

ного індекса потенціала качества и среднемноголетнего модуля речного стока в зависимости от высоты местности гидроэкосистемы; получение двухмерной, трехмерной моделей и уравнений регрессии для определения среднемноголетних норм исследуемых количественно-качественных показателей гидроэкосистемы в любом ее створе только по значению высоты местности.

**Ключевые слова:** гидроэкосистема, пространственное распределение, функциональные закономерности.

**Arkhylova L.M. Spatial distribution patterns qualitative and quantitative characteristics of hydroecosystem r. Prout within the Ukrainian Carpathians**

The result of research is the mathematical basis of the close relationship of quantitative and qualitative indicators to approximate the natural hydroecosystem by the example of r. Prout within the Ukrainian Carpathians; the identification of functional patterns of spatial distribution of the complex index of quality and potential of mean annual runoff in the module depending on the altitude hydroecosystem; getting a two-dimensional, three-dimensional models and regression equations to determine the average long-term norms studied quantitative and qualitative indicators hydroecosystem in any of its alignment only by the value of the altitude.

**Keywords:** hydroecosystem, spatial distribution, functional laws.

УДК 681.7 Полковник І.М. Бутко, канд. техн. наук – військова частина К1410; пров. інж.-програміст О.М. Маковейчук – ТЗОВ "БІТ"

**ВИЗНАЧЕННЯ ДЖЕРЕЛ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ ЗА СУПУТНИКОВИМИ ЗНІМКАМИ**

Запропоновано алгоритм визначення джерел лісових пожеж за супутниковими знімками оптичного діапазону з використанням розробленої моделі формування зображення в умовах задимлення. Ефективність цього підходу продемонстровано на прикладі обробки реального супутникового зображення. Наведено рекомендації з проведення географічної прив'язки знайдених точок загоряння.

**Ключові слова:** математична модель, обробка зображень, супутникові знімки.

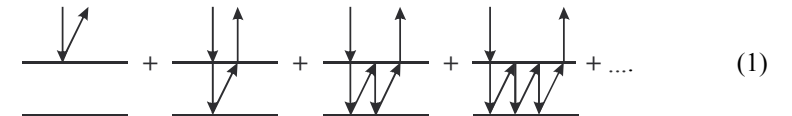
Внаслідок потепління клімату проблема збереження лісів від вогню останніми роками набула особливої актуальності не тільки в південних і східних регіонах України, а й у Поліських областях, де також переважають хвойні лісові масиви. Навесні значна кількість пожеж розповсюджується у лісові масиви внаслідок випалювання сухої рослинності та її залишків на розташованих поблизу сільгоспугіддях, смугах відводу автомобільних і залізничних шляхів, парках тощо. Проблемним, як і в попередні роки, через обмеженість фінансування, було здійснення авіаційного патрулювання лісів [1]. Враховуючи складність ситуації з пожежами, цій тематиці у 2010 р. було присвячено навіть окреме засідання Ради національної безпеки і оборони [2].

Проте авіаційне патрулювання у більшості випадків можна замінити космічним моніторингом, використовуючи дані з космічних апаратів дистанційного зондування Землі (КА ДЗЗ). Космічні знімки необхідного просторового розрізнення розповсюджуються в мережі INTERNET безкоштовно. Тим більше, що 17 серпня 2011 р. Україна запустила власний космічний апарат, характеристики бортової апаратури якого також дають змогу виконувати заз-

начену вище задачу, а сама задача прописана в завданнях та напрямках використання космічної системи [3].

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 [4]. Визначити джерело пожежі можна за космічними знімками в тепловому (інфрачервоному) діапазоні, за наявністю зон з високими температурними контрастами. На жаль, ця інформація є не завжди доступною, в той час як є в наявності дані дистанційного зондування землі в оптичному діапазоні. Для розроблення ефективного алгоритму визначення джерел лісових пожеж за кольоровими супутниковими знімками у цій роботі пропонуємо проаналізувати процес формування зображення, для чого вводиться проста але фізично адекватна модель [5].

