

## Технологія геоінформаційного оцінювання та картографування ефективності міських зелених зон у зниженні рівня автомагістрального шуму

Наталія Корогода<sup>1</sup>

к. геогр. н., доцент, кафедра географії України,

<sup>1</sup> Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна,

e-mail: [nkorogoda@knu.ua](mailto:nkorogoda@knu.ua),  <https://orcid.org/0000-0003-1518-2997>;

Тетяна Купач<sup>1</sup>

к. геогр. н., доцент, кафедра географії України,

e-mail: [tkupach@knu.ua](mailto:tkupach@knu.ua),  <https://orcid.org/0000-0001-8710-7107>

Шум є одним з чинників формування якості життя в містах. Автошляхи відіграють домінуючу роль в утворенні міського шуму. Захист населення міста від автомагістрального шуму - одна з провідних функцій, яку виконують міські зелені зони (МЗЗ). Проведення оцінки ефективності МЗЗ є необхідним, оскільки дозволяє визначити ті з них, які потребують першочергових управлінських рішень для забезпечення їх оптимального функціонування та найбільш ефективного виконання функції шумозниження. Наразі бракує технологій, за якими легко визначити ефективність МЗЗ. Відповідно, метою роботи є представлення технології геоінформаційного оцінювання ефективності МЗЗ у зниженні рівня автомагістрального шуму та картографування результатів оцінки. Технологія являє собою сукупність процедур підготовки та опрацювання геоданих для оцінювання ефективності МЗЗ у шумозниженні відповідно до методики. Процедури складаються в алгоритмічні ланцюги, графічно об'єднані у автоматизовану модель обчислення Model\_NOISE в середовищі Model Designer QGIS. Складовими технології є загальний алгоритм проведення оцінки; автоматизована модель обчислення; база геоданих. Технологія передбачає включення в оцінку всіх аспектів, що обумовлюють ефективність МЗЗ і тому містить процедури геообробки попереднього підготування вхідних даних. Робочий процес оцінки в Model\_NOISE включає наступні підпроцеси: 1. визначення характеристик зеленої зони та її актуального стану; 2. обчислення первинного поля шумового забруднення від автошляхів; 3. визначення «залишкового» рівню шуму в зеленій зоні та її ефективності. В роботі наведені результати картографічної візуалізації оцінки ефективності МЗЗ міста Києва. Технологія є придатною для обробки просторово-розподіленої, часто обмеженої інформації, що робить її ефективним інструментом у практиці міського планування та прийняття рішень при розробці проєктів озеленення міст.

**Ключові слова:** міські зелені зони (МЗЗ), технологія, оцінка ефективності МЗЗ, автомагістральний шум, база геоданих, автоматизовані моделі обчислення.

**Як цитувати:** Корогода Наталія, Купач Тетяна (2025). Технологія геоінформаційного оцінювання та картографування ефективності міських зелених зон у зниженні рівня автомагістрального шуму. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія», (62), 205-218. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2025-62-16>

**In cites:** Korohoda Nataliia, Kupach Tetiana (2025). Technology for geoinformation assessment and mapping of the effectiveness of urban green spaces in motorway noise reducing. Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series Geology. Geography. Ecology, (62), 205-218. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2025-62-16> [in Ukrainian]

**Постановка проблеми.** Шум є одним з чинників формування якості життя в містах, що за останні роки зріс майже на 25 % [12]. Його надмірний рівень може стати причиною нервового виснаження, швидкої стомлюваності, ослаблення пам'яті, уваги тощо [13, 18, 23, 25]. Автошляхи відіграють домінуючу роль у формуванні шуму в місті, адже частка, яку складає транспортний шум сягає 60-80%. При цьому, автомагістралі створюють найвищі ризики, оскільки понад 80% шумового навантаження на територіях житлової забудови міст виникає саме через автомобільний транспорт [10 -12, 18, 29].

Захист міського населення від автомагістрального шуму, одна з провідних функцій, яку виконують міські зелені зони (МЗЗ), оскільки рослини знижують рівні шуму саме на частотах, що продукуються дорожнім рухом [12, 28]. Ослаблення звукових хвиль у момент їх проходження крізь гілки, листя або хвою відбувається переважно за

рахунок відбивання, поглинання і трансформації [1, 3]. Проте не всі МЗЗ мають «рівну» ефективність у виконанні даної функції, адже рослинність у них має різну площу поверхні контакту зі звуковими хвилями. Відповідно, проведення оцінки ефективності є необхідним для забезпечення найбільш комфортних умов проживання в місті, оскільки дозволяє визначити ті МЗЗ, які потребують першочергових управлінських рішень для забезпечення їх оптимального функціонування.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Роботи, присвячені оцінюванню шумозахисних властивостей МЗЗ наразі представлені досить широко [17, 18, 24, 30]. В частині робіт наводяться результати натурних спостережень, направлених на оцінку взаємозв'язку між параметрами рослинності (наприклад, біофізичними) та рівнем зниження шуму [20, 28]. Інші дослідження ґрунтуються на емпіричних моделях. Зокрема у роботі [26] було застосовано моделювання в оцінці

впливу окремих елементів на шумозниження в міських парках.

Також активно використовується геоінформаційне моделювання. Наприклад, у [14] було проведено картографування перерозподілу шуму за допомогою ГІС. Наразі існує низка програмних продуктів, що дозволяють розрахувати та оцінити рівні шуму, зокрема, пов'язані з дорожнім рухом. Наприклад, NoiseModelling є інтегрованим додатком в ГІС, що дозволяє оцінити вплив різних сценаріїв, пов'язаних з дорожнім рухом на населення [31]. Самостійне програмне забезпечення CadnaA дозволяє не лише розрахувати рівні шуму, а й спрогнозувати їхні зміни для керування впливом від різноманітних джерел звуку, таких як промислові об'єкти, автомагістралі, залізниці тощо [32]. Більшість програмних продуктів зосереджуються саме на моделюванні процесу розподілу шуму, однак в них не використовуються характеристики зелених насаджень в процесах розподілу шуму. У роботах [5, 8, 9] було запропоновано методику оцінки екосистемних послуг зі зниження рівня шуму від дорожнього руху в місті, що спирається як на властивості МЗЗ, так і рівні автотранспортного навантаження. За методикою розрахунки мають проводитись відповідно до алгоритму, що полягає у послідовному виконанні наступних завдань: 1. встановити первинне поле шумового забруднення від автошляхів з різною інтенсивністю транспортного потоку; 2. визначити ефективність виконання функції по зниженню шумового забруднення від автошляхів, що виконують зелені зони залежно від їх актуального стану.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Не зважаючи на наявний методологічний апарат, на сьогодні бракує робіт, що розкривають технологію реалізації процесу оцінки. Така технологія має бути простою у використанні - за якою легко визначати стан зелених зон та ефективність їх функціонування. Технологія має бути доступною не лише для науковців, а й для практиків містопланування. Для цього дані, що використовуються мають бути відкриті, а власне технологія має бути придатною для обробки просторово-розподіленої, часто обмеженої інформації.

**Формулювання мети статті.** Звідси, метою даної роботи є представлення технології геоінформаційного оцінювання ефективності МЗЗ у зниженні рівня автомагістрального шуму. Відповідно до загальноприйнятого визначення, «геоінформаційні технології» являють собою сукупність методів, інструментарію та програмного забезпечення для роботи з геоданими. Тож, пропонується нами розробка, є технологією геоінформаційного оцінювання через наявність у ній сукупності методичних прийомів оцінювання ефективності та

технологічних рішень їх реалізації із використанням можливостей ГІС. Технологія являє собою сукупність процедур підготовки та опрацювання геоданих для кількісного оцінювання ефективності МЗЗ у шумозниженні відповідно до методики. Процедури складаються в алгоритмічні ланцюги, графічно об'єднані у автоматизовану модель обчислення в середовищі Model Designer QGIS для створення єдиного робочого процесу оцінки ефективності МЗЗ. Складовими технології є загальний алгоритм проведення оцінки; автоматизована модель обчислення; база геоданих. Всі технологічні рішення базуються на використанні: а) вільного програмного забезпечення ГІС QGIS відповідно до ліцензії GNU GPL; б) відкритих просторових даних про МЗЗ. Технологія передбачає включення в оцінку геоданих, що обумовлюють ефективність МЗЗ і тому містить процедури попередньої геообробки вхідних даних. Технологія є корисною для вирішення містобудівних задач, оскільки дозволяє отримати актуальну просторову інформацію про стан та ефективність МЗЗ у шумозниженні. Дана інформація є основою для прийняття управлінських рішень по підвищенню ефективності тих МЗЗ, що цього потребують при розробці проектів озеленення міст, управлінні міськими зеленими просторами та впровадженні просторових / ландшафтних планів розвитку територій об'єднаних громад тощо.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Особливості технології геоінформаційного оцінювання полягають у послідовному виконанні методичних кроків [8, 6], інструментами просторового аналізу QGIS/SAGA, що містять необхідні алгоритми геообробки даних та модулі для їх обчислення. Всі процедури виконання оцінювання автоматизовано за допомогою середовища геообробки QGIS Model Designer і представлено у вигляді моделі Model\_NOISE. Точність обчислення моделлю залежить від повноти вхідної інформації та якості її підготовки при введенні у процедури обчислення.

