

# Автоматичне оцифрування горизонталей за допомогою Python для побудови цифрових моделей рельєфу

Руть Н.В.

науковий керівник: Великодський Ю.І.  
Кафедра аерокосмічної геодезії,  
Навчально-науковий інститут екологічної безпеки,  
Національний авіаційний університет,  
Київ, Україна  
[natru1996@ukr.net](mailto:natru1996@ukr.net)

*Анотація* — робота присвячена розгляду проблеми автоматизації оцифрування горизонталей на топографічних картах за допомогою об'єктно-орієнтованої мови програмування Python. В роботі запропоновано алгоритм розпізнавання горизонталей за допомогою колірної моделі HSV та подальше конвертування даних в шейп-файл. Також в роботі розглянуто практичне використання отриманих даних для побудови цифрових моделей рельєфу різними методами.

*Ключові слова* — Python, горизонталі, RGB, колірна модель HSV, цифрові моделі рельєфу.

## I. ВСТУП

Цифрові моделі рельєфу (ЦМР) широко застосовуються при актуалізації картографічних матеріалів рельєфу, розробці інфраструктури територій, будівництві, моделюванні затоплень і геологічних змін, ректифікації супутників знімків, геоморфологічному і кліматичному аналізу тощо.

Цифрова модель рельєфу - цифрові дані про місцевість зазвичай, ґрунтується на даних топографічних зйомок і карт, в цьому числі, на наявних висотних відмітках рівнів земної поверхні, градієнтах і аспектах ухилів, типів схилів і т.д.[1]. Одним із способів побудови ЦМР є оцифрування висотних відміток або горизонталей (ліній, що з'єднують на плані й карті точки з однаковою абсолютною висотою) на топографічній карті. Отже, постає задача автоматизації розпізнавання горизонталей на карті. Для її розв'язання ми розробили власний алгоритм за допомогою об'єктно-орієнтованої мови програмування Python.

Python - багатоцільова високорівнева мова програмування. Її дизайн дозволяє писати код, який добре читається, що набагато важливіше в справі, ніж на словах [2]. На Python можна написати програму практично для будь-якої задачі (веб-додатки, ігри, скрипти для автоматизації, комплексні системи розрахунку та інше). Для задач обробки зображень існують спеціальні Python-бібліотеки: numpy, scipy тощо.

Python має ефективні структури даних високого рівня та простий, але ефективний підхід до об'єктно-орієнтованого програмування. Елегантний синтаксис Python, динамічна обробка типів, а також те, що це інтерпретована мова, роблять її ідеальною для написання скриптів та швидкої розробки прикладних програм у багатьох галузях на більшості платформ [3].

## II. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Завдяки доступності швидкої комп'ютерної обробки великих масивів даних довгий ручний процес оцифрування горизонталей можна замінити на автоматизований.

Задачею даної роботи є створити алгоритм розпізнавання горизонталей за допомогою мови програмування з використанням колірної моделі HSV та подальшого конвертування даних в шейп-файл. А також для демонстрації роботи алгоритму виконати обробку фрагменту топографічної карти в програмному забезпеченні ArcGIS та побудувати ЦМР одним з відомих способів.

## III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Колірна модель — абстрактна модель опису представлення кольорів у вигляді кортежів (наборів) чисел, зазвичай з трьох або чотирьох значень.

RGB (червоний, зелений, синій) — колірна модель, що описує спосіб синтезу кольору, за якою червоне, зелене та синє світло накладаються разом, змішуючись у різноманітні кольори. Для більшості додатків значення координат можна вважати приналежними відрізьку [0,1].

HSV — колірна модель, побудована на трьох характеристиках кольору: колірному тоні (Hue), насиченості (Saturation) і яскравості (Value). Значення цих трьох параметрів варіюється в межах 0-100 або 0-1. Компоненти кольору в HSV відображають інформацію про колір у більш звичній людині формі.

Отже, для того, щоб краще знайти та відобразити інформацію про зображені на топографічній карті

горизонталі, ми будемо використовувати колірну модель HSV.

Оскільки зображення зберігаються у колірній моделі RGB, то потрібно перейти до моделі HSV.

У даній роботі використовувався фрагмент топографічної карти Коренівського району Курської області масштабу 1: 50 000 (рис.1).

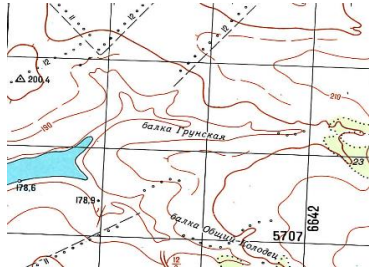


Рис. 1. Фрагмент топографічної карти масштабу 1: 50 000.

На першому етапі потрібно прочитати фрагмент карти та створити 3 масиви за допомогою функції `ReadAsArray`. Кожен масив приймає, відповідно, значення яскравості у каналах R, G, B, тому за допомогою функції `colors.rgb_to_hsv` з бібліотеки `scipy` перейти до потрібної колірної моделі HSV. Але при цьому потрібно врахувати, що дана функція приймає як вхідний аргумент один тривимірний масив, що містить яскравості всіх трьох каналів.

На наступному етапі алгоритму потрібно створити новий масив та заповнити його розрахованими значеннями HSV.

Далі виконується класифікація за значеннями HSV. Для цього вручну підбираються діапазони для кожного з трьох параметрів HSV, які відповідають кольору горизонталей, за допомогою аналізу конкретного скану топографічної карти. Створюється карта горизонталей, у якій значення 1 мають пікселі, що потрапляють у діапазони за всіма параметрами HSV, а решті пікселів присвоюється значення 0.

У результаті виконання описаних вище етапів ми отримали розташування горизонталей, що показано на рис.2.

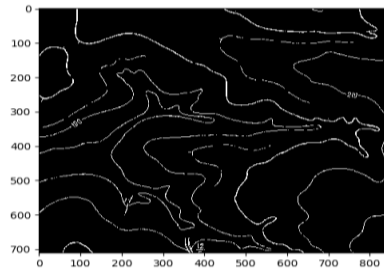


Рис.2. Горизонталі отримані автоматично в Python

Останнім етапом стала побудова точкових об'єктів на основі отриманих даних та їх конвертація в шейп-файл за допомогою Python-бібліотек `shapely.geometry` та `geopandas`.

Після описаних етапів у програмному забезпеченні ArcGIS оброблялися отримані результати. Оскільки ми отримали шейп-файл точкових об'єктів, то надавши значення певної висоти кожній точці, ми конвертували їх в лінії. На основі цих ліній було побудовано ЦМР, яка показана на рис.3.

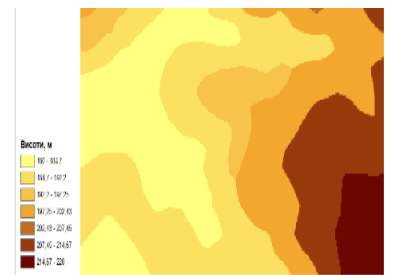


Рис.3. ЦМР побудована методом зворотньо-зважених відстаней

#### IV. ВИСНОВКИ

В даній роботі було запропоновано алгоритм для автоматичного оцифрування горизонталей за допомогою Python і подальше їх використання для побудови цифрових моделей рельєфу на основі створеного шейп-файлу точок.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Пивняк Г.Г., Бусыгин Б.С., Коротенко Г.М., Коротенко Л.М. Англо-русько-український словарь по ГИС и ДЗЗ. М-во образования и науки Украины; Нац. горн. ун-т. – Д., НГУ, 2014. – 378 с.
- [2] Простой Python. Современный стиль программирования. — СПб.: Питер, 2016. — 480 с.
- [3] Лутц М. Изучаем Python, 4-е издание. – Пер. с англ.- СПб.: – СПб.: Символ-Плюс, 2011. – 1280 с.

# Застосування ГІС для прогнозування підтоплень територій

Комар М.В.

науковий керівник: Беленок В. Ю.

Кафедра аерокосмічної геодезії,

Навчально-науковий інститут Екологічної безпеки,

Національний авіаційний університет,

Київ, Україна

[1406komar@gmail.com](mailto:1406komar@gmail.com)

**Анотація** — робота присвячена розгляду проблеми небезпеки активізації підтоплень на території України. В роботі запропоновано моделювання як один з методів прогнозування і аналізу розвитку підтоплень з використанням програмного продукту ArcGIS.

**Ключові слова** — ГІС; геоінформаційні технології; моделювання та прогнозування підтоплень; ArcGIS.

## I. ВСТУП

Сьогодні, в століття технічного прогресу, розвитку науки і технології в світі відбувається безліч різного роду надзвичайних ситуацій, пов'язаних із руйнуванням матеріальних цінностей, виникненням серйозних порушень екологічного становища та навіть із загибеллю людей. Все більш актуальною стає тема активізації процесів природного характеру. Одним з таких процесів є підтоплення.

Це геологічне екзогенне явище, яке формується під дією як природних, так і антропогенних факторів. До них належать: глобальні зміни в атмосфері Землі, екологічно необґрунтоване освоєння території та використання природних ресурсів, неглибоке залягання порід і невелика глибина ґрунтового покриву, інтенсивна експлуатація лісових масивів та відсутність системи регулювання поверхневого стоку на угіддях сільськогосподарського призначення. Це лише загальний перелік чинників, які мають незворотній вплив на розвиток підтоплень.

В нормативних документах і наукових публікаціях підтоплення територій, зазвичай, описують як складний багатофакторний процес, який обумовлений підвищенням рівня ґрунтових вод та збільшенням вологості ґрунтів зони аерації.

## II. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Ми живемо в епоху, коли природні ресурси стають все більш рідкісними через наслідки поширення людської діяльності. У цій ситуації повинні бути використані кращі інструменти, доступні для характеристики навколишнього середовища, прогнозування наслідків і розробки планів щодо мінімізації впливу і підвищення стійкості до природних явищ.

Також вагому роль відіграє реалістичне уявлення просторової мінливості поблизу поверхні вологості ґрунту, яке критично необхідно для подання водних потоків в геологічному середовищі в різних масштабах, а також для зв'язку гідрологічних процесів з атмосферними процесами.

Тому дослідження і аналіз процесів підтоплення за допомогою геоінформаційних технологій в поєднанні з наземними геоморфологічними, геологічними та геофізичними даними можуть забезпечити отримання якісної і достовірної інформації про їх зміни.

## III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

В Україні негативні наслідки від повеней і підтоплень проявляються на 27% території (165 тис. км<sup>2</sup>), де проживає майже третина усього населення [1].

Гідрометричні спостереження та екологічний моніторинг протягом багатьох років дають можливість отримати фактичну інформацію і на її основі встановлювати певні закономірності та змогу прогнозувати майбутні підтоплення. Однак, ці процеси є тільки підґрунтям для прийняття управлінських експрес-рішень у надзвичайних ситуаціях. Для прогнозування і моделювання підтоплення у тому чи іншому населеному пункті або області важливо враховувати загальну характеристику місця розташування, геологічних процесів, клімату, гідрографічної сітки та, звичайно, впливу антропогенних процесів на це явище [3].

Оскільки інформація про повені і підтоплення має просторову основу, то цілком зрозуміло, що інформаційною основою для задач моделювання і прогнозування повинні виступити інструментарії геоінформаційних технологій, що дозволяють розв'язувати задачі накопичення, збереження, оновлення й аналізу гідрологічної, гідрогеологічної і інженерно-геологічної інформації [2].

Можливості ГІС щодо моделювання, управління та об'єднання просторової інформації роблять геоінформаційні системи потужним аналітичним інструментом [2]. Ключовими перевагами ГІС є:

- значне полегшення прийняття обґрунтованих рішень;

- зручне для користувача відображення просторових даних;
- широка інтеграція даних усередині організації (ГІС поєднують дані, накопичені в різних підрозділах органу публічного управління, або навіть у різних напрямках діяльності організацій цілого регіону).

За допомогою побудови тривимірної моделі рельєфу засобами ГІС, а саме програмним забезпеченням ArcGIS, власне і можливе відображення ділянок підтоплення. На основі цифрової моделі рельєфу задаються висоти і відповідний рівень підйому води, після чого визначається площа території, охопленої підтопленням. Однак потрібно враховувати морфологічні особливості водних об'єктів, що знаходяться на даній території, оскільки тоді модель підтоплення матиме зовсім інакший вигляд.

Тому можна виокремити декілька основних етапів, необхідних для візуалізації площі підтоплених земель у програмному пакеті ArcGIS. По-перше, це підбір актуальної вхідної інформації, а особливо топографічних карт на основі яких буде виконано прив'язку до заданої системи координат та оцифрування відповідної території. Наступний крок – це внесення необхідних атрибутивних даних і складання тематичних шарів у програмі. Кінцевим етапом є поєднання попередньо створених тематичних шарів площинних і точкових даних і моделювання площі поширення підтоплень на досліджуваній території у середовищі ArcMap.

Надалі виконується аналіз отриманої інформації на основі моделі і відповідно до цього розробляється план

дій щодо зменшення просторового поширення підтоплених територій та своєчасного подолання наслідків цього явища.

