

UDC 556.5+627.13+518.9+682.964

<https://doi.org/10.31073/ecobezpeka202406/1-04>

ЗАСТОСУВАННЯ АЕРОКОСМІЧНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СИСТЕМІ ПІДТРИМКИ ЕКОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ОЦІНКИ МІЖКОРДОННИХ ЕКОЛОГІЧНИХ КОНФЛІКТІВ

Машков О.А., Андрійчук Ю.М., Присяжний В.І.,
Оводенко Т.С., Ромасевич І.П.

Державна екологічна академія післядипломної освіти та менеджменту,
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, Київ
mashkov_oleg_52@ukr.net

У статті розглядається технологія використання даних аерокосмічного моніторингу для оцінки міжкордонних екологічних конфліктів. Для оцінки транскордонного впливу економічної діяльності екологічно небезпечних підприємств та можливих ризиків для довкілля рекомендується застосовувати сучасні інформаційні технології (використання матеріалів дистанційного зондування з супутників, використання геоінформаційних технологій та систем штучного інтелекту). Технології спостереження Землі в космосі використовуються для вивчення трансграничного впливу діяльності штучних об'єктів навколишнього середовища на довкілля. Було проведено інформаційну оцінку транскордонного впливу на довкілля на довкілля. Розглядається технологія використання мультиспектральних космічних зображень для оцінки стану транскордонних екологічних конфліктів. Запропонуються рекомендації щодо оцінки даних дистанційного зондування транскордонного впливу діяльності кар'єру Хатислав на стан навколишнього середовища. Згідно з даними обробки аерокосмічних досліджень із

використанням геоінформаційних технологій, було встановлено, що експлуатація техногенних і екологічно небезпечних об'єктів у прикордонній зоні може призвести до біосферного конфлікту (транскордонне забруднення) та екологічної катастрофи: збільшення потоку води в Чорне море та зменшення потоку води в Балтійське море. Це призведе до уповільнення водообміну в Шацьких озерах і, як наслідок, до збільшення кількості природних і антропогенних факторів евтрофікації озер Національного природного парку Шацьк. Проведені дослідження показують необхідність термінових заходів для організації постійного моніторингу стану підземних вод у прикордонній зоні з метою постійного контролю за їхнім станом і своєчасного вжиття необхідних заходів для запобігання можливим негативним екологічним наслідкам на території України.

Ключові слова: аерокосмічні технології, дистанційне зондування Землі, оцінка інформації, моніторинг, система штучного інтелекту, транскордонні екологічні конфлікти.

Створюю проблему.

У статті розглядається технологія використання даних аерокосмічного моніторингу для оцінки транскордонних екологічних конфліктів на прикладі піщаних і вапнякових кар'єрів Хатислава. Близькість Хатиславського піщано-вапнякового кар'єру, який розташований на території Брестської області Білорусі, всього за 25 кілометрів від Світлязя, загрожує існування Шацьких озер в Україні. Наразі цей кар'єр, який добуває найякісніший кварцовий пісок і вапно в Європі, частково розроблений до глибини до 60 метрів, а найглибша ділянка на Свяязі сягає 58 метрів. Озера карстового походження, розташовані на вододілах між Балтійським і Чорним морями. Тому відтік води з цих озер у кар'єр загрожує зробити їх мілкими і, відповідно, порушити екосистему регіону загалом. Крім того, на дні озер щодня відкладаються пилові хмари, насичені сполуками плумбуму, калію та сірки, які піднімаються з кар'єрів під час видобутку піску та вапна. Подальше будівництво та видобуток крейди могло порушити підземні водоносні горизонти та перекрити постачання до Шатських озер.

Для вивчення та вирішення екологічної проблеми Хатиславського заповідника необхідно використовувати сучасні інформаційні технології (використання матеріалів для дистанційного зондування Землі з супутників та геоінформаційних технологій).

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Питання застосування штучного інтелекту для розв'язання проблем керування складними динамічними процесами розглядали Нільс Дж. Нільсон, Стюарт Дж. Рассел, Пітер Норвіг [8, 9]. Парадигма обробки інформації в інтелектуальній інформаційній системі для підтримки прийняття рішень у сфері екологічної безпеки запропонована у [3-7]. Аналіз показує, що сьогодні питання Асоціація аерокосмічних інформаційних

технологій у системі підтримки екологічних рішень із використанням штучного інтелекту для оцінки транскордонних екологічних конфліктів.

Результати досліджень.

А. Передача космічних технологій для спостереження Землі у вивченні транскордонного впливу діяльності штучних об'єктів, створених навколишнім середовищем.

На нинішньому етапі, при розшифруванні космічних зображень, одним із головних завдань є виявлення ознак (прямих і непрямих) для розпізнавання об'єктів спостереження. Водночас швидкий розвиток геоінформаційних систем (ГІС) дозволив не лише аналізувати поточний стан об'єктів спостереження, а й прогнозувати екологічну ситуацію (моделювання поточних подій). Це дозволяє, за потреби, приймати обґрунтовані екологічні рішення у сфері управління [1, 2].