Тож, для коректної роботи Model\_NOISE важливими є вхідні дані: набір просторових даних векторної геометрії «Vegetation» (.shp) та набір просторових даних векторної геометрії «BGI» (.shp), атрибути яких на вході моделі повинні відповідати вимогам, представленим у [7]. Набір просторових даних векторної геометрії «Roads» (.shp), атрибути якого повинні відповідати вимогам, представленим у табл. 1.

В цілому алгоритмічна схема обчислень в Model\_NOISE включає декілька підпроцесів:

I. Підпроцес визначення характеристик зеленої зони та її актуального стану, які визначають її ефективність в шумозахисті. Серед характеристик таких характеристик нами враховано тип рос-

Таблиця 1 / Table 1

Атрибути вхідного набору геоданих «Roads» / The attributes of the input geodata set 'Roads'

| Атрибут                                                                                                                                                                                                                             | Тип даних                  | Зміст атрибуту                                                       | Код                 | Зміст коду                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| osm_id                                                                                                                                                                                                                              | VARCHAR(10)<br>(String 12) | Ідентифікатор який<br>отримано з [21]<br>(way_id)*.                  |                     | Код автошляху                                                                                                                                                          |
| *У випадку, якщо декілька об'єктів у OSM об'єднано в один об'єкт, це буде один з ідентифікаторів. Цей ідентифікатор не обов'язково є унікальним, оскільки один об'єкт OSM може призвести до створення декількох об'єктів геометрії. |                            |                                                                      |                     |                                                                                                                                                                        |
| code                                                                                                                                                                                                                                | SMALLINT<br>(2 Bytes)      | 4-значний код [21]                                                   | від 1000 до<br>9999 | Клас ознак об'єктів: перша одна або перші<br>одна/дві цифри визначають шар, останні<br>дві/три цифри - клас всередині шару                                             |
| fclass                                                                                                                                                                                                                              | VARCHAR(40)<br>(String 28) | Категорія автошляху<br>[21]                                          | Residential         | Малі дороги, дороги в житлових районах                                                                                                                                 |
|                                                                                                                                                                                                                                     |                            |                                                                      | Unclassified        | Малі дороги, не класифіковані малі місцеві до-<br>роги                                                                                                                 |
|                                                                                                                                                                                                                                     |                            |                                                                      | Tertiary            | Основні дороги, як правило, місцевого зна-<br>чення                                                                                                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                     |                            |                                                                      | Primary             | Основні дороги, первинні дороги, як правило,<br>національні                                                                                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                     |                            |                                                                      | Primary_link        | З'єднання на автомобільних дорогах доріг (ес-<br>такади/пандуси)                                                                                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                     |                            |                                                                      | Secondary           | Основні дороги, другорядні дороги, як пра-<br>вило, регіональні                                                                                                        |
|                                                                                                                                                                                                                                     |                            |                                                                      | Trunk               | Основні дороги, дороги магістральні, важливі<br>дороги, як правило, розділені                                                                                          |
|                                                                                                                                                                                                                                     |                            |                                                                      | Trunk_link          | З'єднання на магістральних дорогах (ес-<br>такади/пандуси)                                                                                                             |
|                                                                                                                                                                                                                                     |                            |                                                                      | Motorway            | Основні дороги, автомагістраль/автострада                                                                                                                              |
| maxspeed                                                                                                                                                                                                                            | Integer 64(10)             | Максимальна дозволена швидкість, км/год                              |                     |                                                                                                                                                                        |
| flow_speed                                                                                                                                                                                                                          | Integer 64(10)             | Швидкість потоку,<br>км/год                                          | 39                  | Житлові вулиці (зовнішньо-квартальні) з кіль-<br>кістю авто/година 500-1000                                                                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                     |                            |                                                                      | 45                  | Магістральні вулиці та дороги:<br>- районного значення<br>дороги загальноміського та районного зна-<br>чення регульованого руху з кількістю авто/го-<br>дина 1000-2000 |
|                                                                                                                                                                                                                                     |                            |                                                                      | 55                  | Магістральні вулиці та дороги загальномісь-<br>кого та районного значення безперервного<br>руху з кількістю авто/година понад 2000                                     |
| typ_cod                                                                                                                                                                                                                             | Integer 64(10)             | Категорія автошляху ха-<br>рактерна для населених<br>пунктів України | 2                   | Житлові вулиці (зовнішньо-квартальні)                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                                                     |                            |                                                                      | 3                   | Магістральні вулиці та дороги:<br>- районного значення<br>дороги загальноміського та районного зна-<br>чення регульованого руху                                        |
|                                                                                                                                                                                                                                     |                            |                                                                      | 4                   | Магістральні вулиці та дороги загальномісь-<br>кого та районного значення безперервного<br>руху                                                                        |

линності та дендрологічний склад посадки, оскільки вони й визначають частку шуму, що поглинається. Відповідно до них в методиці оцінювання [8] запропоновано використовувати коефіцієнт зниження рівня шуму – параметр *I\_noise\_reduction*. Значення даного коефіцієнта зведено у таблиці 2.

II. Підпроцес обчислення первинного поля

шумового забруднення від автошляхів з різною інтенсивністю транспортного потоку. В даному підпроцесі за розрахункові показники прийнято потужність джерела емісії (табл. 3), властивості самої зеленої зони, відстань від джерела шуму тощо. Зокрема останнє враховується, адже за [15] зниження шуму досягає 0,5 дБ для відстані 100 м, навіть при відсутності шумопоглинальних екранів.

Таблиця 2 / Table 2

Коефіцієнт зниження рівня шуму, обумовлений характеристиками рослинного покриття –  
*I\_noise\_reduction* / Noise reduction coefficient due to vegetation features – *I\_noise\_reduction*

| Тип насаджень (Usage_type)                               | <i>I_noise_reduction<sub>i</sub></i> |      |      |      |
|----------------------------------------------------------|--------------------------------------|------|------|------|
| Ширина (м)                                               | 10                                   | 20   | 50   | 100  |
| Смуга (листяна деревна рослинність)                      | 0,955                                | 0,92 | 0,89 |      |
| Лісопарк (листяна деревна рослинність)                   | 0,85                                 | 0,78 | 0,72 | 0,66 |
| Лісопарк (хвойна деревна рослинність)                    | 0,79                                 | 0,72 | 0,68 | 0,6  |
| Парк                                                     | 0,9                                  | 0,81 | 0,75 | 0,72 |
| Інші типи насаджень (вуличні насадження сельбищної зони) | 0,94                                 | 0,88 | 0,86 | 0,75 |
| Газон                                                    | 0,95                                 | 0,89 | 0,87 | 0,78 |

Таблиця 3 / Table 3

Середні рівні шуму (*Power\_emission*) відповідно до категорії доріг, як показник потужності джерела емісії / Average noise levels (*Power\_emission*) according to the road category as an indicator of the power of the emission source

| Категорія                                                                               | Класи доріг у БД OSM                | Кількість авто/год | <i>Power_emission</i> діапазон (середні значення) |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------|---------------------------------------------------|
| Житлові вулиці (зовнішньоквартальні)                                                    | Residential; Unclassified; Tertiary | 500-1000           | 70-72 (71)                                        |
| Магістральні вулиці та дороги районного значення                                        | Secondary; Trunk_link; Primary_link | 1000-1600          | 73-80 (76,5)                                      |
| Магістральні вулиці та дороги загальноміського та районного значення регульованого руху | Primary                             | 1600-2000          | 77-83 (80)                                        |
| Магістральні вулиці та дороги загальноміського та районного значення безперервного руху | Trunk; Motorway                     | Більше 2000        | 80-85 (82,5)                                      |

III. Підпроцес визначення «залишкового» рівня шуму та ефективності зеленої зони у зниженні рівня шуму.

Реалізація I підпроцесу здійснюється шляхом:

1. створення вибірок для обчислень за запитами до атрибутивних таблиць за алгоритмами геообробки Vector selection / module Select by expression та оверлейного аналізу Vector overlay /

module Intersection між наборами геоданих «BGI» та «Vegetation».

2. Векторних обчислень та отримання «комплексного» типу зелених зон, відповідно до характеру використання (див. табл. 2) з вхідного шару «BGI» та типу насаджень з вхідного шару «Vegetation» з використанням процедур Vector Table / module Field calculator. Процедурі оптимізовано складним запитом (табл. 4).

Таблиця 4 / Table 4

Фрагмент процедури запиту для створення атрибуту комплексного типу зеленої зони /  
A part of query for creating the values of a complex green area type

```
CASE
WHEN ("type_BGI_noise" = 1 ) AND ("type_V_noise" = 1) THEN 1
...
WHEN ( "type_BGI_noise" = 1) AND ( "type_V_noise" = 3) THEN 5
END
```

3. Геометричних обчислень «oriented rectangle», що охоплюють об'єкти з вхідного шару, процедурами Vector Geometry / module Minimum bounding geometry. Елементи оновленої геометрії групуються за полем унікального ідентифікатору «F\_num\_id» зелених зон, що створюється для визначення коефіцієнта зниження рівня

шуму *I\_noise\_reduction* (атрибут БД «Inoise»). В результаті отриманий набір векторних даних міститиме по одному об'єкту на групу з однаковим значенням ширини смуги («Width»). На основі даної процедури векторними обчисленнями оновлюються значення коефіцієнту зниження рівня шуму на основі запиту (табл. 5).

