

УДК 550:004

DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.113.13>

Роман КИСЛИЙ, асп.
ORCID ID: 0009-0009-4024-138X
e-mail: rkyslyy@gmail.com

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

ПОРІВНЯЛЬНИЙ ОГЛЯД РЕАЛІЗАЦІЇ INSPIRE-ПОРТАЛІВ ТА НАЦІОНАЛЬНИХ ІНФРАСТРУКТУР ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ

(Представлено членом редакційної колегії д-ром геол. наук, проф., член-кор. НАНУ С.А. Вижвою)

Вступ. Стаття присвячена порівняльному аналізу імплементації Директиви INSPIRE у Німеччині, Норвегії, Польщі, Іспанії та Україні. Розглянуто інституційні, правові та технологічні аспекти становлення національних інфраструктур просторових даних (SDI), а також перехід від традиційної моделі "каталогів даних" до "продуктових сервісів", інтегрованих у цифрові двійники та data spaces. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю адаптації практик держав-членів ЄС до української НІГД в умовах воєнних обмежень та євроінтеграції. Метою дослідження є виявлення ефективних моделей координації та управління національними інфраструктурами просторових даних, оцінка рівня інтегрованості та гармонізації геоданих у порівнюваних країнах, а також визначення операційних підходів для підвищення ефективності та стійкості української НІГД у контексті майбутньої інтеграції до European Data Space.

Методи. Дослідження ґрунтується на аналізі офіційних документів Європейської Комісії, національних звітів INSPIRE Country Fiche, нормативно-правових актів та актуальних рецензованих публікацій (2019–2025 рр.). Застосовано порівняльний та системний підходи до оцінки інституційних моделей, архітектур порталів та технологічних рішень (OGC-сервіси, COG/STAC-формати, семантичний веб, OBDA/GeoSPARQL). Виконано структурований аналіз по країнах з узагальненням трендів і типових викликів.

Результати. У Німеччині визначальним є федеративний підхід GDI-DE з єдиним порталом Geoportal.de та координацією BKG; у Норвегії – централізована модель Kartverket у рамках Norway Digital із інтеграцією методів ШІ та семантичних технологій; у Польщі – децентралізована архітектура ПЗГІК та Geoportal.gov.pl з поступовою гармонізацією даних; в Іспанії – багаторівнева мережа IDEE з переходом до cloud-орієнтованих сервісів та впровадженням національної програми дистанційного зондування (PNT). Для України показано подвійну динаміку: нормативне зближення з INSPIRE та одночасне обмеження відкритості в умовах війни. Запропоновано операційні кроки – створення "кураторованого ядра" продуктів, впровадження COG/STAC-каталогів, розробку продуктових API і семантичного рівня доступу до реєстрів.

Висновки. Європейські країни демонструють зміщення від формального виконання INSPIRE до створення інтегрованих екосистем геоданих, заснованих на координації, хмарних технологіях та продуктовому підході. Україна має усі передумови для застосування цих моделей: нормативна база та технічне завдання НІГД відповідають європейським вимогам, потрібні лише операційні механізми реалізації. Результати дослідження мають прикладне значення для органів державного управління, розробників геопорталів та наукової спільноти, які працюють над розвитком української інфраструктури геопросторових даних у післявоєнний період.

Ключові слова: НІГД, INSPIRE, інституційна координація, інтегрованість, продукто-орієнтований підхід, метадані, гармонізація геоданих, цифрові двійники.

Вступ

Постановка проблеми. Стаття присвячена порівняльному аналізу імплементації Директиви INSPIRE у Німеччині, Норвегії, Польщі, Іспанії та Україні. У дослідженні розглядаються інституційні, правові та технологічні аспекти становлення національних інфраструктур просторових даних (НІГД). Особливу увагу приділено еволюції НІГД від традиційної моделі "каталогів даних" до "продуктових сервісів", які інтегровані у цифрові двійники та data spaces. Актуальність дослідження зумовлена гострою необхідністю адаптації успішних практик держав-членів ЄС до умов формування української НІГД. Ця адаптація ускладнюється безпрецедентними викликами, пов'язаними з воєнними обмеженнями, та водночас прискорюється процесами євроінтеграції.

Аналіз публікацій за темою досліджень. Існуючі публікації та офіційні документи, зокрема звіти Європейської комісії та національні огляди INSPIRE, детально описують інституційні та правові аспекти імплементації директиви. Водночас новітні дослідження (2019–2025 рр.) дедалі частіше фокусуються на технологічній еволюції НІГД – переході до хмарних форматів (COG/STAC), семантичних технологій (GeoSPARQL) та інтеграції з методами ШІ. Цей аналіз показує, що хоча технічні рішення та стандарти добре описані, бракує узагальнювального порівняння операційних моделей та ефективних стратегій

координації, особливо в контексті їх адаптації для країн, що проходять етап активної євроінтеграції.

Виділення нерозв'язаних частин загальної проблеми. Як показує аналіз публікацій, загальна проблема полягає у переході від НІГД як каталогів даних до інтегрованих продуктових сервісів. Нерозв'язаною частиною залишається розробка конкретних операційних підходів для України. Хоча українська нормативна база НІГД значною мірою відповідає європейським вимогам, залишаються невирішеними питання практичної реалізації, ефективної координації та, що особливо актуально, балансування між відкритістю даних і безпековими обмеженнями в умовах війни. Відсутній порівняльний аналіз, який би систематизував уроки країн ЄС та запропонував чіткі, адаптовані ідеї та перспективи для української НІГД на шляху до інтеграції в European Data Space.

Мета та завдання дослідження. Метою дослідження є виявлення ефективних моделей координації та управління національними інфраструктурами просторових даних, а також оцінка рівня інтегрованості та гармонізації геоданих у порівнюваних країнах. Ключовим завданням є визначення конкретних операційних підходів для підвищення ефективності та стійкості української НІГД.

Методи

Дослідження виконано на основі порівняльного, системного та структурно-функціонального підходів. Емпіричну базу становили офіційні документи Європейської

комісії, національні звіти INSPIRE Country Fiche, нормативно-правові акти України та країн порівняння, а також актуальні рецензовані публікації 2019–2025 рр. Для аналізу інституційних моделей, архітектур порталів і технологічних рішень (OGC-сервіси, COG/STAC-формати, семантичний веб, OBDA/GeoSPARQL) застосовано порівняльний аналіз, систематизацію та узагальнення.

Результати

Німеччина. У Німеччині система управління геопросторовими даними вибудована навколо вимог Директиви INSPIRE та національної інфраструктури GDI-DE (Infrastruktur für Geodaten in Deutschland). Вона працює як чітко структурований механізм: стратегічні рішення ухвалює Керівний комітет GDI-DE, за повсякденну координацію відповідає Координаційний офіс при Федеральному відомстві картографії та геодезії (BKG), а технічну частину й стабільну роботу сервісів забезпечує Операційний офіс GDI-DE. Саме він підтримує Geodatenkatalog.de, Geoportal.de, реєстри, інструменти валідації та моніторинг (European Commission, 2025d).

Завдяки такому розподілу відповідальності кожна ланка системи має чітко визначену роль: Steering Committee формує політичний курс, Coordination Office стежить за узгодженістю стандартів і робочих процесів, а Operation Office гарантує безперерйну роботу інструментів і сервісів. У результаті дані публікуються та використовуються за узгодженими правилами, що забезпечує сумісність і передбачуваність всієї системи (European Commission, 2025d).

Важливим прикладом міждомчої взаємодії є оновлений портал Geoportal.de, запущений у 2021 р. Він надає доступ до понад 350 000 перевірених наборів даних і карт, а також близько 200 тематично підготовлених шарів, що можуть комбінуватися й відображатися у часових зрізах. За їхнє наповнення та підтримку зворотного зв'язку відповідає спеціальна редакційна команда. Масштаб функціонування порталу забезпечує мережа з понад 3 000 органів влади та наукових установ (BKG, 2021).

На рівні кадастру показовим є впровадження автоматизованої підготовки та вебпублікації стандартних кадастрових оцінок із застосуванням відкритого програмного стека QGIS/PostgreSQL/Lizmap. Цей підхід переводить трудомісткі процедури у відтворювані SQL/Python-конвери, що відповідають вимогам прозорості INSPIRE та положенням § 196 Федерального будівельного кодексу Німеччини (Baugesetzbuch, BauGB) (Baugesetzbuch (BauGB), n.d.). Поеднання правового підґрунтя та базових даних (ALKIS/NAS, плани забудови, реєстри цін, угод) із веб-клієнтом формує безперервний ланцюг "обробка→візуалізація→публікація" для муніципалітетів (Ostadabbas et al., 2019).

Іншим цікавим прикладом аналітичного підходу до розбудови сучасної НІГД є аналіз пошукових запитів користувачів порталу EOWeb Geoportal (Німецький аерокосмічний центр). Він виявив типові проблеми, пов'язані з різними словниками й рівнями експертизи користувачів, і став підставою для рекомендацій щодо інтерфейсів фронтенду та механізмів пошуку, адаптованих до різних сценаріїв та забезпечення релевантності результатів для різних аудиторій (Schindler, Paradies, & Twele, 2018).

Подальший розвиток відбувається в межах ініціативи "Цифровий двійник Німеччини" (Digitaler Zwilling Deutschlands), яка передбачає суцільне лазерне сканування території з роздільною здатністю щонайменше 40 точок/м², інтеграцію базових 3D-даних із численними тематичними шарами у хмарній платформі та

використання методів штучного інтелекту для сценарного аналізу (від повеней до інфраструктурних навантажень). Цей проєкт синхронізовано з європейською програмою Destination Earth і розглядається як національний внесок у загальноєвропейське моделювання, покликане переводити геопортали з площини "пошук-перегляд" у площину прогнозування наслідків та підтримки прийняття рішень (Hopfstock et al., 2021).

Кліматичний вимір відображено у всенациональному картографуванні ризиків від зливових дощів, започаткованому BKG у 2019 р. – дворівневе гідродинамічне моделювання з просторовою роздільністю 1 м спирається на дані Німецької метеорологічної служби, топографічну інформацію та об'єкти водного господарства, а результати публікуються у форматі WMS у Geoportal.de. Єдині методика, вихідні дані та візуалізація гарантують зіставність результатів і використання для управління ризиками, а також для попередження населення (Hovenbitzer, Katz, & Lenk, 2023).

На рівні державної цифрової політики GDI-DE розглядається як складова електронного врядування – оновлена Національна стратегія геоінформації 2.0 (NGIS 2.0), ухвалена IT-планувальною радою у 2024 р., визначає розширення номенклатури доступних даних, підвищення їхньої якості, поліпшення доступу та мережевої взаємодії. Паралельно впроваджується Закон про онлайн-доступ 2.0, модернізація державних реєстрів і використання штучного інтелекту у публічному секторі, що посилює попит на інтегровані геодані та сервісні компоненти GDI-DE (European Commission, 2025d; Ostrau, 2024). У сукупності це означає суттєвий зсув від формальної відповідності INSPIRE до практичного застосування геоданих у сценаріях просторового планування, управління ризиками та реагування на небезпеки (Ostrau, 2024).

Норвегія. Норвегія вибудувала національну інфраструктуру просторових даних навколо програми "Norway Digital", започаткованої у 2005 р. До неї входить понад 500 організацій, серед яких близько 50 центральних органів влади, усі муніципалітети, усі губернські адміністрації, а також близько 130 енергетичних і комунальних компаній. Участь кожного учасника формалізується угодою, а координацію здійснює Норвезьке картографічне управління, яке також виступає національним контактним пунктом INSPIRE (European Commission, 2025a).

