

УДК. 551.46. 581.19

Просторово-частотний аналіз при дешифруванні космічних знімків водних ландшафтів

О. Д. Федоровський, К. Ю. Суханов, В. Г. Якимчук

Центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України, Київ

Надійшла до редакції 21.09.98

Розглянута можливість застосування просторово-частотного аналізу при дешифруванні космічних знімків з водними ландшафтами. Розроблена програма обчислення просторово-частотних спектрів, яка була використана на зображеннях фрагментів Київського водосховища.

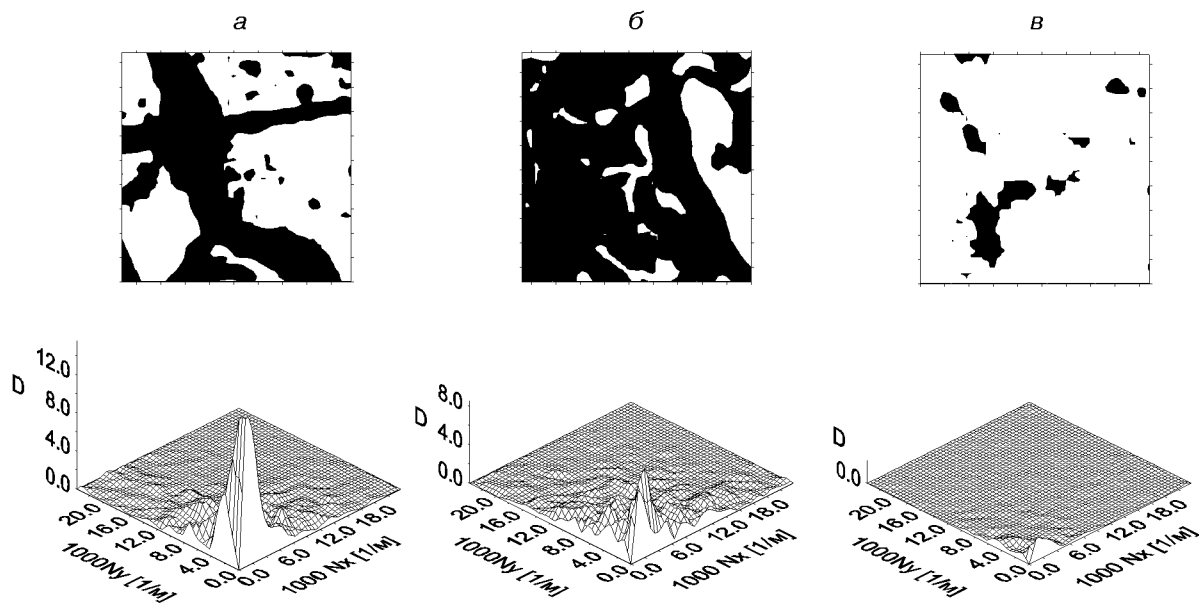
При дешифруванні космічних знімків земної поверхні, в тому числі водних об'єктів, широко використовуються оптичні спектральні інформативні ознаки. Однак їхнє застосування для оцінки екологічного стану внутрішніх водоймищ не завжди давало позитивні результати. Це було зумовлено значними відмінностями оптичних характеристик для різноманітних водних об'єктів [2]. Вже в ранніх роботах з дешифрування аерокосмічних знімків, поряд з оптичними спектральними ознаками, було показано важливість текстури, структури і орієнтації ділянок, що досліджуються на зображенні земної поверхні [1].

Для виявлення структурних і текстурних інформативних ознак різних фрагментів водних об'єктів використано просторово-частотний аналіз зображень, що дозволяє в стислій формі описати структурні характеристики того чи іншого фрагмента. Під просторово-частотним аналізом розуміємо двовимірний розподіл щільності фототону досліджуваного фрагмента знімка в вигляді набору відповідних просторових гармонік, що називається просторовим спектром. Просторовими частотами N_x і N_y є величини, відповідні розмірам на місцевості й обернені періоду T_x і T_y просторових гармонік ($N_x = 1/T_x$, $N_y = 1/T_y$). Ці перетворення були

проведені з використанням відомого у математиці аналізу Фур'є, що дозволяє здійснити перехід від просторового розподілу щільності фототону на знімку до їхнього розподілу за просторовими частотами [3].

