

ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МІСЬКИХ ОСТРОВІВ ТЕПЛА ЗА ДОПОМОГОЮ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ

КОВАЛЬОВ Владислав Андрійович
студент 3 курсу
спеціальності «Геодезія та землеустрій»

Науковий керівник
КАЧАНОВСЬКИЙ Олег Ігорович
викладач,
ВСП «Рівненський фаховий коледж
Національного університету
біоресурсів і природокористування України»,
м. Рівне, Україна,
myzvck2014@gmail.com

Міські острови тепла (МОТ) являють собою зони підвищеної температури в урбанізованих екосистемах. Це явище стало постійною рисою міського клімату, і очікується, що його прояв посилюватиметься зі зростанням температури, а також частоти та тривалості хвиль тепла, при цьому інтенсивність глобального теплового острова зростає в середньому на 0,156 °C за десятиліття [1].

Методологія та підхід, запропоновані в цій статті, ґрунтуються на інтегрованому використанні даних ДЗЗ та інструментів ArcGIS Pro для дослідження, картографування й оцінювання різних проявів міських островів тепла. Концепція розробляється з 2018 року та тестується в урбанізованому просторі міста Рівне (58,24 км²) як одного з найбільших міст українського Полісся. Для оцінки МОТ використано дані ДЗЗ з супутників Landsat 8-9, оброблені в програмному забезпеченні ArcGIS Pro, яке дозволяє проводити геопросторовий аналіз, моделювання та візуалізацію поверхневих температур. Методологія включала побудову просторово-часових рядів даних за 2018–2023 рр., розрахунок LST від теплових каналів (Band 10 та 11) з алгоритмом одно-канальної корекції емісивності поверхні, а також обчислення NDVI для оцінки рослинного покриву [2].

Яскравісна температура (BT) була отримана з верхньої межі атмосфери (TOA) та приведена до температури поверхні (LST) з урахуванням довжини хвилі, сталої Планка ($\rho = 14380$) та емісивності (ϵ) [3], що обчислювалася за NDVI:

$$\epsilon = 0,004 \cdot P_g + 0,986, P_g = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right)^2 \quad (1)$$

NDVI розраховувався за стандартною формулою, але з додатковою нормалізацією для часових рядів.

Для візуалізації та просторового аналізу застосовано ArcGIS Pro, інструменти Raster Calculator, Reclassify, Spatial Analyst. Використовувались також дані Esri Living Atlas для перевірки фонових кліматичних трендів. Часові ряди побудовані за 2018–2023 рр. (літні сезони). Цей інтервал дозволяє зафіксувати посилення ефекту MOT у досліджуваному місті, для виявлення довгострокових тенденцій планується розширення періоду до 10–15 років із застосуванням тренд-аналізу (Mann–Kendall test, Sen’s slope estimator). Це дасть змогу кількісно оцінити швидкість зростання температур та втрату зелених зон. Кореляційний аналіз між LST та NDVI проведено з використанням статистичних інструментів ArcGIS Pro (Scatter Plot Matrix), з обчисленням коефіцієнта детермінації R^2 та рівняння лінійної регресії для кількісної оцінки залежності. Валідація результатів здійснювалася шляхом порівняння з наземними метеорологічними даними ($RMSE < 2 \text{ }^\circ\text{C}$) та моделями з подібних досліджень.

Динаміка, представлена на Рисунку 1, показує, що протягом усього досліджуваного періоду (2018–2023), температура поверхні (LST) значно перевищує температуру повітря (Tair). Цей стабільний розрив у значеннях є типовим для ефекту міського теплового острова, де асфальт і бетон, поглинаючи сонячне тепло, нагріваються сильніше, ніж навколишнє повітря.

