

УДК 528.32:504.57

Пашков Д. П., Шевченко Р. Ю.

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, м. Київ

**ВИКОРИСТАННЯ БАГАТОСПЕКТРАЛЬНИХ ЗОБРАЖЕНЬ В ЕКОЛОГІЧНОМУ
МОНІТОРИНГУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ**

Розглядаються функціональні та технологічні принципи використання багатоспектральних космічних знімків для потреб проведення оперативного екологічного моніторингу антропогенного впливу на навколишнє природне середовище. Подається огляд роботи відповідних аерокосмічних систем, що полягає у реєстрації спектрального відбивання об'єктами навколишнього середовища на певних спектральних ділянках видимого та інфрачервоного спектру (0,3-14 мкм). Ці ділянки можуть бути або широкими (близько 0,2 мкм), або вузькими (менш ніж 0,01 мкм). Для візуалізації технічного принципу роботи в статті представлена графічна модель «Багатоспектрального кубу зображення» та відповідний математичний апарат роботи спеціалізованої аерокосмічної системи дистанційного зондування Землі. В роботі визначено, що прилади багатоспектрального сканування, що встановлюються на супутниках, дозволяють отримати інформацію з роздільною здатністю близько 10 м, скануючи при цьому території розмірами 60-185 км. Відповідні багатоспектральні сканери використовують для аналізу земної поверхні, рослинних покривів, визначення вологості ґрунту, оцінки рослинної біомаси, сніжних покривів, непрохідних просторів, кольору океану та є основою для відповідного геоінформаційного екологічного картографування. Зазначені недоліки в роботі відповідних систем, але перевагою багатоспектральних сканерів є здатність використовувати вузькі спектральні ділянки та отримувати інформацію у цифровій формі.

Ключові слова: багато спектральні зображення, космічні знімки, роздільна здатність, оптико-електронна система, екологічний моніторинг.

Вступ. Одним з перспективних напрямків використання космічної зйомки - є дистанційне зондування Землі із застосуванням багатоспектральних сенсорів [1, 15].

Проведення зйомки супутником оптико-електронного спостереження здійснюється в «вікнах прозорості», де технологічно функціонують багатоспектральні сканерні системи в діапазонах 0,3-1,3; 1,5-1,8; 2,0-2,6 мкм [1, 2, 15]. При цьому, необхідно зазначити, що у видимій, ближній інфрачервоній і середньої інфрачервоній частинах спектра виявляються чіткі відмінності відбивної здатності. Це призводить до того, що не можна розробити «універсальний» алгоритм обробки космічних зображень.

У зв'язку з цією обставиною доводиться розробляти нові підходи і алгоритмічні рішення для виконання поставленого завдання. При цьому, на сьогоднішній день, визначені і достатньо вивчені «атмосферні вікна» з мінімальним поглинанням оптичного сигналу, але поряд з цим, використовується і частотний діапазон для проведення оптимальної зйомки в залежності від рішення прикладної задачі [4, 6, 7, 10].

Однак, багато питань залишаються невивченими, щодо спектральних характеристик багатьох різних видів об'єктів і речовин, що впливають на спектральний їх відклик, вимірюваний оптичними системами дистанційного зондування [1, 14, 15].

Результати досліджень. Сучасні системи дистанційного зондування різнофункціональні за

технологією реалізації знімальних програм. Так, для потреб екологічного моніторингу важливе значення відіграє технічні характеристики отриманих геозображень, а також методи автоматичної ідентифікації інтерпретації (дешифрування) потенційно-небезпечних об'єктів або явищ незалежно від їх геолокалізації (наземні, підземні, плавучі або латентні, динамічні та статико-кінематичні). Основним джерелом в фотограмметричному моніторинзі антропогенного впливу і першим етапом наукового дослідження – є аналіз каталогу космічних геозображень на територію реалізації моніторингу навколишнього середовища.

Каталоги отриманих космічних геозображень різнопланові і класифікуються технологією зйомки за діапазонами, технологічними і технічними параметрами ПЗС-матриці супутникових знімальних систем, кривиною Землі, просторовою відбивною здатністю географічних об'єктів, станом атмосфери та її шарів, динамічністю явищ, що підлягають зондуванню. Тому постає наукова проблема вивчення геометрії цифрового супутникового геозображення в контексті розробки автоматизованих прийомів трансформування маршрутних знімків та «розкриття» т.з. спотворених зон на зображенні внаслідок його «перспективності» або іншої «ущільненості» географічної інформації. Таким чином, необхідно дослідити проекцію отриманого геозображення методами фотограмметричних побудов.

