

DOI: 10.32347/2786-7269.2025.13.560-578

УДК 528.4

канд. тех. наук, доцент **Лазоренко Н.Ю.**,
lazorenko.niu@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-1572-4947,
Київський національний університет будівництва та архітектури

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ І ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СВІТІ ТА УКРАЇНІ

«Неможливо досліджувати новий світ, користуючись старою картою», – Національна геопросторова стратегія Сполученого Королівства Великої Британії і Північної Ірландії «Unlocking the power of location» 2020 – 2025.

Метою статті є дослідження основних стратегічних підходів до розвитку геопросторових даних та геоінформаційних технологій у провідних країнах світу, визначення спільних тенденцій, інноваційних напрямків та потенційних викликів, а також виявлення глобальних спільних та відмінних рис під час аналізу їх національних геопросторових стратегій та формування рекомендацій для геопросторової стратегії України.

Провідні країни світу: США, Велика Британія, ЄС, Австралія, Сінгапур, Південна Корея, Норвегія, Індія, Мексика та Франція вже ухвалили та реалізують довгострокові геопросторові стратегії. Усі досліджувані стратегії демонструють перехід від традиційних ГІС до геоінформаційних платформ, поєднуючи технології штучного інтелекту і машинного навчання, хмарні та edge-обчислення, Інтернет речей, використання високоточних глобальних навігаційних супутникових систем (ГНСС) і даних лазерного сканування LiDAR та дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), цифрових близнюків.

Ключові слова: геопросторові дані; геоінформаційні технології; геопросторові стратегії; штучний інтелект; ШІ; цифрові близнюки; інфраструктура просторових даних.

Постановка проблеми. Сучасна світова економіка швидко переходить до парадигми, у якій геопросторові дані та похідні аналітичні продукти стають критично важливими для стратегічного планування, управління ризиками й розвитку інноваційних галузей. Провідні країни світу: США, Велика Британія, Європейський Союз (ЄС), Австралія, Сінгапур, Південна Корея, Норвегія, Індія, Мексика та Франція вже ухвалили та реалізують довгострокові геопросторові стратегії, що поєднують: штучний інтелект (ШІ), крайові- (edge-) та хмарні обчислення, Інтернет речей (IoT), лазерне сканування (LiDAR) і дані дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) з відкритими стандартами та

принципами FAIR (findability – знаходжуваності, accessibility – доступності, interoperability – інтеоперабельності та reusability – повторного використання) [1 – 10]. Ці стратегії демонструють поєднання інноваційних технологій і формують міжгалузеві ринки «геопросторових даних-як-сервісу», забезпечуючи прийняття рішень у реальному часі, широке використання цифрових близнюків і високоточних тривимірних моделей місцевості.

Натомість в Україні, попри наявність законодавчо визначеної національної інфраструктури геопросторових даних (НІГД) [11, 12], зберігаються фрагментарність базових наборів, відсутність єдиної системи управління, недостатня інтеграція штучного інтелекту та 3D-технологій, а також недостатня кількість фахівців у сферах НІГД, топографо-геодезичної та картографічної діяльності. Це створює перешкоди для ефективного просторового планування, цифровізації економіки, адаптації до кліматичних змін і післявоєнної відбудови і розбудови критичної інфраструктури [13].

Таким чином, проблема полягає у відсутності в Україні цілісної, інноваційно орієнтованої геопросторової стратегії, що спиралася б на світові найкращі практики та забезпечувала: системне впровадження ШІ-підходів, аналітики big data (великих даних), хмарних та edge-платформ для збирання, опрацювання й поширення даних у режимі реального часу; якісне ядро базових геопросторових даних, сумісне з міжнародними стандартами ISO 19100, OGC та специфікаціями INSPIRE; міжгалузеву інтеоперабельність і можливості комерціалізації через національні та міжнародні ринки даних; масштабну програму розвитку людського капіталу (від шкільної освіти до професійних сертифікацій) для формування достатньої кількості фахівців з геоінформатики; інноваційні механізми фінансування (державно-приватні партнерства, пілотні проєкти, акселераційні програми), здатні прискорити трансфер технологій у всі галузі економіки.

Отже, постає науково-практичне завдання: на підставі системного аналізу національних геопросторових стратегій країн із різним рівнем економічного розвитку визначити спільні тенденції, інноваційні напрями й потенційні виклики, виявити універсальні та унікальні елементи цих стратегій, а також сформулювати ґрунтовні рекомендації щодо змісту, архітектури та механізмів реалізації майбутньої геопросторової стратегії України.

Аналіз досліджень та публікацій по темі дослідження. Зазначені проблемні питання у світі досліджуються не одне десятиліття, оскільки з розвитком нових технологій з'являються нові можливості та рішення, впровадження яких забезпечує підвищення якості геопросторових даних, реалізацію законодавчої, організаційної, технічної та інформаційної інтеоперабельності [14]. Розроблення національних геопросторових стратегій

потребує ґрунтового та комплексного дослідження, що підтверджується значною кількістю публікацій за даними Elsevier Scopus у розрізі країн, стратегії яких досліджені у цій роботі (рис. 1, рис. 2).

