



## ВИЗНАЧЕННЯ РІЗНИЦЕВИХ КОЛІРНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ МІНІМАЛЬНИХ КОДОВИХ БЛОКІВ В ПРОЦЕСІ ПРОГРЕСУЮЧОГО ІЄРАРХІЧНОГО СТИСНЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ БЕЗ ВТРАТ

**Шпортько Олександр**

*кандидат технічних наук, доцент,*

*доцент кафедри інформаційних систем та обчислювальних методів*

*Приватного вищого навчального закладу*

*«Міжнародний економіко-гуманітарний університет*

*імені академіка Степана Дем'янука»*

*м. Рівне, Україна*

Різницеві колірні моделі [1; 2] використовуються для максимального зменшення ентропії за рахунок міжкомпонентної декореляції [3; 4]. Вони підвищують ефективність застосування алгоритмів компресії, хоча й самі безпосередньо не виконують стиснення даних [5]. В процесі компресії зображень спочатку виконується контекстно-залежний алгоритм [6], а для пікселів, не опрацьованих цим алгоритмом, виконується перехід до різницевої колірної моделі, потім застосовуються предиктори [7], після чого результати їх використання та контекстно-залежного алгоритму кодуються контекстно-незалежним алгоритмом [8]. Тобто різницеві колірні моделі підвищують ефективність, насамперед, контекстно-незалежного алгоритму. Ось чому вони дієві передусім для фотореалістичних зображень. Серед основних симетричних ієрархічних предикторів для таких зображень найменші КС забезпечує *ProgresPredict1* [7], тому саме цей предиктор використовувався нами для вибору різницевої колірної моделі.

Якби кожна компонента різницевої колірної моделі кодувалася в окремі DEFLATE-блоки [9] (тобто була б відсутня перехресна кореляція компонентів) і довжина ентропійного коду [2] різниці компонентів після застосування базових нелінійних ієрархічних предикторів дорівнювала б довжині ентропійного коду від протилежної різниці компонентів (тобто виконувалися б співвідношення  $L(\Delta(R-G))=L(\Delta(G-R))$ ,  $L(\Delta(R-B))=L(\Delta(B-R))$ ,  $L(\Delta(G-B))=L(\Delta(B-G))$ ), то альтернативними в процесі прогресуючого ієрархічного стиснення були б такі різницеві колірні моделі з цілими коефіцієнтами (нумерація починається з нуля для зручності програмування): 0. R, G, B; 1. R, R - G, R - B; 2. R, R - G, B - G; 3. R, G - B, R - B; 4. G - R, G, G - B; 5. G - R, G, B - R; 6. R - B, G, G - B; 7. B - R, G - R, B; 8. R - G, B - G, B; 9. B - R; B - G, B; 10. R, G, G - B; 11. R, G, R - B; 12. R, R - G, B; 13. R, B - G, B; 14. G - R, G, B; 15. B - R, G, B. Але



ці співвідношення, як правило, не виконуються, тому існує 49 різних різницевих кольорних моделей [1].

Різні фрагменти зображень можуть мати неоднаковий рівень кореляції між окремими компонентами, а окремі компоненти можуть мати в них різну ентропію. Тому для різних фрагментів зображень ефективними можуть виявитися відмінні різницеві кольорні моделі. Для форматів графічних файлів одним з основних показників ефективності, поряд з КС (коефіцієнтом стиснення), є час декодування, ось чому врахування фрагментування зображень в них має реалізовуватися так, щоб істотно не сповільнювати цей процес. Тому ми дослідили ефективність застосування різних різницевих кольорних моделей з цілими коефіцієнтами не до окремих пікселів чи фрагментів довільної форми, а до мінімальних кодових блоків (MCU – Minimum Coding Unit) розміром 8 x 8 пікселів (на правому і нижньому краї зображення – можливо менше), які використовуються, зокрема, і у форматі JPEG [2]. Отже, за результатами проведених досліджень ми прийшли до таких **висновків**:

1. В графічних форматах доцільно використовувати різницеві кольорні моделі з цілими коефіцієнтами, оскільки вони забезпечують швидке декодування. Різницеві кольорні моделі з цілими коефіцієнтами дають змогу суттєво підвищити ефективність стиснення без втрат трикомпонентних фотореалістичних зображень у форматах, що використовують предиктори, і тому можуть бути впроваджені в наступні версії цих форматів на рівні стандартів.

