

УДК 629.7

Р.В. Коренков

Національний центр управління і випробувань космічних засобів НКА України, Євпаторія

ОЦІНКА ЯКОСТІ МАТЕРІАЛІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ПРІ JPEG-КОМПРЕССІЇ

Запропоновано алгоритм об'єктивної оцінки якості матеріалів космічної зйомки стислих алгоритмом JPEG для варіювання характеристик каналу «борт-земля».

алгоритм, компресія, дистанційне зондування

Вступ

Постановка проблеми та аналіз літератури
У цей час на тлі росту обсягів переданих даних і необхідністю передавати їх у максимально стислий термін, постійно загострюється необхідність збільшення пропускної здатності радіоканалів передачі даних тракту «борт - земля». Однак у силу відомих фізичних обмежень і особливостей функціонування бортових радіосистем нарощування характеристик радіотрактів істотно відстає від показників сучасних скануючих пристроїв.

Традиційно матеріали дистанційного зондування (МДЗ) передаються в TIFF і IMG форматах, які легко імпортуються практично в усі програмні пакети й забезпечують передачу координатної прив'язки. Однак дані в цих форматах містять багато надлишкової інформації, тому застосовуються різні методи стиску. Найпоширенішими є методи стиску графічної інформації в стандарті JPEG. Формат JPEG розроблявся з урахуванням сучасних вимог по глибині кольорів і адаптований для подання 24-бітних зображень. Підтримується також стиск чорно-білих напівтонових зображень. При первинній обробці МДЗ і формуванні JPEG-файлу можна вказати ступінь стиску, що звичайно задають у деяких умовних одиницях, наприклад, від 1 до 100 або від 1 до 10. Більше число відповідає кращій якості, але при цьому збільшується розмір файлу. Звичайно, різниця в якості між 90 і 100 на око вже практично не сприймається.

Таким чином, при застосуванні алгоритмів стиску стає актуальним питання найбільш адекватної оцінки підсумкового зображення для наступного вибору максимально можливого коефіцієнта компресії без шкоди рішенню цільових завдань.

Можливі два підходи до оцінки якості МДЗ: об'єктивна оцінка якості прийнятого зображення за допомогою використання математичних методів і суб'єктивна оцінка якості на основі методик експертних оцінок. У більшості випадків якість прийнятого зображення розумно оцінювати не абсолютно, а щодо якості переданого зображення.

Інформація яка втримується в МДЗ перетворюється в системі кодування-передачі-декодування. В остаточному підсумку ця інформація призначена

для сприйняття людиною (аналітиком, дешифровщиком тощо), тому вирішальну роль при визначенні якості МДЗ грає саме суб'єктивна оцінка. Разом з тим, об'єктивні оцінки дозволяють установити кількісні вимоги до характеристик радіотракта й виконати оптимізацію режимів його роботи.

У літературі в останні роки всі частіше підкреслюється необхідність у розробці об'єктивних методів подібних оцінок. Іде активний пошук моделі з автоматичним проорокуванням якості компресированого зображення. Такі методи можуть мати різне застосування [1 – 5]:

- аналіз даних у системах контролю якості;
- тестування роботи систем і алгоритмів обробки зображень;
- інтеграція в системи одержання й обробки зображень для оптимізації алгоритмів компресії й динамічного підстроювання параметрів компресора.

Для знаходження кількісної характеристики існують різні методи. Найбільше поширення одержали два способи об'єктивної якості зображень – *середньоквадратична помилка* й *пікове відношення сигнал/шум*. Найбільш простим і розповсюдженим параметром для оцінки якості є пікове відношення сигнал/шум (peak signal to noise ratio), скорочено PSNR, що виражає кількісну характеристику відносини енергії шуму, внесеного процесом кодування, до максимальної можливої енергії вихідного сигналу. PSNR виражається в децибелах (d). Чим більше значення PSNR, тим менше перекручування сигналу. Нульовому рівню перекручувань відповідає значення PSNR, рівне нескінченності. На практиці графічне зображення зі значеннями PSNR порядку 40-43 db і вище є зображенням високої якості, у той час як значення порядку 30 db і нижче характеризують зображення поганої якості.

Однак, як показує практичний досвід, найчастіше позитивні результати цих методів не погодяться із суб'єктивними оцінками конкретних споживачів. Спостерігається конфлікт математичних метрик з візуальними сприйняттям якості.

Мета статті – розробка алгоритму оцінки показників стислого алгоритмом JPEG зображення для кореляції з характеристиками каналу «борт - земля»

Постановка задачі й викладення матеріалів дослідження

Більшість із розглянутих у літературі методів оцінки якості зображень вимагають наявності оригіналу зображення як еталона.

Пропонується алгоритм який ефективно оцінює якість JPEG зображень (рис. 1).

