**2. Оцінка впливу туристичної галузі на стан довкілля Івано-Франківської області**

**2.1.**

**Вступ**

Туризм є складним соціально-економічним явищем, яке інтегрує значну кількість секторів матеріального та нематеріального виробництва і впливає на розвиток суміжних галузей. Його роль в економіці регіонів значно перевищує межі суто туристичних підприємств, оскільки попит відвідувачів стимулює діяльність у сферах транспорту, харчування, культури, роздрібної торгівлі, спорту тощо[[1]](#footnote-1)[[2]](#footnote-2).

Однак у системі національних рахунків туризм не виділений як окрема галузь, що ускладнює точну оцінку його внеску. Саме тому в міжнародній практиці використовується методологія **Tourism Satellite Account** (TSA), розроблена UNWTO, OECD, Євростатом та Статистичною комісією ООН. Цей інструмент дозволяє інтегрувати дані з боку попиту (витрати відвідувачів) і пропозиції (виробництво товарів і послуг туристичного спрямування) для визначення макроекономічних показників туристичного сектору[[3]](#footnote-3).

Методологія TSA, викладена у документі **TSA: RMF 2008**, базується на узгодженні з системою національних рахунків (SNA 2008) і класифікаціями видів діяльності ISIC та продуктів CPC. TSA передбачає формування 10 основних таблиць, що містять інформацію про:

* внутрішнє, в’їзне та виїзне туристичне споживання;
* виробництво туристичних характеристичних і суміжних галузей;
* туристичну додану вартість і прямий туристичний ВВП;
* зайнятість у туристичних індустріях;
* інвестиції та державні витрати, пов’язані з туризмом;
* нефінансові показники (кількість поїздок, середня тривалість, мета подорожі).

Використання TSA дозволяє порівнювати дані між країнами, регіонами та часовими періодами, а також виокремлювати прямий економічний ефект туризму.

В Україні класифікація видів економічної діяльності здійснюється за КВЕД-2010, що гармонізований із NACE Rev.2[[4]](#footnote-4). У ньому відсутня окрема секція для туризму, але туристична діяльність розосереджена між кількома секціями, зокрема:

* I — Тимчасове розміщування й організація харчування;
* N — Діяльність туристичних агентств і послуги з бронювання;

Дослідження Кулиняка І.Я.[[5]](#footnote-5) підкреслює, що туризм в Україні має чітко виражений міжгалузевий характер, охоплюючи як матеріальне виробництво (сільське господарство, промисловість, будівництво, транспорт, торгівля), так і нематеріальне (розміщування, харчування, культура, освіта, медицина, інформаційні послуги).

На основі такого підходу можна виділити приклади взаємозв’язку окремих видів туризму з економічними секторами:

* A — Сільське, лісове та рибне господарство: агротуризм, зелений туризм, рибальський туризм.
* C — Переробна промисловість: гастрономічний, винний, пивний, промисловий туризм.
* R — Мистецтво, спорт, розваги та відпочинок: культурний, спортивний, фестивальний туризм.
* H — Транспорт: екскурсійний і транспортний туризм.
* G — Роздрібна торгівля, включно з продажем сувенірів і туристичного спорядження.

Ця класифікація є інструментом для формування вибірки суб’єктів господарювання при регіональному аналізі туристичної економіки.

Адаптація методології TSA до регіонального рівня дає змогу оцінити внесок туризму у валовий регіональний продукт (ВРП) і структуру зайнятості. Для Івано-Франківської області, де туризм включає гірськолижний, етнографічний, екологічний та культурний сегменти, важливим є визначення частки підприємств, що належать до туристичних та суміжних галузей.

Поєднання TSA з КВЕД-орієнтованою класифікацією, адаптованою з підходу Кулиняка І.Я. [5], дозволить створити чітку методику для відбору підприємств та оцінки масштабів туристичної економіки регіону.

У дослідженні Забалдіної Ю.Б., Розкладки Н., Передерка В.[[6]](#footnote-6) адаптовано TSA до регіонального рівня. Використано дані Головного управління статистики у регіоні, зокрема за операційними формами «Регіональні рахунки» та «Структурні зміни в економіці регіонів»

Запропоновано методику формування таблиць 5 та 6 TSA на регіональному рівні – з урахуванням наявності статистичних даних. Розроблено алгоритм обчислення GVATI (Gross Value Added of Tourism Industries), TDGVA (Tourism Direct GVA) та Tourism Direct GDP. За результатами, туризм становить 10,34 % валового регіонального продукту Івано‑Франківщини без урахування тіньової економіки — удвічі більше, ніж по Україні загалом (~4,8 %).Таким чином:

1. Туризм є міжгалузевим комплексом, який об’єднує низку видів економічної діяльності з різних секторів.
2. Міжнародна методологія TSA забезпечує стандартизований підхід до вимірювання економічного внеску туризму, але потребує національної та регіональної адаптації.
3. Для Івано-Франківської області інтеграція TSA і КВЕД-класифікації створює основу для визначення частки туристичних та суміжних галузей у регіональній економіці.

Отже, із використанням результатів досліджень Кулиняка І.Я. та Забалдіної Ю.Б. сформуємо структуру туристичної індустрії (рис.1) в розрізі видів економічної діяльності з поділом їх на основні та суміжні для відбору суб’єктів господарювання Івано-Франківської області з метою оцінки динаміки їх створення, а також географічного розміщення на території Івано-Франківської області.

З цією метою використаємо інформацію з Єдиного державного реєстру юридичних осіб, фізичних осіб-підприємців та громадських формувань [[7]](#footnote-7).

Станом на початок 2025 року в Івано-Франківській області обліковувалось 6510 суб’єктів господарювання, які зазначили у своїх реєстраційних даних основний код виду діяльності згідно з КВЕД, що відноситься до основних в т. ч. 1641 юридична особа та 4869 фізичних осіб. В розрізі кодів видів економічної діяльності туристичні підприємства розподіляються наступним чином (рис.2).

За період з 2019 року спостерігається в цілому висхідна динаміка реєстрації туристичних підприємств (рис.3), стримуючими факторами на тлі загальної тенденції були пандемія COVID-19 та початок повномасштабного вторгнення російської федерації на територію України, що призвело до сповільнення темпів реєстрації туристичних підприємств відповідно в 2020 та 2022 роках.

Геопросторовий розподіл туристичних підприємств з основними видами діяльності в розрізі територіальних громад візуалізовано за допомогою пакету python matplotlib (рис.4). Як бачимо, лідерами за зареєстрованими туристичними підприємствами є Івано-Франківська громада (2812 суб’єктів господарювання),

Зображення, що містить текст, знімок екрана, схема, Шрифт

Вміст на основі ШІ може бути неправильним.Рис 1. Структура видів економічної діяльності згідно з КВЕД, які відносяться до туристичної індустрії

Рис.2 – Структура туристичної галузі в розрізі кодів КВЕД

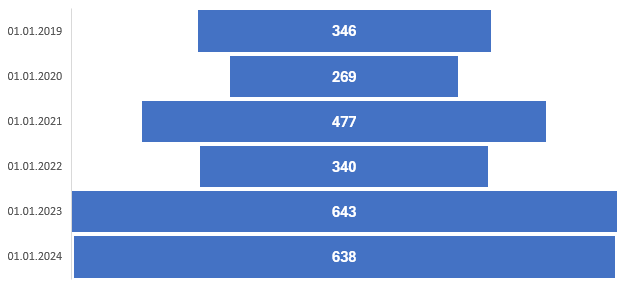


Рис.3 – Динаміка реєстрації новостворених туристичних підприємств в 2019-2024 роках.

Коломийська міська громада (501), Калуська міська громада (392), Яремчанська міська громада (296), Долинська міська громада (151).

Такий зсув в сторону обласного центру пояснюється тим, багато підприємців обирають реєстрацію бізнесу саме тут через доступність послуг, скорочені терміни реєстраційних процедур і кращу логістику взаємодії з державними органами, хоча фізично працюють у гірських громадах (Яремче, Ворохта, Поляниця, Верховина, Косів тощо).

**Зображення, що містить текст, схема, карта

Вміст на основі ШІ може бути неправильним.**

Рис. 4. – Візуалізація розподілу туристичних підприємств з основним видом туристичної діяльності в розрізі територіальних громад Івано-Франківської області (за місцем реєстрації)

Що стосується суміжних до туристичної галузі видів діяльності, то в області зареєстровано 6605 юридичних та фізичних осіб – підприємців, в т. ч. 1046 – юридичних осіб, 5559 – фізичних осіб.

Серед них переважають суб’єкти господарювання, що займаються наступними видами діяльності:

* 47.19 Iншi види роздрiбної торгiвлi в неспецiалiзованих магазинах – 3559;
* 63.11 Оброблення даних, розмiщення iнформацiї на веб-вузлах i пов'язана з ними дiяльнiсть – 559;
* 49.39 Iнший пасажирський наземний транспорт, н.в.i.у. – 297;
* 47.78 Роздрiбна торгiвля iншими невживаними товарами в спецiалiзованих магазинах – 286;
* 66.22 Дiяльнiсть страхових агентiв i брокерiв – 266

Розташування підприємства видів економічної діяльності, що є суміжними до туристичної, в розрізі територіальних громад відображено на рис.5. Лідерами за кількістю зареєстрованих підприємств, є як і у випадку із підприємствами основних туристичних видів економічної діяльності, Івано-Франківська міська громада, де зареєстровано 2177 суб’єктів господарювання, Коломийська міська громада – 689, Калуська міська громада – 466, Долинська міська громада – 276, Косівська міська громада – 240. Розбіжність є тільки щодо Яремчанської міської громади, яка із показником 116 зареєстрованих туристичних підприємств займає 10-те січ

З огляду на міжгалузеву природу туризму та просторову поляризацію попиту, доцільно окреслити профіль регіону як об’єкта дослідження. Це дозволить ув’язати класифікацію видів діяльності з просторовими осередками фактичного навантаження.

Охарактеризуємо Івано-Франківську область як туристичний регіон[[8]](#footnote-8), наведемо її просторово-функціональний профіль.

Природно-географічні передумови. Область охоплює значну частину Українських Карпат (Горгани, Чорногора, Ґорґансько-Чивчинський масив), передгірні та рівнинні зони. Це формує широкий спектр рекреаційних умов:

**Зображення, що містить текст, схема, карта

Вміст на основі ШІ може бути неправильним.**

Рис.5 Візуалізація розподілу туристичних підприємств (суміжні види туристичної діяльності) в розрізі територіальних громад Івано-Франківської області (за місцем реєстрації)

гірськолижні схили й високогірні маршрути, річкові долини з потенціалом водного туризму, лісові масиви для екотуризму та бьордвотчингу, а також етнокультурні території (Гуцульщина, Покуття) з виразною нематеріальною спадщиною. Кліматична контрастність та висотна поясність визначають високу сезонність: зимовий пік (лижний туризм) і літньо-осінній (пішохідний, велосипедний, фестивальний, агротуризм).

Туристична інфраструктура та структура ринку. Регіональний турпродукт складається з «ядра» характеристичних видів діяльності (розміщення, харчування, пасажирські перевезення, туроператорська/турагентська діяльність, культурні, спортивні та рекреаційні послуги) і «периферії» суміжних видів (роздріб сувенірів і спорядження, івент-сервіси, ІТ-бронювання, фінансові, медико-оздоровчі, нерухомість для короткострокової оренди). Юридична реєстрація значної частини підприємств зосереджена в Івано-Франківську як адміністративному вузлі (банки, податкова, нотаріат, логістика), тоді як фактичне надання послуг переважно локалізоване у гірських громадах (Поляниця, Яремче/Ворохта, Верховина, Косів тощо). Це породжує статистичний «зсув» на користь обласного центру за показником кількості суб’єктів, який доцільно компенсувати додатковими метриками потужності (ліжко-місця, номерний фонд, відвідуваність об’єктів).