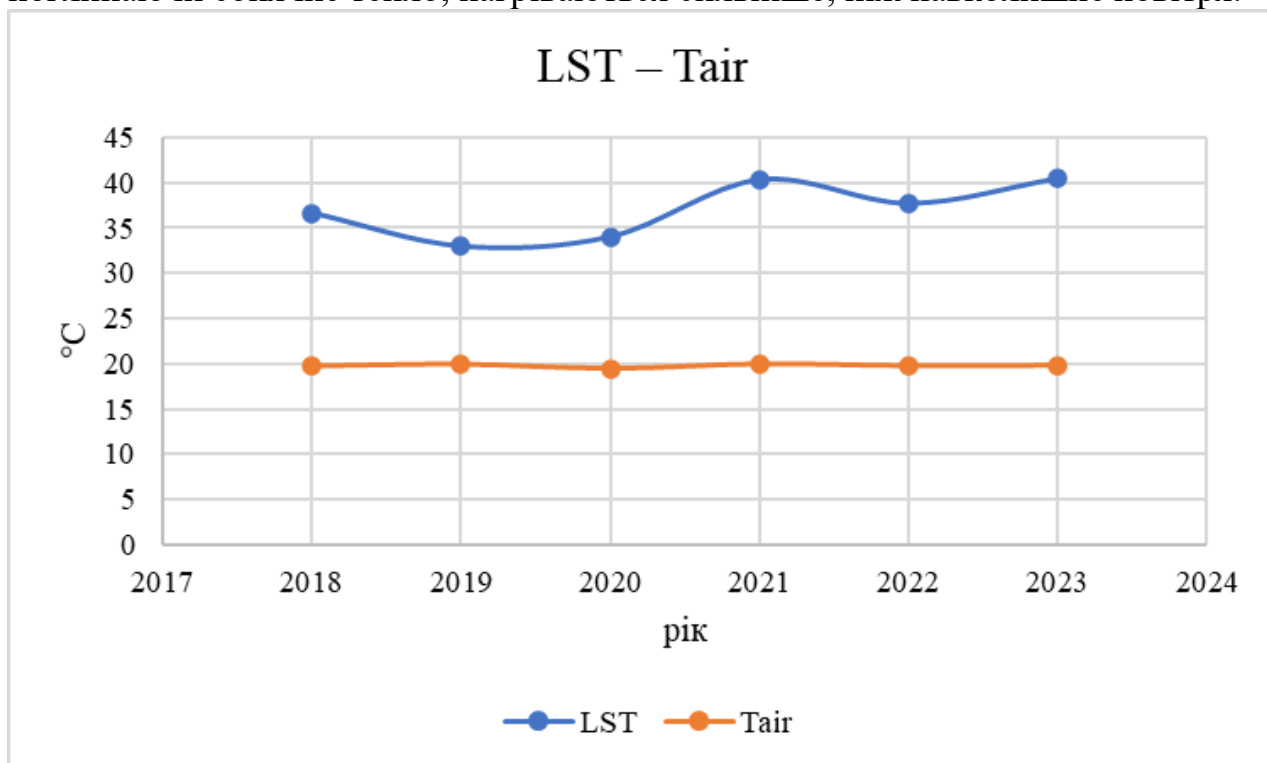


Рисунок 1 – Динаміка середньорічних значень температури поверхні землі (LST) та температури повітря (Tair) у вибраних точках населеного пункту за 2018–2023 роки.

Достовірність розрахованих значень температури поверхні (LST) перевірялась шляхом порівняння їх із середніми літніми температурами повітря за даними метеостанцій за 2018–2023 роки. Для кількісного

визначення похибки було використано показник середньоквадратичної помилки (RMSE):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (T_{LST,i} - T_{air,i})^2}{n}} \quad (2)$$

Картографічна модель нормалізованого диференційного вегетаційного індексу NDVI (Рис. 2 а) демонструє розподіл рослинного покриву, де низькі значення NDVI відповідають урбанізованим зонам з підвищеним ризиком MOT [4]. Аналіз показав аномально високі температури в центральних районах міста, де різниця LST сягає 7-10 °С порівняно з околицями, з сильною просторовою кореляцією між дефіцитом рослинності (NDVI < 0.2) та підвищенням LST. Площа зон міського теплового острова зросла на 10% з 2018 р., що корелює з процесами урбанізації.