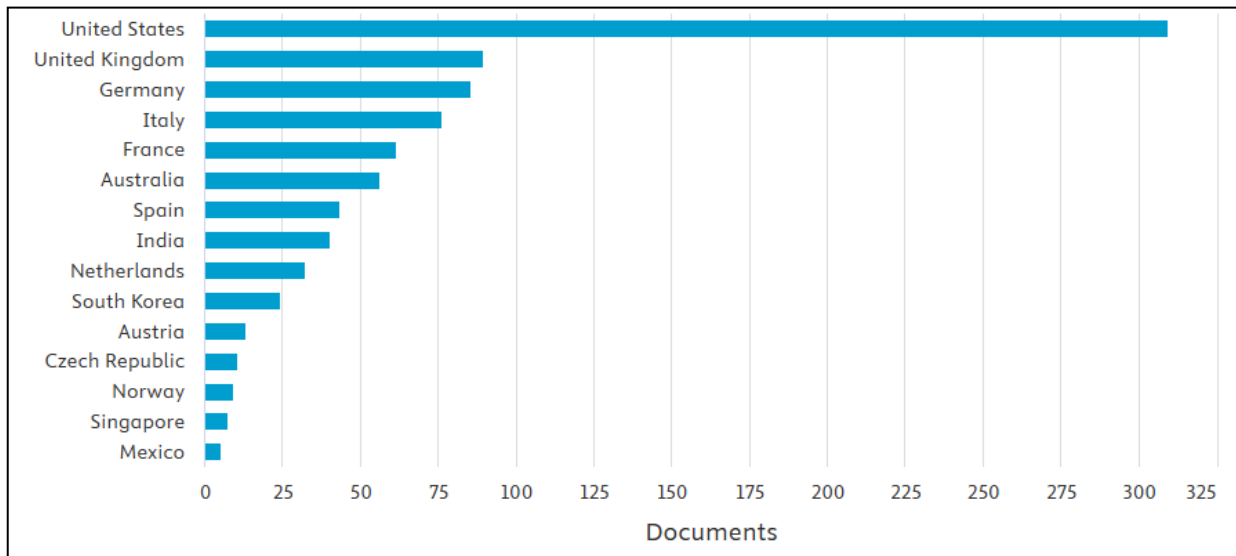


Рис. 1. Кількість публікацій, які використовують інформацію геопросторових стратегій за країнами (за допомогою сервісу Elsevier Scopus)

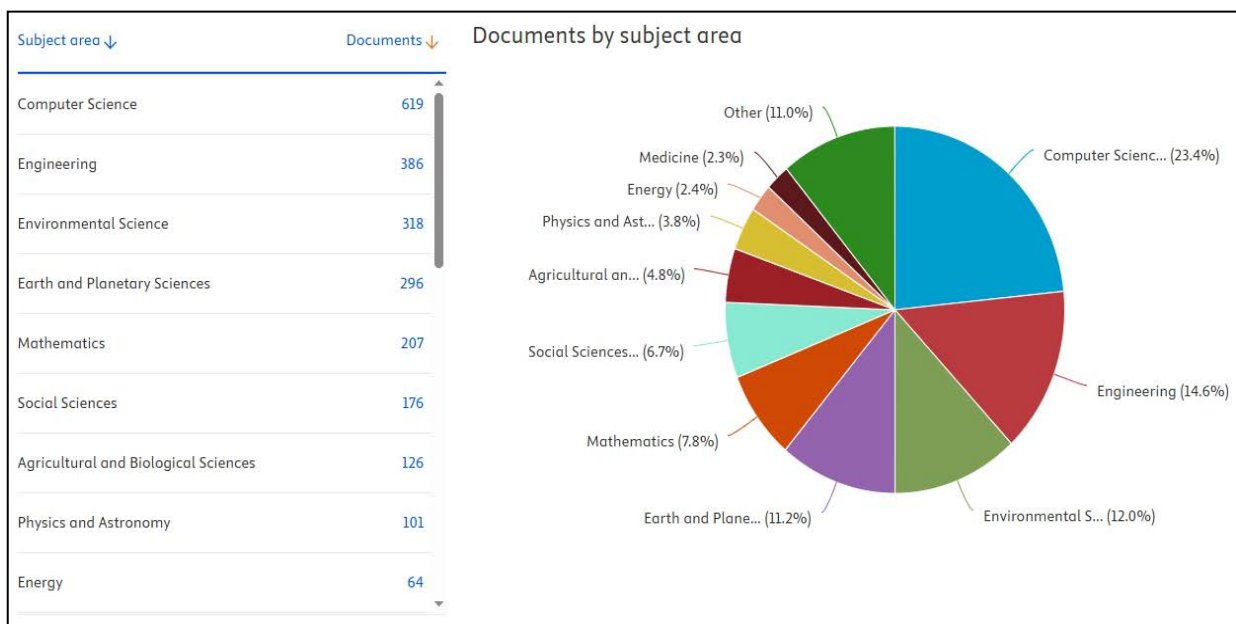


Рис. 2. Кількість публікацій, які використовують інформацію геопросторових стратегій за предметними сферами (за допомогою сервісу Elsevier Scopus)

Питання розвитку національної інфраструктури геопросторових даних в Україні, сучасних методів збирання геопросторових даних, технологій їх моделювання, аналізу та оприлюднення у геоінформаційному середовищі досліджуються у наукових працях [13, 15 – 18]. У монографії [15] систематично та комплексно проаналізовано стан щодо створення та використання геопросторових даних в Україні на початку 2000-их років, що стало основою для реалізації компонентів НІГД у подальшому.

Метою статті є дослідження основних стратегічних підходів до розвитку геопросторових даних та геоінформаційних технологій у провідних країнах світу, визначення спільних тенденцій, інноваційних напрямків та потенційних викликів, а також виявлення глобальних спільних та відмінних рис в аналізі їх національних геопросторових стратегій та формування рекомендацій для геопросторової стратегії України.

Виклад основного змісту дослідження. Для досягнення поставленої мети було відібрано 10 національних геопросторових стратегій країн з розвинутою та з високим доходом економіками та середнім рівнем економічного розвитку: Австралія, Індія, Норвегія, Мексика, Південна Корея, Сінгапур, Сполучене Королівство Великої Британії та Північної Ірландії, Сполучені Штати Америки, Європейський Союз, а також окремо розглянута Франція.