Центральною правовою основою є Закон про геодані 2010 р., що імплементує INSPIRE у норвезьке законодавство відповідно до Угоди про ЄЄЗ. Відповідно до нього, дедлайни для гармонізації були відтерміновані: до 2020 р. для наборів Annex I, та до 2023 р. – для Annex II і III. Станом на 2025 р. Норвегія офіційно подала 11 гармонізованих наборів Annex I до INSPIRE-geoportal, тоді як по Annex II-III спостерігається відставання через низький пріоритет деяких установ (European Commission, 2025a).

Попри це, норвезькі набори даних широко інтегровані у цифрові робочі процеси в межах єдиного геопорталу Geoporge – від управління дорогами й залізницями до кризового менеджменту, рибальства й охорони довкілля, мають високу деталізацію та точність, часто походять із місцевих систем збору, а їхнє оновлення відбувається регулярно. Висока якість метаданих і систематичне використання в муніципальному та центральному плануванні роблять норвезький досвід показовим прикладом інтеграції INSPIRE в цифрову економіку та державне управління (European Commission, 2025a).

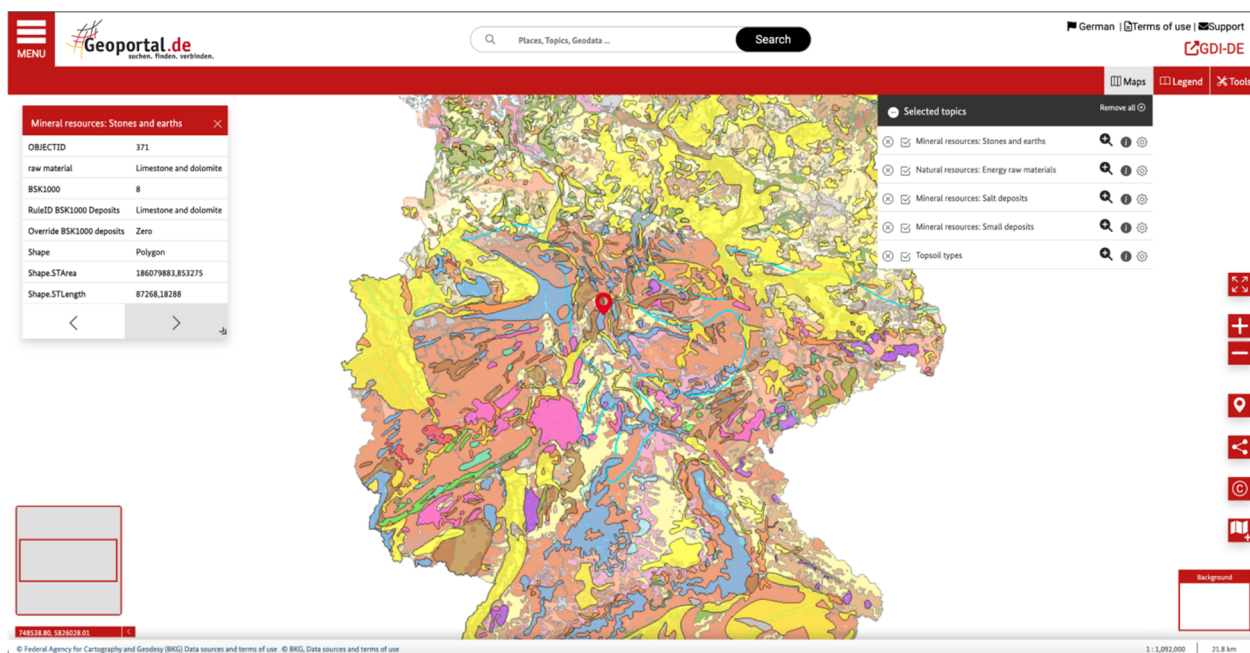


Рис. 1. Користувачий інтерфейс карти мінеральних ресурсів у Geoportal.de

Особливе місце в інфраструктурі посідає моніторинг лісів – Норвегія володіє унікальною мережею з понад 22 000 постійних пробних площ у рамках National Forest Inventory, завдяки чому кожні п'ять років можна отримувати дані для оцінки змін у запасах надземної біомаси. Поєднання цих даних із супутниковими знімками Sentinel-2 і Landsat дало змогу підвищити точність оцінок зміни біомаси (ΔAGB) у 2–3 рази порівняно з польовими методами. Дослідження показали, що навіть використання односезонних знімків Sentinel-2 дозволяє отримувати надійні оцінки ΔAGB , що критично важливо для обліку вуглецевих викидів і поглинання у звітності IPCC (Puliti et al., 2020).

Подальший розвиток відбувся завдяки застосуванню глибоких ансамблів нейронних мереж, які поєднують дані Sentinel-1 (SAR) і Sentinel-2 (оптичні) для створення карт п'яти структурних характеристик лісів (висота 95-го перцентилу, середня висота, щільність, коефіцієнт Джині, фракційне покриття). Тестування на основі даних 41 ALS-місії підтвердило високу точність (частка помилки 11–15 %). Важливо, що модель генерує також карти невизначеності, що підвищує довіру до результатів і придатність для прийняття управлінських рішень у лісовій політиці. На основі цих методів було створено карти структури лісів для всієї території Норвегії з роздільною здатністю 10 м, доступні онлайн як відкритий сервіс (Becker et al., 2021).

У сфері просторового планування ключовим партнером є Copernicus Land Monitoring Service (CLMS). Аналіз показав, що, хоча національні дані (напр., від Норвезького картографічного управління та Норвезького інституту дослідження біоекономіки) є точними та детальними, продукти CLMS, на кшталт Corine Land Cover, Urban Atlas, HRL, забезпечують гармонізацію на європейському рівні й можуть заповнювати прогалини, коли бракує національних програм. Для норвезької практики особливо корисними є дані про зміни землекористування та високодетальні тематичні шари, які можуть інтегруватися в муніципальні планувальні системи (Cysek-Pawlak et al., 2023).

Сучасні виклики інтеграції різномірних даних вирішуються за допомогою семантичних вебтехнологій – у

2025 р. норвезькі дослідники розробили модульний фреймворк на основі OBDA (Ontology-Based Data Access), що поєднує екологічні та гідрологічні дані з різних джерел у єдиному семантичному графі, що дало змогу здійснювати складні SPARQL-запити, отримуючи результати в табличному та картографічному вигляді, і створює передумови для "цифрових двійників" озер і водозборів. Успішним прикладом застосування стала інтеграція даних для озера Мйоса, де різні зацікавлені сторони отримали спільний доступ до актуальної інформації для моніторингу й управління (Ranatunga et al., 2025).

Таким чином, норвезький досвід демонструє збалансовану модель: з одного боку – сильна державна координація через Norway Digital і Kartverket, з іншого – активна інтеграція новітніх технологій дистанційного зондування, ШІ та семантичних підходів. У результаті геоportali та сервіси стають не лише репозиторіями даних, а й платформами для прогнозування, моделювання й інтегрованого управління природними ресурсами.

Польща. Польська інфраструктура просторових даних ґрунтується на Законі про інфраструктуру просторової інформації 2010 р., який імплементував вимоги INSPIRE та заклав багаторівневу систему управління даними, де центральним координатором виступає Міністерство розвитку і технологій. Додатково діє система з 12 провідних органів, що відповідають за 34 тематичні набори, а також численні органи публічної влади, які ведуть профільні реєстри (European Commission, 2025b). Головним інституційним центром є Головне управління геодезії та картографії, що забезпечує роботу національного геоportалу Geoportal.gov.pl як центральної точки доступу до ресурсів і послуг. Паралельно функціонує портал PZGiK, де інтегровані державні геодезичні та картографічні ресурси, реєстри геодезичної основи (геодезичні, гравіметричні та магнітні мережі), кадастрові дані про земельні ділянки й будівлі, реєстри меж, адрес, географічних назв, ортофотоплани та цифрові моделі рельєфу. Вони становлять референтні дані, на які спирається вся національна НІГД (Doskocz, 2023). Система PZGiK організована на трьох рівнях: центральному, воєводському (16 регіональних центрів документації) та повітовому (понад 370 місцевих

центрів), що відповідає адміністративному поділу та забезпечує децентралізоване ведення й оновлення баз, з інтеграцією в єдину національну систему просторової прив'язки (Dokosz, 2023).

Активне використання цих ресурсів підтверджують дослідження університету AGH: Анкетування показало, що

Geoportal.gov.pl є добре відомим і масово застосовуваним сервісом для перегляду, обробки й замовлення даних, що користувачі активно працюють з базами BDOT, цифровими моделями рельєфу, кадастровими картами та подають запити на матеріали PZGiK через портал (Wadowska, Pęska-Siwik, & Maciuk, 2022).

