

УДК 528.88.042:528.852.5

С. А. Станкевич, О. І. Сахацький, А. О. Козлова

Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України, Київ

Класифікування покриттів ландшафту з використанням повного набору нормалізованих міжканальних індексів і додаткових контекстуальних ознак

Представлено 03.09.07

Запропоновано алгоритм класифікації покриттів ландшафту з використанням нормалізованих міжканальних індексів багатоспектральних аерокосмічних зображень та додаткових контекстуальних ознак. Наведено результати тестового класифікування покриттів ландшафту південної частини Кримського півострова за алгоритмом, що пропонується.

Вирішення більшості тематичних задач природо-користування та просторового аналізу дистанційними методами потребує залучення достовірних класифікацій покриттів ландшафту. Створення таких класифікацій має ґрунтуватися на сучасних, надійних і універсальних алгоритмах класифікування.

ПІДХІД

Основу підходу до класифікування багатоспектральних аерокосмічних зображень складає опис оптичного сигналу у кожному елементі (пікселі) окремою дискретною функцією $E(\lambda)$, $\lambda = 1, \dots, m$ у багатовимірному спектральному просторі $\{\lambda\}$. Очевидно, що середня точність класифікування m -вимірних радіометричних полів буде асимптотично зростати зі збільшенням кількості спектральних відліків m [8].

При класифікуванні покриттів ландшафту широко використовуються усілякі нормалізовані індекси відмінності спектральних оптичних сигналів — такі як NDVI, SAVI та інші —

відношення, у яких чисельник і знаменник є різницею і сумою відповідних радіометричних величин у пікселях спектральних зображень двох різних спектральних діапазонів. Використання нормалізованих міжканальних індексів дозволяє забезпечити повну або часткову інваріантність спектральних ознак класів до небажаних адитивних і мультиплікативних викривлень оптичних спектрів, що реєструються, наприклад, внаслідок варіацій спектральних характеристик об'єктів, стану атмосфери, зміни умов освітленості та ін. Практика вирішення багатьох тематичних задач дистанційного зондування свідчить про більшу інформативність нормалізованих міжканальних індексів порівняно з «сирими» спектральними сигналами [6].

Проте на даний час використання нормалізованих міжканальних індексів ґрунтується на емпіричному досвіді, а вибір конкретних індексів для вирішення тієї чи іншої тематичної задачі є свого роду мистецтвом. Недоліки такого підходу особливо помітні при вирішенні комплексних задач, у тому числі при класифікуванні покриттів ландшафту. Між тим для будь-якого

багатоспектрального аерокосмічного зображення існує скінченна множина — повний набір нормалізованих міжканальних індексів розмірністю $m \cdot (m - 1) / 2$. Можливості сучасних систем обробки багатоспектральних аерокосмічних зображень дозволяють перевести процес класифікування із простору спектральних оптичних сигналів у простір нормалізованих міжканальних індексів і тим самим підвищити її якість.

АЛГОРИТМ

Нехай класифікація покриттів ландшафту включає s класів, кожен з яких описується m -вимірною спектральною сигнатурою $E_{j\lambda}$, $\lambda = 1, \dots, m, j = 1, \dots, s$. У рамках викладеного підходу перш за все будується повний набір нормалізованих міжканальних індексів z_λ , $\lambda = 1, \dots, m \cdot (m - 1) / 2$:

$$z_\lambda = \frac{E_\lambda - E_{\lambda+1}}{E_\lambda + E_{\lambda+1}}, \quad \lambda = 1, \dots, m - 1.$$

Сформований таким чином повний набір нормалізованих міжканальних індексів може бути використаний при класифікуванні покриттів ландшафту [4].

Також при класифікуванні покриттів ландшафту можуть додатково враховуватися їхні контекстуальні ознаки. Для гірських територій, де розподіл біоти характеризується висотною поясністю, такими ознаками є висота над рівнем

моря та рельєф місцевості. Ці фактори — потужні розподільники інших важливих факторів середовища: температури, вологості, освітленості [7].

На рівнинних ландшафтах більш доцільним є врахування температури поверхні та вологості ґрунту. Для оцінювання вологості земного покриву може бути використаний водний індекс. Встановлено, що використання нормалізованої різниці спектрального відображення у видимій зеленій і середній інфрачервоній зонах спектру дозволяють ефективно оцінювати вмісту вологи як рослинного покриву, так і верхнього шару відкритого ґрунту [5]. В окремих випадках кращі результати досягаються при використанні комплексного індикатора вологовмісту на основі нормалізованого водного індексу NWI і температури поверхні T_0 виду

$$w_0(NWI, T) = A_2 \ln \left(\frac{NWI + 1}{T_0} + 1 \right) + A_1,$$

де A_1 і A_2 — регресійні коефіцієнти, які визначаються для кожної сцени на основі незалежних завіркових даних.

