

Рівненський державний гуманітарний університет

**ВОЛИНСЬКИЙ
МАТЕМАТИЧНИЙ
ВІСНИК**

СЕРІЯ ПРИКЛАДНА МАТЕМАТИКА

Збірник наукових праць

Випуск 9 (18)

Рівне-2012

"Волинський математичний вісник. Серія прикладна математика" публікує результати досліджень з математичного моделювання і обчислювальних методів та суміжної проблематики в галузі математики, інформатики, механіки. Розрахований на наукових працівників, викладачів ВНЗ, аспірантів та студентів старших курсів.

"Волинский математический вестник. Серія прикладная математика".
The "Volyn Mathematical Bulletin. Applied Mathematics Series".

Редакційна колегія

Барановський С.В.	Ляшенко І.М.
Бейко І.В.	Недашковський М.О.
Бомба А.Я. (<i>головний редактор</i>)	Новіков О.М.
Булавацький В.М.	Петрівський Я.Б.
Бурак Я.Й.	Пригорницький Д.О. (<i>секретар</i>)
Власюк А.П.	Присяжнюк І.М.
Войтович М.М.	Савула Я.Г.
Гарашенко Ф.Г.	Свідзинський А.В.
Гарбарчук В.І.	<u>Скопецький В.В.</u> (<i>консультант</i>)
Джунь Й.В.	Сяський А.О.
Каштан С.С.	Турбал Ю.В.
Климюк Ю.Є. (<i>технічний секретар</i>)	Чикрій А.О.
Кратко М.І.	Шваб'юк В.І.
Кузьменко А.П.	Янчук П.С.
Кундрат М.М.	

Видається у Рівненському державному гуманітарному університеті при сприянні Інституту кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України, Інституту прикладних проблем механіки і математики ім. Я. С. Підстригача НАН України, навчальних закладів та наукових товариств Волинського регіону. Друкується за ухвалою Вченої ради РДГУ (протокол № 4 від 30 листопада 2012 р.).

Адреса редакції: 33028, Україна, м. Рівне, вул. Остафова, 31,
Рівненський державний гуманітарний університет,
кафедра інформатики та прикладної математики, редакція ВМВ.
Тел.: +380362260444. E-mail: vmspm@ukr.net.

Зміст

- Абрамович О. В., Климюк Ю. Є.** Математичне моделювання просторових сингулярно збурених процесів масопереносу забруднюючих речовин у багатошарових кусково-однорідних ізотропних пористих середовищах..... 5
- Бомба А. Я., Сінчук А. М.** Математичне моделювання нелінійних процесів витіснення у зонально неоднорідному пласті з урахуванням тріщин гідророзриву..... 22
- Булавацький В. М.** Геоінформаційна математична модель для вивчення нерівноважних неізотермічних консолідаційних процесів..... 34
- Гладка О. М.** Розв'язування крайових задач для одного класу двозв'язних криволінійних областей поєднанням числових методів конформних відображень та сумарних зображень..... 45
- Климюк Ю. Є.** Побудова алгоритму числового розв'язання просторових аналогів обернених крайових задач на кусково-конформні відображення для одного класу кусково-однорідних областей..... 59
- Климюк Ю. Є., Пригорницький Д. О.** Числове розв'язування обернених крайових задач на знаходження просторових аналогів квазіконформних відображень криволінійних паралелепіпедів на прямокутні 74
- Климюк Ю. Є., Рожко Р. А.** Математичне моделювання одного класу просторових сингулярно збурених процесів масопереносу забруднюючих речовин у пористих середовищах 102
- Конет І. М.** Гіперболічні крайові задачі в напівобмежених