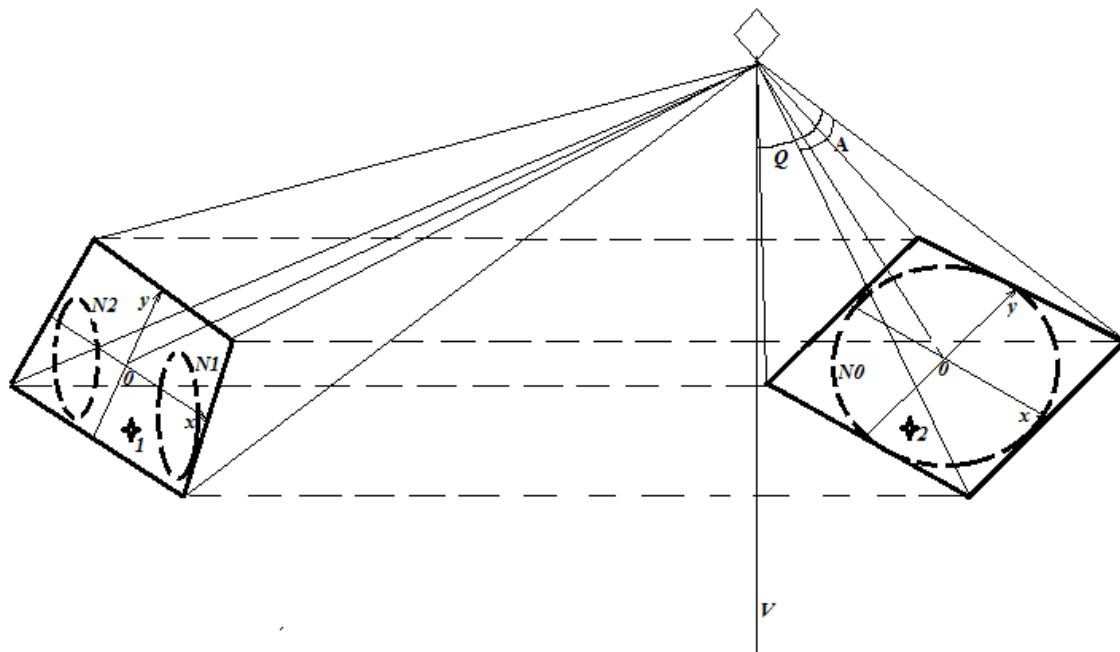


Рис. 1. Геометрія цифрових дистанційних зображень

На рис. 1 позначені: A – ширина смуги знімання; Q – повний кут знімання; V – лінія нормалі – основної координати в фотограмметрії; O – центр проєкції зображення – центральна точка контурної області нульових викривлень; $N0, N1, N2$ – ізоколи-індикатириси Тиссо (лінія рівних викривлень), за якою знаходиться спотворені ділянки зображення. Це може проявлятися в зміні кольору геооб'єкту, його топологічних характеристик [17].

Відповідні області спотворення визначаються вимірюванням координат відповідних контрольних точок на цифрових геозображеннях: 1 та 2 із відповідними каталогами геодезичних координат місцевості за наступним математичним апаратом:

$$\begin{cases} x_1 = f_1(\varphi_1, \lambda_1, h_1) \\ y_1 = f_1(\varphi_1, \lambda_1, h_1) \\ x_2 = f_2(\varphi_2, \lambda_2, h_2) \\ y_2 = f_2(\varphi_2, \lambda_2, h_2) \end{cases} \quad (1)$$

де φ, λ, h – географічні координати місцевості.

Зі спотворенням дійсних координат об'єктів на місцевості, за якими реалізується екологічний моніторинг «зміщується» і наступна супутня геоінформація, достовірність якої фактично втрачається. Особливого значення такий «зсув» геоданих проявляється в процесі розробки оперативних дій з ліквідації наслідків техногенних та природних надзвичайних ситуацій.

Пропонуються наступні математичні перетворення для аналітичної трансформації координат – приведення координат на цифровому

знімку до дійсних геодезичних датумів контрольної точки місцевості, внаслідок чого географічна інформація врівноважиться і буде відповідати дійсним географічним координатам [18].