Абсолютну температуру земної поверхні T_0 може бути оцінено безпосередньо за цифровими зображеннями дальнього інфрачервоного діапазону відповідно до закону теплового випромінювання Планка [3]:

$$T_0 = \frac{K_2}{\ln \left(\frac{K_1}{L_{TIR}} + 1 \right)},$$

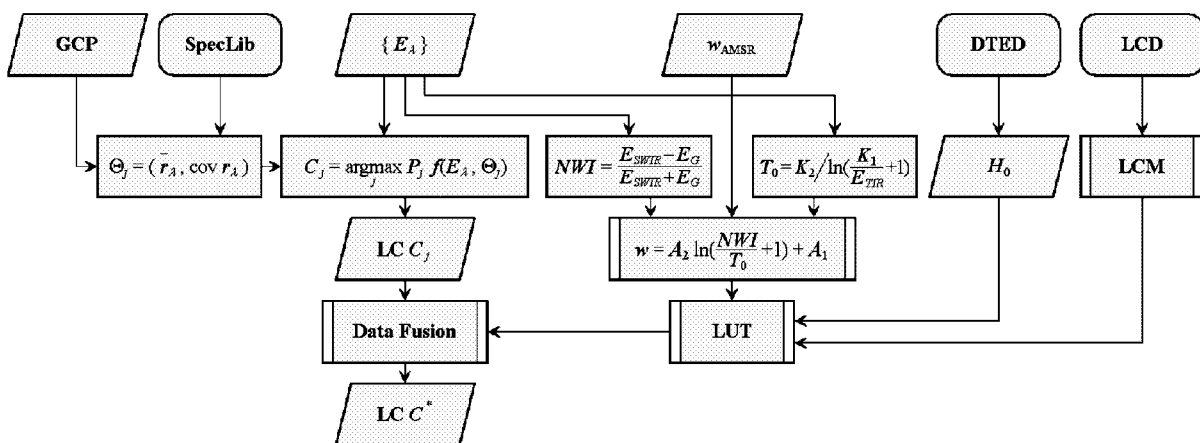


Рис. 1. Алгоритм класифікації покриттів ландшафту з використанням нормалізованих міжканальних індексів багатоспектральних аерокосмічних зображень та додаткових контекстуальних ознак

