

УДК 621.327:681.5

О.В. Яковенко

Науково-дослідний інститут МВС України, Київ

МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ КОМПЛЕКСНОГО ПРЕДСТАВЛЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ З КОНТРОЛЬОВАНОЮ ПОГРІШНІСТЮ

Аналізуються основні особливості функціонування різних методів стиснення зображень. Будується класифікація технологій компактного представлення зображень. Висловлюються методологічні основи щодо комплексного представлення зображень. Проводиться порівняння різних класів технологій компресії щодо забезпечуваного ними ступеня стиснення та витрат кількості операцій на обробку. Виявляються проблемні сторони функціонування технологій компресії і відновлення зображень з контрольованою погрішністю. Формується напрям для розробки нових методів і технологій компактного представлення зображень із збереженням заданої міри достовірності інформації.

Ключові слова: стиснення зображень, скорочення надмірності.

Вступ

Розвиток інформаційних технологій для останнього десятиліття має явну тенденцію у напрямку вдосконалення і підвищення доступності взаємодії відеоінформації. Це приводить до різкого збільшення об'ємів потоків відеоінформації, що переробляються в інформаційних системах і мережах. Следствием чого, є підвищений інтерес до технологій і методів стиснення відеоданих. Існує множина різних класифікацій і оцінок підходів щодо компактного представлення відеоданих. Таке різноманіття ускладнює

будову нових методів і ускладнює проведення досліджень щодо прикладних областей їх застосування [1 – 5]. Тому, **мета досліджень** полягає в створенні методології комплексного представлення зображень з контрольованою погрішністю.

Основний матеріал досліджень

Залежно від вимог відновлюваних зображень, що пред'являються до якості, всі методи компактного представлення розділяються на три класи [3 – 5] (рис. 1).

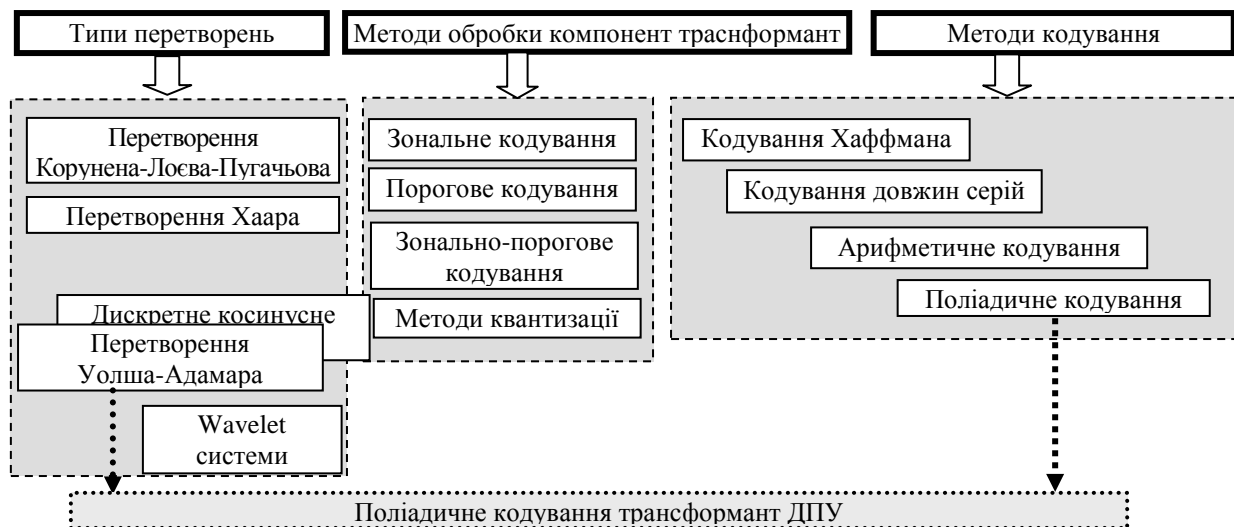


Рис. 1. Схема методології вибору напрямку комплексного представлення

Перший клас складають методи з внесенням безповоротних змін. При стисненні використовуються принципи розпізнавання образів. На виході процесу стиску зображень формуються семантичні

