

УДК 528.92

Б. ЧЕТВЕРІКОВ, О. КОРНІЄНКО, О. СОРОКА, В. КІЛАРУ

Кафедра фотограмметрії та геоінформатики, Національний університет “Львівська політехніка”, вул. С. Бандери, 12, Львів, 79013, Україна, +38(063)1671585, e-mail: chetverikov@email.ua

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ РОЗЛИВІВ НАФТИ В КЕРЧЕНСЬКІЙ ПРОТОЦІ ЗА РІЗНОЧАСОВИМИ КОСМІЧНИМИ ЗНІМКАМИ

Мета. Метою роботи є ознайомлення із методикою супутникового моніторингу розливів нафти на морській поверхні, формування вмін та навичок виявлення наявності змін на різночасових космічних знімках для певної території за допомогою модуля DeltaCue ПП Erdas Imagine. **Методика.** Подана в роботі технологічна схема передбачає використання двох незалежних методик опрацювання різночасових космічних знімків для визначення площі розливу нафти в Керченській протоці та порівняння результатів. Перша методика – це застосування модуля визначення змін об’єктів DeltaCue, що входить до комплексу програмного забезпечення ErdasImagine. Цей модуль передбачає опрацювання знімків до та після події. Для опрацювання даних можна використовувати три фільтри: спектральну сегментацію, неправильну реєстрацію пікселів пари зображень та просторову фільтрацію. Друга використана методика – неконтрольована класифікація за алгоритмом ISODATA. Спочатку було класифіковано знімок до розливу нафти, а потім після розливу. Зі знімком після розливу здійснено шість ітерацій, поки не згрупували класи до двох: розлив і усі інші. Після цього результати експортовано у векторний формат, де визначено відмінності знімків у місці розливу. Отримані дані порівняно і визначено, що методика із використанням модуля DeltaCue дала кращий результат і її доцільніше застосовувати для таких робіт. **Результати.** У результаті досліджень визначено площі розливів нафти в Керченській протоці у 2007 р. Використовуючи модуль DeltaCue програмного пакета Erdas Imagine, одержали площу 30918,4 км², а здійснивши неконтрольовану класифікацію знімків, – площу розливу нафти 29717,5 км². Проаналізувавши отримані результати, можна зробити висновок, що для таких досліджень ефективніше використовувати модуль DeltaCue, оскільки у разі неконтрольованої класифікації частина пікселів реєструється помилково. **Наукова новизна.** У дослідженнях використано загальновідомі методики, а наукова новизна полягає саме в їх порівнянні на прикладі техногенної катастрофи. **Практична цінність.** Використовуючи ці методики, можна визначити наслідки різних стихійних і техногенних лих та з’ясувати, яка з них краще підходить для того чи іншого випадку.

Ключові слова: модуль DeltaCue, неконтрольована класифікація, різночасові космічні знімки, розлив нафти, синтезовані знімки.

Вступ

Суттєве погіршення екологічного стану Світового океану та підвищення кількості екологічних катастроф природного та антропогенного походження спонукає до розроблення надійних методів контролю і застосування нових засобів прогнозування й оцінки рівня ризику виникнення кризових екологічних ситуацій.

Для вирішення завдань моніторингу розливів нафти перспективним є застосування геоінформаційних технологій, що передбачають комплексне використання різних джерел даних моніторингу навколишнього середовища.

Якість даних, отриманих засобами супутникового спостереження, останнім часом істотно поліпшилась, а такі переваги, як глобальність,

екстериторіальність, безперервність, оперативність (на відміну від традиційних морських та повітряних засобів), дають підстави стверджувати про їх пріоритетність під час вирішення завдань моніторингу техногенних катастроф.

Під час трагедії на території Керченської протоки події розгортались так: у ніч з 10 на 11 листопада 2007 р. з Балканського регіону на акваторію Чорного моря зі швидкістю 70 км/год вирушив у бік Криму південний циклон. Шторм приніс вітер небувалої сили, до того ж південний. Це призвело до того, що на мілководді морські хвилі руйнувалися, з’явилися круті нелінійні хвилі, висота яких за глибин 8 м і вітру до 35 м/с досягала 6–7 м. Нафтоналивне судно “Волгонефть-139”, що перевозило 4777 тонн мазуту, розламалося в районі

якірної стоянки з південного боку острова Тузла. Заякорена носова частина танкера після аварії залишилася на місці, а корму під дією вітру і течій віднесло до острова Тузла і викинуло на міліну. За офіційними даними, з носової частини танкера за 12 годин витекло 1000 т мазуту, а з кормової ще 600 т. Точна кількість мазуту, що потрапив у воду, не відома.

