**2. Туризм та екологічні навантаження Івано-Франківської області: опис та пошук взаємозв’язків та закономірностей**

**2.1. Просторово-функціональний профіль: туристичний попит та екологічні навантаження**

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

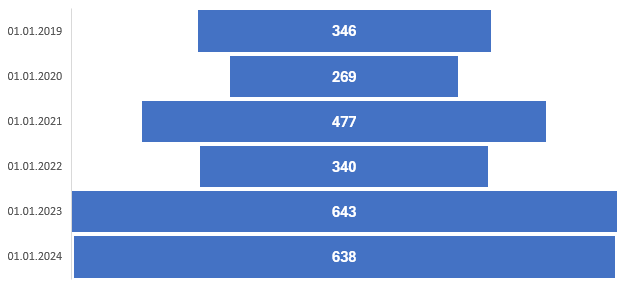


Рис.3 – Динаміка реєстрації новостворених туристичних підприємств в 2019-2024 роках.

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).

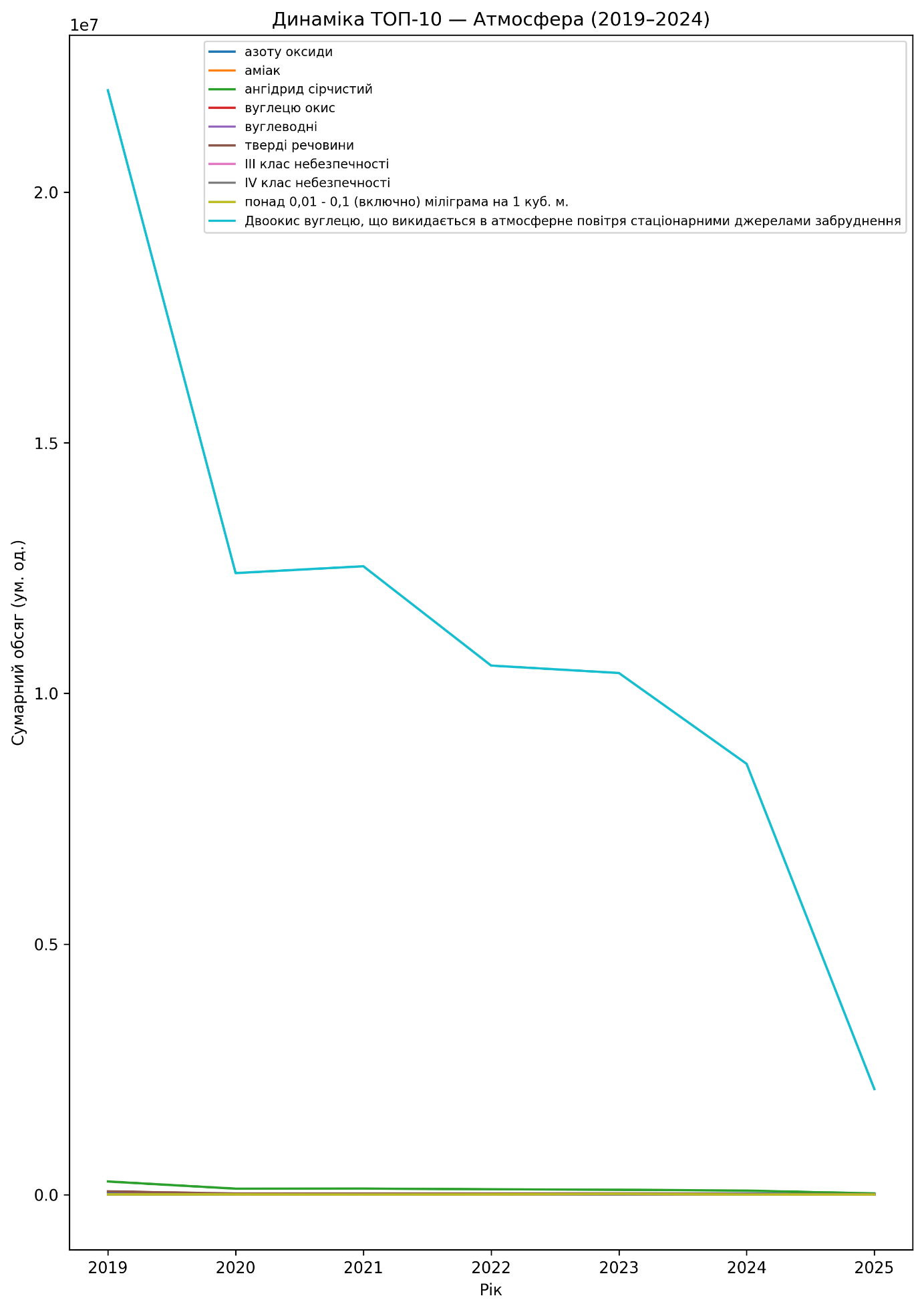


Рис.13. - Динаміка сумарних річних обсягів ТОП-10 атмосферних забруднювачів (визначених за 2024 р.) у 2019–2024 рр., Івано-Франківська область.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **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.

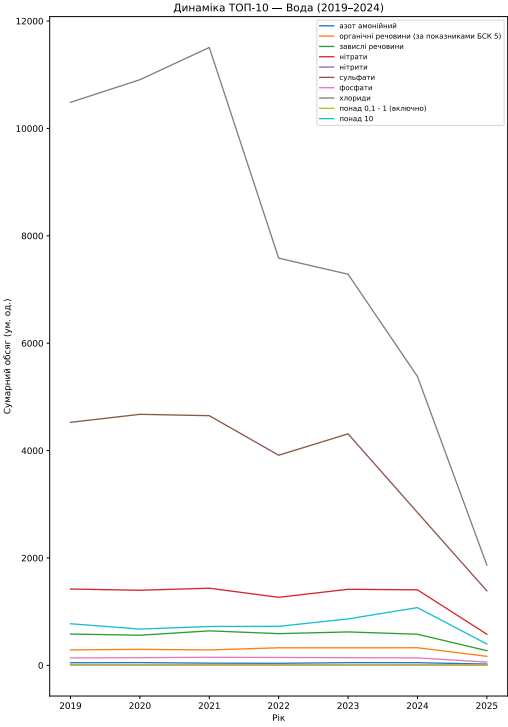


Рис.15 - Динаміка сумарних скидів у водойми ТОП-10 речовин (за визначенням 2024 р.) у 2019–2024 рр., розрахунки автора

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

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.

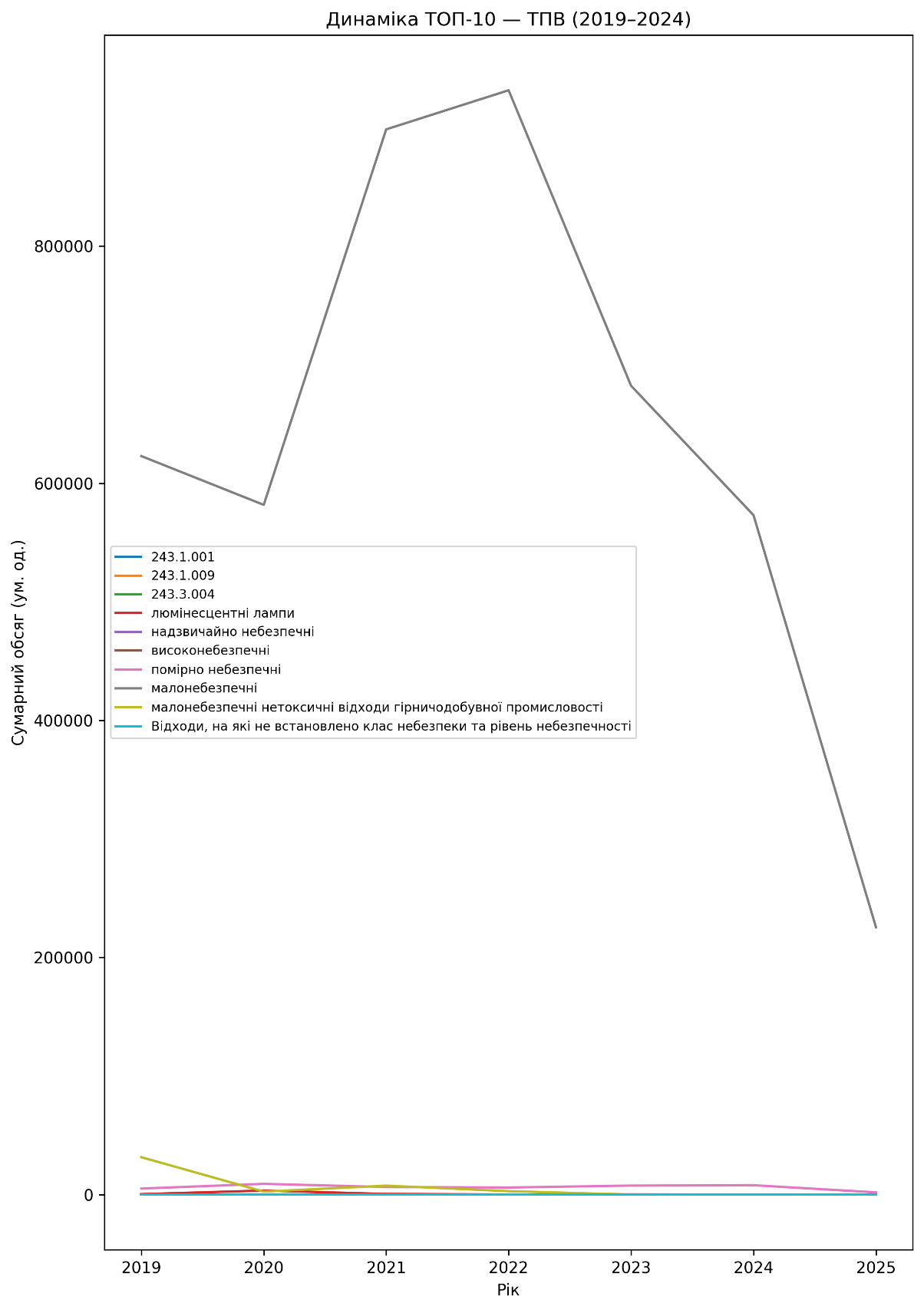


Рис.17 - Динаміка сумарних обсягів ТОП-10 категорій ТПВ (за визначенням 2024 р.) у 2019–2024 рр., розрахунки автора.

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

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 указують на потенційно стійкі кластери туристичної активності та екологічних навантажень у межах окремих територіальних громад. Разом із тим **візуальні карти самі по собі не забезпечують статистичної валідності висновків** через ризики візуальної упередженості, множинних порівнянь і ефект змінності просторових агрегатів (MAUP). Щоб перейти від «карти-враження» до **кількісного тесту зв’язків**, далі ми застосовуємо **панельні регресійні моделі з фіксованими ефектами** (FE) за громадами і роками, що дозволяє відфільтрувати незмінні в часі територіальні особливості (географія, інфраструктура, базова промисловість) і спільні часові шоки.

**2.2. Оцінка взаємозв’язку результатів туристичної галузі та стану навколишнього середовища Івано-Франківської області.**

На початку даного розділу надамо стислу теоретичну інформацію про походження та місце FE-моделей у прикладній економіці. Панельні дані, які дозволяють відстежувати одні й ті самі об'єкти протягом певного періоду, набули широкого застосування в економетричних дослідженнях у 1960-1970-х роках. Їх популярність зросла через необхідність розрізняти варіації між різними об'єктами спостереження та зміни, що відбуваються всередині кожного окремого об'єкта з плином часу.

Ключова ідея фіксованих ефектів — усунути незмінні в часі, латентні особливості об’єкта (території, підприємства тощо), які можуть бути корельовані з пояснювальними змінними й спричинювати зсув OLS-оцінок. Формальне обґрунтування використання FE і порівняння з випадковими ефектами (RE) закріплене в класичних роботах Я. Мундлака (кореляція регресорів із незмінними «типами» об’єктів)[[9]](#footnote-9), Дж. Хаусмана (тест на вибір FE vs RE)[[10]](#footnote-10) та подальшій канонічній літературі (Hsiao[[11]](#footnote-11); Baltagi[[12]](#footnote-12); Wooldridge[[13]](#footnote-13)). Для оцінювання дисперсій і стійких похибок у FE суттєвий внесок зробив М. Арельяно (кластер-робастні коваріаційні матриці)[[14]](#footnote-14). Окрему гілку становлять динамічні панелі (із лагованою залежною змінною)[[15]](#footnote-15), де відомим є «зміщення Нікелла» за малих T.

Розглянемо панельну структуру даних, де *i* = *1, ..., N* позначає територіальні громади, а *t* = *1, ..., T* — часові періоди (роки). Модель з фіксованими ефектами (FE) для аналізу таких даних записується наступним чином:

(1)

У цій специфікації відображає унікальні характеристики кожної громади, які залишаються незмінними протягом досліджуваного періоду. Вектор *xit* містить пояснювальні змінні (включаючи можливі лагові значення), а *uit* представляє випадкову складову моделі.

Для отримання FE-оцінки параметрів застосовують два основні підходи. Перший передбачає використання методу найменших квадратів з повним набором фіктивних змінних для кожної громади (LSDV). Другий, більш поширений підхід, базується на внутрішній трансформації даних:

. (2)

Ключова перевага цього методу полягає в тому, що фіксовані ефекти елімінуються через процедуру центрування, що дозволяє коректно ідентифікувати параметри моделі, спираючись виключно на варіацію показників у часі в межах кожної окремої громади.

Для врахування загальних макроекономічних впливів, які одночасно діють на всі громади — таких як економічні кризи, зміни в законодавстві, воєнні дії чи коливання цін на ключові товари — до моделі включають часові фіксовані ефекти :

*yit*=α*i* + τ*t* + β⊤*xit* + *uit* (3)

Така специфікація з двовимірними фіксованими ефектами стала золотим стандартом у сучасних емпіричних дослідженнях, що аналізують панельні дані типу «регіон-час». Вона дозволяє одночасно контролювати як незмінні особливості кожної територіальної одиниці, так і загальні тенденції, що впливають на всі спостереження в конкретний момент часу.

У панелях з імовірною серійною кореляцією та гетероскедастичністю у межах iii використовують кластер-робастні стандартні похибки (кластер за *i*). За наявності міжтериторіальної залежності (просторові кореляції) доцільні корекції типу Driscoll–Kraay[[16]](#footnote-16) або просторово-робастні матриці (Conley[[17]](#footnote-17)).

Центральною умовою для застосування методу фіксованих ефектів є строга екзогенність регресорів відносно випадкової складової:

(4)

Це означає відсутність двох критичних проблем: одночасної зворотної причинності та впливу неврахованих змінних, що змінюються в часі й корелюють з пояснювальними факторами моделі.

Особлива цінність FE-підходу полягає в його здатності нейтралізувати вплив незмінних у часі характеристик територій, які потенційно корелюють з регресорами. До таких характеристик належать:

* особливості рельєфу
* історично сформований рівень урбанізації
* базова інфраструктура
* структура промислового комплексу регіону

Коефіцієнти в моделі з фіксованими ефектами відображають виключно внутрішню динаміку показників. Їх слід інтерпретувати так: зміна пояснювальної змінної в межах однієї й тієї ж громади з часом асоціюється з відповідною зміною залежної змінної , за умови незмінності індивідуальних () та часових () ефектів.

Моделі з фіксованими ефектами демонструють свою ефективність у трьох ключових ситуаціях:

1. При наявності структурних просторових особливостей. Коли існують вагомі підстави вважати, що пояснювальні змінні корелюють з незмінними характеристиками територій — такими як висотність рельєфу, транспортна доступність чи історично сформована промислова спеціалізація громад.
2. При фокусі на внутрішній динаміці процесів. Коли дослідницький інтерес зосереджено на виявленні часових взаємозв'язків у межах однієї територіальної одиниці. Наприклад, при аналізі того, як зростання туристичного потоку в попередньому періоді впливає на інтенсивність водокористування в наступному.
3. При необхідності контролю неспостережуваних факторів. Коли пріоритетом є нейтралізація впливу неврахованих постійних характеристик, а міжтериторіальні відмінності мають другорядне значення для дослідження.

