

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПІДВИЩЕННЯ ІНФОРМАТИВНОСТІ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ ЕПІЦЕНТРІВ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ

Удосконалено методи оброблення цифрових знімків та відеорядів, що дало змогу застосовувати їх у ході моніторингу та оцінювання екстремальних ситуацій, зокрема лісових пожеж. Розглянуто можливість покращення якості та підвищення інформативності аерофотознімків, отриманих за допомогою малих літальних апаратів – квадрокоптерів з метою оперативного виявлення епіцентрів лісових пожеж. Проаналізовано особливості методів та алгоритмів покращення візуальної якості цифрових зображень епіцентрів лісових пожеж на аерофотознімках, отриманих за допомогою квадрокоптерів. Задачі оброблення зображень зведено до невеликої кількості основних: фільтрація та покращення візуального сприйняття зображення; відновлення втрачених ділянок; знаходження об'єктів та їх ідентифікація на деякому фоні, оцінка геометричних трансформацій та суміщення зображень, оцінка параметрів. До цієї групи входять задачі вимірювання характеристик зображень або їх окремих елементів – ймовірнісні характеристики, положення, розміри об'єктів тощо; стиснення зображень. У процесі дослідження вивчено методи оброблення цифрових знімків та відеорядів, що дозволило застосовувати їх в ході моніторингу та оцінювання екстремальних ситуацій, зокрема лісових пожеж. Особливу увагу приділено методам раннього виявлення осередків лісових пожеж. Представлено результат консолідації методів оброблення цифрових знімків та відеопотоків, застосування яких дає змогу підвищити достовірність інформації про наявність епіцентрів лісових пожеж.

Ключові слова: лісопожежний моніторинг; еквалізація гістограм; вейвлет-аналіз; кластеризація.

Вступ. Сьогодні відбувається активний розвиток засобів цифрового оброблення зображень з метою покращення їх візуальної якості. Вдосконалюють інформаційні технології та системи, в яких отримувачем інформації є людина. Використання матеріалів космічної та аерофотозйомки для аналітичної роботи у сфері пожежної безпеки набувають дедалі ширшого розповсюдження, оскільки вони дають змогу оперативно фіксувати наявність пожеж, проводити первинну їх класифікацію за площею спалаху, спостерігати димові поля забруднення, оцінювати області перенесення продуктів горіння (Caraldo et al., 2012; Gleyzes, Perret & Kubik, 2012; Forkuor & Maathuis, 2012).

Однак основною проблемою прийняття рішень на основі даних аерофотознімків та відеопотоків є те, що часто неможливо безпомилково виокремити джерело запалювання, визначити масштаб пожежі, оцінити площу вигорілих ділянок. Це пов'язано із присутністю шумів і завад, зумовлених складними умовами отримання, недосконалістю систем передачі фото- та відеоінформації, а також великою кількістю можливих ракурсів шумних об'єктів розпізнання (Postelniak, 2014).

На сучасному етапі розроблено оптичні та оптико-електронні методи оброблення та підвищення інформативності космічних знімків, призначені для вироблення керівних впливів на процеси гасіння та подолання наслідків лісових пожеж. Шкода, але жодна інформаційна технологія, побудована на цих методах, не вирішує повною мірою задачу раннього виявлення епіцентрів лісових пожеж (Caraldo et al., 2012; Schwaller, Southwell & Emmerson, 2013). Наприклад, сучасна технологія визначення джерел пожежі на космічних знімках в інфрачервоному діапазоні за наявністю зон з високими температурними контрастами ускладнюється відсутністю інструментальних засобів, здатних не тільки витримувати високі енергетичні навантаження, але й надавати

достовірну інформацію щодо їхнього рівня.

Мета дослідження – створення інформаційної технології оброблення аерофотознімків та відеопотоків, яка забезпечує достовірність виявлення епіцентрів лісових пожеж на ранніх стадіях загоряння. Перед нами стояла задача підвищення інформативності аерофотозображень та відеопотоків з метою підвищення достовірності розпізнання епіцентрів лісових пожеж на ранніх стадіях загоряння.