Визначенням наслідків техногенних катастроф за різночасовими даними займалося багато як вітчизняних [Литовченко К. Ц. та ін., 2007; Иванов А. Ю., 2004; Иванов А., Островский А., 2003; Красовський Г. Я., Петросов В. А., 2003], так і закордонних вчених [Alpers, W., & H. Espedal, 2004; Brekke, S., & A. H. S. Solberg, 2005; Lončar, J., & M. Maradin, 2009; Ostergaard, P. 2004; Fingas M. F., 2000, Rasmussen, C., 2007; Shi, L., A. Yu. Ivanov, M.-X. HE, & C. Zhao, 2008]. Завдання цієї методики, окрім отримання кількісних показників розливів нафти, – порівняти дві незалежні методики їх визначення.

Мета

Мета роботи полягає у ознайомленні із методикою супутникового моніторингу розливів нафти на морській поверхні, формуванні вміль та навичок виявлення наявності змін на різночасових космічних знімках для певної території за допомогою модуля DeltaCue ПП Erdas Imagine.

Методика

Основні завдання моніторингу розливів нафти такі:

- виявлення фактів аварійних розливів;
- оцінювання екологічних наслідків розливів;
- визначення і контроль напрямку і швидкості поширення нафтової плями;
- інформаційне обслуговування робіт з ліквідації розливів нафти та нафтопродуктів.

Для проведення досліджень використано пару радарних знімків із супутника Radarsat-1 для території Керченської протоки із розширенням 25–30 м (рис. 1). Кожна пара знімків покриває ту саму територію і має однакове розширення. Час між зніманням – декілька днів.

В результаті візуального перегляду добре видно положення плям нафти на поверхні води в акваторії Керченської протоки та в південній частині Азовського моря.

Космічна програма Radarsat є сьогодні однією з найнадійніших радіолокаційних програм у світі та надає кінцевому користувачеві дані з просторовою розрізненістю від 8 до 100 м у смузі огляду від 50 до

500 км. Унікальною властивістю радіолокаційного знімання порівняно із оптичним є його незалежність від природної освітленості (часу доби і року) і хмарного покриву.



a



b

Рис. 1. Космічні знімки на території Керченської протоки за 15 (а) та 16 листопада (б)

Основне завдання експериментальної частини роботи – визначити поширення розливу нафти під час катастрофи в Керченській протоці за різночасовими космічними знімками. Саме тому технологічна схема, яка передбачає послідовні кроки виконання поставленого завдання, матиме вигляд, як на рис. 2.

Оскільки отримані знімки були у вигляді панхроматичних зображень у відтінках сірого (деформацію за рельєф усунули раніше), необхідно було лише пов'язати їх між собою, тобто присвоїти їм однакову систему координат. Вибрано умовну

систему координат. Максимальна похибка прив'язки одного зображення відносно другого – п'ять пікселів, що цілком задовільно для використання запланованих фільтрів.

