

Часто невеликі водні об'єкти, такі як струмки або невеликі річки, можуть частково або повністю закриватись рослинністю. На ортофотопланах вони майже не проглядаються. Растр інтенсивності теж не дає можливості точно віддешифрувати такі об'єкти, оскільки у побудові зображення братимуть участь і ті точки, що відбилися від рослинності, яка знаходиться над водною поверхнею. Здебільшого це призводить до того, що на растрі інтенсивності водні об'єкти навпаки будуть світлішими і вони краще ідентифікуються. Покажемо на рис. 5 та 6 зображення річки на ортофотоплані та растрі інтенсивності відповідно.

Червоним на рис. 6 виділено чорну пляму на поверхні річки. Це та частина водної поверхні, де сигнал був повністю втрачений.

Висновки. Процес відбиття лазерного променя від водної поверхні є складнішим, ніж від інших природних об'єктів. Його специфіка є такою, що дуже велика частина інформації втрачається під час сканування. Це значною мірою впливає на остаточний результат. Тому для дослідження таких об'єктів потрібно використовувати всю наявну інформацію, а також шукати нові підходи для її інтерпретації.

1. Бабушка А. Методика відтворення контурів гідрографічних об'єктів за даними авіаційного лазерного сканування / Бабушка А. // Збірник наукових праць Західного геодезичного товариства УТГК "Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва". – Вид-во Нац. ун-ту "Львівська політехніка", 2011. – Вип. II (22). – С. 188–192. 2. Данилин И.М. Лазерная локация земли и леса / Данилин И.М., Медведев Е.М., Мельников С.Р. – Красноярск, 2005. – 182 с. 3. Козинцев В.И. Основы импульсной лазерной локации: Учеб. пособие для вузов / В.И. Козинцев, М.Л. Белов, В.М. Орлов и др.: под ред. В.Н. Рождествина. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 512 с.: ил. – (Электроника). 4. Chris Hopkinson, Alain Pietroniro and John W. Pomeroy, editors HYDROSCAN: Airborne laser mapping of hydrological features and resources // Saskatoon, SK., Sept. 22, 2006. – 376 p. 5. Wolfe, W. and Zissis, G. J. The infrared handbook. The Infrared Information Analysis Center. Environmental Research Institut of Michigan, 1989. – 1700p.

УДК 528.46+528.74

Х. Бурштинська, І. Долинська

Національний університет "Львівська політехніка"

ВРАХУВАННЯ ВПЛИВУ АТМОСФЕРИ ПІД ЧАС ОПРАЦЮВАННЯ КОСМІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

© Бурштинська Х., Долинська І., 2012

Рассмотрены методы учета влияния атмосферы при обработке космических изображений с помощью программного обеспечения ENVI и с использованием вегетационных индексов ARVI, устойчивых к влиянию атмосферы.

Methods for account the influence of atmosphere during processing space images using ENVI software and resistant to atmospheric influence vegetation indices ARVI, was considered.

Виклад основного матеріалу. Сучасна мультиспектральна і гіперспектральна сканувальна апаратура, за допомогою якої виконують знімання земної поверхні з космосу, є радіометрично відкаліброваними багатоканальними відеоспектрометрами. Для кожного пікселя зображення реєструється набір яскравостей багатоспектральними або гіперспектральними системами, які охоплюють діапазон електромагнітних хвиль від видимого до теплого [2, 5].

В процесі дистанційного зондування відбиті від об'єктів і земної поверхні електромагнітні хвилі проходять через атмосферу, перш ніж вони будуть зареєстровані знімальною системою. Дані дистанційного зондування містять інформацію не тільки про поверхню, а й про стан атмосфери. Усунення впливу атмосфери – важливий етап попереднього опрацювання зображення за необхідності кількісного аналізу відображення поверхні.

Атмосфера може впливати на значення яскравостей, що реєструються знімальною системою, двома способами: шляхом розсіювання і поглинання енергії електромагнітних хвиль. Розсіювання має місце, якщо випромінювання в атмосфері відбивається або заломлюється частинками молекул газів, що становлять атмосферу, крупинками пилу і молекулами водяної пари. Згідно з теорії [1, 4] розсіювання в різних спектральних ділянках неоднакове. Короткохвильова сонячна радіація розсіюється сильніше порівняно із довгохвильовою. Розсіяння призводить до зменшення контрасту та потускніння зображення.

Для виконання атмосферної корекції часто необхідно знати такі параметри, як кількість водяної пари, розподіл аерозолів, видимість тощо [6]. Оскільки пряме визначення цих властивостей атмосфери не завжди можливе, тому розробляють методи їх отримання з аналізу спектральних значень яскравості. Отримані коефіцієнти застосовують для побудови високоточних моделей атмосферної корекції, які і використовуються для опрацювання зображень.