Сьогодні космічний моніторинг широко використовується для вивчення структури ландшафту, природних ресурсів і типів управління природою, а також для аналізу ступеня забруднення атмосфери, земельних і водних ресурсів, оцінки антропогенних і техногенних впливів на довкілля. За допомогою існуючих і нових методів оцінки стану навколишнього середовища за допомогою штучного інтелекту можна швидко розв'язувати проблеми у сфері управління природою та екологічної безпеки. Використання штучного інтелекту в системі управління навколишнім середовищем дозволяє:

- Забезпечення об'єктивності та надійності первинної, аналітичної та прогнозної інформації про навколишнє середовище;

мають систематичні спостереження за станом навколишнього середовища та штучними небезпечними об'єктами;

підвищення ефективності отримання та надійності первинних даних шляхом використання ефективних технологій для процесів збору,

накопичення та обробки екологічної інформації на всіх рівнях державного управління (місцевий, регіональний, державний);

□ Забезпечити сумісність технічної інформації та програмного забезпечення системи управління екологічною безпекою за допомогою штучного інтелекту;

□ Покращити рівень і якість інформаційних послуг для операторів і споживачів екологічної інформації на всіх рівнях системи підтримки прийняття рішень у сфері управління навколишнім середовищем на основі мережевого доступу до розподілених офісів та інтегрованих баз даних;

забезпечення оперативного надання екологічної інформації виконавчим органам, іншим зацікавленим органам, підприємствам, організаціям та установам;

□ Мати доступ до екологічної інформації для населення.

Враховуючи певні принципи та нові підходи, розроблені під час розробки [3, 4], пропонується використання програмних, апаратних і програмних продуктів геоінформаційних систем і інструментів для автоматизованої обробки зображень дистанційного зондування Землі з метою створення карти динаміки екологічних процесів у екологічному моніторингу. Процес створення динамічних карт поділяється на кілька послідовних етапів, під час яких формуються основні частини:

1. Сцена. Підготовчий етап — формуються вимоги до створеної карти екологічного моніторингу, визначено територію спостереження, збирається та обробляється початкова інформація.

2. Сцена. Формування карти динаміки екологічних процесів здійснюється за допомогою автоматизованої обробки зображень, на основі початкових зображень формується спеціальне зображення, що відображає ймовірність того, що певна частина території зазнала змін через часове розділення просторових зображень.

3. Сцена. Формування мультиспектральної карти динаміки екологічних процесів на основі існуючих відведених спектральних характеристик карти території спостереження.

4. Сцена. Складання якісної порівняльної характеристики карти динаміки екологічних процесів.

Розглянемо можливості використання космічних технологій для моніторингу навколишнього середовища за допомогою штучного інтелекту та вивчимо трансграничний вплив діяльності екологічних штучних об'єктів на прикладі впливу розвитку кар'єру Хатислав (Білорусь) на Національний природний парк Шацк (Україна).

Тематична обробка та декодування космічних зображень здійснюється за допомогою програмного забезпечення TROAS – IMAGINE. Програмне забезпечення ESRI ArcGIS використовувалося для створення цифрових карт. Базова цифрова картографічна база даних була створена для району біля Хатиславського кар'єру у масштабі 1:50 000 і включає шари: межі регіону; межі районів; гідрографічні об'єкти (річки, озера, болота); поселення (міста, міста, села); Дороги (дороги, залізниці).

Оригінальні цифрові карти (у масштабі 1:50 000) створюються в геологічній системі координат UTM – WGS84 і передаються у форматі shp.

Під час дослідження використано орторектовані супутникові знімки прикордонної зони біля Хатиславського кар'єру, отримані в Національному центрі контролю та випробування космічних об'єктів Державного космічного агентства України.

Б. Оцінка інформації про трансграничний вплив на довкілля.

Дослідження показують, що внаслідок робіт, проведених поблизу Хатиславського кар'єру на території 95 гектарів (Білорусь), озеро Святазь (Україна) може зникнути. Враховуючи

міжнародну конвенцію про транскордонний вплив на природу, розвиток кар'єру Хатислав досі зупиняється завдяки видобутку піску. Відкритий шар крейди ще не пошкоджений, оскільки це пов'язано з подальшим поглибленням — згідно з проєктом, глибина будівлі становить 43 метри, прогноз на 25 років. Згідно з дослідженнями, у озерах Шацької області, які ближче до Хатиславського кар'єру, рівень водообміну вже зменшився у 5-6 разів. Ми вже маємо чіткий сигнал, що вже є негативний вплив на довкілля України. Існує небезпека осушення території Національного заповідника Шатських озер, а також можливість сейсмологічної загрози.

На жаль, Україна та Білорусь досі не дійшли згоди щодо єдиного методу визначення екологічної шкоди, спричиненої розширенням і розширенням Хатиславського кар'єру.

Загрозу для екології Волині тепер можна уявити у другому етапі Хатиславського кар'єру. Розвиток Хатиславського кар'єру вплине на рух підземних вод до України. Від кар'єру до Волині з його унікальним озером лише 300 метрів. Тривога викликана тим, що шатські озера мають карстове походження, і ситуація нагадує бочку з водою. Якщо на дні є навіть невелика дірка, якщо виникне проблема хоча б з одним озером, це спричинить ланцюгову реакцію.