#### IV. ВИСНОВКИ

В сучасному світі підтоплення стають все серйознішою проблемою розвитку суспільства на фоні глобальних змін клімату, зростання населення та швидкої урбанізації. Своєчасна інформація та прогнозування цього природного явища є ключовими складовими в раціональній оцінці повеневої ситуації, а також в ефективності плану дій і заходів для захисту населення і територій від цього стихійного лиха. Використання програмного забезпечення ArcGIS дає змогу наочно аналізувати і розв'язувати задачі прогнозування підтоплень і може використовуватись як наочний і швидкодіючий метод.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Про затвердження Комплексної програми захисту сільських населених пунктів і сільськогосподарських угідь від шкідливої дії вод на період до 2010 року та прогноз до 2020 року : Постанова Кабінету Міністрів України від 03.07.2006 р. № 901.
- [2] Геоінформаційні системи в науках про Землю / В. І. Зацерковний, І. В. Тішаєв, І. В. Віршило, В. К. Демидов. – Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2016. – 510 с.
- [3] Бурштинська Х. В. Використання ГІС-технологій для визначення динаміки гідрологічних змін рік / Х. В. Бурштинська // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів : Ліга-прес, 2003. – С. 205–210.
- [4] Зацерковний В. І. Геоінформаційні технології в задачах моделювання і прогнозування повеней/ В. І. Зацерковний, М. В. Кома, Л. В. Плічко, С. В. Кривоберець//Технічні науки та технології.-2017.-№ 2 (8).-С.89-98.

# Вирішення проблеми енергоефективності будівель на основі автоматизованих систем

Ралко А.О.

науковий керівник: Беленок В.Ю., к.ф.-м.н.  
Кафедра аерокосмічної геодезії,  
Навчально-науковий інститут екологічної безпеки,  
Національний авіаційний університет,  
Київ, Україна  
alinaralko07@gmail.com

**Анотація** — робота присвячена розгляду проблеми надмірного споживання енергії. В роботі запропоновано способи вирішення проблеми енергозбереження та представлено методи покращення енергоефективності будівель.

**Ключові слова** — енергоефективність, електроенергія, система енергоменеджменту, енергоресурси.

## I. ВСТУП

Споживання енергії на планеті, в основному, зосереджено в містах, які використовують паливні ресурси набагато швидше, ніж встигає виробляти їх природа. Безконтрольне використання існуючих запасів викопаного палива призводить до енергетичних криз, які періодично хвилюють людство.

Один з можливих способів вирішення проблеми енергозбереження - глобальний облік використання енергії. Однак це можливо тільки шляхом створення автоматизованих систем збору інформації про використання енергії. Такі системи є основою для подальшого аналізу і обробки даних, вони можуть застосовуватися для проведення енергетичних експрес-обстежень об'єктів (будівель) за методикою, при якій враховуються як натуральні показники енергоспоживання, так і господарські дані об'єктів моніторингу [7].

У місті спостерігається повна відсутність системи, що дозволяє комплексно і оперативно аналізувати стан інформації про енергоспоживання. Інформація безпосередньо надходить у фінансові служби відомств, без належної обробки, аналізу і оцінки її особами, які приймають рішення. В результаті склалася система, при якій оперативні управлінські рішення приймаються часто без належного обґрунтування [6].

## II. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

За деякими експертними оцінками, доступної нафти вистачить лише до 2050 р., а газу – до 2090 р. Легкодоступна енергія нафти, газу і вугілля є на сьогоднішній день основоположною складовою енергетики сучасних міст. Міста, хоча і займають не більше 2% площі земної поверхні, однак використовують близько 75% планетарних ресурсів енергії. Проблема раціонального і ефективного споживання енергоресурсів в містах останнім часом набуває особливої актуальності. На

передній план муніципальної політики виходять принципи сталого розвитку, які спрямовані на забезпечення максимальної ефективності використання енергії, води та інших природних ресурсів [2].

## III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Регіони України мають різний рівень енергоспоживання. Споживання електроенергії по регіонах України представлено на рис. 1.



Рис. 1. Споживання електроенергії за 2014 рік

Немає необхідності проводити виміри споживання енергії в реальному часі по всьому місту, проте необхідно мати можливість створювати моделі, що дозволяють проводити оцінку споживання енергії на основі використання системних методів. Тому автоматизована система повинна мати математичне забезпечення для моделювання енергоспоживання, засноване на використанні:

1. Імітаційних моделей теплообміну в будівлях;
2. Балансових рівнянь споживання енергії за територіальним чи відомчий ознаками;
3. Модулів узагальнення отриманих даних на основі засобів графічного подання інформації [6].

Математична модель формування теплового режиму будівлі, в загальному випадку, зводиться до складання рівнянь теплового балансу, що описують перенесення тепла повітрообміном, зовнішні кліматичні впливи, тепловтрати через зовнішні огороження за рахунок

теплопровідності і фільтрації, теплопоступлення від технологічного обладнання тощо [1].

Енергетична ефективність будівлі – властивість будівлі та її інженерного обладнання забезпечувати задану ступінь споживання теплової енергії для підтримки нормованих оптимальних параметрів мікроклімату приміщень [3].

На основі даних супутника Landsat 8, що був запущений на початку 2013 р. було визначено температуру території Києва в літній та зимовий період за допомогою програмного забезпечення ArcGIS.

Аналіз космічних зображень, отриманих у зимовий період, показує, що в цей час у центральній частині міста помітно тепліше, ніж за межами міста, це пояснюється тим, що в центрі зосереджена основна частина будівель, які погано зберігають тепло і так би мовити «отоплюють повітря». Це марне використання теплоенергетики. На знімку видно, що найтеплішою частиною міста за результатами зйомки виявився Поділ, це означає, що будівлі там побудовані раніше і є менш теплоізолюваними. Порівняно високу температуру мала також земна поверхня на Оболоні, Троєщині, Харківському масиві, тобто в жилих районах. Аномально високу температуру мають Бортницька станція аерації, а також Київські ТЕЦ.

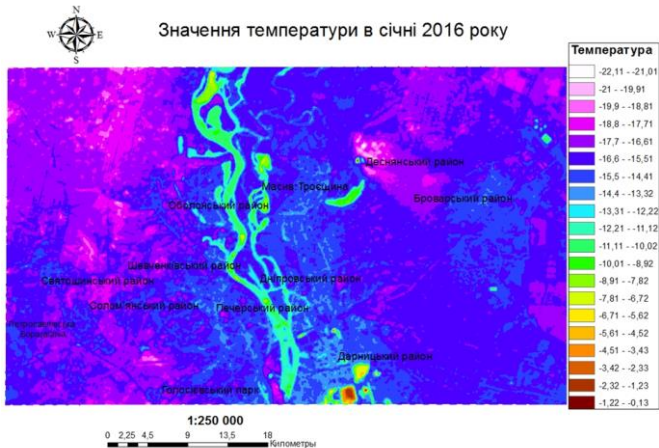


Рис.2.Карта із значеннями температури в січні 2016 року.

Влітку енергетична ефективність будинку набагато краще, адже будинок не отоплюється. Найвища температура земної поверхні влітку в правобережній частині міста спостерігається на Подолі, а також у прилеглий зоні. Останнє пояснюється значним поширенням тут гаражних кооперативів, промислових підприємств, а також торгово-розважальних центрів. Високою температурою виділяється також територія авіаційного заводу “Антонов” з наявними тут великими цехами, які нагріваються від сонця.

На відміну від холодної пори року, термічні аномалії ТЕЦ улітку практично не простежуються, адже в цей час їх робота не супроводжується великим виділенням тепла.

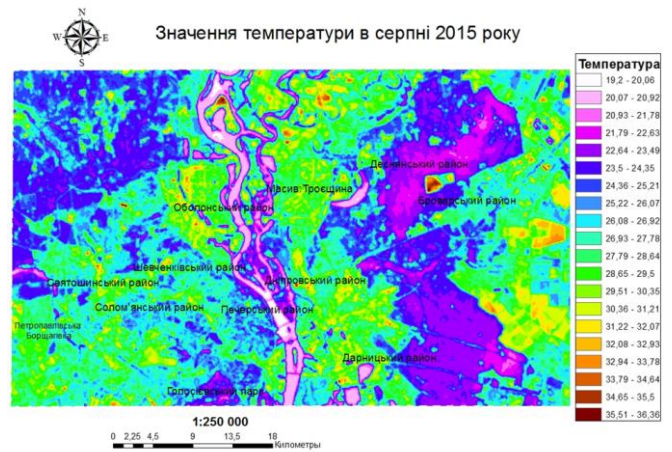


Рис.3.Карта із значеннями температури в серпні 2015 року.

При проектуванні будинків, за допомогою ГІС, визначають, щоб при експлуатації будинку питомі тепловитрати на опалення будинків, розрахункові або фактичні, були меншими за максимально допустиме значення питомих тепловитрат на опалення будинку за опалювальний період.

Виконання цієї умови для будинку, що проектується або експлуатується, перевіряється на підставі результатів експериментальних випробувань з використанням математичних моделей теплового режиму будинку[4].

#### IV. ВИСНОВКИ

В статті запропоновано один з можливих способів вирішення проблеми енергозбереження – глобальний облік використання енергії. Це можливо тільки шляхом створення автоматизованих систем збору інформації про використання енергії із застосуванням даних аерокосмічних досліджень.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Антонова Г. В. Утепление жилого дома / Г. В. Антонова // Жилищное строительство. – 2004. - №1. – С. 26–30.
- [2] Баранік В.О. Енергоефективність регіонів України: проблеми оцінки та наявний стан // Регіональний філіал у м.Дніпро //Інститут стратегічних досліджень – серпень 2017.
- [3] Бешинська О. В. Оцінка фактичної якості теплоізоляційних характеристик огорожувальних конструкцій існуючих будівель / О. В. Бешинська, О. Г. Ратушняк // Вентиляція, освітлення та теплозапобігання. – 2006. – Вип. 9. – К. : КНУБА. – С. 107–111.
- [4] Трач О.Ю. Оцінювання ефективності енергоспоживання у житлових будівлях // Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна
- [5] Трач О.Ю. Показники оцінки енергетичної ефективності енергозберігаючих заходів/О.Ю. Трач// Регіональний збірник наукових праць з економіки – 2013 – №2(41) – с.89-91.
- [6] Фаренюк Г.Г. Розвиток нормативної бази з енергоефективності будівель. Презентація –Київ, 2013 – 20 с.
- [7] Харитонов А.Ю., Колесниченко Н.В. Аналіз енергоефективності зданий на основе автоматизированной системы мониторинга энергопотребления муниципальных объектов – Донецкий национальный технический университет – с.194-197.

# Застосування технологій геоінформаційних систем в задачах моніторингу навколишнього середовища

Хіль А. Е.

науковий керівник: Зацерковний В. І., Беленок В. Ю.  
Кафедра аерокосмічної геодезії,  
Навчально-науковий інститут екологічної безпеки,  
Національний авіаційний університет,  
Київ, Україна  
[staceymakfin@gmail.com](mailto:staceymakfin@gmail.com)

*Анотація* — в даній роботі розглядаються переваги та можливості геоінформаційних систем (ГІС) в задачах моніторингу навколишнього середовища. У результаті проведених досліджень було побудовано картограму забруднення атмосферного повітря України станом на 2016 рік.

*Ключові слова* — геоінформаційні системи, навколишнє середовище, моніторинг, довкілля, екологічний стан, база даних.

## I. ВСТУП

Технічний прогрес суспільства завжди супроводжувався численними проблемами. Однією з найсуттєвіших є протиріччя між розвитком цивілізації та природного середовища. Важливим інструментом у забезпеченні екологічної безпеки виробничої діяльності є моніторинг. Відповідно до Положення КМУ «Про державну систему моніторингу довкілля» від 30 березня 1998 р. № 391 державний моніторинг довкілля – це система спостережень, збору, обробки, передачі, збереження, аналізу й оцінки інформації стану довкілля, прогнозування його змін і розробка науково – обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень [1]. ГІС є основою для побудови картографічних матеріалів, створення баз даних та їх аналізу за отриманою в процесі моніторингу інформацією. Це, в свою чергу, дає змогу комплексно оцінювати екологічний стан та динаміку змін довкілля.

## II. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

ГІС проникли у всі сфери використання: картографію та інженерну геодезію, управління інженерними мережами та комунікаціями, управління територіями, просторову навігацію, науку та освіту тощо. Стрімким є розвиток ГІС в екологічній та природоохоронній галузі. Для охорони природного середовища практично у всіх країнах створюються спеціальні центри екологічної безпеки, що оснащені сучасними геоінформаційними технологіями. ГІС цих служб використовують цифрові карти, створені

аерогеодезичними підприємствами, а іноді самі створюють такі карти на основі наявних паперових. Особливо ефективним в екологічних ГІС є апарат побудови буферних зон і задач картографічної алгебри.

## III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

З часів свого утворення, по мірі ускладнення екологічних проблем, система моніторингу довкілля незмінно удосконалювалась та трансформувалась. На сьогодні, моніторинг є інформаційною основою для широкого спектру природоохоронних задач. Дані, отримані в результаті проведення моніторингу, прив'язані до певних об'єктів місцевості, тобто мають просторовий характер. Тому для їх введення, збереження, обробки та аналізу доцільно застосовувати ГІС та бази даних. Вони забезпечують обробку, аналіз та моделювання навколишнього світу з використанням просторового аспекту. За допомогою ГІС можна оцінити стан довкілля та динаміку його зміни, спрогнозувати розвиток ситуації, віднайти просторове рішення на основі переробки просторово-координованої інформації. Результатом геоінформаційної обробки є моделі геопростору різного призначення, предметного змісту, точності та детальності, аналітичні характеристики геопростору, просторові рішення для планування й управління територіями і функціонуючими на них об'єктами життєдіяльності людини, а також для використання природних ресурсів і об'єктів. [2]

У вирішенні задач моніторингу ГІС дозволяють оперативно отримувати належну інформацію з її подальшим відображенням, що забезпечує наочну основу для аналізу. Їх суттєвою перевагою є можливість використання інформації з різних видів джерел, з подальшою інтеграцією. Важливою властивістю ГІС є можливість створення карт стану навколишнього середовища та відображення динаміки його зміни відповідно до обраного параметру (тиск, температура, сила вітру тощо). За допомогою введених дистанційних даних (супутникових та польових спостережень) можна здійснювати моніторинг місцевих та широкомасштабних

антропогенних впливів. Широкий спектр інструментів програмного забезпечення дозволяє моделювати поширення забруднень та будувати порівняльні картограми як за точковими об'єктами (пости спостереження, викиди забруднюючих речовин від стаціонарних джерел), так і за полігональними (райони, області, країни).