Експериментальні дослідження. Для проведення досліджень були використані два космічні зображення, отримані із знімальної системи WorldView-2, на територію смт. Івано-Франкове, Львівської області. Перше зображення було виконане 30 квітня 2010 р., друге – 15 серпня 2011 р. Космічний апарат WorldView-2 запущений 8 жовтня 2009 р. з авіабази Ванденберг в Каліфорнії, США. Супутник WorldView-2 виведено на сонячно-синхронну орбіту висотою 770 км, що забезпечує його перебування над будь-якою точкою земної поверхні кожні 1–4 дні. Знімальна система WorldView-2 виконує знімання в восьми ділянках спектра: блакитний (450–520 нм), зелений (520–590 нм), червоний (630–690 нм), ближній ІЧ (630–890 нм), фіолетовий (423–453 нм), жовтий (700–730 нм) та дальній ІЧ (900–1050 нм).

На першому етапі досліджень враховувався вплив атмосфери за допомогою модулів програмного комплексу ENVI. Програмний пакет ENVI, завдяки мові програмування IDL (Interactive Data Language), може забезпечити повний комплекс робіт з обробки знімків, отриманих мульти-спектральними і гіперспектральними знімальними системами [3]. Модуль ACM (Atmospheric Correction Module) програмного пакета ENVI включає два алгоритми для усунення впливу атмосфери:

- *Quick Atmospheric Correction (QUAC)* – забезпечує автоматизовану корекцію впливу атмосфери для мультиспектральних і гіперспектральних знімків в ділянках спектра 400–2500 нм. За допомогою цього алгоритму обчислюють параметри корекції безпосередньо із зображення (спектральні криві пікселів) без використання будь-якої додаткової інформації. В основі алгоритму QUAC лежить емпіричний пошук середнього коефіцієнта відбиття для різних груп матеріалів (класів об'єктів). QUAC виконує більш загальну корекцію впливу атмосфери. Використання цього алгоритму дозволяє обчислювати коефіцієнти відбиття з похибкою $\pm 15\%$;

- *Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes (FLAASH)* – алгоритм корекції впливу атмосфери на основі заданих моделей. Цей алгоритм дозволяє отримувати точніші дані при корекції зображень, ніж алгоритм QUAC, але потребує додаткової інформації для їх опрацювання.

Для атмосферної корекції зображень нами було використано алгоритм FLAASH. На відміну від інших алгоритмів корекції впливу атмосфери, які інтегрують значення переданого випромінювання із попередньо обчислених баз даних, FLAASH включає вихідний код моделі MODTRAN4 [7]. При виборі будь-якої стандартної моделі MODTRAN (літо в середніх широтах, зима в середніх широтах тощо) і складу аерозолів (для сільської місцевості, міста, морських територій), представлених на зображенні, будуть розраховані параметри MODTRAN саме для цієї сцени.

Алгоритм FLAASH включає можливості, які якісно відрізняють його від аналогічних алгоритмів, що використовують моделі MODTRAN4:

- корекція ефекту суміжності, який виникає через змішування яскравостей сусідніх пікселів;
- інструмент для розрахунку приблизної видимості сцени (вміст аерозолів та наявність серпанку) за довжинами хвиль 660 і 2100 нм на підставі методу, який запропонував Кауфман.
- моделі, що враховують багаторазове розсіювання енергії електромагнітних хвиль, величина яких залежить від наявності серпанку і складу аерозолів;
- інструмент для згладжування спектральних кривих і зменшення викидів і перешкод (використовується під час роботи з гіперспектральними знімками).

Для розрахунку відкоригованих значень яскравості використовують формулу

$$L = \left(\frac{Ap}{1 - p_e S} \right) + \left(\frac{Bp_e}{1 - p_e S} \right) + L_a, \quad (1)$$

де L – значення яскравості піксела; p – коефіцієнт відбиття піксела; p_e – середній коефіцієнт відбиття піксела і його найближчої ділянки; L_a – яскравість відбитого сигналу розсіяного атмосферою; A і B – коефіцієнти, які залежать від атмосферних умов; S – сферичне альbedo атмосфери. Значення A , B , S – обчислюються в MODTRAN.

Проведена корекція впливу атмосфери за допомогою алгоритму FLAASH на конкретних знімках показала істотне покращення контрасту обох зображень, що свідчить про доцільність його використання під час обробки космічних зображень.

Наступним етапом досліджень було врахування впливу атмосфери за допомогою вегетаційного індексу ARVI. Це індекс, стійкий до впливу атмосфери (Atmospherically Resistant Vegetation Index), який було виведено на основі емпіричних досліджень [3] і його визначають за формулою:

$$ARVI = \frac{NIR - Rb}{NIR + Rb}, \quad (2)$$

$$\text{де} \quad Rb = RED - a(RED - BLUE) \quad (3)$$

Зазвичай $a = 1$; а за слабого покриття рослинності і невідомого типу атмосфери $a = 0.5$.

