

## **ВИКОРИСТАННЯ OPENSTREETMAP ДЛЯ АНАЛІЗУ ЗМІЩЕНЬ ГЛОБАЛЬНИХ ДАНИХ ПРО ЕМІСІЇ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ НА ОСНОВІ ДАНИХ НІЧНОЇ ОСВІТЛЕНОСТІ**

При аналізі растрових даних високої роздільної здатності часто виникають проблеми зі зсувом даних. Зокрема, при аналізі високо-роздільних даних про емісії парникових газів ODIAC, які отримано на основі даних нічного освітлення, було помічено, що ці дані також мають зсуви, які особливо помітні на прикладі малих міст, причому на усіх материках. Тому метою цієї роботи було оцінити цей зсув та дослідити, від яких величин він залежить.

Ідея пропонованого підходу полягає у тому, що сумарна ODIAC емісія від неточкових джерел у межах адміністративних кордонів міст повинна бути максимальною, якщо супутникові дані нічного освітлення міст знаходяться всередині реальних меж міст. Будь-який зсув супутникових даних нічного освітлення призводить до зменшення сумарної ODIAC емісії, що може служити індикатором зсуву даних нічного освітлення. Глобальне дослідження для всієї планети було здійснено двома методами:

- використовуючи дані меж міст з репозиторію даних OpenStreetMap;
- використовуючи клітини регулярної сітки розміром  $1^\circ \times 1^\circ$ , з містами, межі яких відображено в OpenStreetMap.

Для того, щоб знайти вектор зміщення для окремо взятого міста, необхідно було б зміщувати пікселі зі значеннями емісій на певну відстань та певний кут, оцінювати сумарні емісії та знаходити їх максимум. Оскільки значення емісій представлено растровими даними з розміром пікселя  $30''$ , значно простіше зміщувати межі міста, які є полігоном векторної карти, та ітераційно шукати таке зміщення, яке забезпечує максимальні сумарні емісії.

Для того, щоб знайти відстань та кут, на які потрібно змістити полігон межі міста, необхідно розв'язати оптимізаційну задачу. Нехай  $d_{i,j}$  – піксель растру емісій з координатами  $i$  та  $j$ , а  $e_{i,j}$  – його ODIAC емісії,  $P_{city}$  – полігон аналізованого міста. Якщо на поточній ітерації зміщуємо центроїд полігону на відстань  $b$  та на кут  $g$  (вектор поточного зміщення  $\vec{B}$ ), то отримуємо новий полігон межі міста  $P_{city}^*$ , який є

функцією цих параметрів  $b$  та  $g$ . Сумарні емісії міста можна обчислити за формулою

$$E_{city}(b, g) = \sum_{\forall d_{i,j} \tilde{\cap} P_{city}} e_{i,j},$$

де  $\tilde{\cap}$  – операція об'єднання географічних об'єктів  $d_{i,j}$  та  $P_{city}$ , а емісії з неповних пікселів враховуються пропорційно до площі перетину пікселя та полігону міста. Задача пошуку оптимального зсуву – це задача пошуку  $b_{opt}$  та  $g_{opt}$ , які забезпечують максимальні сумарні емісії у межах полігону міста:

$$\max_{b \in [0; b_{max}], g \in [0; 360^\circ]} [E_{city}(b, g)] \rightarrow E_{city, max}(b_{opt}, g_{opt}).$$

Розв'язуючи цю задачу, вважаємо, що функція  $E_{city}(b, g)$  є непервною (це забезпечується використанням векторної карти меж міст) і має єдиний максимум у аналізованій області (у межах 2,5 км від центру міста). Корекційний вектор є протилежним до знайденого вектору зміщення, він показує наскільки і в якому напрямку необхідно змістити дані ODIAC емісій для того, щоб компенсувати помилку зміщення даних нічного освітлення.

Алгоритм обчислення зміщення є ітераційний. Спочатку зміщуємо полігон межі міста у 8 напрямках з кроком  $0,01^\circ$  (близько 1,1 км на екваторі) і знаходимо 8 нових значень емісій для 8 нових центроїдів. Серед 9 значень (8 нових та початкового) знаходимо той центроїд, якому відповідає максимальне значення емісії, та зміщуємо початковий центроїд на отримане значення. Далі крок зменшуємо вдвічі і реалізуємо ті самі операції. Після восьми таких ітерацій отримуємо крок близький до 2 метрів і, таким чином, знаходимо оптимальне зміщення.

Алгоритм пошуку оптимального зсуву працює добре, проте існує багато факторів, які можуть призводити до неправильних результатів (сусідні міста, моря/океани тощо). Тому здійснено фільтрування отриманих результатів. Загалом було проаналізовано 36532 міста з усіх континентів та визначено усереднені зсуви.

При аналізі зсуву з використанням сітки  $1^\circ \times 1^\circ$  реалізовано подібний алгоритм, у якому одночасно зміщуємо межі усіх міст аналізованої клітини (проаналізовано 2237 таких клітин).

Отримані залежності зсувів супутникових даних нічного освітлення від географічної широти та довготи можна використати для обчислення коригованих ODIAC даних високої роздільної здатності про емісії парникових газів від неточкових джерел.