

УДК 514.18:528.7

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ БАГАТОСПЕКТРАЛЬНИХ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ ОРТОГОНАЛІЗАЦІЇ ДАНИХ

Корчинський В. М., д.т.н.,

Свинаренко Д. М., к.т.н.

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара

Тел. (056) 765-42-32

Мацулевич О. Є., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-68-44

Анотація – Запропоновано метод підвищення якості растрових фотограмметричних зображень, що дозволяє збільшити просторову розрізненість первинних зображень.

Ключові слова – багатоспектральне зображення, просторова розрізненість, ортогоналізація, сигнальна ентропія, показники якості зображення.

Постановка проблеми. Однією з основних проблем оброблення видових даних дистанційного зондування, одержаних з аерокосмічних носіїв, є те, що ці дані мають різну просторову розрізненість. Зображення окремих спектральних каналів, отримані з одного апарату, можуть відрізнятися за цим показником у десятки разів. Тому, постає проблема отримання усієї множини даних, що мали б найбільшу просторову розрізненість, з метою більш якісного тематичного аналізу в автоматизованих системах.

Аналіз останніх досліджень. На даний час відома низка способів підвищення якості цифрових даних стосовно розподілів яскравості растрових зображень [1 - 3]. Усі вони розвинені без урахування специфіки видових даних дистанційного зондування, забезпечення збереження геометричних структур первинних видових даних в зображеннях. Це зумовлює актуальність розроблення нових способів попередньої обробки цифрових аерокосмічних зображень з урахуванням зазначених факторів.

Формулювання цілей статті. Метою статті є розроблення нового методу обробки растрових зображень дистанційного зондування, що базується на різних алгоритмах ортогоналізації даних та дозволяє

покращити якісні показники зображень.

Основна частина. З позицій прикладної геометрії багатоспектральне растрове зображення, подане на прямокутній решітці $N \times M$ пікселів, може бути представлено у вигляді множини векторів, що належать евклідовому простору \mathbf{R}^K , де $K = N \cdot M$. Далі множину цих векторів позначаємо через $\{\mathbf{e}_k : k = \overline{1, S}\}$, де S – кількість фіксованих спектральних каналів. Приймемо, що зображення з найвищою просторовою розрізненістю (тобто отримане найбільш короткохвильовому спектральному інтервалі проміння – носія видової інформації) подається вектором \mathbf{e}_1 цього простору.

Загальний обсяг подання вихідного цифрового фотограмметричного зображення з 256-ма рівнями яскравості на піксел у загальному випадку дорівнює $N \cdot M \cdot K \cdot n$ біт, де K – кількість спектральних каналів, n – кількість двійкових розрядів, якою кодуються рівні яскравості пікселів. З урахуванням характеристик сучасних сенсорних пристроїв дистанційного зондування Землі з аерокосмічних носіїв використання усього обсягу первинних видових даних з позицій ідентифікації геометричних форм візуалізованих об'єктів є надлишковим. Це зумовлює актуальність розроблення методів редукції (зменшення) вимірності вихідних видових даних до рівня, достатнього для досягнення заданого рівня достовірності розпізнавання.

Один із способів такої редукції забезпечується на основі методу головних компонент [4]. У даній статті викладені альтернативні способи ортогоналізації багатовимірних векторів, які подають розподіли яскравості окремих спектральних каналів багатоспектральних зображень. Достоїнством ортогоналізації є декореляція цих розподілів, що забезпечує можливість незалежного оброблення відповідних зображень з наступним синтезом утвореного у такий спосіб «штучного» багатоспектрального зображення з підвищеними інформаційними показниками. Крім того методи ортогоналізації дозволяють здійснити стиснення даних, за тиском шумів та ін. Зазначимо у цьому зв'язку, що метод головних компонент забезпечує лише часткову ортогоналізацію розподілів яскравості зображень спектральних каналів – складових первинного багатоспектрального зображення [5, 6].

У лінійній алгебрі розвинені декілька способів ортогоналізації множин векторів, заданих у багатовимірних просторах. Найбільш поширені серед них – процес Грама-Шмідта, метод «відбиття» Хаусхолдера, метод «обертання» Гівенса [7].