«Зсув або стискання» географічної інформації за зовнішніми контурами ізокол вирівнюється за допомогою виправлення кутових величин на знімку суміщенням координатних ліній x та y на знімку із координатними лініями цифрової топооснови. Цей кут можна обчислити за допомогою коефіцієнтів Гаусса за формулами:

$$\sin A = \frac{f}{\sqrt{R_{N1}}}; \quad (2)$$

$$\operatorname{tg} Q = \frac{f}{h}$$

де A – поздовжній кут «змивання» геоінформації;

f – коефіцієнт значення ізокол, що залежить від широти території космічного знімання;

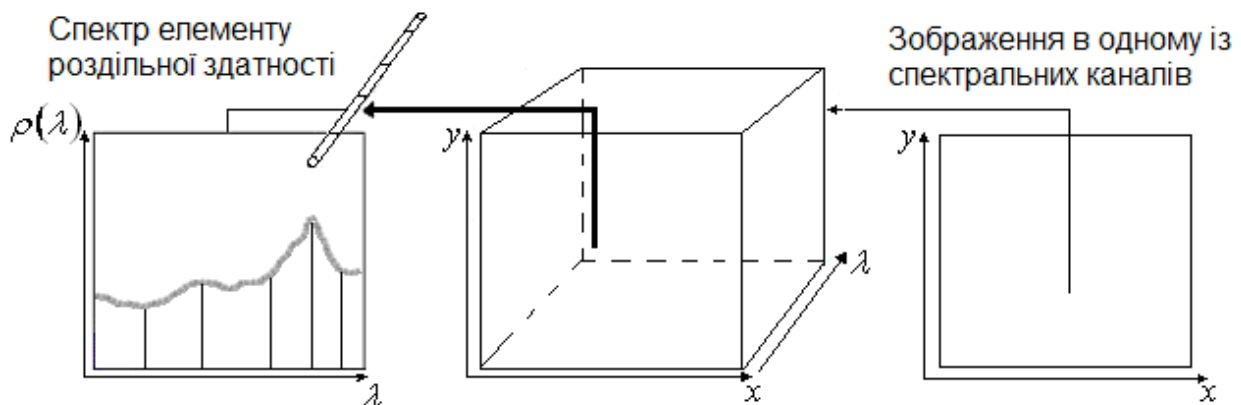
R_{N1} – значення суміщення пікселів на знімку, що залежить від трансформації координат N_{1i} , Q – поперечний кут, h – висота космічного знімання.

Звичайно, математичним перетворенням ми лише аналітично приведемо цифрову основу до трансформаційної моделі (ортофототрансформації знімків). Наступним етапом досліджень стане інтерполяційне або екстраполяційне відображення фотогеографічної (геоконічної) складової панорамних, маршрутних та перспективних цифрових геозображень, які стиснуті контурами ізокол, які формують багатопланове сприйняття географічної інформації.

Розглянемо принцип формування космічного багатоспектрального зображення під час реалізації дистанційного зондування. В космічній зйомці головним джерелом освітлення є Сонце. Розподіл енергії, що випромінюється Сонцем математично має вираз функції залежної від довжини хвилі по всьому електромагнітному діапазоні, відомому як сонячний спектр [16]. Сонячна енергія поширюється через атмосферу Землі і її інтенсивність і спектральний розподіл змінюється під впливом атмосфери. Внаслідок цього енергія взаємодіє з поверхнею, яка відбиває сигнали, пропускає і/або поглинає. Потім відбита/випромінювана енергія

повертається назад через атмосферу в оптичний пристрій штучного супутника Землі у фотоприймач, де піддається додатковій зміні через фізичні параметри інтенсивності сигналу та функціями спектру. В результаті, енергія вловлюється приймачем, де вона вимірюється і перетворюється в цифрову форму для подальшої обробки та використання [14, 15, 16].

Особливість багатоспектральної зйомки полягає в тому, що на виході аналогово-цифрового перетворювача формується багатоспектральне зображення (рис. 2), де X , Y – просторові (геодезичні) координати, а λ – кількість спектральних каналів.



Зображення фізичної поверхні з патентною інформацією стану навколишнього середовища Аналогово-цифровий перетворювач

Рис. 2. Багатоспектральний куб зображення

При цьому, спектральні характеристики знімку визначаються в основному від здатності відображати, поглинати і пропускати сонячну енергію [6]. Відбиття, поглинання і пропускання падаючих сонячних променів залежать від довжини хвилі світла і теоретично описуються рівнянням енергетичного балансу [1, 6]:

$$I_{\lambda} = R_{\lambda} + A_{\lambda} + T_{\lambda}, \quad (3)$$

де I_{λ} – падаюча енергія;

R_{λ} – відображена енергія;

A_{λ} – поглинена енергія;

T_{λ} – пропускаєма енергія.