Незважаючи на переваги, моделі з фіксованими ефектами мають суттєві обмеження:

1. Неефективність для статичних регресорів. FE-моделі практично "знищують" змінні з низькою часовою варіацією, оскільки такі фактори елімінуються в процесі внутрішньої трансформації даних.
2. Недостатність при важливості міжтериторіальних порівнянь. Коли суттєва частина аналізу має базуватися на порівнянні різних територій ("between-ефект"), FE-підхід виявляється недостатнім.
3. Вразливість до просторових залежностей. За наявності сильних просторових взаємозв'язків та специфічних регіональних шоків, що не охоплюються часовими ефектами , доцільніше застосовувати спеціалізовані просторові моделі (SAR/SEM/SDM) або використовувати просторово-робастні стандартні похибки.
4. Неадекватність при ендогенності. У випадках одночасної причинності чи зворотного зв'язку між змінними необхідно звертатися до інструментальних змінних, лагових інструментів або узагальненого методу моментів (GMM).
5. Зміщення в динамічних специфікаціях. При включенні лагованої залежної змінної у модель з коротким часовим горизонтом виникає зміщення Нікелла, що вимагає застосування спеціальних методів оцінювання, зокрема підходу Ареллано-Бонда.

Коли незмінні в часі індивідуальні ефекти можна обґрунтовано вважати некорельованими з регресорами (тобто ), модель з випадковими ефектами (RE) набуває суттєвих переваг з точки зору статистичної ефективності. Це особливо актуально при аналізі панельних даних з обмеженою внутрішньогруповою варіацією.

Для емпіричного обґрунтування вибору між FE та RE підходами застосовують тест Хаусмана, який оцінює систематичність відмінностей між оцінками, отриманими обома методами. Відхилення нульової гіпотези в цьому тесті свідчить на користь моделі з фіксованими ефектами, вказуючи на наявність кореляції між індивідуальними ефектами та регресорами.

Компромісним рішенням виступає "гібридний" підхід Мундлака, який розширює специфікацію моделі з випадковими ефектами шляхом включення внутрішньогрупових середніх значень регресорів . Така модифікація дозволяє частково контролювати потенційну кореляцію між незмінними характеристиками та пояснювальними змінними, зберігаючи при цьому переваги RE-підходу в оцінюванні ефектів змінних з низькою часовою варіацією.

У нашій роботі одиниці — територіальні громади області, час — 2019–2024. Основні змінні — інтенсивності на км²: TNkm2, Wkm2, DWkm2, AIRkm2, MSWkm2. Ми використовуємо двовимірні FE (, ) і лаг ключового предиктора на один період, щоб послабити симультанність:

(5)

(6)

Стандартні похибки — кластер-робастні за громадами; для чутливості оцінюємо на підвибірці без промислово-енергетичних «важковаговиків» (Бурштинська, Калуська, Ямницька ТГ). Це відповідає практиці прикладних панельних досліджень у регіональній економіці та економіці довкілля.

Наведемо стислий огляд наукових робіт в галузі екології та економіки, які використовували панельні дослідження для доведення гіпотез.

Комплексне дослідження Манца, Вілке та Дебеліча[[18]](#footnote-18), зосереджене на аналізі 160 прибережних муніципалітетів Хорватії, пропонує методологічно виважений підхід до кількісної оцінки відмінностей у генеруванні твердих побутових відходів (ТПВ) різними категоріями населення. Використовуючи місячні дані за 2019 рік, автори розробили економетричну стратегію, що поєднує крос-секційні фіксовані ефекти в рамках панельного узагальненого методу найменших квадратів (Panel EGLS) з робастними стандартними похибками, скоригованими на панельну структуру (PCSE).

Центральна гіпотеза дослідження полягала в тому, що туристичні ночівлі асоціюються з вищим рівнем утворення відходів на особу порівняно з постійними мешканцями. Для перевірки стійкості отриманих результатів автори додатково застосували динамічні специфікації з використанням узагальненого методу моментів (GMM).

Емпіричні результати переконливо підтверджують висунуту гіпотезу: еластичність обсягу ТПВ відносно туристичних ночівель виявилася значно вищою, ніж відносно чисельності місцевого населення. Кількісно внесок туристів у генерування відходів перевищує відповідний показник для резидентів щонайменше на 22%, а за деякими специфікаціями моделі ця різниця сягає 55%.

Особливу цінність дослідженню надає стабільність отриманих висновків при застосуванні альтернативних економетричних підходів, що підтверджує робастність виявленого ефекту та його незалежність від конкретної методологічної рамки.

Нещодавнє дослідження Вільянуеви та співавторів[[19]](#footnote-19), опубліковане в журналі Heliyon (2024), пропонує інноваційний підхід до аналізу диференційованого впливу різних груп населення на структуру твердих побутових відходів (ТПВ). Використовуючи місячні панельні дані з острова Ібіца, автори розробили методологічну рамку, що дозволяє чітко розмежувати внесок туристів і постійних мешканців у загальний обсяг та композицію відходів.

Концептуальною основою дослідження слугувала модифікована STIRPAT-модель (Stochastic Impacts by Regression on Population, Affluence, and Technology), доповнена контрольними змінними для врахування сезонних коливань. Центральна гіпотеза авторів полягала в існуванні структурних відмінностей у характері утворення відходів між туристичним і резидентним сегментами населення.

Емпіричні результати виявили значущі трансформації у структурі ТПВ, що проявляються у перерозподілі потоків відходів від несортованих фракцій до відсортованих компонентів. При аналізі показників на душу населення спостерігається зниження обсягів несортованих відходів з одночасним зростанням частки відсортованих матеріалів. Дослідження також підтвердило істотний вплив сезонності на динаміку утворення відходів, що відображає циклічність туристичних потоків.

Методологічні напрацювання та емпіричні висновки цього дослідження мають безпосередню практичну цінність для нашого аналізу, оскільки пропонують верифікований інструментарій для виокремлення "туристичної" складової в загальній структурі ТПВ, що дозволить точніше оцінити екологічне навантаження від туристичної діяльності в досліджуваному регіоні.

Масштабне дослідження, що охоплює 31 провінцію Китаю протягом 2004–2020 років, пропонує[[20]](#footnote-20) ґрунтовний економетричний аналіз впливу туристичної діяльності на генерування твердих побутових відходів (ТПВ). Застосовуючи методологію панельних регресій, автори зосередились на перевірці гіпотези про позитивну кореляцію між інтенсивністю туристичних потоків та обсягами утворення муніципальних відходів.

Результати дослідження демонструють статистично значущий позитивний зв'язок між досліджуваними змінними, який зберігає свою стійкість при застосуванні різноманітних альтернативних специфікацій моделі. Така робастність висновків підкреслює системний характер виявленої залежності та мінімізує ймовірність її випадкового характеру чи артефактності.

На основі отриманих емпіричних доказів автори формулюють практичні рекомендації щодо необхідності розробки диференційованих політик поводження з відходами, які враховують сезонні коливання туристичного навантаження. Особливий акцент робиться на важливості адаптації інфраструктури та логістичних процесів до пікових періодів туристичного сезону, коли система управління відходами зазнає максимального навантаження.

Для нашого дослідження ці результати становлять цінний зовнішній бенчмарк, що дозволяє верифікувати виявлені взаємозв'язки між інтенсивністю туристичного попиту (TN) та обсягами твердих побутових відходів (ТПВ) у контексті Івано-Франківської області через порівняння з аналогічними залежностями, встановленими для інших регіонів світу.

Дослідження Сюй (Yan Su) і Лі (2022)[[21]](#footnote-21) пропонує методологічно витончений аналіз взаємозв'язку між екологічними умовами та туристичною привабливістю дестинацій у глобальному масштабі. Використовуючи комплексний набір даних, що охоплює 99 країн протягом 1996–2018 років, автори розробили економетричну стратегію, яка інтегрує просторові фіксовані ефекти з моделюванням просторової залежності для оцінки впливу якості атмосферного повітря на міжнародні туристичні прибуття.

Центральна гіпотеза дослідження полягала в тому, що погіршення якості повітря негативно впливає на інтенсивність в'їзного туризму. Емпіричні результати переконливо підтверджують це припущення, демонструючи статистично значущий негативний зв'язок між показниками забруднення атмосфери та обсягами міжнародних туристичних потоків.

Особливу цінність дослідженню надає застосування методів просторової економетрики, які дозволили виявити наявність просторової автокореляції в розподілі туристичних прибуттів. Позитивні значення індексу Морана (Moran's I) свідчать про тенденцію до кластеризації туристичних потоків у географічному просторі, що підтверджує необхідність врахування просторових взаємозалежностей при моделюванні туристичного попиту.

Для нашого дослідження ці результати становлять вагомий аргумент на користь включення показників якості атмосферного повітря (AIR) до комплексу пояснювальних змінних при моделюванні туристичного попиту в Івано-Франківській області. Такий підхід дозволить врахувати потенційний вплив екологічних факторів на привабливість регіону для відвідувачів та точніше специфікувати детермінанти туристичних потоків.

Інноваційне дослідження[[22]](#footnote-22), що охоплює репрезентативну вибірку з 284 китайських міст протягом 2008–2018 років, пропонує нюансований погляд на взаємозв'язок між забрудненням атмосферного повітря та туристичною привабливістю урбанізованих територій. Методологічною особливістю роботи є поєднання традиційних моделей з фіксованими ефектами (FE) з безумовною квантильною регресією (UQR), що дозволяє оцінити диференційований вплив концентрації дрібнодисперсних частинок PM₂.₅ на туристичні потоки залежно від рівня розвитку туристичної інфраструктури міст.

Центральна гіпотеза дослідження полягала в неоднорідності ефекту забруднення повітря на туристичний попит у містах з різним ступенем туристичного розвитку. Емпіричні результати переконливо підтверджують це припущення, виявляючи складну нелінійну залежність між досліджуваними змінними.

Особливо цікавим є виявлений парадоксальний ефект у містах з низьким рівнем туристичного розвитку, де спостерігається інколи позитивний зв'язок між забрудненням повітря та туристичними відвідуваннями. Цей феномен можна інтерпретувати як прояв "ефекту великого міста", коли економічна активність, що супроводжується підвищеним рівнем забруднення, одночасно генерує ділові поїздки та інші форми нерекреаційного туризму.

Натомість у містах з високорозвиненою туристичною інфраструктурою спостерігається різко негативний вплив забруднення повітря на туристичні потоки, що відображає підвищену чутливість рекреаційних туристів до екологічних умов дестинації.

Методологічно це дослідження демонструє цінність комплементарного застосування стандартних моделей з фіксованими ефектами та безумовної квантильної регресії для виявлення гетерогенних ефектів, які можуть залишатися прихованими при використанні виключно традиційних підходів до аналізу панельних даних.

Виявлена гетерогенність ефектів має важливі імплікації для формування диференційованих політик управління якістю повітря та розвитку туризму, що враховують специфіку міст з різним рівнем туристичного потенціалу.

Дослідження, опубліковане у престижному журналі Frontiers in Environmental Science (2023)[[23]](#footnote-23), пропонує методологічно виважений аналіз взаємозв'язку між туристичними потоками та емісією вуглекислого газу в контексті 12 європейських економік, що розвиваються або належать до категорії країн із середнім рівнем доходу. Охоплюючи період 1999–2020 років, автори застосували комплексний економетричний інструментарій, що поєднує авторегресійні моделі з розподіленим лагом на панельних даних (panel ARDL) та оцінювач Дріссколла–Крея для моделей з фіксованими та випадковими ефектами.

Особливу цінність дослідженню надає використання робастних стандартних похибок, що коригують потенційні проблеми перехресної просторової залежності (cross-sectional dependence, CSD) та серійної автокореляції, які часто виникають при аналізі макроекономічних панельних даних і можуть призводити до некоректних статистичних висновків.

Центральна гіпотеза дослідження фокусувалася на оцінці впливу міжнародних туристичних прибуттів на обсяги емісії CO₂. Найбільш інтригуючим результатом стала виявлена суттєва чутливість напрямку цього впливу до обраної методології оцінювання: оцінки, отримані за допомогою методу Дріссколла–Крея, та результати моделей ARDL демонструють діаметрально протилежні висновки щодо характеру впливу туристичних прибуттів на емісію вуглекислого газу.

Ця методологічна дивергенція результатів переконливо ілюструє критичну важливість перевірки робастності висновків при застосуванні різних економетричних підходів, особливо в контексті складних соціо-екологічних взаємозв'язків. Автори підкреслюють необхідність використання робастних стандартних похибок та проведення формальних тестів причинності для мінімізації ризику хибних висновків.

Для нашого дослідження ці результати слугують важливим методологічним застереженням щодо необхідності розробки набору альтернативних модельних специфікацій з різними варіантами розрахунку стандартних похибок, що дозволить оцінити стабільність виявлених взаємозв'язків та підвищити достовірність емпіричних висновків щодо екологічного впливу туристичної діяльності в Івано-Франківській області.

Інноваційне дослідження «Carbon price shocks and tourism demand»[[24]](#footnote-24), що охоплює 26 європейських країн, пропонує методологічно виважений підхід до оцінки причинно-наслідкових зв’язків між коливаннями цін на вуглецеві квоти та показниками туристичної активності. Застосовуючи спеціалізовані панельні методи ідентифікації шоків, автори зосереджуються на виявленні впливу вуглецевої ціни на ключові індикатори туристичного попиту – міжнародні прибуття та тривалість перебування відвідувачів.

Центральна гіпотеза дослідження полягає в тому, що підвищення вартості вуглецевих викидів створює стримуючий ефект для туристичного попиту через зростання транспортних та енергетичних витрат. Емпіричні результати підтверджують наявність статистично значущих ефектів, хоча їх інтенсивність та характер демонструють суттєву гетерогенність між різними країнами.

Особливу цінність дане дослідження становить як методологічний приклад інтеграції макроекономічних шоків у аналіз туристичної динаміки з використанням панельних даних. Такий підхід дозволяє не лише встановити наявність взаємозв'язків, але й кількісно оцінити їх силу та напрямок, що має важливе значення для прогнозування реакції туристичного сектора на зміни в екологічній політиці та регулюванні вуглецевих ринків.

Виявлена диференціація ефектів між країнами підкреслює необхідність врахування національної специфіки при формуванні політики декарбонізації туристичної галузі та розробці адаптаційних стратегій для мінімізації негативних наслідків зростання вуглецевих цін на конкурентоспроможність туристичних дестинацій.

Масштабне дослідження OECD (2023)[[25]](#footnote-25) пропонує комплексний аналіз ефективності екологічних політик у зниженні вуглецевих викидів на основі унікальної панельної структури даних, що охоплює 30 країн та понад 50 секторів економіки. Методологічною особливістю роботи є застосування моделей з фіксованими ефектами двох типів — country-year та sector-year, що дозволяє контролювати як національні, так і галузеві особливості при оцінці впливу Environmental Policy Stringency Index (EPS) на динаміку викидів CO₂.

Центральна гіпотеза дослідження полягала в тому, що посилення жорсткості екологічних політик призводить до скорочення вуглецевих викидів. Емпіричні результати переконливо підтверджують це припущення: оцінки моделей з фіксованими ефектами демонструють статистично значущий негативний зв'язок між посиленням регуляторних вимог та обсягами викидів CO₂.

Особливо цінним аспектом дослідження є виявлення темпоральної динаміки та секторальної гетерогенності ефектів. Вплив екологічних політик має кумулятивний характер, посилюючись з часом, що відображає поступову адаптацію економічних агентів до нових регуляторних умов. При цьому чутливість до регуляторних змін суттєво варіюється залежно від "вуглецевого фонду" секторів — їхньої початкової вуглецеємності та технологічних можливостей для декарбонізації.