Матеріали та методика дослідження. У рамках цього дослідження розроблено інформаційну технологію, головне завдання якої – підвищення інформативності зображень епіцентрів лісових пожеж. Висунуто гіпотезу про існування комбінації методів оброблення цифрових знімків та відеопотоків, які призведуть до мінімізації помилок розпізнання (Jeong, Kim & Kim, 2014; Aguilar et al., 2012; Oh & Jung, 2012).

У ході дослідження процес інтелектуального аналізу даних поділи на такі етапи:

1. Попередня підготовка даних для автоматичного аналізу
 - 1.1. Метод еквалізації (вирівнювання) гістограм
 - 1.2. Вейвлет-аналіз
2. Застосування методів Data Mining. Кластеризація зображень
 - 2.1. Алгоритм k-середніх (k-means)
 - 2.2. Алгоритм Fuzzy c-Means
3. Аналіз отриманих даних людиною та прийняття рішення про наявність пожежі

На етапі підготовки даних для автоматичного аналізу відбувається оброблення даних (цифрових зображень) за допомогою методів інтелектуального аналізу з метою пошуку помилок і пропусків, усунення завад, підвищення яскравості та контрастності зображень, приведення даних до одного формату тощо. Оскільки в нашому дослідженні використовували цифрові аерофотозображення, на яких відсутні пропуски, то задача зве-

Цитування за ДСТУ: Гусак О. М. Інформаційна технологія підвищення інформативності цифрових зображень епіцентрів лісових пожеж / О. М. Гусак // Науковий вісник НЛТУ України. – 2017. – Вип. 27(3). – С. 177–181

Citation APA: Husak, O. M. (2017). Information Technology to Improve the Informative Value of the Images of the Forest Fires Epicenters. *Scientific Bulletin of UNFU*, 27(3), 177–181. Retrieved from: <http://nv.nltu.edu.ua/index.php/journal/article/view/277>

лася до максимального усунення завад та підвищення яскравості та контрастності зображень (Maglione, Parente, Vallario, 2013; Oh, Lee & Seo, 2011, May; Poli, Caravaggi, 2012).

Метод еквалізації (вирівнювання) гістограм. Оскільки оптимальним з погляду зорового сприйняття людиною є зображення, елементи якого мають рівномірний розподіл яскравостей, то одним із методів попереднього оброблення вибрано метод еквалізації (вирівнювання) гістограм, який полягає у досягненні рівномірності розподілу яскравостей по всьому зображенню (вирівнювання гістограми) (Polyanskii & Husak, 2013; Polyanskii & Husak, 2014).

Результат оброблення вхідного зображення можна описати рівнянням

$$T[f(x, y)] = g(x, y), \quad (1)$$

де $f(x, y)$ – вхідне зображення – кінцева дискретна кількість гістограм, $g(x, y)$ – вихідне зображення, отримане внаслідок оброблення, T – оператор перетворення над $f(x, y)$, який є визначеним у деякому околі точки.

Головний підхід до визначення просторового околу точки (x, y) полягає у використанні квадратної або прямокутної області з центром у точці (x, y) . Перетворення T застосовується в кожній точці (x, y) . Внаслідок отримуємо вихідне значення $g(x, y)$ для цієї точки. У процесі обчислень використовуються тільки піксели, розташовані в середині околу з центром (x, y) .

Розглядаючи метод еквалізації (вирівнювання) гістограм, припустимо, що рівні яскравості на тестових зображеннях є неперервними величинами, розподіленими у діапазоні $[0, 1]$. Нехай $f(x, y)$ – функція щільності розподілу ймовірностей (PDF, probability density function) рівнів яскравості даного зображення. Перетворення вхідних рівнів для отримання вихідних (оброблених) рівнів яскравості $g(x, y)$:

$$g(x, y) = T[f(x, y)] = \int_0^1 f(\omega) d\omega, \quad (2)$$

де: ω – змінна, за якою ведеться інтегрування. Отже, попереднє перетворення породжує зображення, рівні яскравості якого рівномірні і покривають увесь інтервал $[0, 1]$. Результатом процесу еквалізації зображення є збільшення динамічного діапазону рівнів яскравості, що означає збільшення контрастності обробленого зображення (Oh & Jung, 2012; Poli, Remondino, Angiuli & Agugiario, 2013).