описові конструкції. Методи другого класу здійснюють обробку без внесення погрішності, тобто $\sigma_c = 0$. В даному випадку початкове зображення відновлюється на приймальній стороні з нульовою по-

грішністю (не враховуються інші види погрішностей, наприклад, квантування, каналу зв'язку). Основними представниками методів даного класу є кодування Хаффмана, арифметичне кодування (АК), метод кодування довжин серій (КДС), метод LZW, метод поліадичного кодування (МПК). Проміжний варіант між першими двома класами займають методи третього класу. Технології обробки, що будуються на базі таких методів, організують компресію і декомпресію з контрольованою втратою якості. Під контрольованою втратою якості розуміється можливість методів щодо забезпечення необхідної якості відновленого зображення. Для методів даної групи важливу роль в процесі стиску відіграє психовізуальна надмірність, яка обумовлена особливостями сприйняття зображень зоровою системою людини. У випадку якщо психовізуальна надмірність не усувається, то виконується умова $\sigma_c = 0$ і обробка проводиться без внесення погрішностей. У іншому крайньому випадку, в результаті скорочення психовізуальної надмірності можуть наступити критичні процеси. Тоді відновлення зображення супроводитиметься руйнуванням його структури і змісту.

Найбільш відпрацьованими в теоретичному і прикладному аспекті є підходи до стиснення, засновані на використанні: ортогональних перетворень, wavelet-систем і афінних перетворень. Методи тре-

тього класу, що базуються на таких підходах, реалізовані у форматах JPEG (використовується дискретне косинусне перетворення (ДКП)) і JPEG2000 (використовується wavelet-перетворення) [1 – 4]. Дані формати дозволяють представляти зображення в компактному вигляді як без втрати якості (режим loss-less) так і з втратою якості. Регулювання втратами якості і ступенем стиску здійснюється в результаті: нормування на передавальній, приймальній і частково приймальній і передавальній сторонах; зонального і порогового відбору компонент; квантування компонент трансформант; фільтрації на приймальній стороні.

Комбіновані методи стиску (КМС) будуються на основі послідовного використання апертурних і ортогональних перетворень [3; 4]. На основі використання афінних перетворень будуються фрактальні методи стиснення (ФМС) [1; 3].

Для організації обробки даних в інформаційних системах використовуються методи другої і третьої груп.

Оцінка можливостей технологій другого і третього класу щодо коефіцієнта стиску залежно від типу зображень приведені в табл. 1.

Типи зображення визначаються залежно від вірогідності колірних перепадів p (штучні зображення) і коефіцієнта кореляції r (реалістичні зображення).

Таблиця 1

Значення k_c для методів внутрішньокадрової обробки

Метод стискування	Реалістичні зображення		Штучні зображення
	Сильнонасичені $0,3 \leq r \leq 0,7$	Середньонасичені $0,9 \leq r$	Середньонасичені $p < 0,1$
Другий клас			
АК	1,17	1,7	5,7
КДС	0,9	1,7	10
LZW	1,3	2,2	13
МПК	1,32	1,8	2
Третій клас (ОСШ 40дБ)			
JPEG, $q=0$	2	3	3,5
JPEG	3	6,7	4
JPEG 2000	4	6,8	4,7
ФМС	22	23	17
КМС	2,2	6	25

Оцінка часу $T_{оп}$ обробки і передачі відеоданих з врахуванням їх стиску без внесення погрішності представлена в табл. 2. Обробка зображень проводилася на універсальних обчислювальних системах. З аналізу характеристик процесів стиснення на основі методів без внесення погрішності (табл. 1, 2) витікає, що:

– часові витрати на стиск, відновлення і передачу зображень досягає декількох хвилин;

– час передачі зображень відносно невеликих розмірів (800 x 600 елементів) об'ємом 11Мбіт засобами радіозв'язку ($U_n = 9,6$ Кбіт/с) досягатиме декількох десятків хвилин.

