

ВИДІЛЕННЯ НЕЧІТКИХ ФРАГМЕНТІВ ОБ'ЄКТІВ ЗОБРАЖЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕНТРОПІЇ

Бомба А.Я.¹⁾, Шпортько О.В.²⁾, Яйлимов Б.Я.³⁾, Шпортько Л.В.⁴⁾

¹⁻³⁾ Рівненський державний гуманітарний університет

¹⁾ д. т. н., професор; ²⁾ к. т. н., старший викладач; ³⁾ здобувач

⁴⁾ ДВНЗ „Рівненський коледж економіки та бізнесу”, викладач циклу інформатики і комп'ютерної техніки

Класифіковано нечіткі фрагменти об'єктів зображень та проаналізовано особливості їх структури. Запропоновано використання ентропії як один з альтернативних алгоритмів виділення нечітких фрагментів об'єктів для їх окремого стиснення чи подальшої обробки.

I. Постановка проблеми

Сучасні цифрові зображення є невід'ємною складовою мультимедійної інформації, що найчастіше створюється, накопичується і зберігається на цифрових носіях та передається каналами зв'язку. Їх стиснення дає змогу зменшити обсяги використання дискового простору та прискорити завантаження відповідних файлів по мережі, тому проблема підвищення ефективності компресії зображень є актуальною сьогодні і буде актуальною в найближчому майбутньому.

Всі алгоритми стиснення зображень поділяють на два основні класи: з втратами та без втрат [1]. І якщо для переважної більшості алгоритмів компресії зображень з втратами можна забезпечити потрібний коефіцієнт стиснення (відношення розмірів стиснутого до нестиснутого файлів зображення, надалі – КС) за рахунок погіршення якості, то КС зображень без втрат залежить, власне, лише від перепадів яскравостей кольорів їх пікселів та алгоритму стиснення, не регулюється програмно і становить у середньому лише 30..70%.

Загальновідомо, що стиснення даних можливе за рахунок зменшення надлишковості, а одним з основних методів в процесі компресії зображень є контекстно-незалежне кодування, яке усуває кодову надлишковість поміж переважаючими яскравостями чи приростами яскравостей між суміжними пікселами. Це кодування ставить у відповідність елементам, які зустрічаються частіше, коди не більшої (найчастіше – меншої) довжини ніж для елементів, котрі трапляються рідше. Ефективність контекстно-незалежного кодування збільшується при збільшенні нерівномірності розподілу частот окремих елементів (для зображень – яскравостей компонентів окремих пікселів) [2]. Тому сьогодні вдосконалюються існуючі та створюються нові методи і алгоритми не лише безпосереднього стиснення, а й попередньої обробки зображень, які підвищують цю нерівномірність (наприклад, предикторне кодування [3]). Ми пропонуємо підвищувати нерівномірність розподілу за рахунок відокремлення нечітких фрагментів зображень. На сьогодні в науковому напрямку обробки зображень вже розроблені методи виділення об'єктів, які переважно базуються на аналізі контурів [4; 5], тобто сукупностей пікселів, де спостерігається стрибкоподібна зміна яскравостей. Вони широко використовуються у різних графічних редакторах, зокрема в Adobe PhotoShop, Corel PhotoPaint та ін. Але більшість з цих методів призначені для виділення насамперед чітких об'єктів, тому й не застосовуються в процесі стиснення зображень для відокремлення нечітких фрагментів.

II. Мета дослідження

Враховуючи наведену проблематику, ціллю роботи є класифікація видів та розробка на основі основних положень теорії інформації алгоритму виділення нечітких фрагментів об'єктів зображень для їх окремої подальшої обробки чи стиснення контекстно-незалежним алгоритмом.

III. Штучні та природні нечіткості фрагментів об'єктів зображень

Як відомо, растрові зображення складаються з окремих точок – пікселів, сукупності кольорів яких відтворюють об'єкти на зображеннях. При масштабі оригіналу колір і форма об'єктів більшості растрових зображень виглядають суцільними. Складові ж їх окремих фрагментів можна побачити після збільшення масштабу. Зрозуміло, що цей процес відбувається за рахунок збільшення площі відображення кожного піксела, тому якість фрагментів об'єктів, як і самого зображення при цьому втрачається і ми маємо справу зі штучними нечіткостями, які можливо усунути.