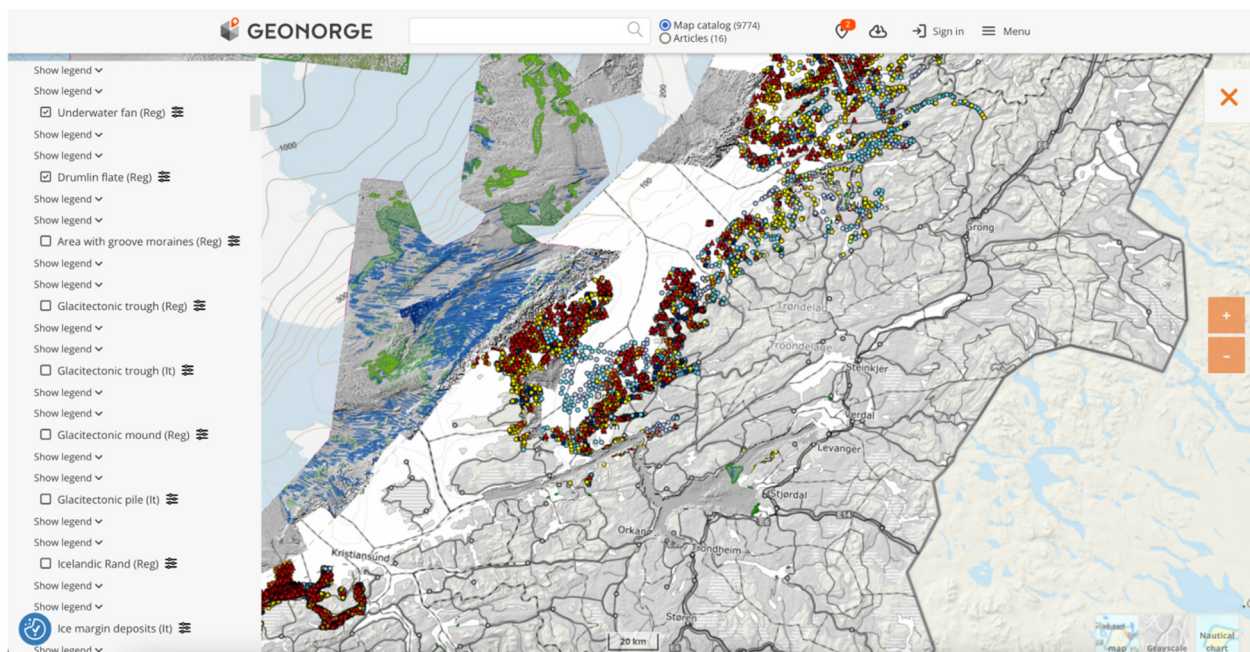


Рис. 2. Інтерфейс Geonorge

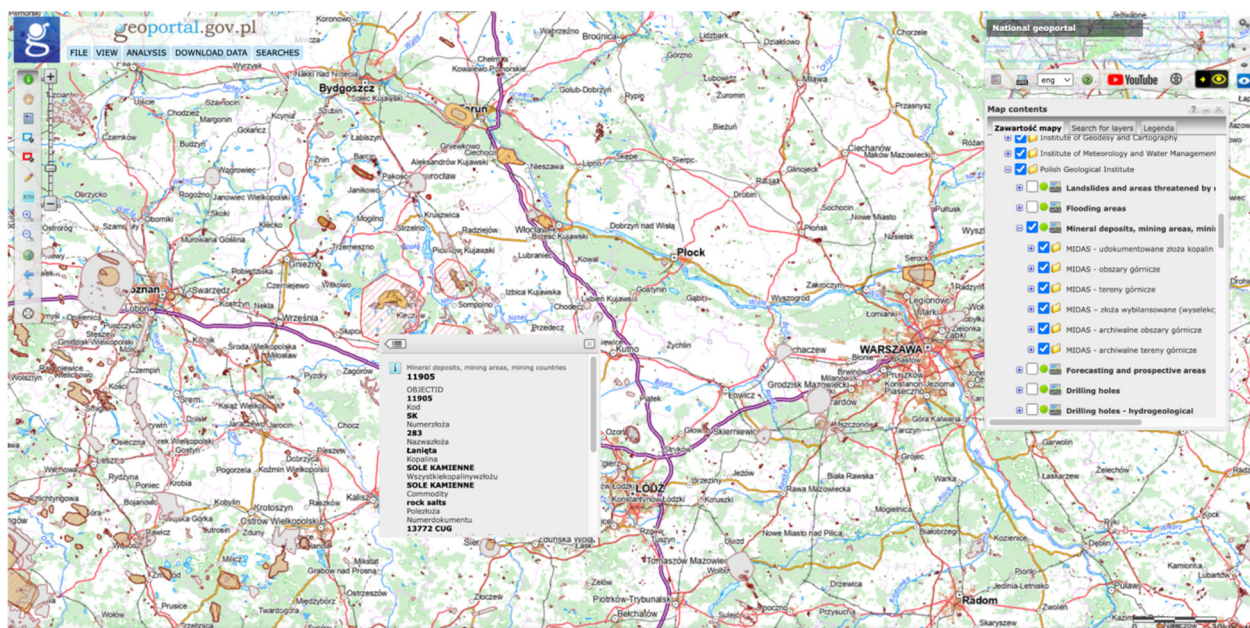


Рис. 3. Інтерфейс Geoportal.gov.pl

Разом із тим рівень доступності та гармонізації даних у Польщі залишається неоднорідним. З одного боку, реалізовано низку успішних проєктів, зокрема ISOK (Informatyczny System Osłony Kraju) для управління ризиками стихійних загроз, а також гармонізовані набори GIOŚ (наприклад, Seveso, моніторинг довкілля), які доступні через INSPIRE geoportal Єврокомісії (European Commission, 2025b). З іншого боку, аналіз доступності 21 теми Annex III показав, що значна частина наборів або не гармонізована, або доступна лише частково, часто без сервісів

завантаження. Серед бар'єрів – складність технічних вимог INSPIRE, розпорошення компетенцій та якості виконання зовнішніми підрядниками (Krawczyk, 2020).

Водночас активно розвиваються нові рішення для просторового планування – у 2023 році було розроблено пілотний геопортал просторового планування, який із застосуванням UML та методу поступового виконання реалізує модуль для створення й аналізу місцевих планів та інтегрує референтні дані, класифіковані в єдиному каталозі землекористування, створеному після широких

консультацій (Michalik, & Zwirowicz-Rutkowska, 2023). Це дало змогу уніфікувати термінологію та уникати різночитань у планах, які раніше унеможливлювали автоматичний GIS-аналіз.

Ще один напрям – інтеграція мобільних великих даних із НІГД для міського планування. На прикладі міста Миколайки показано, що теплові карти поведінкових даних користувачів мобільних пристроїв можуть інтегруватися в локальний план, допомагаючи визначати проблемні зони (транспорт, туризм, рекреація) та пропонувати нові функції для міського середовища (Zwirowicz-Rutkowska, & Michalik, 2024).

Загалом, польський Geoportal.gov.pl має високий рівень функціональності та якості сервісів, але водночас стикається з труднощами повної інтероперабельності на європейському рівні, що відрізняє його від більш інтегрованих систем Німеччини чи Норвегії (Ogryzek, Tarantino, & Rzaśa, 2020). Польща рухається шляхом поєднання класичних централізованих ресурсів (PZGiK, BDOT, цифрові моделі рельєфу) з інноваційними інструментами

планування (тематичні геопортали, великі дані), але при цьому стикається з викликами у сфері гармонізації INSPIRE та інституційної координації.

Іспанія. Іспанська інфраструктура просторових даних сформована внаслідок імплементації Директиви INSPIRE через Закон про інфраструктури та послуги географічної інформації 2010 р. – координацію здійснює Вища географічна рада як керівний орган Національної картографічної системи, технічним та операційним вузлом виступають Національний географічний інститут і його Національний центр географічної інформації, які виконують функції національного контактного пункту INSPIRE. В Іспанії діє розгалужена мережа вузлів НІГД: національних, регіональних, а також вузлів провінцій і муніципалітетів. Станом на 2025 р. у іспанській НІГД опубліковані набори даних усіх трьох додатків INSPIRE (Annex I-III), більшість із них гармонізовані та доступні через сервіси WMS/WFS, включаючи пріоритетні екологічні набори та дані категорії "high value datasets" згідно з Регламентом ЄС 2023/138 (European Commission, 2025c).

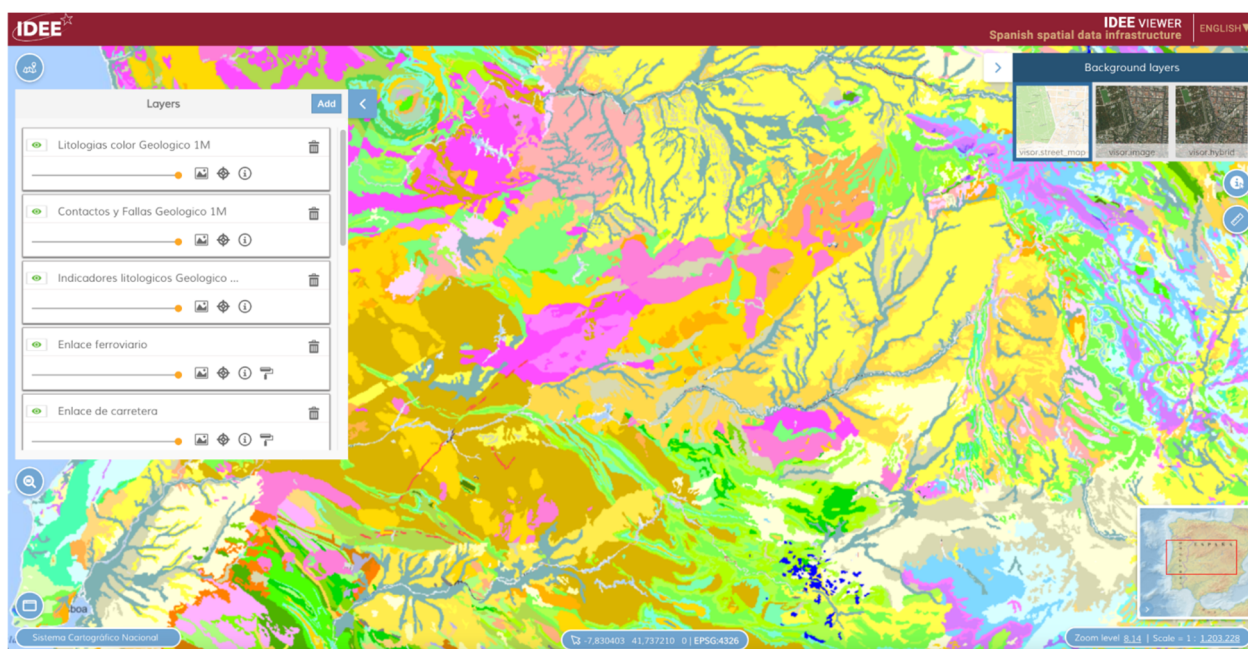


Рис. 4. Інтерфейс IDEE.es

Сильна сторона іспанської моделі полягає в комплексній міжвідомчій координації, де міністерство фінансів через Головне управління кадастру відповідає за теми адрес, будівель і кадастрових ділянок; Міністерство транспорту, мобільності та міської політики – за транспортні мережі, гідрографію, землекористування й покриття земель; Міністерство екологічного переходу – за довкілля та гідрологічні бази; Міністерство сільського господарства – за дані, пов'язані з аграрним сектором і рибальством. Ця багатосекторальність відображається у спільних продуктах, зокрема у CartoCiudad – єдиному національному геокодері адрес та вуличної мережі, створеному завдяки інтеграції даних кадастру, національної статистики та муніципалітетів.

У сфері земельної адміністрації Іспанія має податково орієнтований кадастр, а юридичні права реєструються в Реєстрі власності. Така двоїста система тривалий час створювала розбіжності, які частково вирішено завдяки Закону 13/2015, яким закріплено принцип, за яким кадастрові карти є офіційною картографією земельних одиниць у реєстрі, а механізм альтернативної геоприв'язки

дозволяє виправляти невідповідності між кадастром і фактичними межами. У таких випадках дані меж подаються в електронному вигляді, перевіряються сусідами й нотаріусом, а після оновлення кадастру ділянка набуває статусу координованої, що підвищує правову визначеність і ринкову вартість нерухомості. Водночас лишається проблема: метадані про точність меж не стандартизовані, що знижує прозорість ринку. Вирішення вбачають у впровадженні іспанського "Metadata Core" для опису геометричної якості, інтегрованого з INSPIRE-метаданими (Mora-Navarro et al., 2022).

У міському плануванні показовим прикладом є Загальноіспанська карта містобудівної документації, створена приватною компанією у співпраці з університетами. Вона інтегрує понад 3 000 карт планування від автономних співтовариств і муніципалітетів, що дає змогу переглядати суміжні плани в одному вікні, накладати їх із прозорістю чи ділити екран. Проте аналіз проєкту показав значну гетерогенність даних і символіки: більшість із 8 000 муніципалітетів досі публікують плани у форматі PDF, попри законодавчу вимогу надавати цифрові дані.

Це створює виклики для інтеграції та підкреслює потребу у стандартизації й продовженні таких проєктів, які спрямовані на уніфікацію містобудівних карт (Arnaiz Eguren, & Arnaiz Schmitz, 2022).

Важливим кроком розвитку став запуск у 2023 р. геопорталу IGN і Національної програми дистанційного зондування. Він забезпечує доступ до трьох загальнонаціональних покриттів знімками GeoSat-2 з високою просторовою роздільністю, що перевищує регулярність традиційної ортофотозйомки PNOA. Геопортал орієнтований на органи влади та застосовується у транспорті, сільському господарстві, моніторингу довкілля та міському плануванні. Це перший крок до єдиного вікна для продуктів дистанційного зондування, інтегрованих IGN та партнерами, і приклад трансформації НІГД з використанням хмарних технологій (формат Cloud Optimized GeoTIFF).