Дані недоліки пояснюються:

1) низькими значеннями ступеня стиску реалістичних зображень (в середньому до 2 разів);

2) додатковим часом на здійснення стиснення і відновлення зображень. Найбільші часові затримки в процесі обробки зображень досягаються для методів арифметичного кодування і методу LZW.

Методи компактного представлення з контрольованою втратою якості за рахунок обліку особливостей зорового сприйняття (скорочення психовізуальної надмірності) забезпечують великі ступені компресії реалістичних зображень в порівнянні з методами без

внесення погрішності (табл. 1). Оцінка часу обробки і передачі відеоданих на основі стиснення з контролю-

ваними втратами якості (для пікового відношення сигнал/шум на рівні 40 дБ) представлена в табл. 3.

Таблиця 2

Значення $T_{оп}$ (сек.)

Метод стиснення	Реалістичні зображення		Штучні зображення
	Сильнонасичені $0,3 \leq r \leq 0,7$	Середньонасичені $0,9 \leq r$	Середньонасичені $p < 0,1$
$W=800 \times 600 \times 24=11$ Мбіт, $U_{п} = 57$ Кбіт/с			
АК	164	113	33
КДС	213	113	19
LZW	147	87	14
МПК	145	106	96
JPEG, $q=0$	96	64	55
$W=2048 \times 1536 \times 24=75$ Мбіт, $U_{п} = 2,048$ Мбіт/с			
АК	31	21	6,5
КДС	41	21	3,7
LZW	33	20	2,8
МПК	28	20	18
JPEG, $q=0$	18	12	10,5

Таблиця 3

Значення $T_{оп}$ (сек.)

Метод стиску	Реалістичні зображення		Штучні зображення
	Сильнонасичені $0,3 \leq r \leq 0,7$	Середньонасичені $0,9 \leq r$	Середньонасичені $p < 0,1$
$W=800 \times 600 \times 24=11$ Мбіт, $U_{п} = 57$ Кбіт/с			
JPEG	66	29	48
JPEG 2000	50	29	41
КМС	87	32	7,7
$W=2048 \times 1536 \times 24=75$ Мбіт, $U_{п} = 2,048$ Мбіт/с			
JPEG	21	12,5	9
JPEG 2000	20	14,5	7,8
КМС	20	10	3,48

З аналізу табл. 1 і 3 витікає, що:

– ступінь компресії реалістичних зображень для методів з контрольованою втратою якості в середньому в 3,5 разів перевершує ступінь стиску для методів без внесення погрішності. Це приводить до зменшення часу на обробку і передачу стислих зображень в інформаційних системах до декількох секунд. Проте, такий вииграш досягається за рахунок внесення погрішностей до оброблюваного зображення. Тому подальше зменшення точності оцифрування елементів матриць дискретних значень базисних функцій приводить до погіршення якості відновлених зображень до 25 – 35 дБ [1 - 5];

– при збільшенні розмірів зображень до 4096×3072 елементів сумарний час на їх доведення збільшується до декількох хвилин.

Такі результати обумовлені наступними недоліками процесів функціонування методів третього класу:

1) обмежений ступінь стиснення для методів форматів JPEG і JPEG 2000 для режиму $h \geq 40$ дБ.

Найбільше зниження ступеня компактного представлення (до 2,5 разів) виявляється при обробці насичених реалістичних зображень;

2) навіть у разі використання швидких алгоритмів реалізації ДКП і dwt-перетворень час на їх виконання досягає декількох хвилин, що складає від 7% до 90% від сумарного часу на обробку і передачу стислих даних по каналах зв'язку. Це обумовлено виконанням великої кількості операцій множення як в просторі цілочисельної так і речової арифметики.

