



УДК 528

Геоінформаційний аналіз даних дистанційного зондування для прогнозування ймовірності виникнення лісових пожеж

А.В. Шпак, О.О. Железняк

Національний авіаційний університет

В статті розглядаються сучасні методи моніторингу та прогнозування лісових пожеж. Запропоновано методику поєднання даних дистанційного зондування з метеорологічними даними. Описано доцільність використання даних дистанційного зондування в середньому інфрачервоному діапазоні для виявлення вмісту вологи в рослинності. Розглядається створення геоінформаційної системи, яка дозволяє приймати управлінські рішення в лісовому господарстві з використанням запропонованої методики прогнозування пожеж.

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ, Шпак А.В., Железняк О.А. — В статье рассматриваются современные методы мониторинга и прогнозирования лесных пожаров. Предложена методика сочетания данных дистанционного зондирования с метеорологическими данными. Описано целесообразность использования данных дистанционного зондирования в среднем инфракрасном диапазоне для определения содержания влаги в растительности. Рассматривается создание геоинформационной системы, которая позволяет принимать управленческие решения в лесном хозяйстве с использованием предложенной методики прогнозирования пожаров.

GEOINFORMATION ANALYSIS OF REMOTE SENSING DATA TO FORECAST THE POSSIBILITY OF FOREST FIRES, by Shpak A.V., Zheleznyak O.A. — This article considers the current methods of monitoring and forecasting of forest fires. The technique of combining remote sensing data with meteorological data is proposed. The practicability of using remote sensing data in middle infrared range for defining of humidity level in vegetation is described. Examining the creation of geographic information system, which allows us make management decisions in forestry using the proposed methods to predict the fires.

Ключевые слова: дистанционное зондирование; прогнозирование лесных пожаров; геоинформационный анализ; вегетационные индексы; лесное хозяйство.

Key words: remote sensing, forest fires forecasting; geoinformation analysis; vegetation indexes; forestry.

1. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Лісові пожежі є одним з найвпливовіших факторів негативного впливу на стан рослинності. При цьому спостерігається активна динаміка площ лісових масивів та значні зміни довкілля. Використання даних дистанційного зондування Землі зі супутників відкриває можливості регулярної та вчасної оцінки площ і характеристик пошкодженої вогнем рослинності на певних територіях, а також дозволяє здійснювати прогноз ймовірності виникнення лісових пожеж та прийняття управлінських рішень, пов'язаних з пожежною безпекою.

2. АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

На сьогоднішній день проблема виникнення лісових пожеж є однією з найактуальніших і найзбитковіших для лісових господарств багатьох країн світу. Виконується багато державних і міждержавних проєктів [5], метою яких є вдосконалення і розробка нових методів моніторингу лісових пожеж. Також в останні роки опубліковано значну кількість наукових статей, в яких описуються методи використання інформації дистанційного зондування для картографування лісових пожеж [1, 2, 4]. Проте метою більшості існуючих робіт є виявлення місць лісових пожеж і незначна кількість досліджень проведена в напрямку вивчення методів, які б дозволили попереджувати ймовірність виникнення пожеж. Зокрема, деякі з методів прогнозування, які базуються на статистичних і метеорологічних даних, описані в праці [5].

В Україні також ведуться роботи в даному напрямку. Так, з метою попередження виникнення пожеж в Центрі прийому та обробки спеціальної інформації та контролю навігаційного поля створено прогностичну карту пожежонебезпечності (рис. 1). Для створення даної карти використовують коефіцієнт горимості В.Г.Нестерова [5, 9]. Прогноз надає можливість координувати роботу пожежоохоронних служб. Поєднання даної інформації з інформацією про стан рослинності, отриманої за допомогою дистанційних методів, може значно покращити достовірність прогнозування.

3. МЕТА І ЦІЛІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою даної статті є розробка методів, що дозволяють використовувати інформацію дистанційного зондування, яка враховує спектральні характеристики рослинності разом з використанням статистичних і метеорологічних даних, для попередження лісових пожеж та використання сукупності цих даних для геоінформаційного аналізу пожежонебезпечності лісів.

4. ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Відомо, що випромінювальна здатність території та коефіцієнти відбивання та поглинання сонячного випромінювання залежать від фізико-хімічного складу речовини. Здатність кожного предмету по-різному відбивати і випромінювати лежить в основі методики використання багатоспектральних знімків. Використання мультиспектральних знімків є продуктивним для моніторингу та вивчення властивостей рослинності, зокрема лісових масивів. Для виявлення і виділення наслідків лісових пожеж використовують спектральний діапазон з довжинами хвиль 0,7–0,8 мкм [1]. Комбінування різних спектральних каналів дає можливість обчислювати різноманітні індекси [10, 11], які характеризують ймовірність визначення лісових пожеж.