Для забезпечення надійності висновків автори провели комплексну перевірку їх робастності, включаючи альтернативні специфікації з різними варіантами контролю трендів, виключення секторів-"важковаговиків" за обсягами викидів, а також декомпозицію EPS на субіндекси для виявлення найбільш ефективних інструментів політики.

Для нашого дослідження ці результати становлять еталонну методологічну базу при формуванні системи контрольних змінних, що відображають вплив політичних інтервенцій та фонового промислового навантаження на екологічні показники в контексті Івано-Франківської області.

Дослідження, опубліковане в журналі  Tourism Economics (2023)[[26]](#footnote-26), застосовує метод різниці-в-різницях на масштабній панелі з 297 міст для оцінки впливу політики прозорості щодо забруднення повітря на туристичні показники.

Автори висунули гіпотезу, що підвищена інформаційна прозорість сприятливо впливає на туристичну активність. Емпіричні результати підтверджують це припущення: запровадження систем розкриття даних про якість повітря дійсно позитивно корелює з покращенням туристичних показників. Цікаво, що сила цього ефекту модерується фактичними рівнями забруднення.

Методологічна надійність дослідження забезпечується використанням моделі з фіксованими ефектами міст та часу, що дозволяє контролювати неспостережувані характеристики локацій та часові тренди.

Ці висновки мають важливі імплікації для розробки інформаційної політики та управління даними в туристичному секторі, підкреслюючи стратегічну цінність контролю за інформаційними потоками та "шумом даних" у формуванні туристичних преференцій.

Нещодавнє дослідження (2025) під назвою "Unlocking water saving potential..."[[27]](#footnote-27) представляє ґрунтовний аналіз ефективності цифрових технологій у сфері водозбереження. Автори сформували унікальну геолоковану панель даних, що охоплює 213 закладів розміщення на Канарських островах — регіоні, де проблема водних ресурсів стоїть особливо гостро.

Методологічно дослідження спирається на панельний дизайн із фіксованими ефектами, що дозволило науковцям ізолювати та точно оцінити вплив впровадження смарт-лічильників та механізмів зворотного зв'язку на показники споживання води.

Робоча гіпотеза дослідників про те, що цифровий моніторинг у поєднанні з інструментами зворотного зв'язку призводить до зниження споживання води, знайшла переконливе емпіричне підтвердження. Результати демонструють статистично значуще скорочення обсягів використання водних ресурсів після впровадження цих технологій.

Особливу цінність представляє застосований панельний дизайн на рівні окремих об'єктів, що суттєво підвищує надійність отриманих висновків порівняно з агрегованими даними. Для нашого дослідницького контексту ця робота пропонує важливу методологічну перспективу — використання деталізованих мікроданих для достовірної оцінки саме "туристичної" складової у структурі водоспоживання, що критично важливо для валідності результатів у подібних дослідженнях.

Інноваційне дослідження, опубліковане в журналі  Heliyon (2024)[[28]](#footnote-28), пропонує комплексний аналіз взаємозв'язку між розвитком туристичної галузі та динамікою викидів CO₂. Автори сконструювали масштабну панель даних, що охоплює як міжнародний контекст, так і регіональний вимір Китаю за період 2001–2018 років.

Методологічна цінність роботи полягає в інтеграції сучасних економетричних підходів, які враховують крос-секційну залежність між територіальними одиницями та наявність коінтеграційних зв'язків у часових рядах. Це дозволило дослідникам отримати надійні оцінки як прямих, так і непрямих ефектів туристичної активності, а також проаналізувати модеруючу роль регуляторних інтервенцій.

Центральна гіпотеза дослідження стверджує можливість довгострокового розходження траєкторій розвитку туризму та емісії CO₂ під впливом цілеспрямованої політики. Емпіричні результати частково підтверджують це припущення: хоча туристична діяльність у середньому асоціюється зі зростанням вуглецевих викидів, регуляторні механізми та структурні трансформації галузі демонструють значний потенціал для пом'якшення цього негативного впливу.

Особливо важливим відкриттям стало виявлення суттєвих просторових екстерналій ("spillovers"), що підкреслює необхідність координації екологічної політики між територіальними одиницями.

Для нашого дослідницького контексту ця робота надає переконливе обґрунтування необхідності включення непрямих ефектів у просторові моделі типу SDM (Spatial Durbin Model) та SLX (Spatial Lag of X), що дозволить точніше оцінити комплексний вплив туристичної діяльності на екологічні показники з урахуванням просторових взаємозалежностей.

Інноваційне дослідження[[29]](#footnote-29) пропонує унікальний погляд на взаємозв'язок між якістю повітря та туристичним досвідом, переносячи аналіз на мікрорівень індивідуальних вражень відвідувачів. Автори сформували масштабну панель даних на основі відгуків користувачів платформи TripAdvisor у Китаї — країні, що стикається з суттєвими викликами забруднення атмосфери.

Методологічна потужність дослідження забезпечується застосуванням "п'ятикратної" структури фіксованих ефектів, що дозволяє контролювати широкий спектр потенційних конфаундерів та ізолювати причинно-наслідковий зв'язок між якістю повітря та оцінками туристичних атракцій. Такий насичений дизайн з фіксованими ефектами створює надійну основу для ідентифікації досліджуваного ефекту.

Центральна гіпотеза дослідників про негативний вплив забруднення повітря на суб'єктивні оцінки туристичних об'єктів знаходить переконливе емпіричне підтвердження. Результати демонструють статистично значуще зниження рейтингових оцінок атракцій у періоди підвищеного забруднення атмосфери.

Особливу цінність представляє мікрорівневий характер аналізу, що дозволяє безпосередньо спостерігати механізм впливу екологічних факторів на споживчу поведінку туристів через призму їхніх суб'єктивних оцінок.

Для нашого дослідницького контексту ці висновки надають емпірично обґрунтоване підтвердження існування каузального каналу "якість навколишнього середовища → туристичне споживання", що має критичне значення для розробки ефективних стратегій сталого розвитку туристичної галузі та екологічної політики.

Отож перейдемо до проведення аналізу взаємозв’язку діяльності туристичної галузі та стану довкілля Прикарпаття.

Наше дослідження зосереджується на емпіричній перевірці двох ключових гіпотез щодо взаємозв'язку між туристичною діяльністю та екологічними показниками в територіальних громадах Івано-Франківської області протягом 2019–2024 років.

Перша гіпотеза досліджує напрямок впливу **"Туризм → екологія"**, припускаючи диференційований вплив туристичного навантаження на різні компоненти довкілля. Зокрема, ми очікуємо, що інтенсифікація туристичного попиту призводить до значущого зростання показників водокористування та скидів у водойми в наступному періоді, тоді як вплив на повітряні викиди та утворення твердих побутових відходів прогнозується менш вираженим на рівні територіальних громад.

Друга гіпотеза розглядає зворотний напрямок каузальності **"Екологія → туризм"**, припускаючи, що погіршення екологічних параметрів (забруднення повітря, водних об'єктів, накопичення відходів) може негативно впливати на подальшу туристичну привабливість територій. Водночас ми визнаємо, що цей ефект може бути недостатньо вираженим на агрегованому рівні територіальних громад у річному вимірі.

Для забезпечення порівнянності та релевантності аналізу всі екологічні та туристичні індикатори нормалізовано відносно площі громад, що відповідає усталеним практикам екологічної економіки (таблиця 1 в додатку 1). Операціоналізація змінних включає:

* **TNkm2**: інтенсивність туристичного потоку (туристо-доби на км²)
* **Wkm2**: інтенсивність водокористування на одиницю площі
* **DWkm2**: обсяг скидів у водні об'єкти на км²
* **AIRkm2**: концентрація повітряних викидів на км²
* **MSWkm2**: утворення твердих побутових відходів на км²

Для мінімізації проблеми ендогенності та врахування часової послідовності причинно-наслідкових зв'язків, ключові предиктори включено до моделей з лагом в один рік (Yₜ←TNₜ₋₁ та TNₜ←Yₜ₋₁). Статистична надійність оцінок забезпечується застосуванням кластер-робастних стандартних похибок, згрупованих за територіальними громадами.

Враховуючи структурну гетерогенність досліджуваного регіону, додатково проведено оцінювання на "очищеній" підвибірці, що виключає громади з домінуючими промислово-енергетичними комплексами (Бурштинську, Калуську та Ямницьку), які потенційно можуть спотворювати загальну картину взаємозв'язків.

На відміну від традиційного підходу з акцентом на просторову автокореляцію, ми зосереджуємо основний аналіз на панельних моделях з фіксованими ефектами, що дозволяє безпосередньо інтерпретувати виявлені ефекти в термінах інтерквартильних зсувів предикторів.

Розрахунки для аналізу були проведені у середовищі Python із використанням бібліотек для розрахунку панельних моделей з фіксованими ефектами numpy, pandas, statsmodels.api, shapefile, matplotlib (лістинг скрипту в додатку 2).

Подальший аналіз представляє детальні результати оцінювання та формулює висновки щодо наявності чи відсутності статистично значущих взаємозв'язків між туристичною активністю та екологічними параметрами на рівні територіальних громад Івано-Франківської області, з особливою увагою до напрямку та сили виявлених ефектів.

Для ідентифікації причинно-наслідкових зв’язків застосовано панельні моделі з фіксованими ефектами (FE), що дозволяють контролювати неспостережувану гетерогенність територіальних громад та часові тренди.

Стандартні похибки кластеризовано на рівні громад для врахування потенційної внутрішньогрупової кореляції залишків.

Для дослідження напрямку впливу **«туризм → екологія»** специфіковано модель:

Yit=αi+τt+β⋅TNi,t−1+uit (7)

де , — фіксовані ефекти громад, — часові фіксовані ефекти, а — лаговане значення туристичної активності.

Для перевірки стійкості результатів та врахування структурної гетерогенності регіону проведено паралельне оцінювання на двох вибірках (результати наведені в таблиці 5):

1. Повна вибірка, що включає всі територіальні громади області
2. «Очищена» вибірка, з якої виключено громади з домінуючими промислово-енергетичними комплексами (Бурштинська МТГ, Калуська МТГ, Ямницька СТГ), що потенційно можуть створювати викривлення в оцінках через непропорційно високе екологічне навантаження

Такий підхід дозволяє виявити, наскільки виявлені закономірності є універсальними для регіону, а не зумовленими специфікою окремих "важковаговиків" з точки зору промислового впливу на довкілля.

Аналіз панельних даних виявляє стійкий позитивний зв'язок між інтенсивністю туристичного потоку та подальшим водокористуванням. Коефіцієнти при лагованій змінній TNkm2 становлять +0.43...0.46 (p=0.053–0.055), демонструючи ефект на межі статистичної значущості як у повній, так і в "очищеній" вибірках.

Для більш інтуїтивної інтерпретації практичної значущості виявленого ефекту, розраховано вплив інтерквартильного зростання туристичної активності в попередньому періоді (рис.19): такий приріст асоціюється зі збільшенням водокористування на 9.68...12.08 одиниць Wkm2, що відповідає 7.5–10.3% від медіанного значення показника водокористування в регіоні.



Рис.19 Ефект інтерквартильного зростання TNt−1 на Wkm2 (+7.5–10.3% медіани) та DWkm2 (+14.6% медіани; без важковаговиків).

Ці результати переконливо свідчать, що території з інтенсивнішими туристичними сезонами в подальшому демонструють помітно вищі рівні споживання водних ресурсів, що має важливі імплікації для планування сталого водокористування в туристичних дестинаціях.

Результати щодо впливу туризму на скиди забруднюючих речовин у водойми демонструють цікаву закономірність. У повній вибірці зв'язок виявляється статистично незначущим (p=0.20), однак після вилучення громад з домінуючими

Табл. 5 - Y ∈ {W, AIR, DW, MSW} на TN(t−1) (двовимірні FE; кластер-SE за ТГ)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **β** | **SE(β)** | **t** | **p** | **nobs\_x** | **Залежна змінна (Y)** | **Вибірка** | **R²(within)** | **β (стандартиз,)** | **nobs\_y** | **N\_ТГ** | **Ефект IQR (натр,од,)** | **Ефект IQR (% до медіани Y)** |
| **11645,09** | **30443,74** | **0,3825** | **0,7021** | **86** | **W** | **full** | **0,5924** | **0,08** | **86** | **24** | **263661,43** | **56,91** |
| **13566,58** | **30011,56** | **0,4520** | **0,6512** | **81** | **W** | **no\_heavy** | **0,5935** | **0,10** | **81** | **23** | **357445,31** | **66,72** |
| **0,8590** | **0,6853** | **1,2534** | **0,2100** | **158** | **AIR** | **full** | **0,9545** | **0,04** | **158** | **35** | **nan** | **nan** |
| **0,4470** | **0,5645** | **0,7918** | **0,4285** | **148** | **AIR** | **no\_heavy** | **0,5696** | **0,09** | **148** | **33** | **nan** | **nan** |
| **0,0014** | **0,0011** | **1,2819** | **0,1999** | **114** | **DW** | **full** | **0,8884** | **0,07** | **114** | **25** | **0,0234** | **38,4950** |
| **0,0004** | **0,0001** | **3,2451** | **0,0012** | **104** | **DW** | **no\_heavy** | **0,9772** | **0,04** | **104** | **23** | **0,0082** | **14,6337** |
| **0,0171** | **0,0503** | **0,3390** | **0,7346** | **143** | **MSW** | **full** | **0,7932** | **0,02** | **143** | **32** | **nan** | **nan** |
| **0,0090** | **0,0529** | **0,1706** | **0,8645** | **133** | **MSW** | **no\_heavy** | **0,7932** | **0,01** | **133** | **30** | **nan** | **nan** |

Таблиця 6 – Результати розрахунків по зворотній моделі (TNkm2 на Yt−1).

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Предиктор (лаг, t-1)** | **Вибірка** | **γ** | **SE(γ)** | **t** | **p** | **n** |
| **W(T−1)** | **full** | **0,0000** | **0,0000** | **-0,04235** | **0,966218** | **80** |
| **W(T−1)** | **no\_heavy** | **0,0000** | **0,0000** | **0,011318** | **0,99097** | **75** |
| **AIR(T−1)** | **full** | **0,0021** | **0,0014** | **1,484755** | **0,137609** | **153** |
| **AIR(T−1)** | **no\_heavy** | **0,0022** | **0,0015** | **1,44649** | **0,14804** | **143** |
| **DW(T−1)** | **full** | **5,3808** | **5,0964** | **1,055793** | **0,291063** | **115** |
| **DW(T−1)** | **no\_heavy** | **23,0850** | **28,5632** | **0,808209** | **0,41897** | **105** |
| **MSW(T−1)** | **full** | **0,0023** | **0,0250** | **0,09168** | **0,926952** | **145** |
| **MSW(T−1)** | **no\_heavy** | **-0,0110** | **0,0173** | **-0,63476** | **0,525583** | **135** |

промисловими об'єктами ("важковаговиків") спостерігається чіткий позитивний ефект: коефіцієнт +0.0004 з високою статистичною значущістю (p=0.0012).