Таблиця 5 / Table 5

Фрагмент процедури запиту до створення атрибуту «Inoise» /  
A part of query for calculating the values of the «Inoise» attribute

```
CASE
WHEN ("Type_veg" = 4) AND ("I_width" <= 10) THEN 0.955
...
WHEN ("Type_veg" = 5) AND ("I_width" > 20 AND "I_width" <= 50) THEN 0.87
WHEN ("Type_veg" = 5) AND ("I_width" > 50) THEN 0.78
END
```

4. Передачі середньозважених за площами зелених зон значень коефіцієнту зниження рівня шуму у поле «Inoise» результуючого набору геоданих «BGI noise», за допомогою процедур Vector general / module Join attributes by field value.

У якості ключового поля з'єднання таблиць слід використовувати ідентифікатор зеленої зони «ID» (рис. 1).

Реалізація II підпроцесу здійснюється шляхом:

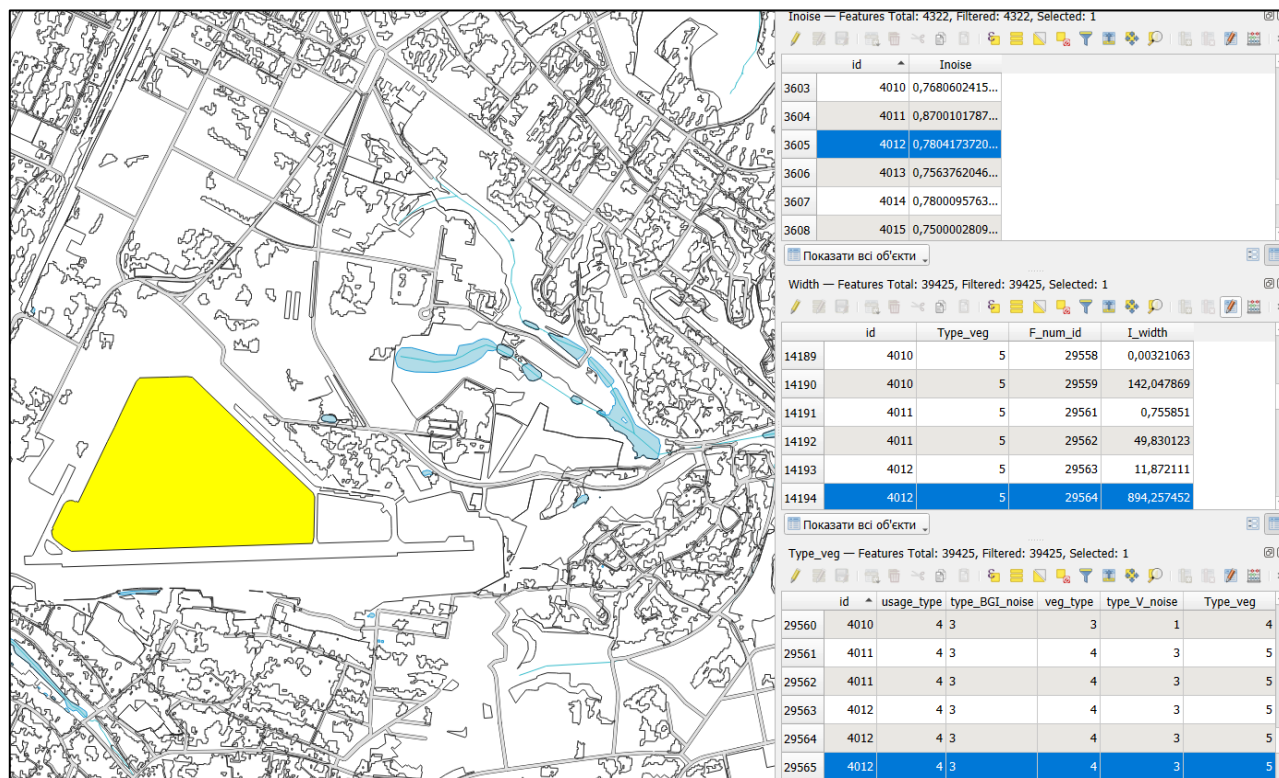


Рис. 1. Моделювання актуального стану зеленої зони /

Fig. 1. Modelling the existing condition of the green zone



1. обчислення середніх рівнів шуму *Power\_emission* (атрибут БД «Pem»), що враховує клас автошляхів (див. табл.3) процедурами Vector Table/ module Field calculator векторних обчислень за запитами у векторному наборі «Road\_noise». Процедуру запиту наведено в табл. 6.

2. Обчислення початкового рівня шуму на межі зеленої зони з урахуванням відстані від автошляху *Cont\_noise* (атрибут БД «Cont\_noise»), що базується на процедурах: Vector selection /

module Select by expression; Vector geometry / module Buffer; Vector overlay / module Intersection; Vector selection / module Select by location; Vector Table/ module Field calculator.

3. Пошуку зелених зон, які розташовані на відстані «distance» від джерела шуму, процедурами Vector general / module Join attributes by nearest та дообчислень «Cont\_noise» процедурами Vector Table/ module Field calculator. Дообчислення відбуваються за допомогою запиту (табл. 7, рис. 2).

Таблиця 6 / Table 6

Фрагмент процедури запиту створення значень атрибуту «Pem» /  
A part of query for calculating the values of the «Pem» attribute

```
CASE
WHEN ("fclass" = 'residential' OR "fclass" = 'unclassified' OR "fclass" = 'tertiary') THEN 71
....
WHEN ("fclass" = 'motorway' OR "fclass" = 'trunk') THEN 82.5
END
```

Таблиця 7 / Table 7

Фрагмент процедури запиту доповнення значень атрибуту «Cont\_noise» /  
A part of query for calculating the values of the «Cont\_noise» attribute

```
CASE
WHEN "Cont_noise" IS NULL THEN "Pem" - ( "distance" * 0.005 )
...
END
```

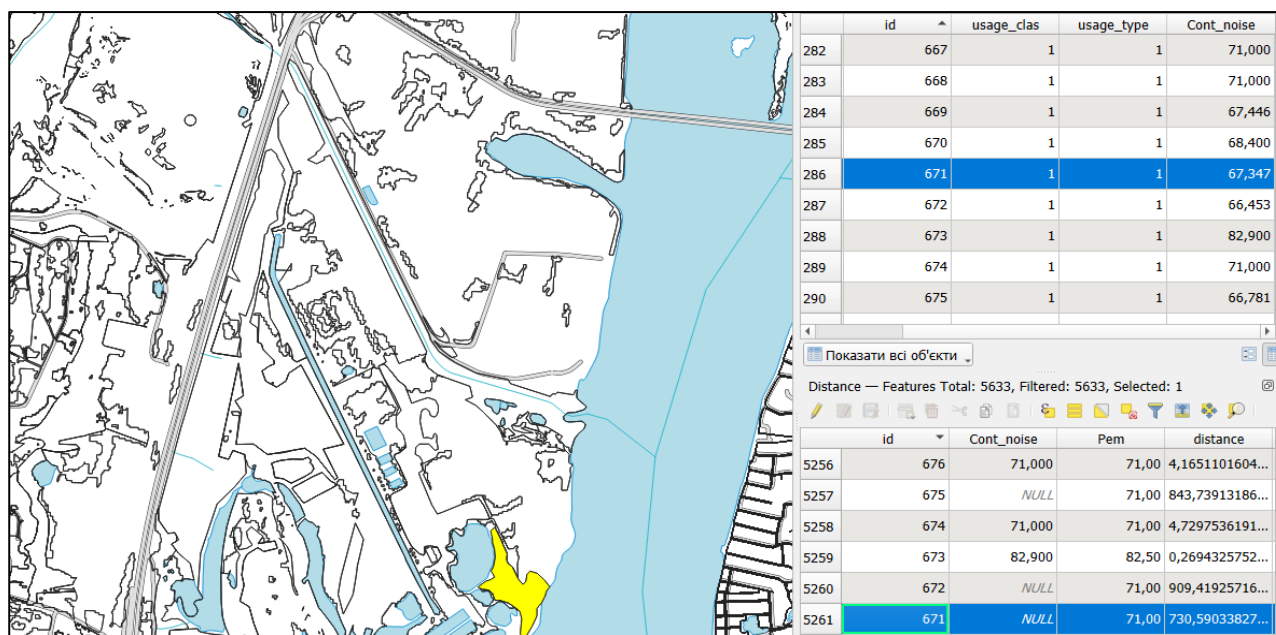


Рис. 2. Моделювання початкового поля шумового забруднення («Cont\_noise») /

Fig. 2. Modelling the primary noise pollution field («Cont\_noise»)

4. Передачі «Cont\_noise» у набір геоданих «BGI\_noise» з використанням процедур Vector general / module Join attributes by field value. У якості ключового поля з'єднання таблиць слід використовувати ідентифікатор зеленої зони «ID».