Суть моделі формування зображення за наявності маскуючих перешкод типу диму полягає в такому. З урахуванням атмосферних факторів, які впливають на формування зображення, пропонуємо спотворюючий фактор моделювати багаторазовими відбиттями від ефективного напівпрозорого екрану, що знаходиться на лінії розділу шарів. Для спрощення розрахунків яскравості зображення в спотвореній області в роботі застосовано відому діаграмну техніку. Так, багаторазові відбиття можна представити у вигляді такого ряду (верхня лінія відповідає екрану):



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, двократному, трикратному і т. д. При цьому кожне відбиття від екрану надає множник  $\alpha$  (коефіцієнт відбиття), проходження через екран – множник  $(1-\alpha)$ , відбиття від підстиляючої поверхні задається множником  $f(x,y)$ , кожне проходження між екраном і підстиляючою поверхнею дає множник  $\gamma$ .

Таким чином, діаграмі (1) буде відповідати ряд

$$g(x,y) = \alpha + (1-\alpha) \cdot \gamma \cdot f(x,y) \cdot \gamma \cdot (1-\alpha) + (1-\alpha) \cdot \gamma \cdot f(x,y) \cdot \gamma \cdot \alpha \cdot \gamma \cdot f(x,y) \cdot \gamma \cdot (1-\alpha) + (1-\alpha) \cdot \gamma \cdot f(x,y) \cdot \alpha \cdot \gamma \cdot f(x,y) \cdot \gamma \cdot \alpha \cdot \gamma \cdot f(x,y) \cdot \gamma \cdot (1-\alpha) + \dots \quad (2)$$

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

Ряд (2), 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

$$g(x,y) = \alpha + \frac{(1-\alpha)^2 \gamma^2 f(x,y)}{1 - \alpha \gamma^2 f(x,y)} \quad (3)$$

Цей вираз задає нелінійне перетворення яскравості в областях зображення, що закриті димом (рис. 1).

Аналізуючи формулу (3), 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.

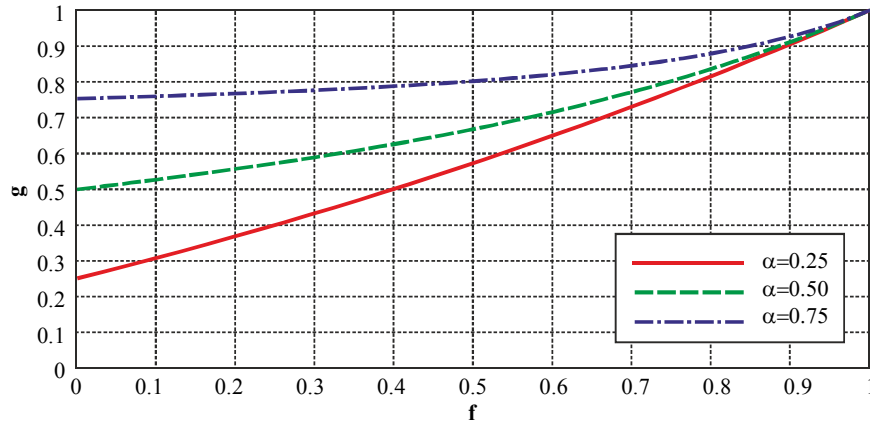


Рис. 1. Криві перетворення яскравості за формулою (3) для різних значень коефіцієнта  $\alpha$ , значення  $\gamma = 1$



Рис. 2. Результат застосування запропонованого алгоритму для обробки реальних зображень, визначені джерела лісової пожежі показано чорним кольором

Таким чином, пропонуємо такий алгоритм знаходження джерел лісових пожеж за кольоровими супутниковими знімками:

- 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'язні області максимальної яскравості, для чого проводиться порівняння із заданим порогом (у роботі значення порогу приймалось рівним 0.75), за необхідності проводиться додаткова обробка методами математичної морфології.

Для визначення географічних координат джерела пожежі використовуються стандартні методи геоприв'язки [6-8], 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 робити інтерполяцію.

Ефективність розробленого алгоритму продемонстровано на рис. 2. В якості вихідного взято зображення лісових пожеж у Московській обл. (станом на 29.07.2010), що представлено на сайті компанії Global Observatory [9]. Обробку проводили за допомогою системи MATLAB 2008b [10].