Суміщення первинних зображень на основі процесу ортогоналізації Грама-Шмідта реалізується побудовою на основі множини K -вимірних векторів $\{\mathbf{e}_k : k = \overline{1, S}\}$ множини попарно ортогональних

векторів $\{\mathbf{u}_k : k = \overline{1, S}\}$ з наступною заміною вектора \mathbf{u}_1 вектором \mathbf{e}_1 та оберненим перетворенням.

Традиційна реалізація процесу ортогоналізації векторів передбачає їхню одночасну нормалізацію, тобто виконання умови $\|\mathbf{u}_n\| = 1$, $n = \overline{1, S}$ (тут і далі подвійні прямі дужки позначають норму відповідного вектора).

Пропонується узагальнений спосіб процесу ортогоналізації Грама-Шмідта без вимоги нормалізації отримуваних векторів, який подається співвідношеннями

$$\begin{aligned} \mathbf{u}_1 &= \mathbf{e}_1; \\ \mathbf{u}_k &= \mathbf{e}_k - \sum_{i=1}^{k-1} \frac{(\mathbf{u}_i \cdot \mathbf{e}_k)}{\|\mathbf{u}_i\|} \cdot \mathbf{u}_i; \quad k = \overline{2, S}, \end{aligned} \quad (1)$$

де дужками позначено скалярні добутки векторів. Надалі вектор \mathbf{u}_1 замінюється вектором, утвореним з панхромного зображення, чи зображення, отриманого у діапазоні з найкоротшою довжиною хвилі проміння, та здійснюється обернене перетворення.

Другий запропонований метод ортогоналізації вихідних видових багатоспектральних даних базується на відомому у лінійній алгебрі QR-поданні матриць. Підставою для використання такого підходу є подання розподілів яскравості растрових зображень, одержаних у різних спектральних інтервалах проміння - носія видової інформації у вигляді двовимірних масивів числових даних (рівнів яскравості). Кожний з них упорядковується по стовпцях, на основі яких формується матриця з розмірністю $NM \times K$, де $N \times M$ - вимірність растрових зображень, отриманих у різних спектральних діапазонах, K - кількість цих діапазонів. Далі здійснюється QR-перетворення сформованої матриці, у результаті чого вона подається у вигляді добутку матриць $\mathbf{Q}_{NM \times K}$ та $\mathbf{R}_{K \times K}$. Відмітимо, що стовпці матриці $\mathbf{Q}_{NM \times K}$ попарно ортогональні. Після цього перший стовпець матриці $\mathbf{Q}_{NM \times K}$ замінюється упорядкованим зазначеним способом масивом рівнів яскравості зображення, отриманого у діапазоні з найкоротшою довжиною хвилі проміння - носія видової інформації, з наступним оберненим QR-перетворенням.

На рисунку 1 представлено первинне зображення одного зі спектральних каналів (червоного) багатоспектрального зображення (подано в тонах сірого). На рисунках 2-4 відповідно зображення червоного каналу після здійснення прямого та оберненого перетворення за методом головних компонент, ортогоналізацією Грама-Шмідта та QR-перетворенням.



Рис. 1. Первинне зображення.



Рис. 2. Зображення, отримане за застосування методу головних компонент.



Рис. 3. Зображення, отримане за застосування ортогоналізації Грама-Шмідта.



Рис. 4. Зображення, отримане за застосування QR-перетворення.

В таблиці 1 подані значення сигнальної ентропії відповідних зображень [8] та рівня адаптації зорової системи (LQ).

Таблиця 1

Показник	Зображення Рис. 1	Зображення Рис. 2	Зображення Рис. 3	Зображення Рис. 4
Ентропія	6.7837	6.1623	7.2117	7.2030
LQ	0.8148	0.8148	0.9194	0.8410

В таблиці 2 подані значення наступних, найпоширеніших об'єктивних показників якості зображень [9, 10] (для пар зображень - первинного та отриманого за застосування одного з методів ортогоналізації):

AD – середня різниця, NK – нормована кореляція, CQ – якість кореляції, MD – максимальна різниця, IF – точність зображення, MSE – середньоквадратична похибка, PMSE – максимальна середньоквадратична похибка, NAE – нормована абсолютна похибка, NMSE – нормована середньоквадратична похибка, SNR – відношення сигнал/шум, PSNR – максимальне відношення сигнал/шум.