Реалізація III підпроцесу здійснюється шляхом:

1. моделювання «залишкового» рівня шуму в зеленій зоні *Noise* за процедурою Vector Table /

module Field calculator. Результат передається у атрибутивне поле «Noise» (рис. 3).

2. Моделювання ефективності виконання функції зі зниження рівнів шуму *E\_noise\_reduction* (атрибут БД «En\_red»), виконується відповідно до процедури Vector Table/ module Field calculator. Результат передається у поле «En\_red» (рис. 4).

Картографічна візуалізація результатів оцінки у середовищі ГІС визначається засобами

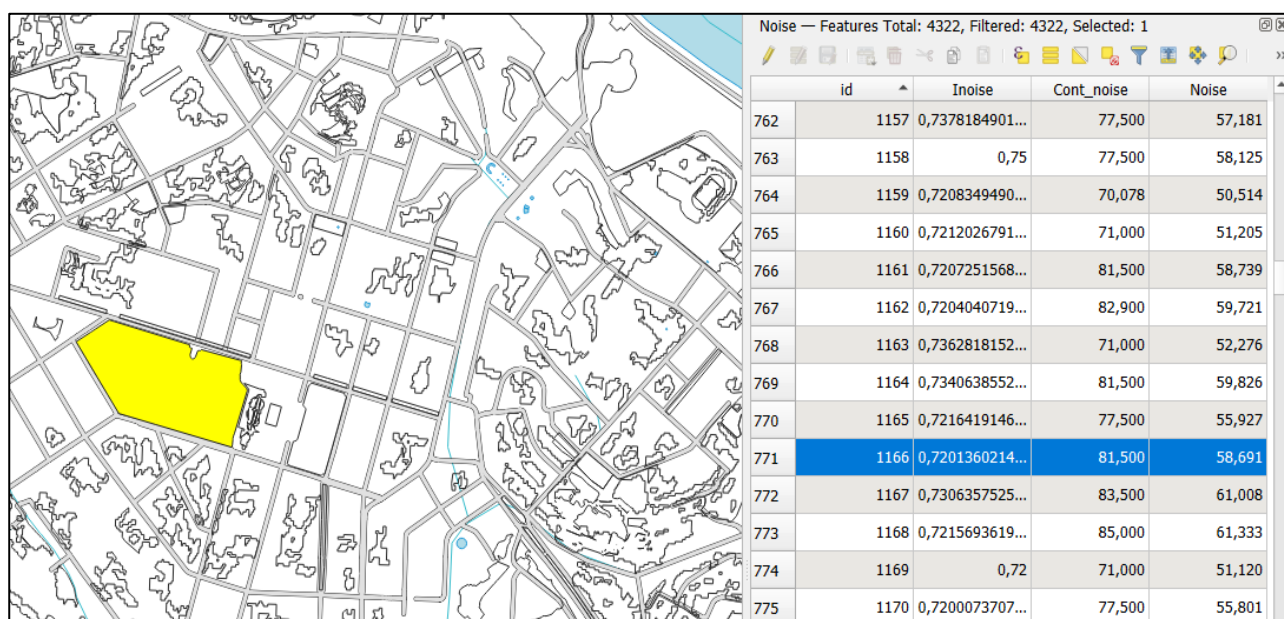


Рис. 3. Моделювання «залишкового» рівню шуму в зеленій зоні («Noise») /

Fig. 3. Modelling the «residual» noise level in the green zone («Noise»)

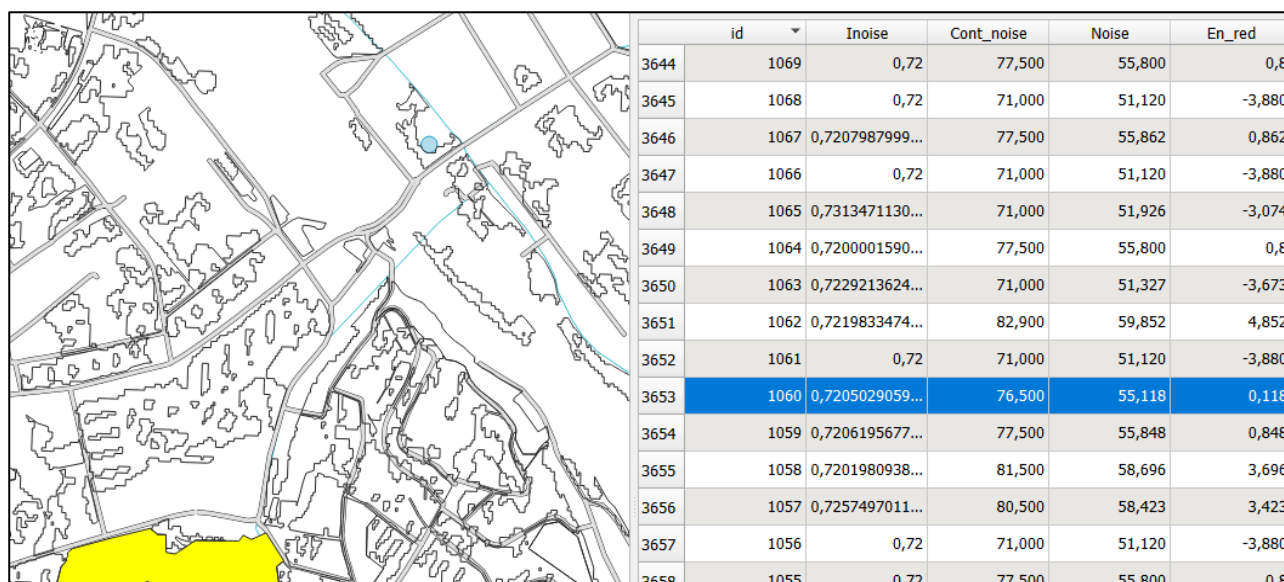


Рис. 4. Моделювання ефективності зниження рівнів шуму в МЗЗ /

Fig. 4. Modelling the effectiveness of noise reduction in the green spaces

представлення графічних змінних - точок/ліній/полігонів, які зокрема здатні підтримувати колірну заливку, прозорість та інше [4]. Картографічні інструменти середовища QGIS за допомогою функціоналу Symbology дозволяють візуалізувати атрибутику об'єктів набору геоданих. Зокрема, кількісні та/або якісні показники оцінки чи характеристик об'єктів картографуються у спосіб безперервного діапазону кольорів (Continuous Colour Symbols) або в спосіб встановлення кольорів на основі дискретних груп значень атрибутів - діапазонів (Graduated symbols). Кількість і межі діапазонів встановлюються відповідно до завдань оцінки [19].

Для визначення меж діапазонів в даній робо-

ті використаний метод ранжування значень *Equal interval* [15]. Вибірку значень «Cont\_noise» було розподілено на 4 діапазони (рис. 6). З рисунку видно, що на межі МЗЗ найнижчі рівні шуму (до 73 дБ) спостерігаються у більш як половини зелених зон Києва. Значення до 70 дБ спостерігаються у 4,28% об'єктів, розташованих ближче до околиць. Значення 85дБ мають 2,71 % об'єктів [9].

Картографування актуального стану зеленої зони, за значеннями коефіцієнту зниження рівня шуму *I\_noise reduction*, здійснювалося також в спосіб ранжованих шкал. Використовуючи шаблон Graduated symbols функціоналу Symbology візуалізація відбувалася за 5 діапазонами значень показника (рис. 7). З рисунку видно, що 75% МЗЗ