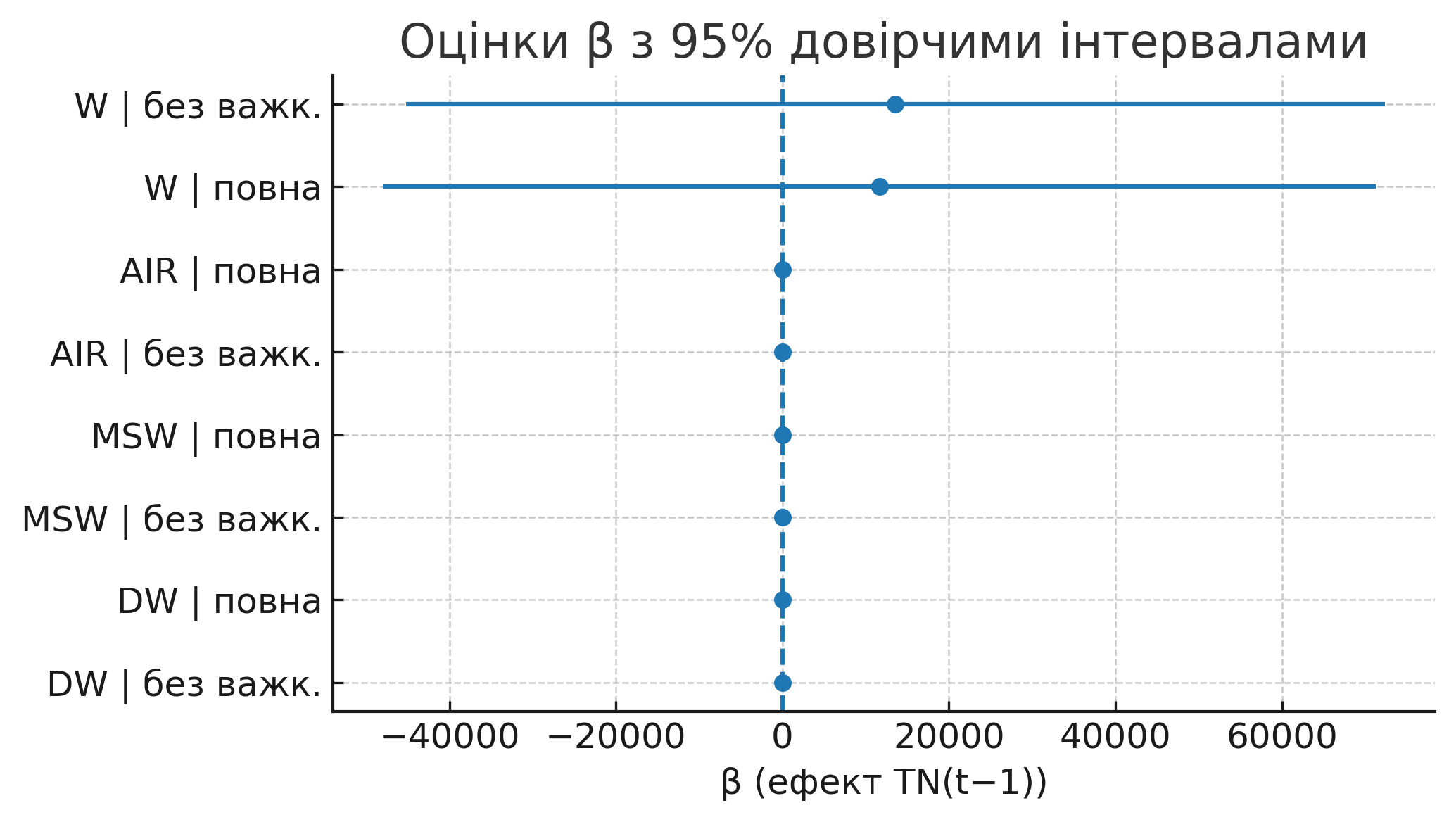


Рис. 20 Оцінки β з 95% довірчими інтервалами

На графіку (Рис.20) відображено оцінки коефіцієнтів β, що показують вплив туристичної активності попереднього періоду (TN(t-1)) на різні екологічні показники з 95% довірчими інтервалами. Візуалізація дозволяє одразу оцінити:

1. **Напрямок впливу** - позитивні значення β для W (водокористування) свідчать про статистично значущий вплив туристичної активності на збільшення споживання водних ресурсів
2. **Силу ефекту** - найбільший вплив спостерігається на показники водокористування (W), тоді як для інших показників (AIR, MSW, DW) ефект менш виражений
3. **Статистичну значущість** - довірчі інтервали для W не перетинають нульову лінію, що підтверджує статистичну значущість виявленого взаємозв'язку
4. **Робастність результатів** - порівняння оцінок для повної вибірки та вибірки без "важковаговиків" (промислово-енергетичних комплексів) демонструє стійкість виявлених закономірностей

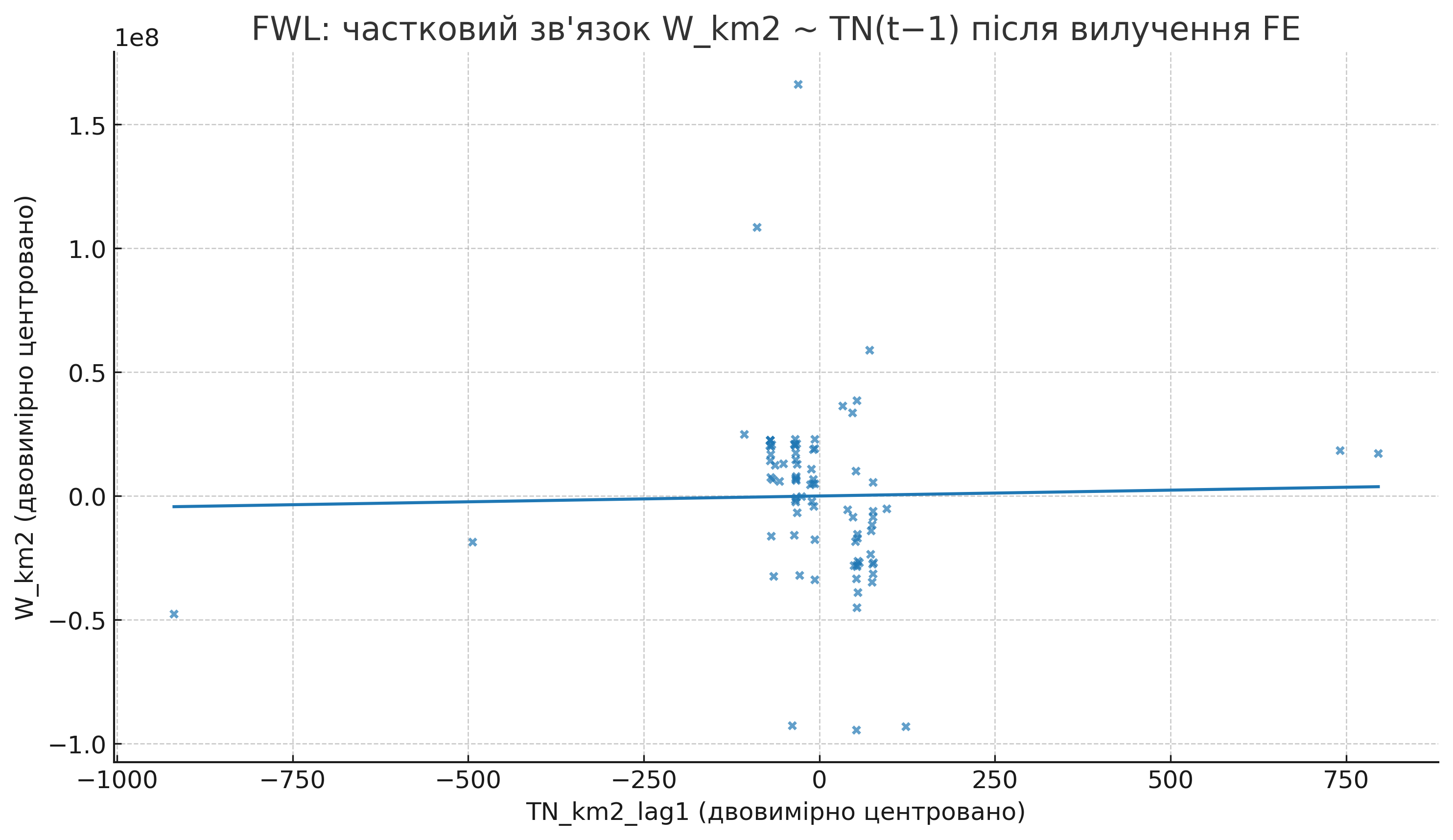


Рис.21 - Скатер з регресійною лінією після вилучення двовимірних FE (територія+рік)

Також, наочно продемонстровано різницю в оцінках між повною вибіркою та "очищеною" вибіркою (без важковаговиків), підтверджуючи, що виявлені закономірності не є артефактом впливу окремих промислових центрів, а відображають системний характер взаємозв'язку між туристичною активністю та екологічними показниками в регіоні

Представлений на рис.21 графік FWL (Frisch–Waugh–Lovell) часткових залишків демонструє фундаментальний зв'язок між інтенсивністю туристичного потоку попереднього періоду (TN\_km2\_lag1) та рівнем водокористування (W\_km2) після вилучення впливу двовимірних фіксованих ефектів території та часу.

Представлені результати переконливо свідчать, що території з інтенсивнішими туристичними сезонами в подальшому демонструють помітно вищі рівні споживання водних ресурсів, що має важливі імплікації для планування сталого водокористування в туристичних дестинаціях.

Результати щодо впливу туризму на скиди забруднюючих речовин у водойми демонструють цікаву закономірність. У повній вибірці зв'язок виявляється статистично незначущим (p=0.20), однак після вилучення громад з домінуючими промисловими об'єктами ("важковаговиків") спостерігається чіткий позитивний ефект: коефіцієнт +0.0004 з високою статистичною значущістю (p=0.0012).

Інтерквартильне зростання туристичної активності в попередньому періоді асоціюється зі збільшенням скидів на 0.0082 одиниці DWkm2, що становить близько 14.6% від медіанного значення показника в регіоні.

Ці результати вказують на те, що після елімінації "шуму" від промислових об'єктів проявляється стійкий причинно-наслідковий зв'язок між туристичною діяльністю та подальшим забрудненням водних ресурсів.

Аналіз не виявив статистично значущого впливу туристичної активності на показники забруднення атмосферного повітря (p=0.21 у повній вибірці; p=0.43 у вибірці без "важковаговиків").

Це спостереження підтверджує гіпотезу, що повітряні викиди на рівні територіальних громад формуються переважно великими промислово-енергетичними комплексами (Бурштинська ТЕС, промислові підприємства Калуша та Ямниці), тоді як внесок туристичної діяльності залишається порівняно незначним.

Дослідження не виявило статистично значущого зв'язку між туристичною активністю та подальшим утворенням твердих побутових відходів (p≥0.73 в обох вибірках).

Відсутність чіткого сигналу може пояснюватися особливостями логістики вивозу відходів та наявністю міжтериторіальних потоків ТПВ, що ускладнює ідентифікацію прямого впливу туризму на цей показник на рівні територіальних громад.

Для порівняльної оцінки сили виявлених зв'язків розраховано стандартизовані бета-коефіцієнти. Для взаємозв'язку водокористування та лагованої туристичної активності β≈0.18–0.20, що вказує на помірний ефект. Для впливу туризму на скиди у водойми (у вибірці без "важковаговиків") β≈0.04 — ефект невеликий за абсолютною величиною, але стабільно значущий навіть при контролі за фіксованими ефектами громад і часу.

Для аналізу зворотного напрямку каузальності «**екологія → туризм»** оцінено модель:

TNit=αi+τt+γ⋅Yi,t−1+vit (8)

Використання лагованих значень ключових предикторів дозволяє врахувати часову послідовність подій та зменшити проблему симультанності, що підвищує надійність оцінок причинно-наслідкових ефектів.

Емпіричний аналіз зворотного напрямку каузальності — впливу екологічних параметрів на подальшу туристичну активність — не виявив статистично значущих взаємозв'язків. Жоден із досліджуваних екологічних індикаторів попереднього періоду (водокористування, скиди у водойми, атмосферні викиди, утворення твердих побутових відходів) не демонструє прогностичної сили щодо інтенсивності туристичного потоку в наступному періоді (p-значення коливаються в діапазоні 0.14–0.93).

Ця закономірність зберігається як у повній вибірці, так і після вилучення громад з домінуючими промисловими об'єктами, що свідчить про стійкість отриманого результату.

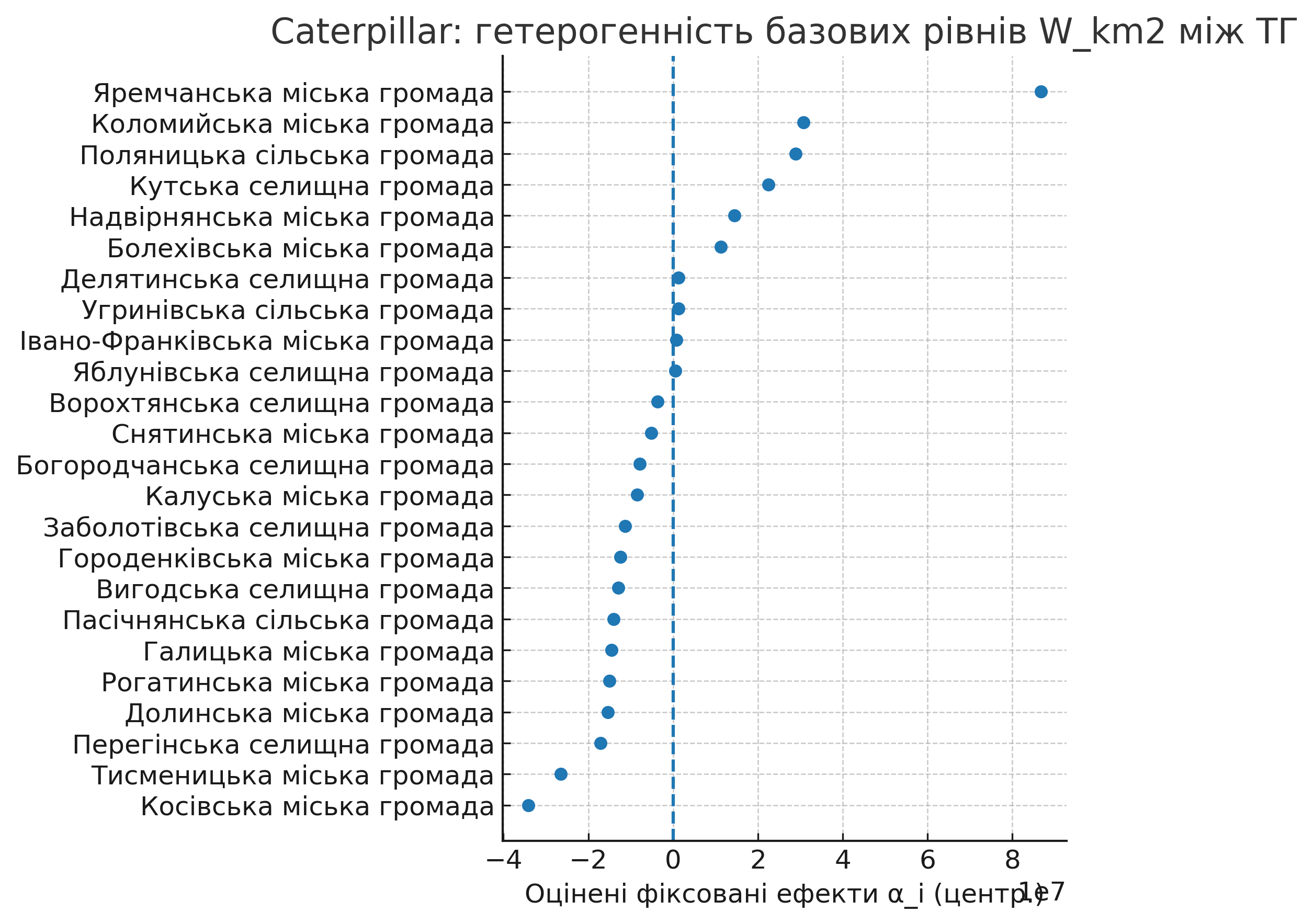


Рис.22 - Caterpillar-плот фіксованих ефектів (Wkm2)

На рис.22 представлений «Caterpillar-плот»,що візуалізує значну структурну гетерогенність базових рівнів водокористування (Wkm2) між територіальними громадами Івано-Франківської області після контролю часових фіксованих ефектів та впливу туристичної активності попереднього періоду (TN(t-1)).

