

## МЕТОДИКА ДИСТАНЦІЙНОГО ВИЗНАЧЕННЯ РУЙНАЦІЙ БУДІВЕЛЬ ПІСЛЯ ЗЕМЛЕТРУСУ З ВИКОРИСТАННЯМ ПАКЕТА ERDAS

© Четверіков Б., Марусаж Х., 2012

*Данные о результатах землетрясения очень важны при оценке причиненных убытков, а также их могут использовать спасатели во время чрезвычайных ситуаций. Представлена технологическая схема количественного определения уничтоженных объектов впоследствии стихийного бедствия на примере фрагментов космических изображений г.Сендай (Япония).*

*Data about results of earthquake are also important when evaluation of damages and can be used by rescuers in emergency situations. Technological scheme of quantitative determination of destroyed objects caused by natural disaster on the example of fragmental space images of the city Senday (Japan) is presented in the paper.*

**Постановка проблеми.** Землетрус є найбільш небезпечним й руйнівним стихійним лихом. Ділянка виникнення підземного удару є осередком землетрусу, в межах якої відбувається процес вивільнення накопичуваної енергії. У центрі стихії умовно виділяється точка, що називається гіпоцентром. У період землетрусу від гіпоцентра в різні боки поширюються пружні сейсмічні хвилі, поздовжні і поперечні. Землетруси зазвичай охоплюють великі території. Внаслідок цього порушується цілісність ґрунту, руйнуються будівлі і споруди, виводяться з експлуатації комунально-енергетичні мережі, можливі людські втрати. Сьогодні вирішенню питання прогнозування і підрахунку руйнівних результатів внаслідок стихійних лих приділяють дуже багато уваги науковці по всій планеті, особливо в державах, у яких ризик виникнення подібних проблем є найвищим. Це дозволяє спрогнозувати економічні затрати на їх усунення, а також, за можливості зменшити наслідки таких руйнацій. Однак і тепер залишається ще дуже багато питань, які необхідно з'ясувати, щоб зменшити або реально оцінити результати подібних проблем.

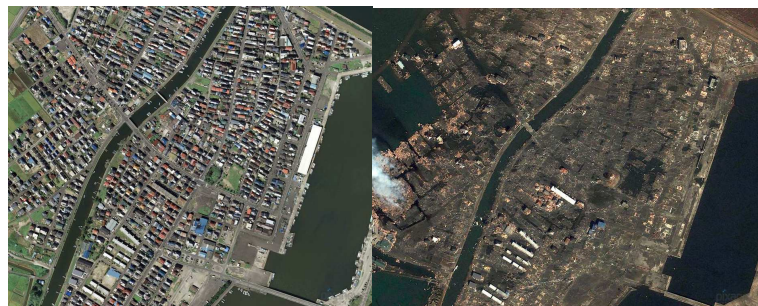
**Зв'язок із важливими науковими і практичними завданнями.** Внаслідок стихійних лих дуже значних руйнацій зазнають насамперед висотні будівлі і споруди. Архітектурна значимість багатьох з них є неоціненною не тільки на національному рівні країн, у яких виникають ці лиха, а й для усього світу, загалом. Здебільшого всі ці об'єкти знаходяться на балансі органів місцевого самоврядування і слідкують за ними структури зі збереження культурної спадщини, фінансування яких є дуже обмеженим, навіть в країнах економічно високорозвинених. Отже, необхідно розробляти технологічні схеми, які б повною мірою давали об'єктивну оцінку зруйнованих об'єктів, а відповідно, і здешевлювали можливість їх відбудови чи реставрації.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій, присвячених вирішенню цієї проблеми.** Необхідно відзначити, що проблемою знаходження оптимального варіанта для підрахунку збитків внаслідок різного роду стихійних лих займались у різні роки багато як вітчизняних [6, 7, 9], так і зарубіжних вчених [1], але й досі не знайдено відпрацьовану технологічну схему, яка б стала еталоном. У літературі більша увага приділяється висвітленню проблеми пошкодження територій, внаслідок повеней [7,9] або пожеж та менша увага зосереджена на руйнації містобудівних об'єктів внаслідок землетрусів.

**Невирішені частини загальної проблеми.** На підставі розробленої технологічної схеми необхідно визначити кількісні характеристики отриманих результатів зміни об'єктів внаслідок стихійного лиха за матеріалами різночасових космічних зображень.