В якості прикладу застосування ГІС на основі даних [3], за допомогою програмного середовища ArcGIS було побудовано картограму викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами забруднення за областями України (рис. 1).

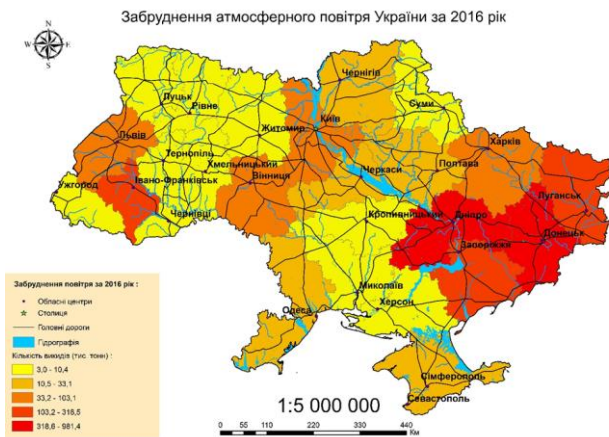


Рис. 1. Картограма викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря за 2016 р.

Використовуючи ГІС можна оперативно оцінювати найближчі та майбутні наслідки надзвичайних ситуацій а також вплив постійно діючих точкових та площинних забруднювачів. Крім того, спеціалізоване програмне забезпечення (наприклад, ArcGIS, QGIS, MapInfo тощо) дозволяє переглядати та безпосередньо оперувати даними, що містяться у базі даних ГІС.

Причини, які спонукають до застосування ГІС як інформаційного забезпечення систем екологічного управління, пов'язані з такими обставинами:

- великі обсяги екологічної та пов'язаної з нею інформації, значна кількість параметрів, що

приводить до неефективності, а інколи неможливого використання традиційних методів обробки емпіричних даних;

- динамічний характер досліджуваних процесів, що потребує оперативних рішень;
- багатоваріантний характер розвитку подій, що зумовлює передбачення екологічних, економічних й соціальних чинників;
- потреба в прогнозуванні зміни ситуацій;
- вплив на процес прийняття рішень суб'єктивної інтерпретації оброблених даних зі сторони виконавців.

#### IV. ВИСНОВКИ

ГІС є невід'ємним компонентом аналізу та обробки просторових даних. У роботах з моніторингу вони дозволяють оперативно отримувати належну інформацію з її подальшим відображенням, що забезпечує наочну основу для аналізу. Оскільки екологічні проблеми вимагають швидких та ефективних рішень, а дані повинні бути систематизовані та легкодоступні, то для їх вирішення доцільно застосовувати ГІС.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Положення КМУ «Про державну систему моніторингу довкілля» [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/391-98-%D0%BF> — Назва з екрана.
- [2] Геоінформаційні системи і бази даних / [Зацерковний В. І., Бурачек В. Г., Железняк О. О., Терещенко А. О.]. — Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2014. — 492 с.
- [3] Статистичний збірник, «Україна в цифрах», [Електронний ресурс]. — Режим доступу : [https://ukrstat.org/uk/druk/publicat/kat\\_u/publ1\\_u.htm](https://ukrstat.org/uk/druk/publicat/kat_u/publ1_u.htm) — Назва з екрана.



# Використання геоінформаційних систем в аналізі стану атмосферного повітря на прикладі Чернігівської області

Хіль А. Е.

науковий керівник: Зацерковний В. І., Беленок В. Ю.  
Кафедра аерокосмічної геодезії,  
Навчально-науковий інститут екологічної безпеки,  
Національний авіаційний університет,  
Київ, Україна  
[stacemakfin@gmail.com](mailto:stacemakfin@gmail.com)

**Анотація** — в даній роботі розглянуто проблеми забруднення атмосферного повітря на території Чернігівської області. На основі аналізу проведено оцінку стану та динаміку змін екологічної ситуації на території Чернігівської області.

**Ключові слова** — *атмосферне повітря, геоінформаційні системи, геоінформаційне моделювання, моніторинг.*

## I. ВСТУП

Екологічна ситуація в Україні визнана кризовою. За даними досліджень ВООЗ у 2016 р. Україна очолила список держав за кількістю смертей від забруднення повітря у співвідношенні із загальною чисельністю населення [1]. На сьогодні, національна екологічна політика є неефективною та не забезпечує належну охорону середовища від забруднень. У зв'язку з цим з'являється ряд проблем, які потребують негайного вирішення: встановлення критичних техногенних навантажень на довкілля, безперервний моніторинг територій та прогнозування надзвичайних ситуацій. Важливим інструментом у вирішенні даних завдань є можливості геоінформаційних систем (ГІС).

## II. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Близько половини населення Землі дихає повітрям, яке офіційно визнане шкідливим для здоров'я. Наприклад, у 2012 р. в Україні від забруднення повітря померло 54 507 осіб. Статистика показує 120 загиблих на 100 000 населення. Забруднення повітря в Україні спричинює у 4 рази більше смертей, ніж у 5 найчистіших країнах світу, а саме Ісландії, Фінляндії, Ліберії, Канаді та Вануату разом узятих [1]. Однією з причин дослідження саме Чернігівської області є катастрофічне зменшення її населення. За 2016 р. кількість жителів скоротилася на 2,5 тисячі осіб. Область практично «вимирає» і через 50 років може взагалі зникнути з карти України. Регіон визнаний зоною демографічної кризи і потребує проведення державних програм, серед яких чільне місце займають екологічні.

## III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Проведення державного моніторингу атмосферного повітря є одним із засобів аналізу стану навколишнього середовища. Він розглядається як сукупність систем комплексного спостереження за антропогенними і природними джерелами впливу, станом природного середовища, динамікою змін, що відбуваються в ньому, за прогнозом розвитку ситуацій та управлінням ними. Враховуючи, що інформація, отримана в результаті проведення моніторингу, має просторовий характер, то для її введення, збереження, обробки та аналізу доцільно застосовувати ГІС та бази даних.

Забруднення атмосферного повітря в Чернігівській області відбувається внаслідок роботи промислових підприємств, систем опалення, теплоенергетики, транспорту. Збільшення викидів забруднюючих речовин у повітря зумовлене поступовим нарощуванням обсягів виробництва, відновленням роботи багатьох об'єктів в умовах зношеності основних фондів, недостатньою забезпеченістю очисним обладнанням для уловлювання та утилізації забруднюючих речовин. Роздержавлення промислового сектору економіки призвело до виникнення значної кількості малих підприємств різних форм господарювання з низьким рівнем вимог до екологічної безпеки виробництва та фахової компетенції працівників [2]. Спостереження за станом атмосферного повітря області здійснюється Державною установою «Чернігівський обласний лабораторний центр Міністерства охорони здоров'я України» на маршрутних постах та в районі впливу промислових підприємств – забруднювачів атмосфери в містах Чернігові, Ніжині, Прилуках та в районах на маршрутних та підфакельних постах. За даними Міністерства екології та природних ресурсів України в 2016 р. загальна кількість викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря Чернігівської області від стаціонарних джерел становила 37,102 тис. тон. Таким чином, у розрахунку на одну особу припадає 35,903 кг забруднюючих речовин. [3]

За допомогою геоінформаційного моделювання можна проаналізувати стан атмосферного повітря Чернігівської області: оцінити тенденцію забруднення повітря за роками,

порівняти кількість викидів шкідливих речовин між районами, виділити найбільш небезпечні зони. У даній роботі було побудовано картограму забруднення повітря Чернігівської області за районами станом на 2016 рік (рис. 1).

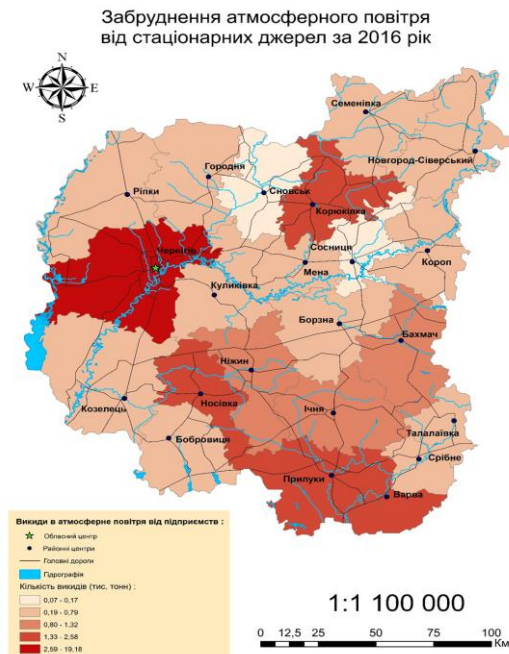


Рис. 1. Картограма забруднення повітря Чернігівської області станом на 2016 р.

Основну загрозу області несуть 4 підприємства, серед них: «Чернігівська ТЕЦ» ТОВ фірми «ТехНова», Гнідинцівський газопереробний завод, Чернігівське лінійне виробниче управління магістральних газопроводів та Мринське виробниче управління підземного зберігання газу. За даними Чернігівського обласного центру з гідрометеорології у програмному середовищі ArcGIS із застосуванням методу крайінгу, для повної картини відображення розподілу концентрацій забруднюючих речовин, авторами було побудовано карту з відображенням розподілу вітру в місцях найбільшого забруднення атмосферного повітря (рис. 2).

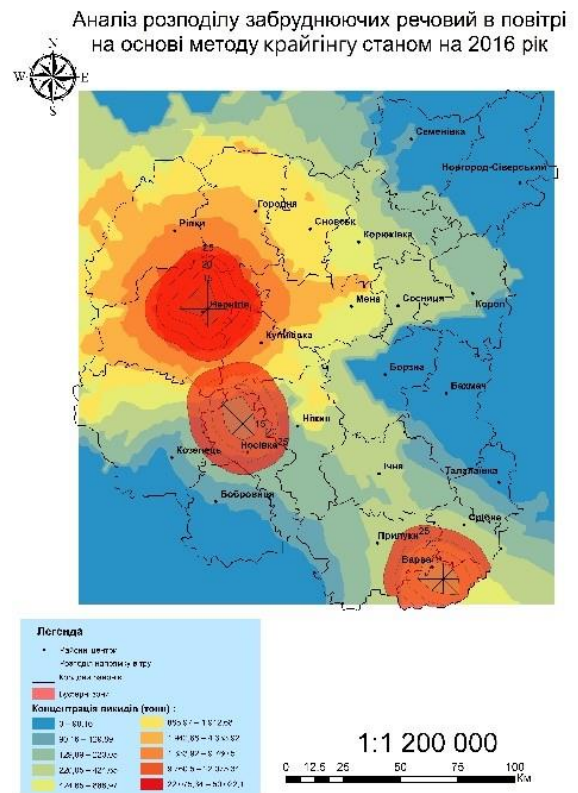


Рис. 2 Аналіз розподілу забруднюючих речовин на основі методу крайінгу

#### IV. ВИСНОВКИ

У даній роботі був виявлений вплив забруднень повітря на навколишнє середовище, проведена оцінка стану та динаміка змін екологічної ситуації на території Чернігівської області. В результаті чого було побудовано карту забруднення районів Чернігівської області станом на 2016 р. Окрім цього, використавши розподіл напрямку вітру, було проведено оцінку розповсюдження шкідливих речовин від найбільш небезпечних підприємств із застосуванням методу крайінгу. Отже, проблема забруднення атмосферного повітря в Україні є актуальною і наразі призводить до жахливих наслідків. Тому вкрай необхідно застосовувати геоінформаційні системи та технології для дослідження стану та динаміки змін атмосферного повітря.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] ВООЗ: Україна – лідер за смертністю від забруднення повітря [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://fakty.ictv.ua/ua/lifestyle/zdorove/20160928-vooz-ukrayina-lider-za-smertnistyu-vid-zabrudnennya-povitrya/> — Назва з екрана
- [2] Географія Чернігівської області [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <https://studwood.ru/1209996/geografiya/priroda> — Назва з екрана.
- [3] Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у 2016 році, Чернігівська область [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <https://menr.gov.ua/news/31778.html> — Назва з екрана.

# Використання геоінформаційних систем в задачах моніторингу забруднення водою

Байда І.В.

науковий керівник: Ніколаєнко О. Є.  
Кафедра аерокосмічної геодезії,  
Інститут екологічної безпеки,  
Національний авіаційний університет,  
Київ, Україна  
[iracibel22@gmail.com](mailto:iracibel22@gmail.com)

**Анотація** — робота присвячена розгляду проблеми ефективності використання геоінформаційних систем для моніторингу забруднення водою. В роботі запропоновано використання програмного забезпечення Python для обробки аерокосмічних знімків, отриманих із супутника Landsat 8. Також було розглянуто індекс Normalized Difference Water Index (NDWI) для дослідження стану водоюми.

**Ключові слова** — супутниковий моніторинг, спектральний діапазон, супутник Landsat 8, NDWI.

## I. ВСТУП

Підтримка екологічно чистих річок і озер є необхідною умовою для забезпечення стабільної та безпечної води для людей. Стандартні оцінки якості води обмежуються збором та виміром зразків води у кількох місцях довгої річки або широкого озера для подальшого лабораторного аналізу [1]. Незважаючи на те, що цей метод точний, він вимагає значного часу та зусиль для постійного спостереження. Отже, супутникове дистанційне спостереження почали застосовувати через його економічну ефективність та здатність подолати обмеження традиційних методів. Супутникове дистанційне зондування збирає інформацію про якість води в більш широкому діапазоні тимчасових та просторових масштабів [1, 2].