Дослідження JRC підкреслюють, що INSPIRE стала основою для переходу до екосистем даних, у яких активними учасниками є не лише державні органи, а й приватний сектор та ініціативи громадянської науки – для Іспанії це означає відкритість до використання альтернативних джерел даних (сенсори, краудсорсинг, комерційні супутники) та потенціал для розширення ролі іспанської НІГД як складової European Data Space (Kotsev et al., 2020).

Таким чином, Іспанія демонструє дві паралельні траєкторії розвитку. З одного боку, стабільну та добре структуровану національну НІГД з розгалуженою мережею регіональних вузлів, що забезпечує формальну відповідність INSPIRE, а з іншого – розрив між законодавчими вимогами та реальною практикою (особливо на муніципальному рівні) і пошук нових форматів інтеграції, як-от семантичні метадані, стандарти для кадастру чи хмарні сервіси супутникових даних, що робить Іспанію показовим прикладом переходу від класичної НІГД до концепції data spaces.

Україна. Формування Національної інфраструктури геопросторових даних (НІГД) в Україні відбувається на перетині європейських інтеграційних процесів та умов повномасштабної війни. Нормативна основа була закладена Законом України "Про національну інфраструктуру геопросторових даних" від 13 квітня 2020 р. № 554-ІХ, який визначає організаційні та правові засади створення й функціонування інфраструктури, вводить поняття базових і тематичних наборів даних, метаданих, національного геопорталу як центрального вузла доступу, а також принципи інтероперабельності, відкритості та інтеграції до європейського простору даних (Закон України № 554-ІХ, 2020). На цій основі було вибудовано багаторівневу архітектуру: національний геопортал, портали центральних органів виконавчої влади, відомчі та муніципальні геопорти, що разом утворюють єдину мережу публікації геоданих. Порядком функціонування НІГД закріплює цей принцип мережевої взаємодії, де координація та інтеграція відбувається через центральну платформу, а виробництво та оновлення даних залишаються децентралізованими (Лященко та ін., 2021).

Технічне завдання, розроблене у 2022 р. для створення Національного геопорталу НІГД, передбачає понад десять функціональних модулів – від ведення метаданих, пошуку та візуалізації даних до геокодування адрес і кабінету користувача. У документі чітко зазначені вимоги до використання стандартів OGC (WMS, WFS, WCS, WPS), INSPIRE-специфікацій та координатних систем UCSK-2000, ETRS89, WGS84, що має забезпечити повну технічну сумісність з європейськими інфраструктурами (Держгеокадастр, 2022). Таким чином, Україна інтегрує міжнародні стандарти у власну систему ще на етапі її становлення, що дозволяє уникати ізоляваності та готуватися до майбутньої участі в European Data Space.

Попри амбітні плани, оцінка розвитку НІГД за індикаторами UN-GGIM показала у 2021 р. лише 0,39 (39 %), що віднесло Україну до групи країн із геопросторовим розривом (Карпінський та ін., 2021). Найслабшими ланками залишалися врядування, стабільне фінансування, кадровий потенціал та якість оновлення даних. Це означало, що формально запроваджені інститути потребували значних ресурсних і організаційних зусиль для реального функціонування. Ситуація стала ще складнішою у 2022 р., коли через повномасштабне вторгнення РФ було запроваджено обмеження відкритого доступу до низки державних геопорталів: Публічної кадастрової карти, геопорталу Державної геодезичної мережі, пілотного НІГД (United Nations..., 2023). Це стало проявом картографічної цензури, спрямованої на зниження ризиків використання просторових даних ворогом у військових цілях (Мартин, Тревого, & Євсюков, 2024). Така практика зменшує прозорість, але в умовах війни виправдана, оскільки забезпечує безпеку критичної інфраструктури. Пропонується впровадження ризик-орієнтованого підходу та авторизованого доступу для балансування між безпекою та відкритістю.

Україна активно співпрацює з міжнародними партнерами: реалізуються спільні проєкти з JICA та USAID, підписані меморандуми з EUROGI, відбувається обмін досвідом у межах UN-GGIM. Це дає змогу компенсувати обмеження внутрішнього фінансування та інтегрувати українську НІГД у глобальні процеси.

Суттєвим трендом є формування геопорталів територіальних громад, що стало можливим завдяки реформі децентралізації. Вони покликані забезпечувати публікацію даних комплексних планів просторового розвитку та підтримку процесів містобудівного планування на місцях. Прототип геопорталу Нововодолазької громади Харківської області засвідчив потенціал використання open-source платформ для локального управління, але водночас виявив низку проблем – відсутність уніфікованих стандартів, різномірність форматів та різні рівні якості даних (Ачкасов та ін., 2024). Цей приклад показує, що розвиток НІГД має включати методичне забезпечення громад, щоб уникнути розбалансованості локальних рішень і забезпечити їхню інтеграцію в національну систему.

Важливим напрямом залишаються геоінформаційні системи у сфері безпеки. Вони забезпечують аналіз ризиків, планування й координацію дій сил безпеки, підтримку прийняття рішень у кризових ситуаціях, моделювання сценаріїв та візуалізацію загроз. Використання ГІС у силових структурах України довело свою ефективність, проте проблеми полягають у недостатньому фінансуванні, частковому нормативному забезпеченні та відсутності загальнодержавних програм розвитку таких систем (Споришев, 2024). Війна водночас стала каталізатором: стрімке впровадження ГІС у військовій і безпековій сферах показало їхню незамінність, а отже, посилює аргументи на користь інвестицій у цю сферу.

Таким чином, розвиток НІГД в Україні має подвійний характер – з одного боку, нормативна та технічна база, створена у 2020–2022 рр., наближає систему до європейських стандартів і створює фундамент для інтеграції у European Data Space. З іншого боку, війна змусила обмежити відкритість і поставити безпеку вище за прозорість, що відрізняє українську модель від досвіду більшості країн ЄС. Проте навіть у цих умовах триває робота над геопорталами, модернізацією кадастру, розвитком геопорталів громад і впровадженням ГІС у секторі безпеки. Це демонструє, що українська НІГД є стійкою системою, яка здатна адаптуватися до кризових умов, зберігаючи потенціал для майбутньої інтеграції в європейську екосистему геоданих.

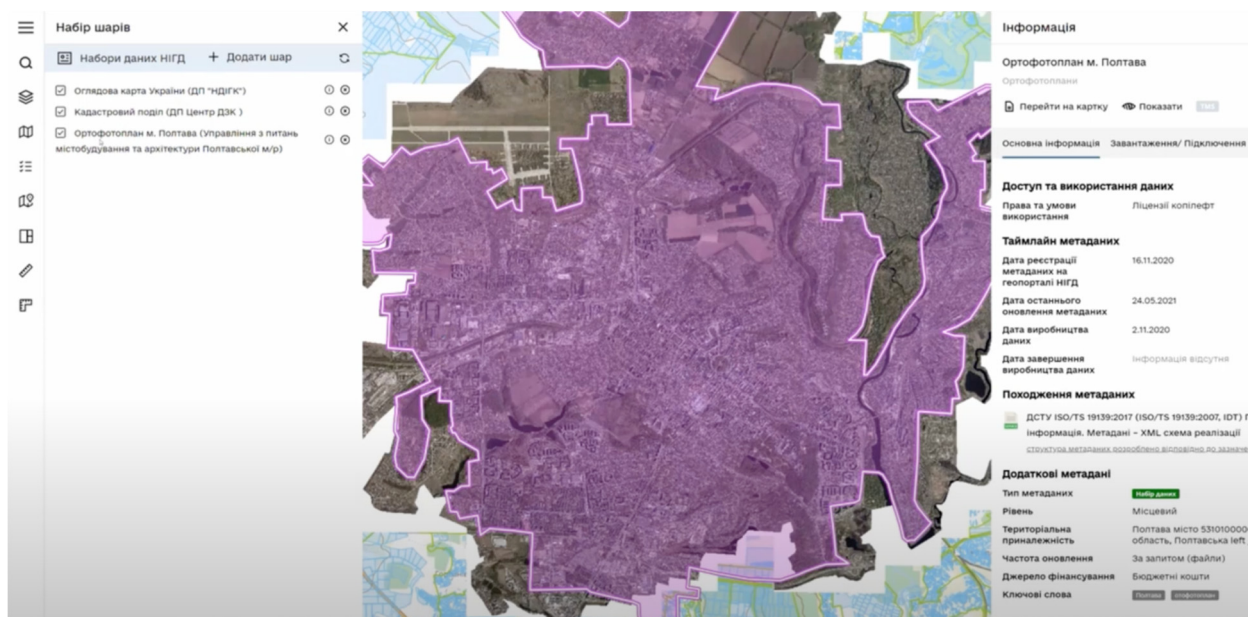


Рис. 5. Інтерфейс Національного геопорталу України

Місце геології та геофізики. Геологічні та геофізичні елементи надають порталам функцію перетворення первинних вимірювань на відтворювані просторові показники з відомим походженням і межами точності. На відміну від оглядових карт, ці елементи вимагають показати повний ланцюг "збір → оброблення → похідний продукт → веб-служба доступу", де фіксуються методики, параметри якості, невизначеність і зв'язок з іншими наборами. Це дає змогу перейти від конкретного об'єкта на карті до первинного запису (каротаж, сейсмічна форма, батиметрична траєкторія, відео з донної камери тощо) і назад до узагальненого показника, що робить такі портали придатними для навчання, досліджень і прикладних рішень (Betlem et al., 2023; Bøe et al., 2022; Senger et al., 2021).

Показовим є норвезький приклад інтеграції поверхневої геології з підповерхневими інтерпретаціями. Платформу Svalbox створено для подолання розпорошення польових матеріалів і цифрових моделей відслонень: вона приймає тривимірні моделі з повними метаданими про походження, геоприв'язку й кроки реконструкції, зв'язує їх із польовими журналами, панорамними зображеннями та профілями підповерхневих методів, а також надає зразки синтетичної сейсміки для прямого зіставлення опису розрізу з хвильовим поданням пластів (Betlem et al., 2023; Senger et al., 2021). У щоденній роботі це означає контроль якості, версіонування та розповсюдження моделей через геоінформаційні служби; у ширшій архітектурі Svalbox виступає вузлом з'єднання поверхневих і підповерхневих джерел: університетські курси отримують відтворювані навчальні набори; дослідники – прозорі процедури перевірки й повторного аналізу; виробничі команди – швидкий доступ до узгоджених тривимірних об'єктів для кількісної інтерпретації (Betlem et al., 2023; Senger et al., 2021).

Морська геофізика демонструє впорядкований перехід від зйомок до тематичних карт, придатних для управління простором. Програму MAREANO в Норвегії створено для усунення дефіциту уніфікованих відомостей про морське дно, потрібних для планування: багатопроменева батиметрія, реєстрація зворотного розсіювання, відеоспостереження та відбір проб узгоджуються за масштабом і класифікаціями й конвертуються у морські базові карти рельєфу, субстратів, умов

якоріння, копальності та зон акумуляції (Bøe et al., 2022). У національній архітектурі даних MAREANO виконує роль виробника перевірених геологічних шарів, що як відкриті вебслужби підключаються до адміністративних і дослідницьких процесів та гармонізуються з пан'європейськими наборами EMODnet Geology; наслідок – порівнянність між акваторіями для державних органів, предиктори для наукових моделей біотопів, вхідні шари для бізнес-проектів (кабелі, аквакультура) і зрозуміла для громадян інформація про умови дна у зонах використання (Bøe et al., 2022).