Отримано низку поліпшених зображень шляхом вирівнювання гістограми (рис. 1), тобто в кожному випадку було досягнуто рівномірності розподілу яскравостей. Очевидно це перетворення виявилось ефективним для поліпшення візуальної якості низькоконтрастних деталей – епіцентрів лісових пожеж та зображення вигорілих ділянок.

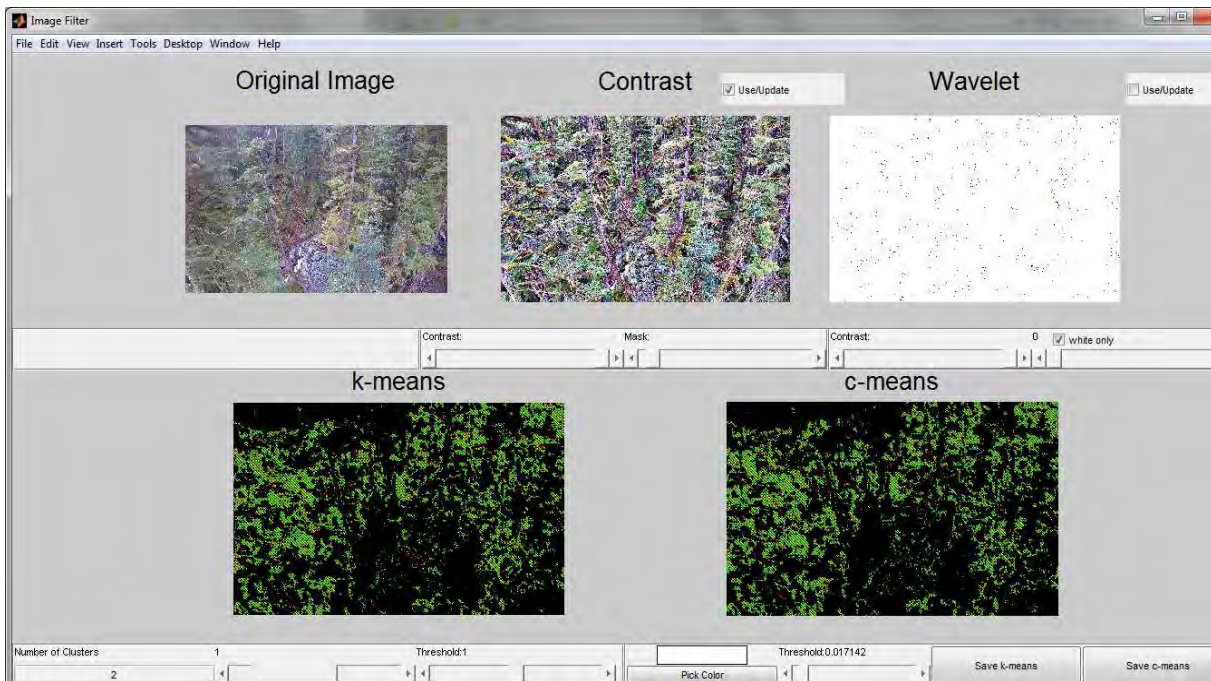


Рис. 1. Результат застосування методу підвищення контрастності. Функція Wavelet заблокована

Вейвлет-аналіз. У ході цифрового оброблення зображень потрібно виконувати ослаблення дії шумів різної природи. Це досягається фільтрацією. Фільтр Wavelet реалізує відносно новий і перспективний метод: представлення сигналу як сукупність елементарних хвиль-вейвлетів (Poli, Angiuli & Remondino, 2004; Polyanskii & Husak, 2013).