Продемонстровано оцінені фіксовані ефекти для кожної територіальної громади, що відображають їх "базовий рівень" водокористування, незалежний від часових трендів та туристичного навантаження. Ключові спостереження наступні:

1. **Виражена просторова нерівномірність** - різниця між громадами з найвищим (Яремчанська міська громада) та найнижчим (Косівська міська громада) базовим рівнем водокористування сягає понад 10 одиниць
2. **Кластеризація громад** - чітко виділяються групи громад з підвищеним (Яремчанська, Коломийська, Поляницька), середнім та зниженим базовим рівнем водокористування
3. **Туристичні центри** - громади з розвиненою туристичною інфраструктурою (Яремчанська, Поляницька) демонструють найвищі базові рівні водокористування
4. **Міські vs сільські громади** - спостерігається тенденція до вищих базових рівнів водокористування у міських громадах порівняно з сільськими

Відсутність статистично значущого короткострокового впливу агрегованих екологічних показників на туристичну активність на рівні територіальних громад не суперечить теоретичним уявленням про детермінанти туристичного попиту. Цей результат можна інтерпретувати в контексті багатофакторності туристичних рішень, де домінуючу роль відіграють:

1. Економічні фактори (доступність, цінова політика закладів розміщення)
2. Подієвий календар (фестивалі, культурні заходи, сезонні атракції)
3. Метеорологічні умови (особливо для регіону з вираженою сезонністю)

Агреговані річні показники екологічного навантаження на рівні територіальних громад, імовірно, занадто віддалені від безпосереднього досвіду туристів, щоб суттєво впливати на їхні рішення щодо вибору дестинації. Туристи, ймовірніше, реагують на видимі та відчутні аспекти якості довкілля (чистота вулиць, прозорість водойм, відсутність неприємних запахів), ніж на статистичні показники емісій чи скидів, агреговані на рівні адміністративних одиниць.

Цей результат підкреслює важливість розмежування різних просторових і часових масштабів при аналізі взаємозв'язків між екологічними факторами та туристичною поведінкою. Відсутність значущого ефекту на макрорівні територіальних громад не виключає можливості суттєвого впливу локальних екологічних умов на мікрорівні конкретних туристичних об'єктів та атракцій.

Відсутність емпіричних доказів зворотного впливу екологічних показників на туристичну активність у короткостроковій перспективі (річний лаг) на рівні агрегованих територіальних індикаторів відкриває важливі напрямки для методологічного вдосконалення подальших досліджень.

Для більш точної ідентифікації потенційного каналу "екологія → туризм" доцільно розглянути:

* Впровадження локалізованих показників якості довкілля, що безпосередньо відображають умови "біля ліжка" туриста
* Застосування більш гнучкої часової структури з квартальними або сезонними лагами
* Інтеграцію подієвої специфіки та метеорологічних умов як модеруючих факторів

Такий підхід дозволить виявити потенційні ефекти, які можуть маскуватися при використанні агрегованих річних показників на рівні адміністративних одиниць

Висновки:

У розділі представлено комплексний аналіз взаємозв'язку між туристичною активністю та екологічними показниками в територіальних громадах Івано-Франківської області за період 2019-2024 років. Методологічною основою дослідження слугували панельні моделі з фіксованими ефектами, що дозволило контролювати неспостережувану гетерогенність територій та часові тренди.

Емпіричні результати демонструють асиметричний характер взаємозв'язків між туризмом та екологією. Виявлено статистично значущий позитивний вплив туристичної активності на подальше водокористування (p≈0.05) та, після елімінації промислового фону, на скиди у водойми (p≈0.001). Кількісна оцінка ефектів свідчить про їх практичну значущість: міжквартильне зростання туристичної активності асоціюється зі збільшенням водокористування на 7.5-10.3% та скидів на 14.6% від медіанних значень відповідних показників.

Водночас не виявлено статистично значущого впливу туризму на показники забруднення атмосферного повітря та утворення твердих побутових відходів, що пояснюється домінуванням промислово-енергетичних джерел у формуванні цих показників та особливостями міжтериторіальних потоків відходів.

Аналіз зворотного напрямку каузальності не виявив статистично значущого впливу екологічних параметрів на подальшу туристичну активність на рівні агрегованих річних показників територіальних громад. Це відкриває перспективи для подальших досліджень із застосуванням більш локалізованих показників якості довкілля, гнучкішої часової структури та врахуванням подієвої специфіки.

Отримані результати мають важливе значення для розробки диференційованих стратегій сталого розвитку туристичної галузі регіону з особливим акцентом на управління водними ресурсами як найбільш чутливим компонентом довкілля до туристичного навантаження