«*Building the Geospatial Future Together – The NSDI Strategic Plan 2025–2035*», *Сполучені Штати Америки*. Ця стратегія передбачає досягнення трьох цілей: впровадження національної системи управління; модернізація інфраструктури та максимальне використання переваг передових технологій; формування кваліфікованих та інклюзивних кадрів у сфері геопросторових даних для сталого майбутнього. Одним із основних завдань стратегії в США є створення національної управлінської структури для НІГД, що охоплює всі рівні влади та приватний сектор, для розроблення, підтримки та впровадження НІГД, забезпечення належного використання геопросторових даних та геоінформаційних технологій; формування партнерств; сприяння обміну, збереженню та використанню геопросторових даних; забезпечення захисту та національної безпеки. Визначення та залучення фінансових й інших ресурсів, які необхідні для реалізації та досягнення цілей і завдань цього стратегічного плану НІГД, планується здійснювати за допомогою міжгалузевих інвестицій. У документі зазначено, що наявність ресурсів залежить від доступного фінансування [7]. З цього випливає необхідність створення ефективної управлінської структури НІГД з чітко визначеними повноваженнями, ролями та відповідальністю, яка представляє всі галузі економіки; а також наявні якісні та доступні базові геопросторові дані для всіх категорій користувачів, забезпечуючи можливість послідовного, рівноправного та якісного прийняття рішень. Слід зазначити, що одними із результатів стратегії є геопросторова грамотність населення та включення концепції геопросторових даних і технологій у навчальні програми середньої та вищої освіти в США [7].

«*UK Geospatial Strategy 2030*» *Unlocking the power of location*, *Сполучене Королівство Великої Британії та Північної Ірландії* містить три місії: впровадження передових технологій для прискорення геопросторових інноваційних рішень; сприяння ширшому застосуванню цих рішень та

аналітики в усіх галузях економіки; формування довіри до майбутньої геопросторової екосистеми. Також слід зазначити, що провідну роль у просуванні інновацій відіграють заклади вищої освіти Сполученого Королівства, які забезпечують незалежні дослідження та ефективні партнерства з державними та приватними організаціями. Розробники стратегії наголосили, що розвиток кадрового потенціалу у сфері геоінформатики критично важливий для перетворення інновацій у прикладні галузеві рішення [6].

«*A European strategy for data*», Європейський Союз. Положення цієї стратегії визначають розвиток не лише геопросторових даних та їх інфраструктуру в регіоні, а і даних загалом [8, 20]. Ця особливість дає можливість забезпечити розвиток даних практично в усіх сферах діяльності для вирішення прикладних завдань і задоволення потреб бізнесу та органів влади. Основними елементами цієї стратегії є функціонування міжгалузевої системи врядування щодо доступності та використання даних; залучення інвестицій у розвиток інфраструктур даних та забезпечення їх інтероперабельності; розширення прав та можливостей громадян, залучення інвестицій в розвиток їх навичок і підтримка малого й середнього бізнесу; загальноєвропейські простори даних у всіх галузях економіки; відкритий та проактивний підхід до міжнародних потоків даних [8]. Франція, яка входить до складу Європейського Союзу, має власну національну геопросторову стратегію від Національного географічного інституту. Однією із особливостей цієї стратегії є програма «HD LiDAR для території всієї Франції» для підвищення точності даних і можливості їх використання, планується створення тривимірної моделі місцевості для всієї Франції як основи для «цифрових близнюків», поглибленого аналізу території та моделювання явищ [9].

«*National geospatial strategy towards 2025. «Everything happens somewhere»*», Норвегія. Місії у цій стратегії стосуються геопросторових даних, технологій, інструментів та їх взаємодії. Особливостями очікуваних результатів є врахування потреб суспільства у доступних геопросторових даних; використання краудсорсингових даних у завданнях, де це доречно; національний геопортал забезпечує ефективний потік даних між галузями та рівнями; створені рішення для оптимізації, зберігання та управління геопросторовими даними; відповідність вимогам кібербезпеки; використання технологій великих даних та підтримка тривимірних даних; якісна взаємодія та співпраця уряду, бізнесу; створені відповідні платформи для партнерства; моделі співпраці адаптовані до всіх учасників інфраструктури; наявна експертиза у сфері геоінформатики та інфраструктури геопросторових даних [10].

«*Geoscience Australia. Strategy 2028*», Австралія, зорієнтована на досягнення таких цілей: максимізація користі для суспільства від мінеральних та енергетичних ресурсів; посилення стійкості до природних загроз; оптимізація та раціональне використання водних ресурсів; підтримка сталого використання морського середовища та територіальних вод; прийняття управлінських рішень, що базуються на місцезнаходженні, за допомогою сучасних технологій геоінформаційного картографування, дистанційного зондування Землі і ГНСС; зберігання, підтримка та подання значних за обсягом масивів даних, щоб забезпечити уряд, громадян та бізнес геопросторовими даними для прийняття обґрунтованих рішень [1].

«*Programa Estratégico del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (SNIEG) 2022-2046*», Мексика. Більшість стратегій мають середньострокову перспективу (5–10 років), тоді як SNIEG орієнтується на довготривалий розвиток і стабільну еволюцію інфраструктури, пов'язану з національним баченням розвитку Мексики. Слід зазначити, що цей документ включає відомості про планування досягнення цілей із системою моніторингу і оцінки, що здійснюється кожні 6 років з проміжним аналізом кожні 3 роки. Візія програми на 2046 рік: «*Консолідувати SNIEG як екосистему даних, яка стимулює виробництво, поширення, використання і збереження статистичної та географічної інформації на основі системного, інклюзивного підходу та культури інновацій*». SNIEG не лише зосереджується на уряді, а й відкрито залучає приватний сектор, академічні установи та громадськість як рівноправних виробників і користувачів інформації. На додаток до технічної модернізації, стратегія включає розвиток цифрових навичок у користувачів, створення простору для впровадження інновацій (інкубатори, пілотні проєкти) [2].

«*Geospatial Strategy For new India*», Індія, включає конкретні результати у середньостроковій перспективі, наприклад, до 2025 року передбачається оновити Національну геодезичну систему, застосовуючи сучасні технології позиціонування та забезпечити онлайн-доступ до неї; створити геоїд високої точності для всієї країни. До 2030 року планується виконання високоточної деталізованої топографічної зйомки та картографування території країни, створення цифрової моделі рельєфу високої точності на всю країну; розроблення інфраструктури геопросторових знань. До 2035 року передбачається отримання високоточних батиметричних геопросторових даних територіальних та внутрішніх вод; виконання зйомки підземних інженерних комунікацій у населених пунктах; створення національного цифрового близнюка для середніх, великих та значних міст за кількістю населення [3].