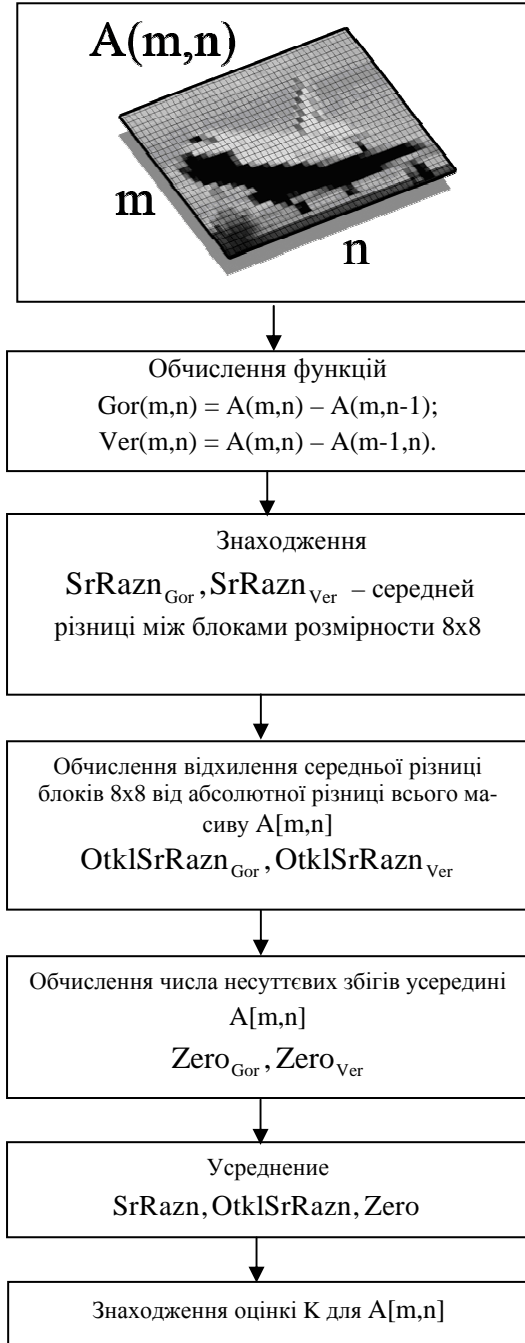


Рис. 1. Алгоритм оцінки якості зображення

Очевидно, що безеталонна модель оцінки якості зображення буде неефективна без наявності апріорної інформації про типи перекручувань зображення. Однак, незважаючи на відносно невелике розглянуте число безеталонних методів, завдання такої оцінки якості зображень залучає в останні роки підвищений інтерес.

JPEG є алгоритмів стиску зображень, заснованих на дискретному косинусному перетворенні. Перетворення здійснюється в блоках зображення розміром 8x8 пікселей. JPEG є методом стиску із втратами, що обумовлено квантуванням значень усередині кожного блоку пікселей 8x8 і видаленням високочастотних компонентів дискретного косинусного перетворення. У зв'язку із цим у зображеннях стислих за допомогою методу JPEG спостерігаються два види перекручувань: блоковість і розмиття границь.

Запропонований алгоритм полягає у визначенні особливостей графічного поля після його перекручування jpeg-компресором. Ці особливості використані для відображення величини пов'язаної із цими перекручуваннями. Отримана величина корельована з результатами суб'єктивних оцінок якості зображень стислих по методу JPEG [6]. Розглянемо отримане після jpeg-стиску зображення як масив A[m,n], де m і n – геометричні піксельні розмірності знімка.

Позначимо дві функції:

Gor(m,n) – різниця горизонтальних елементів:

$$Gor(m,n) = A(m,n) - A(m,n-1);$$

Ver(m,n) – різниця вертикальних елементів:

$$Ver(m,n) = A(m,n) - A(m-1,n).$$

Тепер знайдемо SrRazn – середню різницю між блоками (8x8) jpeg-файлу:

$$SrRazn_{Gor} = \frac{1}{m((n/8)-1)} \sum_{a=1}^m \sum_{b=1}^{(n/8)} [Gor(a,8b)];$$

$$SrRazn_{Ver} = \frac{1}{m((n/8)-1)} \sum_{a=1}^m \sum_{b=1}^{(n/8)} [Ver(a,8b)].$$

Обчислимо відхилення середньої різниці окремих блоків (8x8) від величини абсолютної різниці масиву A[m,n]:

$$OtklSrRazn_{gor} =$$

$$= \frac{1}{7} \left[\frac{8}{m(n-1)} \sum_{a=1}^m \sum_{b=1}^{(n-1)} |Gor(m,n) - SrRazn_{gor}| \right];$$

$$OtklSrRazn_{ver} =$$

$$= \frac{1}{7} \left[\frac{8}{m(n-1)} \sum_{a=1}^m \sum_{b=1}^{(n-1)} |Ver(m,n) - SrRazn_{ver}| \right].$$

Далі знаходимо число несуттєвих збігів, один з варіантів за формулою:

$$Zero_{Gor} = \sum_{a=1}^m \sum_{b=1}^{(n-2)} Zero_{gor}(m,n);$$

$$Zero_{Ver} = \sum_{a=1}^m \sum_{b=1}^{(n-2)} Zero_{ver}(m,n),$$

де

$$Zero_{Gor}(m,n) = \begin{cases} 1, Gor(m,n) = 0; \\ 0, Gor(m,n) \neq 0; \end{cases}$$

$$Zero_{Ver}(m,n) = \begin{cases} 1, Ver(m,n) = 0; \\ 0, Ver(m,n) \neq 0. \end{cases}$$