### Література

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.mns.gov.ua/content/nasdopo2010.html>.
2. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.zakon1.rada.gov.ua/laws/show/n0006525-10>.
3. Космічна система "Січ-2": завдання та напрями використання. – К.: Вид-во ДКАУ, 2011. – 48 с. [Електронний ресурс]. – Доступний з [http://www.dniproskosmos.dp.ua/docs/SICH2\\_broshura\\_28.03.2011.pdf](http://www.dniproskosmos.dp.ua/docs/SICH2_broshura_28.03.2011.pdf).
4. Гриб Д.А. Використання супутникових даних в інтересах оцінки пожежної обстановки при бойовому застосуванні Повітряних Сил Збройних Сил України / Д.А. Гриб, Г.В. Худов, О.М. Маковейчук, Д.В. Карлов, Д.Б. Жуйков // Системи оброблення інформації. – Харків: Вид-во ХУПС. – 2010. – Вип. 6 (87). – С. 78-80.
5. Маковейчук А.Н. Методи удешевлення якості зображень по результатам натурних експериментів / А.Н. Маковейчук // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2004. – № 2 (8). – С. 38-41.
6. Бутко И.Н. Исследование влияния искажения масштаба изображения на точность координатной привязки / Г.В. Худов, А.Б. Колесник, И.Н. Бутко // Системи оброблення інформації. – Харків: Вид-во ХУПС. – 2010. – Вип. 9(58). – С. 80-82.
7. Бутко І.М. Характеристика реперів як об'єктів пошуку та виявлення / І.М. Бутко // Системи оброблення інформації. – Харків: Вид-во ХУПС. – 2010. – Вип. 6(22). – С. 378-383.
8. Бутко І.М. Алгоритм визначення опорних точок географічної прив'язки зображень по протяжним об'єктам / В.І. Присяжний, С.І. Ключас, О.М. Маковейчук, І.М. Бутко // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. – Сер.: География. – Симферополь. – 2003. – Т. 16 (55), № 2. – С. 161-166.
9. 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).
10. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.mathworks.com/products/matlab/>.

### Бутко И.Н., Маковейчук А.Н. Определение источников лесных пожаров по космическим снимкам

Предложен эффективный алгоритм определения источников лесных пожаров по спутниковым снимкам оптического диапазона с использованием разработанной модели формирования изображения в условиях задымления. Эффективность данного подхода продемонстрирована на примере обработки реального спутникового изображения. Даны рекомендации по осуществлению географической привязки найденных точек возгорания.

**Ключевые слова:** математическая модель, обработка изображений, спутниковые снимки.

**Butko I.M., Makoveychuk O.M. Identify the sources of forest fires on satellite images**

An efficient algorithm to identify the sources of forest fires from optical satellite images using the model of image formation in smoke is offered. Efficiency of this approach is demonstrated with real satellite image processing. We give advice on the implementation of geo-referenced points found fire in order to find their geographical coordinates.

**Keywords:** mathematical model, image processing, satellite imagery.

УДК 338.48:504.03

Ст. викл. А.П. Голод, канд. геогр. наук;

магістрант З.П. Новосад – Львівський ДУ фізичної культури

**ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТУРИЗМУ В РЕГІОНІ:  
СУТЬ ТА ШЛЯХИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

Розглянуто теоретико-методичні основи дослідження екологічної безпеки туризму. Удосконалено підходи до зміцнення екологічної безпеки туризму на регіональному рівні. Проаналізовано особливості взаємодії у системі "туризм – навколишнє природне середовище" з метою вирішення суперечностей, що виникають у процесі її функціонування.

**Ключові слова:** екологічна безпека, туризм, регіон, екологічні проблеми, деструктивні процеси, сталий розвиток.

Туризм у сучасних умовах є надзвичайно динамічною галуззю економіки та невід'ємною складовою більшості регіональних суспільних систем. Водночас, туристична діяльність спрямована насамперед на природні рекреаційні ресурси, які часто є вичерпними та невідновлюваними. Однак, природні комплекси також зазнають негативного впливу з боку низки видів економічної діяльності, змінюючи свої властивості та втрачаючи атрактивність для туристів. Усе це зумовлює щораз більшу актуальність питань зміцнення екологічної безпеки туризму та проблем переходу територіальних рекреаційних систем до моделі сталого розвитку.