Пряме дискретне вейвлет-перетворення $G(u, v, \dots)$ зображення $f(x, y)$ розмірами $M \times N$ можна виразити таким рівнянням:

$$G(u, v, \dots) = \sum_{x, y} f(x, y) j_{u, v, \dots}(x, y), \quad (3)$$

де: x, y – просторові змінні, а u, v, \dots – змінні в перетвореній області. Знаючи $G(u, v, \dots)$, за допомогою узагальненого дискретного перетворення можна побудувати функцію $f(x, y)$

$$f(x, y) = \sum_{u, v, \dots} G(u, v, \dots) h_{u, v, \dots}(x, y). \quad (4)$$

Члени $j_{u, v, \dots}(x, y)$ та $h_{u, v, \dots}(x, y)$ – прямі та обернені ядра перетворення. Вони визначають природу, обчислювальну складність та практичну користь цієї пари пе-

ретворень. Коефіцієнти перетворення – $G(u, v, \dots)$ коефіцієнти розкладання функції f в ряд по $\{h_{u,v,\dots}(x, y)\}$. Це означає, що ядро оберненого перетворення визначає множину функцій розкладання для розкладання в ряди функцій $f(x, y)$.

На відміну від звичайних спектральних перетворень, вейвлет-аналіз дає змогу з однаковою точністю апроксимувати як гладкі функції, так і функції з різкими випадками, що дає змогу визначати незначні об'єкти. Оскільки вейвлет-перетворення представляє собою згортку сигналу зображення з вейвлет-функцією, що зміщу-

ється відносно координат, цей метод близький за змістом до методів на основі фільтрації. На відміну від рядів Фур'є, вейвлети здатні представляти локальні особливості сигналів. Це дає змогу застосовувати вейвлет-перетворення для аналізу тонких особливостей складних сигналів і зображень (Poli, Angiuli & Remondino, 2004). За допомогою вейвлетів можна здійснювати стиснення зображень та очищення їх від шуму. Попереднє вейвлет-оброблення дає змогу значно зменшити кількість вхідної інформації, що важливо для роботи в режимі реального часу. Результат представлено на рис. 2.