Але існують зображення об'єктів, контури яких є нечіткими без масштабування, вони мають пом'якшені краї або зменшену деталізованість і водночас для людського ока є достатньо вираженими. Розглянемо, наприклад, зображення земної поверхні на рис. 1. Бачимо, що окремі

об'єкти зображення виражені цілком чітко, але їх краї та деякі частини не чітко виражені. Що в цьому випадку можна сказати про чіткість рисунка в цілому?

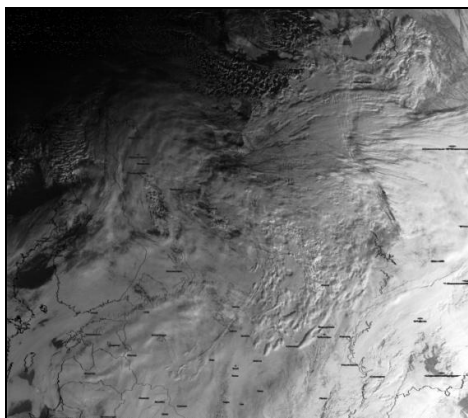


Рисунок 1 - Космічний знімок земної поверхні

Якби нечіткість виникла через технічні недоліки, наприклад, пов'язані з каналом передачі інформації, то нечіткими були б усі деталі зображення. У цьому ж випадку можна стверджувати, що апаратні засоби фіксації не внесли особливих нечіткостей, оскільки частина об'єктів самого зображення є чіткою, і ми маємо справу з природною нечіткістю. Тому під час обробки зображень, аналогічних наведеному на рис. 1, нечіткості усувати недоцільно. Для стиснення та подальшої обробки таких зображень потрібно підібрати оптимальні методи окремо для чітких та нечітких фрагментів, оскільки вони, як буде показано далі, мають різні статистичні характеристики.

IV. Застосування ентропії для виділення нечітких фрагментів об'єктів зображень

Згідно основних положень теорії інформації, середня довжина коду будь-якого контекстно-незалежного алгоритму не може бути меншою ентропії джерела, яка обчислюється за формулою Шенона

$$H = - \sum_i p(s_i) \log_2 p(s_i), \quad (1)$$

де $p(s_i)$ – ймовірність появи елемента s_i . Ентропія джерела, як і середня довжина найефективнішого на сьогодні серед контекстно-незалежних алгоритмів арифметичного коду, зменшується при збільшенні нерівномірності розподілу ймовірностей між елементами [6]. Нечіткі фрагменти об'єктів зображень мають менші максимальні ймовірності елементів (а тому і більшу ентропію) від чітких. Більше того, довжина блоку ентропійного коду поєднання двох фрагментів не перевищує суму довжин блоків ентропійних кодів цих фрагментів (не враховуючи довжин заголовків блоків, де зберігається інформація про ймовірності окремих елементів) лише тоді, коли ймовірності появи окремих елементів у цих блоках однакові [7]. У нечітких та чітких фрагментах зображень ці ймовірності відрізняються, тому виділення та окреме стиснення нечітких фрагментів має підвищити ефективність контекстно-незалежного кодування.

Отже, для виділення нечітких фрагментів об'єктів на зображеннях виявимо групи пікселів з великою ентропією. З цією метою визначимо локальну ентропію (1) у всіх внутрішніх прямокутниках пікселів з шириною a та висотою b (рис. 2), замінюючи ймовірності відносними частотами. Наприклад, для найпоширеніших трикомпонентних кольорових RGB-зображень з частотою дискретизації 8 бітів по кожній компоненті (1) переписеться у вигляді

$$H = - \sum_{i=0}^{255} \frac{N_i}{N} \times \log_2 \left(\frac{N_i}{N} \right), \quad (2)$$

де $N = 3 \times a \times b$ – кількість значень яскравостей компонентів пікселів у прямокутнику (перший множник обумовлений кількістю компонентів), N_i – частота яскравості i серед компонентів пікселів у прямокутнику.