<i>кусково-однорідних циліндрах</i>	<i>117</i>
Романюк В. В. <i>Твердження щодо позаграничних компонент у нерегулярній оптимальній стратегії проектувальника для будівельної опорної конструкції з N опорами в умовах $N-1$ ідентичної часткової невизначеності стиснень.....</i>	<i>135</i>
Присяжнюк І. М., Крока Л. Л. <i>Математичне моделювання сингулярно збурених процесів конвективної дифузії у тризв'язній області</i>	<i>149</i>
Присяжнюк О. В. <i>Числово-асимптотичний метод розв'язання сингулярно збурених задач типу «конвекція-дифузія» для наносередовищ у чотирикутних криволінійних областях</i>	<i>162</i>
Черненко В. П. <i>Нестаціонарні повздожні хвилі в спадково-пружному стрижні при тепловому ударі</i>	<i>176</i>
Шпортько О. В., Шпортько Л. В. <i>Аналіз взаємовпливу модифікації формату PNG.....</i>	<i>182</i>
Янчук П. С. <i>Поліноміальна апроксимація розв'язку задачі Неймана для рівняння Пуассона.....</i>	<i>189</i>
Яроцак С. В. <i>Один метод врахування впливу тріщини ГРП на процес фільтрації у елементах площового заводнення.....</i>	<i>208</i>

УДК 004.04

Шпортько О. В., Шпортько Л. В.

АНАЛІЗ ВЗАЄМОВПЛИВУ МОДИФІКАЦІЙ ФОРМАТУ PNG

Досліджено вплив різних варіантів модифікацій формату PNG та їх комбінацій на ефективність стиснення кольорових зображень. Як показують експерименти, сумісне застосування всіх розглянутих нами модифікацій дає змогу, наприклад, додатково зменшити коефіцієнти стиснення зображень набору АСТ у форматі PNG в середньому на 8.26 %.

Вступ. На сьогоднішній день растровий графічний формат PNG [6] є одним з найефективніших та найуживаніших для збереження зображень без втрат. Цьому сприяють, насамперед, прийнятні коефіцієнти стиснення (відношення розмірів стиснутого до нестиснутого файлів зображення, надалі – КС) та висока швидкість декодування. Вдосконалення формату PNG дозволить зменшити розміри зображень у цьому форматі, підвищити швидкість їх завантаження та передачі по мережі. Саме тому дослідження ефективності окремих модифікацій даного формату та їх комбінацій є актуальним завданням.

Шляхи підвищення ефективності стиснення у форматі PNG. Стиснення зображень у форматі PNG (як і компресія без втрат у більшості випадків [1, с. 642]) складається з двох послідовних достатньо незалежних операцій: переходу до альтернативного подання зображення (відображення), під час якого зменшують міжелементну надлишковість, та поелементного кодування отриманих даних для ліквідації кодової надлишковості. Для зменшення міжелементної надлишковості у цьому форматі застосовуються предиктори [2], які збільшують кодову надлишковість, та словниковий алгоритм LZ77 [9], котрий замінює дублюючі послідовності яскравостей компонентів пікселів парами чисел <довжина співпадання; зміщення до початку співпадання>, а для ліквідації надлишковості – коди Хафмана [7]. Для підвищення ефективності за-

стосування предикторів найчастіше використовують два методи: формування та переходу до різницевих кольорових моделей [4] і коригування значення предиктора [8]; коефіцієнти стиснення алгоритму LZ77 зменшують, використовуючи альтернативний алгоритм LZPR [2] в сукупності з алгоритмом мінімізації розміру стиснутих блоків [5]; показники ж компресії кодування Хафмана покращують за допомогою використання палітри [3].

