

*Стаття присвячена актуальному питанню ефективності застосування даних дистанційного зондування для виявлення та класифікації людиною-оператором джерел та наслідків лісових пожеж. Запропонована методика заснована на використанні методів і засобів геоінформаційних систем. Наведена фізично адекватна модель формування зображення за наявності маскуючих перехід та алгоритм обробки космічних знімків*

*Ключові слова: супутникові знімки, геоінформаційні системи, маскуючі переходи, лісопожежна безпека*

*Стаття посвящена актуальному вопросу эффективности применения данных дистанционного зондирования для выявления и классификации человеком-оператором источников и последствий лесных пожаров. Предложенная методика основана на использовании методов и средств геоинформационных систем. Приведена физически адекватная модель формирования изображения при наличии маскирующих помех и алгоритм обработки космических снимков*

*Ключевые слова: спутниковые снимки, геоинформационные системы, маскирующие помехи, лесопожарная безопасность*

# АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ЛЮДИНОЮ - ОПЕРАТОРОМ ДЖЕРЕЛ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ ЗА СУПУТНИКОВИМИ ЗНІМКАМИ

**В.Г. Вершигора**

Кандидат фізико-математичних наук, завідувач кафедри

Кафедра фізико-математичних та природничих дисциплін\*

Контактний тел.: 095-609-85-69

E-mail: faucon30@yandex.ru

**О.М. Гусак**

Аспірант

Кафедра автоматизованих систем управління\*

\*Буковинський університет

E-mail: vla-gusak@yandex.ru

вул. Дарвіна, 2а, м.Чернівці, Україна, 58000

## 1. Вступ

Відсутність ефективних технологій управління діяльністю лісоохорони не дозволяє в умовах недостатнього фінансування створити дієву систему підтримки прийняття рішень в галузі управління безпекою в лісовому комплексі. Одним з перспективних напрямів підвищення ефективності управління лісопожежною безпекою може бути застосування даних дистанційного зондування для оперативної еколого-економічної оцінки наслідків лісових пожеж, заснованої на використанні методів і засобів геоінформаційних систем (ГІС).

## 2. Огляд існуючих технологій

В даний час еколого-економічна оцінка наслідків лісових пожеж проводиться на експертному рівні, коли вже точно відомі розміри вигорілих лісових масивів на підставі актів про пожежі, складених працівниками служби лісоохорони. Цей традиційний підхід не орієнтований на оперативне визначення масштабів пожеж та оцінку їх можливих наслідків відразу ж після виявлення вогнища спалаху. Тому такий підхід не дозволяє приймати своєчасні рішення по управлінню діяльністю лісоохоронних служб.

Використання матеріалів космічної зйомки, на наш погляд, дозволяють вирішувати завдання підвищення

ефективності протипожежної безпеки з більш високим ступенем оперативності. Крім того, використання супутникових даних дає змогу не тільки фіксувати наявність пожеж, але і проводити первинну їх класифікацію за площею спалаху, спостерігати димові поля забруднення, оцінювати області перенесення продуктів горіння [1].

Існують технології визначення джерел пожежі за космічними знімками в тепловому (інфрачервоному) діапазоні, за наявності зон з високими температурними контрастами [2]. На жаль, ця інформація є не завжди доступною, в той час, коли дані дистанційного зондування землі в оптичному діапазоні є доступними [1-4]. Виявлення джерел пожеж візуальним способом дозволяє швидше та точніше визначити пороги виявлення теплових аномалій. У загальному випадку дані пороги будуть різними, що пов'язано із площиною, температурою горіння, порою року та доби, а також із географічними координатами місця пожежі.

## 3. Обґрунтування ефективності запропонованої методики

Отже у більшості випадків космічний моніторинг з використанням даних з космічних апаратів дистанційного зондування Землі (КА ДЗЗ) виявляється найбільш ефективним. Наведемо основні технічні ха-

рактеристики обладнання французького супутника Pleiades 1B, запущеного 2 грудня 2012 року з космодрому Куру в Гвіані в рамках програми leiades High Resolution (HR), що є складовою частиною європейської супутникової системи дистанційного зондування Землі.

Наведені характеристики бортової апаратури, на наш погляд, дають змогу оцінити ефективність використання даних дистанційного зондування Землі для вирішення зазначеної вище задачі, яка прописана в завданнях та напрямках використання космічної системи [2-4].