При цьому величина відбитої енергії залежить від багатьох факторів [1, 6], що математично мають вираз:

$$R_{\lambda} = f\left(\frac{\lambda, h_0, A_0, D}{Q, A, \varphi, \dots}\right), \quad (4)$$

де λ – довжина хвилі;

h_0 – висота Сонця;

A_0 – азимут Сонця відносно структури поверхні об'єкта;

D – потік розсіяної радіації;

Q – потік сумарної радіації;

A – азимут напрямку спостереження щодо площини головного вертикала;

φ – кут відхилення напрямку спостереження від вискової лінії.

Визначення R_{λ} дає можливість розпізнавати різні об'єкти, а також виявляти в приземній області атмосферні зміни [16]. Крім цього, в залежності від сигнатури (спектральної характеристики) сигналу, можна визначити стан хлорофілу рослинності, а також ґрунтовий покрив і стан водне середовище, т.т. оцінювати стан навколишнього природного середовища, що є основою оперативного екологічного моніторингу довкілля. Також ці властивості ефективно використовуються при виявленні хвороб рослин, деградації ґрунту, забруднень води і атмосфери, а також інших факторів, що

призводять до зміни їх стану [15]. Таким чином, можна здійснити класифікацію різних типів за даними ДЗЗ.

У теоретичному плані багатоспектральне зображення представляється як кадр інформації, який містить в собі випромінювання з функцією спостереження безперервного простору, що залежить від довжини хвилі і тимчасових змін [1, 12, 13, 15]. Однак на практиці всі датчики мають обмежені просторові, спектральні, радіометричні технічні параметри і часову роздільну здатність, в результаті чого кадр яскравості записується з кінцевою роздільною здатністю [1, 9, 12] (рис. 3, А, Б).

Просторова роздільна здатність оптико-електронної системи спостереження визначає

розміри об'єкту, який можна побачити на поверхні Землі як певний об'єкт, який відділений від оточуючого середовища. Просторова роздільна здатність також пов'язана з тим як якісно оптико-електронна система може записувати просторові деталі.

Спектральна роздільна здатність космічного знімку визначається шириною смуги спектрального каналу, яка використовується для вимірювання або витягування на різних довжинах хвиль [12, 13]. Характеризуючи радіометричний дозвіл необхідно звернути увагу на певну кількість числа біт, які використовуються для опису значення яскравості вимірюної величини в кожній спектральній смузі [12, 13].