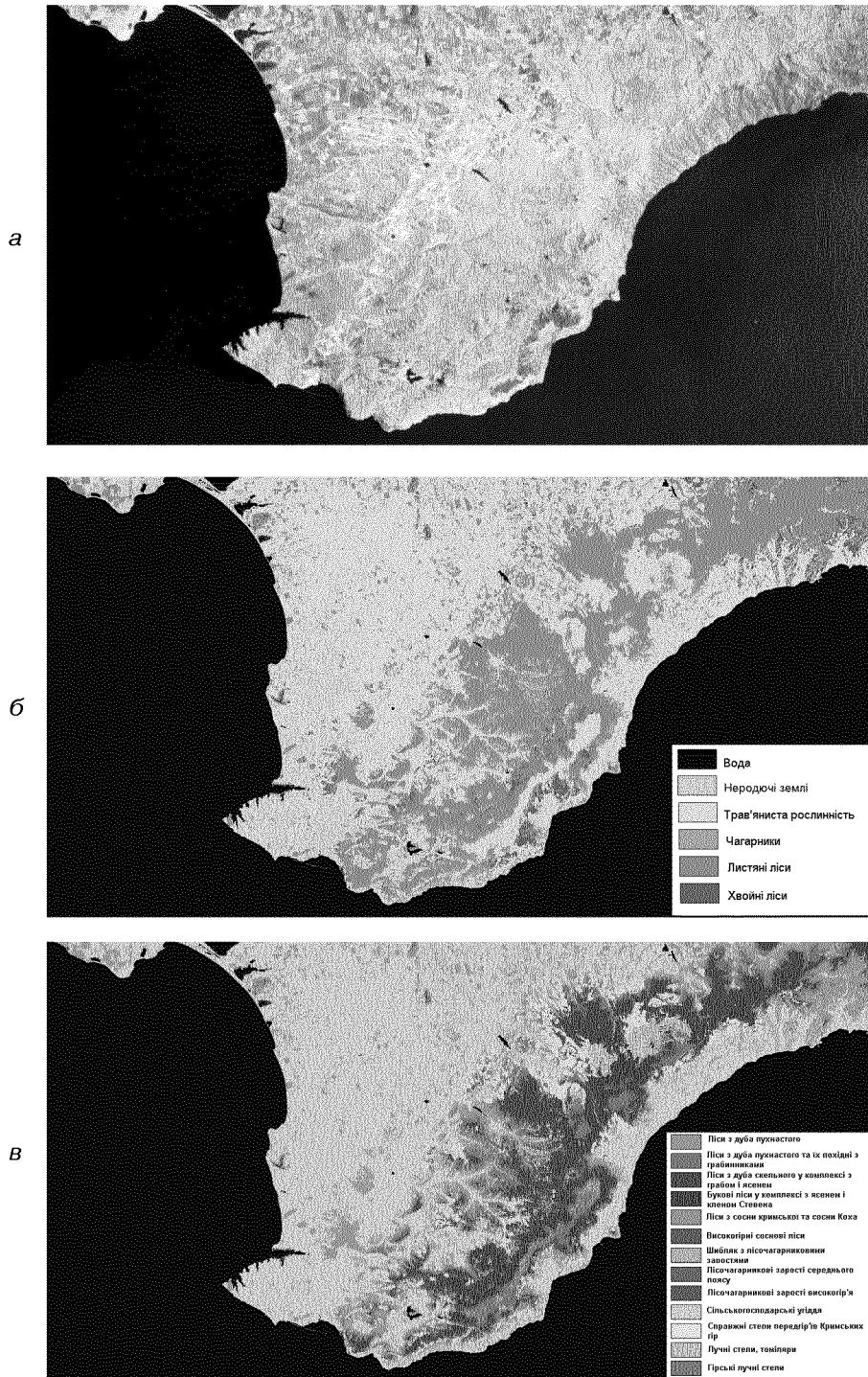


Рис. 2. Результати класифікування покриттів ландшафту: *a* — вихідне космічне зображення південної частини Кримського півострову 09.06.79, «Космос/СА-34» (4 діапазони видимого і ближнього інфрачервоного спектру, просторова розрізненість 30 м), *б* — карта покриттів ландшафту, *в* — карта рослинного покриття

де K_1 і K_2 — апаратно залежні константи сенсора, L_{TIR} — спектральна густина енергетичної світності в дальньому інфрачервоному спектральному діапазоні [7].

Порядок проведення класифікації покриттів ландшафту з використанням нормалізованих міжканальних індексів багатоспектральних аерокосмічних зображень пояснюється схемою (рис. 1).

РЕЗУЛЬТАТИ

Проведено тестове класифікування шести класів покриттів ландшафту на космічному багатоспектральному фотознімку «Космос/СА-34», отриманому 9 червня 1979 р. (рис. 2, а) з використанням традиційної технології на основі спектральних сигнатур класів.

З використанням карти висот, наземних завіркових та допоміжних довідкових даних проведено розділення класів на підкласи. Оскільки більшу частину території дослідження становить гірська місцевість, в основу створеної класифікації покладено висотну поясність рослинності Гірського Криму, описану в роботах [1–3]. Типи рослинних формацій виділялися на основі домінуючих видів або форм зростання рослин. Всього таким чином було виділено 13 класів. Результати класифікації показано на рис. 2, б і в. Як видно з рис. 2, в, деталізація класів покриттів ландшафту в контексті зміни висоти за рівнем моря дозволила відобразити особливості просторового розподілу рослинних формацій південної частини Кримського півострову.

ВИСНОВКИ

Використання повного набору нормалізованих міжканальних індексів багатоспектральних космічних зображень може бути рекомендовано для включення до складу відповідних перспективних дистанційних технологій як таке, що дає змогу підвищити точність і стійкість класифікації покриттів ландшафту. Залучення додаткових контекстуальних ознак дозволяє деталізувати класи покриттів ландшафту відповідно до задач тематичного класифікування.

Подане дослідження здійснено в рамках міжнародного проекту «The Model and Automated Technology for LandCover classification (TLLC)» за фінансової підтримки The International Association for the Promotion of Co-operation with Scientists from the New Independent States (NIS) of the Former Soviet Union (INTAS), Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) і Національного космічного агентства України — грант INTAS-CNES-NSAU Ref. N 06-1000024-9100.

1. Дидух Я. П. Растительный покров горного Крыма (структура, динамика, эволюция и охрана). — Київ: Наук. думка, 1992.—253 с.
2. Дидух Я. П., Шеляг-Сосонко Ю. Р. Ялтинский горнолесной государственный заповедник. — Київ, 1980.
3. Дидух Я. П., Шеляг-Сосонко Ю. Р. Государственный заповедник «Мыс Мартьян». — Київ, 1985.
4. Попов М. А., Станкевич С. А., Сахацкий А. И., Козлова А. А. Использование полного набора нормализованных межканальных индексов многоспектральных космических изображений при классификации // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского.—2007.—20 (59), № 1.—С. 175—182.
5. Сахацкий О. И. Застосування супутникових даних для вирішення задач водообміну у геосистемах // Доп. НАН України.—2006.—№ 4.—С. 118—126.
6. Станкевич С. А., Козлова А. О. Особливості розрахунку індексу видового різноманіття за результатами статистичної класифікації аерокосмічних знімків // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского.—2006.—19 (58), № 2.—С. 144—150.
7. Станкевич С. А., Козлова А. О. Методика оцінювання біорізноманіття території за багатоспектральними космічними зображеннями середньої просторової розрізненності // Космічна наука і технологія.—2007.—13, № 4.—С. 25—39.
8. Liang S. Quantitative Remote Sensing of Land Surfaces. — Hoboken: John Wiley, 2003.—560 p.

LAND COVER CLASSIFICATION ON THE BASIS OF THE FULL SET OF NORMALIZED BAND-DIFFERENCE INDEXES AND ADDITIONAL CONTEXT FEATURES

S. A. Stankevich, A. I. Sakhatsky, A. A. Kozlova

The algorithm for land cover classification WITH THE USE OF THE full set of the normalized band-difference indexes and additional context features is proposed. We present our results of test land cover classification based on the algorithm for the south part of Crimean peninsula.