Для визначення просторових спектрів була розроблена програма для ПЕОМ, що дозволяє виділити на знімку, що відображається на дисплеї, фрагмент розміром $A \times B$ пікселів і обчислити для нього двовимірний просторовий спектр Фур'є як для окремих спектральних каналів, так і для синтезованого знімка. Програма забезпечує можливість задавати потрібну кількість гармонік спектру, визначати складові спектру і, при необхідності, враховувати середнє значення щільності фототону. Результатом роботи програми є текстовий файл, в якому записані номери гармонік спектру, просторові частоти N_x , N_y і відповідні їм значення амплітуди. Для компенсації впливу на форму двовимірних спектрів Фур'є орієнтації фрагментів на місцевості відносно осей X , Y виконувалося кілька вимірювань і обчислень спектру однієї ділянки у різних напрямках з наступним обчисленням і статистичною оцінкою їхнього середнього значення.

Двовимірні просторово-частотні спектри Фур'є побудовані для різноманітних фрагментів водних



Двовимірні просторово-частотні спектри Фур'є зображень фрагментів водних об'єктів. Зверху розміщені фрагменти знімка «Spot»: русла і гирла річки Самара (а і б), ділянки Самарської затоки (в). Знизу — їх амплітудні спектри Фур'є (D), N_x і N_y — просторові частоти

об'єктів, зображених на космічних знімках. Як приклад, на рисунку наведені фрагменти космічних знімків («Spot» від 18.06.1995 р.) і їхні просторові спектри: русла річки Самара, гирла річки і ділянки Самарської затоки. Фрагменти мають розмір на місцевості 1 км^2 . Роздільна здатність знімка на місцевості дорівнює 20 м. Періоди просторових гармонік, що аналізуються, змінюються від 40 м до 1000 м. Значення амплітуди спектральних складових (по вертикальній осі) відповідають розподілу щільності фототону на знімку або яскравості поверхні, що досліджується, приведеній до середнього рівня. Останнє видно по нульовому значенню графіків спектрів в точці початку координат. Як видно з наведених графіків (рисунок), найбільша відмінність амплітудних спектрів Фур'є для фрагмента гирла річки Самара і ділянки Самарської затоки виявлена в діапазоні низьких частот до $8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-1}$, а для фрагментів русла й ділянки затоки — практично по всьому діапазону частот.

В процесі досліджень проаналізовані просторово-частотні спектри різноманітних фрагментів водних об'єктів, і в більшості випадків знайдені спектральні відмінності у відповідних діапазонах просторового спектру.

Це показує реальну можливість використання просторово-частотного аналізу, в доповнення до спектрального оптичного аналізу, при дешифруванні зображень водних ландшафтів.

1. Григорьев А. А. Космическая индикация ландшафтов Земли. — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1975.—185 с.
2. Кондратьев К. Я., Поздняков Д. В. Новое в дистанционном зондировании окружающей среды // Исследования Земли из космоса.—1996.—№1.—С. 107—121.
3. Кононов В. И., Федоровский А. Д., Дубинский Г. П. Оптические системы построения изображений. — Київ: Техніка, 1981.—134 с.

TWO-DIMENSIONAL FREQUENCY ANALYSIS IN THE INTERPRETATION OF SPACE IMAGES OF WATER LANDSCAPES

O. D. Fedorovsky, K. Yu. Sukhanov, and V. G. Yakimchuk

We discuss a possibility of using the two-dimensional-frequency analysis in the interpretation of space images of water landscapes. A program for calculating two-dimensional frequency spectra was developed. It was applied to images of some Kyiv reservoir areas (Dnieper river, Ukraine).