Таблиця 2

	Зображення Рис.1- Зображення Рис.2	Зображення Рис.1- Зображення Рис.3	Зображення Рис.1- Зображення Рис.4
AD	0.5893	3.4679	0.7997
NK	1.0304	0.7626	0.9722
CQ	148.6480	110.0163	140.2579
MD	104	113	143
IF	0.9883	0.9314	0.9842
MSE	0.5893	3.4679	0.7997
PMSE	9.0621e-06	5.3332e-05	1.2298e-05
NAE	0.0928	0.2528	0.1052
NMSE	0.0117	0.0686	0.0158
SNR	19.3345	11.6369	18.0084
PSNR	-1.6135	-9.3111	-2.9396

Висновки та перспективи подальших досліджень. Отримані результати дозволяють усвідомити переваги одного з варіантів ортогоналізації за інформаційними критеріями. Перспективи подальших досліджень за проблематикою роботи пов'язані з узагальненням запропонованих методів ортогоналізації та дослідженнями можливостей сингулярного розкладу.

Література

1. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. / Р. Гонсалес, Р. Вудс, С. Эддинс. – Москва: Техносфера, 2006. – 616 с.
2. Методы компьютерной обработки изображений / Под ред. В. А. Сойфера.– 2-е изд., испр. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 784 с.
3. Бузовский О. В. Компьютерная обработка изображений / О. В. Бузовский, А. А. Болдак, М. Х. Мохаммед Руми. – К.: Корнійчук, 2001. – 180 с.
4. Свиначенко Д.М. Класифікація геометричних форм растрових проєкційних зображень дистанційного зондування землі на основі їхніх головних компонент / Д.М. Свиначенко // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – Випуск № 85. – К.:КНУБА, 2010. – С. 301-305.
5. Faugeras O. The Fundamental Matrix: Theory, Algorithms, and

- Stability Analysis / Q. Luong, O. Faugeras. // International Journal of Computer Vision. - 1996. № 17 (1). - P. 43-76.
6. *Баландин М.Ю.* Методы решения СЛАУ большой размерности / М.Ю.Баландин, Э.П.Шурина. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2000. – 72 с.
 7. *Гельфанд И.М.* Лекции по линейной алгебре / И.М.Гельфанд. – М.: Наука, 1974. – 272 с.
 8. *Корчинський В.М.* Інформативність афінно-інваріантної геометричної моделі проєкційних зображень в їх морфологічному аналізі / В.М.Корчинський // Оброблення сигналів і зображень та розпізнавання образів / Праці сьомої Всеукраїнської міжнародної конференції (UkrObraz'2004). – К.: Ін-т кібернетики НАН України, 2004. – С.53-56.
 9. *Мирошников М.М.* Дальнейшее развитие методологических основ иконоки / Мирошников М.М., Нестерук В.Ф.// Труды ГОИ им. С.И.Вавилова. – т.64, вып. 198. – Л. – 1987. – С. 5 – 11.
 10. *Шлихт Г.Ю.* Цифровая обработка цветных изображений. / Шлихт Г.Ю. //– М., Издательство ЭКОМ, 1997. – 336 с.

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МНОГОСПЕКТРАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ОРТОГОНАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ

В. М. Корчинский , Д. Н. Свиноренко , А. Е. Мацулевич

Аннотация - предложены методы повышения качества растровых фотограмметрических изображений, позволяющие увеличить пространственное разрешение первичных изображений.

METHODS OF INCREASING INFORMATION CHARACTERISTICS OF MULTISPECTRAL IMAGES BASED ON DATA ORTHOGONALIZATION

V. Korchinsky, D. Svinarenko, A. Matsulevich

Summary

The new methods of improving the quality of photogrammetric raster images, thus increasing spatial resolution of the original images is offered.