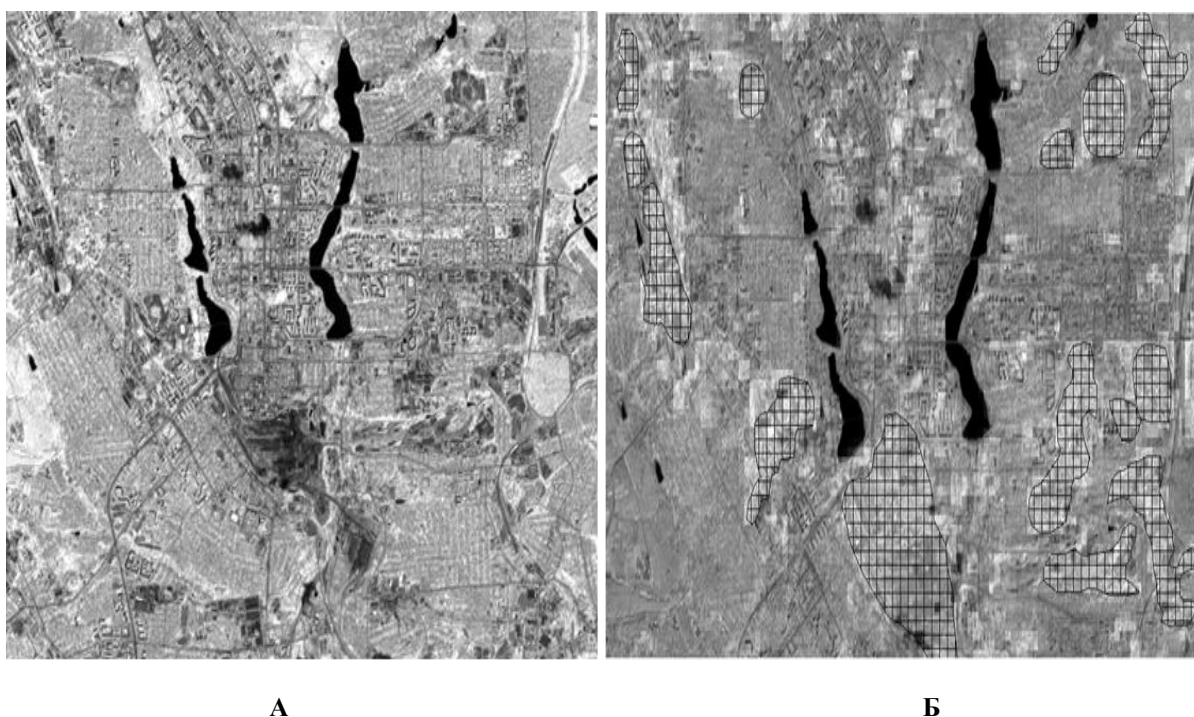


Рис. 3. Використання даних екологічного моніторингу для геоінформаційного моделювання теплових градієнтів за даними різночасової багатоспектральної зйомки:
 А – підтвердження факту виділення тепла териконами з можливістю їх подальшого картографічного моделювання;
 Б – зони із найбільшим виділенням тепла

Тимчасова роздільна здатність пов'язана з частотою оптико-електронної системи проводити з космічного апарату дистанційне зондування Землі для отримання нового космічного зображення. Крім цього, спектральна і радіометрична роздільна здатність інтерпретується у вигляді записаного спектру [3, 5].

Іншою важливою стороною використання багатоспектральних космічних зображень є те, що вони орієнтовані на класифікацію у вигляді групи подібних точок. Безліч точок кожного класу зменшують випадкові помилки при класифікації

точок, так як інтерпретація кадру ґрунтується на кластеризації більшості точок [3, 5]. Наприклад, якщо одна з кожної тисячі точок в зображенні зернових є помилково класифікованою, то окремі помилки не змінюють загального сприйняття для ідентифікації [7]. Однак зі збільшенням кількості точок зі зміненою сигнатурою вагає інтерпретації інших властивостей (рис. 2) [15].

Таким чином, інформаційні властивості космічного зображення залежить від числа і ширини спектральних діапазонів оптико-електронної системи космічного апарату при

дистанційному зондування Землі, які використовуються для збору інформації [9]. При цьому, багатоспектральні пристрої мають сотні вузьких смуг. У табл. 1 показані принципові відмінності між системами дистанційного зондування, які використовують просторову і спектральну інформацію [11, 12, 13, 15].

Як зазначено авторами в роботі [1], дослідження багатоспектрального зондування, а пізніше гіперспектрального зондування привело до розроблення науково-методичного підходу для дистанційного зондування природного середовища, який включає такі функціональні опції як: вивчення складу мінералів, визначення характеристик покриву місцевості, оцінка параметрів стану врожаю. Недоліком методу є те, що у додатках-опціях морфологічна (про форму) інформація (яка є важливою передумовою для дистанційного зондування

штучних об'єктів), є мінімально корисною в процесі виявлення об'єктів, так як різні природні матеріали, які нас цікавлять, не мають зумовлених форм [8, 9].

З огляду на ці особливості необхідно розробити новий науково-методичний апарат виділення невизначених розмірів і форм всередині великої території, яка має відмінні топографічні властивості. Це стосується в першу чергу забруднення та викидів небезпечних отруйних речовин.

При дешифруванні космічних знімків та обробці багатоспектральних космічних зображень при екологічному моніторингу викиди і забруднення змінюють атмосферну структуру і мають невизначену форму і можуть навіть сильно бути змішаним з іншими речовинами приземної атмосфери [7].

Таблиця 1.

Порівняння просторової і спектральної обробки космічних знімків ДЗЗ

Особливості етапів обробки	Обробка космічних зображень	
	Просторова	Спектральна
Сприйняття зображення	Інформація є закладена в просторовому розташуванні точок в кожній спектральній смузі.	Кожна точка має пов'язаний спектр, який використовується для розпізнавання джерел забруднення у відповідному елементі роздільної здатності знімку конкретної місцевості.
Визначення місцепозиціонування	При обробці зображень використовується інформація про геометричні ознаки.	Обробка може здійснюватися по одній точці одноразово.
Можливість розпізнавання	Необхідна дуже висока просторова роздільна здатність для розрізнення об'єктів за формою (множина точок)	Немає необхідності у високій просторовій роздільній здатності (одна точка).
Роздільна здатність	Висока просторова роздільна здатність вимагає великої апертури і призводить до зниження у співвідношенні «сигнал-шум».	Спектральна роздільна здатність більш важлива, ніж просторова.
Обсяг оброблюваних даних	Обсяг даних зростає квадратично з ростом просторової роздільної здатності.	Обсяг даних збільшується лінійно зі збільшенням числа спектральних смуг.
Можливість використання обчислювальних систем	Обмеження в розробці повністю автоматизованих алгоритмів, що використовують геопросторові властивості.	Повністю автоматичні алгоритми, які використовують спектральні властивості, розроблюються для окремих додатків ГІС.