Туристичні продукти і сезонно-просторова організація попиту. Ключові кластери:

1. Гірськолижний і активний відпочинок (сніг, трекінг, MTB, трейл-ранінг) — домінує зимою та міжсезоннями у високогір’ї.
2. Екотуризм і природоорієнтований відпочинок — високогірні маршрути, оглядові вершини, нацпарки та заповідні території; літо-осінь.
3. Культурно-пізнавальний і подієвий туризм — музеї, сакральна архітектура, фестивалі; пік у теплий сезон і вихідні.
4. Сільський/агротуризм, гастрономічні маршрути — розпорошені по громадах, синергують із локальними виробниками (сири, м’ясні вироби, ремесла).
5. Оздоровчі й wellness-послуги — спа, відновлення, короткі відпочинкові візити у міжсезоння.

Транспортна доступність і логістика подорожі. Переважає радіальна структура потоків із «воріт» у місті (залізничний/автохаб, аеропорт) у напрямку гірських громад. Туристичні агенції/оператори та транспортні компанії часто базуються в Івано-Франківську, організовуючи трансфери «місто → курорти». Це пояснює концентрацію реєстрацій у центрі при реальному навантаженні на периферії.

Природоохоронні території і вразливість середовища. Висока концентрація ООПТ (нацпарки, заказники, пам’ятки природи), густі мережі хребтових стежок і приток формують «тонкі місця» сталості: ерозія стежок, витоптування, локальне засмічення вздовж популярних маршрутів, сезонні піки навантаження на місцеві системи водопостачання/очистки. Паралельно зростають ризики транспорту-залежних викидів у долинах, де формуються затори у пікові періоди.

Соціально-економічна роль туризму. Туризм виступає міжгалузевим драйвером, генеруючи додану вартість як у «ядрі» (розміщення, харчування, перевезення, культура/спорт), так і через «периферію» (торгівля, ІТ-сервіси, фінанси, нерухомість, подієва індустрія). Регіональні оцінки на базі методики допоміжного рахунку туризму (TSA) показують відчутний внесок у ВРП області (детально — у методичному підрозділі та додатках; емпіричні приклади використані як орієнтири для побудови наших таблиць і добору змінних).

На рис. 6 подано просторову локалізацію об’єктів туристичної інфраструктури Івано-Франківської області, ідентифікованих у базі OpenStreetMap (далі - OSM) тегом tourism=\*. До цієї множини належать засоби розміщення (hotel, guest\_house, hostel, motel, apartment, camp\_site, alpine\_hut), а також об’єкти дозвілля та культурної спадщини (attraction, museum, viewpoint, information тощо). Карта візуалізує **пропозиційну** складову туристичної системи та виявляє просторові «вузли» інтенсивної інфраструктурної концентрації (гірські курортні ТГ, туристичні коридори вздовж транспортних осей).

База OSM формується спільнотою і відзначається нерівномірною повнотою покриття: центральні та популярні локації мапляться детальніше, периферійні — менш докладно. Відтак карта відображає насамперед **наявність та просторове розміщення** POI, а не фактичну інтенсивність їх використання (кількість ночівель, заповненість тощо).

Зображення, що містить карта, текст, атлант, схема

Вміст на основі ШІ може бути неправильним.

Рис.6 - Просторовий розподіл об’єктів tourism=\* (OpenStreetMap) у межах Івано-Франківської області. Джерело: © OpenStreetMap contributors, ODbL 1.0. Контури ТГ — за даними автора.

Для кількісної оцінки взаємозв’язку між туризмом і екологічним навантаженням потрібні стандартизовані, порівнянні у часі ряди. Далі у роботі використовуються офіційні показники зі звітності в знеособленому вигляді: туристо-доби за даними звітності з туристичного збору та агреговані по підприємствах показники використання води, викидів в атмосферу, скидів у водні об’єкти й утворення ТПВ (екологічна компонента) — у розрізі територіальних громад і років. Це дозволяє здійснити коректне нормування (на км², на 1 тис. осіб, на 1 туристо-добу) і застосувати панельні економетричні моделі з фіксованими ефектами та просторовими тестами.

Таблиця 1. ТОП-10 територіальних громад Івано-Франківської області за щільністю об’єктів туристичної інфраструктури (POI з тегом tourism=\*) на км² за даними OpenStreetMap. Джерело: © OpenStreetMap contributors, ODbL 1.0. Розрахунки автора.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Ранг** | **Назва громади** | **КАТОТТГ** | **Кількість туристичних об'єктів (ТО), од.** | **Площа, км²** | **Щільність ТО, на км²** |
| 1 | Ворохтянська селищна громада | UA26120010000096774 | 341 | 274.2 | 1.244 |
| 2 | Яремчанська міська громада | UA26120150000021671 | 328 | 273.7 | 1.198 |
| 3 | Поляницька сільська громада | UA26120130000088448 | 392 | 327.4 | 1.197 |
| 4 | Івано-Франківська міська громада | UA26040190000081578 | 204 | 265.7 | 0.768 |
| 5 | Зеленська сільська громада | UA26020050000098694 | 200 | 482.2 | 0.415 |
| 6 | Верховинська селищна громада | UA26020030000088465 | 170 | 429.4 | 0.396 |
| 7 | Угринівська сільська громада | UA26040370000057019 | 7 | 18.6 | 0.376 |
| 8 | Солотвинська селищна громада | UA26040290000025886 | 112 | 377.6 | 0.297 |
| 9 | Космацька сільська громада | UA26100030000012148 | 31 | 110.0 | 0.282 |
| 10 | Перегінська селищна громада | UA26060210000091421 | 184 | 669.6 | 0.275 |

На рис. 7-10 подано картограми інтенсивності туристичного попиту (туристо-доби на км²) та екологічних метрик у розрізі територіальних громад: використання води й викидів в атмосферу, у водойми, розміщення твердих побутових відходів (далі - ТПВ) (всі підприємства) у розрахунку на км², а також частка туристичних підприємств у відповідних загальних обсягах. Така побудова дає змогу одночасно спостерігати рівень навантаження територій (через нормування на площу) і структуру джерел цього навантаження (внесок саме туристичних суб’єктів).

Зображення, що містить текст, карта

Вміст на основі ШІ може бути неправильним.

Рис. 7. Туристичний попит у територіальних громадах Івано-Франківської області у 2024 р., нормований на площу (туристо-доби на 1 км²). Джерела: дані зі звітності по туристичному збору 2019–2024; розрахунки автора.

Найвища просторовa інтенсивність зосереджена в гірських туристичних ТГ: Поляницька сільська громада — 2 387,9 т/д на км²; Яремчанська міська — 624,6; Ворохтянська селищна — 408,2. Для контрасту, у Івано-Франківській міській інтенсивність нижча (395,7), хоча абсолютний обсяг ночівель значний — що відбиває більшу площу й поліфункціональність міста. Таким чином, карпатські «курортні» ТГ концентрують попит у відносно невеликій площі — це підґрунтя сезонно пікових навантажень на ресурси й інфраструктуру.

По інтенсивності на км² (усе водоспоживання): домінують індустріально-комунальні ТГ: Ямницька сільська — 11947,1 ум. од./км²; Перегінська селищна — 900,4; Надвірнянська міська — 636,4; Яремчанська міська — 568,2; Поляницька сільська — 369,6. Це вказує, що по водоспоживанню не лише туризм формує навантаження — важливі й промислові/комунальні споживачі.

Структурна частка турпідприємств по споживанню води наступна: лідери — Болехівська міська (0,995), Яремчанська міська (0,987), Поляницька сільська (0,76).  
Отже, в цих ТГ туристичний сектор визначає структуру водоспоживання, навіть якщо загальна інтенсивність у частини з них помірніша.

По інтенсивності викидів в атмосферу на км² (усі викиди) виразним «важковаговиком» є Ямницька сільська (22801,5 ум. од./км²), далі Калуська міська (1 268,7), Долинська міська (306,2), Пасічнянська сільська (88,1), Богородчанська селищна (67,6). Це класичний сигнал промислово-енергетичних вузлів.

Частка турсектору у викидах: висока в Ворохтянській селищній (0,966), Богородчанській селищній (0,773), Надвірнянській міській (0,526), Солотвинській селищній (0,418). Пояснення — невелика промислова база в таких ТГ і значний трафік/теплогенерація, пов’язані з туризмом (транспорт, котельні закладів розміщення тощо).

За інтенсивністю скидів у водні об’єкти (інтенсивність на км²) лідерами є Ямницька сільська (39,28 ум. од./км²), Калуська міська (11,96), Коломийська міська (7,84), Надвірнянська міська (3,35), Поляницька сільська (0,83). Це поєднання комунальних очисних споруд і промислових стоків у найбільших агломераціях.

Зображення, що містить карта, текст, схема, атлант

Вміст на основі ШІ може бути неправильним.

Рис.8. Споживання води у територіальних громадах Івано-Франківської області у 2024 р., нормоване на площу (споживання води на 1 км²). Джерела: дані зі звітності по платі за надра 2019–2024; розрахунки автора.

Зображення, що містить карта, текст, атлант, схема

Вміст на основі ШІ може бути неправильним.

Рис.9. Викиди в атмосферу у територіальних громадах Івано-Франківської області у 2024 р., нормоване на площу (викиди в атмосферу на 1 км²). Джерела: дані зі звітності по екологічному податку 2019–2024; розрахунки автора

Зображення, що містить карта, текст, атлант, схема

Вміст на основі ШІ може бути неправильним.

Рис.10. Викиди у водойми у територіальних громадах Івано-Франківської області у 2024 р., нормовані на площу (викиди у водойми на 1 км²). Джерела: дані зі звітності по екологічному податку 2019–2024; розрахунки автора

Зображення, що містить карта, текст, атлант, схема

Вміст на основі ШІ може бути неправильним.Рис.11. Розміщення ТПВ у територіальних громадах Івано-Франківської області у 2024 р., нормоване на площу (розміщення ТПВ на 1 км²). Джерела: дані зі звітності по екологічному податку 2019–2024; розрахунки автора

Частка турсектору у скидах: Надвірнянська міська (0,984) та Ворохтянська селищна (0,916) — випадки, де туристичні оператори (у т.ч. розміщення) суттєво формують структуру скидів. У Поляницькій (0,023) — внесок туризму відносно малий порівняно з іншими джерелами.

Щодо розміщення твердих побутових відходів (ТПВ) (усі підприємства) показники інтенсивності на км²: Галицька міська — 989,2 ум.од./км², Ямницька сільська — 882,6 ум.од./км², Калуська міська — 126,5 ум.од./км², Коломийська міська — 71,3 ум.од./км², Долинська міська — 48,9 ум.од./км². Високі значення часто пов’язані з наявністю полігонів/перевалочних потужностей, які «притягують» відходи з ширшого ареалу.

Стосовно частки туристичного сектору в розміщенні ТПВ найвищі зафіксовані частки у Яремчанській міській (0,168), Ворохтянській селищній (0,166), Надвірнянській міській (0,151). У більшості інших ТГ частка туризму близька до нуля — переважають побутово-комунальні та непов’язані з туризмом джерела.

Проведемо аналіз найбільших забруднювачів навколишнього середовища на основі початкових масивів даних по суб’єктах господарювання та територіальних громадах (ТГ) за 2019–2024 рр. Аналіз здійснюється для трьох середовищ: атмосферне повітря, водні об’єкти, тверді побутові відходи (ТПВ).

Структура викидів у 2024 р. (див. Табл. 2) наступна: першу трійку забруднювачів становлять: двоокис вуглецю, що викидається в атмосферне повітря стаціонарними джерелами забруднення (98,52%), ангідрид сірчистий (0,9%) та азоту оксиди (0,24%), сукупно 99,66% від підсумку ТОП-10. Наступні позиції — тверді речовини, вуглеводні тощо — мають суттєво менші внески (0,26%). Така концентрація свідчить про «вузький» профіль викидів, характерний для поєднання енергетики/теплогенерації та транспортного компонента, до якого в пікові сезони додається внесок об’єктів розміщення і харчування в туристичних осередках.

