

ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОНТЕКСТНО-НЕЗАЛЕЖНИХ АЛГОРИТМІВ В ПРОЦЕСІ СТИСНЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ БЕЗ ВТРАТ

Бомба Андрій

*доктор технічних наук, професор,
професор кафедри комп'ютерних наук
та прикладної математики
Національного університету водного
господарства та природокористування
м. Рівне, Україна*

Шпуртько Олександр

*кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри інформаційних систем
та обчислювальних методів
Приватного вищого навчального закладу
«Міжнародний економіко-гуманітарний університет
імені академіка Степана Дем'янчука»
м. Рівне, Україна*

Як відомо, будь-яке стиснення даних можливе за рахунок зменшення чи ліквідації надлишковостей [1, с. 15]. В зображеннях розрізняють три основні типи надлишковостей [2]: візуальну (полягає в наявності інформації, яка не сприймаються зоровою системою людини), міжелементну або просторову (проявляється в корельованості яскравостей суміжних пікселів чи компонентів колірної моделі) та кодову (виявляється при використанні кодів однакової довжини для елементів з різними ймовірностями). Чим більше видів надлишковостей кожного типу опрацьовуються графічним форматом – тим ефективніше стиснення. В процесі стиснення без втрат інформація не втрачається, тому перший тип надлишковостей не зменшується.

Стиснення зображень без втрат для зменшення надлишковостей другого та третього типів в архіваторах та графічних форматах найчастіше відбувається максимум в чотири етапи: на першому контекстно-залежне кодування зменшує надлишковості між однаковими фрагментами чи фрагментами з однаковою структурою (зменшує міжелементну надлишковість, може використовуватися і перед четвертим етапом); на другому етапі виконується перехід до альтернативної колірної моделі [3]; на третьому – яскравості компонентів пікселів перетворюються за допомогою предикторів [4]; на четвертому етапі контекстно-незалежне



кодування формує коди елементів з довжинами, залежними від їх ймовірностей (опрацьовує кодову надлишковість). Другий та третій етапи не стискають зображення, але збільшують нерівномірність розподілу яскравостей і тому підвищують ефективність четвертого етапу, тобто збільшують кодову надлишковість за рахунок зменшення міжелементної. Контекстно-незалежне кодування четвертого етапу може навіть застосовуватися замість контекстно-залежних кодів яскравостей окремих пікселів, якщо це додатково зменшує КС [5].

Однакові фрагменти чи фрагменти з однаковою структурою в основному трапляються в дискретно-тонових зображеннях [6], тому контекстно-залежне кодування, як правило, мало ефективне для фотореалістичних знімків. Отже, єдиним універсальним етапом стиснення зображень без втрат є контекстно-незалежне кодування [7], а інші етапи необов'язкові.

Загальновідомий основний принцип контекстно-незалежного кодування сформулюємо так: *довжина коду довільного елемента з більшою ймовірністю не повинна перевищувати довжину коду будь-якого елемента з меншою ймовірністю*. Стосовно зображень, цей принцип базується на фундаментальному положенні теорії інформації, згідно з яким для мінімізації довжини коду послідовності кожне значення елемента i (це може бути яскравість окремої компоненти *brightness* (для окремої компоненти кожного пікселя зображень True Color $brightness = 0, 255$) чи базове значення контекстно-залежного коду) з ймовірністю появи P_i доцільно кодувати $l_i = -\log P_i$ бітами (тут і скрізь надалі логарифм береться за основою 2). Тому середня довжина коду елемента блоку після застосування будь-якого контекстно-незалежного алгоритму згідно з формулою of

$$H = -\sum_i P_i \times \log P_i .$$

Shannon [2], не може бути меншою *ентропії джерела*

Як відомо, ентропія джерела зменшується зі збільшенням нерівномірності розподілу ймовірностей (частот) між елементами. Чому ж підвищення нерівномірності розподілу елементів, яке виконують предиктори та різницеві колірні моделі, призводить до зменшення ентропії? Для відповіді на це питання дослідимо залежність ентропії для випадку трьох елементів від ймовірностей появи двох елементів (рис. 1).

