



УДК 514.18:528.7

КОРИГУВАННЯ КОСОГО ЗСУВУ БАГАТОСПЕКТРАЛЬНИХ ФОТОГРАММЕТРИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

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 – в роботі розглянуто метод визначення параметрів та компенсації косоного зсуву багатоспектральних даних дистанційного зондування Землі.

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

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 формоутворення зображень ДЗ [3, 4].

Формулювання цілей статті. 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 пікселю 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 за віссю Ox та косоного зсуву за віссю 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:

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

де $F_{\bar{o}}$ - 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 , будуємо 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
$$p(x_i) = \frac{n N(n)}{\sum_{m=0}^{255} m N(m)},$$

$N(n)$ - кількість пікселів з рівнем яскравості n .

$$p(y_j|x_i) = \frac{n(y_j|x_i)}{\sum_{j=1}^{256} n(y_j|x_i)},$$



Рис.1. Зображення базового (червоного) каналу

$n(y_j|x_i)$ - 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.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 таблиці 1 наведені значення сигнальної ентропії зображень, середньоквадратичного відхилу (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 скоригованих 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.

Література

1. Wang Z. Image Quality Assesment / Z.Wang, A.C.Bovik, H.R.Sheikh, E.P.Simoncelli. – IEEE Transactions on Image Processing. – 2004. – Vol. 13. – No. 4. – P. 600-612.
2. Wang Z. Traslation Insesitive Image Similarity in Complex Wavelet Domain / Z.Wang, E.P.Simoncelli. – In Proc. IEEE Inter. Conf. Acoustic, Speeacch & Signal Processing. – 2005. – Vol. 2. – P. 573-576.
3. Бузовський О.В. Комп'ютерна обробка зображень / О.В.Бузовський, А.О.Болдак, М.Х.Мохамед Румі. — К.: Корнійчук, 2001. — 180 с.
4. Гонсалес Р. Цифровая обработка зображений. / 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.Свинаренко.* – Геометричне та комп'ютерне моделювання. / Збірник наукових праць. Випуск 9. – Харківський державний університет харчування та торгівлі. – Харків, 2005. – С.90-95.
6. *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.
7. *Корчинський В.М.* Методи підвищення інформаційних показників багатоспектральних зображень на основі ортогональних даних / *В.М. Корчинський, Д.М. Свинаренко, О.Є. Мацулевич.* – Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2014. – Вип. 14., Т.2. «Прикладна геометрія, інженерна графіка». – С. 153-158.

КОРРЕКЦИЯ КОСОГО СДВИГА МНОГОСПЕКТРАЛЬНЫХ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Д. Н. Свинаренко, А. Е. Мацулевич

Аннотация – в работе рассмотрен метод определения параметров и компенсации косоугольного сдвига многоспектральных данных дистанционного зондирования Земли.

CORRECTION OF SLANTING SHIFT PHOTOGRAMMETRY OF THE MULTISPECTRAL OF IMAGES

D. Svinarenko, A. Matsulevich

Summary

In work presented the method of definition of parameters and indemnification of slanting shift of the multispectral data of remote sounding of the Earth.