На рис. 13 зафіксовано зниження сумарного рівня ТОП-10; найвиразніший вклад у тренд демонструє двоокис вуглецю, що викидається в атмосферне повітря стаціонарними джерелами забруднення, із максимумом у 2019 та мінімумом у 2024. Для ангідриду сірчистого та оксидів азоту характерні плавне зменшення.

Таблиця 2 - ТОП-10 речовин-забруднювачів повітря у 2024 р. (сума річних обсягів по області; частка у сумі ТОП-10).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Забруднююча речовина** | **Обсяг, тонн** | **Частка у загальному обсязі, %** |
| Двоокис вуглецю, що викидається в атмосферне повітря стаціонарними джерелами забруднення | 8594618,81 | 98,52 |
| Ангідрид сірчистий | 78306,38 | 0,9 |
| Азоту оксиди | 20655,68 | 0,24 |
| Тверді речовини | 14658,32 | 0,17 |
| Вуглеводні | 7550,97 | 0,09 |
| Вуглецю окис | 4734,22 | 0,05 |
| Забруднюючі речовини (сполуки), що викидаються в атмосферне повітря стаціонарними джерелами забруднення, які не зазначені в групі кодів 243.1.000 та на які встановлено клас небезпечності (III клас небезпечності) | 1750,55 | 0,02 |
| Забруднюючі речовини (сполуки), що викидаються в атмосферне повітря стаціонарними джерелами забруднення, які не зазначені в групі кодів 243.1.000 та на які встановлено клас небезпечності (IV клас небезпечності) | 448,74 | 0,01 |
| Аміак | 316,69 | 0 |
| Забруднюючі речовини (сполуки), що викидаються в атмосферне повітря стаціонарними джерелами забруднення, які не зазначені в групі кодів 243.1.000 та для яких не встановлено клас небезпечності (крім двоокису вуглецю) і встановлено орієнтовно безпечний рівень їх впливу в атмосферному повітрі населених пунктів: (понад 0,01 - 0,1 (включно) міліграма на 1 куб. м.) | 172,03 | 0 |

Рисунок 14 демонструє, що двоокис вуглецю, що викидається в атмосферне повітря стаціонарними джерелами забруднення формує «гарячі зони» у Ямницькій сільській громаді та Калуській міській громаді; для ангідриду сірчистого локуси інтенсивності в цих же двох громадах, а оксиди азоту підсилюються в Ямницькій сільській громаді, Долинській міській громаді, Пасічнянській сільській громаді.

Такий розподіл відповідає місько-промисловому профілю територій. Нормування на площу (ум. од./км²) знімає масштабний ефект і підсвічує дрібні, але інтенсивні осередки (Пасічнянська сільська громада).

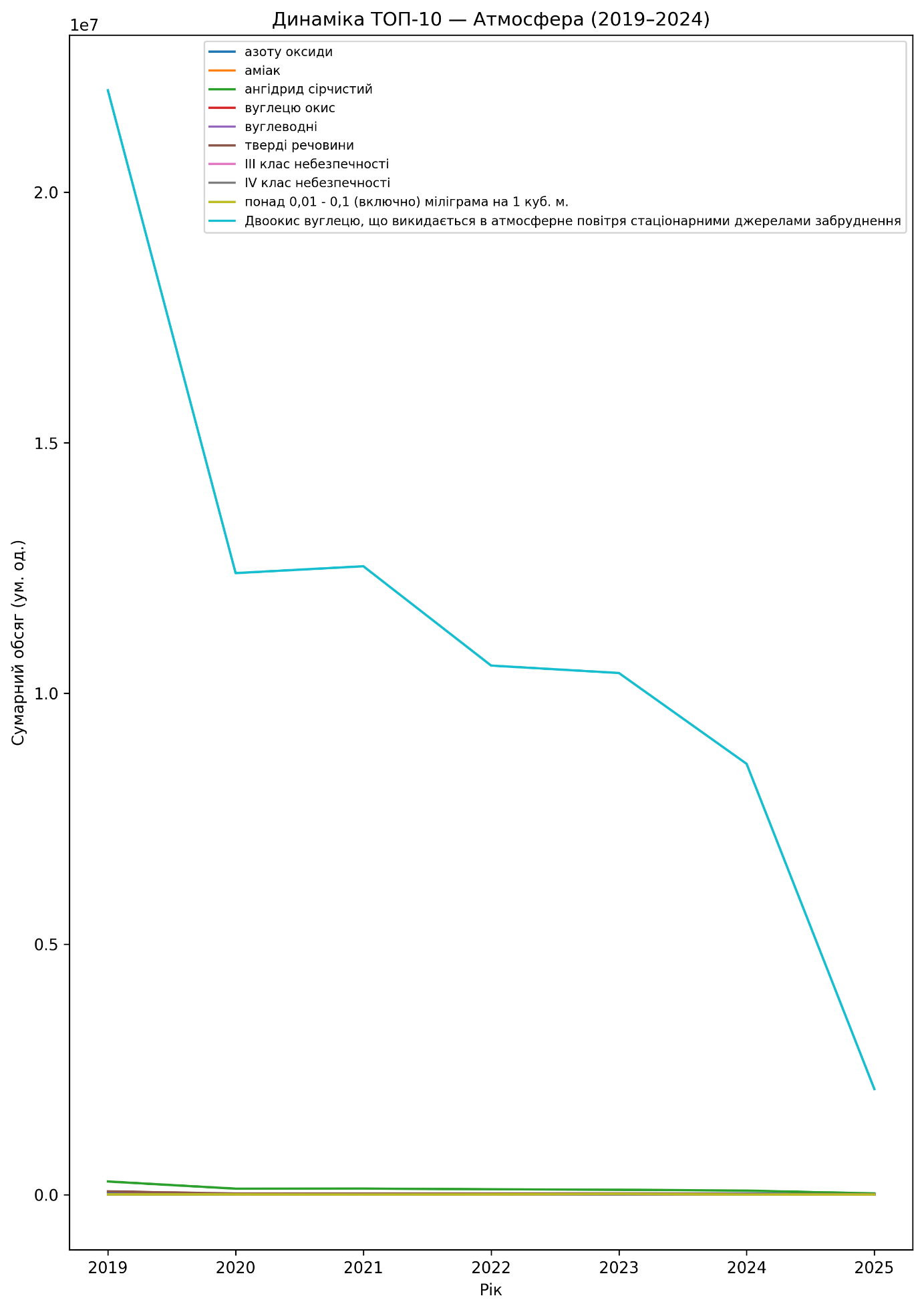


Рис.13. - Динаміка сумарних річних обсягів ТОП-10 атмосферних забруднювачів (визначених за 2024 р.) у 2019–2024 рр., Івано-Франківська область.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Атмосферне повітря – Двоокис вуглецю, що викидається в атмосферне повітря стаціонарними джерелами забруднення, 2024** |  |  |
|  |

Рис.14 – Просторова локалізація викидів у атмосферне повітря (ТОП-3 речовини 2024 р.); інтенсивність викидів за ТГ, нормовано на площу (ум. од./км²), розрахунки автора;

Як видно з табл. 3, переліком домінант у скидах у водойми виступають хлориди (45,48%), сульфати (24,06%) та нітрати (11,89%), які разом акумулюють 81,43% обсягів ТОП-10. Значущими також є забруднюючі речовини, що скидаються у водні об’єкти, які не зазначені в групі кодів 245.1.000 та для яких встановлено граничнодопустиму концентрацію або визначено орієнтовно безпечний рівень впливу (понад 10) – 9,09%, завислі речовини із часткою в 4,91%.

Таблиця 3 - ТОП-10 речовин-забруднювачів води у 2024 р. (сумарні обсяги; частка у ТОП-10), розрахунки автора.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Забруднююча речовина** | **Обсяг, тонн** | **Частка у загальному обсязі, %** |
| Хлориди | 5379,86 | 45,48 |
| Сульфати | 2846,48 | 24,06 |
| Нітрати | 1406,48 | 11,89 |
| Забруднюючі речовини, що скидаються у водні об’єкти, які не зазначені в групі кодів 245.1.000 та для яких встановлено граничнодопустиму концентрацію або визначено орієнтовно безпечний рівень впливу (понад 10) | 1075,55 | 9,09 |
| Завислі речовини | 580,25 | 4,91 |
| Органічні речовини (за показниками БСК 5) | 328,31 | 2,78 |
| Фосфати | 139,08 | 1,18 |
| Азот амонійний | 49,99 | 0,42 |
| Забруднюючі речовини, що скидаються у водні об’єкти, які не зазначені в групі кодів 245.1.000 та для яких встановлено граничнодопустиму концентрацію або визначено орієнтовно безпечний рівень впливу (понад 0,1 - 1 (включно)) | 8,54 | 0,07 |
| Нітрити | 7,66 | 0,06 |

За рис. 15 спостерігаємо спад сумарних показників для ТОП-10, з найбільш виразними коливаннями у хлоридів - пік у 2021, мінімум в 2024 році, сульфатів – пік у 2020 та мінімум у 2024 році, а нітрати демонструють стабільність.

На Рис. 16 візуалізовано викиди найбільших забруднювачів, що викидаються у водойми: локалізація хлоридів підсилена у Ямницькій сільській громаді, Калуській та Коломийській міській громаді; сульфатів — у Ямницькій сільській громаді, Коломийській та Надвірнянській міських громадах; нітратів— у Ямницькій сільській громаді, Калуській міській громаді. Конфігурація «гарячих зон» відповідає басейновій логіці (низхідна акумуляція по течії) та концентрації населення/інфраструктури.

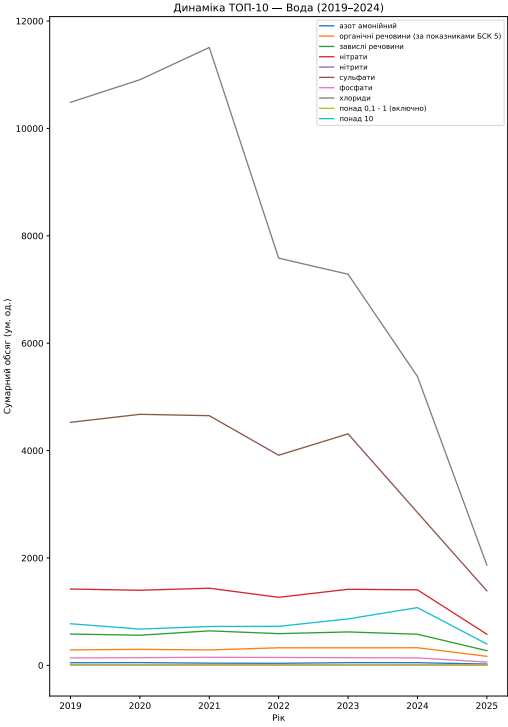


Рис.15 - Динаміка сумарних скидів у водойми ТОП-10 речовин (за визначенням 2024 р.) у 2019–2024 рр., розрахунки автора

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

Рис.16 – Просторова локалізація викидів у водні об’єкти: три карти (ТОП-3 речовини 2024 р.), інтенсивність скидів за ТГ, нормовано на площу (ум. од./км²). Розрахунки автора.

Таблиця 4 фіксує домінування малонебезпечних відходів, на які встановлено клас небезпеки та рівень небезпечності (98,62%), помірно небезпечних відходів, на які встановлено клас небезпеки та рівень небезпечності (1,36%) та люмінісцентних ламп (0,01%), сукупно 99,99% ТОП-10, що вказує на переважаючий внесок зазначених фракцій.