Системні екологічні проблеми транскордонного впливу діяльності кар'єру Хатислав полягають у тому, що при зменшенні рівня підземних вод деякі види флори та фауни зникають навіть на метр. А територія Шацьких озер і озер у Ратнівському, а також прикордонна зона Волині є унікальним природним місцем, це територія Національного парку. Адже можна побудувати фабрику чи викопати кар'єр, але не можна відновити втрачену природу назавжди.

Кажуть, що вода вже тече до північного сусіда, але якщо біля кордону є дірка — глибокий кар'єр — вона може туди дістатися. Ми знаємо, що ці озера

карстового походження — ці озера знаходяться у порожнечі. І якщо кар'єр забирає цю воду, а потім через ці порожнини, вода може потрапити в кар'єр і осушити озера. Озера стануть мілководними, а деякі — які зовсім не глибокі — можуть перетворитися на болота. Як поводитиметься карст, коли кар'єр досягне проєктної потужності для видобутку — рекомендується моделювати ці процеси за допомогою штучного інтелекту. Такий підхід забезпечить збереження біорізноманіття, екологічного статусу та оцінку можливих екологічних ризиків.

В. Застосування мультиспектральних космічних зображень для оцінки стану транскордонних екологічних конфліктів.

При використанні мультиспектральних космічних зображень для оцінки стану транскордонного конфлікту навколишнього середовища найважливішу роль відіграють властивості розшифрування космічних зображень і точність отримання необхідної інформації.

Класифікація космічних зображень для встановлення розподілу певних класів земельного покриття загалом може стати основою для створення систем управління екологічною безпекою. Для класифікації космічних зображень ми використали програмний продукт ERDAS Imagine, який визнаний одним із світових лідерів серед програмних продуктів для подібних цілей. ERDAS Imagine широко використовується для обробки супутникової інформації у багатьох наукових і промислових центрах провідних західних країн (США, Німеччина, Франція, Італія тощо).

Використання мультиспектральних космічних зображень дозволило виявити екологічні проблеми, пов'язані з впливом кар'єру Хатислав на екологію озера Свитязь. Обробка матеріалів для досліджень включає геодезичну (географічну) довідку, усунення або врахування геометричних спотворень

зображень, їх трансформацію та декодування.

Завдання розшифрування полягає в тому, щоб отримати якомога більше інформації з аерофотознімків, необхідних для цієї мети. Отже, результати декодування залежать від інформаційної ємності аерофотознімків. Обсяг інформації залежить від розміру точок, що складають зображення, і від кількості помітних відтінків (кольорів). Декодування зображень Хатиславського кар'єру полягає в аналізі зображення (глибини, розміру) та інших об'єктів території на зображеннях з метою виділення та опису їхніх характеристик з метою розв'язання різних екологічних і економічних проблем. Вона містить елементи як загального топографічного, так і геологічного декодування. У цьому сенсі кар'єри декодування зазвичай поділяються на схеми та оподаткування.

Контурне декодування полягає в ізоляції низки топографічних особливостей і контурів територій у кар'єрі для подальшого опису за допомогою методу наземного обстеження або повітряного оподаткування. Розшифрування податків — це найскладніший і найскладніший процес. Вона полягає у поділі кар'єру на податкові зони та визначенні геологічного складу.

Існує велика кількість сучасних пакетів обробки даних дистанційного зондування, які рекомендуються для використання в системах штучного інтелекту. Вибір матеріалів для космічних досліджень є важливим етапом класифікації для екологічного моніторингу. Орторектифіковані супутникові знімки з супутника Січ-2, отримані у 2013 році, використовувалися для тематичного декодування та створення цифрових карт прикордонних територій (рис. 1).