Після знаходження ентропії у кожному з внутрішніх прямокутників наближено обчислимо ентропію у кожному пікселі як середнє арифметичне значень локальних ентропій прямокутників, яким цей піксел належить, та виділимо на зображенні ті піксели, у яких знайдене середнє арифметичне перевищує граничне значення.

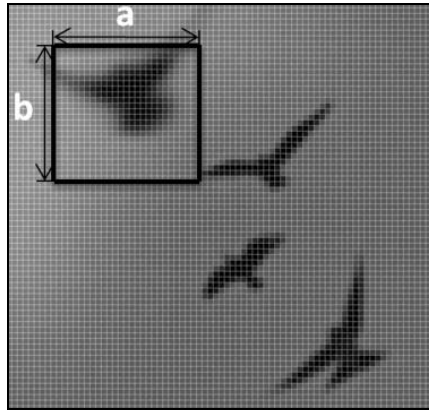


Рисунок 2 - Прямокутник для визначення локальної ентропії

Дієздатність наведеного алгоритму виділення нечітких фрагментів об'єктів зображень підтверджено на практиці, тому він може бути використаний не лише для стиснення, а й у графічних редакторах. Але на сьогодні ще залишається відкритим питання вибору оптимальних значень розмірів внутрішніх прямокутників та граничного значення ентропії. В перспективі планується також визначити вплив цього алгоритму на КС контекстно-незалежних алгоритмів як для дискретно-тонових, так і для фотореалістичних зображень.

Висновки

В роботі класифіковано види, обґрунтовано та наведено алгоритм виділення нечітких фрагментів об'єктів зображень за допомогою ентропії для їх окремого подальшого опрацювання в графічних редакторах чи стиснення контекстно-незалежним алгоритмом. В процесі дослідження встановлено, що:

1. Під час обробки зображень усувати природні нечіткості недоцільно, оскільки це може призвести до спотворення відтворних у них об'єктів;
2. Зменшувати КС контекстно-незалежного алгоритму доцільно за рахунок виділення областей, які мають різні нерівномірності розподілу, наприклад, виділяючи чіткі та нечіткі фрагменти зображень.
3. Нечіткі фрагменти зображень мають, як правило, нижчий рівень кодової надлишковості від чітких, тому виділяти їх доцільно сукупностями пікселів, у яких наближене локальне значення ентропії перевищує граничне значення.
4. Результати використання ентропії з метою виділення нечітких фрагментів зображень доцільно застосовувати не лише під час контекстно-незалежного кодування, а й у графічних редакторах.

Список використаних джерел

1. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео / Д. Ватолин, А. Ратушняк, М. Смирнов, В. Юкин. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2003. – 384 с.
2. Бомба А. Я. Энтропийні способи вибору предиктора для рядка пікселів у форматі PNG / А. Я. Бомба, О. В. Шпортько // Управляющие системы и машины. – 2010. – № 3. – С. 8-25.
3. Бредихин Д. Ю. Сжатие графики без потерь качества [Электронный ресурс] / Д. Ю. Бредихин. – 2004. – http://www.compression.ru/download/articles/i_less/bredikhin_2004_lossless_image_compression_doc.rar
4. Elder J. H. Local Scale Control for Edge Detection and Blur Estimation / J. H. Elder, S. W. Zucker // IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 1998. – Vol. 20, № 6. – P. 699-716.
5. Алиев М. В. Выделение контуров на малоконтрастных и размытых изображениях с помощью фрактальной фильтрации. [Электронный ресурс] / М. В. Алиев, А. Х. Панеш, М. С. Каспарьян. – Режим доступа: http://www.vestnik.adygnet.ru/files/2012.1/1536/aliev2012_1.pdf.
6. Бомба А. Я. Застосування арифметичного кодування у растровому графічному форматі PNG / А. Я. Бомба, О. В. Шпортько // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. – 2010. – Вип. 2 (50). – С. 246-253. – (Серія: Технічні науки).
7. Шпортько О. В. Підвищення ефективності стиснення кольорових зображень у форматі PNG / О. В. Шпортько. – Дис. канд. техн. наук. – Рівненський державний гуманітарний університет. – Рівне, 2010. – 195 с.