Таблиця 4 - ТОП-10 твердих побутових відходів у 2024 р. (сумарні обсяги; частка у ТОП-10), розрахунки автора.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Забруднююча речовина** | **Обсяг, тонн** | **Частка у загальному обсязі, %** |
| Відходи, на які встановлено клас небезпеки та рівень небезпечності (малонебезпечні) | 573098,92 | 98,62 |
| Відходи, на які встановлено клас небезпеки та рівень небезпечності (помірно небезпечні) | 7889,11 | 1,36 |
| Надзвичайно небезпечні відходи (люмінесцентні лампи) | 82 | 0,01 |
| Відходи, на які встановлено клас небезпеки та рівень небезпечності (високонебезпечні) | 56,6 | 0,01 |
| Відходи, на які встановлено клас небезпеки та рівень небезпечності (малонебезпечні нетоксичні відходи гірничодобувної промисловості) | 0,16 | 0 |
| Відходи, на які встановлено клас небезпеки та рівень небезпечності (надзвичайно небезпечні) | 0,08 | 0 |
| Відходи, на які не встановлено клас небезпеки та рівень небезпечності | 0,08 | 0 |

Рисунок 17 відображає спад за ТОП-10; найбільш динамічно змінюються обсяги малонебезпечних відходів, на які встановлено клас небезпеки та рівень небезпечності – пік у 2022 році та мінімум у 2024 році. Всі решта забруднюючі речовини переважно демонструють стабільність протягом досліджуваного періоду.

На рис. 18 «гарячі зони» для малонебезпечних відходів зосереджені у Ямницькій сільській громаді, Галицькій та Калуській міських громадах; для помірно небезпечних — у Коломийській міській громаді, а люмінісцентні лампи — у Долинській, Івано-Франківській міських громадах, Богородчанській селищній громаді. Концентрація в міських центрах узгоджується зі «сталим» (міським) тиском.

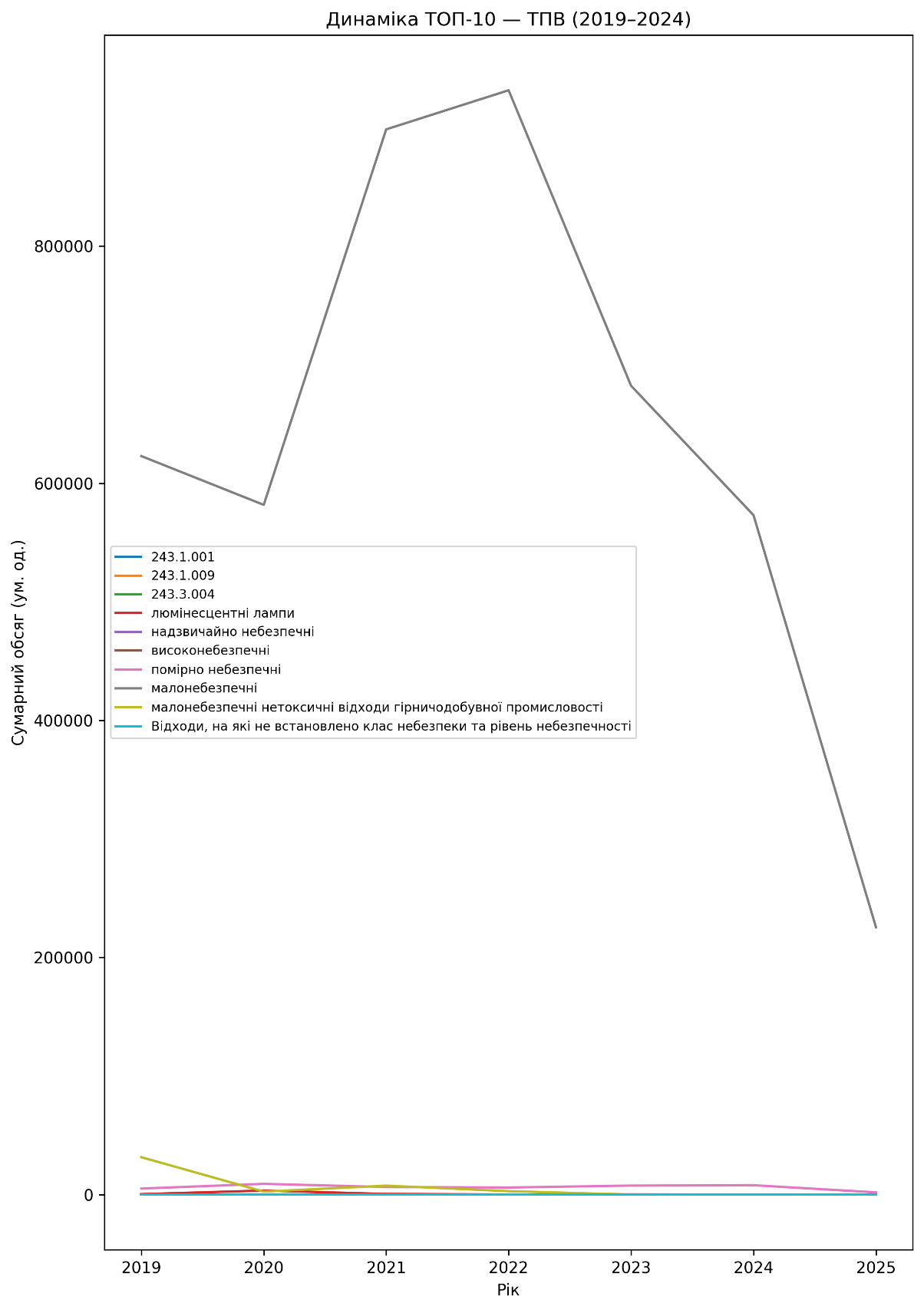


Рис.17 - Динаміка сумарних обсягів ТОП-10 категорій ТПВ (за визначенням 2024 р.) у 2019–2024 рр., розрахунки автора.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

Рис.18 – Просторова локалізація розміщення твердих побутових відходів (ТОП-3 категорії 2024 р.), інтенсивність за ТГ, нормовано на площу (ум. од./км²), розрахунки автора.

Підсумовуючи описову частину, зауважимо: виявлені просторові відмінності мають не лише «масштабний» характер (пов’язаний із площею чи чисельністю населення), а й свідчать про потенційну кластеризацію інтенсивностей у межах окремих територіальних громад. Візуальні враження від карт (як для атмосферних викидів і скидів у водойми, так і для ТПВ) натякають на наявність «гарячих зон» та можливих просторових аномалій, що частково збігаються з туристичними кластерами і місько-промисловими вузлами. Водночас самі по собі карти не гарантують статистичної валідності таких висновків через ризики візуальної упередженості, проблеми множинних порівнянь та ефект змінності просторових агрегатів (MAUP). Відтак наступним логічним кроком є формальна перевірка просторової автокореляції: чи є спостережувана «схожість між сусідами» статистично значущою, а не випадковою.

Далі ми переходимо до теоретичних засад і застосування глобального індексу Морана та локальних індикаторів просторової асоціації (LISA).

**2.2.**

Просторова економетрика є галуззю, що виникла на перетині економетрики та регіональної економіки, і знайшла широке застосування в аналізі просторових даних. Її основоположним принципом є Перший закон географії Вальдо Тоблера, сформульований у 1970 році: "Все пов’язано з усім іншим, але близькі речі більш пов’язані, ніж віддалені речі"[[9]](#footnote-9). Це означає, що при моделюванні показників у регіонах необхідно враховувати не лише внутрішні фактори, а й значення тих самих показників у сусідніх регіонах[[10]](#footnote-10).

Просторова економетрика зосереджується на просторовій залежності (або автокореляції), що є коваріацією властивостей в межах географічного простору, де характеристики у близьких місцеположеннях корелюють — як позитивно, так і негативно. Ця залежність є джерелом інформації, але водночас порушує стандартні статистичні методи, які передбачають незалежність спостережень, що може призвести до нестійких оцінок параметрів та недостовірних тестів значущості у регресійному аналізі, якщо просторова залежність не компенсується[[11]](#footnote-11). Просторова неоднорідність також є важливою проблемою, що означає зміну процесу по відношенню до місцеположення, через що загальні параметри, оцінені для всієї системи, можуть неадекватно описувати процес у конкретному місці[[12]](#footnote-12).

Для врахування просторових ефектів у моделях, міра близькості регіонів включається через вагову матрицю сусідів (W) [[13]](#footnote-13). Параметр моделі, що відображає вплив інших регіонів на залежну змінну, називається коефіцієнтом просторової автокореляції. Якщо цей коефіцієнт є значущим, це вказує на наявність просторових ефектів[[14]](#footnote-14).

Серед ключових моделей та методів просторової економетрики та суміжних інтелектуальних аналізів геопросторових даних виділяють:

• Просторово-авторегресійні моделі (SAR): Використовуються для побудови функцій попиту з урахуванням просторових ефектів. Наприклад, у дослідженні споживання м'яса, молока та риби в регіонах України виявлено значущий та додатний коефіцієнт просторової автокореляції, що свідчить про вплив рівня споживання у сусідніх регіонах[[15]](#footnote-15).

• Глобальний індекс Морана (Global Moran's I): Застосовується для виявлення та вимірювання просторової автокореляції на основі розташування об'єктів та їх значень[[16]](#footnote-16). Значення I∈[−1;1] (на практиці рідко наближається до меж), I > 0 — позитивна автокореляція, I < 0 — негативна.

• Локальний індекс Морана (Local Moran's I): Використовується для кількісної оцінки локальної просторової автокореляції, що є корисним параметром для оцінки якості, наприклад, при аналізі шуму на МРТ-знімках. Також застосовується у методі моделювання на основі географічно зваженої регресії для оцінки параметрів сталого розвитку[[17]](#footnote-17).

Просторова економетрика та інтелектуальний аналіз геопросторових даних є важливими інструментами для обґрунтування управлінських рішень у територіальному управлінні та прогнозуванні. Серед напрямів застосування:

• Економічні дослідження: Побудова функцій попиту, наприклад, на продукти харчування (м'ясо, молоко, риба), з урахуванням просторових ефектів, що показує залежність споживання в одному регіоні від сусідніх. Також використовується для аналізу інклюзивного економічного зростання та оцінки зеленого економічного зростання, включаючи вплив зелених інвестицій та ефективності управління.

• Екологія та сталий розвиток:

    ◦ Оцінка параметрів сталого розвитку та безпеки життя людей: Розроблено метод моделювання на основі географічно зваженої регресії та локального індексу Морана.

    ◦ Аналіз екологічної компоненти землекористування та розрахунок метрик сталого розвитку на основі даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ).

    ◦ Моніторинг стану рослинності: Визначення регіональних диспропорцій у динаміці рослинного покриву на основі кластерного підходу та вегетаційних індексів.

    ◦ Моделювання забруднення навколишнього середовища: Використання вимірювань (проби ґрунту, води, повітря, дистанційне зондування) у різних місцях для побудови карт забруднення, наприклад, радіоактивного забруднення після Чорнобильської АЕС, та оцінки точності цих карт.

    ◦ Районування території: Виділення однорідних територіальних утворень для реалізації регіональної політики, враховуючи просторові відносини та топологічні властивості об'єктів.

    ◦ Кластеризація цінностей Цілей сталого розвитку (ЦСР): Виявлення просторового розподілу значень ЦСР, що вказує на тенденцію до утворення кластерів країн зі спільними характеристиками.

• Інші сфери:

    ◦ Передбачення злочинів та терористичних актів: Аналіз минулих подій для прогнозування майбутніх місць злочинів або атак, використовуючи просторові моделі вибору.

    ◦ Аналіз мережевих подій: Використання просторово-часового куба для аналізу даних телекомунікаційних мереж для виявлення аномальних статистичних викидів та закономірностей.

    ◦ Медична географія: Аналіз факторів, що впливають на рівень захворювань, та моделювання поширення епідемій. Також оцінка якості МРТ-знімків на основі локальної просторової автокореляції шуму.

Ці методи та моделі є основою для інтелектуального аналізу геопросторових даних (ІАГД), що спрямований на пошук прихованих закономірностей та відношень у даних, які засновані на просторовому розташуванні та топологічних відношеннях. ІАГД поєднує геоінформаційні системи (ГІС), методи Data Mining, статистику та методи штучного інтелекту, такі як нейронні мережі

Основні проблеми, які вирішує просторова економетрика:

* Просторова залежність (Spatial Dependence): Необхідність моделювати, як значення змінних у одній локації залежать від значень у сусідніх локаціях. Прикладом є розповсюдження циганської молі, де "спостереження з графств у концентричних кільцях високо корельовані, із згасанням кореляції по мірі віддалення до спостережень з більш віддалених кілець".
* Просторова гетерогенність (Spatial Heterogeneity): Відносини між змінними можуть змінюватися в просторі ("variation in relationships over space"). Це означає, що "ми можемо очікувати, що для кожної точки в просторі буде діяти своя залежність".