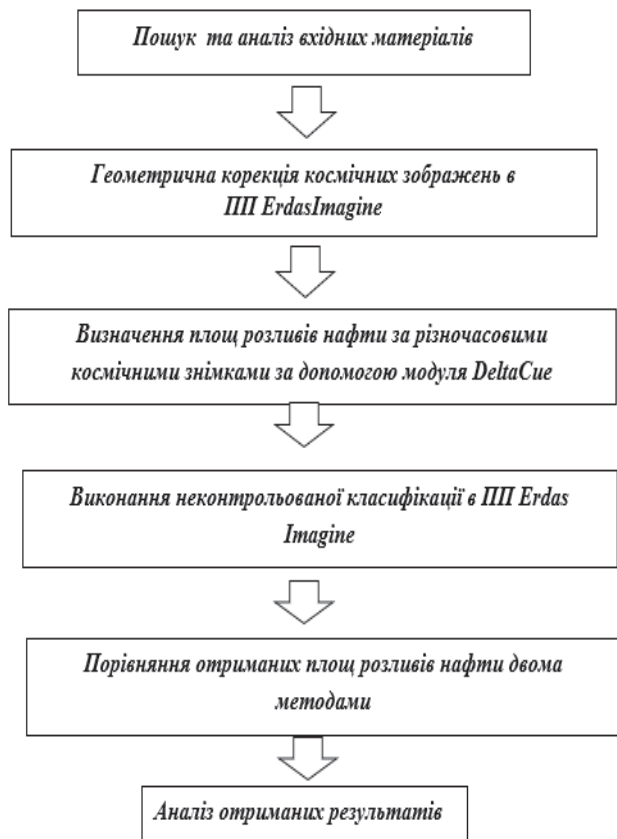


Рис. 2. Технологічна схема визначення поширення розливу нафти за різночасовими космічними знімками в ПП Erdas Imagine

Методика опрацювання різночасових космічних зображень для визначення площ розливів нафти в модулі DeltaCue передбачає такі етапи:

- нормалізація зображення та вибір параметрів формування різницевого зображення;
- вибір методу фільтрації з метою подальшого усунення небажаних змін;
- налаштування елементів, що відображаються у файлі різниць;
- виконання декількох ітерацій для пошуку змін за всіма трьома фільтрами.

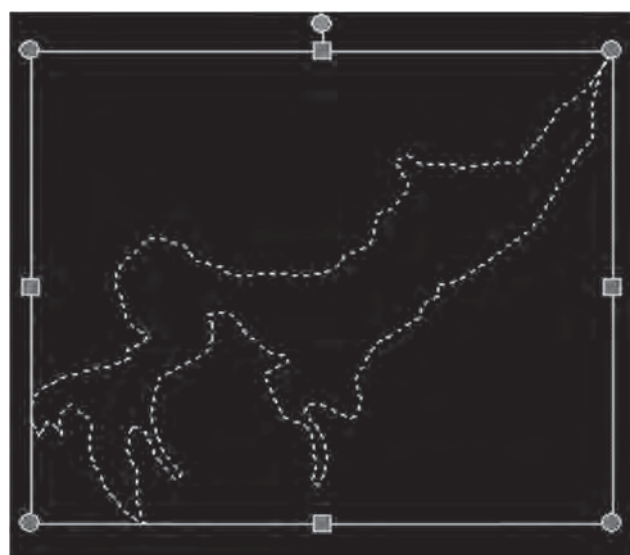
Для опрацювання знімків у модулі DeltaCue використано три типи фільтрів: спектральну сегментацію, неправильну реєстрацію пікселів пари зображень та просторову фільтрацію. Для досягнення прийнятного результату і видалення надлишкових шумів здійснено п'ять ітерацій.

Неконтрольовану класифікацію виконано методом ISODATA, запрограмованим у програмному пакеті

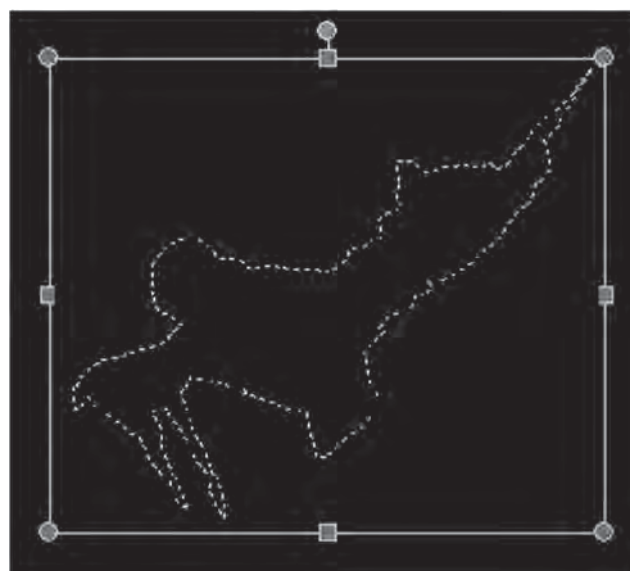
Erdas Imagine. Упродовж класифікування двох зображень за рахунок збільшення кількості класів змінилася з початкових семи до кінцевих двох. Отримані результати експортовано у векторний формат даних shape, завдяки чому вдалося визначити безпосередньо площу розливу нафти.

Результати досліджень

У результаті досліджень різними методами визначено дві площі розливу нафти. На рис. 3, а подано площу розливу нафти, встановлену за допомогою неконтрольованої класифікації пари знімків, а на рис. 3, б – отриману за допомогою модуля DeltaCue.