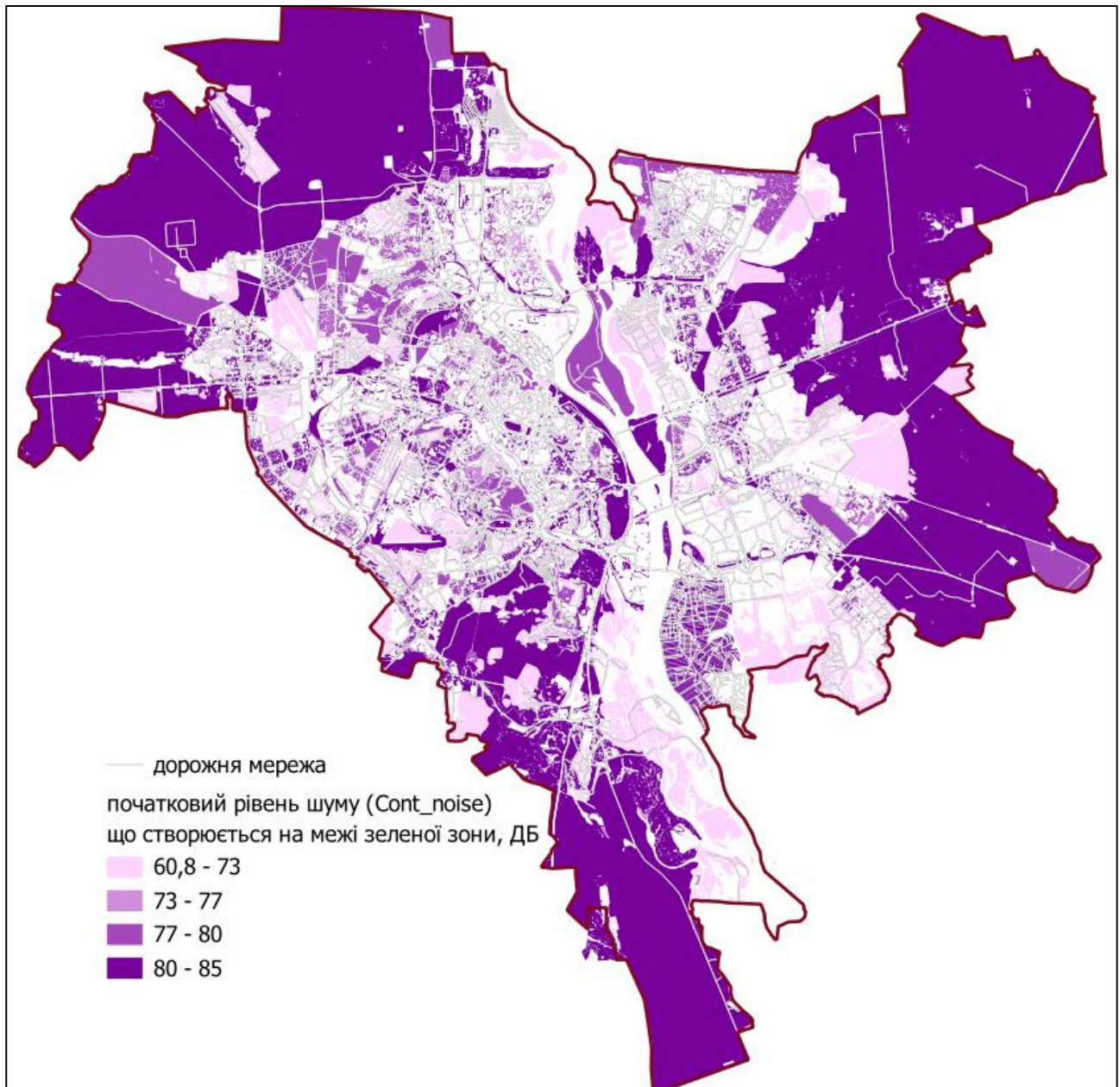


Рис.6. Моделювання початкового рівня шуму, що створюється на межі зеленої зони /  
Fig. 6. Modelling the primary noise level that is generated on the border of the green zone



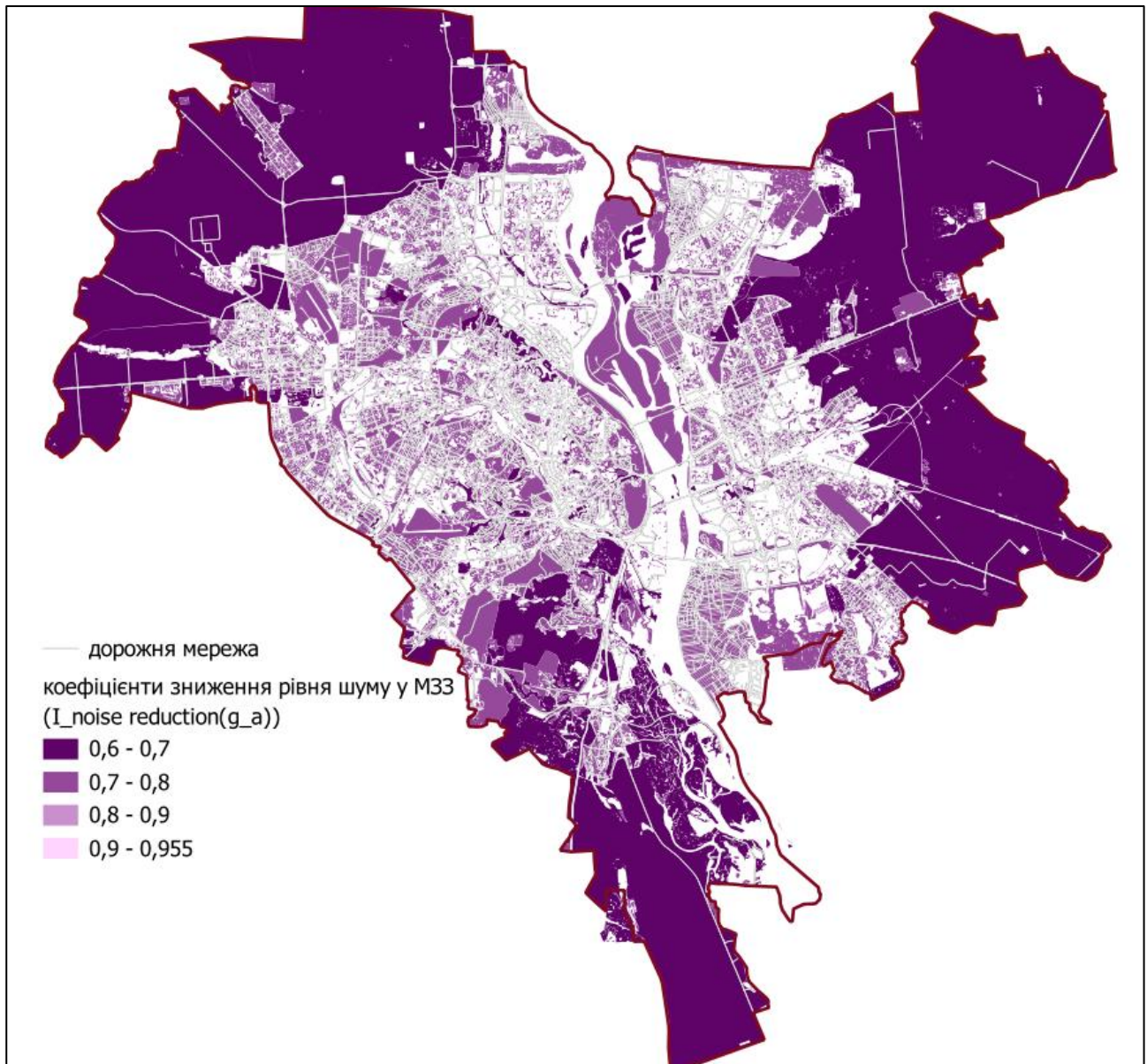


Рис. 7. Моделювання актуального стану зеленої зони,  
за значеннями коефіцієнту зниження рівня шуму /  
Fig. 7. Modelling the existing state of the green zone by the coefficient of noise reduction