Просторова структурованість характерна для більшості екологічних змінних, тому при їх кількісному описанні необхідно приймати до уваги просторову автокореляцію. Про змінну говорять як про автокорельовану, якщо можливо прогнозувати значення цієї змінної у деякій точці простору (або часу) по відомій величині цієї змінної з іншої точки, положення якої в просторі (або часі)відомі[[18]](#footnote-18).

Просторова автокореляція вимірює ступінь, до якої значення змінної в одній локації пов'язані зі значеннями тієї ж змінної в сусідніх локаціях. Показники просторової автокореляції:

* Глобальний індекс Морана (Moran's I):
* Вимірює загальний ступінь просторової автокореляції по всій досліджуваній території.
* Значення варіюються від -1 (ідеальна дисперсія) до +1 (ідеальна кореляція). Нульове значення вказує на випадковий просторовий розподіл.
* Формула для індексу Морана (Moran's I):

де n - кількість регіонів, wij - елемент матриці просторової ваги, xi та xj - значення змінної в регіонах i та j, - середнє значення змінної, .

* Moran Scatterplot (Діаграма розсіювання Морана): Візуальний інструмент для розуміння тесту Морана I. Він розділяє простори на чотири квадранти:
* High-High (HH): Високі значення, оточені високими значеннями (гарячі точки).
* Low-Low (LL): Низькі значення, оточені низькими значеннями (холодні точки).
* High-Low (HL): Високі значення, оточені низькими значеннями (викиди).
* Low-High (LH): Низькі значення, оточені високими значеннями (викиди).
* Локальний індекс Морана (LISA - Local Index Spatial Autocorrelation):
* Використовується для виявлення значущих кластерів (гарячих/холодних точок) та просторових викидів.
* Позитивне значення $Iit вказує на просторову кластеризацію подібних значень, тоді як негативне значення вказує на просторову кластеризацію несхожих значень між регіоном та його сусідами.

Локальні індикатори просторової асоціації відповідають таким критеріям:

* для кожного спостереження вони вказують на ступінь і значимість згущення (кластеризації) інших спостережень поблизу даного із близькими значеннями оцінюваної характеристики;
* сума індикаторних значень за всіма спостереженнями пропорційна глобальним характеристикам просторової зв’язності.

Індекс Морана є важливим інструментом для виявлення просторової автокореляції в геопросторових даних. Ось приклади застосування даного методу, що стосуються екології та споживання ресурсів:

• Оцінювання функцій попиту на продукти харчування: Глобальний індекс Морана використовувався для виявлення просторової автокореляції в даних про споживання м'яса, молока та риби в регіонах України. Дослідження показало, що на рівень споживання цих продуктів суттєво впливають ціни та доходи населення, а також виявлено значущий та додатний коефіцієнт просторової автокореляції. Це означає, що споживання м'яса, молока та риби в одному регіоні залежить від рівня їх споживання у сусідніх регіонах. Це приклад, де індекс Морана допомагає зрозуміти просторові закономірності в контексті споживання ресурсів, що є важливою частиною екологічних досліджень.

• Аналіз екологічної компоненти землекористування та метрик сталого розвитку: Просторова автокореляція (для виявлення якої може використовуватися індекс Морана) застосовується для аналізу екологічної компоненти землекористування та розрахунку метрик сталого розвитку на основі даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Хоча індекс Морана не згаданий тут прямо, він є базовим методом для визначення просторових взаємодій, що є критичним для такого аналізу.

• Оцінка параметрів сталого розвитку та безпеки життя людей: В рамках методології інтелектуального аналізу геопросторових даних (ІАГД) розроблено метод моделювання, що базується на географічно зваженій регресії та локальному індексі Морана. Це дозволяє досліджувати вплив просторових відносин на показники сталого розвитку. Концепція сталого розвитку включає екологічний, економічний та соціально-інституційний виміри, тому це застосування опосередковано стосується екологічних аспектів.

• Виявлення "гарячих" та "холодних" точок у розподілі даних: Хоча конкретні приклади в екології чи туризмі не надано, інструмент "Аналіз виникнення гарячих точок", який використовує просторово-часовий куб для виявлення статистично значущих трендів "гарячих" і "холодних" точок у часі, є тісно пов'язаним з концепцією локального індексу Морана. Цей метод, застосований, наприклад, до даних телекомунікаційних мереж для виявлення аномальних статистичних викидів, що характеризуються просторовою та часовою динамікою, може бути адаптований для виявлення просторових кластерів екологічних явищ (наприклад, поширення забруднення) або концентрації туристичних потоків.

• Кластеризація цінностей Цілей сталого розвитку (ЦСР): Глобальний індекс Морана I також використовується для виявлення просторового розподілу значень ЦСР і вказує на виражену тенденцію до утворення кластерів, що свідчить про наявність спільних характеристик або шаблонів розвитку серед сусідніх країн. ЦСР включають значні екологічні цілі (наприклад, чиста вода, збереження екосистем), тому це застосування безпосередньо стосується екологічного аспекту сталого розвитку.

Наведемо стислий огляд наукових робіт в галузі екології та економіки, які використовували геопросторовий аналіз для доведення досліджуваних гіпотез.

В роботі Gianquintieri та ін. щодо Ломбардії (Італія)[[19]](#footnote-19) було використано глобальний та локальний індекси Морана для щомісячних концентрацій PM₂.₅, PM₁₀, NO₂, O₃, SO₂ і CO (2016–2020), а також post hoc-аналіз землекористування для кластерів LISA; цим перевіряли гіпотезу про виразну просторову кластеризацію забруднення та її сезонність/землекористувацькі детермінанти.

Отримано: (i) високі значення глобального Moran’s I для всіх забруднювачів (загалом >0,6; максимум 0,91), (ii) HH-кластери PM у зимові місяці в урбанізованому «ядрі» та влітку/восени — в аграрному півдні, (iii) для O₃ — літні HH-кластери в горбистих/передгірних округах; (iv) у HH-кластерах PM істотно більші частки с/г та транспортно-промислових територій, тоді як природні землі переважають у LL-зонах. Це підтверджує сильну просторову залежність і відмінності між типами землекористування.

В дослідженні Verbeek (Ґент, Бельгія)[[20]](#footnote-20) щодо нерівності впливів забруднення повітря й шуму було використано поєднання ЕSDA та просторової регресії (SAR/SDM), щоб перевірити гіпотезу: чи зберігаються соціально-просторові диспропорції після врахування просторової автокореляції.

Отримано наступні результати: виявлено, що квартали з нижчими доходами, більшою часткою оренди та вищою мобільністю населення зазнають більшої експозиції до забруднення повітря; просторові моделі покращують якість пояснення, але «згладжують» оцінки коваріацій, залишаючи дохід і мобільність ключовими предикторами; для шуму саме просторові моделі роблять зв’язки статистично значущими.

В дослідженні Sarrión-Gavilán, Benítez-Márquez і Mora-Rangel[[21]](#footnote-21) щодо просторової пропозиції туризму в Андалусії було використано GIS/ESDA (глобальний Moran’s I і LISA), щоб перевірити гіпотезу про прибережну концентрацію туристичних місць (місця в колективних засобах розміщення як проксі).

Отримано такий висновок: має місце позитивна, статистично значуща глобальна автокореляція і її зростання між 2000 та 2011 рр. (I=0,222→0,281); HH-кластери зосереджені вздовж узбережжя (Costa del Sol тощо), але фіксується приріст кластерів у внутрішніх гірських муніципалітетах (зростання природно-рекреаційного туризму). Виявлено також HL-аутлайєри (Гранада, Севілья).

У керівному документі ЄК «Guidance on Groundwater Monitoring» (№15 до ВРД ЄС)[[22]](#footnote-22) було сформульовано принципи проєктування мереж моніторингу (кількісного і хімічного) для цілей оцінки статусу і трендів; це робилося для перевірки гіпотези, що ризик-орієнтована, репрезентативна та цільова сітка спостережень підвищує валідність висновків про стан вод.

Отримано методичні настанови, які прямо наголошують на необхідності довгостроковості, просторової репрезентативності та економії витрат — релевантно для вибору просторових ваг і зональності при нашому геоаналізі.

В науковій роботі «Spatial clustering of waste reuse…» (Нідерланди)[[23]](#footnote-23) було використано глобальний і локальний Moran’s I для локацій вторинного використання відходів, щоб перевірити гіпотезу про матеріал-специфічні кластери та їх «масштаб».

Отримано результати щодо кластеризації: для 8 з 10 матеріалів (усі, крім скла й текстилю) виявлено статистично значущу кластеризацію; встановлено «найкращий» розмір комірки ґріду, на якому кластеризація максимальна (≈7 км для будівельних/аграрних потоків; 20–25 км для пластику/металів), що дозволяє інтерпретувати просторову шкалу процесів перероблення.

В дослідженні щодо сухих рециклінгових компонентів ТПВ (HERRCO, Греція)[[24]](#footnote-24) було використано глобальний та локальний Moran’s I для перевірки гіпотези про просторову впорядкованість відбору вторсировини на душу населення.

Отримано відносно сильну просторову автокореляцію і локальні кластери, придатні для таргетування управлінських інтервенцій у сфері МСW.

В роботі Mao & Zhuang (2025)[[25]](#footnote-25) щодо «вуглецевої інтенсивності» туризму було використано глобальний/локальний Moran’s I та стандартно-девіаційну еліпсу, щоб перевірити гіпотезу про регіональну гетерогенність і часову еволюцію просторових патернів.

Як результат, зазначено: (i) зростання сукупних викидів у 2012–2021 рр. із найбільшими значеннями на сході, (ii) поступове зниження інтенсивності після 2018 р., (iii) значущу просторову автокореляцію CEI та регіональні контрасти між Сх./Центр./Зх. Китаю.

Як підтвердження ролі просторових моделей у «ланцюжках впливу», в дослідженні з IJERPH (2021)[[26]](#footnote-26) було використано SDM для перевірки гіпотези, що забруднення PM₂.₅ має просторовий «відгук» у витратах на охорону здоров’я сусідніх територій. Отримано: значущий позитивний spillover-ефект (навіть більший за прямий місцевий ефект), що обґрунтовує включення просторових лагів у прикладних екологічно-економічних оцінках.

Ці приклади «закривають» спектр від чистої ESDA (global/local Moran’s I, LISA) для виявлення кластерів у повітрі/воді/відходах та туристській пропозиції — до просторових регресій (SDM) для оцінювання чинників і spillover-ефектів. У нашій роботі це напряму транслюється в: (а) діагностику просторової структури індикаторів (туристо-доби; W\_km²; AIR\_km²; DW\_km²; MSW\_km²), (б) мапування локальних «гарячих/холодних» плям (LISA/Hot-spot), (в) подальше моделювання детермінант із урахуванням просторової залежності й перехресних ефектів між територіальними громадами.

Отже, наведемо емпіричні результати геопросторового аналізу з використанням Moran’s I, LISA для територіальних громад Івано-Франківщини за даними 2024 р. (рис.19) Аналіз виконано на рівні територіальних громад за 2024 р. (n=62) для інтенсивностей, нормованих на площу (км²): туристо-доби TNkm2, водокористування Wkm2, забруднення повітря AIRkm2​, скиди у водойми DWkm2, розміщення ТПВ MSWkm2.

Просторові взаємини задано матрицями ваг *W*: kNN (k=5 — базовий сценарій) та kNN (k=4 — робастність), стандартизація рядків. Статистичну значущість оцінювали перестановочними тестами (999 перестановок; двобічні *p*); для локальних тестів застосовано FDR-корекцію (Бенджаміні–Хохберг, α=0,05).