3) для методів статистичного кодування (коди Хаффмана і арифметичне кодування), характерно:

– підвищення складності програмної і технічної реалізації у зв'язку з необхідністю синхронізації і маркіровки нерівномірних кодових комбінацій. Відсутні технології паралельної реалізації статистичних кодів;

– додаткова витрата кількості операцій на обчислення статистики, на побудову кодових таблиць і організацію подвійного проходу за оброблюваними даними, а при відновленні весь фрагмент буде від-

новлений тільки після тієї, що перекодувала всіх нерівномірних кодових слів. Кількість операцій на виконання арифметичного кодування в просторі розрядної плоскості, сформованої на основі компонент ДКП і dwt, досягає 70% від сумарної кількості операцій що витрачаються на отримання стислого представлення зображення і може перевищувати кількість операцій на виконання перетворень;

– необхідність зберігання кодових таблиць і розділяючих маркерів, що знижують ступінь стиску для код Хаффмана;

– для невеликих довжин нульових послідовностей характерний рівномірний розподіл окремих елементів і тому статистичне кодування не забезпечить додаткового стиску трансформанти;

4) низька перешкодостійкість кодів довжин серії і статистичних кодів до помилок в каналах зв'язку.

5) велика обчислювальна складність фрактальних методів стиснення.

Висновки

1. Побудована методологія комплексного представлення зображень з контрольованою погрішністю. Обґрунтовано, що даний підхід щодо оцінки різних технологій є узагальнюючим для сумісного дослідження процесів компресії та декомпресії з тим, що внесло погрішності і без погрішності.

2. Виявлені проблемні сторони функціонування існуючих технологій представлення зображень з контрольованою погрішністю. Це дозволяє сформулювати напрямки для розробки нових методів і технологій компактного представлення зображень із збереженням заданої міри достовірності інформації.

Список літератури

1. Ватолин В.И., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео. – М.: ДИАЛОГ – МИФИ, 2002. – 384 с.

2. Бондарев В.Н., Трестер Г., Чернега В.С. Цифровая обработка сигналов: методы и средства. – Х.: Конус, 2001. – 398 с.

3. Королев А.В. Версификационная избыточность изображений // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 2002. – № 2. – С. 26-30.

4. Королев А.В., Баранник В.В. Метод сокращения избыточности изображений // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 2001. – №2. – С. 85-88.

5. Баранник В.В. Рельефное представление изображений пирамидальным кодированием // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 2001. – №1. – С. 17-25.

Надійшла до редколегії 23.05.2008

Рецензент: д-р тех. наук, проф. П.Ф. Поляков, Университет управления и технологии транспорта, Киев.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОМПЛЕКСНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ С КОНТРОЛИРУЕМОЙ ПОГРЕШНОСТЬЮ

А.В. Яковенко

Анализируются основные особенности функционирования разных методов сжатия изображений. Строится классификация технологий компактного представления изображений. Излагаются методологические основы относительно комплексного представления изображений. Проводится сравнение разных классов технологий компрессии относительно обеспечиваемой ими степени сжатия и затрат количества операций на обработку. Выявляются проблемные стороны функционирования технологий компрессии и восстановления изображений с контролируемой погрешностью. Формируется направление для разработки новых методов и технологий компактного представления изображений с сохранением заданной степени достоверности информации.

Ключевые слова: сжатие изображений, сокращения избыточности.

METHODOLOGICAL BASES OF COMPLEX PRESENTATION OF IMAGES WITH THE CONTROLLED ERROR

A.V. Yakovenko

The basic features of functioning of different methods of compression of images are analysed. Classification of technologies of compact presentation of images is built. Methodological bases are expounded in relation to complex presentation of images. A comparison of different classes of technologies of compression is made in relation to the degree of compression and expenses of amount of operations provided by them on treatment. The problem sides of functioning of technologies of compression and regeneration of images come to light with the controlled error. Direction for development of new methods and technologies of compact presentation of images is formed with the maintenance of the set degree of authenticity of information.

Keywords: compression of images, reductions of surplus.