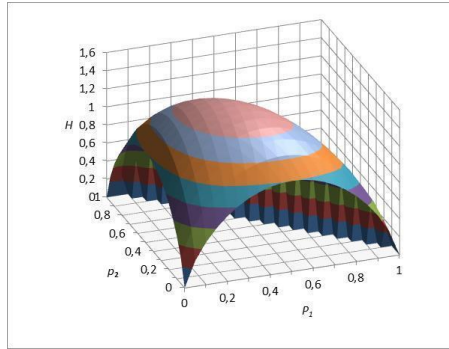


Рис. 1. Залежність ентропії джерела з трьох елементів від ймовірностей появи двох елементів

Якщо ймовірність появи першого елемента у цьому випадку рівна $p_1 \in [0;1]$, а ймовірність другого елемента буде $p_2 \in [0;1-p_1]$, то ймовірність третього елемента становитиме $p_3 = 1 - p_1 - p_2$, а ентропія буде рівною $H = -p_1 \log(p_1) - p_2 \log(p_2) - (1 - p_1 - p_2) \log(1 - p_1 - p_2)$. Бачимо, що чим більше ймовірності елементів відрізняються між собою (тобто чим більша нерівномірність розподілу або, що те саме, менша невизначеність) – тим менша ентропія [8, с. 33]. Причому ця залежність нелінійна і посилюється зі збільшенням нерівномірності. Тут ентропія максимальна при $p_1 = p_2 = p_3 = 1/3$ і становить $\log(3)$. Тому ми розробляємо і вдосконалюємо адаптивні різницеві колірні моделі [3] та предиктори [4] для підвищення нерівномірності розподілу ймовірностей елементів і, як наслідок, покращення стиснення зображень без втрат.

ЛІТЕРАТУРА

1. Selomon D. A Guide to Data Compression Methods. New York: Springer, 2002. 295 p. URL: <https://doi.org/10.1007/978-0-387-21708-6>.
2. Gonzalez R., Woods R. Digital Image Processing, Fourth Edition. London: Pearson, 2017. 1192 p. ISBN 9353062985.
3. Шпортко О. В., Бомба А. Я. Застосування різницевого колірних моделей до фрагментів RGB-зображень перед прогресуючим ієрархічним стисненням без втрат. *Відбір і обробка інформації*. 2024. № 52 (128). С. 74-86. DOI: <https://doi.org/10.15407/vidbir2024.52.074>.
4. Shportko A., Postolatii V. Development of Predictors to Increase the Efficiency of Progressive Hierarchic Context-Independent Compression of Images Without Losses. *Computational Linguistics and Intelligent Systems (COLINS 2021)*: Proceedings of the 5th International Conference (Kharkiv, 22-23 april, 2021). ceur-ws.org. Vol. 2870. P. 1026-1038. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2870/paper77.pdf>.



5. Shportko A. V., Bomba A. Ya., Postolatii V. A. Rejection of the Inefficient Replacements while Forming the Schedule of the Modified Algorithm LZ77 in the Process of Progressive Hierarchical Compression of Images without Losses. *Computational Linguistics and Intelligent Systems (COLINS 2022)* : Proceedings of the 6th International Conference (Glivice, Poland, 12-13 may, 2022). ceur-ws.org. Vol. 3171. P. 1594-1605. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-3171/paper113.pdf>.
6. Шпортко О. В. Особливості прогресуючого ієрархічного стиснення зображень без втрат. *Дослідження інновацій та перспективи розвитку науки і техніки у XXI столітті* : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Рівне, 19 жовтня 2023 року). Рівне: РВЦ ПВНЗ МЕНУ ім. акад. С. Дем'янчука, 2023. Ч. 3. С. 212-215. URL: <https://dspace.megu.edu.ua:8443/jspui/handle/123456789/4454>.
7. Шпортко О. В. Використання предикторів в процесі прогресуючого ієрархічного контекстно-незалежного стиснення зображень без втрат. *Вісник Національного університету "Львівська політехніка" (Серія: Комп'ютерні науки та інформаційні технології)*. 2013. № 771. С. 354-364.
8. Жураковський Ю. П., Полторак В. П. Теорія інформації та кодування. К.: Вища школа, 2001. 255 с.