Додаток 1

Таблиця 1 - Панельний датасет (2019–2024, км²-нормування)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Код КАТОТТГ** | **YEAR** | **TN\_km2** | **W\_km2** | **AIR\_km2** | **DW\_km2** | **MSW\_km2** | **TN\_km2\_lag1** | **heavy** |
| UA26020010000096556 | 2019 | 0,15 |  |  |  | 0,02 |  | FALSE |
| UA26020010000096556 | 2020 | 0,31 |  |  |  | 0,01 | 0,15 | FALSE |
| UA26020010000096556 | 2021 | 0,46 |  | 0,00 |  | 0,25 | 0,31 | FALSE |
| UA26020010000096556 | 2022 | 0,45 |  | 0,04 |  | 0,25 | 0,46 | FALSE |
| UA26020010000096556 | 2023 | 1,62 |  | 0,11 |  | 0,25 | 0,45 | FALSE |
| UA26020010000096556 | 2024 | 1,65 |  | 0,02 |  | 0,04 | 1,62 | FALSE |
| UA26020030000088465 | 2019 | 4,47 |  | 0,15 | 0,01 | 1,43 |  | FALSE |
| UA26020030000088465 | 2020 | 8,15 |  | 0,08 | 0,01 | 1,23 | 4,47 | FALSE |
| UA26020030000088465 | 2021 | 7,04 |  | 0,09 | 0,01 | 1,37 | 8,15 | FALSE |
| UA26020030000088465 | 2022 | 12,12 |  | 0,10 | 0,01 | 1,43 | 7,04 | FALSE |
| UA26020030000088465 | 2023 | 18,01 |  | 0,42 | 0,00 | 0,59 | 12,12 | FALSE |
| UA26020030000088465 | 2024 | 24,07 |  | 0,13 | 0,00 | 1,81 | 18,01 | FALSE |
| UA26020050000098694 | 2021 | 11,79 |  | 0,00 |  | 0,00 |  | FALSE |
| UA26020050000098694 | 2022 | 2,78 |  | 0,00 |  | 0,00 | 11,79 | FALSE |
| UA26020050000098694 | 2023 | 8,88 |  | 0,00 |  | 0,01 | 2,78 | FALSE |
| UA26020050000098694 | 2024 | 7,41 |  | 0,00 |  | 0,01 | 8,88 | FALSE |
| UA26040030000091528 | 2019 | 6,28 | 182,64 | 910,90 | 0,11 | 0,37 |  | FALSE |
| UA26040030000091528 | 2020 | 2,49 | 3,64 | 172,72 | 0,10 | 1,34 | 6,28 | FALSE |
| UA26040030000091528 | 2021 | 3,88 | 17,05 | 95,71 | 0,13 | 1,08 | 2,49 | FALSE |
| UA26040030000091528 | 2022 | 9,67 | 507,82 | 122,55 | 0,10 | 0,28 | 3,88 | FALSE |
| UA26040030000091528 | 2023 | 22,22 | 384,22 | 126,08 | 0,05 | 0,84 | 9,67 | FALSE |
| UA26040030000091528 | 2024 | 24,47 | 28,91 | 67,65 | 0,11 | 0,37 | 22,22 | FALSE |
| UA26040050000080752 | 2024 | 0,01 |  | 0,57 |  | 0,07 |  | FALSE |
| UA26040070000065724 | 2019 | 0,92 |  | 43958,68 | 2,96 | 469,81 |  | TRUE |
| UA26040070000065724 | 2020 | 0,00 |  | 31751,46 | 1,53 | 241,95 | 0,92 | TRUE |
| UA26040070000065724 | 2021 | 0,00 |  | 40364,13 | 2,59 | 307,00 | 0,00 | TRUE |
| UA26040070000065724 | 2022 | 0,99 |  | 37681,44 | 1,68 | 177,23 | 0,00 | TRUE |
| UA26040070000065724 | 2023 | 1,89 |  | 34196,26 | 0,38 | 29,36 | 0,99 | TRUE |
| UA26040070000065724 | 2024 | 5,42 |  | 24459,36 | 0,43 | 30,64 | 1,89 | TRUE |
| UA26040090000025932 | 2019 | 0,15 | 103,44 | 880,20 | 2,05 | 1022,17 |  | FALSE |
| UA26040090000025932 | 2020 | 0,60 | 82,32 | 400,04 | 1,01 | 1175,86 | 0,15 | FALSE |
| UA26040090000025932 | 2021 | 3,01 | 0,98 | 30,00 | 0,13 | 2307,47 | 0,60 | FALSE |
| UA26040090000025932 | 2022 | 1,61 | 1,97 | 12,93 | 0,09 | 1573,15 | 3,01 | FALSE |
| UA26040090000025932 | 2023 | 3,69 | 1,97 | 3,41 | 0,16 | 373,39 | 1,61 | FALSE |
| UA26040090000025932 | 2024 | 8,76 |  | 15,52 |  | 999,09 | 3,69 | FALSE |
| UA26040110000023512 | 2019 | 0,08 |  | 0,00 |  |  |  | FALSE |
| UA26040190000081578 | 2019 | 133,18 | 69,49 | 773,45 | 0,14 | 443,70 |  | FALSE |
| UA26040190000081578 | 2020 | 171,79 | 134,56 | 644,31 | 0,35 | 471,76 | 133,18 | FALSE |
| UA26040190000081578 | 2021 | 237,00 | 99,38 | 747,69 | 0,23 | 474,97 | 171,79 | FALSE |
| UA26040190000081578 | 2022 | 390,01 | 125,47 | 324,87 | 0,10 | 262,62 | 237,00 | FALSE |
| UA26040190000081578 | 2023 | 370,35 | 166,36 | 143,77 | 0,00 | 0,88 | 390,01 | FALSE |
| UA26040190000081578 | 2024 | 398,91 | 145,41 | 67,32 | 0,01 | 0,76 | 370,35 | FALSE |
| UA26040210000094444 | 2024 | 1,53 |  | 0,04 | 0,05 | 1,23 |  | FALSE |
| UA26040270000047749 | 2019 | 1,07 | 115,85 | 63,42 | 0,08 | 4,72 |  | FALSE |
| UA26040270000047749 | 2020 | 0,85 | 112,23 | 69,76 | 0,06 | 5,05 | 1,07 | FALSE |
| UA26040270000047749 | 2021 | 1,53 |  | 46,75 | 0,04 | 5,08 | 0,85 | FALSE |
| UA26040270000047749 | 2022 | 1,44 |  | 46,37 | 0,03 | 3,91 | 1,53 | FALSE |
| UA26040270000047749 | 2023 | 1,92 | 100,50 | 7,75 | 0,01 | 1,18 | 1,44 | FALSE |
| UA26040270000047749 | 2024 | 2,05 | 339,91 | 6,71 | 0,01 | 4,99 | 1,92 | FALSE |
| UA26040290000025886 | 2019 | 4,31 |  | 0,00 |  | 1,07 |  | FALSE |
| UA26040290000025886 | 2020 | 2,70 |  | 0,00 |  | 1,07 | 4,31 | FALSE |
| UA26040290000025886 | 2021 | 3,64 |  | 0,01 |  | 2,49 | 2,70 | FALSE |
| UA26040290000025886 | 2022 | 6,58 |  | 0,48 |  | 0,53 | 3,64 | FALSE |
| UA26040290000025886 | 2023 | 5,48 |  | 1,43 |  | 0,00 | 6,58 | FALSE |
| UA26040290000025886 | 2024 | 5,21 |  | 0,87 |  | 0,00 | 5,48 | FALSE |
| UA26040330000019235 | 2019 | 1,48 | 10,29 | 10058,34 | 17,75 | 108,81 |  | FALSE |
| UA26040330000019235 | 2020 | 1,94 | 0,00 | 10745,59 | 19,58 | 0,91 | 1,48 | FALSE |
| UA26040330000019235 | 2021 | 1,28 | 0,83 | 12015,46 | 19,32 | 0,54 | 1,94 | FALSE |
| UA26040330000019235 | 2022 | 1,84 | 0,00 | 6033,64 | 13,38 | 0,47 | 1,28 | FALSE |
| UA26040330000019235 | 2023 | 0,52 |  | 2,04 |  |  | 1,84 | FALSE |
| UA26040330000019235 | 2024 | 1,58 |  | 1,14 |  |  | 0,52 | FALSE |
| UA26040370000057019 | 2019 | 60,25 |  | 0,02 |  |  |  | FALSE |
| UA26040370000057019 | 2020 | 54,82 |  | 0,02 |  |  | 60,25 | FALSE |
| UA26040370000057019 | 2021 | 27,72 |  | 0,23 |  |  | 54,82 | FALSE |
| UA26040370000057019 | 2022 | 82,93 | 93,00 | 0,55 |  |  | 27,72 | FALSE |
| UA26040370000057019 | 2023 | 48,93 | 73,77 | 0,65 |  |  | 82,93 | FALSE |
| UA26040370000057019 | 2024 | 38,69 |  | 0,62 |  |  | 48,93 | FALSE |
| UA26040390000023006 | 2024 | 16,54 | 20200,51 | 22895,23 | 39,44 | 886,21 |  | TRUE |
| UA26060010000037638 | 2019 | 0,46 |  | 9,24 | 0,21 | 23,59 |  | FALSE |
| UA26060010000037638 | 2020 | 0,00 |  | 6,36 | 0,10 | 23,26 | 0,46 | FALSE |
| UA26060010000037638 | 2021 | 0,00 |  | 5,28 | 0,08 | 30,99 | 0,00 | FALSE |
| UA26060010000037638 | 2022 | 4,09 |  | 2,71 | 0,04 | 18,93 | 0,00 | FALSE |
| UA26060010000037638 | 2023 | 2,60 |  | 1,62 | 0,04 | 0,02 | 4,09 | FALSE |
| UA26060010000037638 | 2024 | 1,47 | 459,25 | 3,25 | 0,07 | 0,03 | 2,60 | FALSE |
| UA26060070000011203 | 2019 | 4,22 |  | 22,88 | 0,08 | 0,30 |  | FALSE |
| UA26060070000011203 | 2020 | 0,80 |  | 17,29 | 0,07 | 0,18 | 4,22 | FALSE |
| UA26060070000011203 | 2021 | 7,79 | 40,63 | 13,85 | 0,06 | 0,50 | 0,80 | FALSE |
| UA26060070000011203 | 2022 | 7,27 | 919,14 | 11,53 | 0,05 | 0,25 | 7,79 | FALSE |
| UA26060070000011203 | 2023 | 7,79 | 61,76 | 15,87 | 0,06 | 0,19 | 7,27 | FALSE |
| UA26060070000011203 | 2024 | 4,69 | 63,84 | 16,33 | 0,05 | 0,37 | 7,79 | FALSE |
| UA26060110000025739 | 2019 | 0,13 |  |  | 0,01 |  |  | FALSE |
| UA26060110000025739 | 2020 | 0,12 |  | 2,43 | 0,02 |  | 0,13 | FALSE |
| UA26060130000047466 | 2019 | 5,04 | 1045,39 | 423,43 | 0,27 | 41,34 |  | FALSE |
| UA26060130000047466 | 2020 | 3,88 | 1049,66 | 382,27 | 0,28 | 46,37 | 5,04 | FALSE |
| UA26060130000047466 | 2021 | 6,91 | 979,38 | 623,59 | 0,29 | 45,97 | 3,88 | FALSE |
| UA26060130000047466 | 2022 | 5,61 |  | 487,19 | 0,22 | 47,60 | 6,91 | FALSE |
| UA26060130000047466 | 2023 | 5,50 | 6,33 | 431,52 | 0,12 | 28,99 | 5,61 | FALSE |
| UA26060130000047466 | 2024 | 8,46 | 209,12 | 325,09 | 0,11 | 51,96 | 5,50 | FALSE |
| UA26060170000091466 | 2019 | 1,99 | 42,03 | 5111,27 | 37,51 | 342,38 |  | TRUE |
| UA26060170000091466 | 2020 | 1,19 | 4,12 | 4204,33 | 38,66 | 262,42 | 1,99 | TRUE |
| UA26060170000091466 | 2021 | 1,76 | 145,12 | 3819,13 | 42,21 | 251,28 | 1,19 | TRUE |
| UA26060170000091466 | 2022 | 3,28 | 223,66 | 2116,59 | 25,08 | 136,50 | 1,76 | TRUE |
| UA26060170000091466 | 2023 | 6,58 | 377,80 | 1820,90 | 23,19 | 149,18 | 3,28 | TRUE |
| UA26060170000091466 | 2024 | 9,27 | 253,73 | 1286,50 | 12,13 | 128,27 | 6,58 | TRUE |
| UA26060210000091421 | 2019 | 0,85 |  | 0,03 |  | 1,71 |  | FALSE |
| UA26060210000091421 | 2020 | 1,15 |  | 0,07 |  | 1,75 | 0,85 | FALSE |
| UA26060210000091421 | 2021 | 1,51 | 1105,69 | 0,02 | 0,00 | 1,60 | 1,15 | FALSE |
| UA26060210000091421 | 2023 | 2,44 | 2083,36 | 3,10 | 0,00 | 0,29 | 1,51 | FALSE |
| UA26060210000091421 | 2024 | 1,67 | 2090,16 | 3,40 | 0,00 | 0,74 | 2,44 | FALSE |
| UA26080030000014307 | 2019 | 0,31 |  | 10,70 | 0,12 | 1,43 |  | FALSE |
| UA26080030000014307 | 2020 | 4,41 |  | 11,83 | 0,15 | 1,07 | 0,31 | FALSE |
| UA26080030000014307 | 2021 | 1,01 | 2,73 | 13,79 | 0,14 | 1,15 | 4,41 | FALSE |
| UA26080030000014307 | 2022 | 0,68 | 106,25 | 7,36 | 0,09 | 1,01 | 1,01 | FALSE |
| UA26080030000014307 | 2023 | 1,15 | 116,17 | 1,80 | 0,03 | 0,50 | 0,68 | FALSE |
| UA26080030000014307 | 2024 | 1,45 | 133,47 | 4,12 | 0,10 | 0,48 | 1,15 | FALSE |
| UA26080050000081474 | 2019 | 0,74 |  | 0,03 | 0,04 | 0,24 |  | FALSE |
| UA26080050000081474 | 2020 | 1,37 |  | 0,03 | 0,04 | 0,18 | 0,74 | FALSE |
| UA26080050000081474 | 2021 | 0,99 | 296,99 | 0,03 | 0,04 | 0,10 | 1,37 | FALSE |
| UA26080050000081474 | 2022 | 1,27 |  | 0,06 | 0,04 |  | 0,99 | FALSE |
| UA26080050000081474 | 2023 | 0,75 | 15,87 | 1,82 | 0,04 |  | 1,27 | FALSE |
| UA26080050000081474 | 2024 | 0,74 | 9,36 | 2,50 | 0,03 |  | 0,75 | FALSE |
| UA26080070000092582 | 2019 | 14,26 | 24,90 | 72,88 | 6,94 | 84,12 |  | FALSE |
| UA26080070000092582 | 2020 | 11,51 | 3179,16 | 63,77 | 7,10 | 78,72 | 14,26 | FALSE |
| UA26080070000092582 | 2021 | 20,06 | 3126,48 | 39,13 | 7,17 | 66,62 | 11,51 | FALSE |
| UA26080070000092582 | 2022 | 24,22 | 93,29 | 27,22 | 6,78 | 52,58 | 20,06 | FALSE |
| UA26080070000092582 | 2023 | 23,46 | 89,38 | 29,17 | 7,13 | 39,80 | 24,22 | FALSE |
| UA26080070000092582 | 2024 | 34,81 | 84,34 | 54,33 | 7,95 | 72,29 | 23,46 | FALSE |
| UA26080110000076323 | 2020 | 0,24 | 90,29 | 0,02 |  | 3,55 |  | FALSE |
| UA26080130000058024 | 2021 | 1,38 |  | 0,01 |  |  |  | FALSE |
| UA26080130000058024 | 2022 | 0,39 |  | 0,17 |  |  | 1,38 | FALSE |
| UA26080130000058024 | 2023 | 5,93 |  | 0,24 |  |  | 0,39 | FALSE |
| UA26080130000058024 | 2024 | 0,37 |  | 0,40 |  |  | 5,93 | FALSE |
| UA26080170000041182 | 2019 | 4,61 |  | 13,02 | 0,00 | 1,73 |  | FALSE |
| UA26080170000041182 | 2020 | 4,38 |  | 11,42 | 0,01 | 0,01 | 4,61 | FALSE |
| UA26080170000041182 | 2021 | 2,13 |  | 13,16 | 0,00 | 0,02 | 4,38 | FALSE |
| UA26080170000041182 | 2022 | 1,33 |  | 16,34 | 0,00 | 0,01 | 2,13 | FALSE |
| UA26080170000041182 | 2023 | 0,17 |  | 7,20 | 0,00 | 0,01 | 1,33 | FALSE |
| UA26080170000041182 | 2024 | 0,02 |  | 5,86 | 0,00 | 0,01 | 0,17 | FALSE |
| UA26080210000049380 | 2019 | 0,56 |  | 0,02 | 0,00 | 0,13 |  | FALSE |
| UA26080210000049380 | 2020 | 0,18 |  | 0,01 | 0,03 | 1,89 | 0,56 | FALSE |
| UA26080210000049380 | 2021 | 0,13 |  | 0,03 | 0,03 | 7,60 | 0,18 | FALSE |
| UA26080210000049380 | 2022 | 0,48 |  | 0,08 | 0,02 | 7,37 | 0,13 | FALSE |
| UA26080230000035462 | 2019 | 0,25 | 2826,52 | 28,60 | 0,04 | 3,57 |  | FALSE |
| UA26080230000035462 | 2020 | 0,19 | 2358,84 | 10,64 | 0,05 | 3,43 | 0,25 | FALSE |
| UA26080230000035462 | 2021 | 0,18 | 2303,37 | 24,53 | 0,06 | 3,03 | 0,19 | FALSE |
| UA26080230000035462 | 2022 | 0,31 | 4301,25 | 17,44 | 0,04 | 2,38 | 0,18 | FALSE |
| UA26080230000035462 | 2023 | 0,66 | 1848,49 | 19,49 | 0,01 | 0,87 | 0,31 | FALSE |
| UA26080230000035462 | 2024 | 0,43 |  | 19,38 | 0,06 | 4,64 | 0,66 | FALSE |
| UA26080250000056546 | 2019 | 8,90 |  | 0,02 |  |  |  | FALSE |
| UA26080250000056546 | 2021 | 5,01 |  | 0,16 |  |  | 8,90 | FALSE |
| UA26080250000056546 | 2022 | 0,72 |  | 0,34 |  | 0,00 | 5,01 | FALSE |
| UA26080250000056546 | 2023 | 1,48 |  | 0,30 |  | 0,00 | 0,72 | FALSE |
| UA26080250000056546 | 2024 | 2,45 |  | 0,22 |  | 0,00 | 1,48 | FALSE |
| UA26100010000076570 | 2019 | 17,59 | 517,15 | 28,05 | 0,02 | 0,16 |  | FALSE |
| UA26100010000076570 | 2020 | 15,71 | 58,26 | 24,96 | 0,02 | 0,11 | 17,59 | FALSE |
| UA26100010000076570 | 2021 | 24,18 | 4,75 | 11,10 | 0,02 | 0,10 | 15,71 | FALSE |
| UA26100010000076570 | 2022 | 32,85 |  | 16,56 | 0,02 | 0,09 | 24,18 | FALSE |
| UA26100010000076570 | 2023 | 30,64 |  | 0,54 | 0,02 | 0,03 | 32,85 | FALSE |
| UA26100010000076570 | 2024 | 29,21 |  | 0,97 | 0,03 | 0,04 | 30,64 | FALSE |
| UA26100030000012148 | 2019 | 0,10 |  |  |  | 0,04 |  | FALSE |
| UA26100030000012148 | 2020 | 0,09 |  |  |  | 0,03 | 0,10 | FALSE |
| UA26100030000012148 | 2021 | 0,54 |  |  |  |  | 0,09 | FALSE |
| UA26100030000012148 | 2022 | 2,14 |  | 0,09 |  |  | 0,54 | FALSE |
| UA26100030000012148 | 2023 | 0,64 |  | 0,17 |  |  | 2,14 | FALSE |
| UA26100030000012148 | 2024 | 0,69 |  | 0,18 |  |  | 0,64 | FALSE |
| UA26100050000019570 | 2019 | 11,03 |  | 0,00 |  | 0,32 |  | FALSE |
| UA26100050000019570 | 2020 | 11,70 | 20,40 | 0,04 |  | 0,48 | 11,03 | FALSE |
| UA26100050000019570 | 2021 | 29,93 | 104,40 | 0,05 |  | 0,02 | 11,70 | FALSE |
| UA26100050000019570 | 2022 | 41,41 | 267,66 | 0,13 |  | 0,00 | 29,93 | FALSE |
| UA26100050000019570 | 2023 | 69,67 | 313,71 | 0,37 |  | 0,00 | 41,41 | FALSE |
| UA26100050000019570 | 2024 | 36,85 | 348,77 | 2,27 |  | 0,11 | 69,67 | FALSE |
| UA26100090000038366 | 2019 | 0,47 |  | 0,53 |  | 0,02 |  | FALSE |
| UA26100090000038366 | 2020 | 1,21 |  | 0,48 |  | 0,03 | 0,47 | FALSE |
| UA26100090000038366 | 2021 | 2,26 |  | 0,00 |  | 0,02 | 1,21 | FALSE |
| UA26100090000038366 | 2022 | 0,53 |  | 6,53 |  | 0,03 | 2,26 | FALSE |
| UA26100090000038366 | 2023 | 1,04 | 0,00 | 21,73 |  | 0,09 | 0,53 | FALSE |
| UA26100090000038366 | 2024 | 2,49 | 206,31 | 41,07 |  | 20,67 | 1,04 | FALSE |
| UA26120010000096774 | 2019 | 151,02 | 33,29 | 0,25 | 0,01 | 0,34 |  | FALSE |
| UA26120010000096774 | 2020 | 217,76 |  | 0,20 | 0,01 | 0,27 | 151,02 | FALSE |
| UA26120010000096774 | 2021 | 353,94 |  | 5,63 | 0,18 | 0,48 | 217,76 | FALSE |
| UA26120010000096774 | 2022 | 280,44 |  | 4,13 | 0,28 | 0,25 | 353,94 | FALSE |
| UA26120010000096774 | 2023 | 432,30 |  | 4,88 | 0,03 | 0,26 | 280,44 | FALSE |
| UA26120010000096774 | 2024 | 449,56 | 52,27 | 4,43 | 0,03 | 0,36 | 432,30 | FALSE |
| UA26120030000018265 | 2019 | 10,03 |  | 5,41 | 0,03 | 0,10 |  | FALSE |
| UA26120030000018265 | 2020 | 6,32 |  | 4,88 | 0,03 |  | 10,03 | FALSE |
| UA26120030000018265 | 2021 | 18,45 |  | 2,86 | 0,02 | 0,00 | 6,32 | FALSE |
| UA26120030000018265 | 2022 | 9,32 |  | 0,59 | 0,00 | 0,01 | 18,45 | FALSE |
| UA26120030000018265 | 2023 | 11,87 |  | 2,41 | 0,02 | 0,01 | 9,32 | FALSE |
| UA26120030000018265 | 2024 | 6,45 | 39,16 | 3,10 | 0,01 | 0,01 | 11,87 | FALSE |
| UA26120070000067596 | 2019 | 6,55 | 2333,84 | 405,53 | 4,27 | 56,47 |  | FALSE |
| UA26120070000067596 | 2020 | 5,86 | 2233,08 | 404,37 | 3,58 | 45,99 | 6,55 | FALSE |
| UA26120070000067596 | 2021 | 8,02 | 915,27 | 359,54 | 3,38 | 57,33 | 5,86 | FALSE |
| UA26120070000067596 | 2022 | 4,66 | 1313,34 | 215,82 | 3,60 | 26,81 | 8,02 | FALSE |
| UA26120070000067596 | 2023 | 7,64 | 3605,73 | 59,33 | 4,55 | 4,29 | 4,66 | FALSE |
| UA26120070000067596 | 2024 | 9,11 | 1153,04 | 42,37 | 3,39 | 2,71 | 7,64 | FALSE |
| UA26120090000072057 | 2019 | 0,00 |  |  |  | 0,02 |  | FALSE |
| UA26120090000072057 | 2020 | 0,00 | 42,38 |  |  | 0,02 | 0,00 | FALSE |
| UA26120090000072057 | 2021 | 0,00 | 58,01 | 10,36 |  | 0,02 | 0,00 | FALSE |
| UA26120090000072057 | 2022 | 5,32 | 92,13 | 38,17 |  | 8,59 | 0,00 | FALSE |
| UA26120090000072057 | 2023 | 10,15 | 117,02 | 89,02 |  | 3,10 | 5,32 | FALSE |
| UA26120090000072057 | 2024 | 16,59 | 66,47 | 89,20 |  | 0,86 | 10,15 | FALSE |
| UA26120130000088448 | 2019 | 386,68 |  |  | 0,00 | 0,02 |  | FALSE |
| UA26120130000088448 | 2020 | 833,60 | 90,23 |  | 0,05 | 0,01 | 386,68 | FALSE |
| UA26120130000088448 | 2021 | 1282,85 | 190,73 | 0,00 | 0,05 | 0,02 | 833,60 | FALSE |
| UA26120130000088448 | 2022 | 2156,49 | 654,80 | 0,97 | 0,17 | 0,02 | 1282,85 | FALSE |
| UA26120130000088448 | 2023 | 2247,14 | 586,09 | 3,80 | 0,55 | 0,05 | 2156,49 | FALSE |
| UA26120130000088448 | 2024 | 2296,08 | 580,66 | 4,13 | 0,80 | 0,07 | 2247,14 | FALSE |
| UA26120150000021671 | 2019 | 244,18 | 200,14 | 7,15 | 0,72 | 0,25 |  | FALSE |
| UA26120150000021671 | 2020 | 324,86 | 519,72 | 4,72 | 0,74 | 0,13 | 244,18 | FALSE |
| UA26120150000021671 | 2021 | 469,65 | 652,65 | 7,39 | 0,98 | 0,19 | 324,86 | FALSE |
| UA26120150000021671 | 2022 | 404,29 | 824,54 | 7,24 | 0,55 | 0,27 | 469,65 | FALSE |
| UA26120150000021671 | 2023 | 602,31 | 51,74 | 4,24 | 0,06 | 0,18 | 404,29 | FALSE |
| UA26120150000021671 | 2024 | 631,82 | 665,07 | 5,39 | 0,06 | 0,15 | 602,31 | FALSE |

Додаток 2

Лістинг Python-скрипта для розрахунків панельних моделей з фіксованими ефектами

# ecogeo\_fe\_panel\_full\_viz.py

# End-to-end pipeline: build panel (2019–2024), FE (two-way) in two directions,

# export CSVs + DOCX tables + multiple visualizations (forest, caterpillar of FE, FWL partial residuals, fitted vs observed).

import os, math, numpy as np, pandas as pd, statsmodels.api as sm, shapefile

import matplotlib.pyplot as plt

from docx import Document

from docx.shared import Inches

from docx.enum.text import WD\_ALIGN\_PARAGRAPH

from docx.enum.table import WD\_TABLE\_ALIGNMENT

BASE="data"