У підповерхневих застосуваннях портали поєднують геофізику свердловин, геологічні моделі та регуляторні процедури. В Україні електронний архів результатів геофізичних досліджень свердловин підземних сховищ газу розв'язує задачу розпорошених фондів: шар із позиціями й типами свердловин синхронізовано з таблицями каротажів і структурними контурами, тож користувач переходить від карти до вимірювання і назад, що скорочує цикл підготовки геолого-гідродинамічних моделей та експлуатаційних рішень (Volovetskyi et al., 2024). Для відбору ділянок під підземне зберігання водню в Німеччині узагальнено параметри, які доцільно оприлюднювати у вигляді карт потенціалу: глибина і температура колекторів, пористість і проникність, склад пластових вод і можливі геохімічні взаємодії; саме їх об'єднання в просторові моделі переводить розрізнену інформацію в інструмент попереднього скринінгу з наступною валідацією за польовими та лабораторними вимірами (Alms et al., 2023). На рівні ринку надрокористування Польща показує послідовний ланцюг "архіви звітів і запасів → карти тендерних блоків → раунди ліцензування", у якому портали зменшують витрати інвесторів на первинний скринінг і забезпечують для громадян прозорість використання надр (Wójcik et al., 2022). Дослідницький проект BrineRIS фіксує ще одну ланку: придатність відкритих даних до злиття з геологічними та гідрогеологічними шарами прямо залежить від стандартних форматів і достатніх метаданих якості, тому специфікації полів метаданих на рівні порталу безпосередньо впливають на відтворюваність досліджень (Wdowin, Speczik, & Toboła, 2021).

Динамічний геофізичний вимір у порталах доцільно реалізовувати у вигляді подієвих каталогів, побудованих

за прозорою схемою "сирі сигнали → детекція → локалізація → оцінка невизначеності → публікація запису події". На прикладі півночі України у 2022 р. це демонструє аналіз масиву сейсмічної станції Малин Міжнародної системи моніторингу ДВЗЯВ, що складається з 24 датчиків: було побудовано автоматизований конвеєр виявлення вибухів зі стохастичним порогуванням за коротко-довгими вікнами, міграцією та стекуванням характеристичних функцій по всіх елементах масиву, асоціюванням фаз і подальшим уточненням за інфразвуковими реєстраціями там, де вони присутні. Результатом став відтворений каталог понад тисячі подій за період від лютого до листопада 2022 р. з просторовим покриттям приблизно 300×200 км, у якому для кожної події збережено час, координати, оцінку величини, використані фази та межі точності; приблизно третина записів має інфразвукові ознаки, що дає змогу відокремлювати наземні або атмосферні вибухи від глибинних джерел. Перевірка якості здійснювалася через незалежні відкриті повідомлення та аналіз окремих кейсів, зокрема серії вибухів поблизу залізничної інфраструктури у травні 2022 р., де часово-просторові параметри подій були зіставлені з додатковими джерелами для підтвердження локалізації. Для порталової реалізації з цього досвіду безпосередньо впливають вимоги до структури запису: ідентифікатор події, час за узгодженим стандартом, широта/довгота та їх стандартні відхилення, типи виявлених фаз, метод локалізації, оцінка величини з діапазоном достовірності, показники якості (наприклад, співвідношення сигнал/шум і величина стеку), посилення на первинні фрагменти хвильових форм і протокол оброблення. Таке подання робить можливим приєднання шару подій до інших тематичних наборів порталу (адміністративні межі, об'єкти інфраструктури, зони обмежень) і формалізує порівняння між періодами без зміни налаштувань алгоритмів, а також дозволяє незалежним користувачам відтворити детекцію та локалізацію з тих самих сигналів (Dando et al., 2023).

Порівняльний аналіз. Порівняльний зріз показує, що національні INSPIRE-портали та інфраструктури геопросторових даних еволюціонують у три взаємопов'язані напрями: (1) розбудова єдиних вікон доступу з масштабованим каталогом і відібраними наборами для суспільно значущих завдань; (2) перехід від класичних сервісів OGC до хмарно-орієнтованих форм розповсюдження та опису активів (COG/STAC) і нових API; (3) інтеграція з галузевими цифровими близнюками й доменною аналітикою, де геодані стають сировиною для прийняття рішень у режимі, наближеному до реального часу. У Німеччині цю траєкторію уособлює оновлене Geoportal.de, що агрегує ~350 тис. датасетів і карт, залучаючи понад 3 000 організацій-постачальників; водночас для швидких суспільних сценаріїв сформовано пул з ~200 кураторованих наборів, придатних до комбінування і перегляду часових рядів (BKG, 2021). Така конфігурація адресує дві потреби: повний покрив на рівні інфраструктури і водночас низький поріг входу для користувацьких сценаріїв від питання до карти, що критично у кризових або міжвідомчих кейсах (BKG, 2021).

Норвегія демонструє іншу грань зрілості – тісне зрощення НІГД з довготривалими моніторинговими програмами та методами машинного навчання. На рівні лісового сектору поєднання NFI-вимірювань з Sentinel-1/2 і Landsat дало змогу у 2014–2019 рр. підвищити точність оцінки змін запасів надземної фітомаси до трьох разів відносно сито польових оцінювачів; найбільш точні результати отримано для бітемпоральних мозаїк Sentinel-2 (SE≈1,7 Mt) (Puliti et al., 2020). Ця ж логіка масштабування на всю країну з 10-метровою роздільною

здатністю і кваліфікованими оцінками невизначеності доведена в роботі з використанням глибоких ансамблів та злиття Sentinel-1/2, тренованих на 41 ALS-місії (Becker et al., 2021). Такий підхід важливий для планування та звітності щодо клімату й біорізноманіття, бо переносить фокус НІГД з каталогу шарів на каталог надійних похідних показників з явною невизначеністю. Паралельно норвезькі дослідження пропонують семантичну надбудову для інтеграції різнорідних екологічних потоків у форматі OBDA/GeoSPARQL; ця архітектура зменшує семантичні розриви та виключає дублювання даних завдяки віртуальним знанням-графам і трансляції SPARQL→SQL на льоту (Ranatunga et al., 2025).

Польща ілюструє наслідки тривалої взаємодії між централізованими реєстрами і тематичними порталами – аналітика доступності наборів показує неоднорідність виконання вимог щодо публічності та сервісності; частина ресурсів надається через історично сформовані канали, що ускладнює споживання для просторового планування (Dorskocz, 2023; Krawczyk, 2020). Водночас є приклади прикладної орієнтації – спеціалізований геопортал для потреб планування в інтегрованих інструментах моніторингу й оцінки зміни призначення територій; тут НІГД працює як "транспортний шар" для рішень, а не самоціль (Michalik, & Zwirowicz-Rutkowska, 2023). На системному рівні польські матеріали акцентують виклики важких даних (динамічні, потокові, мобільні) і потребу гібридних схем оброблення, де класичні стандарти INSPIRE доповнюються технологіями великих даних (Zwirowicz-Rutkowska, & Michalik, 2024).

Іспанія показує практичний кейс швидкої інституційної організованої поставки знімальних продуктів VHR для всього державного сектору через один тематичний портал Plan Nacional de Teledetección: три щорічні покриття 2021–2023 рр., >4 000 сцен на рік по 12×12 км, доступ за обліковими записами, контроль якості з геометричною точністю на рівні CE90 < 4 м (Bermejo Priego, 2024). Вибір форматів COG і каталогу STAC зменшує затрати на передачу та підвищує інтегрованість з екосистемами DIAS/Copernicus Data Space; архітектура орієнтована на статистику використання й на подальше додавання інших супутникових продуктів, що робить портал зручним інструментом для геоспостережень (Bermejo Priego, 2024). Паралельно іспанська лінія розвитку НІГД входить у логіку "data spaces": акцент переноситься із сумісності метаданих на повторне використання даних у міжгалузевих ланцюгах вартості, де роль стандартів – створити передбачувану "правову й технічну обгортку" для обміну (Kotsev et al., 2020).

Для України ці траєкторії релевантні у світлі вимог Закону № 554-IX і технічного проєкту геопорталу НІГД: нормативна база вже закладає обов'язковість відкритості, інтеоперабельності (OGC-сервіси, метадані) і мережевої взаємодії із РТГ/відомствами (Держгеокадастр, 2022; Закон України № 554-IX, 2020). У наукових і прикладних роботах простежується наголос на двох площинах: з одного боку, необхідність суворої інтеоперабельності й уніфікованих протоколів обміну (класи стандартів, профілі метаданих, сервісні контракти) (Карпінський та ін., 2021; Лященко та ін., 2021), з іншого – потреба організувати публічність з урахуванням безпекових обмежень, режимів доступу та ролей зацікавлених сторін (Споришев, 2024). Додатково вказано на потребу рамок, де геоінформаційні системи сил безпеки інтегруються в державне управління за чіткими регламентами даних і взаємодії з цивільними ресурсами (Споришев, 2024).

Зіставлення підходів різних країн дає змогу окреслити не просто набір "хороших практик", а зрозуміти, які

операційні рішення запускають зміни в інституційній поведінці та щоденному користуванні геоданими. У німецькому випадку помітно, що модель "єдиного вікна" працює лише тоді, коли поруч із великим каталогом існують кураторовані добірки, які знімають зайві витрати часу на пошук і дають користувачам готові комплекти даних для типових ситуацій. Саме це пояснює, чому понад дві сотні тематичних наборів поверх базової колекції Geportal.de стали інструментом щоденного використання не тільки для профільних фахівців, а й для ширшої аудиторії (BKG, 2021). В українських реаліях подібну функцію могла б виконувати постійно підтримувана серія "пакетів застосування" – наприклад, для моніторингу повеней, відбудови чи оцінки стану довкілля. Якщо такі добірки матимуть чітко визначені політики оновлення та контрольні списки якості, вони дійсно можуть зменшити різноманітність доступних практик і дати територіальним громадам зрозумілий пункт входу (Держгеокадастр, 2022).

Другий напрямок пов'язаний із тим, що перехід до хмарних форматів покриттів і каталогів активів (переважно COG+STAC) суттєво спрощує роботу на локальному рівні – особливо там, де в муніципалітетах бракує спеціалістів з дистанційного зондування. Досвід Іспанії з порталом VHR, який щороку акумулює нові покриття та фіксує статистику використання, демонструє, як один сервіс може обслуговувати різні галузі: від аграрних задач до аналізу міських змін чи оцінки природоохоронних параметрів (Bermejo Priego, 2024). Для українських громад аналогічний формат – доступ до стандартизованих покриттів із прозорими метаданими, можливість фільтрувати за датою чи хмарністю та без потреби у складних ГІС-операціях – вже визначено як необхідний інструмент для подолання типових "організаційних бар'єрів" у роботі не-експертів (Ачкасов та ін., 2024).

У тих сферах, де від користувача потрібні не карти як такі, а показники стану (ліс, вуглець, моделі ризиків), ключовим стає не обсяг даних, а якість методичних описів та оцінка невизначеності. Норвезькі дослідження добре демонструють, як виконується масштабування показників: поєднання Sentinel-1/2 з польовими NFI-вимірюваннями й авіаційним лазерним скануванням дозволяє отримати безперервне покриття із задокументованою точністю, тобто з набором похибок, відомих перед використанням (Becker et al., 2021; Puliti et al., 2020). Для України урок полягає в тому, що НІГД має розвиватися не тільки як каталог стандартних сервісів WMS/WFS, а як середовище для продуктивних інтерфейсів, де чітко описано джерела, алгоритми, правила версійності та якість продуктів. Нормативні вимоги до стандартів уже сформульовані, але на практиці бракує рівня продуктової інженерії, яка включає звіти про використання, стабільність сервісів і контроль еволюції методик (Держгеокадастр, 2022; United Nations..., 2023).

