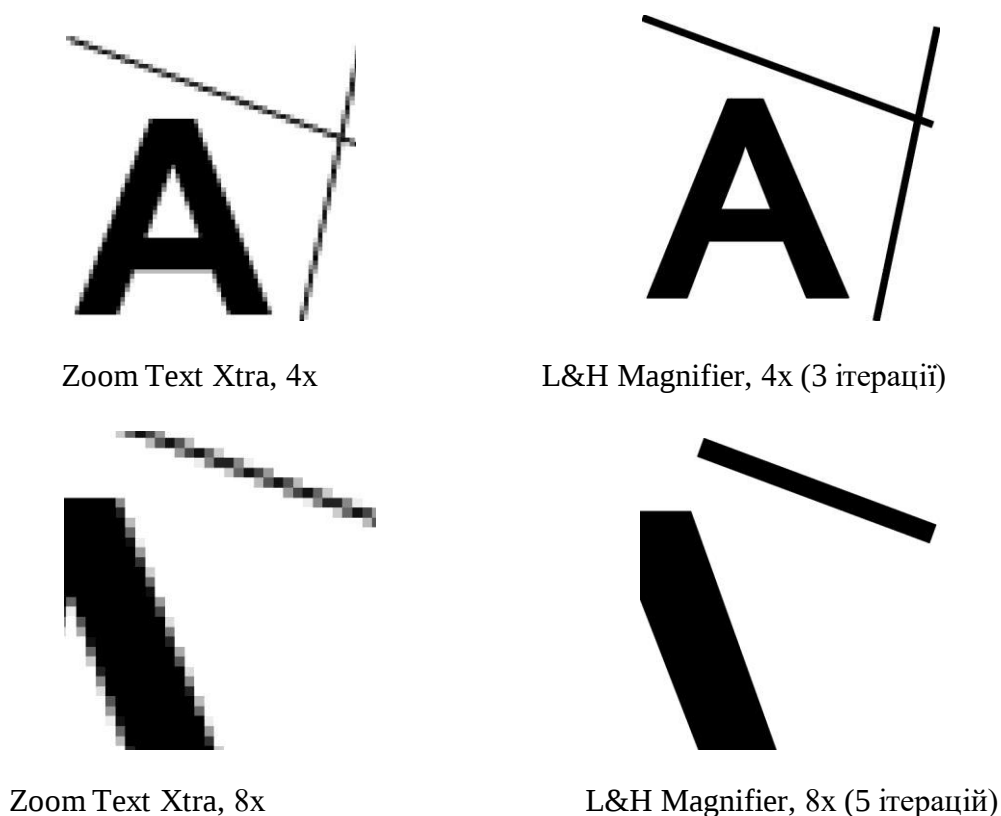


Рис 7. Зображення, збільшені у 4 і 8 разів

Застосування інтерполяції самоафінними множинами для поліпшення контурів збільшених зображень значно підвищує якість зображення, не змінюючи при цьому його яскравості і контрастності. Проте зростає кількість обчислювальних операцій, необхідних L&H Magnifier для відтворення зображення, тому доцільно використовувати цей метод при високому рівні збільшення зображення (4x і більше).

Anti-aliasing algorithms that derived from the interpolation based on self-similar multitudes significantly improve the quality of the magnified images and, moreover, the brightness and contrast of these images aren't changed at all. But we need to note that this approach requires the huge quantity of the computer operations – therefore, it's reasonable to use it only if the level of the magnification is high enough – 4 and higher.

Література

1. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: / Пер. с англ. - М.: Мир, 1982. – Кн.1 – 312 с.
2. Паркер Р. Как сделать красиво на бумаге: / Пер. с англ. – СПб: Символ-Плюс, 1998. – 358 с.
3. Wohlberg B. E., Jager G. On the reduction of fractal image compression encoding time. // Proc. 1994 IEEE South African Symposium on Communications and Signal Processing COMSIG '94, Oct. 1994. – P. 158-161.
4. Кветний Р.Н., Кострова К.Ю. Застосування фрактальних алгоритмів у засобах обробки експериментальних даних на ЕОМ: Матеріали конф. - Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах і конверсії виробництва. – Хмельницький. - 1995. - С.192.

Одержано 18.06.2000 р.