# ------------------- Geometry helpers -------------------

def area\_km2\_from\_wgs84\_ring(points):

if len(points) < 3: return 0.0

R = 6371008.8

lats = [pt[1] for pt in points]; lons = [pt[0] for pt in points]

lat0 = math.radians(sum(lats)/len(lats))

xs = [math.radians(lon) \* math.cos(lat0) \* R for lon in lons]

ys = [math.radians(lat) \* R for lat in lats]

area2 = 0.0

for i in range(len(xs)):

j = (i+1) % len(xs); area2 += xs[i]\*ys[j] - xs[j]\*ys[i]

return abs(area2)/2.0/1e6

def shape\_area\_km2(shape):

pts = shape.points; parts = list(shape.parts)+[len(pts)]

total=0.0

for i in range(len(parts)-1):

ring = pts[parts[i]:parts[i+1]]; total += area\_km2\_from\_wgs84\_ring(ring)

return total

def read\_areas\_from\_shp(shp\_path):

sf = shapefile.Reader(shp\_path)

field\_names = [f[0] for f in sf.fields][1:]

recs=[]

for sr in sf.iterShapeRecords():

m = dict(zip(field\_names, sr.record))

code = next((str(m[k]) for k in m if "katot" in k.lower()), None)

if code is None:

raise RuntimeError("Не знайдено поле KATOTTG у шейпфайлі.")

name = next((str(m[k]) for k in m if "name" in k.lower()), code)

area = shape\_area\_km2(sr.shape)

recs.append({"HKATOTTG": code, "name": name, "area\_km2": area})

df = pd.DataFrame(recs).groupby("HKATOTTG", as\_index=False).agg(name=("name","first"), area\_km2=("area\_km2","sum"))

return df

# ------------------- Panel build -------------------

def build\_panel():

areas = read\_areas\_from\_shp(os.path.join(BASE,"IF\_reg\_TG\_bou\_7.shp"))

# TN

tn = pd.read\_csv(os.path.join(BASE,"згруповано\_турзбір.csv")).rename(

columns={"Код\_громади":"HKATOTTG","Рік":"YEAR","Всього\_туристо\_діб":"TN"})

tn["HKATOTTG"]=tn["HKATOTTG"].astype(str)

tn = tn.merge(areas, on="HKATOTTG", how="left")

tn["TN\_km2"]=tn["TN"]/tn["area\_km2"]

tn = tn[["HKATOTTG","name","YEAR","TN\_km2"]]

# Water

voda = pd.read\_excel(os.path.join(BASE,"voda.xlsx"))

code\_col = next((c for c in ["HKATOTTG","TG","katottg","KATOTTG"] if c in voda.columns), None)

year\_col = next((c for c in ["PERIOD\_YEAR","P\_YEAR","YEAR"] if c in voda.columns), None)

voda["HKATOTTG"]=voda[code\_col].astype(str); voda["YEAR"]=pd.to\_numeric(voda[year\_col], errors="coerce")

num\_cols = voda.select\_dtypes(include=[np.number]).columns.tolist()

if year\_col in num\_cols: num\_cols.remove(year\_col)

W = voda.groupby(["HKATOTTG","YEAR"])[num\_cols].sum().sum(axis=1).reset\_index(name="W\_total")

W = W.merge(areas[["HKATOTTG","area\_km2"]], on="HKATOTTG", how="left")

W["W\_km2"]=W["W\_total"]/W["area\_km2"]

# AIR

air = pd.read\_excel(os.path.join(BASE,"ecol1\_cleaned.xlsx"))

c = next((x for x in ["HKATOTTG","katottg","KATOTTG"] if x in air.columns), None)

y = next((x for x in ["P\_YEAR","PERIOD\_YEAR","YEAR"] if x in air.columns), None)

v = next((x for x in ["POLLUTION\_VOL","VALUE","VAL","AMOUNT"] if x in air.columns), None)

air = air.rename(columns={c:"HKATOTTG", y:"YEAR", v:"AIR"})

air["HKATOTTG"]=air["HKATOTTG"].astype(str); air["YEAR"]=pd.to\_numeric(air["YEAR"], errors="coerce")

air["AIR"]=pd.to\_numeric(air["AIR"], errors="coerce").fillna(0)

AIR = air.groupby(["HKATOTTG","YEAR"])["AIR"].sum().reset\_index().merge(areas[["HKATOTTG","area\_km2"]], on="HKATOTTG", how="left")

AIR["AIR\_km2"]=AIR["AIR"]/AIR["area\_km2"]

# DW

dw = pd.read\_excel(os.path.join(BASE,"ecol2\_cleaned.xlsx"))

c = next((x for x in ["HKATOTTG","katottg","KATOTTG"] if x in dw.columns), None)

y = next((x for x in ["P\_YEAR","PERIOD\_YEAR","YEAR"] if x in dw.columns), None)

v = next((x for x in ["POLLUTION\_VOL","VALUE","VAL","AMOUNT"] if x in dw.columns), None)

dw = dw.rename(columns={c:"HKATOTTG", y:"YEAR", v:"DW"})

dw["HKATOTTG"]=dw["HKATOTTG"].astype(str); dw["YEAR"]=pd.to\_numeric(dw["YEAR"], errors="coerce")

dw["DW"]=pd.to\_numeric(dw["DW"], errors="coerce").fillna(0)

DW = dw.groupby(["HKATOTTG","YEAR"])["DW"].sum().reset\_index().merge(areas[["HKATOTTG","area\_km2"]], on="HKATOTTG", how="left")

DW["DW\_km2"]=DW["DW"]/DW["area\_km2"]

# MSW

msw = pd.read\_excel(os.path.join(BASE,"ecol3\_cleaned.xlsx"))

c = next((x for x in ["HKATOTTG","katottg","KATOTTG"] if x in msw.columns), None)

y = next((x for x in ["P\_YEAR","PERIOD\_YEAR","YEAR"] if x in msw.columns), None)

v = next((x for x in ["POLLUTION\_VOL","VALUE","VAL","AMOUNT"] if x in msw.columns), None)

msw = msw.rename(columns={c:"HKATOTTG", y:"YEAR", v:"MSW"})

msw["HKATOTTG"]=msw["HKATOTTG"].astype(str); msw["YEAR"]=pd.to\_numeric(msw["YEAR"], errors="coerce")

msw["MSW"]=pd.to\_numeric(msw["MSW"], errors="coerce").fillna(0)

MSW = msw.groupby(["HKATOTTG","YEAR"])["MSW"].sum().reset\_index().merge(areas[["HKATOTTG","area\_km2"]], on="HKATOTTG", how="left")

MSW["MSW\_km2"]=MSW["MSW"]/MSW["area\_km2"]

panel = tn.merge(W[["HKATOTTG","YEAR","W\_km2"]], on=["HKATOTTG","YEAR"], how="left")\

.merge(AIR[["HKATOTTG","YEAR","AIR\_km2"]], on=["HKATOTTG","YEAR"], how="left")\

.merge(DW[["HKATOTTG","YEAR","DW\_km2"]], on=["HKATOTTG","YEAR"], how="left")\

.merge(MSW[["HKATOTTG","YEAR","MSW\_km2"]], on=["HKATOTTG","YEAR"], how="left")

panel = panel[panel["YEAR"].between(2019,2024)].sort\_values(["HKATOTTG","YEAR"]).copy()

panel["TN\_km2\_lag1"]=panel.groupby("HKATOTTG")["TN\_km2"].shift(1)

for Y in ["W\_km2","AIR\_km2","DW\_km2","MSW\_km2"]:

panel[f"{Y}\_lag1"]=panel.groupby("HKATOTTG")[Y].shift(1)

heavy = {"Бурштинська міська громада","Калуська міська громада","Ямницька сільська громада"}

panel["heavy"]=panel["name"].isin(heavy)

return panel

# ------------------- FE estimators -------------------

def fe\_ols(y\_col, x\_cols, df):

d = df[[y\_col]+x\_cols+["HKATOTTG","YEAR"]].dropna().copy()

if d.empty: return None, None

y = d[y\_col].values

X = [np.ones(len(d))] + [d[c].values for c in x\_cols]

TG = pd.get\_dummies(pd.Categorical(d["HKATOTTG"]), drop\_first=True)

TT = pd.get\_dummies(pd.Categorical(d["YEAR"]), drop\_first=True)

X = np.column\_stack([\*X, TG.values, TT.values])

m = sm.OLS(y, X).fit(cov\_type="cluster", cov\_kwds={"groups": pd.Categorical(d["HKATOTTG"]).codes})

coef=float(m.params[1]); se=float(m.bse[1]); t=coef/se if se!=0 else np.nan; p=float(m.pvalues[1])

return {"coef":coef,"se":se,"t":t,"p":p,"nobs":int(m.nobs)}, m

def model\_stats(y\_col, x\_col, df):

d = df[[y\_col,x\_col,"HKATOTTG","YEAR"]].dropna().copy()

if d.empty: return None

y=d[y\_col].values

X = np.column\_stack([np.ones(len(d)), d[x\_col].values,

pd.get\_dummies(pd.Categorical(d["HKATOTTG"]), drop\_first=True).values,

pd.get\_dummies(pd.Categorical(d["YEAR"]), drop\_first=True).values])

m = sm.OLS(y, X).fit(cov\_type="cluster", cov\_kwds={"groups": pd.Categorical(d["HKATOTTG"]).codes})

sd\_y = np.std(y, ddof=1); sd\_x = np.std(d[x\_col].values, ddof=1)

beta\_std = m.params[1]\*(sd\_x/sd\_y) if sd\_y>0 else np.nan

return {"R2": float(m.rsquared), "beta\_std": float(beta\_std), "nobs": int(m.nobs), "ngroups": int(d["HKATOTTG"].nunique())}

def iqr\_effect(y\_col, x\_col, df):

d = df[[y\_col,x\_col,"HKATOTTG","YEAR"]].dropna().copy()

if d.empty: return (np.nan, np.nan)

y=d[y\_col].values

X = np.column\_stack([np.ones(len(d)), d[x\_col].values,

pd.get\_dummies(pd.Categorical(d["HKATOTTG"]), drop\_first=True).values,

pd.get\_dummies(pd.Categorical(d["YEAR"]), drop\_first=True).values])

m = sm.OLS(y, X).fit(cov\_type="cluster", cov\_kwds={"groups": pd.Categorical(d["HKATOTTG"]).codes})

coef=float(m.params[1])

q1,q3 = np.percentile(d[x\_col].values, [25,75])

abs\_eff = coef\*(q3-q1)

med\_y = np.median(y)

pct = abs\_eff/med\_y\*100 if med\_y!=0 else np.nan

return abs\_eff, pct

# LSDV to recover unit FE (alpha\_i) and time FE (tau\_t)

def lsdv\_two\_way(y\_col, x\_col, df):

d = df[[y\_col, x\_col, "HKATOTTG", "YEAR"]].dropna().copy()

if d.empty: return None, None, None, None

y = d[y\_col].values

# Build full-rank design: intercept + x + (N-1) unit dummies + (T-1) time dummies

units = pd.Categorical(d["HKATOTTG"]); years = pd.Categorical(d["YEAR"])

D\_unit = pd.get\_dummies(units, drop\_first=True); unit\_levels = units.categories.tolist()

D\_time = pd.get\_dummies(years, drop\_first=True); time\_levels = years.categories.tolist()

X = np.column\_stack([np.ones(len(d)), d[x\_col].values, D\_unit.values, D\_time.values])

mdl = sm.OLS(y, X).fit(cov\_type="cluster", cov\_kwds={"groups": units.codes})

# Recover alphas relative to dropped baseline

intercept = mdl.params[0]; beta = mdl.params[1]

# unit FE: baseline unit (first category) has 0 dummy; others have coeff equal to their dummy param

alphas = {}

for i,u in enumerate(unit\_levels):

if i==0:

alphas[u] = 0.0

else:

alphas[u] = mdl.params[1+i] # after intercept and x, next (N-1) params are unit dummies

# Convert to centered alphas around mean zero to avoid baseline artifact

a\_vals = np.array(list(alphas.values())); a\_center = a\_vals - a\_vals.mean()

alphas\_centered = {u: a\_center[i] for i,u in enumerate(unit\_levels)}

# time FE (tau): similar approach

taus = {}

offset = 2 + (len(unit\_levels)-1)

for j,t in enumerate(time\_levels):

if j==0:

taus[t] = 0.0

else:

taus[t] = mdl.params[offset + (j-1)]

t\_vals = np.array(list(taus.values())); t\_center = t\_vals - t\_vals.mean()

taus\_centered = {t: t\_center[j] for j,t in enumerate(time\_levels)}

return mdl, alphas\_centered, taus\_centered, beta

# ------------------- DOCX helpers -------------------

def add\_table\_from\_df(doc, df, title):

doc.add\_paragraph().add\_run(title).bold = True

table = doc.add\_table(rows=1, cols=len(df.columns))

table.alignment = WD\_TABLE\_ALIGNMENT.CENTER

hdr = table.rows[0].cells

for j,c in enumerate(df.columns):

p=hdr[j].paragraphs[0]; p.alignment = WD\_ALIGN\_PARAGRAPH.CENTER; r=p.add\_run(str(c)); r.bold=True

for \_,r in df.iterrows():

cells = table.add\_row().cells

for j,c in enumerate(df.columns):

p=cells[j].paragraphs[0]

p.alignment = WD\_ALIGN\_PARAGRAPH.CENTER if j>0 else WD\_ALIGN\_PARAGRAPH.LEFT

p.add\_run(str(r[c]))

return table

def save\_tables\_and\_viz(panel, tab, rev\_df, out\_docx):

# Primary DOCX with tables and inserted figures

doc = Document()

doc.add\_heading("Панельні оцінки з фіксованими ефектами (ТГ×рік, 2019–2024)", level=1)

tab1 = tab.copy()

tab1["Y"] = tab1["Y"].str.replace("\_km2","", regex=False).str.upper()

tab1 = tab1.rename(columns={

"Y":"Залежна змінна (Y)",

"sample":"Вибірка",

"coef":"β",

"se":"SE(β)",

"t":"t",

"p":"p",

"beta\_std":"β (стандартиз.)",

"R2":"R²(within)",

"nobs":"n",

"ngroups":"N\_ТГ",

"iqr\_effect\_abs":"Ефект IQR (натр.од.)",

"iqr\_effect\_pct\_median":"Ефект IQR (% до медіани Y)"

})

add\_table\_from\_df(doc, tab1, "Табл. 2.2.1. Y ∈ {W, AIR, DW, MSW} на TN(t−1) (двовимірні FE; кластер-SE за ТГ)")

p = doc.add\_paragraph("Примітки: оцінки виконано на нормованих індикаторах (на км²). ")

p.add\_run("«Вибірка = no\_heavy» — без Бурштинської, Калуської та Ямницької громад. ").italic = True

p.add\_run("Ефект IQR — зміна Y за переходу TN(t−1) від 25-го до 75-го перцентиля.").italic = True

doc.add\_paragraph()

rev1 = rev\_df[["X","sample","coef","se","t","p","nobs"]].rename(columns={

"X":"Предиктор (лаг, t-1)",

"sample":"Вибірка",

"coef":"γ",

"se":"SE(γ)",

"t":"t",

"p":"p",

"nobs":"n"

})

rev1["Предиктор (лаг, t-1)"] = rev1["Предиктор (лаг, t-1)"].str.replace("\_km2\_lag1","(t−1)", regex=False)\

.str.replace("\_km2","", regex=False)\

.str.upper()

add\_table\_from\_df(doc, rev1, "Табл. 2.2.2. TN на Y(t−1) (двовимірні FE; кластер-SE за ТГ)")

p2 = doc.add\_paragraph("Примітки: статистично значущих ефектів не виявлено (p ≥ 0.14 у всіх специфікаціях)."); p2.italic = True