а



б

Рис. 3. Векторні шари площ розливу нафти в Керченській протоці, отримані за допомогою: а – неконтрольованої класифікації; б – модуля пошуку змін

У таблиці подано кількісні показники розливу нафти, отримані двома методами. Як бачимо, площі майже однакові, але неконтрольована класифікація дала все ж трохи меншу площу, що пояснюється неправильною реєстрацією деяких пікселів до відповідних класів.

Площі розливу нафти в Керченській протоці, отримані різними методами

Територія	Модуль DeltaCue	Неконтрольована класифікація
Керченська протока, (16.11.04)	30918,4 км ²	29717,5 км ²

Висновки

Завдяки визначенню змін величини площ за різночасовими знімками у програмному модулі DeltaCue та неконтрольованій класифікації виявлено перспективність застосування ПП Erdas Imagine для вирішення завдань моніторингу техногенних катастроф.

У ході експериментальних досліджень отримано шейп-файли для територій Керченської протоки та обчислено площі нафтових плям.

Різниця визначених площ не є істотною, а також близька до реальних значень. Це свідчить про ефективність запропонованого методу та практичну можливість реалізації методики визначення розливів нафти за різночасовими космічними знімками засобами ПП ERDAS Imagine. Такі дані можна використовувати для моніторингу катастроф та дослідження їх впливу на природне середовище та стан морських акваторій.

Література

Литовченко К. Ц., Лаврова О. Ю., Митягина М. И. и др. (2007). Нефтяные загрязнения восточной части Черного моря: космический мониторинг и

подспутниковая верификация. *Исследование Земли из космоса*, № 1, С. 81–94.

Иванов А. Ю., Ермошкин И. С. (2004). Картографирование пленочных загрязнений морской поверхности по данным космической радиолокации. *Технологии ТЭК*, № 3, С. 64–69.

Иванов А., Островский А. (2003). Применение средств космической радиолокации для мониторинга морской добычи и транспортировки нефти. *Технологии ТЭК*, № 6, С. 58–64.

Красовський Г. Я., Петросов В. А. (2003). Інформаційні технології космічного моніторингу водних екосистем і прогнозу водоспоживання міст. К.: Наукова думка, 223 с.

Alpers, W., & H. Espedal (2004). Oils and surfactants. In: *Synthetic Aperture Radar Marine User's Manual*. U.S. Department of Commerce, Washington, p. 263–276

Brekke, C., & A. H. S. Solberg. 2005. Oil spill detection by satellite remote sensing. *Rem. Sens. Environ.*, 95: 1–13.

Lončar, J., & M. Maradin. 2009. Environmental challenges sustainable development in the Croatian North Adriatic littoral region. *Razgledi*, 31: 159–173. (available at: http://www.ff.uni-lj.si/oddelki/geo/publikacije/dela/files/dela_31/10_loncar.pdf).

Ostergaard, P. (2004). Oil Spill Contingency Planning and Technical Cooperation of the Black Sea Region.

Fingas M. F., Brown C. E. (2000). Review of oil spill remote sensing. Proc. of the 5th Internat. Conf. on Remote Sensing for Marine and Coastal Environments. Environmental Research Institute of Michigan, Ann Arbor, Michigan, P. 211–218.

Rasmussen, C, Gerke, O, Greco, M, Richard, P, Alberto, J, Dobson, E, Nijenhuis, R. Spill (2007). in Kerch Strait, Ukraine, Final Report, Community Civil Protection Mechanism, European Commission.

Shi, L., A. Yu. Ivanov, M.-X. He, & C. Zhao (2008). Oil spill mapping in the western part of the East China Sea using synthetic aperture radar imagery. *Int. J. of Rem. Sens.*, 29 (21): 6315–6329.