Водойма - природне або штучне заглиблення в земній поверхні, у якому нагромаджується і затримується вода; безстічний або зі сповільненим стоком поверхневий водний об'єкт (озеро, водосховище, ставок). Також до водоюми можна віднести моря та океани.

Супутниковий моніторинг є відносно новим видом спостереження за станом довкілля. Використання дистанційних методів зондування дозволяє стежити за змінами, що відбуваються на поверхні Землі. Згідно з чинним законодавством система моніторингу спрямована на підвищення рівня вивчення та знань про екологічний стан довкілля, підвищення оперативності та якості інформаційного обслуговування користувачів на всіх рівнях, підвищення якості обґрунтування природоохоронних заходів та ефективності їх здійснення, сприяння розвитку міжнародного співробітництва у галузі охорони довкілля, раціонального використання природних ресурсів та екологічної безпеки [5].

## II. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Динамічний зріст населення Землі зумовлює значне збільшення використання природних ресурсів. Судячи з аналізу стану навколишнього середовища, можна сказати, що людству потрібно більш раціонально використовувати природні об'єкти. Сучасний стан води залишає бажати кращого. Аналіз інформації про роботу Державного агентства водних ресурсів України показує, що екологічна ситуація річок нестабільна: деякі показники погіршуються (підвищена кольоровість води та концентрація фосфатів і заліза, показник хімічного споживання кисню). Постає питання про збереження якості водних ресурсів, оскільки вони є невід'ємною складовою існування всього живого на Землі. Слід проводити постійний моніторинг. Геоінформаційні системи (ГІС) полегшують даний процес, використовуючи спеціальне програмне забезпечення та обладнання.

## III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Програмне забезпечення Python 3 дозволяє працювати з обробкою знімків, отриманих зі штучних супутників Землі (ШСЗ). В цій роботі розглянуто використання нормалізованого індексу різниці води (Normalized Difference Water Index - NDWI) для визначення наявності водних об'єктів на знімку з використанням вищезгаданої програми. Дане програмне забезпечення дозволяє зберігати оброблені знімки в потрібному форматі.

Індекс Нормалізованої Різниці води - це відносно новий метод, розроблений для визначення функцій відкритої води та посилення їх присутності в цифрових знімках із віддаленим часом. NDWI використовує відбите ближнє інфрачервоне випромінювання та видиме зелене світло, щоб покращити наявність таких особливостей, усунувши наявність ознак ґрунту та земної рослинності. Дослідниками запропоновано NDWI використовувати для оцінки мутності водних об'єктів за допомогою цифрових даних віддаленості [5].

Серед кількох доступних супутникових датчиків - Operational Land Imager (OLI): зображає спектрометр видимого (5 каналів) і ближнього інфрачервоного діапазону (4 канали); розрізненість 15 м для панхроматичного каналу і 30 м для інших і Thermal InfraRed Sensor (TIRS) - камера далекого інфрачервоного (ІЧ)-діапазону (10,30- 12,50 мкм); розрізненість 100 м,

що надаються супутником Landsat 8, широко використовуються для оцінки якості води [3].

Normalized Difference Water Index для дослідження стану водойми використовує лише три спектральних діапазони: ближній інфрачервоний (Near Infrared - NIR), короткохвильовий інфрачервоний (Short Wavelength Infrared - SWIR), зелений (GREEN). Для розрахунку даного індексу використовуються наступні формули:

$$NDWI = \frac{(X_{nir} - X_{swir})}{(X_{nir} + X_{swir})} \quad (1)$$

$$NDWI = \frac{(X_{green} - X_{nir})}{(X_{green} + X_{nir})} \quad (2)$$

Перша формула використовується для спостереження за змінами у вмісті води зелені (водоростей) за допомогою ближня інфрачервона (NIR) та короткохвильова інфрачервона (SWIR) хвиль, друга – для моніторингу змін, пов'язаних з вмістом води у водоймах, використовуючи зелену (GREEN) та ближню інфрачервону (NIR) довжини хвиль.

Якщо потрібно контролювати рослинність у постраждалих від посухи територіях, то рекомендується використовувати NIR та SWIR. Відбиття SWIR відображає зміни як вмісту рослинності води, так і губчастої мезофілової структури в рослинних навісах. Відбиття NIR залежить від внутрішньої структури листя та вмісту сухої речовини листя, але не від вмісту води. Поєднання NIR та SWIR видаляє варіації, викликані внутрішньою структурою листя та вмістом сухої речовини листя, що підвищує точність вилучення вмісту рослинної води [5].

Використовуючи аерофотознімки території Києва, отримані за допомогою супутника Landsat 8, ми можемо ознайомитись з роботою вищенаведеного індексу. В програму Python 3.6.1 завантажуються спектральні канали одного знімка, після цього проводиться корекція даних каналів для точного отримання результатів роботи індексу. Після корекції каналів потрібно зберегти результати корекції. В наступну чергу потрібно використовувати нормалізований індекс різниці води. Використовуючи формули (1), проводимо оцінку отриманих результатів. На рис.1 показано спектральні канали, що використовуються в розрахунку формули (1) та отриманий результат операції з індексом. На рис.2. показано результат роботи індексу з використання формули (2).

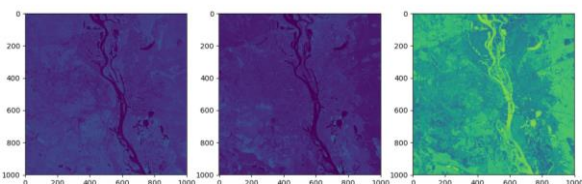


Рис.1. Ближній інфрачервоний канал, короткохвильовий інфрачервоний канал, результат роботи NDWI

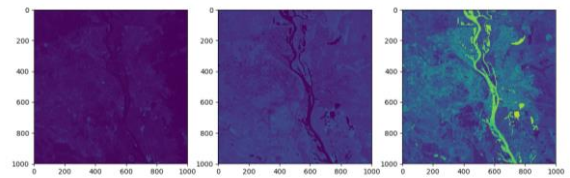


Рис.2. Зелений спектральний діапазон, ближній інфрачервоний діапазон, NDWI

Значення індексу знаходяться в діапазоні [-1, 1]. Проміжок (-1 – 0) – яскрава поверхня, без рослинності або вмісту води, (0 – +1) – репрезентує вміст води. Отримані значення знаходились в діапазоні 0.5 – 0.7, що означає про наявність води на досліджуваній території.

На останньому зображенні чітко видно, що водний об'єкт набув жовтого кольору, решта місцевості стала зеленою. Таким чином, визначивши наявність води на території, ми можемо використовувати знімки для подальшої обробки.

#### IV. ВИСНОВКИ

В тезі доповіді запропоновано супутниковий метод спостереження за станом довкілля, який використовує дистанційні методи і дозволяє за космічними знімками стежити за змінами, що відбуваються на поверхні Землі. Також у даній роботі наведено доцільність використання програмного забезпечення, що дозволяє обробляти дані аерофотознімки. Показано використання NDWI для визначення наявності водних об'єктів, що дає можливість подальшого використання результатів для визначення мутності та загального стану водойм. Порівняльний аналіз двох зображень, які отримані в результаті роботи індексу, можна сказати, що в другому випадку водний об'єкт виглядає яскравіше і його більш доречно використовувати при наступних обробках зображень.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Panda S.S., Garg V., Chaubey I. Artificial neural networks application in lake water quality estimation using satellite imagery. J. Environ. Inform. 2004
- [2] Olmanson L.G., Bauer M.E., Brezonik P.L. A 20-year Landsat water clarity census of Minnesota's 10,000 lakes. Remote Sens. Environ. 2008
- [3] Li W., Du Z., Ling F., Zhou D., Wang H., Gui Y., Sun B., Zhang X. A comparison of land surface water mapping using the normalized difference water index from TM, ETM+ and ALI. Remote Sens. 2013
- [4] Jiang H., Feng M., Zhu Y., Lu N., Huang J., Xiao T. An automated method for extracting rivers and lakes from Landsat imagery. Remote Sens. 2014
- [5] Journal of Environmental Informatics 4 (2), 65-74, 2004.

# Технології лазерного сканування об'єктів у просторі

Углач О.С.

науковий керівник: Зацерковний В.І.  
Кафедра аерокосмічної геодезії,  
Навчально-науковий інститут екологічної безпеки  
Національний авіаційний університет,  
Київ, Україна  
[uglach.elena15@gmail.com](mailto:uglach.elena15@gmail.com)

**Анотація** — робота присвячена розгляду технологій лазерного сканування як однієї з передових технологій для отримання швидких результатів у вивченні наземних об'єктів.

**Ключові слова** — геодезія, лазерне сканування, 3D-модель.

## I. ВСТУП

Наземне лазерне сканування - один з найсучасніших видів зйомки, що дозволяє отримати інформацію про місцевість.

В останнє десятиліття дані лазерного сканування все частіше починають застосовувати як при проектуванні, так і при моніторингу різних об'єктів інфраструктури та природних процесів. Даний метод застосовується в будівництві, автодорожній галузі, архітектурі, нафтогазовій галузі, електроенергетиці та інших областях.

Наземне лазерне сканування - безконтактна технологія вимірювання 3D поверхонь з використанням спеціальних приладів, лазерних сканерів. По відношенню до традиційних оптичних і супутникових геодезичних методів характеризується високою деталльністю, швидкістю і точністю вимірювань [1].

## II. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Наземне лазерне сканування – прогресивний метод у розвитку інженерних досліджень.

Розвиток геодезичної техніки призвів до появи технології 3D лазерного сканування. На сьогоднішній день це один з найсучасніших і продуктивних методів вимірювань.

3D лазерне сканування застосовується в архітектурі, промисловості, будівництві дорожній інфраструктурі, геодезії та маркшейдерії, археології.

Наземне лазерне сканування в геодезії, маркшейдерії застосовується для зйомки топографічних планів великого масштабу, зйомки ЦМР. Найбільша ефективність досягається при лазерному скануванні кар'єрів, відкритих виробок, шахт, штолень, тунелів. Швидкість методу дозволяє оперативно отримувати дані про хід земляних робіт, розраховувати обсяги виїнятої породи, здійснювати геодезичний контроль ходу будівництва, стежити за стійкістю бортів кар'єра, моніторити зсувні процеси.

Лазерне сканування має властивість дистанційності (безконтактність) вимірювання, геодезисту немає

необхідності знаходитися на важкодоступних і небезпечних об'єктах - лазерний 3D-сканер знімає поверхню віддалено. Цей фактор має серйозне значення при зйомці зсуво- і камнепаднебезпечних схилів, відкритих розробок, гірській місцевості взагалі, об'єктів з жорстким графіком роботи важкої техніки [2].

У даній роботі лазерне сканування буде розглянуто як метод, що має низку переваг в порівнянні з іншими методами зйомки. Оскільки цей метод недостатньо використовується під час дослідження об'єктів у просторі, то розкриття актуальності лазерного сканування є необхідним для того, щоб зрозуміти доцільність його використання при дослідженнях.

## III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Незважаючи на принципову новизну сканування, як методу створення тривимірних цифрових моделей, його можна розглядати як логічне продовження розвитку безвідбивачевих технологій і їх використання в геодезичних інструментах - лазерних рулетках, далекомірах, а з недавнього часу і в електронних тахеометрах.

Принцип роботи лазерного сканера аналогічний принципу роботи безвідбивачевого електронного тахеометра і полягає у вимірі часу проходження лазерного променя від випромінювача до поверхні, що відбиває, і назад до приймача. Шляхом ділення цього часу на швидкість поширення лазерного променя визначається відстань до об'єкта.

Тривимірна конфігурація поверхні, що знімається, реєструється з одночасним виведенням на дисплей масиву точок, що мають три координати і колір, що отримується з додаткової камери великої роздільної здатності, яка знімає паралельно з лазерним скануванням. Таким чином, миттєво створюється тривимірна растрова модель, що знімається.

Результати сканування, проведеного з різних точок, можуть бути «зшиті» один з одним для створення повної моделі комплексу конструкцій і місцевості за допомогою програмного забезпечення (ПЗ). ПЗ дозволяє візуалізувати модель, обертати об'єкт, переміщатися і проводити вимірювання між будь-якими точками або модельованими поверхнями, «заглядати», «гуляти» по щойно знятому об'єкту. Кожна графічна точка може бути забарвлена в залежності від інтенсивності відбитого лазерного сигналу,

кольору або іншого параметру, що покращує візуалізацію об'єкту.

Лазерне сканування і моделювання аналогічне фотограмметричним методам, але дозволяє отримувати координати з однієї точки стояння і без подальшої камеральної обробки - з можливістю контролю вимірювань безпосередньо в польових умовах. Крім того, забезпечується більш висока точність вимірювань в порівнянні з фотограмметричними методами при однаковій відстані від об'єкту, що знімається [3].

#### IV. ВИСНОВКИ

В статті розглянуто технологію лазерного сканування, що дало зрозуміти, наскільки даний метод є ефективним у дослідженні наземних об'єктів.

Переваги наземного лазерного сканування:

- скорочення вартості робіт в кілька разів;
- висока точність і достовірність даних про геометричні параметри об'єкта на поточний момент часу;
- швидкість зйомки (будинки і споруди: до 5 га / в день);
- сукупна швидкість зйомки і обробки даних, отриманих лазерним скануванням, в кілька разів вища, ніж при використанні методів класичної геодезії;
- універсальність - лазерне сканування може бути виконано з повітря, автомобіля, поїзда, катера, пішою бригадою. Всі зйомки можуть бути виконані як у видимому, так і в інфрачервоному, і тепловому діапазонах одночасно;
- автоматизація процесу обробки даних – повністю цифровий формат даних, дозволяє максимально автоматизувати процес їх обробки, і виключити вплив суб'єктивних факторів на результат;
- точність даних (Наземне лазерне сканування: 1-2 мм; детальність ортофотопланів - від 3 до 10 см. Це приблизно в 10-20 разів краще, ніж в Google Earth.) [4].