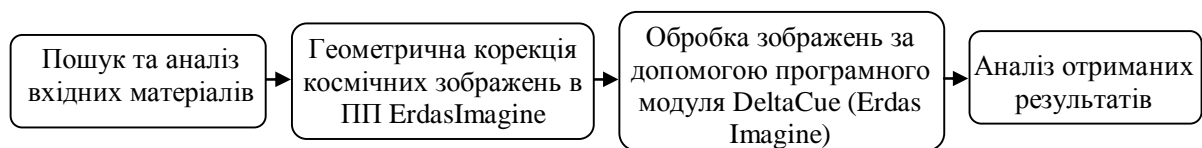
**Постановка завдання.** Завдання полягає в тому, щоб за допомогою програмного пакета ErdasImagine, а саме, окремого його модуля DeltaCue, визначити загальну кількість зруйнованих площинних об'єктів у м.Сендай внаслідок землетрусу, що там відбувся.

**Виклад основного матеріалу.** Землетрус біля східного узбережжя острова Хонсю в Японії відбувся 11 березня, в п'ятницю 2011 р. о 14.46 год. за місцевим часом (7.46 год. – в Україні). Магнітуда землетрусу становила 9–9,1 бала за шкалою Ріхтера. Землетрус, який пройшов у Японії, “посунув” її територію на 4 м на схід, а велика частина узбережжя, яку пошкодили гігантські хвилі, опустилася приблизно на 1 м глибше. Такі висновки науковці зробили після того, як детально проаналізували отримані дані з системи під назвою Geonet, яка складається із 1,2 тис. станцій GPS. На рис. 1 подані космічні зображення, отримані з супутника GeoEye-1 до та після землетрусу.



*Рис. 1. Космічні знімки м. Сендай, отримані з супутника GeoEye-1 14 квітня 2010 р. та 12 березня 2011 р., до і після стихійного лиха*

Оскільки основним завданням роботи було визначення загальної кількості зруйнованих об'єктів (будинків) на цю територію, то запропоновано технологічну схему, яка передбачає послідовні кроки виконання завдання, починаючи з попереднього пошуку вхідних матеріалів і закінчуючи аналізом отриманих в результаті виконання послідовних дій даних (рис. 2).



*Рис. 2. Технологічна схема отримання загальної кількості руйнацій об'єктів в ПП ErdasImagine*

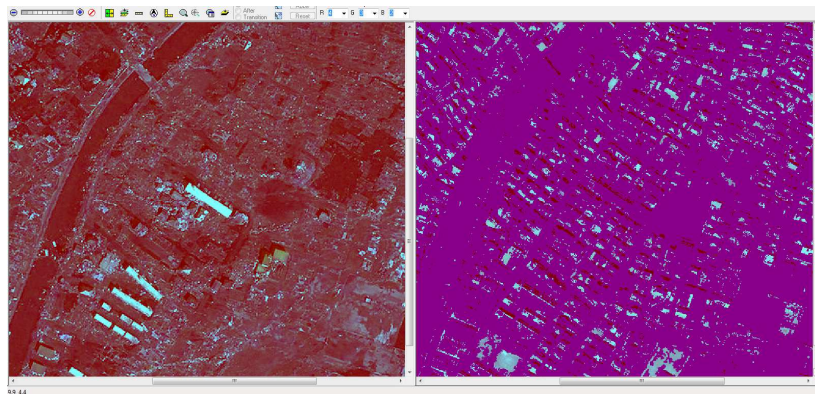
За допомогою програмного пакета ERDAS IMAGINE [3,10] була проведена геометрична корекція космічних зображень на територію м. Сендай до та після землетрусу по 9 опорних точках. При геометричній корекції застосовано квадратичну поліноміальну модель другого ступеня [2] та обрано систему координат WGS84. Внаслідок проведення цих дій отримані середні квадратичні похибки, що становили 1,7 м по осі X та 2,2 м по осі Y для знімка до землетрусу та 1,9 м по осі X та 2,1 м по осі Y після нього, що задовольняють допустимі значення для мультиспектрального зображення отриманого з супутника GeoEye-1.

Наступним кроком була обробка трансформованих зображень у програмному модулі DeltaCue [4, 5, 8, 10]. DeltaCue – додатковий модуль для ПП ERDAS IMAGINE, який дозволяє виявити від-

мінності між двома знімками однієї і тієї ж території, отриманих в різний час. За рахунок динамічного встановлення порогів змін, а також просторової або спектральної фільтрації модуль дозволяє відображати тільки ті зміни, які нас цікавлять. Обробка та аналіз даних в ERDAS IMAGINE DeltaCue організовані у вигляді проектів, що передбачають певну послідовність дій: попередня обробка; виявлення змін; фільтрація виявлених змін; відображення і аналіз змін.