# Insert figures if exist

figs = [

("Рис. 2.2.1. Ефект IQR (бар-чарт)", os.path.join(BASE,"IQR\_effects\_bar.png")),

("Рис. 2.2.2. Forest plot β з 95% ДІ", os.path.join(BASE,"forest\_betas.png")),

("Рис. 2.2.3. Caterpillar α\_i (W\_km2)", os.path.join(BASE,"caterpillar\_W\_alphas.png")),

("Рис. 2.2.4. FWL: W\_km2~TN\_lag1 (частк.залишки)", os.path.join(BASE,"fwl\_W\_scatter.png")),

("Рис. 2.2.5. Observed vs Fitted (W\_km2)", os.path.join(BASE,"fit\_vs\_obs\_W.png"))

]

for caption, path in figs:

if os.path.exists(path):

doc.add\_paragraph()

p = doc.add\_paragraph(caption); p.alignment = WD\_ALIGN\_PARAGRAPH.CENTER

doc.add\_picture(path, width=Inches(6.2))

doc.save(out\_docx)

# ------------------- Run pipeline -------------------

def main():

panel = build\_panel()

panel.to\_csv(os.path.join(BASE,"panel\_km2\_2019\_2024.csv"), index=False, encoding="utf-8-sig")

rows=[]; stats\_rows=[]; effects={}

for Y in ["W\_km2","AIR\_km2","DW\_km2","MSW\_km2"]:

s,\_ = fe\_ols(Y, ["TN\_km2\_lag1"], panel);

if s: s.update({"Y":Y,"sample":"full"}); rows.append(s); st=model\_stats(Y,"TN\_km2\_lag1",panel); st.update({"Y":Y,"sample":"full"}); stats\_rows.append(st)

ph = panel.loc[~panel["heavy"]].copy()

s,\_ = fe\_ols(Y, ["TN\_km2\_lag1"], ph);

if s: s.update({"Y":Y,"sample":"no\_heavy"}); rows.append(s); st=model\_stats(Y,"TN\_km2\_lag1",ph); st.update({"Y":Y,"sample":"no\_heavy"}); stats\_rows.append(st)

if Y in ["W\_km2","DW\_km2"]:

effects[(Y,"full")] = iqr\_effect(Y,"TN\_km2\_lag1",panel)

effects[(Y,"no\_heavy")] = iqr\_effect(Y,"TN\_km2\_lag1",ph)

res\_df=pd.DataFrame(rows)

stats\_df=pd.DataFrame(stats\_rows)

tab = res\_df.merge(stats\_df, on=["Y","sample"], how="left")

tab["iqr\_effect\_abs"]=np.nan; tab["iqr\_effect\_pct\_median"]=np.nan

for (Y,s),(ea,ep) in effects.items():

tab.loc[(tab["Y"]==Y)&(tab["sample"]==s),"iqr\_effect\_abs"]=ea

tab.loc[(tab["Y"]==Y)&(tab["sample"]==s),"iqr\_effect\_pct\_median"]=ep

# Reverse direction

panel\_rev=panel.copy()

for Y in ["W\_km2","AIR\_km2","DW\_km2","MSW\_km2"]:

panel\_rev[f"{Y}\_lag1"]=panel\_rev.groupby("HKATOTTG")[Y].shift(1)

rev\_rows=[]

for Y in ["W\_km2","AIR\_km2","DW\_km2","MSW\_km2"]:

s,\_=fe\_ols("TN\_km2",[f"{Y}\_lag1"],panel\_rev);

if s: s.update({"X":f"{Y}\_lag1","sample":"full"}); rev\_rows.append(s)

pr=panel\_rev.loc[~panel\_rev["heavy"]].copy()

s,\_=fe\_ols("TN\_km2",[f"{Y}\_lag1"],pr);

if s: s.update({"X":f"{Y}\_lag1","sample":"no\_heavy"}); rev\_rows.append(s)

rev\_df=pd.DataFrame(rev\_rows)

# Save CSVs

res\_df.to\_csv(os.path.join(BASE,"fe\_panel\_Y\_on\_lagTN\_2019\_2024.csv"), index=False, encoding="utf-8-sig")

rev\_df.to\_csv(os.path.join(BASE,"fe\_panel\_TN\_on\_lagY\_2019\_2024.csv"), index=False, encoding="utf-8-sig")

stats\_df.to\_csv(os.path.join(BASE,"fe\_panel\_model\_stats\_2019\_2024.csv"), index=False, encoding="utf-8-sig")

tab.to\_csv(os.path.join(BASE,"fe\_panel\_summary\_table\_2019\_2024.csv"), index=False, encoding="utf-8-sig")

# ------------- Visualizations -------------

# (1) IQR bar (already known)

eff = tab[["Y","sample","iqr\_effect\_pct\_median"]].dropna().copy()

if not eff.empty:

eff["label"] = eff["Y"].str.replace("\_km2","", regex=False).str.upper() + " (" + eff["sample"].map({"full":"повна","no\_heavy":"без важковаговиків"}) + ")"

plt.figure()

plt.bar(eff["label"], eff["iqr\_effect\_pct\_median"])

plt.title("Ефект інтерквартильного зростання TN(t−1)\nна Y (% медіани відповідного Y)")

plt.ylabel("% до медіани Y")

plt.xticks(rotation=25, ha='right')

plt.tight\_layout(); plt.savefig(os.path.join(BASE,"IQR\_effects\_bar.png"), dpi=300, bbox\_inches="tight"); plt.close()

# (2) Forest plot for betas with 95% CI

fdf = res\_df.copy()

if not fdf.empty:

fdf["Y"] = fdf["Y"].str.replace("\_km2","", regex=False).str.upper()

fdf["lower"] = fdf["coef"] - 1.96\*fdf["se"]

fdf["upper"] = fdf["coef"] + 1.96\*fdf["se"]

fdf["spec"] = fdf["Y"] + " | " + fdf["sample"].map({"full":"повна","no\_heavy":"без важк."})

order = np.argsort(fdf["coef"].values)

fdf = fdf.iloc[order]

plt.figure(figsize=(7, max(3, 0.5\*len(fdf))))

y = np.arange(len(fdf))

plt.hlines(y, fdf["lower"], fdf["upper"])

plt.plot(fdf["coef"], y, 'o')

plt.axvline(0, linestyle='--')

plt.yticks(y, fdf["spec"])

plt.xlabel("β (ефект TN(t−1))")

plt.title("Оцінки β з 95% довірчими інтервалами")

plt.tight\_layout(); plt.savefig(os.path.join(BASE,"forest\_betas.png"), dpi=300, bbox\_inches="tight"); plt.close()

# (3) Caterpillar plot of unit FE (alphas) for W\_km2

mdl, alphas, taus, beta = lsdv\_two\_way("W\_km2","TN\_km2\_lag1", panel)

if alphas is not None:

adf = pd.DataFrame({"HKATOTTG": list(alphas.keys()), "alpha": list(alphas.values())})

# attach names

names = panel[["HKATOTTG","name"]].drop\_duplicates()

adf = adf.merge(names, on="HKATOTTG", how="left")

adf = adf.sort\_values("alpha").reset\_index(drop=True)

plt.figure(figsize=(7, max(3, 0.25\*len(adf))))

y = np.arange(len(adf))

plt.plot(adf["alpha"], y, 'o')

plt.axvline(0, linestyle='--')

plt.yticks(y, adf["name"])

plt.xlabel("Оцінені фіксовані ефекти α\_i (центр.)")

plt.title("Caterpillar: гетерогенність базових рівнів W\_km2 між ТГ")

plt.tight\_layout(); plt.savefig(os.path.join(BASE,"caterpillar\_W\_alphas.png"), dpi=300, bbox\_inches="tight"); plt.close()

# (4) FWL partial residuals for W\_km2 ~ TN\_lag1 (two-way demean)

d = panel[["HKATOTTG","YEAR","W\_km2","TN\_km2\_lag1"]].dropna().copy()

if not d.empty:

# two-way demean (within transformation)

d["W\_i"] = d.groupby("HKATOTTG")["W\_km2"].transform("mean")

d["W\_t"] = d.groupby("YEAR")["W\_km2"].transform("mean")

d["W\_all"] = d["W\_km2"].mean()

Wy = d["W\_km2"] - d["W\_i"] - d["W\_t"] + d["W\_all"]

d["X\_i"] = d.groupby("HKATOTTG")["TN\_km2\_lag1"].transform("mean")

d["X\_t"] = d.groupby("YEAR")["TN\_km2\_lag1"].transform("mean")

d["X\_all"] = d["TN\_km2\_lag1"].mean()

Wx = d["TN\_km2\_lag1"] - d["X\_i"] - d["X\_t"] + d["X\_all"]

# Fit simple OLS on de-meaned to get line

mdl = sm.OLS(Wy.values, sm.add\_constant(Wx.values)).fit()

xv = np.linspace(Wx.min(), Wx.max(), 100)

yv = mdl.params[0] + mdl.params[1]\*xv

plt.figure()

plt.scatter(Wx, Wy, s=12, alpha=0.7)

plt.plot(xv, yv)

plt.title("FWL: частковий зв'язок W\_km2 ~ TN(t−1) після вилучення FE")

plt.xlabel("TN\_km2\_lag1 (двовимірно центровано)")

plt.ylabel("W\_km2 (двовимірно центровано)")

plt.tight\_layout(); plt.savefig(os.path.join(BASE,"fwl\_W\_scatter.png"), dpi=300, bbox\_inches="tight"); plt.close()

# (5) Observed vs fitted for W\_km2 (two-way FE)

s, m = fe\_ols("W\_km2", ["TN\_km2\_lag1"], panel)

if m is not None:

# reconstruct fitted on the design used inside fe\_ols

d = panel[["W\_km2","TN\_km2\_lag1","HKATOTTG","YEAR"]].dropna().copy()

y = d["W\_km2"].values

X = [np.ones(len(d)), d["TN\_km2\_lag1"].values]

TG = pd.get\_dummies(pd.Categorical(d["HKATOTTG"]), drop\_first=True)

TT = pd.get\_dummies(pd.Categorical(d["YEAR"]), drop\_first=True)

X = np.column\_stack([\*X, TG.values, TT.values])

yhat = m.predict(X)

plt.figure()

plt.scatter(yhat, y, s=12, alpha=0.7)

lims = [min(y.min(), yhat.min()), max(y.max(), yhat.max())]

plt.plot(lims, lims)

plt.xlabel("Підігнані значення")

plt.ylabel("Спостереження")

plt.title("Observed vs Fitted: W\_km2 (двовимірні FE)")

plt.tight\_layout(); plt.savefig(os.path.join(BASE,"fit\_vs\_obs\_W.png"), dpi=300, bbox\_inches="tight"); plt.close()

# ------------- DOCX with tables + figures -------------

save\_tables\_and\_viz(panel, tab, rev\_df, os.path.join(BASE,"FE\_results\_tables\_and\_viz.docx"))

if \_\_name\_\_ == "\_\_main\_\_":

main()

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. Mundlak Y. On the Pooling of Time Series and Cross Section Data. Econometrica. 1978. 46(1). С. 69–85. [↑](#footnote-ref-9)
10. Hausman J. A. Specification Tests in Econometrics. Econometrica. 1978. 46(6). С. 1251–1271. [↑](#footnote-ref-10)
11. Hsiao C. Analysis of Panel Data. 3rd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. 366 с. [↑](#footnote-ref-11)
12. Baltagi B. H. Econometric Analysis of Panel Data. 5th ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2013. 400 с. [↑](#footnote-ref-12)
13. Wooldridge J. M. Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data. 2nd ed. Cambridge, MA: MIT Press, 2010. 1064 с. [↑](#footnote-ref-13)
14. Arellano M. Computing Robust Standard Errors for Within-Groups Estimators. Oxford Bulletin of Economics and Statistics. 1987. 49(4). С. 431–434. [↑](#footnote-ref-14)
15. Nickell S. Biases in Dynamic Models with Fixed Effects. Econometrica. 1981. 49(6). С. 1417–1426. [↑](#footnote-ref-15)
16. Driscoll J. C., Kraay A. C. Consistent Covariance Matrix Estimation with Spatially Dependent Panel Data. Review of Economics and Statistics. 1998. 80(4). С. 549–560. [↑](#footnote-ref-16)
17. Conley T. G. GMM Estimation with Cross Sectional Dependence. Journal of Econometrics. 1999. 92(1). С. 1–45. [↑](#footnote-ref-17)
18. Mance, D.; Vilke, S.; Debelić, B. Sustainable Governance of Coastal Areas and Tourism Impact on Waste Production: Panel Analysis of Croatian Municipalities. *Sustainability* **2020**, *12*, 7243. https://doi.org/10.3390/su12187243 [↑](#footnote-ref-18)
19. The impact of TOURISM and seasonality on different types of municipal solid waste (MSW) generation: The case of Ibiza Arbulú, Italo et al. Heliyon, Volume 10, Issue 13, e33894 [↑](#footnote-ref-19)
20. Su, Y., Lee, CC. The impact of air quality on international tourism arrivals: a global panel data analysis. *Environ Sci Pollut Res* **29**, 62432–62446 (2022). https://doi.org/10.1007/s11356-022-20030-6 [↑](#footnote-ref-20)
21. Su, Y., Lee, CC. The impact of air quality on international tourism arrivals: a global panel data analysis. *Environ Sci Pollut Res* **29**, 62432–62446 (2022). https://doi.org/10.1007/s11356-022-20030-6 [↑](#footnote-ref-21)
22. Xiao Y, Qiang WW, Chan CS, Yim SHL, Lee HF (2024) How far can air pollution affect tourism in China? Evidence from panel unconditional quantile regressions. PLOS ONE 19(6): e0304315. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0304315> [↑](#footnote-ref-22)
23. Balli, E.; Cengiz, O.; Koca Balli, A.I.; Akar, B.G. Analyzing the nexus between tourism and CO2 emissions: The role of renewable energy and R&D. *Front. Environ. Sci.* **2023**, *11*, 1257013. [↑](#footnote-ref-23)
24. David Boto-García, Juan Francisco Albert, Nerea Gómez-Fernández, Carbon price shocks and tourism demand, Annals of Tourism Research, Volume 108, 2024, 103813, ISSN 0160-7383, https://doi.org/10.1016/j.annals.2024.103813. [↑](#footnote-ref-24)
25. ENVIRONMENTAL POLICY STRINGENCY AND CO2 EMISSIONS - EVIDENCE FROM CROSS-COUNTRY SECTOR DATA [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://blog.oecd-berlin.de/wp-content/uploads/2023/10/13102023\_EPS\_CO2.pdf [↑](#footnote-ref-25)
26. Yangjie Wang, Shoujuan Zang, Hongjie Qiang, Jinxian Wang, Air pollution disclosing and tourism: Who are winners?, Annals of Tourism Research, Volume 103, 2023, 103659, ISSN 0160-7383, https://doi.org/10.1016/j.annals.2023.103659. [↑](#footnote-ref-26)
27. Noemi Padrón-Fumero , Alba Bauluz , Juan José Díaz-Hernández , Eugenio Diaz-Farina & Aránzazu Hernández-Yumar (19 Jun 2025): Unlocking water saving potential in tourism destinations using Smart Water Meters, Current Issues in Tourism, DOI: 10.1080/13683500.2025.2519662 [↑](#footnote-ref-27)
28. Gan, HeSong & Zhu, DanDan & Waqas, Muhammad. (2024). How to decouple tourism growth from carbon emission? A panel data from China and tourist nations. Heliyon. 10. e35030. 10.1016/j.heliyon.2024.e35030. [↑](#footnote-ref-28)
29. Yang Yang, Xiaowei Zhang, Yu Fu, Foreign tourists’ experiences under air pollution: Evidence from big data, Tourism Management, Volume 88, 2022, 104423, ISSN 0261-5177, https://doi.org/10.1016/j.tourman.2021.104423. [↑](#footnote-ref-29)