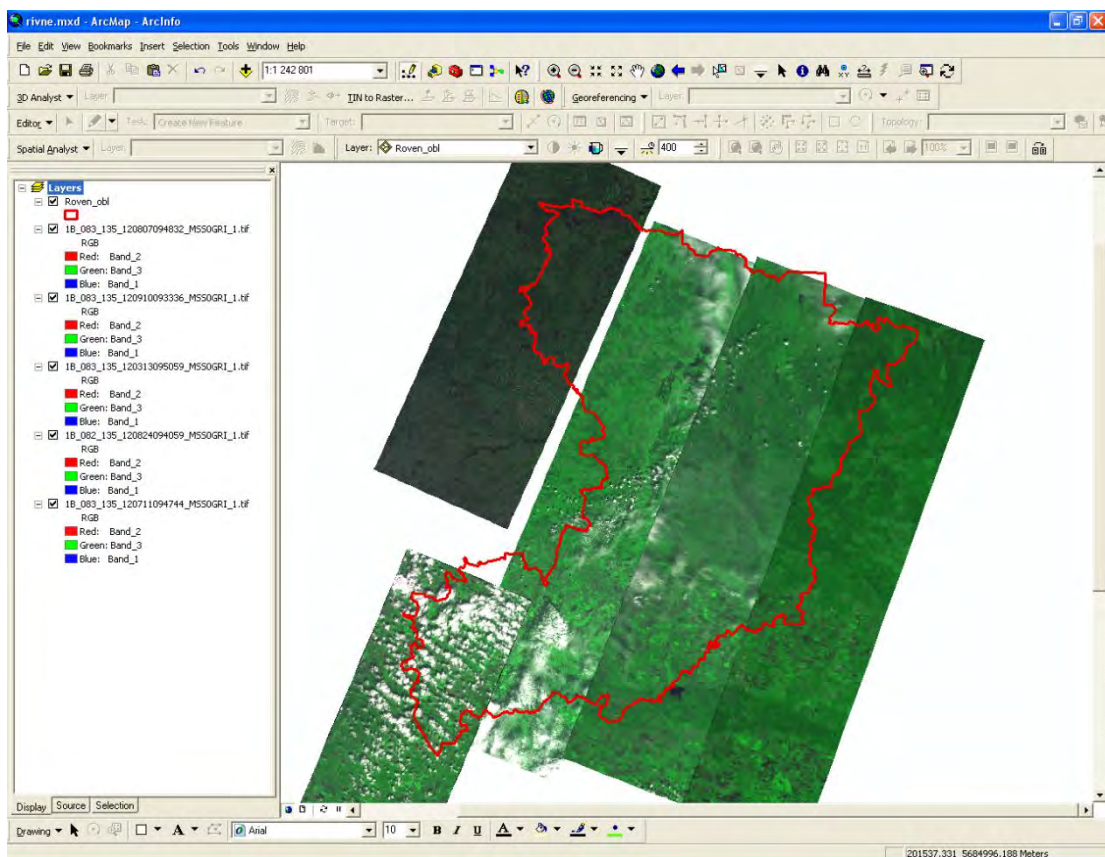


Рис.1 – Розташування супутникових знімків із супутника Січ-2 у досліджуваній зоні

Технологічно процес розшифрування за допомогою штучного інтелекту можна поділити на два основні етапи: класифікація машин; Візуальне декодування на столі.

Класифікація машин дозволяє автоматизувати процес розшифрування. Мета класифікації — витягти тематичну інформацію з зображення. У процесі класифікації в комп'ютерних системах статистичні дані отримуються за спектральними характеристиками всіх пікселів зображення. У цьому випадку

сортування базується на математичних критеріях. Існує два способи класифікації: з навчанням без нагляду; Навчання під контролем. Ми обрали другий метод розрахунку, щоб поширити його на можливі інші транскордонні екологічні конфлікти.

Ця класифікація здійснюється шляхом навчання відповідно до обраних стандартів (рис. 2) із формуванням відповідного підпису для кожного з них, який далі використовується для визначення центрів класу.

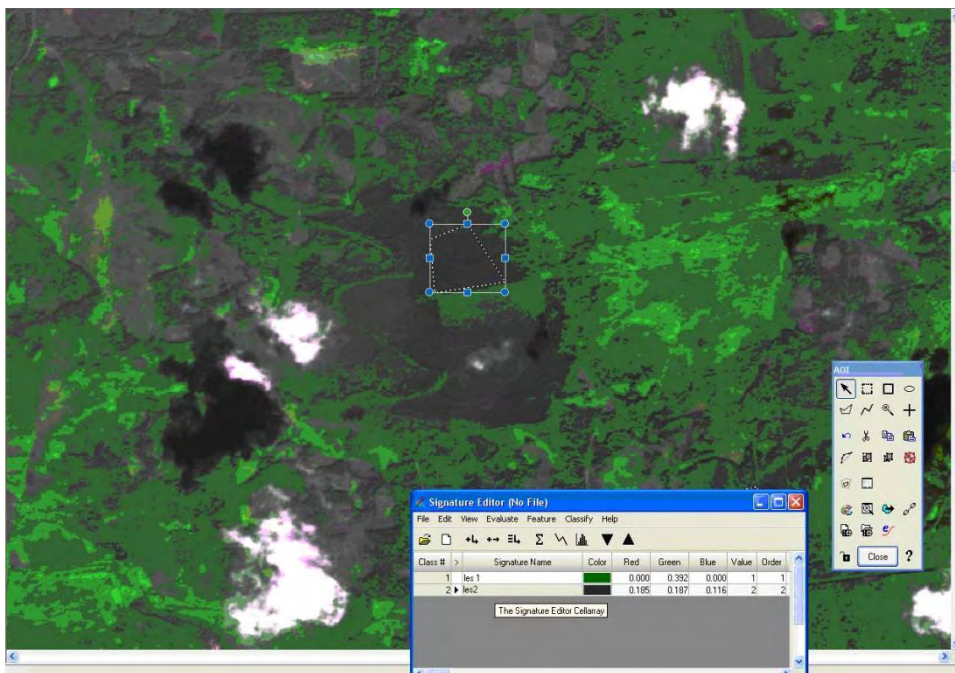


Рис. 2 – Контрольована класифікація. Процес створення бенчмарків

Класифікації, як і самі сигнатури, можуть бути параметричними та непараметричними. Непараметричні правила: простір ознак, правило паралелепіпеда. Класифікацію під наглядом можна поділити на два основні етапи: створення набору підписів; Автоматична класифікація та створення тематичного растрового зображення.

Процес формування підпису відбувався у такій послідовності: автоматичне або ручне позначення навчального об'єкта з використанням додаткових даних; Додавання спектрального зображення до низки

підписів; Перевірка наявності перетину спектральних зображень. Ця послідовність операцій чергується з об'єднанням подібних підписів — видаленням підписів, які перекриваються або викликають сумніви.