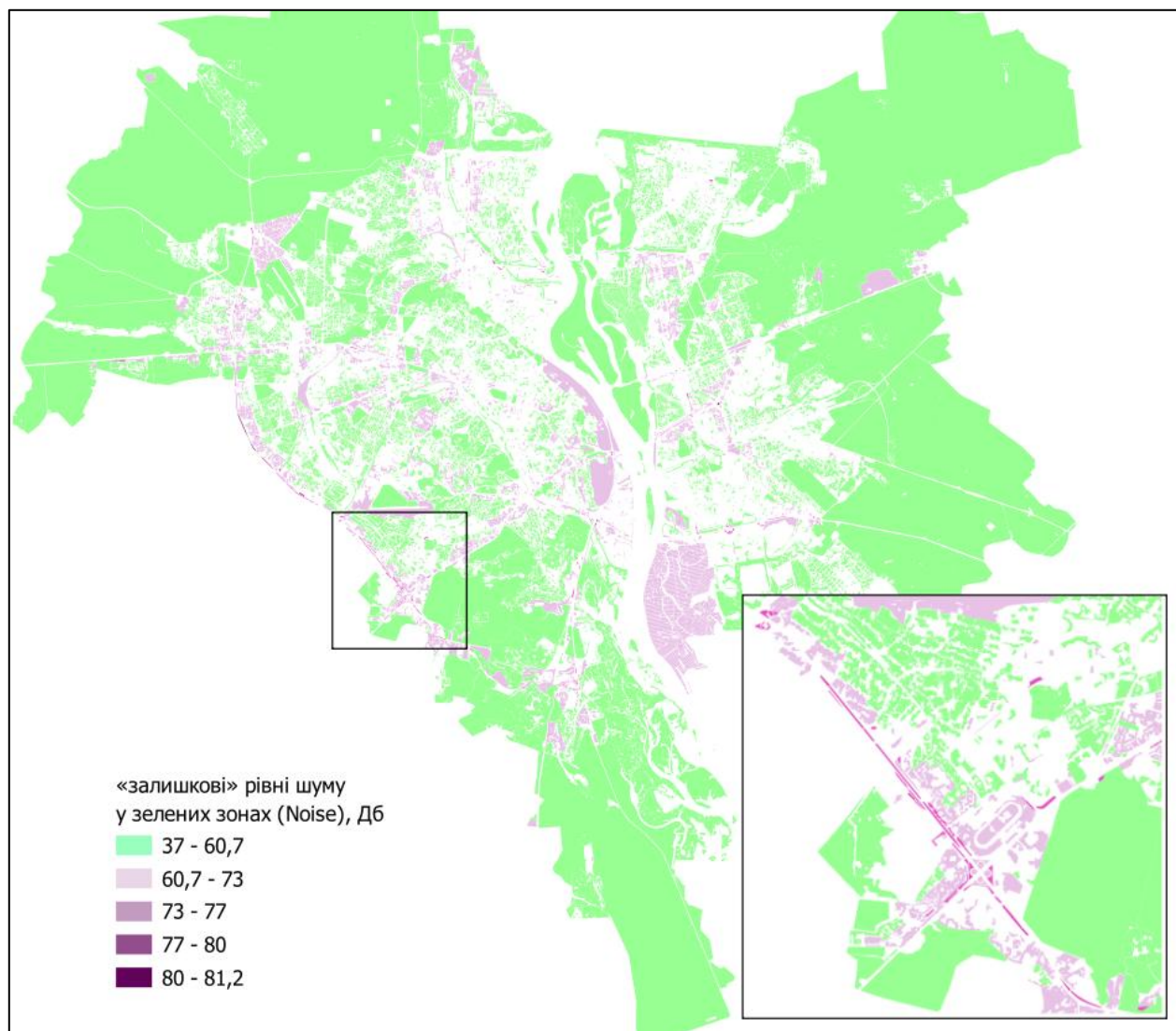


Рис.8. Моделювання «залишкового» рівню шуму в зеленій зоні /

Fig. 8. Modelling the «residual» noise level in the green zone

мають середній потенціал у зниженні рівнів шуму. Великі лісопарки на околицях міста, мають найкращий потенціал у зниженні рівнів шуму, хоча складають лише 8% від загальної кількості МЗЗ, проте займають суттєві площі [9].

Візуалізація «залишкового» рівню шуму в зеленій зоні здійснювалася через ранжування значень атрибуту «Noise» на 5 діапазонів (рис. 8). З рисунку видно, що 23% вибірки становлять МЗЗ, у яких «залишкові» рівні шуму складають 60,7-73 дБ, у той час як початкові рівні шуму такої сили *Cont\_noise* – спостерігались у 55% об'єктів. Таким чином, у 90% МЗЗ автомагістральний шум ефективно нівелюється [9].

Картографічна візуалізація показників оцінювання ефективності здійснювалася в біномічному діапазоні всієї вибірки числових значень показників (*високоєфективні МЗЗ/ слабкоєфективні МЗЗ*) (рис. 9). Результати вказують на високу ефективність МЗЗ у виконанні даної функції, адже у 90% об'єктів створюються безпечні умови

перебування [9].

**Висновки.** В роботі представлена технологія геоінформаційного оцінювання та картографування ефективності міських зелених зон у зниженні рівня автомагістрального шуму, у якій за робочий інструментарій просторового аналізу та картографування править QGIS. Всі процедури оцінювання автоматизовано за допомогою середовища геообробки QGIS Model Designer і представлено у вигляді моделі Model\_NOISE. Представлена технологія являє собою сукупність процедур підготовки та опрацювання геоданих для кількісного оцінювання ефективності МЗЗ у шумозниженні відповідно до методики. Процедури графічно об'єднані у автоматизовану модель обчислення в середовищі Model Designer QGIS для створення єдиного робочого процесу оцінки ефективності МЗЗ. Складовими представленої технології є загальний алгоритм проведення оцінки; автоматизована модель обчислення; база геоданих. Задля включення в оцінку всіх аспектів, що



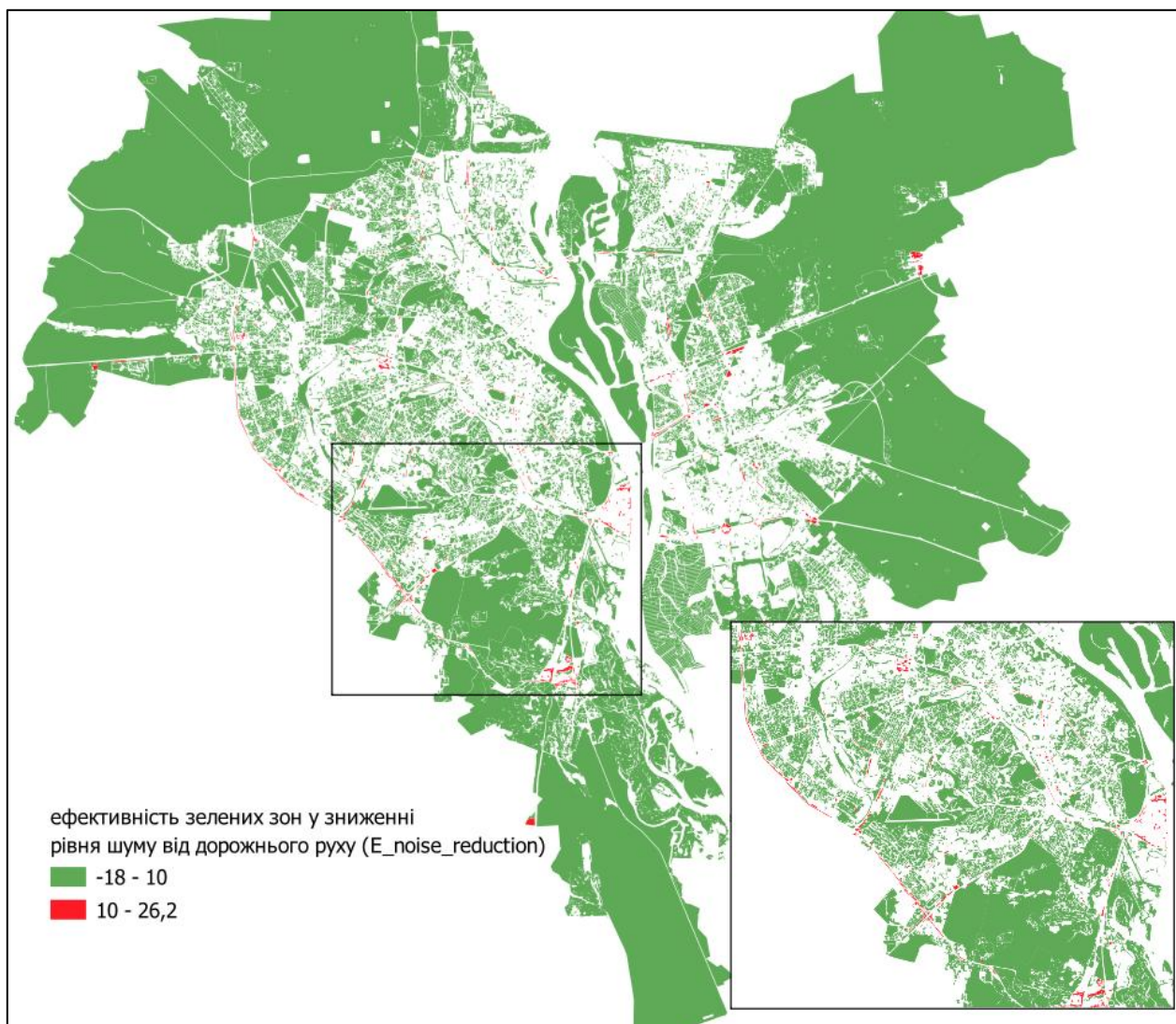


Рис. 9. Результат моделювання ефективності зелених зон у зниженні рівня шуму від дорожнього руху /  
Fig. 9. The result of modelling the effectiveness of green zones in reducing traffic noise

обумовлюють ефективність зелених зон у виконанні функції зниження рівнів шуму, до БД у якості вхідної внесено інформацію про: міські зелені зони; дорожню мережу міста; рослинність та сформовано відповідні набори геоданих: «Vegetation» (.shp), «BGI» (.shp), «Roads» (.shp). Алгоритмічно робочий процес оцінювання в моделі включає кілька підпроцесів оцінки і забезпечується послідовними алгоритмами геообробки та модулями обчислень, що їх описують: 1. підпроцес визначення характеристик зеленої зони та її актуального стану, від яких залежить її ефективність в шумозахисті; 2. підпроцес обчислення первинного поля шумового забруднення від автошляхів з різною інтенсивністю транспортного потоку; 3. підпроцес визначення «залишкового» рівню шуму в

зеленій зоні та моделювання ефективності. У роботі також представлені результати картографічної візуалізації оцінки ефективності МЗЗ у шумозниженні для території міста Києва. Запропонована в роботі технологія є інструментом у практиці міського планування, оскільки є основою для прийняття управлінських рішень по підвищенню ефективності тих МЗЗ, що цього потребують при розробці проектів озеленення міст.

**Подяка.** Дане дослідження виконане в рамках проекту «Технологія геоінформаційного оцінювання надання екосистемних послуг міськими зеленими зонами», що фінансується за рахунок зовнішнього інструменту допомоги Європейського Союзу для виконання зобов'язань України у Рамковій програмі Європейського Союзу з наукових досліджень та інновацій «Горизонт 2020».