«*Singapore Geospatial Master Plan 2024-2033*» Сінгапур. Однією із цілей зазначеної стратегії є максимізація потенціалу геоінформаційних технологій за допомогою їх впровадження у сфері діяльності: соціальній сфері, охороні здоров'я та економіці, а їх реалізація має бути спрямована на інклюзивність, профілактичну медицину та інновації. Також зосереджено увагу на розроблення та удосконалення освітніх програм, індивідуальних освітніх траєкторій і підготовку фахівців у сфері геоінформатики [4].

«*Enabling Data-Driven Innovation, Learning from Korea's Data Policies and Practices for Harnessing AI*», Південна Корея. Одними із основних місій цієї стратегії є підтримка розроблення навчальних наборів даних для штучного інтелекту; створення спеціалізованих центрів великих даних з метою покращення аналітики та ефективного використання даних; створення сприятливих умов для розробки нових сервісів, підтримка комерціалізації та забезпечення захисту прав інтелектуальної власності для малих і середніх підприємств. Інфраструктура великих даних Південної Кореї включає 16 платформ державного і приватного секторів для забезпечення критично важливих даних та розвитку суміжних галузей. Для підтримки цих платформ було розширено інфраструктуру до 21 центру, які створено приватними компаніями, а також функціонують 108 центрів опрацювання даних, створених органами влади та місцевого самоврядування [5].

Проаналізувавши національні геопросторові стратегії країн, були визначені тренди інноваційних технологій і сфери діяльності, на розвиток яких впливає стратегія (див. табл. 1, рис. 3).

Переважає більшість досліджуваних стратегій містить положення, де наголошено на потребі висококваліфікованих кадрів у сфері геоінформатики та розвитку геопросторової грамотності суспільства, а також у впровадженні геоінформаційних технологій у соціальні сфери, що забезпечить набуття ширшого і вагомішого значення геопросторовим даним. Спільною особливістю розглянутих стратегій є зосередження уваги на розвитку і підтримці наборів базових геопросторових даних, які мають бути доступними, якісними, актуальними і офіційними для всіх учасників інфраструктури, оскільки вони є основою для розроблення та впровадження інноваційних геоінформаційних технологій та рішень. Слід зазначити, що усі досліджені стратегії включають місію або завдання щодо впровадження інноваційних технологій та використання сучасних методів збирання геопросторових даних з метою створення високоточних тривимірних цифрових моделей місцевості для прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

Загальною тенденцією у національних геопросторових стратегіях є розвиток геоінформаційних технологій на основі штучного інтелекту, особливо

з метою автоматизації дешифрування зображень (супутникові знімки, дані з БПЛА), інтеграції даних з відкритих джерел та ресурсів, опрацювання великих масивів даних, розроблення прогнозованих моделей процесів та явищ.

Таблиця 1

Країна	Назва стратегії	Термін впровадження	Інноваційні напрямки та технології	Сфери діяльності на розвиток яких впливає стратегія
Австралія	Geoscience Australia. Strategy 2028	2018 – 2028	Прийняття рішень на основі просторових даних завдяки інтеграції цифрового картографування, дистанційного зондування Землі та технологій високоточного позиціонування і даних.	Геологічна розвідка та раціональне використання мінеральних і енергетичних ресурсів. Зміцнення стійкості до природних небезпек і катастроф. Оцінка та управління водними ресурсами. Моніторинг та збереження морського середовища. Реалізація наукових дослідницьких програм в Антарктичному регіоні.
Мексика	Programa Estratégico del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica. 2022-2046. Mexico's National Strategy for the Territorial Management	2022 – 2046 2020 – 2040	ГІС кадастрових систем, 3D-моделювання та цифрові близнюки (digital twins) територій, інтегровані платформи для планування, геоінформаційні сервіси, ДЗЗ.	Урбаністика та просторове планування. Раціональне використання земель. Екологічна безпека та збереження природних екосистем. Сільське господарство та управління сільськими територіями. Інфраструктура та інженерно-транспортне планування. Управління ризиками. Інтеграція заходів запобігання та адаптації до змін клімату. Програми соціального та економічного розвитку.

Продовження таблиці 1

Країна	Назва стратегії	Термін впровадження	Інноваційні напрямки та технології	Сфери діяльності на розвиток яких впливає стратегія
Індія	Geospatial Strategy For new India	2022 – 2030	Використання сучасних методів збирання геопросторових даних для розвитку топографічного картографування та сучасних технологій батиметрії. Цифрові близнюки національного рівня. ГНСС, технології IoT, хмарні технології, LiDAR, ДЗЗ, георадари, тепловізійних детекторів тощо. Розвиток інфраструктури геопросторових знань.	Стратегія стимулює топографічне, батиметричне картографування для розвитку сільського господарства, управління лісовими та водними ресурсами, планування територій, будівництва й утримання доріг та ліній зв'язку, а також розвиток «блакитної» економіки (морський сектор).
Сінгапур	«Singapore Geospatial Master Plan 2024-2033»	2024 – 2033	Інтеграція різномірних даних, ШІ, машинне навчання, IoT, big data, цифрові близнюки.	Містобудування і безбар'єрну навігацію, транспорт і логістику (оптимізація маршрутів вантажівок, громадського й автономного транспорту), морську економіку та портові операції (digital twin порту, GeoSpace-Sea), а також моніторинг довкілля й кліматичної стійкості, що включає контроль прибережної ерозії, міського теплового острова й біорізноманіття.