Ще однією спільною рисою для країн, що рухаються до інтегрованих НІГД, є перехід від простого узгодження форматів до семантичних моделей доступу. У Норвегії саме це стало підставою для застосування OBDA-підходів і GeoSPARQL для створення віртуальних знання-графів. Ідея полягає в тому, щоб працювати з різнорідними джерелами напряду, не створюючи окремих копій чи ETL-конвеєрів для швидкозмінних даних (Ranatunga et al., 2025). Для України це важливо передусім там, де набори мають різні режими доступу – кадастрові дані, екологічні реєстри, ресурси сектору безпеки. У такому випадку віртуальні графи дозволяють вводити політики доступу на рівні самих запитів, не перебудовуючи базові реєстри та не порушуючи обмеження щодо публічності (Споришев, 2024).

Таблиця 1

Порівняльна характеристика моделей реалізації НІГД у досліджуваних країнах

	Модель управління та координатор	Ключові технологічні рішення	Особливості підходу	Операційна пропозиція
Німеччина	Федеративна	Інтеграція ~350 тис. наборів даних; створення цифрового двійника; автоматизовані конвеєри публікації кадастру	Поєднання повного каталогу з ~200 куратованими тематичними наборами для легкого доступу не-спеціалістів	Створення куратованого ядра з 30–50 тематичних продуктів для критичних потреб (відбудова, екологія)
Норвегія	Централізована	Використання AI та Deep Learning (лісовий моніторинг); семантичні вебтехнології (OBDA/GeoSPARQL)	Перехід від карт до продуктивних сервісів із оціненою невизначеністю та інтеграція науки в НІГД	Впровадження продуктивних вітрин аналітики з паспортами якості та оцінкою похибок для моніторингу ресурсів
Іспанія	Мережева / Багаторівнева	Хмарні формати (Cloud Optimized GeoTIFF, STAC); національна програма ДЗЗ	Орієнтація на Data Spaces; єдине вікно доступу до супутникових знімків високої роздільної здатності	Створення VHR-підсистеми (супутникові дані) на базі COG/STAC для централізованого забезпечення громад
Польща	Децентралізована	Масовий портал Geportal.gov.pl; інтеграція Mobile Big Data для планування	Висока популярність сервісів серед населення, але проблеми з гармонізацією даних на місцевому рівні	Стандартизація муніципальних геопорталів та уніфікація шаблонів метаданих для уникнення фрагментації
Україна	Змішана	Впровадження стандартів OGC та INSPIRE; розвиток геопорталів громад	Подвійна динаміка: нормативна євроінтеграція при обмеженні відкритості через воєнний стан	Впровадження продуктивних API та семантичного шару доступу для балансування між безпекою та розвитком

Окремо слід зважати на інституційний вимір. Досвід Німеччини показує, що узгоджені механізми співпраці між федерацією, землями та муніципалітетами – це спосіб не допустити розпорошення окремих ініціатив та запобігти дублюванню трудомістких процесів. У GDI-DE ці

функції зведені до прозорої моделі спільного управління й уніфікованих каналів інтеграції з Geportal.de, що дозволяє позиціонувати платформу як універсальний сервіс для різних типів користувачів (BKG, 2021; European Commission, 2025d). В Україні законодавчі документи та

технічні вимоги вже закладають взаємодію між державним рівнем та РТГ, однак необхідно формалізувати редакційні функції кураторства добірок і передбачити обов'язкові звіти про якість та споживання даних. Такі інструменти можуть стати основою стійкої моделі управління, яка забезпечує не лише технічну сумісність, а й узгодженість практик між різними групами користувачів (Держгеокадастр, 2022; Закон України № 554-IX, 2020).

Дискусія і висновки

Порівняльний огляд реалізації Директиви INSPIRE у провідних європейських країнах однозначно демонструє, що її положення є лише каталізатором для глибинних інституційних і технологічних трансформацій, а не кінцевою метою. Успіх національних інфраструктур геопросторових даних (НІГД) Німеччини, Норвегії, Польщі та Іспанії визначається здатністю перейти від формального нормативного дотримання до створення операційно досконалої та продукто-орієнтованої екосистеми. Ключова дискусія точиться навколо трьох стратегічних викликів: оптимальної моделі координації, впровадження хмарних технологій нового покоління та вирішення унікального для України безпекового парадоксу.

Інституційна модель координації є, мабуть, найбільш критичним фактором, що визначає швидкість і однорідність гармонізації. Досвід Німеччини з її федеративною, кооперативною моделлю (GDI-DE) засвідчує високий рівень залучення регіонів, але часто ціною складності та уповільнення загальних процесів. На противагу цьому, централізований, інтеграційний підхід Норвегії дає змогу досягти більшої швидкості впровадження інновацій та уніфікації стандартів, тісно інтегруючи НІГД з національними цифровими програмами. Це зіставлення підкреслює, що для України критично важливим є розробка гібридної, гнучкої моделі, яка б ефективно балансувала потреби децентралізованого управління та необхідність єдиної національної політики у сфері даних.

Важливим уроком, зокрема з досвіду Польщі, є те, що кількість даних не дорівнює якості чи інтероперабельності. Хоча Geoportal.gov.pl є популярним, проблеми з повною та однорідною гармонізацією на місцевому рівні вказують на пріоритет інституційної волі та формалізації редакційної відповідальності над простою агрегацією. Успіх НІГД Норвегії та Іспанії ґрунтується на законодавчо закріпленій взаємодії відомств та обов'язковій системі контролю якості метаданих і самих даних. Це означає, що для України ключовим є не лише прийняття законодавства, а й операціоналізація повноважень органу-координатора.

Технологічний вимір засвідчує кардинальний зсув: НІГД перетворюється з пасивного каталогу метаданих на динамічну платформу, орієнтовану на кінцевого користувача та геопросторові продукти. Цей зсув зумовлений потребою в реальному часі обробки експоненційно зростаючих обсягів даних дистанційного зондування. Європейські країни активно інвестують у концепцію Cloud-Native SDI.

У цьому контексті технологічний перехід до хмарно-оптимізованих форматів, таких як Cloud Optimized GeoTIFF та специфікації SpatioTemporal Asset Catalog, стає імперативом. Як демонструє досвід Іспанії, це дає змогу ефективно управляти великими масивами даних, забезпечуючи швидкий доступ лише до необхідних фрагментів. Для української НІГД це є унікальною можливістю обійти застарілі технологічні етапи й одразу будувати стійку, економічно вигідну та масштабовану інфраструктуру.

Крім того, передові моделі, особливо в Норвегії, акцентують увагу на семантичній інтеграції та використанні штучного інтелекту. Застосування підходів, таких як OBDA, забезпечує єдиний, узгоджений доступ до

різнорідних даних, тоді як ШІ використовується для автоматизованого моніторингу, оцінки невизначеності даних та підвищення їхньої надійності. Це свідчить про те, що майбутнє НІГД лежить у площині інтелектуальної аналітики та цифрових двійників.

Однак для України існує унікальний стратегічний виклик, який не стояв так гостро перед країнами ЄС: баланс між принципом відкритості геоданих для потреб відновлення та критичними вимогами національної безпеки. Неконтрольована публікація високоточних даних є неприпустимою в умовах триваючої агресії, але інвестори та партнери з відбудови потребують детальної, якісної інформації.

Виходом із цієї проблеми є створення диференційованої, багаторівневої системи доступу. Це вимагає розробки чітких протоколів, які б дозволяли публікувати узагальнені, агреговані дані для публічного використання, водночас надаючи обмежений, верифікований доступ до високоточних даних лише уповноваженим державним органам та акредитованим інвесторам/дослідникам за прикладом ліцензування чутливих даних у Німеччині та Іспанії.

Стратегічні рекомендації для України мають бути сфокусовані та продукто-орієнтовані. Замість спроб гармонізувати всі 34 тематичні набори INSPIRE, необхідно зосередитися на формуванні "куратованого ядра" з 30–50 найбільш критичних наборів (наприклад, для землекористування, відновлення інфраструктури, моніторингу екології) і доведення їх до найвищого рівня якості та гармонізації.

Отже, ключовим операційним кроком має стати створення Єдиного геопросторового інтерфейсу, який функціонує не як статичний каталог, а як платформа, що забезпечує готові аналітичні API-сервіси для безшовної інтеграції з державними реєстрами та приватними ГІС-системами. Такий підхід, поєднаний із негайною міграцією на хмарні формати та формалізацією інституційної відповідальності, дозволить Україні не просто наздогнати, а й перестрибнути застарілі технологічні етапи, створивши сучасну, стійку та інтегровану в європейський цифровий простір НІГД.

Джерела фінансування. Автори заявляють про відсутність зовнішнього фінансування для проведення цього дослідження та підготовки рукопису до публікації.

Список використаних джерел

- Ачкасов, А., Попович, Н., Пересадко, В., & Гордезіані, Т. (2024). Геоінформаційне забезпечення геопорталів територіальних громад: доведені реалії й післявоєнні перспективи. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія "Географія. Екологія"*, 60, 124–136. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-09>
- Держгеокадастр. (2022). *Технічне завдання на створення Національного геопорталу НІГД*. https://land.gov.ua/wp-content/uploads/2023/01/%D0%A2%D0%97-%D0%93%D0%B5%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82%D0%B0%D0%BB-%D0%9D%D0%86%D0%93%D0%94-13_12_2022.pdf
- Закон України Про національну інфраструктуру геопросторових даних № 554-IX. (2020). *Відомості Верховної Ради України*, 37, ст. 277. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20>
- Карпінський, Ю., Лященко, А., Макаренко, Д., & Черін, А. (2021). Національна інфраструктура геопросторових даних України у світовому вимірі: стан та завдання розвитку. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*, 1, 41. http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&S21P03=FILE=&S21STR=sdgn_2021_1_17
- Лященко, А., Карпінський, Ю., Гаврилюк, Є., & Черін, А. (2021). Методи та засоби забезпечення інтероперабельності компонентів НІГД. *Містобудування та територіальне планування*, 77, 309–319. <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2021.77.309-319>
- Мартин, А., Тревого, І., & Євсюков, Т. (2024). *Управління публічністю геопросторових даних в Україні в умовах воєнного часу*. Кадастр. <https://zgt.com.ua/wp-content/uploads/2024/04/29.pdf>