Тому, зрозуміло, що лазерне сканування необхідно використовувати при дослідженні об'єктів для швидкого отримання даних.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Медведев Е.М., Григорьев А.В. С лазерным сканированием на вечные времена // Геопрофи. – 2003. – № 1. – С. 5–10.
- [2] Середович В.А. Наземное лазерное сканирование: монография / В.А. Середович, А.В. Комиссаров, Д.В. Комиссаров, Т.А. Широкова. – Новосибирск: СГГА, 2009. – 261 с.
- [3] Зуев В.Е. Лазерные навигационные устройства / В.Е. Зуев, В.Я. Фадеев. – М.: Радио и связь, 1987. – 160 с.
- [4] Межерис Р. Лазерное дистанционное зондирование. – М.: Мир, 1987. – 550 с.

# Застосування вегетаційного індексу NDVI для оцінювання стану рослинності

Погорелов О.С.

науковий керівник: Гладілін В.М.

Кафедра аерокосмічної геодезії,

Навчально-науковий інститут Екологічної безпеки,

Національний авіаційний університет,

Київ, Україна

[spogorelov64@gmail.com](mailto:spogorelov64@gmail.com)

**Анотація** — робота присвячена розгляду проблеми застосування вегетаційних індексів для оцінювання стану рослинності. В роботі запропоновано застосування вегетаційного індексу NDVI для визначення стану та розвитку рослинності на території Закарпатської області.

**Ключові слова** — *вегетаційний індекс, оцінювання, космічні знімки, лінійні залежності.*

## I. ВСТУП

В основу дослідження залежності ґрунт-рослина покладена гіпотеза про те, що стан та кількість рослинності залежить від показників родючості ґрунтів. У багатьох роботах наведені дані про те, що врожайність сільськогосподарських культур залежить від показника вегетаційного індексу, або ж набору індексів, протягом вегетаційного періоду. Для будь-якої ділянки з рослинністю значення вегетаційних індексів мають різну предикативну силу залежно від календарної дати, вирощуваної сільськогосподарської культури та особливостей досліджуваного регіону [2].

## II. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Для даного дослідження було взято вегетаційний індекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – простий кількісний показник фотосинтетично активної біомаси [3]. Цей показник характеризується легкістю обчислення та найширшим динамічним діапазоном. Також серед інших показників він найбільш чутливий до змін у рослинному покриві. NDVI є помірно чутливим до змін ґрунтового й атмосферного фону. Не слід застосовувати його якщо рослинний покрив становить менше 30 % площі, яка досліджується. Розрахунок показника NDVI базується на двох не залежних від інших факторів ділянках спектральної кривої відбиття судинних рослин. У червоній ділянці спектра (0,6–0,7 мкм) лежить максимум поглинання сонячної радіації хлорофілом вищих судинних рослин, а вже в інфрачервоній ділянці (0,7–1,0 мкм) йде максимальне відбиття клітинних структур листків [2]. Тому таке співвідношення, тобто така фотосинтетична активність, дозволяє чітко відокремлювати рослинність від інших природних структур. Використання нормалізованої різниці між мінімумом і максимумом відбиття збільшує точність виміру та дозволяє зменшити вплив таких явищ,

як розходження в освітленості знімка, хмарності, поглинання радіації атмосферою. Тому прийнято обчислювати NDVI за такою формулою, яка свідчить, що щільність NDVI у певній точці зображення дорівнює різниці інтенсивностей відбитого світла в червоному та інфрачервоному діапазонах, яка поділена на їх суму:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}, \quad (1)$$

де NIR та RED – це значення відповідних пікселей на зображенні, які отримані у червоній (RED) видимій та ближній інфрачервоній (NIR) ділянках спектра [1].

## III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Дослідження залежності стану та кількості рослинності від показників родючості ґрунтів передбачає такі етапи:

- отримання статистичних даних, які характеризують показники родючості ґрунтів області;
- побудова цифрової моделі рельєфу Закарпатської області;
- скачування доступних наявних космічних знімків за відповідний вегетаційний період з мінімальним відсотком хмарності;
- процес попередньої обробки знімків. Проводилось синтезання каналів для формування відповідного мультиспектрального зображення, радіометрична та атмосферна корекція знімків, тих супутників, які потребували даної обробки. Всі розрахунки проводились у спеціалізованій програмі Erdas Imagine 2013;
- розрахунок вегетаційного індексу NDVI згідно з показниками енергетичних яскравостей відповідних спектральних каналів. Відповідно до моделі супутника проводились розрахунки вегетаційного індексу супутників Landsat 4-5 TM, Landsat 7 ETM+ та Landsat 8 OLI;
- отримання усереднених значень NDVI<sub>avg</sub> за вегетаційний період по моніторингових ділянках, районах, зонах;
- встановлення лінійної статистичної залежності між показниками стану та кількості рослинності на прикладі вегетаційного індексу NDVI<sub>avg</sub> та показника родючості ґрунтів;

- знаходження коефіцієнтів кореляції  $R$ , який полягає у визначенні степені інтенсивності зв'язку між двома вибірками значень (задається довірча ймовірність  $P = 0,95$  та рівень значимості  $\alpha = 0,05$ , обчислюються вибіркові середні значення по  $x$  та  $y$ , де  $n = 22$  та  $75$ , розраховується точкова оцінка коефіцієнта кореляції, обчислюються величини  $z_1, z_2$ , при довірчому множнику  $k = 1,96$ , обчислюються довірчі інтервали для коефіцієнтів кореляції  $r_1, r_2$ , обчислюється середнє квадратичне відхилення  $\sigma$ , обчислюється коефіцієнт детермінації  $R^2$ , обчислюється значимість коефіцієнта кореляції  $t$ .

Даний метод є наближеним і обчислення дають задовільні результати, оскільки обсяг вибірки перевищує 20 значень.

- побудова графіків залежності між вегетаційним індексом  $NDVI_{avg}$  та показником родючості ґрунтів на прикладі усередненого показника вмісту гумусу  $Gact$ .

Для дослідження статистичної залежності стану та кількості рослинності від показників родючості ґрунтів в умовах різновисотних ландшафтних зон області використовувались статистичні дані про показники вмісту гумусу в ґрунті окремо по ділянках, сумарні по районах та ландшафтних зонах області. Взято мультиспектральні знімки супутника Landsat 4-5 TM, 7 ETM+, 8 OLI за вегетаційний період, середня хмарність 10 %, залежність досліджувалась по 7 сценам за 4 вегетаційні місяці. Провівши розрахунок  $NDVI$  та знайшовши усереднені значення індексу  $NDVI_{avg}$  по ділянках, районах та ландшафтних зонах, отримуємо такі регресійні статистичні лінійні залежності (рис.1):

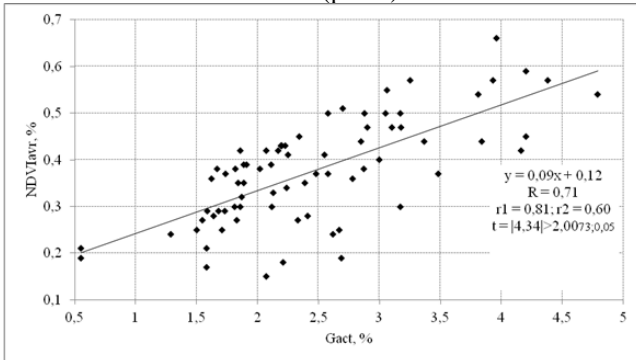


Рис. 1. Лінійні регресійні статистичні залежності між усередненим показником вегетаційного індексу рослинності  $NDVI_{avg}$  та фактичним показником вмісту гумусу в ґрунтах  $Gact$ .

За усередненими даними по районах та по ландшафтних зонах отримані такі коефіцієнти кореляції:

- 2010 рік  $R$  (по районах) = 0,10;  $R$  (по зонах) = 0,95;
- 2011 рік  $R$  (по районах) = 0,35;  $R$  (по зонах) = 0,89;
- 2012 рік  $R$  (по районах) = 0,51;  $R$  (по зонах) = 0,82;
- 2013 рік  $R$  (по районах) = 0,47;  $R$  (по зонах) = 0,98.

1. Досліджено статистичну регресійну залежність показників вегетаційних індексів  $NDVI$  та показника родючості ґрунту – вмісту гумусу.

2. Обчислено коефіцієнт кореляційної залежності  $R$ , що коливається від +0,24 до +0,66.

3. Обчислені довірчі інтервали, значимість коефіцієнтів кореляції, середні квадратичні відхилення, які підтверджують пряму регресійну статистичну залежність між вегетаційними індексів  $NDVI$  та показниками родючості ґрунту – вмістом гумусу, у різних ландшафтних зонах, з довірчою ймовірністю 0,95 та рівнем значимості 0,05.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Гмурман В. Е. Теория вероятности и математическая статистика / В. Е. Гмурман. – М.: Высш.шк., 2003. – 479 с.
- [2] Кохан С.С. Застосування вегетаційних індексів нормалізованої різниці та зваженої різниці у визначенні стану сільськогосподарських культур / С.С. Кохан // Доповіді НАН України. – 2012. – № 2. – С. 135 – 140.
- [3] Кохан С. С. Застосування вегетаційних індексів на основі серії космічних знімків IRS-1D LISS-III для визначення стану посівів сільськогосподарських культур / С. С. Кохан // Космічна наука і технологія. – 2011. – Т. 17, № 5. – С. 58 – 63. [3] Зеркалов Д. В. Проблеми екології сталого розвитку: [Електронний ресурс] : Монографія. – К.: Основа, 2013. – 430 с.

#### IV. ВИСНОВОК



# Складові бази даних наземних служб аеропорту

Дубкова А.О.

науковий керівник: Гладілін В.М., к.т.н.

Кафедра аерокосмічної геодезії,

Навчально-науковий інститут екологічної безпеки,

Національний авіаційний університет,

Київ, Україна

dubkonastia@gmail.com

**Анотація** — розгляду теми наземні служби аеропорту та їх взаємодія.

**Ключові слова** — аеропорт, наземні служби, взаємодія..

## I. ВСТУП

Аеропорт - багато функціональне транспортне підприємство, що є наземною частиною авіаційної транспортної системи, яка забезпечує зліт і посадку повітряних суден та їх наземне обслуговування, прийом і відправлення пасажирів, багажу, пошти і вантажів, а також створює необхідні умови для функціонування авіакомпаній, державних органів регулювання авіаційної, митної прикордонної діяльності, сприяє діловій активності, спрямованій на поліпшення рівня обслуговування пасажирів і забезпечення економічної стабільності аеропорту. Для виконання своїх функцій аеропорт використовує аеродром, аэровокзал, привокзальну територію, наземні споруди, обладнання і залучає обслуговуючий персонал.

## II. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Діяльність аеропорту провадиться в інтересах пасажирів та інших клієнтів – споживачів авіапослуг, а також суб'єктів авіатранспортного ринку, які безпосередньо здійснюють авіаційні перевезення або сприяють їм.

## III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Загальними функціями аеропорту є організація:

- системи комплексного обслуговування пасажирів і клієнтів аеропорту;
- повітряного руху або зв'язку із державними органами щодо забезпечення керування повітряним рухом (КПР); - служб безпеки, імміграційної, медико-санітарної і митної;
- управління і забезпечення фінансами;
- інженерних і будівельних робіт, проведення ремонтно-технічних заходів;
- розвитку інформаційних систем;

У невеликих аеропортах деякі з цих функцій здійснює тільки один підрозділ, у великих вони можуть бути розділені між кількома. Основними з них є адміністративно-фінансовий експлуатації аеропортових служб, інженерно-будівельних і

ремонтно - технічних робіт інш. Адміністративно - фінансовий підрозділ звичайно здійснює загальне керівництво персоналом і вирішує загальні адміністративні питання, включаючи експлуатацію аеропортових споруд наземної інфраструктури, а також матеріально-технічне забезпечення. Цей підрозділ може відповідати за бухгалтерській облік, бюджети, контролювати виконання умов оренди, контрактів, концесій, упорядкування проєктів необхідних угод, інші юридичні питання. Визначення довгострокових цілей аеропорту, розробка планів розвитку і програм капіталовкладень, також входить у сферу діяльності адміністративно - фінансового підрозділу. Управлінський контроль (який включає порівняння та аналіз фактичних результатів із прогнозами, бюджетами і планами) може бути відділений від фінансової функції. Управлінські інформаційні системи, що суттєво впливають на рівень управління, звичайно входять у структуру адміністративно - фінансового підрозділу. Вони можуть належати до підрозділу обробки даних аеропорту або бути сформованими в окремий відділ. Що ж стосується підрозділу внутрішньої ревізії, то він є незалежним і повинен бути підзвітним вищому ешлону адміністративного управління з метою забезпечення неупередженості перевірок. Підрозділ експлуатації аеропортових служб відповідає за експлуатацію аеродрому, пасажирського і вантажного терміналів . У такому підрозділі звичайно задіяна велика кількість техніки і персоналу для забезпечення охорони, виконання різноманітних робіт та інших відповідних функцій. Окремі послуги можуть надаватись субпідрядниками. Підрозділ іженерно-будівельних робіт і ремонтно-технічних служб здійснює технічне обслуговування аеропортових споруд і устаткування, а також виконує інженерні роботи аеропорту. Обслуговування полягає в підтриманні в експлуатаційному стані аеропортової інфраструктури, до якої належать внутрішнє устаткування аэровокзалу (наприклад, багажні транспортери, ескалатори, ліфти, системи опалення і кондиціонування повітря та енергозабезпечення), устаткування аеродрому (наприклад світлосигнальне устаткування ЗПС,

обладнання інструментальної системи заходу на посадку), електрозв'язок і метеорологічне устаткування), а також авіаційна наземна техніка. Інженерне обслуговування полягає у визначенні нових видів робіт і програм, у тому числі в розробці технічних вимог до попередніх і остаточних варіантів проектів [1]. Важливим завданням є розробка генерального плану розвитку аеропорту. Генеральний план, базуючись на оптимальній пропускній спроможності аеропорту, повинен вказувати місце розташування додаткових ЗПС і пасажирських аеровокзалів [3]. Підрозділи інженерного обслуговування виконують частину або всі завдання з управління перевезеннями, планування і контролю за роботами, пов'язаними з будівництвом і експлуатацією наземних споруд і аеровокзалів. Інженерне обслуговування аеропортової інфраструктури і будівельні роботи часто здійснюються сторонніми організаціями або підрядниками в тих аеропортах, які мають у своїй структурі власні інженерні та ремонтно-будівельні підрозділи. Підрозділ маркетингу зв'язку із громадкістю забезпечує рекламу аеропорту авіакомпаніям, громадскості і потенційним користувачам аеропортових послуг. Він визначає типові характеристики користувачів аеропорту та їхніх потреб, суспільні зв'язки і зв'язки із пресою, провадить екскурсії, розглядає скарги і публікує для широкого загалу інформаційні матеріали. Даний підрозділ також може займатись питаннями розробки і керівництва комерційними концесіями, особливо в невеликих аеропортах, де така діяльність нерідко є частиною роботи адміністративного або експлуатаційного підрозділів. Розширення комерційних коцесій і управління ними та іншою неавіаційною діяльністю стає особливо важливим у разі росту обсягу превезень через аеропорти. Тому у великих аеропортах є виправданою організація для таких цілей окремого підрозділу.