Аналіз ефективності взаємовпливу модифікацій формату PNG. Проаналізуємо ефективність застосування цих модифікацій формату PNG та їх комбінацій для стиснення восьми файлів стандартного тестового набору АСТ, що містить як синтезовані (№№ 1, 2, 7) так і фотореалістичні (№№ 3-6, 8) зображення. Завантажити їх можна, наприклад, з вебсторінки <http://www.compression.ru/arctest/act/act-tif.htm>. Результати тестування на комп'ютері з процесором AMD-K6, 300МГц, 128 Мб RAM наведено у табл. 1-3 для семи варіантів модифікацій даного формату чи їх комбінацій:

1. Попередній аналіз зображень та майже оптимальний розклад LZ77 без модифікацій формату PNG;
2. "Жадібний" розклад LZPR;
3. "Жадібний" розклад LZPR після застосування різницевих кольорових моделей;
4. "Жадібний" розклад LZPR після коригувань значень предиктора;
5. "Жадібний" розклад LZPR після застосування різницевих кольорових моделей та коригувань значень предиктора (у разі доцільності їх використання);
6. "Жадібний" розклад LZPR після застосування різницевих кольорових моделей, коригувань значень предиктора (у разі доцільності їх використання) та палітрування;
7. Майже оптимальний розклад LZPR після застосування різницевих кольорових моделей, коригувань значень предиктора (у разі доцільності їх використання) та палітрування.

Табл. 1. Коефіцієнти стиснення файлів зображень набору АСТ після застосування різних варіантів модифікацій формату PNG чи їх комбінацій, %

№ варіанта	Номер файла з набору АСТ								Середній
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	20.85	6.24	60.21	51.60	53.71	64.61	6.56	57.33	40.14
2	20.13	5.69	60.47	47.27	51.24	58.63	6.01	54.73	38.02
3	20.13	5.69	58.78	42.15	46.42	51.34	6.01	47.18	34.71
4	20.42	5.72	58.13	46.75	49.80	58.54	6.01	53.51	37.36
5	20.13	5.69	56.18	40.85	43.95	50.39	6.01	45.10	33.54
6	17.42	5.66	55.53	38.77	42.65	46.40	6.08	43.97	32.06
7	17.37	5.25	55.53	38.42	42.52	46.40	5.67	43.89	31.88

Табл. 2. Час кодування файлів зображень набору АСТ програмами для різних варіантів модифікацій формату PNG чи їх комбінацій, с

№ варіанта	Номер файла з набору АСТ								Середній час
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	67.40	166.42	25.48	64.26	35.21	37.79	66.73	49.60	64.11
2	11.10	22.74	7.86	17.24	10.27	15.77	9.67	14.44	13.64
3	12.08	24.94	8.24	17.74	10.55	17.09	10.49	15.05	14.52
4	11.69	23.95	8.13	17.68	10.55	16.21	10.21	14.88	14.16
5	13.96	28.01	8.89	18.73	11.21	18.18	11.81	16.04	15.85
6	24.06	28.45	16.43	27.19	18.95	25.59	11.97	26.47	22.39
7	79.26	249.47	15.71	36.96	20.54	27.52	99.25	28.84	69.70

Табл. 3. Час декодування файлів зображень набору АСТ програмами для різних варіантів модифікацій формату PNG чи їх комбінацій, с

№ варіанта	Номер файла з набору АСТ								Середній час
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	3.79	4.23	2.31	3.13	2.19	3.35	1.60	3.46	3.01
2	3.41	4.28	2.36	2.86	2.04	3.18	1.70	3.19	2.88
3	3.57	4.78	2.47	2.97	2.20	3.41	1.98	3.24	3.07
4	4.89	6.86	2.75	3.62	2.53	3.95	2.85	3.85	3.91
5	3.57	4.78	2.80	3.62	2.53	3.90	1.98	3.79	3.37
6, 7	3.24	4.73	2.47	3.40	2.36	3.51	1.97	3.52	3.15