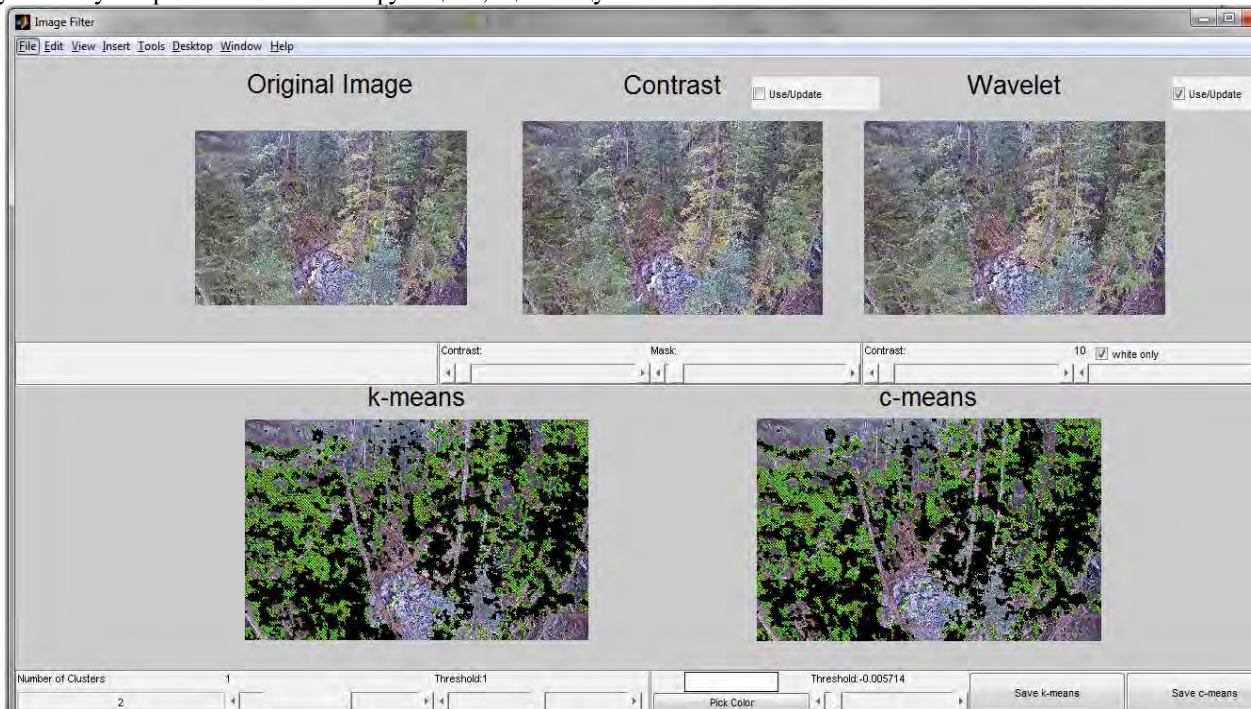


Рис. 2. Результат застосування вейвлет-аналізу. Функція contrast заблокована

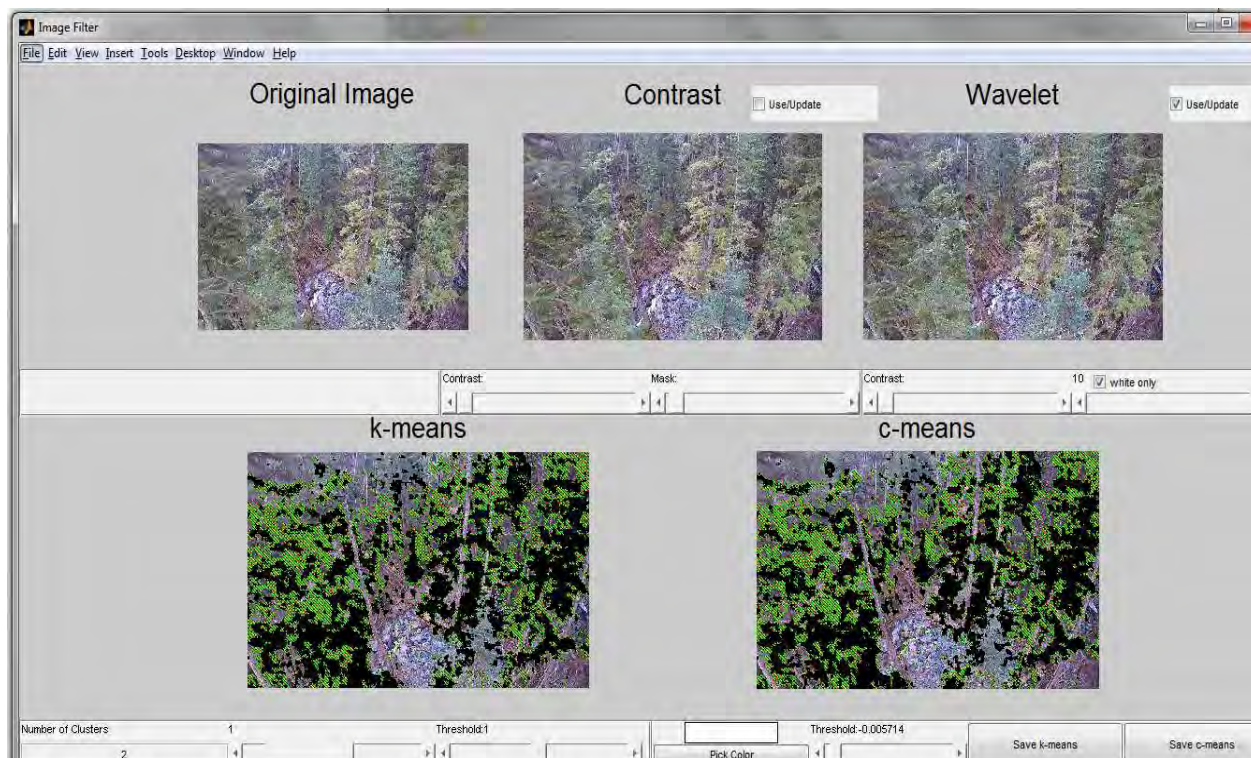


Рис. 3. Результат застосування методів підвищення контрастності та вейвлет-аналізу

Під час аналізу зображень виникає потреба в їх кластеризації – розділення пікселів зображень на групи за деякими ознаками. Оскільки в нашому дослідженні використовували кольорові зображення, то виконували кластеризацію за кольорними координатах. Як функцію сегментації використано функцію `imfilter` пакету `Mat- Lab`. Кластеризація дає змогу згрупувати подібні дані, що полегшує вирішення ряду задач `Data Mining`: вивчення даних, полегшення аналізу (Polyanskii & Husak, 2014). Результатом визначення кластерів і розбиття за ними даних є створення підсумкової моделі даних. У нашому випадку результатом кластеризації стало відокремлення природних об'єктів (гілок, стовбурів дерев, листової підстилки) від об'єктів неприродного походження (рис. 3, 4).