У діалоговому вікні вибору методу виявлення змін можна контролювати три типи фільтрів змін: спектральну сегментацію, неправильну реєстрацію пікселів пари зображень та просторову фільтрацію. Для отримання об'єктивної інформації по змінах, що відбулися, виконано пошук без та з застосуванням просторового фільтра. Спочатку виконано пошук зміни пікселів залежно від їх спектрального класу та неправильної реєстрації пікселів пари зображень. Цей пошук виконано по трьох ітераціях, що не дало достатньо позитивного результату, оскільки в кінці залишалися фрагменти помилкових об'єктів, що не давало повної об'єктивної уяви змін, що відбулися. Далі виконано пошук за всіма трьома фільтрами, додавши і просторовий фільтр також. Він обчислює кілька геометричних властивостей на основі контуру. До них належать: площа; довжина головної осі; довжина незначних осей; компактність; подовження.

Для виконання завдання використано такі геометричні властивості як: площа, компактність та подовження. У результаті отримано об'єктивне зображення різницевого показника змін, що наведено на рис. 3.



*Рис. 3. Вікно результату обробки зображень у програмному модулі DeltaCue, в якому з лівого боку подано космічне зображення на дослідну територію після землетрусу та растрове зображення різницевого показника змін*

Останнім кроком було отримання загальної картини зруйнованих об'єктів внаслідок землетрусу, що відбувся. Згідно з даними, які отримано в результаті досліджень, їхня кількість становила 376 зруйнованих будинків, з них 76 % – були зруйновані повністю, 17 % – зруйновані на 50–75 % та в 7 % – ступінь руйнації становив від 0 до 25 %.

### **Висновки:**

1. Отримано два космічних зображення, зняті з супутника Geo Eye-1 на територію м. Сендай (Японія) до та після цунамі, та запропоновано технологічну схему отримання загальної кількості руйнацій об'єктів (будівель).

2. Проведена геометрична корекція зображень засобами ПП ERDAS IMAGINE, внаслідок чого отримані середні квадратичні похибки, що становили 1,7 м по осі X та 2,2 м по осі Y для знімка до землетрусу та 1,9 м по осі X та 2,1 м по осі Y після нього, що задовольняють допустимі значення.

3. Виконано напівавтоматичну класифікацію зруйнованих об'єктів та їх аналіз за допомогою програмного модуля ERDAS IMAGINE – DeltaCue та отримано загальну кількість руйнацій. Ця кількість становила 376 зруйнованих будинків, з них 76 % – були зруйновані повністю, 17 % – зруйновані на 50–75 % та в 7 % – ступінь руйнації становив від 0 до 25 %.

1. Джаміля Нусрет кизи Імамалієва. Організація захисту від стихійного лиха в міському господарстві.// Економіка будівництва і міського господарства. – 2011. – Т.7.– №1. – С. 59–64. 2. Дорожинський О.Л. Фотограмметрія: Підручник / О.Л. Дорожинський, Р. Тукай. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту "Львівська політехніка", 2008. – 332 с. 3. ERDAS IMAGINE. Практическое руководство TourGuides. LLC, 2005. – 735 с. 4. IMAGINE DeltaCue/User's Guide September. 2008 ERDAS, Inc. 5. Кохан С.С. Дистанційне зондування землі./ С.С.Кохан, А.Б.Востоков, О.О. Леонтъев. – К., 2010. – 300с. 6. Куцскуль Н.М. High-performance Intelligent Computations for Environmental and Disaster Monitoring/ Куцскуль Н.М. та ін.// Intelligent Data Processing in Global Monitoring for Environment and Security, ІТНЕА, Київ-Софія, 2011. – С.76–103. 7. Самойленко Л.І. Інформаційна технологія моніторингу повеней з використанням даних ДЗЗ/ Л.І.Самойленко та ін.//Космічна наука і технологія. – 2009. – Т.15. – № 3. – С.50–55. 8. Сборник упражнений по работе с ERDAS IMAGINE. ESSENTIALS, ADVANTAGE, PROFESSIONAL. DATA+, 2001. – 119 с. 9. Скакун С.В. Геоінформаційний сервіс моніторингу наводків за супутниковими даними // Наука та інновації. – 2010. – Т.6. – № 4. – С. 29–36. 10. <http://www.erdas.com.ua>