Як свідчать дані цих таблиць, у середньому застосування для тестових зображень: контекстно-залежного алгоритму LZPR (варіант 2) у порівнянні з найкращим на сьогодні способом стиснення у стандарті PNG (варіант 1) зменшило КС на 2.12 %, прискорило кодування у 4.7 рази та декодування – на понад 4 %, що вказує на його ефективність; використання різницевих кольорових моделей (варіант 3) суттєво не вплинуло на КС синтезованих зображень та зменшило КС фотореалістичних зображень на 5.29 %, сповільнивши при цьому кодування на 6.5 % та декодування – на 7 %; коригування значень предиктора (варіант 4) підвищило КС синтезованих зображень на 0.11 %, зменшило КС фотореалістичних зображень на 1.12 %, уповільнило кодування на 2 % та декодування – аж на 36 %; застосування ж палітри (варіант 6) зменшило КС зображень на 1.48 % і, хоча й уповільнило кодування на 41 %, але прискорило декодування на 7 %. Застосування майже оптимального розкладу LZPR (варіант 7) замість "жадібного" дає змогу додатково зменшити КС у середньому на 0.18 %, але сповільнює кодування більш ніж у 3 рази, тому цей розклад доцільно застосовувати лише в процесі збереження остаточних варіантів зображень.

З іншого боку, як показали експерименти, застосування методів формування та переходу до різницевих кольорових моделей і коригування значень предикторів ефективно не для всіх RGB-зображень. Доцільність застосування першого з цих методів регламентується алгоритмом його реалізації [4]. Другий метод ми пропонуємо використовувати лише тоді, коли він зменшує прогнозовану ентропійну довжину коду зображення. Такий додатковий аналіз доцільності застосування методу коригування значення предиктора (варіант 5) хоча й у середньому сповільнює кодування ще на 2.3 %, але забезпечує незростання КС для всіх зображень та прискорює декодування на 25 %. Додаткове зменшення КС фотореалістичних зображень внаслідок сукупного застосування двох методів підвищення ефективності використання предикторів на 0.76 % пояснюється зменшенням енергії по двох перетворених компонентах різницевої кольорової моделі, що дає змогу ефективніше використовувати для них метод коригування значення предиктора.

Як свідчать експерименти, підвищити КС зображень в трикомпо-

нентних кольорових моделях можна не лише за рахунок декореляції даних окремих компонентів, а й за допомогою міжкомпонентної декореляції. Таку декореляцію слід виконувати так, щоб підсилити прояви властивостей зображення, що використовуються алгоритмами препроцесингу та безпосереднього стиснення обраного графічного формату. У випадку використання неадаптивних предикторів для стиснення зображень без втрат виконувати міжкомпонентну декореляцію доцільно за допомогою різницевих кольорових моделей. Ефективність застосування різницевих кольорових моделей для таких зображень майже завжди підвищується зі зменшенням % унікальних кольорів. Формування різницевих кольорових моделей відображає процес пошуку кольорів, стосовно яких енергія приростів яскравостей є мінімальною. На практиці доцільно використовувати різницеві кольорові моделі з цілими коефіцієнтами, оскільки такі кольорові моделі хоча й не гарантують досягнення мінімальних КС для всіх зображень, проте забезпечують максимальну швидкість кодування і, головне, декодування, тому їх доцільно впровадити в наступні версії форматів, що використовують неадаптивні предиктори та не виконують міжкомпонентну декореляцію (PNG, JPEG-LS, BMF та інші), на рівні стандартів.

Комплексне застосування розроблених модифікацій формату PNG сумісно з алгоритмами коригування значень предиктора та мінімізації розміру стиснутих блоків дає змогу досягнути в середньому найменших на сьогодні КС без втрат в основному за рахунок фотореалістичних зображень з високим рівнем унікальних кольорів, суттєво не впливаючи на час декодування, оскільки дані модифікації орієнтовані на підвищення ефективності різних способів кодування цього формату: різницеві кольорові моделі дають змогу зменшити ентропію після застосування предикторів, алгоритм LZPR вдосконалює механізм дії алгоритму LZ77, а палітрування використовується для покращення показників компресії HUFF. Саме це створює передумови для успішного сумісного застосування досліджених модифікацій в інших графічних форматах та архіваторах.