Кластеризацію проводили за двома алгоритмами.

Алгоритм k-середніх (k-means). Ідея методу полягає у визначенні центрів k кластерів та віднесення до кожного кластера об'єктів, що найближче розташовані до цих центрів. Метрика відстані загалом має вигляд:

$$d_A^2(m_j, c^{(i)}) = \|m_j - c^{(i)}\|_A^2 = (m_j - c^{(i)})^t A (m_j - c^{(i)}), \quad (5)$$

де матриця A визначає спосіб обчислення відстані.

Алгоритм Fuzzy c-Means. Цей алгоритм є узагальненням попереднього алгоритму. Його відмінність полягає в тому, що кластери тепер є нечіткими множинами і кожна точка належить різним кластерам з різним ступенем приналежності. Критерій – максимум належності. Сума належностей елемента даних всім кластерам простору розбиття дорівнює одиниці:

$$u_{ij} \in [0;1]; \sum_{i=1}^c u_{ij} = 1; \alpha \sum_{j=1}^d u_{ij} < d. \quad (6)$$

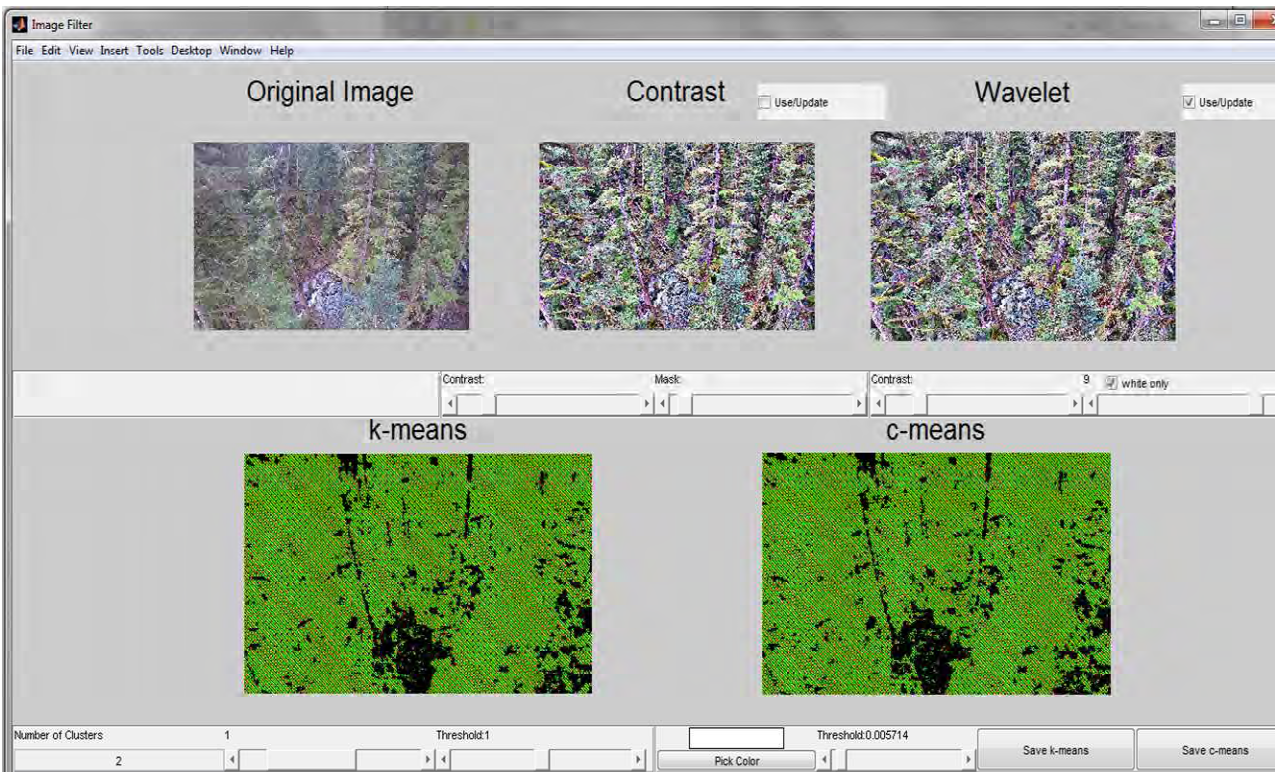


Рис. 4. Результат послідовного застосування методів підвищення контрастності, вейвлет-аналізу та алгоритмів кластеризації

Висновки:

1. Унаслідок послідовного застосування методів підвищення контрастності, вейвлет-аналізу та алгоритмів кластеризації покращується інформативність цифрових зображень. Епіцентри пожежі виокремлені і можуть бути безпомилково розпізнані оператором.
2. Оброблене зображення зводить до мінімуму вплив особливостей зорового сприйняття людиною-оператором на якість розпізнання.
3. Запропонована інформаційна технологія дає змогу в автоматичному режимі виокремлювати чужорідні кластери, проводити донавчання нейронної мережі та формувати відеопотік у режимі реального часу завдяки технології паралельних обчислень. Результатом цієї технології є створення підсумкового відеопотоку даних, що підвищує ймовірність виявлення епіцентру пожежі на фоні гілок та листової підстилки.

Перелік використаних джерел

Aguilar, M. A., Aguilar, F. J., Saldaña, M. del Mar & Fernández, I. (2012). Geopositioning Accuracy Assessment of GeoEye-1 Panchromatic and Multispectral Imagery. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 78(3), 247–257.

Capaldo, P., Crespi, M., Fratarcangeli, F., Nascetti, A., & Perialice, F. (2012). DSM generation from high resolution imagery: applications with WorldView-1 and GeoEye. *European journal of remote sensing*, 44, 41–53.