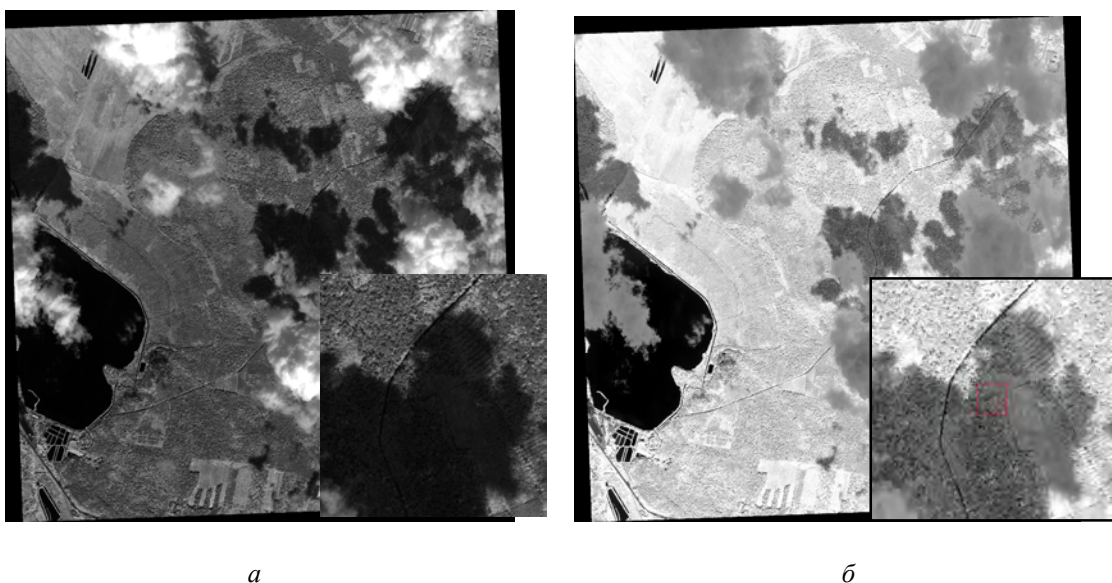


Рис. 1. Результати опрацювання зображення: а – вихідне зображення в панхроматичному каналі; б – зображення, опрацьоване за допомогою вегетаційного індексу ARVI

Провівши дослідження використання вегетаційного індексу ARVI на конкретних зображеннях, було встановлено, що для зображень, на яких спостерігається аерозольний серпанок, результатом є підвищення контрасту зображення.

Кращий результат ми отримали для зображення, на якому спостерігається інтенсивний вплив атмосфери, зокрема затінення території хмарами (рис. 1а). Використавши для покращення цього зображення вегетаційний індекс ARVI, ми отримали результат (рис. 1б), на якому можна чітко дешифрувати території, які були значно затінені хмарами на вихідному знімку.

Висновки

- На підставі проаналізованої спеціальної літератури встановлено, що атмосфера має домінуючий вплив на передавальні характеристики зображення. Існують два основних методи врахування впливу атмосфери: аналітичний, який передбачає попереднє визначення параметрів атмосфери та метод автоматизованого врахування під час обробки зображень.
- Аналіз проведених досліджень вказує, що за відомих точних параметрів атмосфери доцільно виконувати атмосферну корекцію зображення, використовуючи модуль FLAASH програмного пакета ENVI.
- Для територій, на яких спостерігається інтенсивний вплив атмосфери, зокрема аерозольної компоненти, кращі результати отримано з використанням вегетаційного індексу ARVI, особливо це стосується ділянок, затінених хмарами.

1. Буришинська Х.В., Станкевич С.А. Аерокосмічні знімальні системи. – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2010. – 292 с. 2. Колесникова О.Н., Черепанов А.С. Возможности ПК ENVI для обработки мультиспектральных и гиперспектральных данных // Геоматика. – 2009. – №3. – с. 24–27. 3. Кохан С.С., Востоков А.Б. Дистанційне зондування Землі: теоретичні основи: Підручник / Передм. Д.О. Мельничука. – К.: Вища шк., 2009. – 511с. 4. Кучко А.С. Аэрофотография и специальные фотографические исследования. – М.: Недра, 1988. – 236 с. 5. Лялько В.І., Попов М.О. Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування. – К.: Наук. думка, 2006. – 360 с. 6. Савиных В.П., Кучко А.С., Стеценко А.Ф. Аэрокосмическая фотосъемка: учебник. – М.: Картогеоцентр – Геодезиздат, 1997. – 378 с. 7. <http://www.pixelsolutions.com.ua>. – Атмосферная коррекция в ENVI – модуль FLAASH.