Ця класифікація здійснюється шляхом навчання відповідно до обраних стандартів (рис. 2) із формуванням відповідного підпису для кожного з них, який далі використовується для визначення центрів класу.

Рекомендується завершувати процес формування сигнатури, коли простір ознак максимально заповнений спектральними

зображеннями, які не перетинаються. Далі були встановлені кольорові градації для класів, сформованих підписами, які отримали назви. Внаслідок цього створюється набір підписів, які визначають

освітній патерн. Кожен підпис відповідає класу і використовується відповідно до важливого правила для призначення пікселів до певного класу (рис. 3, 4).

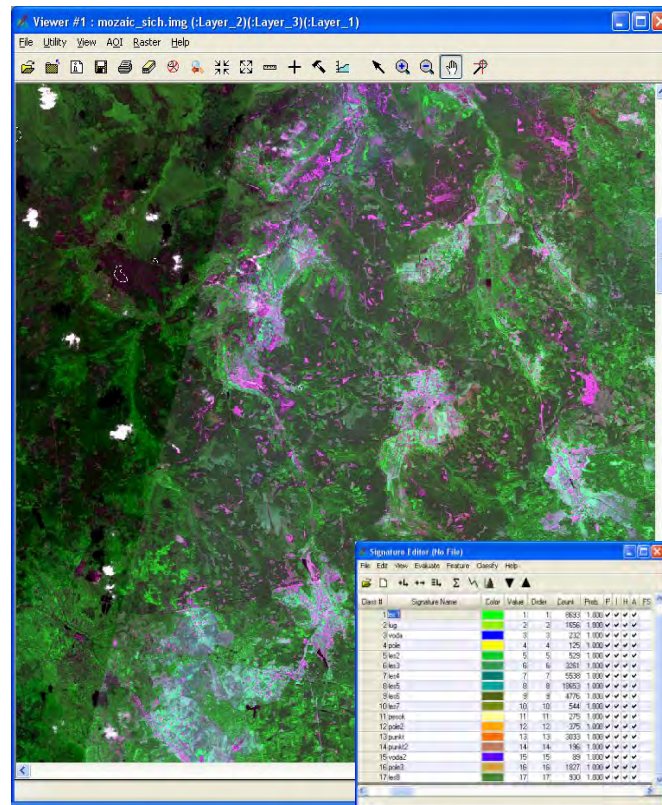


Рис. 3- Створення зображення простору ознак

Модуль класифікації ERDAS Imagine має багато підходів залежно від можливостей зображення, типу створених підписів і вибору аналітика. Під час робіт ми обирали підписи типу «еліпс» (рис. 5).

Для автоматичної класифікації встановлено такі опції:

- пропуск основного вирішального правила — необхідно класифікувати пікселі, які влучають у еліпс, безпосередньо за створеними підписами;

Пікселі, які не є частиною еліпса, слід класифікувати за правилом максимальної ймовірності;

- Перетин еліпсів ігнорується.

Для отримання кольорового зображення виконували комбінацію колонок оригінальних, тематичних і отриманих після узагальнення атрибутів (рис. 6). Внаслідок цього колір напівтонової гама змінюється на відповідний колір із еталонного файлу (рис. 7).