Продовження таблиці 1

Країна	Назва стратегії	Термін впровадження	Інноваційні напрямки та технології	Сфери діяльності на розвиток яких впливає стратегія
Південна Корея	- Enabling Data-Driven Innovation Learning from Korea's Data Policies and Practices for Harnessing AI; - Data Vouchers: Korea case study for revitalizing the data ecosystem	2018 – 2025	Інтеграція геопросторових даних, інтернету речей та хмарних технологій; Штучний інтелект та IV Індустріальна революція; Екосистеми даних та розвиток інфраструктур.	Стратегія стимулює розвиток цифрової економіки та інформаційно-комунікаційних технологій (AI-сервіси, хмарні й IoT-платформи на базі 5G/6G), розвиток індустрії 4.0, роботизації та створення «розумних» фабрик, а також створення потужної інфраструктури, забезпечення консалтингової підтримки й захисту інтелектуальної власності для малих і середніх підприємств та стартапів.
Сполучене Королівство Великої Британії та Північної Ірландії	«UK Geospatial Strategy 2030» Unlocking the power of location	2023 – 2030	Дані реального часу (real-time data). Масове поширення недорогих датчиків позиціонування. Хмарні та крайові обчислення (edge computing). Штучний інтелект. Застосування FAIR принципів для посилення координації роботи з базовими наборами геопросторових даних державного сектору держави.	Стратегія охоплює модернізацію критичної інфраструктури, підвищення ефективності транспорту, оптимізацію планування житлового фонду й сталого управління довкіллям, а також підтримують охорону здоров'я й оперативне реагування на надзвичайні ситуації. Водночас відкриває нові можливості для розвитку блакитної економіки, формує точні аналітики для роздрібною торгівлі та покращує фінансові сервіси завдяки інтеграції просторових даних.

Продовження таблиці 1

Країна	Назва стратегії	Термін впровадження	Інноваційні напрямки та технології	Сфери діяльності на розвиток яких впливає стратегія
Сполучені Штати Америки	Building the Geospatial Future Together— The NSDI Strategic Plan 2025–2035	2025 – 2035	big data та аналітика; відкриті дані й співпраця; інтеграція просторової аналітики; конфіденційність і безпека; дизайн, орієнтований на користувача; інтероперабельність і стандарти; ринки геопросторових даних.	Стратегія стимулює розвиток управління надзвичайними ситуаціями й реагування на катастрофи, побудову «розумних» міст і цифрових близнюків, точного землеробства, планування та реагування у сфері охорони здоров'я, автономного транспорту, оптимізації ланцюгів постачання, наукових досліджень і моніторингу, а також й просторового планування.
Європейський Союз	A European strategy for data	2020 – 2030	Розбудова спільних європейських інфраструктур геопросторових даних, енергоефективної й надійної периферійної та взаємопов'язаної хмарної інфраструктури (Infrastructure-as-a-Service, Platform-as-a-Service і Software-as-a-Service), екосистем штучного інтелекту, цифрових близнюків, даних ДЗЗ	Стратегія спрямована на цифрову трансформацію промисловості та виробництва, енергетики, аграрного сектора, фінансових систем і державного управління. Вона також посилює здатність Європейського Союзу протидіяти змінам клімату, досягати нульового рівня забруднення, охороняти біорізноманіття й

Продовження таблиці 1

Країна	Назва стратегії	Термін впровадження	Інноваційні напрямки та технології	Сфери діяльності на розвиток яких впливає стратегія
				запобігати зникненню лісів, а через розвиток публічного адміністрування, освіти та систем підготовки кадрів формує стійку екосистему даних і аналітики для всіх галузей економіки.
Франція	«IGN Geo Strategy 2025»	2021 – 2025	Штучний інтелект, LiDAR	Стратегія підтримує запобігання природним стихійним лихам, сталий розвиток і управління лісовим і аграрним секторами економіки, містобудування та просторове планування, оптимізацію енергетичних мереж, охорону біорізноманіття й моніторинг кліматичних змін.
Норвегія	National geospatial strategy towards 2025 «Everything happens somewhere»	2018 – 2025	Інтернет речей (IoT). Intelligent Transport Systems (ITS). Сенсорні технології для автоматизованого знімання за допомогою БПЛА. Big-data аналітика – опрацювання великих обсягів різноманітних геопросторових даних у режимі близькому до реального часу для підтримки рішень.	Стратегія стимулює розвиток критично важливих галузей: морської навігації, систем захисту від повеней та зсувів, будівництва й цивільної інженерії, аварійно-рятувальних служб і планування надзвичайних ситуацій,

Продовження таблиці 1

Країна	Назва стратегії	Термін впровадження	Інноваційні напрямки та технології	Сфери діяльності на розвиток яких впливає стратегія
			<p>Використання алгоритмів ШІ для автоматичного опрацювання та аналізу геопросторових даних. Національні хмарні сервіси для зберігання, опрацювання й поширення геопросторової інформації (cloud-based management solutions).</p> <p>3D-моделювання та інтеграція BIM/CAD. Сервісно-орієнтована архітектура Geonorge з відкритими API (WMS, WFS, WCS, CSW) для ефективного обміну геопросторовими даними між галузями. Краудсорсингові та добровільні платформи збирання даних як додаткове джерело просторової інформації.</p> <p>Супутникові дані програми Copernicus та інші міжнародні ініціативи ДЗЗ.</p>	<p>оборонно-геополітичної безпеки, міжнародної торгівлі та співпраці, а також цифрового ефективного державного управління та пов'язаних із ним інформаційних сервісів.</p> <p>Водночас вона формує умови для адаптації до кліматичних і екологічних змін, раціонального управління природними ресурсами й зростання нових економічних секторів: рибальства, аквакультури, «блакитної» економіки, біоекономіки, чистої енергетики, туризму, креативних індустрій, охорони здоров'я та добробуту, «розумних» міст, транспорту й енергоефективних міських систем, підсилюючи урбанізацію, підвищення енергоефективності та досягнення цілей сталого розвитку.</p>

