



УДК 004.89

**FOREST MONITORING INFORMATION SYSTEM DURING FIRE
HAZARDOUS PERIOD****ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ЛІСІВ У ПОЖЕЖОНЕБЕЗПЕЧНИЙ
ПЕРІОД****Svynchuk O.V. / Свинчук О.В.***s.ph.-m.s., as.prof. / к.ф.-м.н., доц.*

ORCID: 0000-0001-9032-6335

Bandurka O.I. / Бандурка О.І.*Senior Lecturer /ст. викл.*

ORCID: 0000-0002-8059-1861

Shvaiko V.G. / Швайко В.Г.*Senior Lecturer /ст. викл.*

ORCID: 0000-0002-9304-8710

*National Technical University of Ukraine**“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Politechnichna, 6, 03056**Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського», м. Київ, пр-т Перемоги, 37, 03056*

Анотація. У роботі розглядається технології визначення спалених пожежами територій з використанням космічних знімків та оцінка ймовірності виникнення лісових пожеж. Даний програмний продукт є досить гнучким та універсальним, він може бути легко адаптованим для застосування не тільки для визначення спалених лісових угідь, а й для інших територій.

Ключові слова: інформаційна система, космічні знімки, дистанційне зондування землі, індекс NBR, індекс dNBR, формула Байєса.

Abstract. The paper considers the technologies of determining the areas burned by fires using space images and estimating the probability of forest fires. This software product is quite flexible and versatile, it can be easily adapted for use not only to identify burned forest lands, but also for other areas.

Key words: information system, space imagery, remote sensing of the earth, NBR index, dNBR index, Bayesian formula.

Вступ.

Україна посідає в Європі 34 місце за лісистістю та 9-те місце за загальною лісовою площею. Вважається, що внесок лісового господарства в економіку України є незначним – у лісовому господарстві України працюють понад 60 тис. осіб, тобто 1% від працевлаштованих в Україні, а обсяг реалізації продукції лісового господарства становить менше 0,5% від загальноукраїнського. Проте соціально-економічне значення лісового сектору для економіки окремих регіонів важко переоцінити.

Останніми роками інтенсивність лісових пожеж, яка обумовлена кліматичними змінами та антропогенним чинником, за кількістю та площею в Україні зростає. Відповідно збільшується і частка згарищ у лісокультурному фонді, на яких потрібно виростити новий ліс. За результатами аналізу даних лабораторією екології УкрНДЛГА впродовж 2000-2019 рр. в Україні було пошкоджено і знищено лісовими пожежами 51,4 тис. га лісових насаджень. У 2020 році втрата від лісових пожеж у Житомирській та Луганській областях



України переходить межі десятка тисяч гектарів. Тому об'єктивна і своєчасна інформація про наслідки пожеж необхідна для вирішення широкого класу прикладних завдань лісового господарства, включаючи планування охорони і захисту лісів, лісокористування та лісовідновлення, актуалізацію даних про лісові ресурси. Розвиток космічних засобів дистанційного зондування (ДЗЗ) і географічних інформаційних систем (ГІС) дозволяє розроблювати нові ефективні методи оцінки стану лісів [1,2], а теорія ймовірностей – прогнозувати лісові пожежі протягом всього пожежонебезпечного періоду.

Метою дослідження є розробка інформаційної системи аналізу геоданих для відслідковування спалених пожежами територій лісів та визначення класів пожежної небезпеки з оцінкою ймовірності настання пожежі.

Основний текст.

Важливим завданням при оцінці еколого-економічного збитку, нанесеного лісовому господарству внаслідок лісових пожеж, є визначення площі пошкоджених лісів. Дана інформаційна система використовує дані космічних знімків, що були зроблені супутником Landsat 8, до та після пожежі відповідно. Космічні знімки Landsat 8 знаходяться у вільному доступі, їх можна отримати за допомогою таких сайтів як EOS LandViewer чи USGS Earth Explorer. Знімки мають формат зображення GeoTIFF з географічною системою координат WGS 84 та опорною системою WRS-2. Вони містять одинадцять спектральних каналів, що являють собою різні набори даних, які використовуються для різних цілей.

Технологія визначення спалених пожежею територій базується на методі, що використовує порівняння значень нормалізованого індексу згарища NBR до та після пожежі (рис. 1). Індекс NBR розраховується за формулою:

$$NBR = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR} \quad (1)$$

де NIR – ближній інфрачервоний канал, SWIR – короткохвильовий інфрачервоний 2 канал.