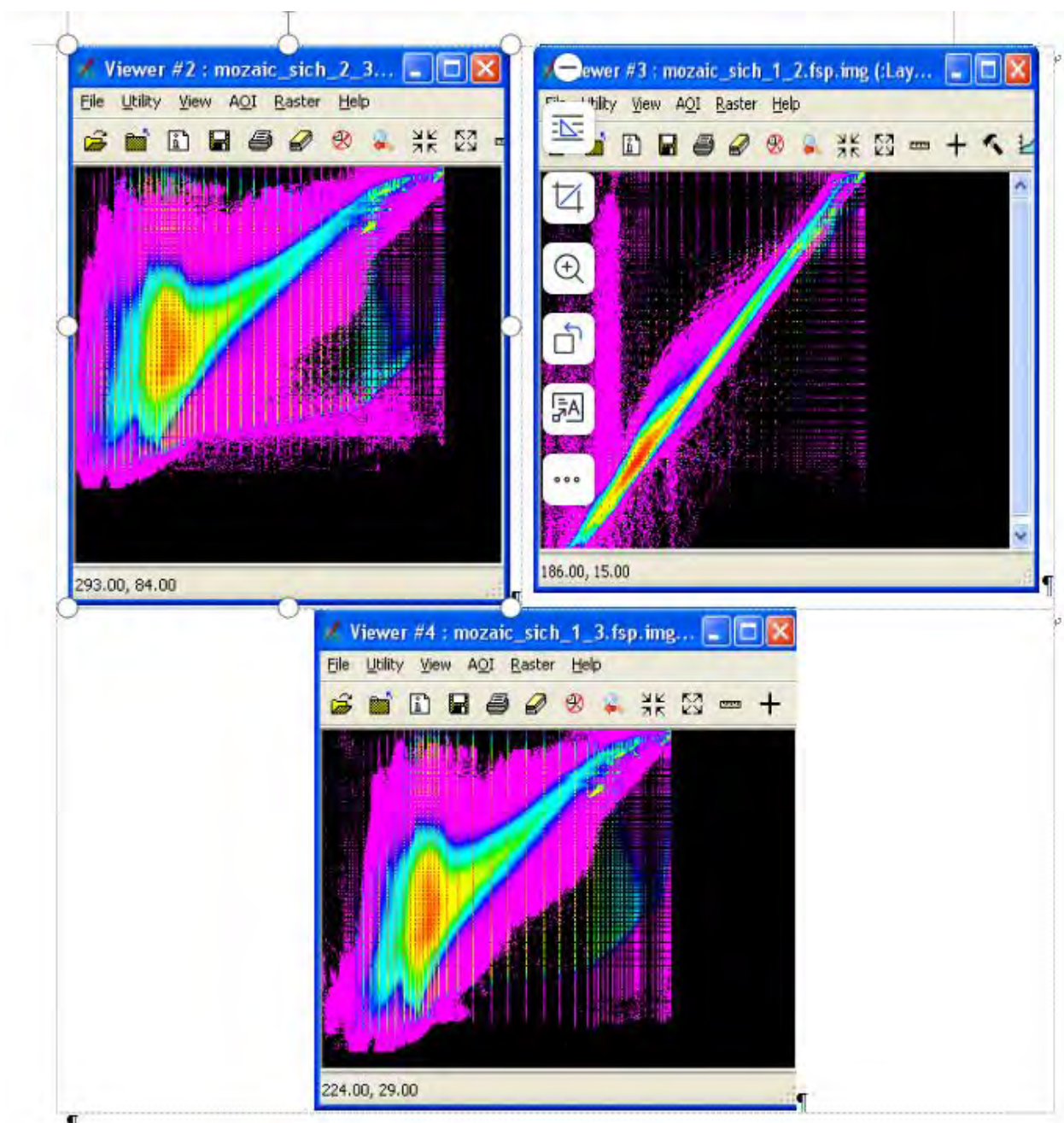


Рис. 4 – Варіанти отриманих зображень простору ознак, сформованих на основі комбінацій різних каналів