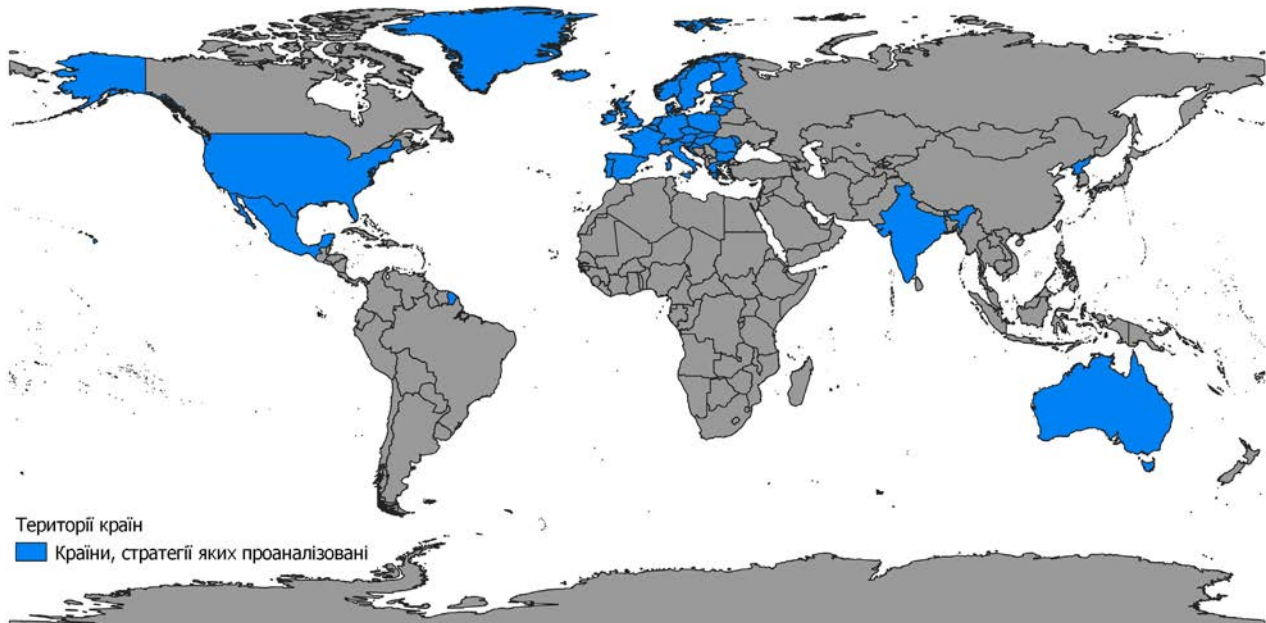


Рис. 3. Країни, стратегій яких були проаналізовані у дослідженні

Висновок. Усі досліджувані стратегії демонструють перехід від традиційних ГІС до геоінформаційних платформ, поєднуючи технології: штучного інтелекту і машинного навчання, хмарні та edge-обчислення, Інтернету речей, високоточних ГНСС і дані LiDAR та ДЗЗ, цифрових близнюків. Це дає можливість отримувати дані у реальному часі, автоматично їх аналізувати (big-data/ streamed analytics) і візуалізувати у тривимірному та/або віртуальному середовищах. Акцент на відкритих стандартах та принципах (WMS/WFS, FAIR, API) та національних інфраструктурах геопросторових даних забезпечує міжгалузеву інтероперабельність і швидке масштабування інновацій.

Більшість програм передбачають прямі інвестиції у формування ринків геопросторових даних-як-послуг і запуск ринків наборів даних. Відкриття ресурсів, наприклад, Copernicus (ЄС), LiDAR HD (Франція), Digital Atlas (Австралія) чи GeoHub (Індія) перетворює офіційні геопросторові дані на «паливо» для комерційних застосунків. Одночасно майже всі стратегії інтегрують вимоги конфіденційності та безпеки даних, підсилюючи довіру до екосистеми геопросторових даних і знань.

Слід зазначити, що геоінформаційні технології переходять від допоміжного інструмента до ядра цифрових бізнес-моделей та державного управління. Водночас стратегії закладають масштабні освітні ініціативи: наприклад, підготовка 50 000 дата-спеціалістів у Кореї, 250 000 цифрових фахівців у ЄС, масові курси підвищення кваліфікації у Сполученому Королівстві та Digital Earth в Австралії. Таким чином зміцнюється «трикутник»:

дані, технології, кваліфіковані кадри, який необхідний для сталого розвитку НІГД та економіки в цілому. Підсумовуючи, ці національні стратегії демонструють глобальну тенденцію до створення єдиних геопросторових інфраструктур, де обмін даними між галузями відбувається в реальному часі.

На основі досліджених стратегічних підходів до розвитку геопросторових даних та геоінформаційних технологій у провідних країнах світу сформовано рекомендації для геопросторової стратегії України:

1) передбачити створення інтегрованої системи управління НІГД на всіх рівнях: державному, регіональному та місцевому, забезпечити чіткий розподіл повноважень і відповідальності між органами влади згідно з урахуванням чинного законодавства у сфері національної інфраструктури геопросторових даних;

2) описати механізми систематичного оновлення, контролю якості, оприлюднення базових геопросторових даних у відповідності до вимог національних та міжнародних стандартів серії ISO 19100 «Географічна інформація/Геоматика» [19], OGC та специфікацій INSPIRE, а також відповідно до FAIR принципів для посилення координації роботи з даними;

3) запровадити використання штучного інтелекту в автоматизації збирання, опрацювання та аналізу геопросторових даних, у тому числі для геоінформаційного топографічного картографування;

4) запропонувати національну платформу тривимірних цифрових моделей місцевості для міст і регіонів з метою забезпечення безпеки і оборони, просторового планування, управління ризиками, моніторингу природних і техногенних об'єктів та явищ;

5) удосконалити освітні програми з геодезії та землеустрою, геоінформаційних систем і технологій у вищій освіті, та інтегрувати навчальні курси із зазначених освітніх програм у програми загальної середньої освіти;

6) забезпечити врахування потреб різних користувачів, підтримувати зворотний зв'язок з ними щодо функціоналу, актуальності та якості геоінформаційних сервісів;

7) врахувати ризики та розробити механізми захисту геопросторової інформації в умовах гібридних загроз;

8) запропонувати державну підтримку для запуску хмарних геоінформаційних платформ, сервісів, що функціонують у реальному часі;

9) передбачити конкретні показники досягнення цілей стратегії з періодичним їх переглядом, моніторингом та звітністю (наприклад, щорічно).