Порівняння просторового і спектрального підходів з обробки космічних зображень пов'язано з принциповою відмінністю виявлення і визначення об'єктів щодо пошуку джерел забруднення для його розпізнавання в кадрі з постійною формою або спектром [1].

Існуючі методи обробки космічних знімків розроблені для класифікації забруднюючих речовин, що впливають на навколишнє середовище, і не є застосовними в дослідженні з двох причин. По-перше, ступінь впливу в кадрі в основному занадто малий для забезпечення

оцінки статистичних властивостей виявлення на знімку. По-друге, в залежності від здатності датчика, що цікавить першу чергу, інтерпретована геоінформація може проявляється тільки в декількох точках або навіть в одній точці. Роз'єднаний характер процесу екологічного моніторингу та зокрема ступеня впливу (взаємодії) підтверджує, що кластеризація подібних зразків досить проблематична.

Виявлення потенційно небезпечних екологічних об'єктів можливо, завдяки

зведенню безлічі складних операцій при обробці та комплексної оцінці існуючих можливостей, яка лягає в більш складну схему обробки космічних зображень. При цьому, багатоспектральні датчики можуть не надавати повної (генералізованої) еколого-географічної інформації, в якій просторова роздільна здатність знижується з метою поліпшення спектральної роздільної здатності [9, 15].

Для ефективної обробки космічних зображень при проведенні екологічного моніторингу дистанційними методами на сучасному етапі активно розвиваються підходи отримання даних пов'язаних з різними спектральними діапазонами. При цьому, кожен датчик дозволяє отримати цифрові зображення підстильної поверхні в різних спектрах електромагнітного випромінювання [7, 14].

Інформація про трансформаційні зміни на поверхні може міститися в зміні геометричних характеристик, просторових поділах рівнів яскравості, а також спектральних сигнатур. Для того, що б отримати максимальну кількість інформації про зміни і стан, що протікають в зоні спостереження можна вдатися до процедури комплексування отриманих даних від різних методів обробки космічних знімків.

Висновки. Багатоспектральні знімки є найбільш підходящим для пошуку антропогенних джерел забруднення, в яких спектральна інформація є просторово достовірною та технічно вимірюваною ніж морфологічна інформація або інформація про форму.

Необхідно у подальших наукових розробках розвивати методи обробки космічних зображень, в тому числі і використовувати багатомірність багатоспектральної візуалізації, що дозволяє використовувати більш повну інформацію від простого оглядового аналізу даних, а також здійснювати обробку багатовимірних даних за допомогою алгоритмів виявлення і вилучення геоінформації, що вишукується з багатоспектрального космічного зображення у цілях екологічного моніторингу.

Також подальші наукові дослідження з теми повинні бути присвячені підходам до комплексного отриманих даних для представлення їх на цифрових екологічних картах стану навколишнього середовища при проведенні екологічного моніторингу в середовищі геоінформаційних систем.