Проблеми оцінки та зміцнення екологічної безпеки держави загалом та окремих регіонів у різних аспектах розглядали у працях вітчизняні науковці: І.М. Волошин, Л.В. Жарова, О.М. Кобзар, О.Ю. Кононенко, В.А. Ліпкан, А.Л. Мельничук, Я.Б. Олійник, Є.В. Хлобистов, В.Я. Шевчук та ін.

Однак проблематика екологічної безпеки туризму, як і безпеки туристичної діяльності загалом, є досить новим і малодослідженим напрямом наукових пошуків. Роботи окремих авторів (В.І. Куценко, І.В. Свида та ін.) лише окреслюють напрями відповідних досліджень та мають переважно описовий характер. Саме необхідність обґрунтування теоретико-методичних основ дослідження екологічної безпеки туризму, а також удосконалення підходів до її забезпечення на рівні регіону, і зумовили мету та завдання цього дослідження. Зокрема, на наш погляд, актуальним, особливо у Карпатському регіоні, завданням є аналіз особливостей взаємодії у системі "туризм-навколишнє природне середовище" з метою вирішення суперечностей, що виникають у процесі її функціонування.

Виходячи із широкого розуміння категорії безпеки, ми пропонуємо розглядати безпеку туризму як стан функціонування туристичної сфери пев-

ного регіону (держави) у визначений період, що характеризується відсутністю загроз і таким поєднанням туристичних ресурсів та інфраструктури, яке дає змогу забезпечити стабільний розвиток конкретної територіальної рекреаційної системи у майбутньому.

У науковій літературі прийнято виділяти три рівні безпеки туризму:

- безпека споживачів тур-продукту (туристів);
- безпека виробників тур-продукту (туристичних підприємств);
- безпека туристичних об'єктів (дестинацій) [2].

На наш погляд, розглядати ці рівні доцільно лише в комплексі, оскільки їх суб'єкти є складовими однієї системи і тому тісно пов'язані між собою. Екологічна безпека, враховуючи переважну орієнтацію туристичної діяльності на використання природних ресурсів рекреаційних територій, має важливе значення поряд із соціальною, економічною, інформаційною, політичною та іншими видами безпеки туризму.

У загальному розумінні, екологічна безпека – це такий стан навколишнього середовища, при якому не порушується екологічна комфортність життя, реалізується здатність протистояти загрозам життю, здоров'ю всіх живих істот, а також людини, включаючи її добробут, право на безпечне середовище життя, на джерела життєзабезпечення та природні ресурси [3, с. 272]. Однак, на наш погляд, екологічну безпеку варто розглядати дещо вужче – з ухилом у напрямі особливостей взаємодії між суспільством та природним середовищем.

У цьому контексті екологічну безпеку туризму можна трактувати як відсутність загрози активізації деструктивних процесів у функціонуванні системи "туризм-навколишнє природне середовище", а також наявність можливостей для сталого розвитку відповідних територіальних рекреаційних систем. Оскільки зазначені деструктивні процеси, а також різні аспекти необхідності забезпечення сталого розвитку, можуть бути також визначеними як екологічні проблеми туризму, то, водночас, екологічну безпеку туризму можна розглядати і як відсутність (вирішеність) таких проблем у певному регіоні (державі).

Виходячи з положень системного підходу, ми трактуємо екологічні проблеми туризму як особливості та напрями протікання деструктивних процесів, пов'язаних із функціонуванням територіальних рекреаційних систем та їх взаємодією із навколишнім природним середовищем (рис. 1).



Рис. Суть екологічних проблем туризму

Відповідно, туристичну діяльність із позиції екологічної безпеки можна розглядати дуалістично – як об'єкт впливу екологічних факторів і як суб'єкт природокористування та зміни екосистем. Вирішення екологічних проблем туризму і, відповідно, зміцнення екологічної безпеки регіону неможливе без екологізації туристичної діяльності, яку ми трактуємо як процес