Роздільна здатність космічних знімків Pleiades 70 см в пан хроматичному режимі (після обробки – 50 см). Ширина полоси знімання в надирі 20 км, точність геопозиціонування без опорних точок – 4,5 м (СЕ90).

Супутники мають можливість виконувати не тільки стереозйомку, а й отримувати триплети (tristereo).

Усі ці характеристики роблять дані Pleiades незамінним джерелом для високоточного картографування та інших цілей [3-4].

В розшифровці космічних знімків велика відповідальність покладається на людину-оператора. Попереднє тренування операторів, які працюють із знімками полягає у вивченні ознак дешифрування і придбання навичок розпізнавання за космічними знімками основних ознак пожеж.

Основною дешифровочною ознакою пожеж на космічних знімках є димові шлейфи. Вони характеризуються відповідною формою, яскравістю та структурою.

При низових пожежах слабкої інтенсивності зображення димових шлейфів нагадують перисту хмарність, проте оператор повинен відрізнити її по характерному конусоподібній формі шлейфу, витягнутого за напрямом вітру. Яскравість шлейфу, максимальна в тильовій частині, поступово зменшується до фронту і флангів. Однак, слід пам'ятати про те, що периста та шарова хмарність за своєю структурою та яскравістю може нагадувати димові шлейфи лісових пожеж.

Тому, ті частини відібраних оператором знімків видимого діапазону спектра, де попередньо виявлена лісова пожежа, доцільно переглянути в інфрачервоному діапазоні. В цьому випадку шлейфи диму від лісових пожеж практично не розпізнаються.

**4. Опис моделі формування зображення**

Для підвищення ефективності процесу визначення людиною-оператором джерел лісових пожеж за кольоровими супутниковими знімками пропонуємо скористатися фізично адекватною моделлю формування зображення за наявності маскуючих перешкод [1].

Спотворюючий фактор моделюється багаторазовими відбиттями від ефективного напівпрозорого екрану, що знаходиться на лінії розділу шарів.

Результуючу яскравість реєстрованого зображення  $g(x,y)$  у кожній точці  $(x,y)$  в області наявності

перешкод визначають як суму доданків, кожен з яких відповідає однократному відбиттю, двократно, трикратному і т. д. При цьому кожне відбиття від екрану надає множник  $\alpha$  (коефіцієнт відбиття), проходження через екран – множник  $(1-\alpha)$ , відбиття від підстилаючої поверхні задається множником  $f(x,y)$ , кожне проходження між екраном і підстилаючою поверхнею дає множник  $\gamma$

Таким чином:

$$g(x,y) = \alpha + (1-\alpha) \cdot \gamma \cdot f(x,y) \cdot \gamma \cdot (1-\alpha) + (1-\alpha) \cdot \gamma \cdot f(x,y) \cdot \gamma \cdot \alpha \cdot \gamma \cdot f(x,y) \cdot \gamma \cdot (1-\alpha) + (1-\alpha) \cdot \gamma \cdot f(x,y) \cdot \alpha \cdot \gamma \cdot f(x,y) \cdot \gamma \cdot \alpha \cdot \gamma \cdot f(x,y) \cdot \gamma \cdot (1-\alpha) + \dots \tag{1}$$

де  $\gamma$  – коефіцієнт проходження в області між екраном і підстилаючою поверхнею (за відсутності перешкоди  $\gamma=1$ ).

Ряд (1), починаючи з другого доданку (перший доданок дорівнює  $\alpha$ ), представляє собою геометричну прогресію з першим членом  $(1-\alpha)^2 \gamma^2 f(x,y)$  і знаменником  $\alpha \gamma^2 f(x,y) < 1$ .

Сума ряду дорівнює

$$g(x,y) = \alpha + \frac{(1-\alpha)^2 \gamma^2 f(x,y)}{1 - \alpha \gamma^2 f(x,y)} \tag{2}$$

Цей вираз задає нелінійне перетворення яскравості в областях, що закриті димом (рис. 1). Аналізуючи формулу (2), можна зробити висновок, що димові хмари будуть представлятися на зображенні областями з підвищеною яскравістю, яка мало залежить від кольору підстилаючої поверхні і істотним чином залежить від товщини димової хмари в напрямку розповсюдження світла.