Список літератури

1. *Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування* / [Лялько В. І., Федоровський О.Д., Костюченко Ю.В. та ін.]; за ред. В. І. Лялько і М. І. Попова. – К.: Наукова думка. – 2006. – 357 с.
2. *Бакланов А. И. Системы наблюдения и мониторинга* / Бакланов А. И. – М.: БИНОМ. Лаборатория зна ний. – 2009. – 234 с.
3. *Валентюк А.Н. Оптическое изображение при дистанционном зондировании* / А. Н. Валентюк, К. Г. Предко. – Минск: Наука і тэхніка, 1991. – 360 с.
4. *Дистанційне зондування Землі: тлумачний словник* / НКАУ, ДНВЦ "Природа". – К., 1996. – 518 с.
5. *Зуев В. Е. Перенос оптических сигналов в земной атмосфере (в условиях помех)* / В. Е. Зуев, М. В. Кабанов. – М.: Сов. радио, 1977. – 368 с.
6. *Кохан С. С. Дистанційне зондування Землі: теоретичні основи* / С. С. Кохан, А. Б. Востоков. – К.: Вища школа, 2009. – 511 с.
7. *Красовский Г. Я. Введение в методы космического мониторинга окружающей среды* / Г. Я. Красовский, В. А. Петросов – Х.: ХАИ, 1999. – 206 с.
8. *Лабудина И. А. Дешифрирование аерокосмических снимков* / Лабудина И. А. – М.: Аспект Пресс, 2004. – 184 с.
9. *Негода О. О. Зарубежные системы дистанционного зондирования Земли из космоса двойного назначения. История создания, принципы действия, применения и перспективы развития* / Негода О. О., Толубко В. Б., Мосов С. П. – К.: НАОУ, 2005. – 246 с.
10. *Некос А. Н. Дистанційні методи досліджень в екології* / Некос А. Н., Щукін Г. Г., Некос В. Ю. – Харків: ХНУ імені В.Н.Каразіна, 2007. – 372 с.
11. *Обиралов А. И. Фотограмметрия и дистанционное зондирование* / Обиралов А.И., Лимонов А. Н., Гаврилова Л. А. – М.: КолосС, 2006. – 334 с.
12. *Тарасов В.В. Современные проблемы оптотехники: учебное пособие* / Тарасов В.В., Торшина И. П., Якушенков Ю. Г. – М.: МИИГАиК, 2014. – 82 с.
13. *Толмачева Н. И. Космические методы экологического мониторинга* / Толмачева Н. И., Шкляева Л. С. – Пермь: Перм. ун-т, 2006. – 296 с.
14. *Чандра А. М. Дистанционное зондирование и географические информационные системы* / А. М. Чандра, С. К. Гош. – М.: Техносфера, 2008. – 312 с.
15. *Шовенгердт Р. А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений* / Р. А. Шовенгердт. – М.: Техносфера, 2010. – 560 с.
16. *Якунина И. В. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг* / И. В. Якунина, Н. С. Попов. – Тамбов: Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 188 с.
17. *Серпинас Б. Ю. Математическая картография : Учебник для вузов* / Б. Б. Серпинас. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 336 с.
18. *Дорожжінський, О. Л. Фотограмметрія : Підручник* / О. Л. Дорожжінський, Р.Д. Тукай. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2008. – 332 с.

References

1. *Bagatospektral'ni metodi distancijnogo zonduvannya Zemli v zadachah prirodokoristuvannya* / [Lyal'ko V. I., Fedorov'skij O.D., Kostyuchenko Yu.V. ta in.]; za red. V. I. Lyal'ko i M. I. Popova. – K.: Naukova dumka. – 2006. – 357 s.
2. *Baklanov A. I. Sistemy nablyudeniya i monitoringa* / Baklanov A. I. – M.: BINOM. Laboratoriya zna nij. – 2009. – 234 s.
3. *Valentyuk A.N. Opticheskoe izobrazhenie pri distancionnom zondirovanii* / A. N. Valentyuk, K. G. Predko. – Minsk: Navuka i tekhhnika, 1991. – 360 s.
4. *Distancijne zonduvannya Zemli: tlumachnij slovník* / NKAU, DNVC "Priroda". – K., 1996. – 518 s.
5. *Zuev V. E. Perenos opticheskikh signalov v zemnoj atmosfere (v usloviyah pomekh)* / V. E. Zuev, M. V. Kabanov. – M.: Sov. radio, 1977. – 368 s.
6. *Kohan S. S. Distancijne zonduvannya Zemli: teoretichni osnovi* / S. S. Kohan, A. B. Vostokov. – K.: Vishcha shkola, 2009. – 511 s.
7. *Krasovskij G. Ya. Vvedenie v metody kosmicheskogo monitoringa okružhayushchej sredy* / G. YA. Krasovskij, V. A. Petrosov – H.: HAI, 1999. – 206 s.
8. *Labudina I. A. Deshifrirovaniye aerokosmicheskikh snimkov* / Labudina I. A. – M.: Aspekt Press, 2004. – 184 s.
9. *Negoda O. O. Zarubezhnye sistemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa dvojnogo naznacheniya. Istoriya sozdaniya, principy dejstviya, primeneniya i perspektivy razvitiya* / Negoda O. O., Tolubko V. B., Mosov S. P. – K.: NAOU, 2005. – 246 s.
10. *Nekos A. N. Distancijni metodi doslidzhen' v ekologii* / Nekos A. N., Shchukin G. G., Nekos V. YU. – Harkiv: HNU imeni V.N.Karazina, 2007. – 372 s.
11. *Obiralov A. I. Fotogrammetriya i distancionnoe zondirovanie* / Obiralov A.I., Limonov A. N., Gavrilova L. A. – M.: KolosS, 2006. – 334 s.
12. *Tarasov V. V. Sovremennye problemy optotekhniki: uchebnoe posobie* / Tarasov V.V., Torshina I. P., Yakushenkov Yu. G. – M.: MIIGAiK, 2014. – 82 s.
13. *Tolmacheva N. I. Kosmicheskie metody ehkologicheskogo monitoringa* / Tolmacheva N. I., Shklyayeva L. S. – Perm': Perm. un-t, 2006. – 296 s.
14. *Chandra A. M. Distancionnoe zondirovanie i geograficheskie informacionnye sistemy* / A. M. Chandra, S. K. Gosh. – M.: Tekhnosfera. 2008. – 312 s.
15. *Shovengerdt R. A. Distancionnoe zondirovanie. Modeli i metody obrabotki izobrazhenij* / R. A. Shovengerdt. – M.: Tekhnosfera, 2010. – 560 s.
16. *Yakunina I. V. Metody i pribory kontrolya okružhayushchej sredy. EHkologicheskij monitoring* / I .V. Yakunina, N. S. Popov. – Tambov: Tamb. gos. tekhn. un–ta, 2009. – 188 s.
17. *Serapinas B. Yu. Matematicheskaya kartografiya : Uchebnik dlya vuzov* / B. B. Serapinas. – M.: Izdatel'skij centr «Akademiya», 2005. – 336 s.
18. *Dorozhins'kij, O. L. Fotogrammetriya : Pidruchnik.* / O. L. Dorozhins'kij, R.D. Tukaj. – L'viv: Vidavnicтво Nacional'nogo universitetu "L'vivs'ka politekhnik", 2008. – 332 s.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МНОГОСПЕКТРАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Пашков Д. П., Шевченко Р. Ю.