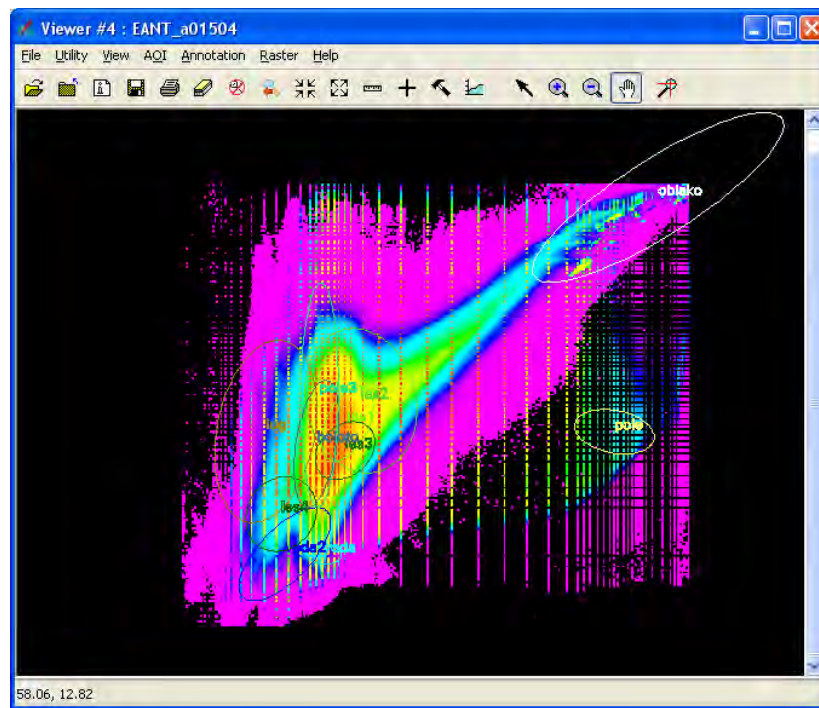


Рис. 5 – Перегляд еталонних об'єктів у зображенні простору об'єктів

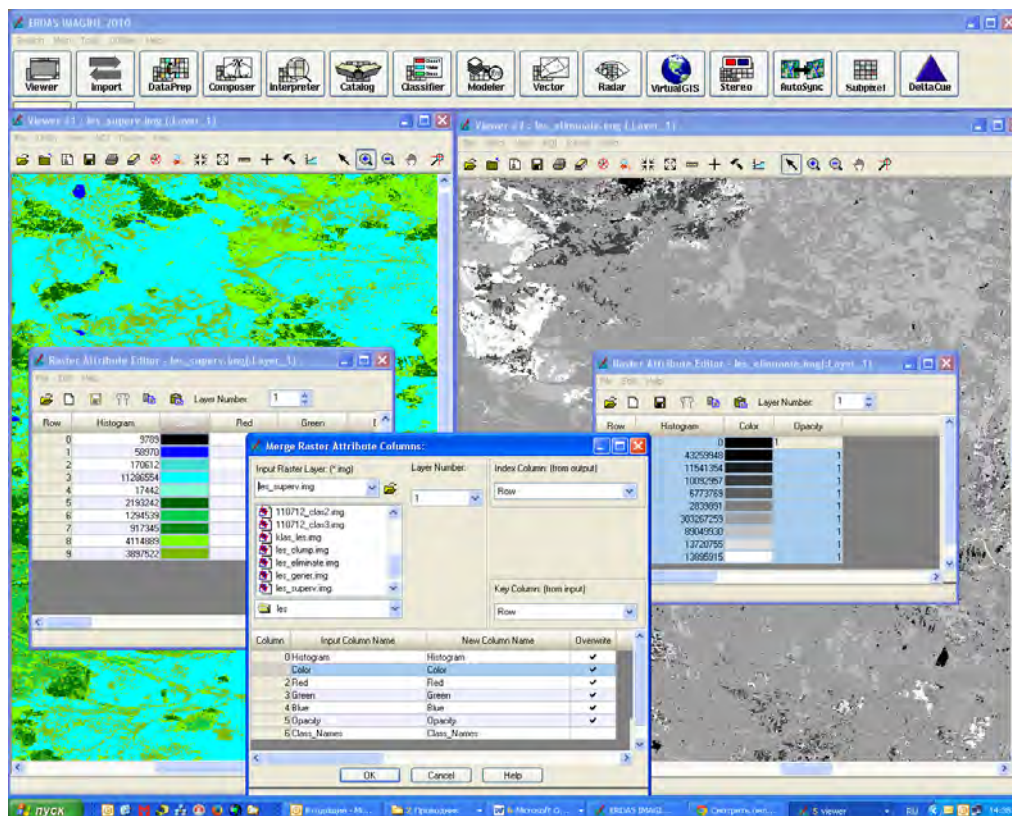


Рис. 6 – Процес встановлення зв'язку між референсними та узагальненими зображеннями

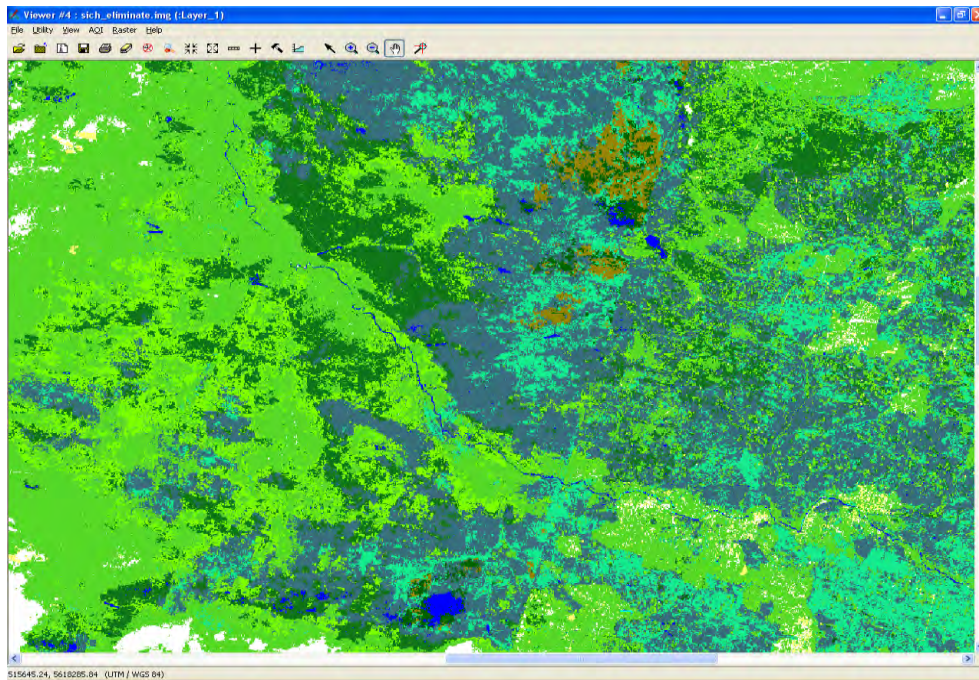


Рис. 7 – Фінальний тематичний образ

Після узагальнення отриманий тематичний образ знову аналізували для уніфікації класів (функція транскодування тематичного растрового шару). Тобто,

якщо розрізнити кілька типів поверхонь і полів, вони об'єднуються в один клас. У результаті було отримано відредаговане зображення (рис. 8).