Для нашого методу прогнозування пожежонебезпечних територій запропоновано використання інформації про рівень вмісту води в рослинності. Таким чином, ймовірність загорання рослинності з меншою кількістю води (сухіша рослинність) набагато більша, аніж в той, що більш насичена вологою. Для виявлення вмісту вологості в рослинності використовується середній або короткохвильовий інфрачервоний канал, діапазон довжин хвиль якого становить 1,4–3 мкм. Даний спектральний діапазон чуттєвий до:

- зміни вмісту води в тканинах листя;
- варіювання води в рослинності і ґрунтах (відбивна здатність зменшується при зростанні вмісту води);
- виявлення енергії рослин і відділення сукулентів від деревної рослинності;
- особливо чуттєвий до виявлення наявності (відсутності) трьохвалентного заліза в гірських породах (відбивна здатність зростає при збільшенні кількості трьохвалентного заліза);
- розмежування льоду і снігу (світлий тон) від хмар (темний тон).



Рис. 1. Карта прогнозу пожежонебезпечних зон по території України, станом на 31 жовтня 2011 року (інформація взята з офіційного сайту Центру прийому та обробки спеціальної інформації та контролю навігаційного поля [9])

На рис. 2 представлена спектральна крива, яка відображає, діапазони в яких відбивання від водних об'єктів значно знижується.

Головними факторами, що впливають на спектральні характеристики рослин являються пігментація, особливості внутрішньої будови листя, загальний вміст вологи. В синій і червоній зоні спектру відбивна здатність рослин дуже низька. Це зумовлено тим, що хлорофіл, який міститься в листі, поглинає більшу частину енергії в діапазонах довжин хвиль близьких до 0,44 і 0,66 мкм. В зеленій зоні енергія відбивається більше, тому ми бачимо рослинність зеленою. В середньому ІЧ діапазоні сильний вплив на форму спектральної кривої чинять смуги поглинання води в довжинах хвиль 1,4, 1,9 і 2,7 мкм (рис. 2). Це зумовлено тим, що в даних діапазонах довжин хвиль більша частина енергії випромінювання поглинається водою.

Для оцінки вмісту вологи в рослинності використовуються такі індекси:

- Normalized Difference Water Index (Нормалізований індекс різниці води)

$$NDWI = \frac{\rho_{857} - \rho_{1241}}{\rho_{857} + \rho_{1241}}; \quad (1)$$

- Moisture Stress Index (Індекс посилення вологості)

$$MSI = \frac{\rho_{1599}}{\rho_{819}}; \quad (2)$$

- Normalized Difference Infrared Index

$$NDWI = \frac{\rho_{819} - \rho_{1649}}{\rho_{819} + \rho_{1649}}. \quad (3)$$

В формулах (1)–(3) змінна ρ_i — це значення коефіцієнту відбивної здатності при i -й довжині хвилі. Дані індекси широко застосовується при оцінці пожежонебезпечності території разом з індексами визначення вмісту вуглецю [10].

На рис. 3 наведено знімок Landsat ETM+, який відображає зміну вологості території. Також можна використовувати дані інших супутників, наприклад, MODIS та ASTER.

Комбінація каналів ближнього, середнього ІЧ і червоного видимого каналу дозволяє чітко розрізнити межу між водою і сушею і підкреслювати приховані деталі, які погано розпізнаються при використанні каналів тільки видимого діапазону. Ця комбінація каналів відображає рослинність в різних відтінках і тонах коричневого, зеленого і оранжевого. Комбінація даних каналів дає можливість аналізу вологості є корисною для вивчення ґрунтів і рослинного покриву. Чим більша вологість ґрунтів, тим темнішою вона виглядатиме, що зумовлено поглинанням водою випромінювання в ІЧ діапазоні.

В результаті нами запропоновано формулу для покращення прогнозування ймовірності виникнення лісових пожеж (4). Дана формула є перетином двох множин даних. Перша множина — це дані, що враховують ймовірність пожежної небезпеки, отриманої на основі обчислення коефіцієнту горимості В.Г.Нестерова та індексу засушливості Keetch–Byram (KBDI) [8], друга множина даних — це індекси вмісту вологості, отримані на основі дослідження дистанційних даних.