#### Список використаних джерел

1. Використання технологій озеленення з метою зниження шумового забруднення міських територій. (2023). Отримано з [https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P\\_vcheniy\\_secretar.pdf](https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_vcheniy_secretar.pdf)

2. ДБН В.1.1-31:2013. (2014). Захист територій, будинків і споруд від шуму. Отримано з [https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/zakhist\\_vid\\_shumu/1-1-0-1814](https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/zakhist_vid_shumu/1-1-0-1814)
3. Денисюк, Н. (2021). Середовищевірна ефективність зелених насаджень загального користування міста Рівне. Дис. ... к. б. н. Рівненський державний гуманітарний університет, Інститут екології Карпат НАН України
4. Дудун, Т. В., Тітова, С. В. (2017). Географічні карти та картографічний метод дослідження (1 том - Географічні карти) (2 том — Картографічний метод дослідження). Отримано з [https://geo.knu.ua/wp-content/uploads/2021/06/kmd\\_2\\_tom\\_titova\\_dudun.pdf](https://geo.knu.ua/wp-content/uploads/2021/06/kmd_2_tom_titova_dudun.pdf)
5. Корогода, Н.П., Галаган, О.О. (2023). Оцінка зниження шуму від дорожнього руху міськими зеленими зонами. Інноваційні дослідження та перспективи розвитку науки і техніки у XXI столітті. Рівне, 2023 р., 159-161. <https://dspace.megu.edu.ua:8443/jspui/handle/123456789/4384>
6. Корогода, Н.П., Ковтонюк, О.В., Галаган, О.О., Купач, Т.Г. (2023). Геоінформаційне оцінювання екосистемних послуг з контролю швидкості ерозії ґрунту у ландшафтах міських зелених зон. Ландшафтознавство, 4 (2), 55-67. <https://doi.org/10.31652/2786-5665-2023-4-54-67>
7. Корогода, Н., Купач, Т. (2024). Технологічні особливості проведення оцінки культурних екосистемних послуг. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія». 60, 342- 353. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-25>
8. Корогода, Н.П. (2023). Оцінка екосистемних послуг зі зниження рівня шуму від дорожнього руху в міських ландшафтах. Ландшафтознавство, 3 (1), 56-67. <https://doi.org/10.31652/2786-5665-2023-3-56-67>
9. Корогода, Н.П. (2024). Оцінка ефективності надання екосистемних послуг зі зниження рівня шуму від дорожнього руху у міських зелених зонах міста (на прикладі міста Києва). Конструктивна географія та раціональне використання природних ресурсів, 4 (спец.), 69-74. <https://doi.org/10.17721/2786-4561.2024.4.special-10/19>
10. Міронова, Н. Г., Морозов, А. В., Морозова, Т. В., Рибак, В. В. (2021). Дослідження акустичного навантаження від транспортного потоку на прикладі міста Хмельницького. Дороги і мости, 24, 193–205. <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2021.24.193>
11. Решетченко, А. (2018). Дослідження впливу автотранспортних потоків на акустичне середовище урболандшафтів. Комунальне господарство міст, 7 (146), 180-183. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2018-7-146-180-183>
12. Решетченко, А. (2020). Підвищення екологічної безпеки урбосистем при техногенному навантаженні від шумового забруднення. Дис. ... к. т. н. Сумський державний університет.
13. Розробка шумозахисних заходів для автомобільних доріг Дніпровського району Дніпропетровської області. (2020). Отримано з [https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P\\_vcheniy\\_secretar.pdf](https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_vcheniy_secretar.pdf)
14. Шевченко, Ю. (2016). Розробка моделей оцінки та підвищення ефективності зниження шуму транспортних потоків. Дис. ... к. т. н. Національний авіаційний університет
15. ArcGIS Pro. Data classification methods. (2024). Отримано з <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/mapping/layer-properties/data-classification-methods.htm>
16. Buchhorn, M., Smets, B., Bertels, L., De Roo B., et al. (2020). Copernicus Global Land Service: Land Cover 100m: collection 3: epoch 2019: Globe (V3.0.1). [Data set]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3939050>
17. Cohen, P., Potchter, O., Schnell, I. (2014). The impact of an urban park on air pollution and noise levels in the Mediterranean city of Tel-Aviv, Israel. Environmental Pollution, 195, 73-83 <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.08.015>
18. Gratani, L., Varone, L. (2013). Carbon sequestration and noise attenuation provided by hedges in Rome: the contribution of hedge traits in decreasing pollution levels. Atmospheric Pollution Research, 4 (3), 315-322. <https://doi.org/10.5094/APR.2013.035>
19. Mitchell, A. (2005). The ESRI Guide to GIS Analysis, Volume 2: Spatial Measurements and Statistics. 1st Edition
20. Nunho dos Reis, A. R., Biondi, D., Dias de Oliveira, J. (2022). The role of urban green areas in noise pollution attenuation. DYNA, 89 (220), 210–215. <https://doi.org/10.15446/dyna.v89n220.95822>
21. OpenStreetMap contributors. (2023). Отримано з [www.openstreetmap.org](http://www.openstreetmap.org).
22. Ow, L. F., Ghosh, S. (2017). Urban cities and road traffic noise: Reduction through vegetation. Applied Acoustics, 120, 15-20. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2017.01.007>
23. Stansfeld, A., Matheson, P., Stansfeld, M. (2003). Noise pollution: non-auditory effects on health. British Medical Bulletin, 68, 243–257.
24. Van Renterghem, T., Forssén, J., Attenborough, K. et al. (2015). Using natural means to reduce surface transport noise during propagation outdoors. Applied Acoustics, 92, 86-101. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2015.01.004>
25. Welch, D., Shepherd, D., Dirks, K.N. et al. (2013). Road traffic noise and health-related quality of life: A cross-sectional study. Noise & Health, 15, 224–230.
26. Xing, Y., Brimblecombe, P. (2020). Traffic-derived noise, air pollution and urban park design. Journal of Urban Design, 25(5), 590-606. <https://doi.org/10.1080/13574809.2020.1720503>
27. Zanaga, D., Van De Kerchove, R., De Keersmaecker, W., et al. (2021). ESA WorldCover 10 m 2020 v100. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5571936>
28. Dias de Oliveira, J., Biondi D., Rodrigo Nunho dos Reis, A. (2022). The role of urban green areas in noise pollution attenuation. DYNA, 89(220), 210-215. <https://doi.org/10.15446/dyna.v89n220.95822>
29. Maksymenko, N., Sonko, S., Skryhan, H., et al. (2021). Green Infrastructure of Post-USSR Cities for Prevention of Noise Pollution. SHS Web Conf., 100, 05004. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202110005004>
30. Bunn, F., Paulo, Henrique Trombetta, Z. (2015). Urban planning-Simulation of noise control measures. Noise Control Engineering Journal, 63(1), 1-10. <https://doi.org/10.3397/1/376301>



31. Bocher, E., Guillaume, Gw., Picaut, J., et al. (2019) NoiseModelling: An Open Source GIS Based Tool to Produce Environmental Noise Maps. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(3), 130 <https://doi.org/10.3390/ijgi8030130>
32. Jinming, Zhang, Jun, Huang, Zezhou, Wu, Zhangmiao, Li. (2024). Construction Noise Reduction Research on Rail Transit Projects: A Case Study in China. *Buildings*, 14(6), 1678. <https://doi.org/10.3390/buildings14061678>

**Внесок авторів:** всі автори зробили рівний внесок у цю роботу

**Конфлікт інтересів:** автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів

## Technology for geoinformation assessment and mapping of the effectiveness of urban green spaces in motorway noise reducing

Nataliia Korohoda<sup>1</sup>

PhD (Geography), Associate Professor, Department of Geography of Ukraine,

<sup>1</sup> Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine;

Tetiana Kupach<sup>1</sup>

PhD (Geography), Associate Professor, Department of Geography of Ukraine

### ABSTRACT

Noise is one of the factors that determine the quality of life in cities. Motorways are the main sources of urban noise. Protecting the urban population from motorway noise is one of the leading functions performed by urban green spaces (UGS). However, not all UGSs have equal "efficiency" in performing this function, as their vegetation has different surface areas in contact with sound waves. Accordingly, an efficiency assessment is necessary to improve the comfort of living in the city, as it allows to identify those UGSs that require priority management decisions to ensure their optimal functioning. At present, there is a lack of technologies that are easy to use and can be used to determine the condition of green spaces and their effectiveness in performing this function. Accordingly, **the purpose of this paper** is to describe the technology of geoinformation assessment of the effectiveness of UGS in reducing motorway noise and mapping the assessment results.

**Methodologically**, the technology is a set of procedures for preparing and processing geodata to assess the effectiveness of UGS in noise reduction in accordance with the assessment algorithm. The procedures are composed of algorithmic chains graphically integrated into the automated calculation model Model\_NOISE in the QGIS Model Designer. The components of the technology are a general assessment algorithm; an automated calculation model; and a geodatabase. The technology envisages inclusion of all aspects that determine the effectiveness of the UGS in the assessment and therefore includes procedures for geoprocessing of preliminary preparation of input data. The assessment workflow in Model\_NOISE includes the following sub-processes: 1. determining the characteristics of the green space and its current state; 2. calculating the primary noise pollution field from motorways; 3. determining the "residual" noise level in the green space and its effectiveness.