Висновки. Метод коригування значення предиктора варто застосовува-

ти для стиснення резервних копій зображень у складі архіваторів (а не у графічних форматах) після алгоритму переходу до різницевих кольорових моделей, якщо таке використання зменшує прогнозовану ентропійну довжину коду, оскільки цей метод суттєво сповільнює декодування, хоча й зменшує КС фотореалістичних зображень. Алгоритми ж переходу до різницевих кольорових моделей, LZPR та палітрування доцільно впровадити в наступні версії стандарту формату PNG, оскільки вони суттєво зменшують КС зображень, кардинально не впливаючи при цьому на час декодування.

1. *Гонсалес Р.* Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
2. *Шпортько О. В.* Оптимізація використання статичних предикторів у процесі стиснення зображень без втрат / О. В. Шпортько // Відбір і обробка інформації. – 2008. – № 28 (104). – С. 82-89.
3. *Шпортько О. В.* Використання палітри для групового статистичного кодування RGB-зображень без втрат / О. В. Шпортько // Відбір і обробка інформації. – 2009. – № 30 (106). – С. 125-132.
4. *Шпортько О. В.* Використання різницевих кольорових моделей для стиснення RGB-зображень без втрат / О. В. Шпортько // Відбір і обробка інформації. – 2009. – № 31 (107). – С. 90-97.
5. *Шпортько О. В.* Вибір найкоротшого з альтернативних стиснутих блоків динамічних кодів Хафмана у форматі PNG / О. В. Шпортько // Комп'ютинг. – 2009. – Т. 8, вип. 2. – С. 58-67.
6. *Boutell T.* PNG Specification. Version 1.0 / Boutell T., et. all // RFC 2083, Boutell. Com, inc. – March 1997. – 102 p.
7. *Huffman D.* A Method for the Construction of Minimum Redundancy Codes / D. Huffman // Proceedings of the IRE. – Vol. 40(9). – P. 1098-1101.
8. *Weinberger M. J.* From LOCO-I to the JPEG-LS Standard / M. J. Weinberger, Seroussi G. // Hewlett-Packard Laboratories, Palo Alto, HPL-1999-3. – Jan 1999. – 19 p.
9. *Ziv J.* A universal algorithm for sequential data compression / Ziv J., Lempel A. // IEEE Transactions on Information Theory. – May 1977. – Vol. 23(3). – P. 337-343.

Рівненський державний гуманітарний університет, Рівне
ДВНЗ "Рівненський коледж економіки та бізнесу"

E-mail: chportko@yandex.ru, chportko@ukr.net, lchportko@yandex.ru

Надійшла 26.11.2012

Шпортко А. В., Шпортко Л. В. АНАЛИЗ ВЗАИМОВЛИЯНИЯ МОДИФИКАЦИЙ ФОРМАТА PNG // *Исследовано влияние разных вариантов модификаций формата PNG и их комбинаций на эффективность сжатия цветных изображений. Как показывают эксперименты, совместное применение всех рассмотренных нами модификаций дает возможность, например, дополнительно уменьшить коэффициенты сжатия изображений набора АСТ в формате PNG в среднем на 8.26 %.*

Shport'ko A. V., Shport'ko L. V. ANALYSIS OF MUTUAL INFLUENCING OF MODIFICATIONS OF FORMAT OF PNG // *The examining of the influence of different variants of modifications the format of the PNG on efficiency of compression the colored images have been presented. As experiments show, applications of all considered modifications enables additionally to decrease aspect of the compression of the set of ACT in the format of the PNG on the average on 8.26 %, for example.*



Наукове видання

ВОЛИНСЬКИЙ МАТЕМАТИЧНИЙ ВІСНИК

серія прикладна математика

Збірник наукових праць

Випуск 9 (18)



pdfelement

Відповідальний за випуск
Бомба А. Я.

Підписано до друку __. __. 2012 р.
Папір офсет. Формат 60/84 1/16.
Ум. друк. арк. 11,7. Тираж 100. Зам. № _/_.

Редакційно-видавничий відділ
Рівненського державного гуманітарного університету
Україна, м. Рівне, 33028, вул. С. Бандери, 12