

ГЕОМЕТРИЧНЕ КОРИГУВАННЯ БАГАТОСПЕКТРАЛЬНИХ ФОТОГРАММЕТРИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Внаслідок неминучих похибок у взаємній орієнтації предметної площини та площини відображення видових даних виникають спотворення геометричних форм та розподілів яскравості зображень спектральних каналів. Одним з різновидів таких спотворень є косий зсув. В роботі розглянуто метод визначення параметрів та компенсації косоного зсуву багатоспектральних даних дистанційного зондування Землі. Проведено оцінювання результатів роботи запропонованого методу. У якості кількісної оцінки змін інформативності зображень застосовано взаємну ентропію.

Ключові слова: багатоспектральне зображення, косий зсув, коригування, ентропія.

Д. Н. СВИНАРЕНКО

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ КОРРЕКЦИЯ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫХ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Вследствие неизбежных погрешностей во взаимной ориентации предметной плоскости и плоскости отображения видовых данных возникают искажения геометрических форм и распределения яркостей спектральных каналов. Одним из видов таких искажений является косой сдвиг. В работе рассмотрен метод определения параметров косоного сдвига и его компенсации для мультиспектральных данных дистанционного зондирования Земли. Проведена оценка результатов работы метода. В качестве количественной оценки изменения информативности изображений использована взаимная энтропия.

Ключевые слова: мультиспектральное изображение, косой сдвиг, коррекция, энтропия.

D. M. SVYNARENKO

Oles Honchar Dnipropetrovsk National University

GEOMETRIC CORRECTION OF MULTISPECTRAL PHOTOGRAMMETRY IMAGES

Because of the inevitable errors in the relative orientation of the object plane and the plane of the data mapping gets distorted geometric forms and distribution of brightness of spectral channels. One such type of distortion is oblique shift. The method of determining the parameters and compensation of the oblique shift for multispectral data of remote sensing of the Earth are considered. The estimation of the results of the method was performed. As a quantitative assessment of changes in information content of images used mutual entropy.

Keywords: multispectral image, orthogonalization, the oblique shift, correction, entropy.

Постановка проблеми

Фотограмметричні зображення, одержувані іконічними засобами дистанційного зондування (ДЗ) з аерокосмічних носіїв, фіксуються у низці спектральних діапазонів електромагнітного проміння – носія видової інформації. Основою для визначення порівняльних оцінок інформаційної значущості проєкційних зображень, одержаних у різних спектральних діапазонах, є їхні геометричні структури як такі, що зумовлені лише фізичними характеристиками об'єкту ДЗ незалежно від характеристик сенсору видової інформації [1, 2]. За ідеальних позиційних умов проєкціювання картинні площини зображень усіх спектральних діапазонів, що складають багатоспектральне зображення, є паралельними. Але за реальних умов через нестабільність позиційних параметрів проєкціювання відбувається спотворення геометричних форм та розподілів яскравості зображень спектральних каналів. Тому наразі є актуальною проблема геометричної та радіометричної корекції таких зображень.

Аналіз останніх досліджень

Фіксація видових даних ДЗ супроводжується спотвореннями просторових розподілів яскравості отримуваних зображень, зумовлених неминучими нестабільностями взаємної орієнтації предметної площини та площини відображення видових даних. Компенсація таких спотворень є необхідним елементом геометричної корекції зображень ДЗ, яка забезпечує їхній подальший тематичний аналіз. Можливості існуючих на даний час способів корекції таких спотворень обмежені формальними алгоритмами комп'ютерної графіки, не пов'язаними з фізичними закономірностями формування зображень ДЗ [3, 4].

Метою статті є розробка методу геометричного коригування розподілів яскравості первинних видових даних ДЗ, що дозволяє компенсувати спотворення зображень.

Основна частина

У роботі [5] показано, що у границях технологічного допуску юстирування оптико-механічної системи сенсора проєктивні спотворення, пов'язані з порушенням паралельності картинних площин, можна апроксимувати комбінацією паралельних перенесень та поворотів зображення з різними центрами. Але окрім цих перетворень важливими також є порушення, що виникають внаслідок косоного зсуву площин зображень, одна відносно одної.