As a **result**, using the proposed geoprocessing algorithms and calculation modules, we carried out: A). modelling the initial noise level - *Cont\_noise*; B) modelling the current state of the green area - *I\_noise reduction*; C) modelling the "residual" noise level in the green area - *Noise*; D) modelling the efficiency of urban green areas in reducing noise levels in cities - *E\_noise\_reduction*. The paper presents the results of mapping the indicators *I\_noise reduction*, *Cont\_noise*, *Noise*, *E\_noise\_reduction* for UGSs of Kyiv.

Thus, the paper **solves the scientific task** of creating a technology that makes it easy to determine the condition of green spaces and their effectiveness in reducing motorway noise. The technology is used to process spatially distributed, often limited information, which makes its use accessible not only to scientists but also to urban planners.

**The technology**, which is a "geoinformation embodiment" of the assessment methodology **and the results of its cartographic presentation** for the territory of Kyiv, **are effective tools in urban planning practice**, to improve the efficiency of urban green spaces and the comfort of living for its residents.

**Keywords:** urban green spaces (UGS), technology, motorway noise, geodatabase, automated calculation models.

### References

1. Use of greening technologies to reduce noise pollution in urban areas. (2023). Retrieved from [https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P\\_vcheniy\\_secretar.pdf](https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_vcheniy_secretar.pdf) [in Ukrainian].
2. DBN V.1.1-31:2013. (2014). Protection of territories, buildings and structures from noise. Retrieved from [https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/zakhist\\_vid\\_shumu/1-1-0-1814](https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/zakhist_vid_shumu/1-1-0-1814) [in Ukrainian].
3. Denysyuk, N. (2021). Environment-forming efficiency of greenery of common use in Rivne. Thesis for a candidate of biological sciences. Rivne State University for the Humanities, Institute of Ecology of the Carpathians the National Academy of Sciences of Ukraine. [in Ukrainian].
4. Dudun, T. V., Titova, S. V. (2017). Geographical maps and the cartographic method of research (volume 1 - Geographical maps) (volume 2 - cartographic method of research). Retrieved from [https://geo.knu.ua/wp-content/uploads/2021/06/kmd\\_2\\_tom\\_titova\\_dudun.pdf](https://geo.knu.ua/wp-content/uploads/2021/06/kmd_2_tom_titova_dudun.pdf) [in Ukrainian].

5. Korohoda, N.P., Halahan, O.O. (2023). Assessment of traffic noise reduction by urban green spaces. *Innovative research and prospects for the development of science and technology in the 21st century*. Rivne, 2023, 159-161. [in Ukrainian].
6. Korohoda, N. P., Kovtoniuk, O. V., Halahan, O. O., Kupach, T. H. (2023). Geoinformation assessment of ecosystem services for controlling the rate of soil erosion in landscapes of urban green zones. *Landscape Science*, 4 (2), 55-67. doi: <https://doi.org/10.31652/2786-5665-2023-4-54-67> [in Ukrainian].
7. Korohoda, N., Kupach, T. (2024). Technological features of cultural ecosystem services assessment. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology"*, (60), 342-353. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-25> [in Ukrainian].
8. Korohoda, N.P. (2023). Assessment of ecosystem traffic noise reduction service in the urban landscapes. *Landscape Science*, 3 (1), 56-67. <https://doi.org/10.31652/2786-5665-2023-3-56-67> [in Ukrainian].
9. Korohoda, N.P. (2024). Assessment of the effectiveness of ecosystem traffic noise reduce services in urban green spaces (on the example of Kyiv). *Constructive geography and rational use of natural resources*, 4, 69-74. <https://doi.org/10.17721/2786-4561.2024.4.special-10/19> [in Ukrainian].
10. Mironova, N., Morozov, A., Morozova, T., Rybak, V. (2021). Investigation of acoustic load from traffic flow on the example of the city of Khmelnytsky. *Roads and bridges*, 24, 193–205. <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2021.24.193> [in Ukrainian].
11. Reshetchenko, A. (2018). Duration of elementary events in the structure of noise of road motion of the great city. *Urban municipal services*, 7 (146), 180-183. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2018-7-146-180-183> [in Ukrainian].
12. Reshetchenko, A. (2020). Improvement of the environmental safety of urban systems under man-caused impact from noise pollution. Thesis for the degree of candidate of Engineering Sciences. Sumy State University. [in Ukrainian].
13. Development of noise protection measures for motorways in Dniprovskiy district of Dnipropetrovska oblast (2020). Retrieved from [https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P\\_vcheniy\\_secretar.pdf](https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_vcheniy_secretar.pdf) [in Ukrainian].
14. Shevchenko, Yu. (2016). Development of evaluation models and improvement of the efficiency of traffic flow noise reduction. Thesis for a candidate of technical sciences. National Aviation University [in Ukrainian].
15. ArcGIS Pro. Data classification methods. (2024). Retrieved from <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/mapping/layer-properties/data-classification-methods.htm>
16. Buchhorn, M, Smets, B., Bertels, L., De Roo, B., et al. (2020). Copernicus Global Land Service: Land Cover 100m: collection 3: epoch 2019: Globe (V3.0.1) [Data set]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3939050>
17. Cohen, P., Potchter, O., Schnell, I. (2014). The impact of an urban park on air pollution and noise levels in the Mediterranean city of Tel-Aviv, Israel. *Environmental Pollution*, 195, 73-83 <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.08.015>.
18. Gratani, L., Varone, L. (2013). Carbon sequestration and noise attenuation provided by hedges in Rome: the contribution of hedge traits in decreasing pollution levels. *Atmospheric Pollution Research*, 4 (3), 315-322. <https://doi.org/10.5094/APR.2013.035>
19. Mitchell, A. (2005). *The ESRI Guide to GIS Analysis, Volume 2: Spatial Measurements and Statistics*. 1st Edition.
20. Nunho dos Reis, A. R., Biondi, D., Dias de Oliveira, J. (2022). The role of urban green areas in noise pollution attenuation. *DYNA*, 89 (220), 210–215. <https://doi.org/10.15446/dyna.v89n220.95822>
21. OpenStreetMap contributors. (2023). Retrieved from [www.openstreetmap.org](http://www.openstreetmap.org).
22. Ow, L. F., Ghosh, S. (2017). Urban cities and road traffic noise: Reduction through vegetation. *Applied Acoustics*, 120, 15-20. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2017.01.007>
23. Stansfeld, A., Matheson, P., Stansfeld M. (2003). Noise pollution: non-auditory effects on health. *British Medical Bulletin*, 68, 243–257.
24. Van Renterghem, T., Forssén, J., Attenborough, K. et al. (2015). Using natural means to reduce surface transport noise during propagation outdoors. *Applied Acoustics*, 92, 86-101. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2015.01.004>.
25. Welch, D., Shepherd, D., Dirks K.N. et al. (2013). Road traffic noise and health-related quality of life: A cross-sectional study. *Noise & Health*, 15, 224–230.
26. Xing, Y. & Brimblecombe, P. (2020). Traffic-derived noise, air pollution and urban park design. *Journal of Urban Design*, 25:5, 590-606. <https://doi.org/10.1080/13574809.2020.1720503>
27. Zanaga, D., Van De Kerchove, R., De Keersmaecker, W., et al. (2021). ESA WorldCover 10 m 2020 v100. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5571936>
28. Dias de Oliveira, J., Biondi, D., Rodrigo Nunho dos Reis, A. (2022). The role of urban green areas in noise pollution attenuation. *DYNA*, 89(220), 210-215. <https://doi.org/10.15446/dyna.v89n220.95822>
29. Maksymenko, N., Sonko, S., Skryhan, H., et al. (2021) Green Infrastructure of Post-USSR Cities for Prevention of Noise Pollution. *SHS Web Conf.*, 100, 05004. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202110005004>
30. Bunn, F., Paulo Henrique Trombetta, Z. (2015). Urban planning-Simulation of noise control measures. *Noise Control Engineering Journal*, 63(1), 1-10. <https://doi.org/10.3397/1/376301>
31. Bocher, E., Guillaume, Gw., Picaut, J., Petit, Gw., Fortin, N. (2019). NoiseModelling: An Open Source GIS Based Tool to Produce Environmental Noise Maps. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(3), 130. <https://doi.org/10.3390/ijgi8030130>
32. Jinming, Zhang, Jun, Huang, Zezhou, Wu, Zhangmiao, Li. (2024). Construction Noise Reduction Research on Rail Transit Projects: A Case Study in China. *Buildings*, 14(6), 1678. <https://doi.org/10.3390/buildings14061678>

**Authors Contribution:** All authors have contributed equally to this work

**Conflict of Interest:** The authors declare no conflict of interest

Received 17 November 2024

Accepted 20 January 2025