Таблиця 5 – Розраховані величини глобального індексу Морана для територіальних громад (n=62)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Змінна | Moran\_I | p\_perm |
| TNkm2 | 0.1017 | 0.009 |
| Wkm2 | 0.0378 | 0.24 |
| AIRkm2 | -0.0211 | 0.329 |
| DWkm2 | -0.0485 | 0.162 |
| MSWkm2 | 0.1582 | 0.037 |

Глобальний Moran’s I (kNN=5):

* TNkm2: I = 0,102, p = 0,009 → позитивна, статистично значуща автокореляція (кластеризація туристичного попиту).
* MSWkm2: I = 0,158, p = 0,037 → позитивна, статистично значуща автокореляція (кластеризація інтенсивності ТПВ).
* Wkm2: I = 0,038, p = 0,240 → незначущо (k=5).
* AIRkm2: I = −0,021, p = 0,329 → незначущо.
* DWkm2: I = −0,049, p = 0,162 → незначущо.

Робастність (kNN=4):

* TNkm2 і MSWkm2 лишаються значущими (I≈0,104, p≈0,016; I≈0,210, p≈0,021 відповідно),
* Wkm2 стає гранично значущим (I≈0,058, p≈0,044).  
  Це означає, що висновок про кластеризацію туристичного попиту та ТПВ стійкий до вибору W, а водокористування чутливе до структури сусідства (помітніше при «щільнішому» k=4).

LISA (локальні кластери):

* За FDR 5% локальні HH/LL-кластери не проходять поріг значущості — ефекти локально слабкі й «тонуть» на фоні множинних порівнянь (типово для n≈60 і помірних глобальних I).
* За raw p<0,05 (без FDR) з’являється окремий HH для TNkm2— Ворохтянська селищна громада (UA26120010000096774), що підтверджує локальний «туристичний осередок». Для інших змінних локальні ефекти одиничні/відсутні за цим порогом.

Таким чином, за результатами розрахунків спостерігається позитивна та статистично значуща глобальна автокореляція (I≈0,10–0,104; p<0,05 для обох W) свідчить про просторову кластеризацію інтенсивності туристо-діб. Це консистентно з візуальною концентрацією гірських/передгірських ТГ і підтверджується на рівні окремих осередків (raw p<0,05: HH у Ворохтянській ТГ). Відсутність FDR-значущих локальних кластерів підкреслює, що локальні ефекти помірні й «розмиті» між кількома сусідніми громадами — логічно для розосередженої рекреаційної інфраструктури.

Для показника інтенсивності розміщення ТПВ MSWkm2 виявлена позитивна глобальна автокореляція (I≈0,158–0,210; p<0,05) означає, що інтенсивність відходів формує просторові патерни «сусідство-схожість». Інтерпретаційно це поєднання «сталого» міського тиску та «пікового» туристичного навантаження у курортних вузлах і найближчих до них ТГ. Локальні кластери після FDR не підтверджуються — знову ж таки, ефект радше мезомасштабний (кластер «ланцюжок» з кількох ТГ), ніж «точковий».

Щодо водокористування (Wkm2) результат залежить від *W*: за k=5 — незначущо; за k=4 — гранично значущо (p≈0,044). Це типовий маркер «масштабної чутливості»: при меншій кількості сусідів просторовий сигнал виразніший. Практично це означає, що водокористування концентрується у коротких ланцюжках сусідніх ТГ (технологічні кластери/водоканали), але не утворює широких «поясів».

Стосовно викидів в повітря (AIRkm2) та скидів у водойми (DWkm2) глобально — незначущо, із невеликим від’ємним I. Це вказує на мозаїчний характер розміщення джерел (точкові або галузеві об’єкти, що не «розливаються» у простір як щільні пояси). Для екологічних політик це сигнал, що подальший причинний аналіз слід робити на підприємницькому рівні і через просторові регресії, ніж очікувати сильних «сусідських» патернів на рівні ТГ.

Провідні туристичні осередки — Поляницька (1-ше місце за TN/км²: 2387,91) та Яремчанська (2-ге місце: 624,58) — належать до квадранта High-High за знаками діаграми Морана; однак їхні локальні статистики не долають поріг значущості після FDR-корекції, що вказує на мезомасштабний, а не точковий характер кластеризації (помірний глобальний I за kNN=5, див. табл. 5 «Глобальний Moran’s I»).

Для W/км² обидві громади входять до топ-10 (6–7-і місця), а Поляницька — також у топ-6 за DW/км². Це узгоджується з очікуваним підвищеним ресурсним/комунальним навантаженням туристичних вузлів, хоча локальна просторовість для W та DW проявляється слабше (відсутність FDR-значущих HH-кластерів). Натомість для AIR/км² і MSW/км² обидві громади займають середні/низькі позиції за інтенсивністю на км², що додатково мотивує причинний аналіз на рівні джерел/логістики (а не лише просторової близькості).

Поєднання (i) лідерства Поляницької та Яремчанської за TN/км² із (ii) підвищеним W/км² та DW/км² (особливо для Поляницької) наводить на гіпотезу про прямі та, можливо, непрямі (spillover) ефекти туризму на водні навантаження — предмет наступного етапу з використанням SDM.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

Рис. 19 – Просторова візуалізація результатів геопросторового аналізу з використанням Moran’s I, LISA для територіальних громад Івано-Франківщини за даними 2024 р. Розрахунки автора

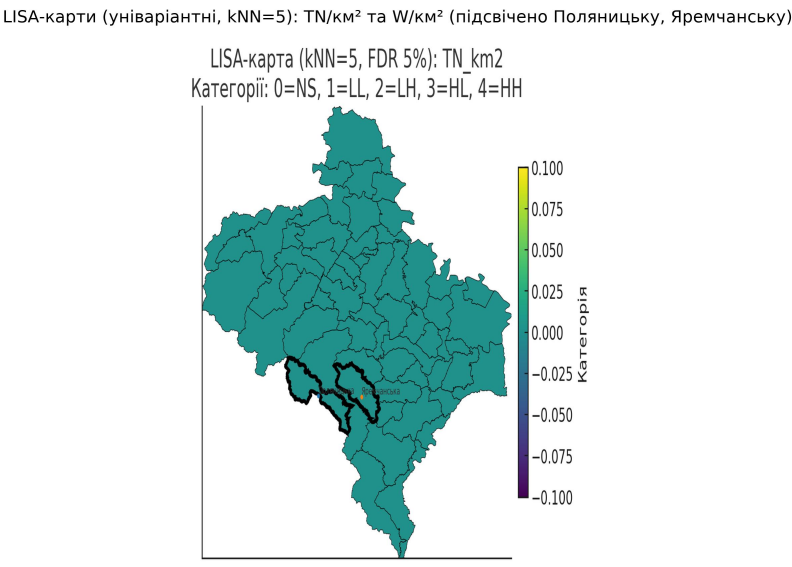


Рис.20 - LISA-карта інтенсивності туристичного попиту (TN/км²), 2024 р., kNN=5, FDR 5%. Розрахунки автора.

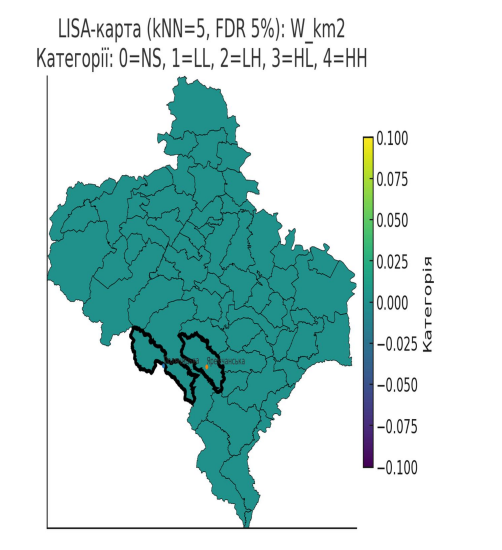


Рис.21 - LISA-карта інтенсивності водокористування (W/км²), 2024 р., kNN=5, FDR 5%. Розрахунки автора.

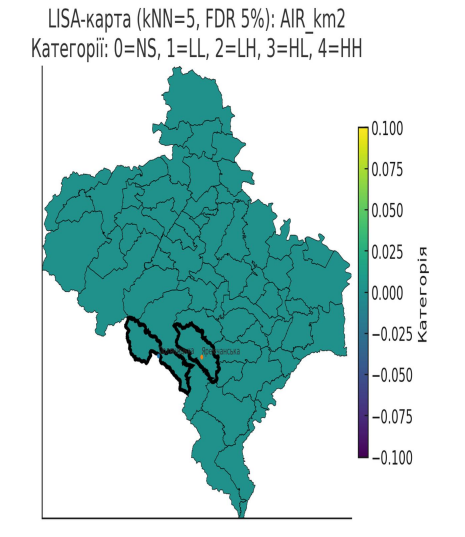


Рис. 22 - LISA-карта інтенсивності викидів в атмосферу (AIR/км²), 2024 р., kNN=5, FDR 5%. Розрахунки автора.

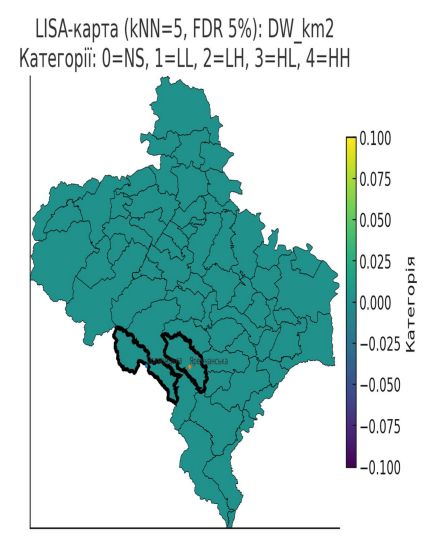


Рис. 23 - LISA-карта інтенсивності скидів у водойми (DW/км²), 2024 р., kNN=5, FDR 5%. Розрахунки автора.

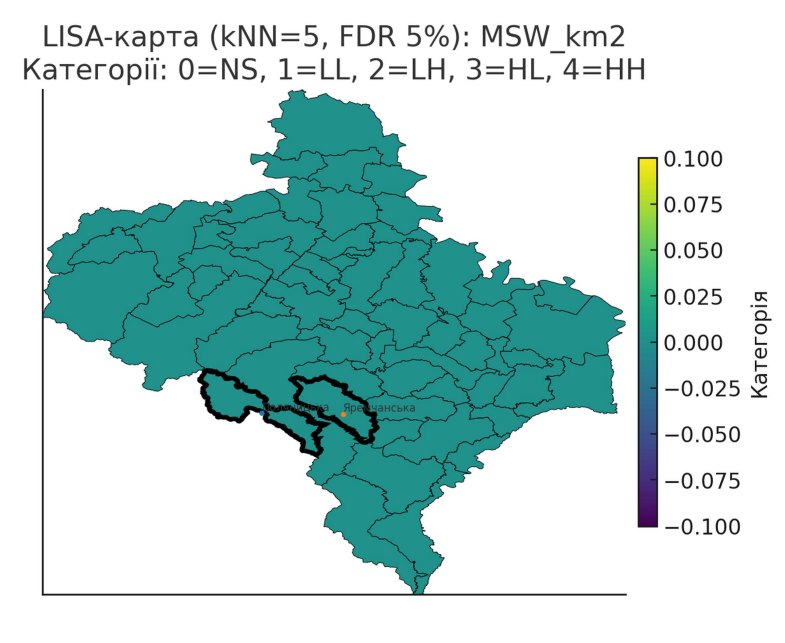


Рис. 24 - LISA-карта інтенсивності розміщення ТПВ (MSW/км²) за 2024 р. (kNN=5; FDR 5%). Підсвічено Поляницьку та Яремчанську ТГ. Розрахунки автора.

На рисунку 20 візуалізовано LISA-карту інтенсивності туристичного попиту (TN/км²) за 2024 р. (kNN=5; FDR 5%).

Глобальна автокореляція: Moran’s I=0,102, p=0,009. Тут Поляницька ТГ має 1-ше місце за TN/км² (**2387,91**), Яремчанська — 2-ге (**624,58**); обидві лежать у квадранті High–High за знаками діаграми Морана, але локальна значущість після FDR не долається, що вказує на мезомасштабний (кластерний), а не точковий характер просторової структури.