#### IV. ВИСНОВКИ

Злагоджена робота аеропорту залежить від взаємодії всіх наземних служб перерахованих вище в тексті. Від правильного обслуговування ПС залежить безпека польотів, а тому геоінформаційна система аеропорту повинна забезпечити всіма функціями аеропорту та організацією систем комплексного обслуговування пасажирів повітряного руху служб безпеки іміграційної, медико-санітарної і митного контролю та інженерно будівельних робіт для проведення ремонту та обслуговування аеропорту та літаків.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Ашфорд Н., Райт П.К. Проектування аеропортів. Переклад с англійської А.П.Степушина. М., Транспорт, 1988г.
- [2] Беляев В.В. Пасажирські літаки світу. Видавництво «Аспол», «Аргус», 1997г.
- [3] Блохин В.И., Белинский И.А. и др. Аэропорты и повітряні дороги. М., Транспорт, 1984г.

# Використання геоінформаційних технологій для моніторингу забруднення повітря в умовах урбанізованих ландшафтів

Ільченко К.В.

науковий керівник: Зацерковний В.І.  
Кафедра аерокосмічної геодезії,  
Навчально-науковий інститут Екологічної безпеки,  
Національний авіаційний університет,  
Київ, Україна  
[il.katia13@gmail.com](mailto:il.katia13@gmail.com)

*Анотація* — робота присвячена розгляду проблеми моніторингу забруднення атмосферного повітря урбанізованих ландшафтів. В роботі запропоновано застосування сучасних ГІС-технологій для проведення досліджень і обґрунтовано переваги інформаційних систем для аналізу даних і прийняття найкращих рішень розв'язання проблем.

*Ключові слова* — геоінформаційна система, геоінформаційна технологія, забруднення, урбанізовані ландшафти, моніторинг, атмосферне повітря..

## I. ВСТУП

Однією з найбільших проблем сучасності є забруднення навколишнього середовища, адже людина не може нормально функціонувати в умовах не відповідних стандарту. Особливо важливим є екологічно чисте повітря, зокрема в урбанізованих ландшафтах. Тому що воно є основою життєдіяльності всієї системи Землі.

Але нормальна життєдіяльність людей, усього живого на Землі вимагає не тільки присутності повітря, а й певного його складу. Від складу повітря залежить стан організму людини, його здоров'я. Порушення нормального складу повітряного середовища може впливати не тільки на здоров'я й рівень захворюваності організму, але й на його розвиток, приводячи не тільки до порушення функціонування й розвитку його окремих систем, але й до генетичних змін [3].

Тому застосування новітнього програмного забезпечення і проведення аналізу забруднень урбанізованих територій є надзвичайно важливим, через особливо ускладнену ситуацію з контролем і кількістю викидів шкідливих речовин у повітря. За допомогою геоінформаційного аналізу можна не тільки зробити висновки, а й створити певну програму дій щодо розв'язання проблем, що виникли. Користуючись отриманими даними держава може скоротити і обмежити шкідливий вплив певних підприємств, встановити необхідний контроль над викидами, оновити граничні значення і нормативну базу.

## II. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Світ постійно змінюється під впливом природних і антропогенних факторів. Для виділення людського чинника в процесі модифікацій навколишнього середовища використовується різноманітні спостереження за різними параметрами. Саме у спостереженні, аналізі отриманих даних і оцінці ситуації, що склалась, полягає моніторинг.

Спектр моніторингу повітряного забруднення дуже широкий. Для його здійснення необхідно: вибрати станції моніторингу для здійснення відбору проб навколишнього повітря, фізичного і хімічного аналізу, повітряних проб і інтерпретації результатів, і, звичайно, великовартісне устаткування [3].

Контроль за забрудненням повітря має такі основні складові: спостереження як віддалених, так і короточасних тенденцій; оцінка відповідності стандартам якості повітря; оцінка здоров'я населення і негативного впливу на довкілля; планування; затвердження моделей дисперсії, які використовують математичні підходи моделювання, з метою прогнозування рівнів забруднення повітря; ефективність заходів управління [3].

Результати моніторингу атмосферного повітря найкраще представляти у візуальній інтерпретації, тобто подавати готове зображення. Саме для цього найкраще підходить використання програмного забезпечення ГІС.

## III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Розглядаючи проблему забрудненості атмосферного повітря, слід зазначити, що на даний момент ГІС-технології застосовуються для аналізу обставин, які склалися у містах України та побудови її математичної моделі.

Основними задачами, що можуть виконуватись є аналіз забрудненості повітря по постах спостережень, класифікація забрудненості повітря в містах України, визначення зони розсіювання та створення інтерполяційного ґриду забрудненості повітря поза межами території міст [1].

Створювана ГІС характеризується багатоцільовим характером, функціональною надлишковістю, багатоваріантною реалізацією функцій, наявністю просторово-розподіленої мережі обміну даними, гнучкими технологіями управління [2].

Більшість робіт, які проводяться під час аналізу та досліджень, виконуються за допомогою програмного забезпечення фірми ESRI – ArcGIS з його додатковим модулем Geostatistical Analyst. Цей модуль дозволяє проводити геостатистичний аналіз та побудову різних типів поверхонь.

ГІС-технології дозволяють розробляти за даними державного моніторингу, змодельовану картину забрудненості повітря, як окремо по кожному місту, так і по Україні в цілому. ГІС-технологія повинна значно допомогти та полегшити роботу екологічних служб та служб моніторингу, які займаються проблемами забрудненості повітря [1].

ГІС дозволяє створювати карти забруднення за окремими показниками, такими як швидкість вітру, температура, тиск та інше. А також відслідковувати динаміку їх змін. Інструментарій дозволяє не тільки представляти введені дані, а й розраховувати допоміжні показники для певних точкових об'єктів та для певних територій. Наприклад можна побудувати карти викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел, тобто підприємств чорної металургії, теплової енергетики, вугільної, нафтогазовидобувної, цементної промисловості і т.д. що продемонстровано на рис.1, або ж зображену на рис.2 карту відображення розрахованого показника, наприклад, обсяг викидів у розрахунку на одну особу.

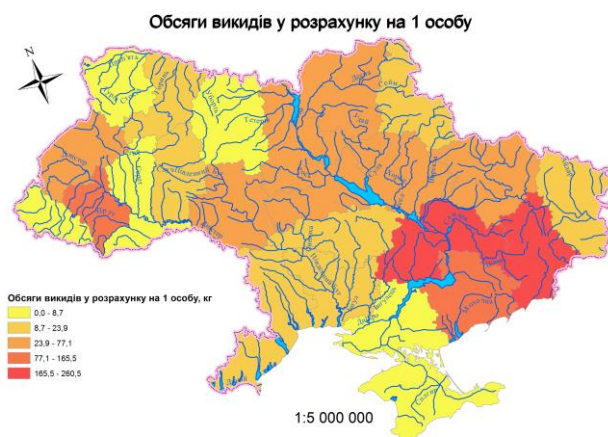


Рис.2. Карта показника обсягу викидів забруднюючих речовин на одну особу

#### IV. ВИСНОВКИ

Забруднення атмосферного повітря є одним з найбільших екологічних лих сучасності, адже повітря – це найважливіший ресурс на Землі. Тому проведення моніторингу забруднення атмосферного повітря урбанізованих ландшафтів є надзвичайно важливим. Дані моніторингу потрібно обробити з метою їх подальшого використання. Саме для цього найбільше підходить геоінформаційний аналіз. Використовуючи можливості спеціалізованих програм ГІС можна виконувати різноманітні операції з даними і представляти їх у найкращому для сприйняття вигляді.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Білогуров В.П., Івахненко О.П. Розробка ГІС-технології щодо інтегральної оцінки забруднення атмосферного повітря в містах України/ В.П. Білогуров, О.П. Івахненко // Східно-європейський журнал передових технологій. – 2010. - №2(46). – с. 26-27.
- [2] Зацерковний В. І. Геоінформаційний моніторинг атмосферного повітря Чернігівської області / В. І. Зацерковний, С. В. Кривоберець, В. В. Сергієнко, Ю. С. Сімакіну // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського. Серія: Географія. - 2011. - Т 24 (63). - №3. - с. 74-84.
- [3] Зеркалов Д. В. Проблеми екології сталого розвитку: [Електронний ресурс] : Монографія. – К.: Основа, 2013. – 430 с.

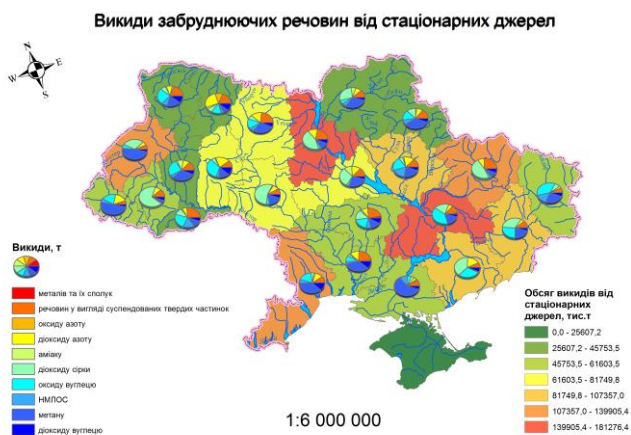


Рис.1. Карта викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел

# Побудова найкоротшого шляху між автозаправними станціями у м. Києві

Булах А.С., Наумович Д.С.

науковий керівник: Гладілін Валерій Миколайович  
Кафедра аерокосмічної геодезії,  
Навчально-науковий інститут екологічної безпеки,  
Національний авіаційний університет,  
Київ, Україна

[andreo54ua@gmail.com](mailto:andreo54ua@gmail.com), [dafka.naumovych@gmail.com](mailto:dafka.naumovych@gmail.com)

**Анотація** – робота присвячена визначенню найкоротшого (найдешевшого) шляху в мережі пунктів автозаправних станцій.

**Ключові слова** – логістика, побудова найкоротшого шляху, алгоритм Дейкстри.

## I. ВСТУП

Виходячи із застосування на практиці, однією із найбільш важливих потокових задач є задача знаходження ланцюга із джерела (вихідного) в кінцевий пункт, що мінімізує вартість (час) проходження потоку заданої величини по даному ланцюгу.

Припустимо, що кожній дузі  $(i,j)$  орієнтованої мережі поставлено в відповідність деяке число  $c_{ij}$ , яке називається узагальненою вартістю дуги. Фіктивним, або “безкоштовним” дугам приписується значення  $c_{ij} = 0$ , а кожній парі вузлів  $(i,j)$ , для яких не існує дуги, яка їх з'єднує приписують вартість  $c_{ij} = \infty$ . Задача, що вирішується в статті, полягає у заходженні в заданій мережі такого ланцюга, із початкового пункту  $s$  в кінцевий пункт  $t$ , для якого вартість проходження одиниці потоку по цьому ланцюгу є мінімальною.

## II. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Математично, це може бути записано як наступна задача лінійного програмування (ЛП):

$$\text{мінімізувати} \quad \sum_i \sum_j c_{ij} f_{ij} \quad (1)$$

при умові, що

$$\sum_i f_{sj} - \sum_i f_{js} = 1 \quad (2)$$

$$\sum_i f_{ij} - \sum_i f_{ji} = 0, \quad i \neq s, \quad i \neq t \quad (3)$$

$$\sum_i f_{ij} - \sum_i f_{jt} = -1 \quad (4)$$

$$f_{jt} \geq 0 \quad (5)$$

де  $f$  - невід'ємна цілочисельна функція.

У відповідності з рівністю (2) одиниця потоку витікає з джерела. У відповідності з рівністю (3)

гарантовано збереження даної одиниці потоку при протіканні в мережі. У відповідності з рівністю (4) одиниця потоку  $f_{jt}$  попадає у виток. У якості найкоротшого ланцюга може бути послідовність суміжних дуг  $(i,j)$ , для яких  $f_{ij} = 1$ . Для вирішення сформульованої задачі лінійного програмування використаємо спеціальний метод, відомий під назвою «алгоритм Дейкстри» [1]. Цей алгоритм був розроблений з метою використання специфіки розглянутої моделі.