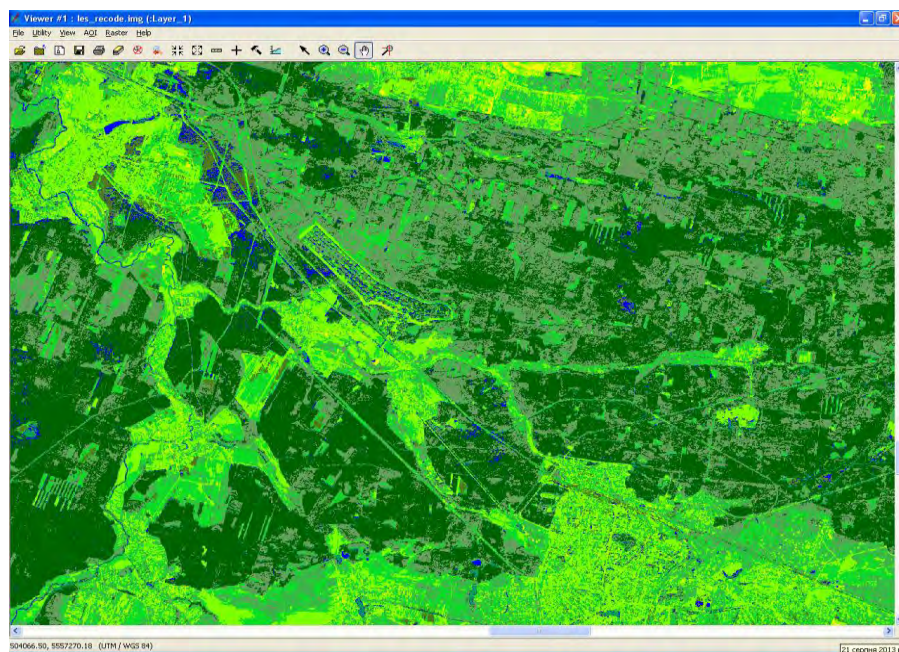


Рис. 8 – Фрагмент зображення після застосування функції транскодування

Отримане зображення використовується для екологічної оцінки наслідків транскордонних конфліктів (прогнозування екологічних процесів і оцінки екологічних ризиків).

Висновки.

1. Для оцінки транскордонного впливу економічної діяльності екологічно небезпечних підприємств та можливих ризиків для довкілля рекомендується

використовувати сучасні інформаційні технології (використання матеріалів для дистанційного зондування Землі з супутників та застосування геоінформаційних технологій).

2. Під час виконання екологічно небезпечних робіт у прикордонних районах існує екологічна небезпека через порушення підземних водоносних горизонтів. Це може призвести до припинення живлення озер, існує загроза мілководдя, зменшення водних площ, що призведе до загибелі унікальних природних резервуарів, втрати деяких видів флори та фауни.

3. Транскордонні екологічні конфлікти можуть призвести до неминучих і незворотних змін у нормальному функціонуванні сільського господарства та лісового господарства, порушення водопостачання мешканців прикордонних районів, погіршення стану гідромеліорації осушених земель. Видобуток і транспортування крейди також спричиняють штучне забруднення повітря.

4. Згідно з даними обробки аерокосмічних досліджень із використанням геоінформаційних технологій, було встановлено, що експлуатація техногенно та екологічно небезпечних об'єктів у прикордонній зоні може призвести до біосферного конфлікту (транскордонне забруднення) та екологічної катастрофи: збільшення потоку води в Чорне море та зменшення потоку води до Балтійського моря. Це призведе до уповільнення водообміну в Шацьких озерах і, як наслідок, до збільшення кількості природних і антропогенних факторів евтрофікації озер Національного природного парку Шацьк.

5. Проведені дослідження показують необхідність вжиття заходів для термінової організації постійного моніторингу стану підземних вод у прикордонній зоні з метою постійного контролю за їхнім станом і своєчасного вжиття необхідних заходів для запобігання можливим негативним екологічним наслідкам на території України.

Бібліографія

1. Закон України «Про ратифікацію Конвенції про оцінку впливу на навколишнє середовище в транскордонному контексті від 19 березня 1999 року No 534-XIV. Угода між Урядом України та Урядом Республіки Білорусь про співпрацю у сфері охорони навколишнього середовища від 16.12.1994

2. Мультиспектральні методи дистанційного зондування Землі в проблемах контролю природи / [Лялько В.І., Федоровський О.Д., Попов М.О. та ін.] редактори В.І. Лялька, М.О. Попов.— Київ: Наук.Думка, 2006.— 357 с.

3. Бондар О.І., Машков О.А., Присяжний В.І., Аваденка Т.С., Печений В.Л. Парадигма обробки інформації в інтелектуальній інформаційній системі для підтримки прийняття рішень у сфері екологічної безпеки / екологічних наук: науково-практичний журнал. Нью-Йорк: DEA, випуск 4(49), 2023, с. 144-152.

4. Концепція створення інтелектуальної інформаційної системи для підтримки прийняття рішень у сфері екологічної безпеки. Бондар О.І., Машков О.А., Присяжний В.І., Аваденко Т.С., Печений В.Л. / Екологічні науки: Науково-практичний журнал. Нью-Йорк: DEA, випуск 3(48), 2023, стор. 7-16.

5. Машков О.А., Аль-Тамімі Р.К.Н., Ламі Д.Д.Х. Використання даних аерокосмічного моніторингу для оцінки транскордонних екологічних конфліктів / Збірка наукових статей / Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювальної розвідки ISDMSI'2015, - Херсон, 2018, с. 96-105.

6. Пічугін М.Ф., Машков О.А., Сасук І.М., Кирилюк В.А. Обробка геофізичних сигналів у сучасних автоматизованих комплексах, Житомир, ред. JVIRE, 2006, 176 с.

7. Системи штучного інтелекту: підручник. / Н. Б. Шаховська, Р. М. Камінський, О. Б. Вовк. - Львов: Львівське політехнічне видавництво, 2018. - 392 с. - ISBN 966-941-197-6 .

8. Нільс Дж. Нільссон. Пошук штучного інтелекту. – 1. - Видавництво Кембриджського університету, 2009. – 578 с. – ISBN 978-0521116398.

9. Стюарт Дж. Рассел, Пітер Норвіг. Штучний інтелект: сучасний підхід. – 3. – Пірсон, 2015. – ISBN 978-9332543515.