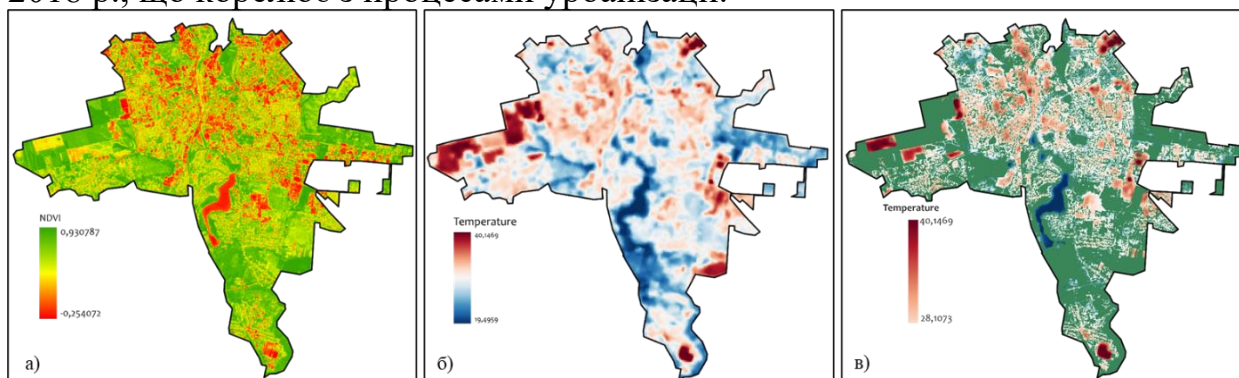


Рисунок 2 – Картографічні моделі ландшафтів міста (2020–2023 рр.) а) Нормалізований диференційний вегетаційний індекс (NDVI) б) Просторовий розподіл температури в) Міські острови тепла

Атмосферна корекція здійснювалась за допомогою стандартного методу DOS (Dark Object Subtraction). Картографічна модель просторово-часового розрахунку температури (Рис. 2 б) ілюструє зони з високим LST у центральних районах, підтверджуючи ефект MOT.

Таким чином, порівняння з метеоданими та кількісний аналіз похибок дозволяє підтвердити достовірність отриманих LST та обґрунтувати подальший просторовий та часовий аналіз нагрівання міських територій. Запропонований метод на основі ДЗЗ та ArcGIS Pro ефективний для моделювання MOT, дозволяючи кількісну оцінку кореляцій та планування заходів, таких як створення зелених зон.

Список використаних джерел:

1. Zhao, Lili, Xuncheng Fan, and Tao Hong. (2025). Urban Heat Island Effect: Remote Sensing Monitoring and Assessment—Methods, Applications, and Future Directions. *Atmosphere*, 16(7), 791. <https://doi.org/10.3390/atmos16070791/>
2. Nwidum, L., Jackson, K. P., & Brown, I. (2021). Spatial modelling of urban heat islands and its planning implications in Obio/Akpor local government area.

International Journal of Hydro, 5(5), 240–250.
<https://doi.org/10.15406/ijh.2021.05.00286/>

3. Hoang, N.-D., & Nguyen, Q.-L. (2025). Geospatial analysis and machine learning framework for urban heat island intensity prediction: Natural gradient boosting and deep neural network regressors with multisource remote sensing data. *Sustainability*, 17(10), 4287. <https://doi.org/10.3390/su17104287>

4. Grover, A., & Singh, R. B. (2015). Analysis of Urban Heat Island (UHI) in Relation to Normalized Difference Vegetation Index (NDVI): A Comparative Study of Delhi and Mumbai. *Environments*, 2(2), 125–138. <https://doi.org/10.3390/environments2020125/>



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ ЗЕМЛЕВПОРЯДКУВАННЯ**

**ЗБІРНИК ТЕЗ МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ**

«GEOPOINT»

5-6 березня 2026 року

**PROCEEDINGS OF INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL
CONFERENCE**

«GEOPOINT»

March 5-6, 2026

УДК 332.2/.7:528.4/.9"364"(082)

ISBN 978-617-8798-98-7

«GEOPOINT»: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, Україна, 5-6 березня 2026 року: матеріали конференції. Київ: НУБіП України. 2026. 332 с.

Рекомендовано Вченою радою факультету землевпорядкування Національного університету біоресурсів і природокористування України (протокол № 5 від 19 березня 2026 року)

У збірнику матеріалів конференції подано результати сучасних наукових досліджень за секціями: землеустрій та кадастр в умовах воєнного стану та повоєнного відновлення, оцінка земель, врахування збитків та управління ризиками, геопросторові технології та ДЗЗ. Розраховано для науково-педагогічних працівників, представників науково-дослідних установ, науковців, спеціалістів установ та фахівців землевпорядного напрямку, аспірантів, студентів.

У разі повного або часткового використання матеріалів збірника посилання обов'язкове. Автори матеріалів несуть повну відповідальність за точність наведених фактів, цитат, власних імен та інших відомостей, відповідаючи принципам академічної доброчесності.

Відповідальні за випуск: І. А. Опенько, О. Д. Грищак