Вартість кожної дуги, або відстань між двома вузлами є позитивне число  $c_{ij}$ . Алгоритм заснований на приписуванні вузлам тимчасових або постійних міток. Спочатку кожному вузлу (виключно джерелу) приписується тимчасова мітка, яка відповідає довжині найкоротшої дуги, яка веде від виток до даного вузла. Виток (джерелу) приписується постійна мітка, значення якої дорівнює нулю. Кожному вузлу, до якого неможливо потрапити безпосередньо, із виток приписується тимчасова мітка  $\infty$ , а усім іншим вузлам - тимчасові мітки  $c_{sj}$ ,  $j \neq s$ . Якщо визначено, що вузол належить найкоротшому ланцюгу, його мітка стає постійною. Алгоритм заснований на такому простому факті: якщо відомий найкоротший ланцюг із вузла  $s$  до вузла  $j$  і вузол  $k$  належить цьому ланцюгу, то найкоротший ланцюг із  $s$  до  $k$  є частиною первинного ланцюга, який закінчується у вузлі  $k$ . Алгоритм починає працювати при  $j = s$ . Потім величина  $j$  послідовно збільшується на одиницю і при  $j = t$  алгоритм завершує роботу.

На рис.1 наведено мережу автозаправних станцій (АЗС) у м. Києві у вигляді неорієнтованого графу з 10 АЗС, дугам між якими приписані відстані у метрах.

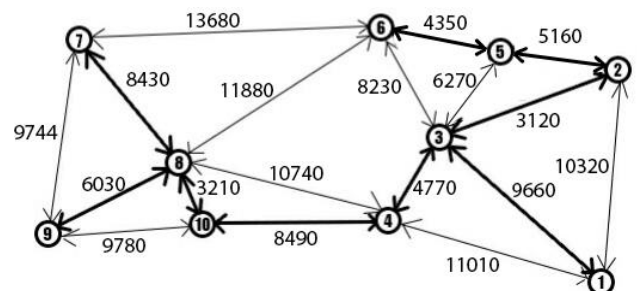


Рис.1. Мережа автозаправних станцій у м. Києві у вигляді неорієнтованого графу.

Пункт №1 – перша АЗС, до якої потрапляють всі нафтопродукти із нафтобази.

Результати розрахунку найкоротших відстаней із пункту №1:

$1 \rightarrow 5 = 15480 \text{ м};$	$1 \rightarrow 6 = 17890 \text{ м};$
$1 \rightarrow 7 = 30180 \text{ м};$	$1 \rightarrow 8 = 11010 \text{ м};$
$1 \rightarrow 9 = 27780 \text{ м};$	$1 \rightarrow 10 = 19500 \text{ м}.$

Найкоротше остовне дерево проходить по дугам :

$1 \rightarrow 3 = 9660 \text{ м};$	$2 \rightarrow 3 = 3120 \text{ м};$
$2 \rightarrow 5 = 5160 \text{ м};$	$3 \rightarrow 4 = 4770 \text{ м};$
$4 \rightarrow 10 = 8490 \text{ м};$	$5 \rightarrow 6 = 4350 \text{ м};$
$7 \rightarrow 8 = 8430 \text{ м};$	$8 \rightarrow 9 = 6030 \text{ м};$
$8 \rightarrow 10 = 3210 \text{ м}.$	

### III. ВИСНОВКИ

За допомогою алгоритму Дейкстри дуже зручно знаходити найкоротший шлях по мережі від будь-якого початкового пункту в будь-який кінцевий. Це дає змогу раціонально використовувати час необхідний для доставки нафтопродуктів до пунктів. Також знаходяться найкоротші шляхи від нафтобази до АЗС.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Dijkstra E. W. A note on two problems in connection with graphs. Numerishe mathematic, 1959 pp 269-271.

# Моніторинг вирубки лісів по космічному знімку Worldview-2

Лавренчук А.Ю.

науковий керівник: Беленок Вадим Юрійович  
Кафедра аерокосмічної геодезії,  
Навчально-науковий інститут екологічної безпеки,  
Національний авіаційний університет,  
Київ, Україна  
malyavka.anastasia@gmail.com

**Анотація** — робота присвячена аналізу моніторингу вирубки лісів по космічному знімку Worldview-2. Задачею роботи є проаналізувати особливості космічного моніторингу лісових масивів. У роботі зроблено дешифрування космічного знімка для визначення зон вирубки лісів.

**Ключові слова** — космічний моніторинг, космічний знімок, ліс, дистанційні аерокосмічні дослідження.

## I. ВСТУП

Лісові масиви є складними динамічними природними системами, межі яких постійно змінюються. Крім того, ліс – джерело цінної промислової сировини.

Один кубометр лісу на ринку коштує 70-75 доларів. Якщо говорити про площу вирубки, то кожний гектар лісу — це прямі збитки держави в розмірі 30 тис. доларів, а нелегальна вирубка лісів в розмірі 1 млн. куб. м, який щорічно констатує Держлісагентство, — це 75 млн доларів за офіційними даними. По супутниковому знімку надвисокої роздільної здатності можна з точністю до 1 кв.м визначити площу ділянки, де нещодавно був вирублений ліс [2].

Зважаючи на високу трудомісткість отримання інформації про склад лісів та їх екологічний стан наземними методами, особливо на великих площах, важлива роль в оцінюванні стану лісів, їх картографуванні та проведенні екологічного моніторингу належить дистанційним методам досліджень. Експлуатація лісових ресурсів, зокрема вирубка лісів, проводиться не завжди санкціоновано та раціонально. Для контролю за промисловим використанням і відновленням лісів здійснюється оперативний космічний моніторинг [1].

## II. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Космічний моніторинг дозволяє охоплювати величезні території і отримувати різного роду інформацію про стан лісових масивів. Він дозволяє вирішувати цілий спектр завдань:

- отримання інформації для оцінки синоптичної обстановки;
- реєстрація зон з підозрами на лісові пожежі на територіях під охороною;
- детектування пожеж та контроль динаміки пожеж на неохоронних територіях;

Однак у такого методу збору інформації є і свої недоліки [3].

Моніторинг лісів з використанням аерокосмічних даних дозволяє виконувати :

- отримання, нагромадження і попередню обробку видової космічної інформації;
- отримання і нагромадження наземної завіркової інформації, яка містить лісотехнічні параметри;
- сумісну обробку космічної та наземної інформації із застосуванням ГІС-технологій та програмних продуктів типу ERDAS Imagine;
- комп'ютерне моделювання в геосистемах для прогнозування спрямування та інтенсивності проходження екологічних процесів;
- прийняття управлінських рішень та розроблення заходів щодо створення оптимальних умов природокористування.

Для моніторингу вирубки лісів використовують знімки різного спектрального розрізнення.

У нашому дослідженні використано супутниковий знімок WorldView-2 для моніторингу вирубки лісів на території Закарпатської області.

Космічний апарат WorldView-2 оснащений телескопом з апертурою 110 см, що дозволяє отримувати цифрові зображення земної поверхні з просторовим дозволом 0,46 м в панхроматичному діапазоні і 1,84 м у 8 мульти-спектральних діапазонах при зйомці в надир.

WorldView-2 є першим комерційним апаратом з восьмиканальним спектрометром, який включає традиційні спектральні канали: червоний, зелений, синій і ближній інфрачервоний-1, а також чотири додаткових каналу: фіолетовий (coastal), жовтий, «крайній червоний» (rede edge), ближній інфрачервоний-2. Спектральні канали супутника WorldView-2 можуть забезпечити більш високу точність при детальному аналізі стану рослинності, берегової лінії і прибережної акваторії. Дані, одержані за цього супутника, мають точність геоприв'язки не менше 4 м СКО без застосування наземних точок прив'язки.



Рис.1 Космічний знімок WorldView-2 Закарпатської області.



Рис.2 Дешифрування вирубки лісів Закарпатської області (коричневим кольором виділена зона вирубки) .

### III. ВИСНОВКИ

Розглянуто моніторинг вирубки лісів по космічному знімку Worldview-2 на території Закарпатської області. Моніторинг лісів з використанням космічних даних дозволяє виявити ареали вирубки лісів для прийняття оперативних управлінських рішень, щодо охорони лісових насаджень.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1]. Дослідження методів класифікації лісів з використанням космічних знімків високого розрізнення, Х.В. Бурштинська, Б.В. Поліщук, О.Ю. Ковальчук, Геодезія, картографія і аерофотознімання. Вип. 78, 2013, 101с.
- [2] Моніторинг вирубки леса, Космос без меж, спецвыпуск 2017, 18с.
- [3] Лулян Е.А. Спутниковый мониторинг лесных пожаров в России. Итоги. Проблемы. Перспективы. Аналитический обзор ИОА, ГПНТБ СО РАН /Е.А. Лулян, А.А. Мазуров, Е.В. Флитман. – Новосибирск, 2003 (Сер. Экология. Вып. 68). – 224 с..
- [4] [https://drive.google.com/uc?export=download&confirm=zCgf&id=1tVZ\\_qqvUOHQu9np8xJJx5GQ5150TZUER](https://drive.google.com/uc?export=download&confirm=zCgf&id=1tVZ_qqvUOHQu9np8xJJx5GQ5150TZUER)



# Застосування геоінформаційних систем у ландшафтних дослідженнях

Кун Ю.В.

науковий керівник: Зацерковний В.І.  
Кафедра аерокосмічної геодезії,  
Національний авіаційний університет,  
Київ, Україна  
[yulia988477@gmail.com](mailto:yulia988477@gmail.com)

**Анотація** — у роботі розглянуто досвід і можливості застосування комп'ютерної техніки, геоінформаційних систем та технологій для задач дослідження ландшафтної структури території та оцінки антропогенної перетвореності ландшафтів.

**Ключові слова** — ландшафт, ландшафтні дослідження, ландшафтна карта, геоінформаційні системи, антропогенна перетвореність ландшафтів.

## I. ВСТУП

Геоінформаційні системи (ГІС) все більше впроваджуються у різні галузі науки. Протягом декількох останніх десятиріч методика картографування ландшафтів стала цілком обґрунтованою з точки зору теоретико-методологічної бази та досвіду успішної апробації для різних територій. Сьогодні відбувається поступова актуалізація цього напрямку досліджень, що пов'язано із зростанням ролі прикладних ландшафтних розробок, все більшою увагою науковців до антропогенних змін ландшафтів, необхідністю удосконалення методики картографування ландшафтів на основі впровадження новітніх засобів геоінформаційних технологій і використання даних дистанційного зондування Землі.

## II. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

На сьогодні стан великомасштабних ландшафтних картографічних матеріалів є вкрай незадовільним, їх актуалізація на загальнодержавному рівні практично не проводилась або проводилась не в повній мірі, тобто існує проблема актуалізації та інтеграції векторних та растрових даних. Також сучасне ландшафтне різноманіття України суттєво змінене, особливу загрозу для нього становлять викиди та відходи хімічної промисловості.

## III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

ГІС відкривають нові можливості під час польових ландшафтних дослідженнях і водночас висувають нові вимоги до матеріалів досліджень. Насамперед, це пов'язано з можливостями точної географічної прив'язки об'єктів польових спостережень. Сучасні програмні засоби надають можливість створювати ландшафтні карти, водночас використовуючи кілька інформаційних картографічних блоків, якими можуть слугувати растрова топографічна карта-основа, набір тематичних карт, включаючи попередньо створені ландшафтні карти, матеріали аерокосмічних знімків, додаткові векторні

шари спеціальної інформації, землевпорядна та кадастрова інформація, наявна для території дослідження [1].

Однією з можливостей, що надає інструментарій сучасних ГІС, є багат шарова архітектура просторової інформації, можливість її формування з цілого ряду окремих інформаційних шарів різного інформативного наповнення. Залежно від характеру поставленого завдання та наявних даних, у ролі таких інформаційних шарів можуть виступати растрові картографічні матеріали, матеріали аерокосмічного знімання, а також створені на їхній основі вихідні тематичні карти, цифрові моделі місцевості та дані GPS знімання. Комбіноване використання вище наведених даних за допомогою програмних засобів ГІС спрощує процес ландшафтного картографування та подальшого ландшафтного аналізу [3].

Алгоритм створення ландшафтної карти із застосуванням ГІС в більшості випадків є однаковим: використовуючи сучасні дані дистанційного зондування Землі, дані польових досліджень і знань про територію дослідження укладається ландшафтна карта, яка в подальшому доповнюється прикладним змістом [2]. За допомогою програмного забезпечення ArcGIS створено карту ландшафтів України (рис. 1).

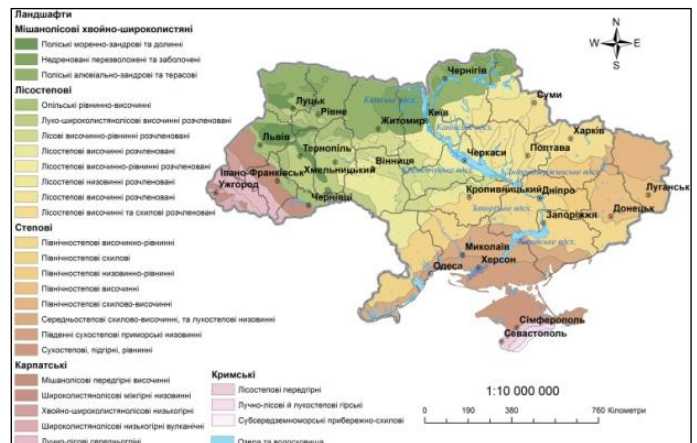


Рис. 1. Ландшафтна карта України.

