

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ СТИСНЕННЯ АЕРОКОСМІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ В АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ МОНІТОРИНГУ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ

Стисування цифрових зображень орієнтовано на вирішення проблеми зменшення об'єму даних, необхідного для представлення цих зображень. Основою такого зменшення є видалення надлишкових даних. З математичної точки зору це аналогічно перетворенню деякого двовимірного масиву даних в статистично некорельований масив. Таке перетворення застосовується до початкового зображення перед тим, як його зберегти чи передати. Після передачі стиснуте зображення розпаковується та відтворює початкове зображення з деяким наближенням.

Поряд з традиційними методами стисування зображень з втратами існують також методи стисування зображень без втрат інформації. Дослідження, які виконуються в даній області, орієнтовані в першу чергу на реалістичні зображення об'єктів вимірювань в автоматизованих системах управління, оскільки їхнє стисування вимагає найбільших витрат і під час його виконання виникають найбільші труднощі. Ідеальним для таких зображень є рекурсивний алгоритм стисування.

З одного боку, алгоритми стисування без втрат досить універсальні та обробляють всі типи зображень, з іншого боку – у них, по сьогоднішніх мірках, занадто малий коефіцієнт стисування. Використовуючи один з алгоритмів стисування без втрат, можна забезпечити коефіцієнт стисування зображення приблизно у два рази. У той же час алгоритми із втратами забезпечують стисування з коефіцієнтами 10–200 разів.

Враховуючи особливості відеозображень, що розглядаються у роботі, а саме зображень поверхні Землі, необхідним є обрання методу, якому властиві наступні характеристики:

- великий коефіцієнт стисування;
- відносно мала похибка;
- проста реалізація;
- швидке обчислення.

Таким є метод wavelet-перетворення.

Цей метод стисування виходить із ідеї використання кольору та яскравості областей. Орієнтовано алгоритм на кольорові й чорно-білі зображення із плавними переходами, він також є ідеальним для зображень типу рентгенівських знімків. Коефіцієнт стисування задається й варіюється в межах 5–100. При спробі задати більший коефіцієнт на різких границях, що проходять по діагоналі, проявляється “ефект сходинок” – площадки різної яскравості розміром у декілька пікселів. Вейвлети використовуються у тих випадках, коли результати аналізу двовимірного сигналу повинні містити не тільки простий перелік його характерних частот, але й інформацію про певні локальні координати, при яких ці частоти проявляють себе. Вейвлет- базис задається за допомогою ітераційного алгоритму зі зміною масштабу і здвигом єдиної базисної функції. Це призводить до виключно важливої процедури масштабного аналізу, котрий в свою чергу робить можливими швидкі числові розрахунки локальних характеристик на різних масштабах. Кожна шкала містить незалежну інформацію про сигнал у вигляді вейвлет-коефіцієнтів, які легко обчислюються за допомогою ітераційної процедури, відомої під назвою швидке вейвлет-перетворення. В сукупності вони розв'язують проблему повного аналізу сигналу і відповідно істотно спрощують дослідження процесу, що його викликав.

Після того, як такий аналіз проведено, можна, якщо необхідно, стиснути отримані дані, відкинувши деяку несуттєву частину кодової інформації. Це робиться за допомогою так званої процедури квантування, в процесі якої звичайно присвоюються різні вагові коефіцієнти отриманим вейвлет-коефіцієнтам. Це допомагає виключити різні статичні флуктуації і підвищити роль динамічних характеристик сигналу. В той же час це може призвести до неправильних результатів, якщо стиск зображення проведено неакуратно. Акуратно проведена процедура призводить до істотного зменшення необхідної комп'ютерної пам'яті і вимог до передачі інформації, а значить, і до істотного зменшення витрат ресурсів. На жаль, при стищенні з'являються систематичні помилки. Очевидно, якість відтворення сигналу після процедури стисування вже не може бути ідеальною. Але зворотнє перетворення (синтез) все ще залишається достатньо стійким і відтворює найбільш важливі характеристики початкового досліджуваного двовимірного сигналу, якщо використовуються правильні методи.

Ідея алгоритму wavelet-стисування полягає в тому, що замість кодування власне зображень зберігається різниця між середніми значеннями сусідніх блоків у зображенні, що звичайно приймає значення, близькі до нуля.

Так, два числа a_{2i} і a_{2i+1} завжди можна представити у вигляді $b_{i,j}^1 = (a_{2i} + a_{2i+1})/2$ і $b_{i,j}^2 = (a_{2i} - a_{2i+1})/2$. Аналогічно послідовність a_i може бути попарно переведена в послідовність $b_{i,j}^{1,2}$.

Якщо в нас є квадрат із чотирьох точок зображення з яскравостями відповідно $a_{2i,2j}$, $a_{2i+1,2j}$, $a_{2i,2j+1}$, і $a_{2i+1,2j+1}$, то:

$$\begin{aligned} b_{i,j}^1 &= (a_{2i,2j} + a_{2i+1,2j} + a_{2i,2j+1} + a_{2i+1,2j+1}) / 4, \\ b_{i,j}^2 &= (a_{2i,2j} + a_{2i+1,2j} - a_{2i,2j+1} - a_{2i+1,2j+1}) / 4, \\ b_{i,j}^3 &= (a_{2i,2j} - a_{2i+1,2j} + a_{2i,2j+1} - a_{2i+1,2j+1}) / 4, \\ b_{i,j}^4 &= (a_{2i,2j} - a_{2i+1,2j} - a_{2i,2j+1} + a_{2i+1,2j+1}) / 4. \end{aligned}$$

Використовуючи ці формули, для зображення 512x512 пікселів, одержимо після першого перетворення вже 4 матриці розміром 512x512 елементів (рис. 1).



(a) (b)
Рис. 1. Початкове зображення (а) та результат його wavelet-перетворення (б)

Після wavelet-перетворення в першому квадраті розміром 256x256 точок, зберігається зменшена копія зображення, у другому - усереднені різниці пар значень пікселів по горизонталі, у третьому - усереднені різниці пар значень пікселів по вертикалі, у четвертому - усереднені різниці значень пікселів по діагоналі. Далі можна повторити wavelet-перетворення й одержати замість першого квадрату матриці 4 матриці розміром 128x128 точок.

Повторивши перетворення втретє, одержимо в підсумку 4 матриці розміром 64x64 точок, 3 матриці розміром 128x128 точок і 3 матриці розміром 256x256 точок. Подальше стиснення відбувається за рахунок того, що в різницевих матрицях є велике число нульових або близьких до нуля значень, які після квантування ефективно стискаються.

До переваг цього алгоритму можна віднести те, що він дуже легко дозволяє реалізувати можливість поступового “прояву” зображення при передачі зображення по комп’ютерним мережам. Крім того, оскільки ми фактично зберігаємо його зменшену копію, спрощується попередній показ наближеного зображення, що міститься в заголовку повідомлення.

На відміну від JPEG і фрактального алгоритму даний метод не оперує блоками, наприклад 8x8 точок. Точніше, ми оперуємо блоками 2x2, 4x4, 8x8 точок і т.д. Однак за рахунок того, що коефіцієнти для цих блоків зберігаються незалежно, можна досить легко уникнути ділення зображення на “мозаїчні” квадрати.