- Споришев, К. (2024). Геоінформаційні системи в державному управлінні діяльністю сил безпеки України. *Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: Публічне управління та адміністрування*, 35(74), 196–203. <https://doi.org/10.32782/TNU-2663-6468/2024.1/34>
- Alms, K., Ahrens, B., Graf, M., & Nehler, M. (2023). Linking geological and infrastructural requirements for large-scale underground hydrogen storage in Germany. *Frontiers in Energy Research*, 11, 1172003. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2023.1172003>
- Arnaiz Eguren, I., & Arnaiz Schmitz, C. (2022). *Mapa Urbanístico de España. Geoportal de servicios abiertos de mapas de urbanismo publicados en España*. XIV Seminario Internacional de Investigación en Urbanismo. <https://doi.org/10.5821/siiu.12048>
- Baugesetzbuch (BauGB). (n.d.). § 196 Bodenrichtwerte. Gesetze im Internet. https://www.gesetze-im-internet.de/bbaug/_196.html
- Becker, A., Russo, S., Puliti, S., Lang, N., Schindler, K., & Wegner, J. D. (2021). Country-wide retrieval of forest structure from optical and SAR satellite imagery with deep ensembles. *Earth Observation and Remote Sensing*. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2022.11.011>
- Bermejo Priego, J. L. (2024). Nuevo geoportal gestionado por el Instituto Geográfico Nacional y el Plan Nacional de Teledetección. *Revista Mapping*, 33(216), 14–20. <https://doi.org/10.59192/mapping.456>
- Betlem, P., Rodés, N., Birchall, T., Dahlin, A., Smyrak-Sikora, A., & Senger, K. (2023). Svalbox Digital Model Database: A geoscientific window into the High Arctic. *Geosphere*, 19(6), 1640–1666. <https://doi.org/10.1130/GES02606.1>
- BKG. (2021). *Presseunterlagen: Geoportal.de geht online & Weltraumwetter neu auf dem Schirm des BKG*. https://www.bkg.bund.de/SharedDocs/Pressemittelungen/BKG/DE/PM_Download_Link/210209_PK_Presseunterlagen.pdf?__blob=publicationFile&v=2
- Bøe, R., Bjarnadóttir, L. R., Elvenes, S., Dolan, M. F. J., Bellec, V. K., Thorsnes, T., Lepland, A., & Longva, O. (2022). Revealing the secrets of Norway's seafloor – geological mapping within the MAREANO programme and in coastal areas. In K. Asch, H. Kitazato, & H. Vallius (Eds.), *From Continental Shelf to Slope: Mapping the Oceanic Realm* (pp. 57–69). Geological Society, London. <https://doi.org/10.1144/SP505-2019-82>
- Cysek-Pawlak, M. M., Misiak, J., Hościlo, A., Strand, G.-H., & Eiter, S. (2023). Spatial planning needs towards Copernicus land monitoring services: Case studies from Poland and Norway. *European Spatial Research and Policy*, 30(2). <https://doi.org/10.18778/1231-1952.30.2.13>
- Dando, B. D. E., Goertz-Allmann, B. P., Brissaud, Q., Köhler, A., Schweitzer, J., Kværna, T., & Liashchuk, A. (2023). Identifying attacks in the Russia–Ukraine conflict using seismic array data. *Nature*, 621(7979), 767–772. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06416-7>
- Doskocz, A. (2023). The actual state of the geodetic and cartographic resources and legislation in Poland. *Open Geosciences*, 15(1). <https://doi.org/10.1515/geo-2022-0458>
- European Commission. (2025a). *Country fiche: Norway, INSPIRE implementation*. GitHub. <https://github.com/INSPIRE-MIF/INSPIRE-in-your-Country/tree/main/NO>
- European Commission. (2025b). *Country fiche: Poland, INSPIRE implementation*. GitHub. <https://github.com/INSPIRE-MIF/INSPIRE-in-your-Country/tree/main/PL>
- European Commission. (2025c). *Country fiche: Spain, INSPIRE implementation*. GitHub. <https://github.com/INSPIRE-MIF/INSPIRE-in-your-Country/tree/main/ES>
- European Commission. (2025d). *INSPIRE Country fiche: Germany*. GitHub. <https://github.com/INSPIRE-MIF/INSPIRE-in-your-Country/tree/main/DE>
- Hopfstock, A., Hovenbitzer, M., Knöfel, P., Lindl, F., & Lenk, M. (2021). Auf dem Weg zu einem Digitalen Zwilling von Deutschland. *zfv*, 146(6), 385–394. <https://doi.org/10.12902/zfv-0379-2021>
- Hovenbitzer, M., Katz, E.-C., & Lenk, M. (2023). Die Bedeutung von Geodaten für eine wirksame Klimaanpassung in Deutschland. *zfv*, 148(1). <https://doi.org/10.12902/zfv-0416-202224>
- Kotsev, A., Minghini, M., Tomas, R., Cettl, V., & Lutz, M. (2020). From Spatial Data Infrastructures to Data Spaces: A technological perspective on the evolution of European SDIs. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(3), 176. <https://doi.org/10.3390/ijgi9030176>
- Krawczyk, A. (2020). Analysis of the availability of spatial datasets defined by the 3rd annex of the INSPIRE directive in Poland. *Geoinformatica Polonica*, 19. <https://doi.org/10.4467/21995923GP.20.005.12826>
- Michalik, A., & Ziwirowicz-Rutkowska, A. (2023). A geoportal supporting spatial planning in Poland: Concept and pilot version. *Geomatics and Environmental Engineering*, 17(2). <https://doi.org/10.7494/geom.2023.17.2.5>
- Mora-Navarro, G., Femenia-Ribera, C., Velilla Torres, J. M., & Martínez-Llario, J. (2022). Geographical data and metadata on land administration in Spain. *Land*, 11(7), 1107. <https://doi.org/10.3390/land11071107>
- Ogrzyzek, M., Tarantino, E., & Rząsa, K. (2020). Infrastructure of the spatial information in the European Community (INSPIRE) based on examples of Italy and Poland. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(12), 755. <https://doi.org/10.3390/ijgi9120755>
- Ostadabbas, H., Weippert, H., & Behr, F.-J. (2019). Database transformation, cadastre automatic data processing in QGIS and implementation in Web GIS. *ISPRS Archives, XLII-4/W14*, 175–182. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-W14-175-2019>
- Ostrau, S. (2024). Deutschland im digitalen Umbruch – Wege zur stärkeren Etablierung der GDI-DE. *zfv*, 149(1). <https://doi.org/10.12902/zfv-0457-202352>
- Puliti, S., Breidenbach, J., Schumacher, J., Hauglin, M., Klingenberg, T. F., & Astrup, R. (2020). Above-ground biomass change estimation using NFI and Sentinel-2/Landsat data in Norway. *Remote Sensing of Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2021.112644>
- Ranatunga, S., Ødegård, R. S., Jetlund, K., & Onstein, E. (2025). Use of semantic web technologies to enhance the integration and interoperability of environmental geospatial data: A framework based on OBDA. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 14(52). <https://doi.org/10.3390/ijgi14020052>
- Schindler, S., Paradies, M., & Twele, A. (2018). *Here is my query, where are my results? A search log analysis of the EOWeb Geoportal*. DLR. <https://www.researchgate.net/publication/331373398>
- Senger, K., Betlem, P., Grundvåg, S.-A., Horota, R. K., Buckley, S. J., Smyrak-Sikora, A., & Olausen, S. (2021). Teaching with digital geology in the High Arctic: Opportunities and challenges. *Geoscience Communication*, 4, 399–420. <https://doi.org/10.5194/gc-4-399-2021>
- United Nations Committee of Experts on Global Geospatial Information Management. (2023). *Ukraine Country Report 2022-2023*. https://ggim.un.org/country-reports/documents/Ukraine_National_Report_2023.pdf
- Volovetskiy, V. B., Romanyshyn, Y. L., Altukhov, S. O., Bugai, A. O., Doroshenko, Ya. V., & Shchyrba, O. M. (2024). Developing an electronic archive of geophysical survey results from underground gas storage wells. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 122(1), 14–30. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0054.4826>
- Wadowska, A., Pęska-Siwik, A., & Maciuk, K. (2022). Problematyka gromadzenia, przetwarzania i udostępniania danych geoprzestrzennych. *Acta Sci. Pol., Formatio Circumietus*, 21(3/4), 5–16. <https://doi.org/10.15576/ASP.FCI/2022.21.3/4.5>
- Wdowin, M., Speczik, S., & Toboła, T. (2021). Analysis and evaluation of the usefulness of open data for research projects – The case of the BrineRIS project. *Geology, Geophysics and Environment*, 47(3), 233–245. <https://doi.org/10.7494/geol.2021.47.3.233>
- Wójcik, K., Zacharski, J., Łojek, M., Wróblewska, S., Kiersnowski, H., Waśkiewicz, K., & Sienkiewicz, J. (2022). New opportunities for oil and gas exploration in Poland – A review. *Energies*, 15, 1739. <https://doi.org/10.3390/en15051739>
- Zwirowicz-Rutkowska, A., & Michalik, A. (2024). Spatial data infrastructure and mobile Big Data for urban planning based on the example of Mikolajki town in Poland. *Applied Sciences*, 14(19), 9117. <https://doi.org/10.3390/app14199117>

References

- Achkasov, A., Popovych, N., Peresadko, V., & Gordeziani, T. (2024). Geoinformation support of geoportals of territorial communities: Pre-war realities and post-war prospects. Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series Geology, Geography, Ecology, 60, 124–136 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-09>
- Alms, K., Ahrens, B., Graf, M., & Nehler, M. (2023). Linking geological and infrastructural requirements for large-scale underground hydrogen storage in Germany. *Frontiers in Energy Research*, 11, 1172003. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2023.1172003>
- Arnaiz Eguren, I., & Arnaiz Schmitz, C. (2022). *Mapa Urbanístico de España. Geoportal de servicios abiertos de mapas de urbanismo publicados en España*. XIV Seminario Internacional de Investigación en Urbanismo. <https://doi.org/10.5821/siiu.12048>
- Baugesetzbuch (BauGB). (n.d.). § 196 Bodenrichtwerte. Gesetze im Internet. https://www.gesetze-im-internet.de/bbaug/_196.html
- Becker, A., Russo, S., Puliti, S., Lang, N., Schindler, K., & Wegner, J. D. (2021). Country-wide retrieval of forest structure from optical and SAR satellite imagery with deep ensembles. *Earth Observation and Remote Sensing*. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2022.11.011>
- Bermejo Priego, J. L. (2024). Nuevo geoportal gestionado por el Instituto Geográfico Nacional y el Plan Nacional de Teledetección. *Revista Mapping*, 33(216), 14–20. <https://doi.org/10.59192/mapping.456>
- Betlem, P., Rodés, N., Birchall, T., Dahlin, A., Smyrak-Sikora, A., & Senger, K. (2023). Svalbox Digital Model Database: A geoscientific window into the High Arctic. *Geosphere*, 19(6), 1640–1666. <https://doi.org/10.1130/GES02606.1>
- BKG. (2021). *Presseunterlagen: Geoportal.de geht online & Weltraumwetter neu auf dem Schirm des BKG*. https://www.bkg.bund.de/SharedDocs/Pressemittelungen/BKG/DE/PM_Download_Link/210209_PK_Presseunterlagen.pdf?__blob=publicationFile&v=2
- Bøe, R., Bjarnadóttir, L. R., Elvenes, S., Dolan, M. F. J., Bellec, V. K., Thorsnes, T., Lepland, A., & Longva, O. (2022). Revealing the secrets of Norway's seafloor – geological mapping within the MAREANO programme and in coastal areas. In K. Asch, H. Kitazato, & H. Vallius (Eds.), *From Continental Shelf to Slope: Mapping the Oceanic Realm* (pp. 57–69). Geological Society, London. <https://doi.org/10.1144/SP505-2019-82>
- Cysek-Pawlak, M. M., Misiak, J., Hościlo, A., Strand, G.-H., & Eiter, S. (2023). Spatial planning needs towards Copernicus land monitoring services: Case studies from Poland and Norway. *European Spatial Research and Policy*, 30(2). <https://doi.org/10.18778/1231-1952.30.2.13>