2. Для забезпечення швидшого кодування різницеву кольорну модель з цілими коефіцієнтами для цілого зображення варто формувати максимум з 19-ти альтернативних (16-ти основних альтернативних з наведеного переліку і трьох з симетричними різницями до обраної з основних альтернативних), а не з усіх можливих 49 моделей. З метою підвищення ефективності застосування різницевих кольорних моделей з цілими коефіцієнтами інтервали з максимальною кількістю різниць базових компонентів R, G, B слід зміщувати до середини діапазону можливих значень (наприклад, в кольорних моделях з розрядністю дискретизації 8 бітів – до 128).

3. Застосування різницевих кольорних моделей з цілими коефіцієнтами до окремих MCU з можливістю переходу до єдиної різницевої кольорної моделі для всього зображення незначно зменшує КС, але при цьому в разі сповільнює кодування та на 1-5 % – декодування, тому й не рекомендується нами до використання в графічних форматах. Різницеві кольорні моделі варто застосовувати до окремих MCU в архіваторах з метою забезпечення максимального стиснення зображень без втрат. Однакові перепади яскравостей у відмінних кольорних моделях різних MCU можуть породити різні результати застосування предикторів і тому



привести до розсіювання значень елементів після їх застосування, та, як наслідок, до збільшення ентропії. Крім цього, застосовуючи різнищеві колірні моделі для окремих MCU, потрібно ще й зберігати номери обраних таких моделей для кожного MCU. Тому для чергового окремого зображення ефективнішою може виявитися як єдина різнищєва колірна модель, так і сукупність різних колірних моделей для окремих MCU.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Shportko A. V., Bomba A. Ya., Postolatii V. A. Programming the Formation of Difference Color Models for Lossless Image Compression. *Computational Linguistics and Intelligent Systems (COLINS 2023)* : Proceedings of the 7th International Conference. (Kharkiv, 20-21 Apr 2023). Vol. 3. P. 53-68. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-3403/paper5.pdf>.
2. Шпортько О. В., Бомба А. Я., Янчук П. С., Шпортько В. О. Застосування різнищєвих колірних моделей з цілими і напівцілими коефіцієнтами для стиснення зображень в модифікованому графічному форматі JPEG. *Вісник Національного університету "Львівська політехніка" (Серія: Інформаційні системи та мережі)*. 2019. № 5. С. 14-25.
3. Бомба А. Я., Шпортько О. В. Застосування симетричних і асиметричних предикторів в процесі прогресуючого стиснення зображень без втрат. *Психолого-педагогічні основи гуманізації навчально-виховного процесу в школі та ВНЗ* : зб. наук. пр. Розділ 3. Математичне та комп'ютерне моделювання, обчислювальні методи. Рівне: РВЦ МEGУ ім. акад. С. Дем'янука, 2013. № 2 (10). С. 339-346.
4. Шпортько О. В. Аналіз ефективності модифікацій алгоритмів графічного формату PNG. *Вісник Національного університету "Львівська політехніка" (Серія: Інформаційні системи та мережі)*. 2014. № 783. С. 262-270.
5. Шпортько О. В. Використання різнищєвих кольорових моделей для стиснення RGB-зображень без втрат. *Відбір і обробка інформації*. 2009. № 31 (107). С. 90-97.
6. 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 (Gliwice, Poland, 12-13 May 2022). ceur-ws.org. Vol. 3171. P. 1594-1605. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-3171/paper113.pdf>.
7. 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 on (Kharkiv, 22-23 apr. 2021). ceur-ws.org. Vol. 2870. P. 1026-1038. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2870/paper77.pdf>.
8. R. Gonzalez, R. Woods, Digital Image Processing, 4th ed., Pearson, London, 2017, 1192 p.
9. Bomba A. Ya., Shportko A. V., Postolatii V. A. Redistribution of the Compressed Data Between Modified DEFLATE-Blocks in the Image Compression Process Without Losses. *Computational Linguistics and Intelligent Systems (COLINS 2024)* : Proceedings of the 8th International Conference (Lviv, 12-13 Apr 2024). Volume II: Modeling, Optimization, and Controlling in Information and Technology Systems Workshop (MOCITSW). P. 145-156. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3668/paper11.pdf>.