На рисунку 21 зображена LISA-карта інтенсивності водокористування (W/км²) за 2024 р. (kNN=5; FDR 5%). Глобально має місце: Moran’s I=0,038, p=0,24 (для kNN=4 — гранично значущо). Тут, Поляницька ТГ — **603,89** (7-ме місце), Яремчанська — **657,46** (6-те); локально HH-кластери після FDR не фіксуються, що відбиває чутливість просторового сигналу W/км² до вибору матриці ваг і «короткорукавну» (локальну) природу водного навантаження.

На рисунках 22-23 бачимо LISA-карти інтенсивності викидів в атмосферу (AIR/км²) та скидів у водойми (DW/км²) за 2024 р. (kNN=5; FDR 5%).

Для AIR/км² глобально автокореляцію не виявлено (Moran’s I=−0,021, p=0,329). Поляницька ТГ — **4,295** (24-те місце), Яремчанська — **5,329** (22-ге); просторовий патерн має мозаїчний характер без стійких локальних HH-кластерів, що узгоджується з точковою/галузевою природою джерел викидів.

Аналогічно, для DW/км² глобально автокореляцію не виявлено (Moran’s I=−0,049, p=0,162). Поляницька ТГ — **0,833** (6-те місце), Яремчанська — **0,060** (14-те); локальні ефекти не проходять FDR, що свідчить про басейново-мережеву й неоднорідну в просторі конфігурацію скидів.

На рисунку 24 розташовано LISA-карта інтенсивності утворення/розміщення ТПВ (MSW/км²) за 2024 р. (kNN=5; FDR 5%). Глобальна автокореляція позитивна та значуща: Moran’s I=0,158, p=0,037 (kNN=4: I≈0,210, p≈0,021). Поляницька ТГ — **0,076** (32-ге місце), Яремчанська — **0,149** (28-ме); локальні HH-кластери після FDR не формуються, ймовірно через логістику вивозу та різну облікову практику в гірських курортних громадах.

Чому «очевидні» лідери за рівнем не завжди стають значущими HH-кластерами? LISA тестує «власне значення + середнє сусідів»; якщо сусіди дуже контрастні або якщо загальний сигнал просторовості помірний (наш глобальний Moran’s I для TN/км² ≈ 0,10, p<0,05), локальні статистики часто «обрізаються» FDR-корекцією.

У нас обидві громади лежать у HH-квадранті за знаком, але не долають FDR — цілком нормальна ситуація для гірського регіону з «нитковими» ланцюжками ТГ і небагатьма високими спостереженнями.

У наступній частині роботи ми за допомогою SAR/SEM/SDM на панелі 2019-2024 років з альтернативними вагами (queen; kNN=4/5) дослідимо наступні гіпотези H1-H3:

H1 (кластеризація туристичного попиту). Інтенсивність туристичного попиту TNkm2 у 2024 р. демонструє статистично значущу позитивну просторову автокореляцію (Moran’s I>0I>0I>0), з концентрацією у гірських/передгірських ТГ (Поляницька — 1-ша, Яремчанська — 2-га). Це відбиває територіальну організацію рекреаційної інфраструктури.

H2 (водний тиск і туризм). Водокористування Wkm2 і скиди у водойми DWkm2 пов’язані з туристичною інтенсивністю безпосередньо та/або через просторові «переливи» (spillovers) між суміжними громадами (очікувані прямі та непрямі ефекти у SDM), за контролю щільності населення, «міськості», доступності, рельєфу та промислового фону.

H3 (атмосфера й ТПВ: мозаїка vs. кластер). Атмосферні викиди AIRkm2 не утворюють значущої глобальної просторової автокореляції на рівні ТГ (мозаїчний, джерельно-залежний патерн), тоді як ТПВ MSWkm2 мають позитивну глобальну автокореляцію (кластеризація «місто/курорт»). Очікуємо, що в SDM ефекти TNkm2 будуть сильнішими для MSWkm2 та DWkm2, ніж для AIRkm2, і проявлятимуться як прямі, так і просторово непрямі.

У межах просторового розвідувального аналізу (ESDA) оцінено глобальну та локальну автокореляцію для інтенсивностей: туристичного попиту TNkm2 (туристо-доб/км²), водокористування Wkm2 (м³/км²), викидів в атмосферу AIRkm2 (т/км²), скидів у водойми DWkm2 (т/км²) та твердих побутових відходів MSWkm2 (т/км²). Матриці ваг — kNN (k=5; базова) та робастність на k=4 і queen-суміжність. Локальну просторову асоціацію картовано LISA з 999 перестановками; контроль за множинним тестуванням — FDR (Бенджаміні–Хохберг, α=0,05).

У 2024 р. глобальна автокореляція TNkm2 — додатна та статистично значуща (Moran’s I≈0,102, p=0,009), що фіксує просторову кластеризацію туристичних осередків у гірській/передгірській зоні. На LISA-карті домінують «несигніфікативні» осередки після FDR, але знакова структура в діаграмі Морана відповідає квадранту High–High для гірських ТГ. Візуально кластер «курортного поясу» простежується на панелі «TN/км²» макету А4 з TN/W (рис. 25) — підсвічено Поляницьку та Яремчанську ТГ.

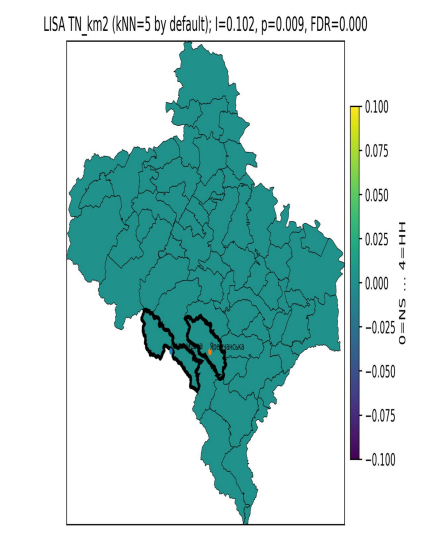


Рис. 25 - LISA-карта інтенсивності туристичного попиту (TNkm2), 2024 р., kNN=5, 999 перестановок, FDR 0,05. Глобально: Moran’s I≈0,102, p≈0,009. Підсвічено Поляницьку (1-ше місце; **2387,91**) та Яремчанську (2-ге; **624,58**) ТГ.. Розрахунки автора.

Зображення, що містить текст, карта, схема

Вміст на основі ШІ може бути неправильним.

Рис. 26 - LISA-карта інтенсивності водокористування (TNkm2), 2024 р., kNN=5, 999 перестановок, FDR 0,05. Глобально: Moran’s I≈0,102, p≈0,009. Підсвічено Поляницьку (1-ше місце; **2387,91**) та Яремчанську (2-ге; **624,58**) ТГ.. Розрахунки автора.

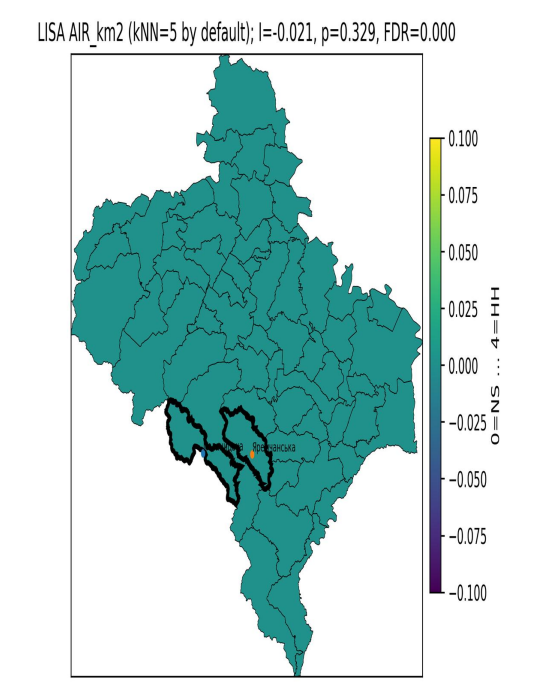
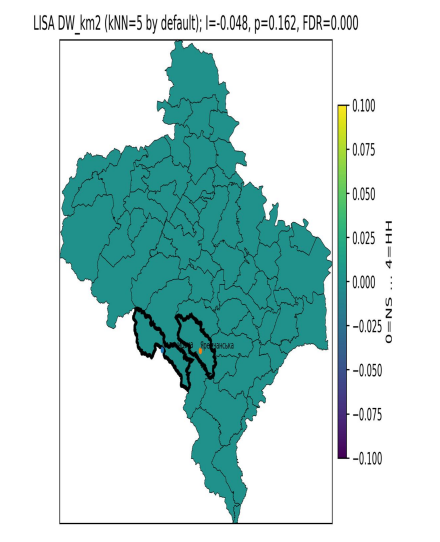
 

Рис. 26 - LISA-карти інтенсивностей викидів у атмосферу та водойми; параметри зважування: kNN=5, 999 перестановок, FDR=0,05; підсвічено Поляницьку та Яремчанську ТГ. Розрахунки автора.

Акценти на лідерах. Поляницька ТГ — 1-ша за TNkm2 (≈2387,91), Яремчанська — 2-га (≈624,58). Така ієрархія відбиває концентрацію готельно-курортної інфраструктури (Буковель/Поляниця) та туристичну орієнтацію Яремчанського вузла. Водночас відсутність FDR-стійких локальних HH-плям натякає, що «ядро попиту» ширше за одну ТГ і «розмазане» між суміжними гірськими громадами.

Для Wkm2 глобальна автокореляція у 2024 р. статистично незначуща (Moran’s I≈0,038, p≈0,240). Нижня панель «W/км²» на TN/W-макеті показує мозаїчний, «короткорукавний» патерн без FDR-підтверджених HH-осередків. Поляницька (**≈603,89**, 7-ме місце) та Яремчанська (**≈657,46**, 6-те) мають підвищені значення, проте їхній вплив на сусідів не формує локально стійких кластерів. Це узгоджується з природою показника: водокористування значною мірою віддзеркалює локальні системи водопостачання/очистки та режим сезонних піків, а не «розтікання» по мережі сусідніх ТГ.

На верхній панелі AIR/DW-макету (рис. 26) глобальної просторової залежності для AIRkm2 не виявлено (Moran’s I≈−0,021, p≈0,329); LISA-карта не містить FDR-стійких HH-плям. Поляницька має помірний рівень (≈**4,295**; 24-те місце), Яремчанська — дещо вищий (≈**5,329**; 22-ге). Такий «розсіяний» малюнок пояснюється джерельно-галузевою природою повітряних викидів (енергетика/транспорт/малі котельні), де локальні умови обліку та палива можуть переважити просторову взаємодію.

Нижня панель AIR/DW-макету відображає аналогічно відсутню глобальну автокореляцію для DWkm2 (Moran’s I≈−0,048, p≈0,162). Поляницька входить у топ-6 (≈**0,833**), тоді як Яремчанська помірна (≈**0,060**, 14-те місце). Зауважимо, що водні скиди мають **басейнову** логіку та «мережевий» транспорт забруднення вниз за течією; на межах ТГ це часто «ламає» локальні HH-патерни (звідси — FDR-нуль). Це дає підстави припускати наявність **непрямих** ефектів (spillovers) між гірськими ТГ у біваріантній постановці та/або у просторових регресіях SDM.

Для MSWkm2 у 2024 р. (рис.27) спостерігається додатна глобальна автокореляція (Moran’s I≈0,158, p≈0,037), проте локальні HH-осередки після FDR не формуються. Поляницька (**≈0,076**, 32-ге місце) та Яремчанська (**≈0,149**, 28-ме) виглядають помірними на тлі «урбанізованих» ТГ. Пояснення — організація вивозу/обліку ТПВ у гірських курортних громадах (можливий вивіз за межі ТГ, різні практики звітності), що «розмиває» локальні піки попри значущу глобальну кореляцію.