Список джерел

1. Geoscience Australia. Strategy 2028. Earth sciences for Australia's future. URL: <https://www.ga.gov.au/strategy-2028> (дата звернення: 19.05.2025).

2. Instituto Nacional De Estadística Y Geografía. Programa Estratégico del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica 2022-2046. SNIEG. URL: https://www.snieg.mx/Documentos/CONSEJO/sesiones/doc_12023/pesnieg_2022-2046.pdf (дата звернення: 19.05.2025).
3. Geospatial World Analysis. Geospatial Strategy for National Development. URL: <https://un-ggim-ap.org/sites/default/files/media/docs/Geospatial-Strategy-for-National-Development-2022.pdf> (дата звернення: 19.05.2025).
4. The Singapore Land Authority, the Maritime and Port Authority of Singapore. Singapore Geospatial Master Plan 2024-2033. URL: <https://file.go.gov.sg/singapore-geospatial-master-plan-2024.pdf> (дата звернення: 19.05.2025).
5. Zaki B. Khoury; Ko, Yoon-seok; Eom, Seok-Jin; Park, Keon Chul; Park, Jung-Eun; Cho, Bora; Jisoo Lee; Yulia Lesnichaya. Enabling Data-Driven Innovation: Learning from Korea's Data Policies and Practices for Harnessing AI (English). WBG Korea Office Innovation and Technology Notes; No. 11 Washington, D.C.: World Bank Group.
6. The Geospatial Commission. UK Geospatial Strategy 2030. URL: <https://www.gov.uk/government/publications/uk-geospatial-strategy-2030/uk-geospatial-strategy-2030> (дата звернення: 19.05.2025).
7. Federal Geographic Data Committee. Building the Geospatial Future Together—The NSDI Strategic Plan 2025–2035. URL: <https://www.fgdc.gov/nsdi-plan/nsdistrategicplan2035> (дата звернення: 19.05.2025).
8. The European Commission. A European strategy for data. URL: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/strategy-data> (дата звернення: 19.05.2025).
9. The National Institute of Geographic and Forest Information. IGN, scale up. Strategic Framework. URL: https://www.ign.fr/files/default/2022-02/ign_strategic_framework_english.pdf (дата звернення: 19.05.2025).
10. Ministry of Local Government and Regional Development. National geospatial strategy towards 2025 - Everything happens somewhere. URL: <https://www.regjeringen.no/en/dokumenter/national-geospatial-strategy-towards-2025/id2617560/?ch=1> (дата звернення: 19.05.2025).
11. Закон України Про національну інфраструктуру геопросторових даних: прийнятий 13 квіт. 2020 року № 554-IX// Відомості Верховної Ради України. – 2020. – № 37. – Ст. 277. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#Text>
12. Про затвердження Порядку функціонування національної інфраструктури геопросторових даних: Постанова Кабінету Міністрів України від 26 трав. 2021 р. № 532. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/532-2021-п#Text>
13. Карпінський Ю.О. Основи створення інтероперабельних геопросторових даних. / Ю.О. Карпінський та ін. – Київ: КНУБА, 2023. – 302 с.
14. Crompvoets J., Vancauwenberghe G., Ho S., Masser I, Timo de Vries W. (2018). Governance of national spatial data infrastructures in Europe. IJSDIR, Vol.13, pp. 253-285, DOI: 10.2902/1725-0463.2018.13.art 16.
15. Карпінський Ю.О., Лященко А.А. (2006). Стратегія формування національної інфраструктури геопросторових даних в Україні. К.: НДІГК, 106 с.
16. Карпінський Ю.О. Основи ГІС. Стандартизація географічної інформації / Ю.О. Карпінський, А.А. Лященко, Н.Ю. Лазоренко-Гевель. – К.: КНУБА, 2021. – 152 с.
17. Карпінський Ю. Національна інфраструктура геопросторових даних України у світовому вимірі: стан та нагальні завдання розвитку і сталого функціонування / Ю. Карпінський, А. Лященко, Д. Макаренко, А. Черін // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2021. – Вип. I (41). – С. 104–112.
18. Yurii Karpinskyi Yurii, Lazorenko-Hevel Nadiia. The system model of topographic mapping in the national spatial data infrastructure in Ukraine. Interdepartmental scientific and

technical review "Geodesy, Cartography and Aerial Photography". - Volume 92, 2020. – 24-36 p.
<https://doi.org/10.23939/istcgcap2020.92.024>

19. Географічна інформація. Правила моделювання геопросторових даних ДСТУ 8774:2018 – [Чинний від 2019-07-01] – К: ДП «УкрНДНЦ».

20. Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE).
Режим доступу: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2007/2/oj>

Ph. D., Associate Professor **Lazorenko Nadiia**,
Kyiv National University of Construction and Architecture

GLOBAL DEVELOPMENT TRENDS OF GEOSPATIAL DATA AND GEOINFORMATION TECHNOLOGIES AND LESSONS FOR UKRAINE

"You can't use an old map to explore a new world." – The UK's Geospatial Strategy Unlocking the Power of Location (2020 – 2025).

The paper investigates strategic approaches to the development of geospatial data and geoinformation (GIS) technologies adopted by leading economies such as Australia, India, Norway, Mexico, the Republic of Korea, Singapore, the United Kingdom, the United States, the European Union and France. All reviewed geospatial strategies demonstrate a transition from conventional GIS to integrated geospatial platforms that fuse artificial intelligence (AI), machine learning (ML), cloud- and edge-computing, Internet-of-Things (IoT) sensor networks, high-precision GNSS, LiDAR and Earth-observation data, as well as national-scale digital twins.