Усереднюємо отримані результати:

$$SrRazn = \frac{SrRazn_{Gor} + SrRazn_{Ver}}{2};$$

$$OtklSrRazn = \frac{OtklSrRazn_{Gor} + OtklSrRazn_{Ver}}{2};$$

$$Zero = \frac{Zero_{Gor} + Zero_{Ver}}{2}.$$

Залишилося зв'язати отримані величини для одержання кінцевої оцінки знімка. На цьому етапі вводимо параметри отримані зі статистичних результатів суб'єктивних оцінок якості зображень [2, 7 – 9]. Пропонується використання таких коефіцієнтів

$$k_1 = 0,024; \quad k_2 = 0,016; \quad k_3 = 0,064.$$

Для остаточної кореляції експертних візуальних оцінок з об'єктивними характеристиками зображення пропонується використати залежність

$$K = 106(SrRazn^{k_1} \times OtklSrRazn^{k_2} \times Zero^{k_3}) - 100.$$

Запропонований алгоритм роботи рівнявся з роботою алгоритму PSNR, на який посилаються в багатьох наукових статтях і порівняннях як міра втраченої якості.

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{MAX_I^2}{MSE} \right) = 20 \log_{10} \left(\frac{MAX_I}{\sqrt{MSE}} \right),$$

$$\text{де } MSE = \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} |I(i, j) - K(i, j)|^2$$

Нагадаємо, що, як і всі існуючі метрики, PSNR не ідеальна й має свої достоїнства й недоліки. У результаті роботи алгоритму PSNR і запропонованого алгоритму отримані наступні результати (рис. 2).



Рис. 2. Результати роботи алгоритму PSNR

У тестуванні аналізувалися три зображення. Кожне зображення стискається десять разів з різними ступенями стиску від 100 до 0 з дискретністю 10. Таким чином, для кожного еталонного файлу генерується 11 його ітерацій. Потім для кожного файлу обчислюється метрика PSNR і, окремо - K за запропонованою методикою. Далі для побудови графіка використовуються відповідні числа, залежно від типу графіка. Відзначено що запропонована оцінка K носить практично лінійний характер.

Це відповідає наступному факту: при стиску алгоритмом JPEG якість зображення знижується з ростом коефіцієнта стиску. Причиною цьому служить прояв на зображенні перекручувань, внесених алгоритмом JPEG.

Як ми вже відзначали оцінка PSNR критикується за погану кореляцію з візуально сприймаючою якістю. У результаті експериментів велика кількість зображень стискувалися алгоритмом JPEG із близькими значеннями коефіцієнтами, при цьому оцінка по PSNR виявлялася приблизно однаковою. Однак зображення з більшою деталізацією через розмиття границі й перекручуванню дрібних деталей суб'єктивно оцінювалися гірше. Оцінка зображень по запропонованому методі більше відповідала суб'єктивному сприйняттю.

Висновки

По результати тестування розробленого алгоритму для знаходження суб'єктивної оцінки якості матеріалів ДЗЗ при їх JPEG-компресії можна зробити висновок, що він більш ефективно оцінює якість зображень і при цьому відповідає візуально сприйнятній якості. Також відзначається простота програмної й апаратної реалізації, що може відігравати визначальну роль для використання в бортових апаратурах.

Список літератури

1. Горелов В.А., Лукашевич В.А., Стрельцов В.А.. Космические системы детального наблюдения Земли. – М.: Гисассоциация. – 1999. – Вып. 4. – С. 121-128.
2. Богомья В.И., Загоруйко А.Н. Перспективы ввода в эксплуатацию ГИС/ДЗЗ технологий у рішення прикладних регіональних завдань // Системи контролю навколишнього середовища. – Севастополь: МГІ НАНУ, 2002. – С. 22-28.
3. Recommendation ITU-R BT.500-11, Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures. ITU-T. 2002.
4. Netravali A.N., Haskell B.G. Digital Pictures: Representation, Compression, and Standards (2nd Ed) // Plenum Press. – New York, NY, 1995. – P. 224-229.
5. Rabbani M., Jones P.W. Digital Image Compression Techniques // SPIE Optical Engineering Press, Bellvue, Washington, 1991. – Vol. TT7. – P. 66-74.
6. Гласман К.Ф., Логунов А.Н. Оцінка помітності артефактів відеокомпресії // ТКТ. – № 4. – 2003. – С. 35-39.
7. Игнатов В.А. Теория информации и передачи сигналов. – М.: Сов. радио, 1979. – 322 с.
8. TIA1.5/96-121. Objective and Subjective Measures of MPEG Video Quality.
9. ISO/IEC 11172. Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media at up to about 1.5 Mbit/s/.

Надійшла до редколегії 20.11.2007

Рецензент: д-р техн. наук, ст. наук. співробітник Г.В. Худов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.