Тобто

$$FP = Y \cap FPR \quad (4)$$

де Y — прогнозована пожежна небезпека отримана з метеорологічних даних (добова прогноз), FPR — множина даних, що враховує індекси вмісту вологості, отримана на основі дослідження дистанційних даних (може бути представлений в вигляді індекс ймовірності, що приймає значення від 0 до 1; чим більша ймовірність виникнення пожежі, тим більше значення даного індексу. Або, іншими словами, чим більша відбивна здатність рослинності на певній території, тим більша і ймовірність виникнення

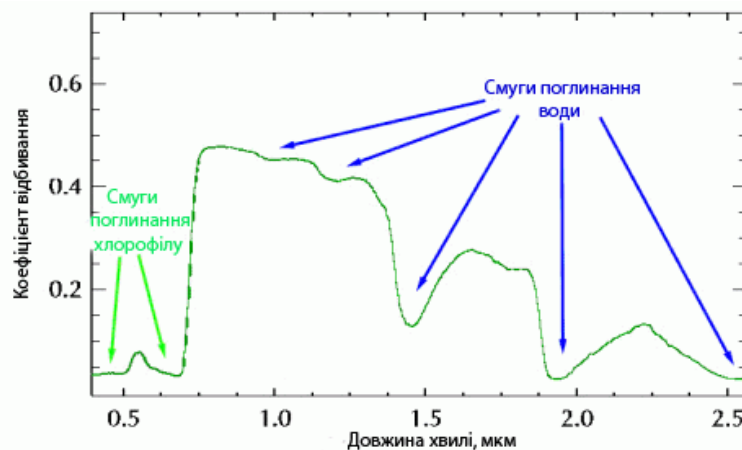


Рис. 2. Графік спектральної кривої, характерний для будь-якої фотосинтезуючої рослинності

пожежі).

Розрахунок параметру прогнозованої пожежної небезпеки взято з матеріалів роботи [5]; він враховує максимальну температуру повітря, мінімальну вологість повітря та добову кількість опадів.

Дана методика прогнозування пожежної небезпеки може бути реалізована як один з кроків геоінформаційного аналізу при управлінні лісовими ресурсами. Враховуючи мережу лісових доріг та характер місцевості, доцільно створити ГІС-систему, що дозволить правильно розподіляти наявні технічні засоби та вчасно реагувати на запобігання лісових пожеж.

5. ВИСНОВКИ

Запропонована методика поєднання інформації щодо пожежної небезпеки з використанням даних дистанційного зондування та метеорологічних даних, підвищує точність прогнозування виникнення лісових пожеж. Можливість використання супутникових даних, таких як Landsat, MODIS, ASTER робить дану методику економічно привабливою. Багато супутникових даних з достатньо хорошим просторовим розділенням наявні в вільному доступі в мережі Internet, а також відносно часто відбувається оновлення супутникових зображень (по декілька разів на добу), що дає можливість вчасно реагувати на зміну кліматичної ситуації.

Даний метод можна використовувати для класифікації території за ймовірністю виникнення пожеж. Використовуючи одну з складових лісового кадастру — мережу лісових доріг, а також враховуючи особливості рельєфу, можна побудувати ГІС, яка б допомагала в управлінні лісовим господарством і давала відповідь на питання де, скільки і якої саме техніки потрібно для запобігання лісових пожеж.

Недоліком даного методу, який потребує подальшого вивчення і вдосконалення, є те, що при грозах вологість ґрунтів і рослинності значно зростає, а це, в свою чергу, означає зменшення ймовірності загоряння лісу, проте під час гроз пожежі можуть виникати від блискавок, що даний метод не враховує.