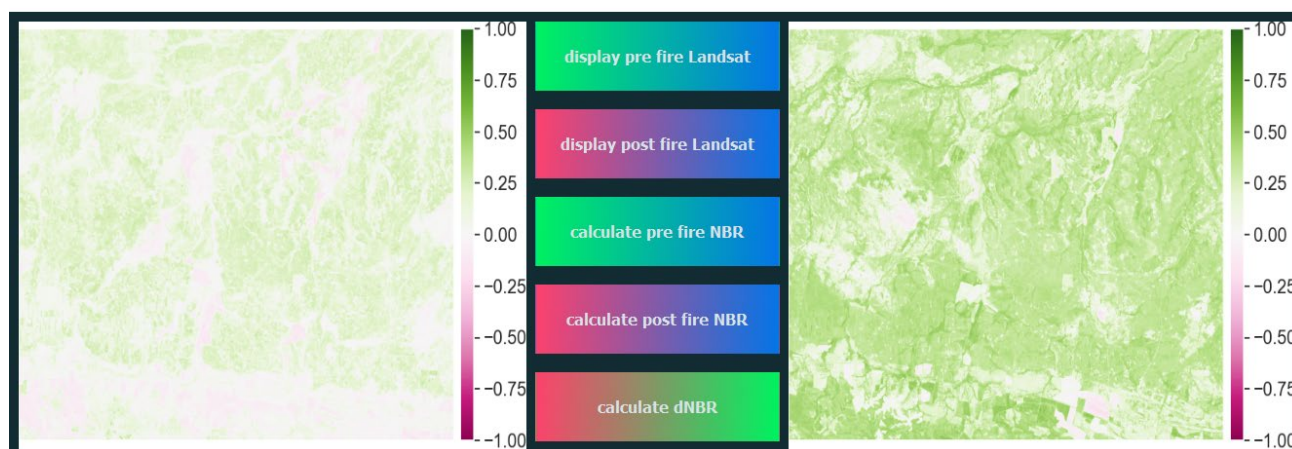


Рисунок 1 – Відображення індексів NBR до і після пожежі

Для порівняння зміни індексу NBR між періодом до пожежі та після неї використовується показник dNBR, який знаходиться за формулою:



$$DNBR = (\text{prefire NBR}) - (\text{postfire NBR}) \quad (2)$$

де *prefire NBR* – показник індексу NBR до пожежі, *postfire NBR* – показник індексу NBR після пожежі.

Для визначення рівнів враження території отримані дані показника *dNBR* класифікуються: рівень зростаючої території на графіку показаний темно-зеленим кольором, неспаленої – світло-зеленим, низько-враженої – бежевим, середньо-враженої – помаранчевим та сильно-враженої території – темно-червоним (рис. 2). Крім цього вікно містить спеціальне поле для виводу приблизної спаленої території в метрах квадратних, яка розраховується за отриманим показником.