Рассматриваются функциональные и технологические принципы использования многоспектральных космических снимков для нужд проведения оперативного экологического мониторинга антропогенного воздействия на окружающую природную среду. Дается обзор работы соответствующих аэрокосмических систем. Работа заключается в регистрации спектрального отражения объектами окружающей среды на определенных спектральных участках видимого и инфракрасного спектра (0,3-14 мкм). Эти участки могут быть или широкими (около 0,2 мкм), или узкими (менее 0,01 мкм). Для визуализации технического принципа работы в статье представлена графическая модель «многоспектрального куба изображения» и соответствующий математический аппарат работы специализированной аэрокосмической системы дистанционного зондирования Земли. В работе определено, что приборы многоспектрального сканирования, устанавливаемые на спутниках, позволяют получить информацию с разрешением около 10 м, сканируя при этом территории размерами 60-185 км. Соответствующие многоспектральные сканеры используют для анализа земной поверхности, растительных покровов, определения влажности почвы, оценки растительной биомассы, снежных покровов, непроходимых пространств, цвета океана и является основой для соответствующего геоинформационного экологического картографирования. Определены недостатки в работе соответствующих систем, но преимуществом многоспектральных сканеров является способность использовать узкие спектральные участки и получать информацию в цифровой форме.

Ключевые слова: многоспектральные изображения, космические снимки, разрешающая способность, оптико-электронная система, экологический мониторинг.

USE OF MULTISPECTRAL IMAGES IN ENVIRONMENTAL MONITORING TO DETERMINE ANTHROPOGENIC IMPACT

Pashkov D. P., Shevchenko R. Yu.

The functional and technological principles of the use of mulchospheric space images for the purpose of operational ecological monitoring of anthropogenic impact on the environment are considered. An overview of the work of the relevant aerospace systems is given. The work consists in the registration of the spectral reflection by the objects of the environment on certain spectral regions of the visible and infrared spectrum (0.3-14 microns). These areas can be either wide (about 0.2 microns), or narrow (less than 0.01 microns). In order to visualize the technical principle of work, the article presents a graphic model of the "multispectral cube of the image" and the corresponding mathematical apparatus for the work of the specialized aerospace system of remote sensing of the Earth. The paper determines that multi-spectral scanning devices installed on satellites allow information to be obtained with a resolution of about 10 m, while scanning 60-185 km in size. Relevant multispectral scanners are used to analyze the earth's surface, vegetation cover, soil moisture determination, vegetation biomass estimates, snow cover, impenetrable space, ocean color, and is the basis for appropriate geoinformation ecological mapping. Deficiencies in the work of the respective systems are identified, but the advantage of multi-spectral scanners is the ability to use narrow spectral regions and to receive information in digital form.

Keywords: multispectral images, space images, resolution, optoelectronic system, ecological monitoring.