Одним з важливих моментів за коригування спотворень є визначення картинної площини спектрального каналу, стосовно якої здійснюватиметься корекція розподілів яскравостей зображень інших спектральних каналів (опорне зображення). У якості такого зображення оберемо найбільш інформативне з поміж усіх зображень спектральних каналів. Для оцінювання інформативності зображень використовуємо сигнальну ентропію (інформативність одного пікселя цифрового зображення, усереднена по їхній множині), яка визначається співвідношенням [6]

$$E = - \sum_{n=0}^{M-1} P_n \log_2 P_n , \quad (1)$$

де $P_n = \frac{nN_n}{\sum_{m=0}^{M-1} mN_m}$, N_n – кількість пікселів з рівнем яскравості $n \in [0, M - 1]$

Розглянемо косий зсув зображення в цілому, як такий, що складається з двох незалежних компонент: косоного зсуву вздовж осі Ox та косоного зсуву вздовж осі Oy . Зупинимо увагу на косому зсуву за віссю Ox .

Якщо прийняти, що координати елементів еталонного зображення x та y , а координати елементів спотвореного зображення \bar{x} та \bar{y} , то можна встановити між ними певний аналітичний зв'язок:

$$\begin{aligned} \bar{x} &= x + a y \\ \bar{y} &= y , \end{aligned} \quad (2)$$

де a – параметр косоного зсуву за віссю Ox .

За аналогією, якщо зсув відбувся за віссю Oy , система рівнянь набуває вигляду:

$$\begin{aligned} \bar{x} &= x \\ \bar{y} &= y + b x , \end{aligned} \quad (3)$$

де b – параметр косоного зсуву за віссю Oy .

Отримавши нову систему координат (\bar{x}, \bar{y}) за допомогою методів інтерполяції визначаються нові рівні яскравості, що відповідають цій системі.

Отже, для коригування зображення, потрібно визначити пару параметрів косоного зсуву a та b . Спочатку віднайдемо параметр a . Для цього використовуємо наступний вираз:

$$S_a = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} \sum_{m=0}^{M-1} |F_{\bar{c}}(n, m) - F_k(n, m, a)|}{\sum_{n=0}^{N-1} \sum_{m=0}^{M-1} |F_{\bar{c}}(n, m)|} , \quad (4)$$

де $F_{\bar{c}}$ - функція розподілу яскравості зображення базового каналу; F_k - функція розподілу яскравості для системи координат, що визначається виразом (2); n, m – номери пікселів.

Задаючи діапазон зміни величини a та визначивши для нього усі значення S_a , отримаємо функцію залежності $S(a)$. Значенню мінімуму цієї функції буде відповідати шукане значення параметру a , яке ми використовуємо для обчислення нової системи координат та побудови нового, частково скоригованого зображення з функцією розподілу яскравості F_k^a .

Далі, задаючи діапазон зміни параметру b , визначаючи нові системи координат згідно виразу (3), обчислюємо значення S_b за формулою:

$$S_b = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} \sum_{m=0}^{M-1} |F_{\bar{o}}(n,m) - F_k^a(n,m,b)|}{\sum_{n=0}^{N-1} \sum_{m=0}^{M-1} |F_{\bar{o}}(n,m)|}, \quad (5)$$

Визначивши мінімум функції $S(b)$, і відповідне значення параметру b , будемо остаточно скориговане зображення з функцією розподілу яскравості $F_k^{a,b}$.

Для кількісної оцінки змін інформативності зображень використаємо такий показник, як ентропія зображення Y при умові спостереження за зображенням X ($E(Y|X)$). Спільна ентропія двох зображень X та Y дорівнює:

1. Якщо зображення X та Y не пов'язані між собою

$$E(XY) = E(X) + E(Y) \quad (6)$$

2. Якщо зображення X та Y мають зв'язок

$$E(XY) = E(X) + E(Y|X) = E(Y) + E(X|Y) \quad (7)$$

Ентропія $E(Y|X)$ визначається наступним чином:

$$E(Y|X) = - \sum_{i=0}^{255} \left[p(x_i) \sum_{j=0}^{255} p(y_j|x_i) \log_2 p(y_j|x_i) \right], \quad (8)$$

де $p(x_i) = \frac{nN(n)}{\sum_{m=0}^{255} mN(m)}$, $N(n)$ – кількість пікселів з рівнем яскравості n .