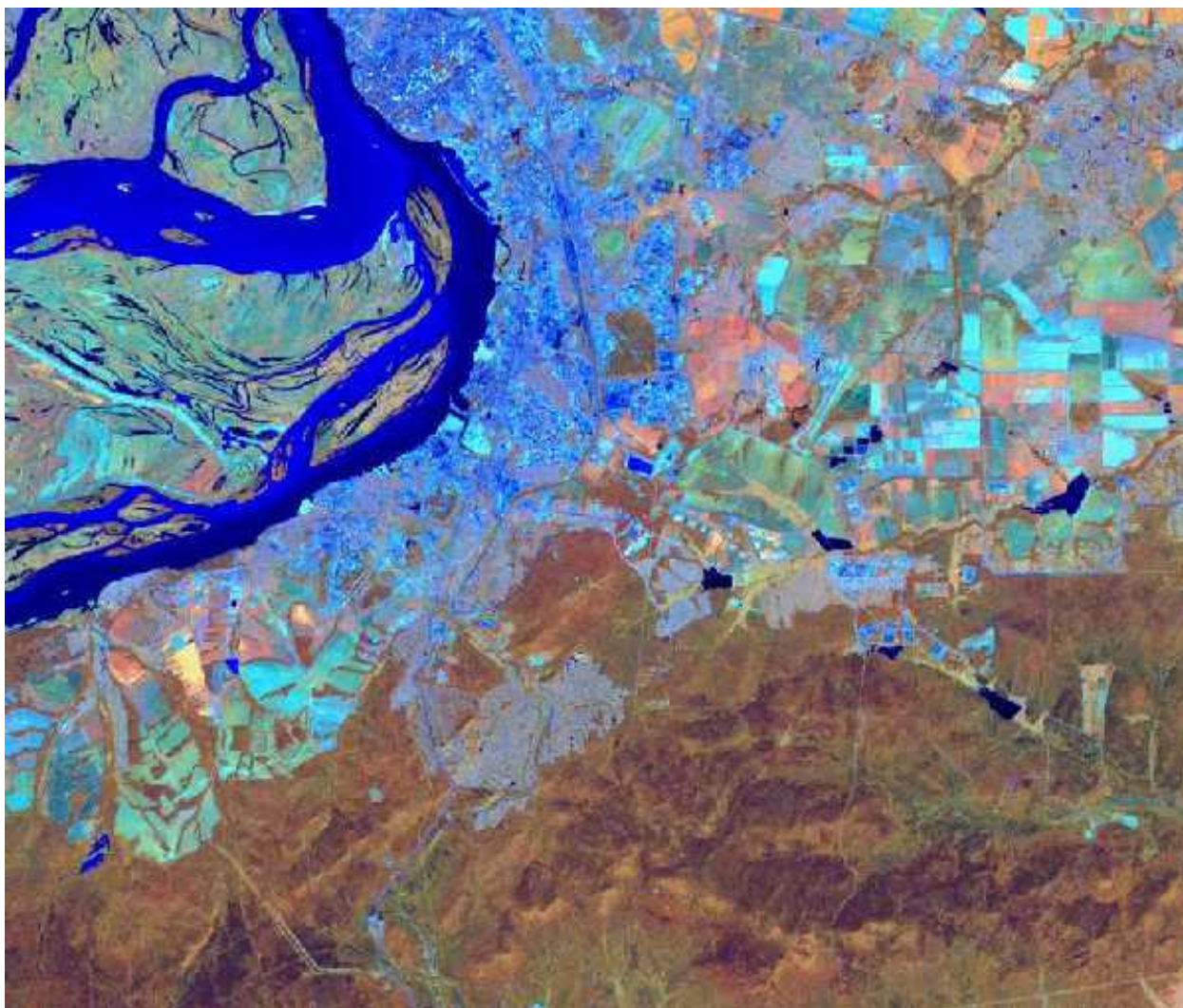


Рис. 3. Комбінація каналів 4, 5, 3 супутника Landsat ETM+ з різними рівнями вологості території

1. *Копылов В.Н., Кочергин Г.А., Полищук Ю.М., Хамедов В.А.* Использование данных ДЗЗ при решении региональных задач рационального природопользования. — Югорский НИИ информационных технологий.
2. *Горев Г.В.* Оценка зависимости возникновения лесных пожаров от грозовой активности в Томской области // Проблемы гляциоклиматологии Сибири и сопредельных территорий: Материалы научн.-практ. конф. — Томск: Изд-во Томского ун-та, 2002. — С. 91–92.
3. *Абушенко Н.А., Алтинцев Д.А., Семенов С.М.* Аналіз ефективності супутникових методів виявлення лісових пожарів. — Иркутськ: Інститут Сонячно-земної фізики.
4. *Разуваев В.Н., Гройсман П.Я., Майт Р.В., Имлое Дж.Г.* Всероссийський НДІ гідрометеорологічної інформації — Світовий центр даних.
5. *Горев Г.В.* Оценка климатической предрасположенности территории к возникновению лесных пожаров: Автореф. дис. — Томск, 2004.
6. *Черепанов А.С., Дружинина Е.Г.* Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы // Геоматика. — 2009. — № 3.
7. *Crippen R.E.* Calculating the Vegetation Index Faster // Remote Sensing of Environment. — 1990. — **34**. — P. 71–73.
8. *Keetch J.J., Byram G.* 1968, A drought index for forest fire control. Res. Paper SE-38. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station. 32 pp.
9. www.dzz.gov.ua
10. gis-lab.info
11. Modis vegetation index (Mod 13) Algorithm theoretical basis document Version 3, april 30, 1999.

Надійшла до редакції 8.12.2011