Остання, водночас, буде максимальною над джерелом пожежі.

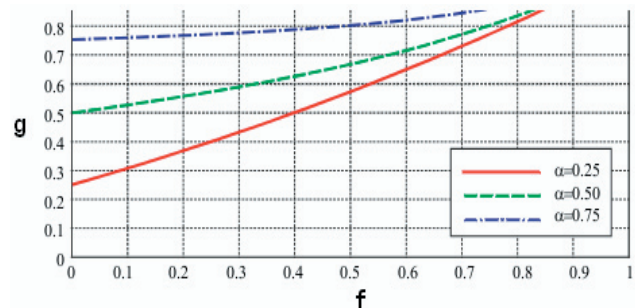


Рис. 1. Криві перетворення яскравості  $g$  за формулою (2) для різних значень коефіцієнта відбиття  $\alpha$ , значення  $\gamma=1$ . Залежність сумарної яскравості реєстрованого зображення  $g(x,y)$  від відбиття від підстилаючої поверхні

**5. Висновки**

Для підвищення ефективності визначення людиною-оператором джерел лісових пожеж за кольоровими супутниковими знімками пропонуємо скористатися наступним алгоритмом їх обробки:

1) перемножуючи значення яскравості по каналах, здійснюється перехід від кольорової моделі RGB до синтетичного зображення у градаціях сірого;

2) на отриманому синтетичному зображенні знаходяться компактні зв'язані області максимальної яскравості, для чого проводиться порівняння із заданим порогом (значення порогу в нашому випадку приймалось рівним 0.75), за необхідності проводиться додаткова обробка методами математичної морфології.

Для визначення географічних координат джерела пожежі використовуються стандартні методи геоприв'язки [3]. Треба однак зауважити, що реперні об'єкти доцільно вибирати в областях, що не закриті димом, а для знаходження координат точок, що знаходяться в задимлених областях треба здійснювати інтерполяцію.

Ефективність даного алгоритму продемонстровано на рис. 2.



Рис. 2. Результат застосування запропонованого алгоритму для обробки реальних зображень. Визначені оператором джерела пожежі позначено чорним кольором

В якості вихідного взято зображення лісових пожеж у Московській обл., що представлено на сайті компанії Global Observatory [4].

Обробка даних проводилася за допомогою системи MATLAB 2008b.

#### Література

1. Бутко, І.М. Визначення джерел лісових пожеж за супутниковими знімками [Текст] / І.М. Бутко // Науковий вісник НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.3.-С.80-81.
2. Космічна система “Січ-2”: завдання та напрями використання. – К. : Вид-во ДКАУ, 2011. – 48 с. [Електронний ресурс]. – Доступний з [http://www.dniprokosmos.dp.ua/docs/SICH2\\_broshura\\_28.03.2011.pdf](http://www.dniprokosmos.dp.ua/docs/SICH2_broshura_28.03.2011.pdf).
3. Маковейчук, А.Н. Методи удешевлення якості зображень по результатам натурних експериментів [Текст] / А.Н. Маковейчук // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2004. – № 2 (8). – С. 38-41.
4. Сайт компанії Global Observatory. [Електронний ресурс]. – Доступний з [http://www.globalobservatory.eu/download/item/id/15/asset/54/file/forest\\_fires\\_moscowmerfr\\_2010729\\_43977.jpg](http://www.globalobservatory.eu/download/item/id/15/asset/54/file/forest_fires_moscowmerfr_2010729_43977.jpg).

#### Abstract

*Despite the large number of methods of detection and classification of sources and consequences of forest fires, until now little attention was paid to the methods of improvement of the effectiveness and efficiency of the decision-making process of an operator in the sphere of management of fire safety in the forest sector. In the article, the authors proved the appropriateness and prospects of using data of remote satellite sensing of the Earth's surface for the purpose of efficient ecological - economic assessment of the effects of forest fires, as well as prior training of operators, working with satellite images. The article presents a physically adequate model of image formation in the presence of masking hazards, the algorithm of processing of satellite images and the result of application of this algorithm for the processing of the real satellite images*

**Keywords:** *satellite imagery, geographic information systems, masking hazards, forest fire safety*