B. CHETVERIKOV, O. KORNIYENKO, O. SOROKA, V. KILARU

Department of Photogrammetry and Geoinformatics, Lviv Polytechnic National University, 12, S. Bandery str., Lviv, 79013, Ukraine, +38 (063) 1671585, e-mail: chetverikov@email.ua

METHOD OF DETERMINATION OF OIL SPILL IN THE KERCH STRAIT BY DIFFERENT TIME SPACE IMAGES

Aim. The aim of the work is to familiarize with the method of satellite monitoring of oil spills on the sea surface, the formation of skills and abilities to detect the presence of changes on time-varying space images for a specific area with the help of DeltaCue module ErdasImagine software package. **Method.** The technological scheme proposed in the paper involves the use of two independent methods of processing time-varying space images to determine the oil spill area in the Kerch Strait and compare the results. The first technique is to use of defining changes to DeltaCue objects, included

in the ErdasImagine software package. This module includes the processing of images before and after the event. When processing data, it is possible to use three filters: spectral segmentation, incorrect recording of pixel pairs images and spatial filtering. The second method used is the uncontrolled classification by the ISODATA algorithm. Firstly, an image of the oil spill was classified, and then after the spill. With an image after the spill it was carried out 6 iterations, while not grouping classes to two: spill and everything else. After that, the results were exported to a vector format that detected the difference in the images at the spill location. The obtained data is comparatively and it is determined that the method using the DeltaCue module showed a better result and is more suitable for this kind of work. **Results.** As a result of the research, the oil spill area in the Kerch Strait in 2007 was received. Using the DeltaCue module of the ErdasImagine software package, an area of 30,918.4 km² was obtained. After taking an uncontrolled classification of images, an area of oil spill was obtained at 29717.5 km². After analyzing the results obtained, it can be concluded that for such studies, it is more efficient to use the DeltaCue module, since in the uncontrolled classification a part of the pixels is recorded incorrectly. **Scientific novelty.** The methods presented in the studies are well-known, and the scientific novelty lies precisely in their comparison on the example of a man-made disaster. **Practical significance.** Using these techniques, you can determine the effects of various natural and man-made disasters and determine which one is best suited to one particular case.

Key words: DeltaCue module, uncontrolled classification, different time space images, oil spill, synthesized images.

References

- Litovchenko K. Ts., Lavrova O. Yu., Mityagina M. I. i dr. (2007). Neftyanyie zagryazneniya vostochnoy chasti Chernogo morya: kosmicheskiy monitoring i podsputnikovaya verifikatsiya. *Issledovanie Zemli iz kosmosa*. No. 1, C. 81–94.
- Ivanov A. Yu., Ermoshkin I. S. (2004). Kartografirovanie plenochnyih zagryazneniy morskoy poverhnosti po dannyim kosmicheskoy radiolokatsii. *Tehnologii TEK*, No. 3, S. 64–69.
- Ivanov A., Ostrovskiy A. (2003). Primenenie sredstv kosmicheskoy radiolokatsii dlya monitoringa morskoy dobyichi i transportirovki nefi. *Tehnologii TEK*, No. 6, S. 58–64.
- Krasovsky`j G. Ya., Petrosov V. A. (2003). Informacijni tehnologiyi kosmichnogo monitoryngu vodnyx ekosystem i prognozu vodospozhyvannya mist. K.: Naukova dumka, 223 s.
- Alpers, W., & H. Espedal (200). Oils and surfactants. In: Synthetic Aperture Radar Marine User's Manual. U.S. Department of Commerce, Washington, p. 263–276.
- Brekke, C., & A. H. S. Solberg (2005). Oil spill detection by satellite remote sensing. *Rem. Sens. Environ.*, 95: 1–13.
- Lončar, J., & M. Maradin. 2009. Environmental challenges sustainable development in the Croatian North Adriatic littoral region. *Razgledi*, 31: 159–173. (available at: [http:// www.ff.uni-lj.si/oddelki/geo/publikacije/dela/files/dela_31/10_loncar.pdf](http://www.ff.uni-lj.si/oddelki/geo/publikacije/dela/files/dela_31/10_loncar.pdf)).
- Ostergaard, P. (2004). Oil Spill Contingency Planning and Technical Cooperation of the Black Sea Region.
- Fingas M. F., Brown C. E. (2000). Review of oil spill remote sensing. Proc. of the 5th Internat. Conf. on Remote Sensing for Marine and Coastal Environments. Environmental Research Institute of Michigan, Ann Arbor, Michigan, P. 211–218.
- Rasmussen, C., Gerke, O., Greco, M., Richard, P., Alberto, J., Dobson, E., Nijenhuis, R. (2007). Spill in Kerch Strait, Ukraine, Final Report, Community Civil Protection Mechanism, European Commission.
- Shi, L., A. Yu. Ivanov, M.-X. He, & C. Zhao (2008). Oil spill mapping in the western part of the East China Sea using synthetic aperture radar imagery. *Int. J. of Rem. Sens.*, 29 (21): 6315–6329.