Для переведення наявних матеріалів ландшафтних досліджень, зокрема, раніше укладених паперових ландшафтних карт та похідних картографічних матеріалів,

у комп'ютерні формати застосовують низку операцій попереднього комп'ютерного оброблення: сканування, координатні прив'язки, просторово-геометричні корегування та векторизацію [1].

Територія України надзвичайно різноманітна щодо ландшафту. Але корінні рослинні угруповання, які генетично визначають ландшафт, на більшій частині території зведені, строкатість ґрунтового покриву спрощена їх розоренням, меліорацією тощо. Внаслідок цього природне ландшафтне різноманіття України суттєво змінене. Особливу загрозу природному середовищу становлять викиди та відходи хімічної промисловості, найрізноманітніші за складом. Дослідження цієї проблеми передбачає низку етапів з обов'язковим картографуванням.

За допомогою картографічного синтезу карт забрудненості компонентів природного середовища, ландшафтів, а також карти радіаційної забрудненості виділені наступні території: слабо перетворені, перетворені, середньо перетворені, сильно перетворені, дуже сильно перетворені.

На карті антропогенної перетвореності ландшафтів України (рис. 2) простежується кілька регіонів техногенної аномалії. Перш за все, це Донецький і Придніпровський економічні райони, Автономна Республіка Крим, зона впливу Чорнобильської аварії, а також територія навколо обласних центрів України.

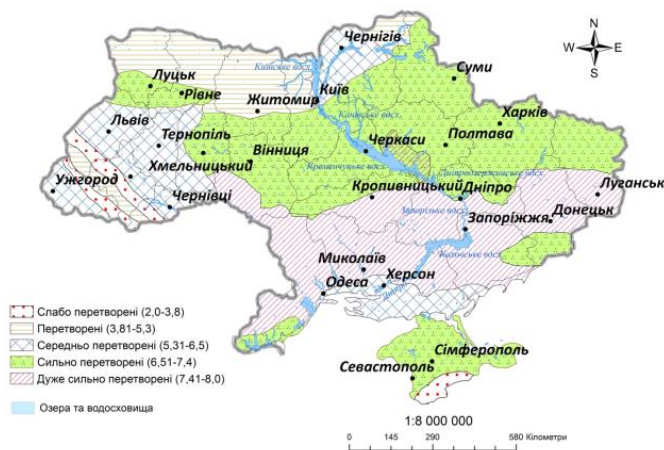


Рис. 2. Карта антропогенної перетвореності ландшафтів України

Активне використання сучасних ГІС в ландшафтознавстві збагачує глибину прикладних та регіональних досліджень. За їх допомогою ми можемо швидко проаналізувати та наочно представити географічну інформацію для різних категорій користувачів. Застосування методів ГІС дозволяє автоматизувати вирішення значної кількості завдань, починаючи з обчислення відстаней і площ, і закінчуючи побудовою моделей складних геосистем та процесів з метою прогнозування майбутніх станів.

#### IV. ВИСНОВКИ

У результаті досліджень створено ландшафтну карту України та проаналізовано антропогенну перетвореність ландшафтів, а також доведено можливість і ефективність напівавтоматичного картографування ландшафтів

засобами ГІС, цей алгоритм є універсальним для укладання карт ландшафтів різних масштабів та різних територій.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Зацерковний В. І. Геоінформаційні системи в науках про Землю / В.І. Зацерковний, І.В.Тішаєв, І.В. Віршило, В.К. Демидов. – Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, 2016. – 510 с.
- [2] Міллер Г.П. Ландшафтознавство: теорія і практика: / Г.П. Міллер, В.М. Петлін, А.В. Мельник Навч. посіб. Львів: Видав. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2002 – 172 с.
- [3] Зацерковний В. І. Аналіз стану топографічно-картографічного забезпечення як джерела даних для ГІС Чернігівської області// Вісник Чернігівського державного технологічного університету: зб. наук. праць. –Чернігів: ЧДТУ, 2012. – №1 (55). – С. 186-193.
- [4] Ландшафтна карта України. [Електронний ресурс] – <http://geomap.land.kiev.ua/landscape.html>

# Геоінформаційне моделювання в задачах відновлювальної енергетики

Пузик А.А.

науковий керівник: Зацерковний В.І.  
Кафедра аерокосмічної геодезії,  
Національний авіаційний університет,  
Київ, Україна  
a.puzykk@gmail.com

**Анотація** — у статті запропоновано концепцію картографічного забезпечення відновлюваної енергетики України, орієнтовану на використання картографічної інформації для вирішення завдань з планування та розвитку галузі. Практична реалізація концепції передбачається шляхом розробки системи регіональних картографічних творів для потреб відновлюваної енергетики, що включає укладання карт різної функціональної спрямованості - інвентаризаційних, оцінювальних, рекомендаційних, прогнозних, що відображають різні аспекти (ресурси, об'єкти, умови, фактори, стан та перспективи розвитку галузі) та охоплюють різні напрямки відновлюваної енергетики (вітроенергетику, геліоенергетику, біоенергетику, гідроенергетику та геотермальну енергетику).

**Ключові слова** — картографування, концепція, відновлювана енергетика, карта.

## I. ВСТУП

Загострення глобальних енергетичних та екологічних проблем у другій половині ХХ століття призвело до пошуків нових джерел енергії. Як наслідок, переважна більшість країн світу спрямовує зусилля на розвиток відновлюваної енергетики (ВЕ). Трансформація енергетичної галузі господарства, що проявляється у впровадженні технологій використання відновлюваних джерел енергії, вимагає вирішення низки завдань законодавчого, технологічного, інформаційного характеру.

Застосування картографічного методу дозволяє не тільки інтегрувати і в зручній формі візуалізувати результати проведення вишукувальних робіт з оцінки ресурсного потенціалу ВЕ, а й ефективно вирішувати задачі просторової оптимізації галузі. При цьому, попри традиційність картографування природно-ресурсного потенціалу, картографічне забезпечення ВЕ має ряд особливостей, не притаманних традиційним (усталеним) напрямом тематичного картографування, як то: просторово-часова темпоральність об'єктів картографування як їх онтологічна сутність; стохастичність окремих видів відновлюваних енергетичних ресурсів (ВЕР); нестача у натурних спостереженнях значної частки вихідних характеристик об'єктів картографування і, як наслідок, потреба їх розрахунку із застосуванням математичних і математико-картографічних методів, а також засобів аналізу геоінформаційних систем (ГІС).

До нетрадиційних відновлюваних джерел енергії (НВДЕ) відносять: гідроелектростанції (великі, середні та малі), геотермальну, сонячну, фотоелектричну та теплову енергію, енергії припливів, хвиль океану, вітру, тверду біомасу, газу з біомаси, рідкі біопалива та відновлювані муніципальні відходи, а також теплову енергію.

Проблеми ефективності використання традиційних джерел енергії в Україні стоять ще гостріше, ніж в інших країнах світу. Причинами цього є застарілі технології, вичерпання ресурсів використання основних фондів генерації електроенергії і тепла, що разом з низькою ефективністю використання палива призводить до значних обсягів викидів шкідливих речовин.

## II. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Відновлювана енергетика пропонує цікаві перспективи для економіки України. Вона розширює діапазон доступних джерел енергії, створюючи нові ринки збуту для виробників, зміцнює енергетичну незалежність країни за рахунок урізноманітнення джерел енергопостачання. Тому актуальним є пошук джерел енергії, яку можливо отримувати на будь-якій території та в будь-якій кількості і з мінімальними екологічними збитками. Звісно, що цей процес не є швидким, але задля забезпечення майбутнього економічного процвітання України, її гідного місця у Європейській спільноті потрібно вже сьогодні активізувати вирішення цієї актуальної проблеми.

## III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Питання оптимізації картографічного забезпечення ВЕ тісно пов'язані із застосуванням можливостей комп'ютерної техніки та сучасних програмних засобів, передусім – ГІС. Сучасне використання ГІС розвивається у напрямку реалізації складних алгоритмів просторового аналізу на основі геоданих, розробки автоматизованих алгоритмів математико-картографічного моделювання та вирішення прикладних аналітичних задач.

Ця тенденція великою мірою проявляється у картографуванні для потреб ВЕ. Необхідність вирішення різнопланових задач, пов'язаних як з геообробкою первинних даних про ВЕ (зокрема, проведення інтерполяції показників геліо-, вітро-, геотермальних ресурсів, моделювання річкової мережі та параметрів

річкового стоку тощо), так і з подальшим проведенням комплексного просторового аналізу умов та факторів території для прийняття управлінських, стратегічних та оперативних рішень у сфері ВЕ, робить ГІС незамінним інструментом створення картографічних моделей різної складності в процесі картографічного забезпечення галузі.

Картографічні матеріали для потреб ВЕ мають важливе практичне значення, характеризуються широкими можливостями використання в різних сферах людської діяльності та здатні виконувати різні функції. За призначенням картографічні матеріали ВЕ пропонуються поділяти на дві групи: спеціалізованого (профільного, цільового) та неспеціалізованого (багатоцільового) призначення.

Перші застосовуються при вирішенні практичних завдань, пов'язаних з управлінням та розвитком ВЕ, плануванням та впровадженням нових енергетичних об'єктів, що використовують ресурси відновлюваних джерел енергії. Друга група картографічних творів матеріалів призначена для широкого кола користувачів та може використовуватись у різних сферах – освітній, науково-дослідній діяльності, для залучення інвесторів, популяризації відновлюваних джерел енергії серед широких верств населення, в довідникових цілях тощо. Відповідно до призначення виділено управлінську, промислово-проектну, інформаційно-пізнавальну, популяризаційну, інвестиційну, виховну, навчально-освітню та науково-дослідну функцію картографічних творів ВЕ.

Розробка структури системи картографічних матеріалів для потреб ВЕ ґрунтується на концепції, принципах, запропонованій класифікації карт ВЕ за змістом та функціональною спрямованістю, що обґрунтовувались з позицій системного картографування.

В основу системи покладено формування загальнодержавної ГІС для потреб ВЕ, що наповнюється даними з різних інформаційних джерел та включає набори просторових та атрибутивних даних, які в свою чергу формують тематичні картографічні шари. На основі цих картографічних шарів даних укладаються окремі карти ВЕ різної функціональної спрямованості – інвентаризаційні, оцінювальні, рекомендаційні, прогнозні, що відображають різні аспекти (ресурси, об'єкти, умови, фактори, стан та перспективи розвитку галузі) та охоплюють різні напрямки ВЕ (вітроенергетику, геліоенергетику, біоенергетику, гідроенергетику та геотермальну енергетику).

Зважаючи на те, що вітроенергетика визначена у світі найбільш перспективною галуззю відновлюваної енергетики, а Україна входить до числа країн, що мають значний вітровий та науково-виробничий потенціал і при цьому гостро потребує власних енергоресурсів, існує потреба і можливість у розробці та впровадженні інноваційно-інвестиційних проектів розвитку в окремих регіонах та створенні цілісної вітроенергетичної галузі України

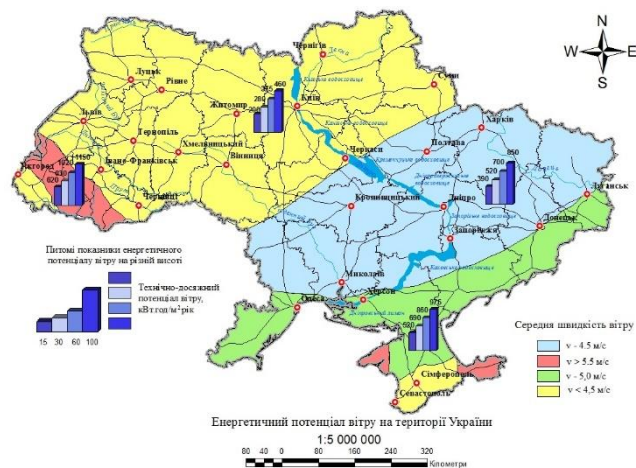


Рис. 1. Картодіаграма енергетичного потенціалу вітру територій України

#### IV. ВИСНОВКИ

Використання НВДЕ на сучасному етапі розвитку економіки України є недостатнім і не відповідає загальноєвропейському рівню. Однак поступові кроки у законодавчій та нормативно-правовій базі держави зробили поштовх для подальшого розвитку відновлюваної енергетики в Україні.

Основним завданням геоінформаційного моделювання для потреб НВДЕ є забезпечення просторово-координованою інформацією про ресурсний потенціал, умови, фактори, стан та перспективи розвитку галузі, що реалізується шляхом розробки картографічних матеріалів різного типу (окремі карти, серії карт, атласи, ГІС, веб-атласи та веб-ГІС), територіального охоплення (від карт світу до карт окремих енергетичних об'єктів) та функціонального призначення.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Атлас енергетичного потенціалу відновлювальних та нетрадиційних джерел енергії України / НАН України. Інститут електроенергетики. Державний комітет України з енергозбереження. К.– 2001
- [2] Башинська Ю. І. Особливості регіональних програм з використання відновлюваних джерел енергії / Ю. І. Башинська // Регіональна економіка. – Львів, 2014. – № 1. – С. 165-174.
- [3] П.І. Лакида, Р.Д. Василюшин, С.В. Зібцев, І.П. Лакида – Національний університет біоресурсів і природокористування України; Г.Г. Гелетука, Т.А. Железна – Науковотехнічний центр “Біомаса”, Україна
- [4] Сінна О. І. Ландшафтно-екологічне картографування на основі геоінформаційних технологій (на прикладі Харківської області) : дис. на здобуття вченого ступ. канд. геогр. наук : 11.00.12 / Олена Іванівна Сінна. – К.: Ін-т географії НАНУ, 2014. – С. 265.
- [5] О.О. Волкова, О.С. Третьяков, І.Г. Черваньов. Моделювання вітрового потенціалу локальної ділянки лісостепу для потреб вітроенергетики з використанням гіс-технологій.