Forkuor, G., & Maathuis, B. (2012). Comparison of SRTM and ASTER Derived Digital Elevation Models over Two Regions in Ghana – Implications for Hydrological and Environmental Modeling. *Studies on Environmental and Applied Geomorphology*, 4, 219–240.

Gleyzes, M. A., Perret, L., & Kubik, P. (2012). Pleiades System Architecture and Main Performances. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXIX-B1, 537–542

Jeong, J., Kim, J., & Kim, T. (2014). Analysis of Geolocation Accuracy of KOMPSAT-3 Imagery. *Korean Journal of Remote Sensing*, 1, 37–45.

- Maglione, P., Parente, C., Vallario, A. (2013). Using WorldView -2 satellite imagery to support geoscience studies on Phlegraean area. *American Journal of Geosciences*, 3, 1–12.
- Oh, J., Lee, C., & Seo, D. C. (2011, May). A test result on positional accuracy of Kompsat-2 pan imagery. *Proceedings of ASPRS Annual Conference* (pp. 1–5). Milwaukee, Wisconsin.
- Oh, K.-Y., & Jung, H.-S. (2012). Automatic Geometric Calibration of KOMPSAT-2 Stereo Pair Data. *Korean Journal of Remote Sensing*, 2, 191–202.
- Poli, D., Angiuli, E., & Remondino, F. (2004). Radiometric and geometric analysis of WorldView-2 stereo scenes. Retrieved from: http://www.isprs.org/proceedings/xxxviii/part1/03/03_04_Paper_188.pdf
- Poli, D., Caravaggi, I. (2012). Digital surface modelling and 3D information extraction from spaceborne very high resolution stereo pairs. *JRC Scientific and Technical Reports*, 4, 31–35.
- Poli, D., Remondino, F., Angiuli, E., & Aguiaro, G. (2013). Evaluation of Pleiades-1A triplet on Trento test field. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-1/W1, 287–292.
- Polyanskii, P. V., & Husak, Ye. M. (2013). "Optical correlation aspect of holography: from ghost-imaging to static phase-conjugation holographic associative memories. *SPIE Proc*, 9066, 99660H1–14.
- Polyanskii, P. V., & Husak, Ye. M. (2014). Optical correlation approach to all-optical holographic associative memories. *Optical Memory & Neural Networks (Information Optics)*, 23(1), 12–25.
- Postelniak, A. (2014). Geometric potential of Pleiades 1A satellite imagery. *GeoScience Engineering*, 3, 19–27. Retrieved from: <http://gse.vsb.cz/ojs/GSE/article/view/54/47>
- Swaller, M. R., Southwell, C. J., & Emmerson, L. M. (2013). Continental-scale mapping of Adélie penguin colonies from Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, 139, 353–364.