рівнем яскравості n .

$$p(y_j|x_i) = \frac{n(y_j|x_i)}{\sum_{j=1}^{256} n(y_j|x_i)}, \quad n(y_j|x_i) - \text{визначає, скільки}$$

пікселів зображення Y , що мають рівень яскравості j , знаходяться на тих самих позиціях, де у зображенні X знаходяться піксели, що мають рівень яскравості i .

На рис.1-5 подані відповідно зображення базового (червоного) каналу (каналу з найбільшим значенням сигнальної ентропії), зображення зеленого каналу до та після корегування та зображення синього каналу до та після корегування. У обох цих випадках значення параметрів a та b відповідно дорівнюють 0.07 та 0.09.



Рис.1 Зображення базового (червоного) каналу



Рис.2 Зображення зеленого каналу до коригування



Рис.3 Зображення зеленого каналу після коригування



Рис.4 Зображення синього каналу до коригування



Рис.5 Зображення синього каналу після коригування

В табл. 1 наведені значення сигнальної ентропії зображень, середньоквадратичного відхилення (СКВ) рівнів яскравості зображень спектральних каналів до та після корегування, а також ентропії $E(Y|X)$ зображення, що корегувалося (Y), при умові спостереження зображення базового каналу (X).

Таблиця 1

	Сигнальна ентропія	СКВ	$E(Y X)$
Базовий канал (червоний) (Рис.1)	7.3328	46.2659	--/--
Зелений канал до коригування (Рис.2)	7.1512	45.9126	5.1828
Зелений канал після коригування (Рис.3)	7.1643	46.2654	8.6140
Синій канал до коригування (Рис.4)	6.3923	44.7844	6.3098
Синій канал після коригування (Рис.5)	6.4113	45.0779	9.1060

Як видно з даних таблиці, спостерігається певне зростання сигнальної ентропії скоригованих зображень по відношенню до відповідних їм первинних, що свідчить про збільшення інформативності після коригування. Цей висновок також підтверджується збільшенням значень середньоквадратичного відхилення рівнів яскравості скоригованих зображень. Слід відзначити, що у обох випадках виявляється значне підвищення ентропії корегованих зображень при умові спостереження зображення базового каналу, тобто зростає частка нової інформації, яку містить зображення (Y), по відношенню до зображення (X).

Висновки та перспективи подальших досліджень

Запропонований у роботі метод геометричної корекції багатоспектральних зображень дозволяє зкоригувати спотворення зображень, викликані косим зсувом. Перспективи подальших досліджень за тематикою роботи пов'язані із розробкою комплексних методів корекції спотворень багатоспектральних зображень ДЗ.

Список використаної літератури

1. Wang Z. Image Quality Assesment / Wang Z., Bovik A.C., Sheikh H.R., Simoncelli E.P. // IEEE Transactions on Image Processing. – 2004. – Vol. 13. – №. 4. – P. 600-612.
2. Wang Z. Traslation Inesitive Image Similarity in Complex Wavelet Domain / Z. Wang, E.P. Simoncelli // Inter. Conf. Acoustic, Speeach & Signal Processing (18-23 March 2005, Pennsylvania). – 2005. – Vol. 2. – P. 573-576.
3. Бузовський О.В. Комп'ютерна обробка зображень / О.В. Бузовський, А.О. Болдак, М.Х. Румі Мохамед. – К.: Корнійчук, 2001. – 180 с.
4. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс, С. Эддинс. – М.: Техносфера, 2006. – 512 с.
5. Корчинський В.М. Геометрична та радіометрична корекція проєкційних багатоспектральних зображень / В.М. Корчинський, Д.М. Свиначенко // Геометричне та комп'ютерне моделювання. – 2005. – Вип. 9.– С. 90-95.
6. Корчинський В.М. Інформативність афінно-інваріантної геометричної моделі проєкційних зображень в їх морфологічному аналізі / В.М. Корчинський // Праці сьомої Всеукраїнської міжнародної конференції "Оброблення сигналів і зображень та розпізнавання образів" (UkrObraz'2004) (11-15 жовтня 2004, м. Київ). – К.: Ін-т кібернетики НАН України, 2004. – С. 53-56.