- Dando, B. D. E., Goertz-Allmann, B. P., Brissaud, Q., Köhler, A., Schweitzer, J., Kværna, T., & Liashchuk, A. (2023). Identifying attacks in the Russia–Ukraine conflict using seismic array data. *Nature*, 621(7979), 767–772. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06416-7>
- Doskocz, A. (2023). The actual state of the geodetic and cartographic resources and legislation in Poland. *Open Geosciences*, 15(1). <https://doi.org/10.1515/geo-2022-0458>
- European Commission. (2025a). *Country fiche: Norway, INSPIRE implementation*. GitHub. <https://github.com/INSPIRE-MIF/INSPIRE-in-your-Country/tree/main/NO>
- European Commission. (2025b). *Country fiche: Poland, INSPIRE implementation*. GitHub. <https://github.com/INSPIRE-MIF/INSPIRE-in-your-Country/tree/main/PL>
- European Commission. (2025c). *Country fiche: Spain, INSPIRE implementation*. GitHub. <https://github.com/INSPIRE-MIF/INSPIRE-in-your-Country/tree/main/ES>
- European Commission. (2025d). *INSPIRE Country fiche: Germany*. GitHub. <https://github.com/INSPIRE-MIF/INSPIRE-in-your-Country/tree/main/DE>
- Hopfstock, A., Hovenbitzer, M., Knöfel, P., Lindl, F., & Lenk, M. (2021). Auf dem Weg zu einem Digitalen Zwilling von Deutschland. *zfv*, 146(6), 385–394. <https://doi.org/10.12902/zfv-0379-2021>
- Hovenbitzer, M., Katz, E.-C., & Lenk, M. (2023). Die Bedeutung von Geodaten für eine wirksame Klimaanpassung in Deutschland. *zfv*, 148(1). <https://doi.org/10.12902/zfv-0416-202224>
- Karpinskiy, Yu., Lyashchenko, A., Makarenko, D., & Cherin, A. (2021). National geospatial data infrastructure of Ukraine in the world dimension: State and urgent tasks of development and sustainable functioning. *Modern achievements of geodetic science and production*, 1, 41 [in Ukrainian]. http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&S21P03=FILEA=&S21STR=sdgn_2021_1_17
- Kotsev, A., Minghini, M., Tomas, R., Cettl, V., & Lutz, M. (2020). From Spatial Data Infrastructures to Data Spaces: A technological perspective on the evolution of European SDIs. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(3), 176. <https://doi.org/10.3390/ijgi9030176>
- Krawczyk, A. (2020). Analysis of the availability of spatial datasets defined by the 3rd annex of the INSPIRE directive in Poland. *Geoinformatica Polonica*, 19. <https://doi.org/10.4467/21995923GP.20.005.12826>
- Law of Ukraine On National Geospatial Data Infrastructure No. 554-IX. (2020). *Bulletin of Verkhovna Rada of Ukraine*, 37, art. 277 [in Ukrainian]. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20>
- Lyashchenko, A., Karpinskiy, Yu., Havryliuk, Ye., & Cherin, A. (2021). Methods and means of ensuring the interoperability of the components of the national geospatial data infrastructure. *Town planning and spatial planning*, 77, 309–319 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2021.77.309-319>
- Martyn, A., Trevoho, I., & Yevsyukov, T. (2024). *Management of the geospatial data publicity in Ukraine during wartime*. Cadastre [in Ukrainian]. <https://zgt.com.ua/wp-content/uploads/2024/04/29.pdf>
- Michalik, A., & Zwirowicz-Rutkowska, A. (2023). A geoportal supporting spatial planning in Poland: Concept and pilot version. *Geomatics and Environmental Engineering*, 17(2). <https://doi.org/10.7494/geom.2023.17.2.5>
- Mora-Navarro, G., Femenia-Ribera, C., Velilla Torres, J. M., & Martinez-Llario, J. (2022). Geographical data and metadata on land administration in Spain. *Land*, 11(7), 1107. <https://doi.org/10.3390/land11071107>
- Ogryzek, M., Tarantino, E., & Rzaşa, K. (2020). Infrastructure of the spatial information in the European Community (INSPIRE) based on examples of Italy and Poland. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(12), 755. <https://doi.org/10.3390/ijgi9120755>
- Ostadabbas, H., Weippert, H., & Behr, F.-J. (2019). Database transformation, cadastre automatic data processing in QGIS and implementation in Web GIS. *ISPRS Archives*, XLII-4/W14, 175–182. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-W14-175-2019>
- Ostrau, S. (2024). Deutschland im digitalen Umbruch – Wege zur stärkeren Etablierung der GDI-DE. *zfv*, 149(1). <https://doi.org/10.12902/zfv-0457-202352>
- Puliti, S., Breidenbach, J., Schumacher, J., Hauglin, M., Klingenberg, T. F., & Astrup, R. (2020). Above-ground biomass change estimation using NFI and Sentinel-2/Landsat data in Norway. *Remote Sensing of Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2021.112644>
- Ranatunga, S., Ødegård, R. S., Jetlund, K., & Onstein, E. (2025). Use of semantic web technologies to enhance the integration and interoperability of environmental geospatial data: A framework based on OBDA. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 14(52). <https://doi.org/10.3390/ijgi14020052>
- Schindler, S., Paradies, M., & Twele, A. (2018). *Here is my query, where are my results? A search log analysis of the EOWeb Geoportal*. DLR. <https://www.researchgate.net/publication/331373398>
- Senger, K., Betlem, P., Grundvåg, S.-A., Horota, R. K., Buckley, S. J., Smyrak-Sikora, A., & Olaussen, S. (2021). Teaching with digital geology in the High Arctic: Opportunities and challenges. *Geoscience Communication*, 4, 399–420. <https://doi.org/10.5194/gc-4-399-2021>
- Sporyshev, K. (2024). Geo-information systems in the state management of the activities of the security forces of Ukraine. *Scientific Notes of the V. I. Vernadsky TNU. Series: Public Management and Administration*, 35(74), 196–203 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.32782/TNU-2663-6468/2024.1/34>
- State Geocadastre. (2022). *Terms of Reference for the creation of the National Geoportal of the NGDI* [in Ukrainian]. https://land.gov.ua/wp-content/uploads/2023/01/%D0%A2%D0%97-%D0%93%D0%B5%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82%D0%B0%D0%BB-%D0%9D%D0%86%D0%93%D0%94-13_12_2022.pdf
- United Nations Committee of Experts on Global Geospatial Information Management. (2023). *Ukraine Country Report 2022-2023*. https://ggim.un.org/country-reports/documents/Ukraine_National_Report_2023.pdf
- Volovetskiy, V. B., Romanysheyn, Y. L., Altukhov, S. O., Bugai, A. O., Doroshenko, Ya. V., & Shchyryba, O. M. (2024). Developing an electronic archive of geophysical survey results from underground gas storage wells. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 122(1), 14–30. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0054.4826>
- Wadowska, A., Peška-Siwik, A., & Maciuk, K. (2022). Issues of collection, processing and sharing of geospatial data. *Acta Sci. Pol., Formatio Circumietus*, 21(3/4), 5–16 [in Polish]. <https://doi.org/10.15576/ASP.FC/2022.21.3/4.5>
- Wdowin, M., Speczik, S., & Toboła, T. (2021). Analysis and evaluation of the usefulness of open data for research projects – The case of the BrinerIS project. *Geology, Geophysics and Environment*, 47(3), 233–245. <https://doi.org/10.7494/geol.2021.47.3.233>
- Wójcik, K., Zacharski, J., Łojek, M., Wróblewska, S., Kiersnowski, H., Waśkiewicz, K., & Sienkiewicz, J. (2022). New opportunities for oil and gas exploration in Poland – A review. *Energies*, 15, 1739. <https://doi.org/10.3390/en15051739>
- Zwirowicz-Rutkowska, A., & Michalik, A. (2024). Spatial data infrastructure and mobile Big Data for urban planning based on the example of Mikołajki town in Poland. *Applied Sciences*, 14(19), 9117. <https://doi.org/10.3390/app14199117>

Отримано редакцією журналу / Received: 02.02.26
 Прорецензовано / Revised: 04.05.26
 Схвалено до друку / Accepted: 13.05.26
 Опубліковано / Published: 29.05.26

Roman KYSLYI, PhD Student
 ORCID ID: 0009-0009-4024-138X
 e-mail: rkyslyy@gmail.com
 Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv Ukraine

A COMPARATIVE REVIEW OF THE IMPLEMENTATION OF INSPIRE PORTALS AND NATIONAL SPATIAL DATA INFRASTRUCTURES

Background. The article is devoted to a comparative analysis of the implementation of the INSPIRE Directive in Germany, Norway, Poland, Spain, and Ukraine. It examines the institutional, legal, and technological aspects of establishing National Spatial Data Infrastructures (SDI), as well as the transition from the traditional model of "data catalogs" to "product-oriented services" integrated into Digital Twins and Data Spaces. The relevance of the study is driven by the necessity to adapt the practices of EU Member States to the Ukrainian NSDI under conditions of military constraints and European integration. The study aims to identify effective models for the coordination and governance of National Spatial Data Infrastructures, to assess the level of interoperability and harmonization of spatial data in the compared countries, and to determine operational approaches for enhancing the efficiency and resilience of the Ukrainian NSDI within the context of future integration into the European Data Space.

Methods. The research is based on the analysis of official documents from the European Commission, national INSPIRE Country Fiche reports, regulatory acts, and current peer-reviewed publications (2019–2025). Comparative and systemic approaches were applied to evaluate institutional models, portal architectures, and technological solutions (OGC-services, COG/STAC formats, Semantic Web, OBDA/GeoSPARQL). A structured country-by-country analysis was performed, followed by the generalization of trends and typical challenges.

Results. In Germany, the defining factor is the federal GDI-DE approach with the unified Geoportal.de and BKG coordination; in Norway, it is the centralized Kartverket model within Norway Digital, which integrates AI methods and semantic technologies; in Poland, it is the decentralized architecture of PZGiK and Geoportal.gov.pl with gradual data harmonization; in Spain, it is the multi-level IDEE network transitioning to cloud-oriented services and implementing a national remote sensing program (PNT). For Ukraine, a dual dynamic is shown: regulatory convergence with INSPIRE

alongside simultaneous restrictions on openness due to the war. Operational steps are proposed, including the creation of a "curated data core" of products, the implementation of COG/STAC catalogs, and the development of product APIs and a semantic layer for register access.

Conclusions. European countries demonstrate a shift from formal INSPIRE compliance to the creation of integrated spatial data ecosystems, founded on coordination, cloud technologies, and a product-centric approach. Ukraine has all the prerequisites for applying these models: the NSDI regulatory framework and technical specifications align with European requirements; only operational mechanisms for implementation are needed. The research findings have practical significance for public administration bodies, geoportal developers, and the scientific community working on the development of the Ukrainian spatial data infrastructure in the post-war period.

Key words: *NSDI, INSPIRE, institutional coordination, interoperability, product-oriented approach, metadata, spatial data harmonization, digital twins.*

Автор заявляє про відсутність конфлікту інтересів. Спонсори не брали участі в розробленні дослідження; у зборі, аналізі чи інтерпретації даних; у написанні рукопису; в рішенні про публікацію результатів.

The author declares no conflicts of interest. The funders had no role in the design of the study; in the collection, analyses or interpretation of data; in the writing of the manuscript; in the decision to publish the results.