Global geospatial strategies converge on four pillars. Data ecosystems: open, FAIR-compliant core datasets and cross-sector "data-as-a-service" marketplaces.

Technological convergence: real-time data and streaming analytics, automated image interpretation, VR/AR visualization and scalable API-first architectures ensuring interoperability (OGC, ISO 19100, INSPIRE).

Human capital: large-scale up-skilling programs (50,000 AI specialists in Korea, 250,000 digital talents in the EU, UK Data-Digital-Diversity initiative) that embed geospatial literacy from secondary school to postgraduate level.

Application domains include infrastructure and smart transport, precision agriculture and forestry, clean energy and climate resilience, public health, emergency response, the blue economy, and supply-chain optimization. These move geospatial intelligence from a supporting tool to the core of digital business and public-sector decision-making.

Despite the statutory establishment of a National Spatial Data Infrastructure (NSDI), Ukraine still faces fragmented core datasets, limited integration of artificial intelligence and 3-D technologies, inadequate interoperability, and a marked shortage of geospatial professionals. These imbalances hinder the digital transformation of the

national economy, complicate spatial planning for post-war reconstruction, and diminish the country's resilience to climatic and security challenges. Consequently, there is an urgent scientific and practical need to conduct a systematic review of global geospatial strategies, to identify both the universal and the context-specific components of their innovation landscapes, to evaluate associated risks, and to develop recommendations for an integrated, innovation-oriented geospatial strategy for Ukraine – one that incorporates international best practice into the Ukrainian NSDI and secures the nation's long-term socio-economic and environmental sustainability.

Keywords: geospatial data; GIS technologies; national geospatial strategies; artificial intelligence; digital twins; FAIR principles; NSDI.

REFERENCES

1. Geoscience Australia. Strategy 2028. Earth sciences for Australia's future. URL: <https://www.ga.gov.au/strategy-2028> {in English}
2. Instituto Nacional De Estadística Y Geografía. Programa Estratégico del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica 2022-2046. SNIEG. URL: https://www.snieg.mx/Documentos/CONSEJO/sesiones/doc_12023/pesnieg_2022-2046.pdf {in English}
3. Geospatial World Analysis. Geospatial Strategy for National Development. URL: <https://un-ggim-ap.org/sites/default/files/media/docs/Geospatial-Strategy-for-National-Development-2022.pdf>. {in English}
4. The Singapore Land Authority, The Maritime and Port Authority of Singapore. Singapore Geospatial Master Plan 2024-2033. URL: <https://file.go.gov.sg/singapore-geospatial-master-plan-2024.pdf>. {in English}
5. Zaki B. Khoury; Ko, Yoon-seok; Eom, Seok-Jin; Park, Keon Chul; Park, Jung-Eun; Cho, Bora; Jisoo Lee; Yulia Lesnichaya. Enabling Data-Driven Innovation: Learning from Korea's Data Policies and Practices for Harnessing AI (English). WBG Korea Office Innovation and Technology Notes; No. 11 Washington, D.C.: World Bank Group. {in English}
6. The Geospatial Commission. UK Geospatial Strategy 2030. URL: <https://www.gov.uk/government/publications/uk-geospatial-strategy-2030/uk-geospatial-strategy-2030>. {in English}
7. Federal Geographic Data Committee. Building the Geospatial Future Together— The NSDI Strategic Plan 2025–2035. URL: <https://www.fgdc.gov/nsdi-plan/nsdistrategicplan2035>. {in English}
8. The European Commission. A European strategy for data. URL: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/strategy-data>. {in English}

9. The National Institute of Geographic and Forest Information. IGN, scale up. Strategic Framework. URL: https://www.ign.fr/files/default/2022-02/ign_strategic_framework_english.pdf. {in English}
10. Ministry of Local Government and Regional Development. National geospatial strategy towards 2025 - Everything happens somewhere. URL: <https://www.regjeringen.no/en/dokumenter/national-geospatial-strategy-towards-2025/id2617560/?ch=1>. {in English}
11. The Law of Ukraine On the National Infrastructure of Geospatial Data: adopted on April 13. 2020 No. 554-IX// Information of the Verkhovna Rada of Ukraine. – 2020. – No. 37. – 277. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#Text>. {in Ukrainian}
12. On the approval of the Procedure for the functioning of the national infrastructure of geospatial data: Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated May 26. 2021 No. 532. {in Ukrainian}
13. Karpinskyi Y.O. Fundamentals of creating interoperable geospatial data/ Y.O. Karpinsky et al. Kyiv: KNUBA, 2023. 302 p. {in Ukrainian}
14. Cromptvoets J., Vancauwenberghe G., Ho S., Masser I, Timo de Vries W. (2018). Governance of national spatial data infrastructures in Europe. IJSDIR, Vol.13, pp. 253-285. {in English}
15. Karpinskyi Y.O., Liashchenko A.A. (2006). Strategy for the formation of national geospatial data infrastructure in Ukraine. K.: NDIGK, 106 p. {in Ukrainian}
16. Karpinsky, Y.O., Lyashchenko, A.A., & Lazorenko-Gevel, N. (2021). Fundamentals of GIS. Standardization of geographic information. Kyiv National University of Construction and Architecture {in Ukrainian}.
17. Karpinskyi Y., Liashchenko A., Makarenko D., Cherin A. (2021) National geospatial data infrastructure of Ukraine in the global dimension: state and urgent tasks of development and sustainable functioning. Modern achievements of geodetic science and production: collection of scientific works, Issue I (41), 2021, pp. 104-112. {in Ukrainian}
18. Yurii Karpinskyi Yurii, Lazorenko-Hevel Nadiia. The system model of topographic mapping in the national spatial data infrastructure in Ukraine. Interdepartmental scientific and technical review "Geodesy, Cartography and Aerial Photography". - Volume 92, 2020. – 24-36 p. {in English}
19. The National Standard of Ukraine DSTU 8774:2018 “Geographic information. Geospatial data modeling rules”. {in Ukrainian}
20. Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE). Режим доступу: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2007/2/oj> {in English}