Е. М. Гусак

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОВЫШЕНИЯ ИНФОРМАТИВНОСТИ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЭПИЦЕНТРОВ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Усовершенствованы методы обработки цифровых изображений и видеорядов, что позволило применять их в ходе мониторинга и оценки экстремальных ситуаций, в частности лесных пожаров. Рассмотрена возможность улучшения качества и повышения информативности аэрофотоснимков, полученных с помощью малых летательных аппаратов – квадрокоптеров с целью оперативного выявления эпицентров лесных пожаров. Проанализированы особенности методов и алгоритмов улучшения визуального качества цифровых изображений эпицентров лесных пожаров на аэрофотоснимках, полученных с помощью квадрокоптеров. Задачи обработки изображений сведены к небольшому количеству основных: фильтрация и улучшения визуального восприятия изображения; восстановление утраченных фрагментов; нахождение объектов и их идентификация на некотором фоне, оценка геометрических трансформаций и совмещение изображений, оценка параметров. В эту группу входят задачи измерения характеристик изображений или их отдельных элементов – вероятностные характеристики, положение, размеры объектов и т. д.; сжатие изображений. В процессе исследования были изучены методы обработки цифровых изображений и видеорядов, что позволило применять их в ходе мониторинга и оценки экстремальных ситуаций, в частности лесных пожаров. Особое внимание уделено методам раннего обнаружения очагов лесных пожаров. Представлен результат консолидации методов обработки цифровых снимков и видеопотоков, применение которых позволяет повысить достоверность информации о наличии эпицентров лесных пожаров.

Ключевые слова: лесопожарный мониторинг; эквализация гистограмм; вейвлет-анализ; кластеризация.

O. M. Husak

INFORMATION TECHNOLOGY TO IMPROVE THE INFORMATIVE VALUE OF THE IMAGES OF THE FOREST FIRES EPICENTERS

Solution of scientific and engineering problems when working with visual data requires a lot of efforts and is based on knowledge of specific methods. Appropriate and relevant scientific and practical task is the activities related to the improvement of the contemporary and the development of new methods of digital image processing. The solution of many problems of modern science and practice leads to the need to extract useful information from various kinds of digital images. Such problems arise in medicine, radio, heat, sonar, space and Earth exploration etc. In this work possibility to improve quality and increase the information content of aerial images is obtained with small aircraft – quadcopters for quick identification of epicentres of forest fires. As results of the research the author has improved methods of processing digital images and video sequences, which allowed applying them during monitoring and assessment of extreme situations, in particular forest fires. The author has also analyzed methods and algorithms for improving the visual quality of digital images of the epicenters of forest fires on aerophotograph obtained with quadcopters. Tasks of image processing, to reduce to a small number of major are as follows: filtering and improving the visual perception of the image; recovery of lost plots; finding objects and their identification on some background; estimate geometric transformation and image combining; estimation of the parameters. This group includes the tasks of measuring the characteristics of the images and their elements – probability characteristics, position, size and the like; image compression. The study tested the methods of digital processing of images and video sequences, which allowed us to apply them during monitoring and assessment of extreme situations, particularly fires. Special attention was paid to methods of early detection of forest fires. The result of the consolidation of methods of processing digital images and video streams are presented; their use allows increasing the accuracy of the data about the presence of the epicentres of forest fires.

Keywords: forest fire monitoring; histogram equalization; wavelet analysis; clustering.

Інформація про автора:

Гусак Олена Михайлівна, здобувач, викладач, ПВНЗ "Буковинський університет", м. Чернівці, Україна.

Email: faucon30@yandex.ru