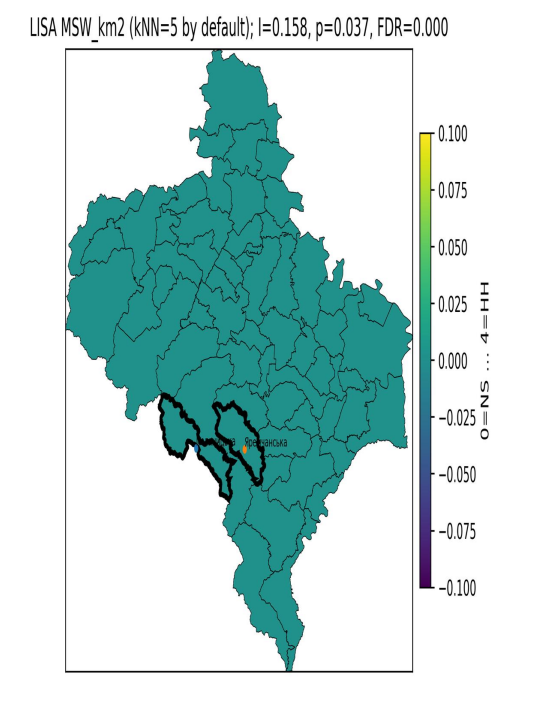


Рис.27 - LISA-карта інтенсивностей розміщення ТПВ; параметри зважування: kNN=5, 999 перестановок, FDR=0,05; підсвічено Поляницьку та Яремчанську ТГ. Розрахунки автора.

Синтез і фокус на Поляницьку/Яремчанську:

* **Поляницька** — безумовний лідер за TNkm2 і топ-6 за DWkm2; Wkm2 високий, але «локальний». На повітрі та ТПВ — без FDR-стійких локальних кластерів, попри загальний позитивний I для ТПВ.
* **Яремчанська** — стабільно 2-га за TNkm2, у топ-10 за Wkm2, помірна за DWkm2 і AIRkm2.

Картинка «курортного поясу»: існує мезомасштабний (не точковий) осередок TN і частково W/DW у гірських ТГ, однак FDR-строгість «зрізає» локальні HH-плями. Це типовий випадок для територій, де «ядро впливу» ширше від адміністративної ТГ.

Оцінки двосторонніх фіксованих ефектів (within-OLS) на панелі 2019–2024 показують:

* **AIR**: зв’язок із TNkm2 скромний у повній вибірці, посилюється після вилучення «важковаговиків» промислового профілю (Ямницька, Калуська).
* **DW**: ефект TNkm2 статистично зростає за тієї ж робастності, що узгоджується з попитом на водні послуги у «курортному поясі».
* **MSW**: середній прямий ефект слабкий/нестійкий, що вказує на переважання організаційно-логістичних чинників (вивіз, полігони поза ТГ).  
  Перевірка Moran’s I для **залишків** за роками — близька до нуля; отже, FE добре знімають просторовий фон, але для **причинної інтерпретації** потрібні SAR/SEM/SDM з оцінкою **прямих/непрямих/загальних ефектів**.

**Висновки:**

* **Вода/скиди.** Найбільш «туристично чутливими» індикаторами виглядають Wkm2 та DWkm2, причому потенційні spillovers слід шукати між сусідніми гірськими ТГ.
* **Повітря.** Відсутність глобальної автокореляції при помірних рівнях у курортних ТГ вказує на домінування **джерельно-галузевих** факторів.
* **ТПВ.** Позитивний глобальний I без FDR-локалізації підказує, що **кластеризація радше «міська/курортна»**, а не «точково-сезонна».
* **Політика.** Пріоритетні інтервенції — **водопостачання/очистка** у Поляницькій та прилеглих ТГ; «повітря» — через технологічні стандарти джерел; ТПВ — через **міжмуніципальні** рішення (маршрути вивозу, полігони, сортування).

1. Pro turyzm [On Tourism]: Law of Ukraine of September 15, 1995 No. 324/95-ВР with amendments and supplements. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/324/95-вр [↑](#footnote-ref-1)
2. UNWTO. Tourism Satellite Account: Recommended Methodological Framework 2008. Luxembourg, Madrid, New York, Paris: Eurostat, OECD, UN, WTO, 2010. [↑](#footnote-ref-2)
3. United Nations Statistics Division. International Recommendations for Tourism Statistics 2008. United Nations, 2010. [↑](#footnote-ref-3)
4. Klasyfikatsiia vydiv ekonomichnoi diialnosti [Classification of types of economic activity]. DK 009:2010. National Classifier of Ukraine. Kyiv, 2020. URL: https://stat.gov.ua/sites/default/files/2023-08/Класифікація%20видів%20економічної%20діяльності\_0.pdf [↑](#footnote-ref-4)
5. Кулиняк І. Класифікація видів туризму відповідно до галузей економіки (видів економічної діяльності). Development Service Industry Management. 2024. № 8(33). С. 207–213. DOI:<https://doi.org/10.31891/dsim-2024-8(33)> [↑](#footnote-ref-5)
6. Забалдіна Ю.Б., Роскладка Н., Передерко В. Визначення частки туризму в регіональній економіці з використанням методики допоміжного (сателітного) рахунку туризму на прикладі Івано-франківської області // Інфраструктура ринку. Одеса, 2021, №60 DOI: <http://dx.doi.org/10.32843/infrastruct60-39> [↑](#footnote-ref-6)
7. **YouControl** [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://youcontrol.com.ua/ [↑](#footnote-ref-7)
8. **Туризм** [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.if.gov.ua/turizm [↑](#footnote-ref-8)
9. Tobler W. R. (1970) «A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region», *Economic Geography*, 46(Supplement): 234—240 [↑](#footnote-ref-9)
10. Knegt, De; Coughenour, M.B.; Skidmore, A.K.; Heitkönig, I.M.A.; Knox, N.M.; Slotow, R.; Prins, H.H.T. (2010). Spatial autocorrelation and the scaling of species–environment relationships. Ecology. 91: 2455—2465. [doi](https://www.google.com/url?sa=E&q=https%3A%2F%2Fuk.wikipedia.org%2Fwiki%2F%25D0%25A6%25D0%25B8%25D1%2584%25D1%2580%25D0%25BE%25D0%25B2%25D0%25B8%25D0%25B9_%25D1%2596%25D0%25B4%25D0%25B5%25D0%25BD%25D1%2582%25D0%25B8%25D1%2584%25D1%2596%25D0%25BA%25D0%25B0%25D1%2582%25D0%25BE%25D1%2580_%25D0%25BE%25D0%25B1%2527%25D1%2594%25D0%25BA%25D1%2582%25D0%25B0):[10.1890/09-1359.1](https://www.google.com/url?sa=E&q=https%3A%2F%2Fdoi.org%2F10.1890%252F09-1359.1). [↑](#footnote-ref-10)
11. Graham J. Upton & Bernard Fingelton: Spatial Data Analysis by Example Volume 1: Point Pattern and Quantitative Data John Wiley & Sons, New York. 1985. [↑](#footnote-ref-11)
12. Ocaña-Riola, R (2010). Common errors in disease mapping. *Geospatial Health*. **4** (2): 139—154. [doi](https://www.google.com/url?sa=E&q=https%3A%2F%2Fuk.wikipedia.org%2Fwiki%2F%25D0%25A6%25D0%25B8%25D1%2584%25D1%2580%25D0%25BE%25D0%25B2%25D0%25B8%25D0%25B9_%25D1%2596%25D0%25B4%25D0%25B5%25D0%25BD%25D1%2582%25D0%25B8%25D1%2584%25D1%2596%25D0%25BA%25D0%25B0%25D1%2582%25D0%25BE%25D1%2580_%25D0%25BE%25D0%25B1%2527%25D1%2594%25D0%25BA%25D1%2582%25D0%25B0):[10.4081/gh.2010.196](https://www.google.com/url?sa=E&q=https%3A%2F%2Fdoi.org%2F10.4081%252Fgh.2010.196). [PMID20503184](https://www.google.com/url?sa=E&q=https%3A%2F%2Fuk.wikipedia.org%2Fwiki%2FPMID) [↑](#footnote-ref-12)
13. Chen Y. New approaches for calculating Moran’s index of spatial autocorrelation. PloS one. 2013. Vol. 8.

    No. 7. P. 329–336. [↑](#footnote-ref-13)
14. Baltagi B. Prediction in the Panel Data Model with Spatial Correlation: the Case of Liquor / B. Baltagi, D. Li // Spatial Economic Analysis. – 2014. – № 1 (2). – P. 175–185. [↑](#footnote-ref-14)
15. Осипова О. І., Ігнатова Ю. В. ОЦІНЮВАННЯ ФУНКЦІЙ ПОПИТУ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОСТОРОВО-АВТОРЕГРЕСІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ESTIMATION OF DEMAND FUNCTIONS USING SPATIAL AUTOREGRESSIVE MODELS //Глобальні та національні проблеми економіки. – 2017. – №. 20. [↑](#footnote-ref-15)
16. Abler, R., J. Adams, and P. Gould (1971) *Spatial Organization–The Geographer's View of the World*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. [↑](#footnote-ref-16)
17. L. Anselin Local indicators of spatial association—LISA Geogr. Anal., 27 (2) (1995), pp. 93-115 [↑](#footnote-ref-17)
18. Legendre, P., Fortin, M.J. Spatial pattern and ecological analysis. *Vegetatio* **80**, 107–138 (1989). https://doi.org/10.1007/BF00048036 [↑](#footnote-ref-18)
19. Gianquintieri L., Mahakalkar A. U., Caiani E. G. Exploring Spatial–Temporal Patterns of Air Pollution Concentration and Their Relationship with Land Use (Lombardy, Italy). Atmosphere. 2024. Т. 15, № 6. Стаття 699. DOI: 10.3390/atmos15060699. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4433/15/6/699> (дата звернення: 15.08.2025). [↑](#footnote-ref-19)
20. Verbeek T. Unequal Residential Exposure to Air Pollution and Noise: A Geospatial Environmental Justice Analysis for Ghent, Belgium. SSM – Population Health. 2019. Т. 7. Стаття 100340. DOI: 10.1016/j.ssmph.2018.100340. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352827318302817> (дата звернення: 15.08.2025). [↑](#footnote-ref-20)
21. Sarrión-Gavilán M. D., Benítez-Márquez M. D., Mora-Rangel E. O. Spatial Distribution of Tourism Supply in Andalusia. Tourism Management Perspectives. 2015. Т. 15. С. 29–40. DOI: 10.1016/j.tmp.2015.03.008. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211973615000288> (дата звернення: 15.08.2025). [↑](#footnote-ref-21)
22. European Commission. Guidance on Groundwater Monitoring. WFD CIS Guidance Document No. 15. Luxembourg: Publications Office of the EU, 2007. URL: https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/887a8379-ee41-4133-9ed4-ee7ea127e3b0 (дата звернення: 15.08.2025). [↑](#footnote-ref-22)
23. Tsui T, Derumigny A, Peck D, van Timmeren A and Wandl A (2022) Spatial clustering of waste reuse in a circular economy: A spatial autocorrelation analysis on locations of waste reuse in the Netherlands using global and local Moran’s I. *Front. Built Environ.* 8:954642. doi: 10.3389/fbuil.2022.954642 [↑](#footnote-ref-23)
24. Kalogirou, Stamatis. “Spatial Analysis of the Recyclable Municipal Solid Waste.” Proceedings of the 7th International ORBIT 2010, 2010. [↑](#footnote-ref-24)
25. Mao and Zhuang Spatiotemporal heterogeneity of carbon emission intensity distribution in the tourism industry and its calculation methods, Sustainable Energy Research (2025) 12:14 https://doi.org/10.1186/s40807-025-00157-z [↑](#footnote-ref-25)
26. : Sun, B.; Wang, B. Spatial Spillover Effects of Air Pollution on the Health Expenditure of Rural Residents: Based on Spatial Durbin Model. Int. J. Environ. Res. Public Health 2021, 18, 7058. https:// doi.org/10.3390/ijerph18137058 [↑](#footnote-ref-26)