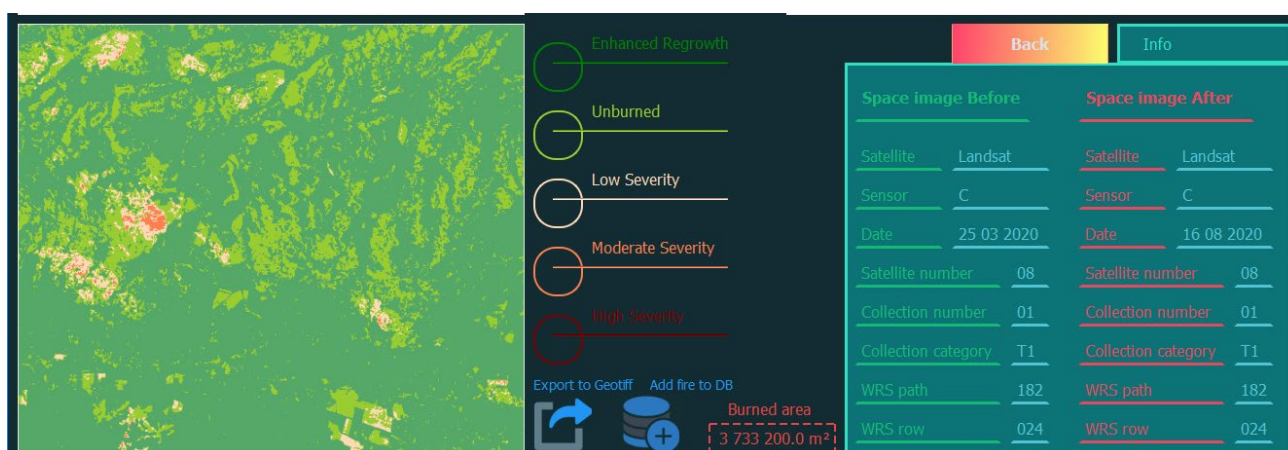


Рисунок 2 – Відображення показника індексу *dNBR*

Система експортує отримані дані про область пожеж в форматі GeoTIFF, що зберігає географічні координати об'єкту та забезпечує сумісність використання отриманої інформації з різними географічними системами.

Для прогнозування лісових пожеж та своєчасного їхнього попередження лісничим та інженерам по охороні лісу, в свою чергу, потрібно знати ймовірність їх виникнення протягом пожежонебезпечного періоду, яка залежить від таксаційних характеристик лісових насаджень та кліматичних умов.

Для аналізу було обране Можарівське лісництво по ДП «Словечанський лісгосп» в Житомирській області, де в квітні 2020 року пройшла велика лісова пожежа. Площа лісових угідь лісництва становить 8298 га та ділиться на 85 кварталів. Маючи статистичні дані по всіх таксаційних характеристиках кварталу та виділів, можна зробити оцінку пожежонебезпечності кожного кварталу окремо по всьому за допомогою узагальненої формули Байеса:

$$P(H_i/K) = \frac{P(H_i) \cdot P(K/H_i)}{\sum_{i=1}^n P(H_i) P(K/H_i)} \quad (3)$$

де $P(H_i)$ – апріорна ймовірність гіпотези H_i , $i = \overline{1, n}$ (за попередньою статистикою), K – подія, для якої характерний певний комплекс ознак k_1, k_2, \dots, k_v , $P(H_i/K)$ – апостеріорна ймовірність гіпотези H_i після того, як



стали відомі результати по комплексу ознак події K , $P(K/H_i)$ – ймовірність настання події K з гіпотезою H_i , яка обчислюється за формулою:

$$P(K/H_i) = P(k_1/H_i) \cdot P(k_2/H_i) \cdot \dots \cdot P(k_v/H_i) \quad (4)$$

Ознаки, які впливають на виникнення пожежі: k_1 – склад лісових насаджень, k_2 – повнота насаджень; k_3 – вік насаджень; k_4 – тип лісу ТЛІУ.

Після обрахунків за формулою (3) було виявлено, що основними класами пожежної небезпеки є чотири класи: 1 клас – 4568,0 га, 2 клас – 2229,3 га, 3 клас – 886,6 га, 4 клас – 635,8 га.

Висновки.

Проблема лісових пожеж останніми роками привертає до себе особливу увагу в контексті зростання впливу таких глобальних процесів, як зменшення площ лісів світу, глобальні зміни клімату та зміни у землекористуванні. Визначення площ лісів, спалених пожежами, та визначення ймовірності настання пожежі в тому чи іншому лісництві є важливою складовою інформаційного забезпечення лісового господарства. Створена інформаційна система та отримана інформація з неї може бути використана для планування заходів, спрямованих на зниження ризиків виникнення катастрофічних лісових пожеж та нормалізації пожежної ситуації на вражених територіях. Отримані дані можуть використовуватися також для обліку й інвентаризації лісів та створення лісових карт.

Література:

1. Shvaiko, V., Bandurka, O., Shpuryk, V., & Havrylko, Y. V. Methods for detecting fires in ecosystems using low-resolution space images. *Informatyka, Automatyka, Pomiar W Gospodarce I Ochronie Środowiska*, 11(1), 2021. Pp15-19.
2. Escuin, S., Navarro, R. and Fern, P. Fire severity assessment by using NBR (Normalized Burn Ratio) and NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) derived from LANDSAT TM/ETM images. *International Journal of Remote Sensing*, 29, 2008. Pp. 1053-1073.

Стаття відправлена: 27.01.2022 р.

© Свинчук О.В., Бандурка О.І., Швайко В.Г.