

УДК 528.32

Ю. КАРПІНСЬКИЙ^{1*}, А. ЛЯЩЕНКО¹, Д. МАКАРЕНКО², А. ЧЕРІН²

^{1*} Кафедра фотограмметрії і геоінформатики, Київський національний університет будівництва і архітектури, просп. Повітрофлотський, 31, Київ, 03037, Україна, +38(050)4108636, e-mail: karp@gki.com.ua

² Науково-дослідний інститут геодезії і картографії, вул. Велика Васильківська, 69, Київ, 03150, Україна, e-mail: cherin.andrey@gmail.com

НАЦІОНАЛЬНА ІНФРАСТРУКТУРА ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ УКРАЇНИ У СВІТОВОМУ ВИМІРІ: СТАН ТА НАГАЛЬНІ ЗАВДАННЯ РОЗВИТКУ І СТАЛОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ

Мета – узагальнення світового досвіду і тенденцій розвитку інфраструктури геопросторових даних (ІГД) у розвинених країнах, оцінювання стану формування національної інфраструктури геопросторових даних (НІГД) в Україні, ідентифікація ключових проблем та завдань забезпечення її сталого розвитку і функціонування. **Методика.** Монографічний метод опрацювання наукових публікацій, нормативних документів, стандартів та інших матеріалів щодо створення НІГД. Оцінювання стану формування НІГД в Україні здійснено за індикаторами, які визначив Комітет експертів ООН з питань глобального управління геопросторовою інформацією (UN-GGIM). **Результати.** Визначено ключові принципи, архітектуру та ролі виробників, тримачів і користувачів даних ІГД трьох поколінь, що спостерігаються в еволюції ІГД розвинених країн. Виконано періодизацію основних ініціатив та проєктів за 1992–2020 рр., що стосувалися формування НІГД в Україні. Загальна оцінка стану НІГД в Україні за індикаторами UN-GGIM на момент ухвалення Закону України “Про національну інфраструктуру геопросторових даних” (2020) становить 0,39, або 39 %, що відповідає рейтингу країн із “геопросторовим розривом”. Найбільші проблеми ідентифіковано в напрямках: урядування та інституційного забезпечення, фінансового забезпечення, виробництва та оновлення даних, спроможності та освіти, комунікації та партнерства. Обґрунтовано базову архітектуру, склад геоінформаційних сервісів геопорталів НІГД України та засоби досягнення інтероперабельності компонентів НІГД на основі впровадження національного профілю стандартів географічної інформації, гармонізованого із міжнародними стандартами серії ISO 19100 і технічними специфікаціями Відкритого геопросторового консорціуму. **Наукова новизна.** Оцінювання стану формування НІГД в Україні за індикаторами UN-GGIM, обґрунтування напрямів і технологічних моделей забезпечення інтероперабельності компонентів НІГД з урахуванням умов України. **Практична значущість.** Ідентифіковано ключові проблеми і нагальні завдання розвитку НІГД в Україні, обґрунтовано послідовність етапів її розвитку, а саме першочергової реалізації базової мережі геопорталів інфраструктури для доступу до наявних геопросторових даних із поступовим забезпеченням їх інтероперабельності та узгодженості на основі використання уніфікованого набору базових геопросторових даних та упровадженням національного профілю стандартів географічної інформації.

Ключові слова: геопросторові дані; інфраструктура геопросторових даних; метадані; геопортали; геоінформаційні вебсервіси; ІГД; НІГД.

Вступ

За майже тридцять років, відколи було сформульовано концепцію, структуру та методологію створення інфраструктури геопросторових даних (ІГД), у більшості країн світу реалізовано програми розбудови ІГД на національному, регіональному та місцевому рівнях. Сучасні ІГД перетворюються на платформи інтегрування усіх ланок виробництва, постачання і використання геоінформаційних ресурсів для прийняття управлінських рішень у різних сферах.

Узагальнено можна визначити, що НІГД – це комплексне національне рішення для забезпечення простого, оперативного та ефективного доступу до географічної інформації в мережі геопорталів. Проста у

використанні (на кшталт пошуку об’єктів за адресою та пішохідної навігації з використанням смартфона) ІГД – це надскладна система, в якій застосовуються найсучасніші інформаційно-комунікаційні технології, сховища геопросторових даних, а її створення і повноцінне функціонування потребують належного правового регулювання, значних фінансових та людських ресурсів, зокрема підготовлених фахівців у сфері сучасних геоінформаційних технологій.

Попри спільність концепцій і технологічних рішень компонентів НІГД, кожна країна реалізує та використовує їх по-різному, залежно від конкретних інституційних, економічних, соціальних і технологічних передумов, а також від рівня усвідомлення владними структурами

та суспільством значущості геопросторових даних та ГІС для економіки та сталого розвитку країни.

Мета цієї статті – узагальнення світового досвіду і тенденцій еволюції ІГД, оцінювання стану формування НІГД в Україні, ідентифікація ключових проблем і завдань її розвитку для реалізації положень Закону України “Про національну інфраструктуру геопросторових даних”, який набрав чинності та діє з 1 січня 2021 р.

Аналіз останніх досліджень

ІГД за останні десятиліття перетворилася на мультидисциплінарну сферу наукової та практичної діяльності, яка охоплює правові, економічні, інформаційні, технологічні, соціальні та інші аспекти виробництва і широкого використання геопросторових даних. У контексті пропонованої теми з-поміж багатьох публікацій можна виділити праці, в яких: ІГД розглянуто як комплексну програмно-технічну інфраструктуру нового типу [GSDI Association, 2004]; досліджено еволюцію ІГД із періодизацією трьох поколінь ІГД у розвинених країнах [Rajabifard A. et al., 2006; Masser I., 2011]; проаналізовано основні етапи розвитку ІГД та вплив інновацій вебтехнологій і технології баз геопросторових даних на архітектуру та функції геопорталів ІГД [Schade S. et al., 2020; Masser I., 2011]; досліджено особливості та перспективи розвитку ІГД у різних країнах на національному і регіональному рівнях [Gómez P. M. et al., 2019; Guigoz Y. et al., 2017]; проаналізовано підсумки реалізації масштабного проекту ІГД у країнах Європейського Союзу [Cetl V. et al., 2017; Crompvoets J. et al., 2018; Pashova L, Vandrova T., 2017]; розроблено систему індикаторів та методів оцінювання ефективності та моніторингу реалізації проєктів ІГД [Netherlands Geodetic Commission, 2009]; сформовано методологію глобального управління геопросторовою інформацією для вирішення завдань сталого розвитку [UN, 2011; UN-GGIM, 2018; Scott G., Rajabifard A., 2017].

Наведений перелік праць далеко не вичерпний, але дає змогу виявити загальні тенденції розвитку ІГД у контексті оцінювання сучасного стану і проблем НІГД в Україні, які останніми роками системно не досліджувалися.

Світовий досвід і тенденції розвитку ІГД

ІГД сьогодні розглядають не тільки як одну із теоретичних концепцій, а і як:

– сучасну парадигму геоінформаційних технологій – сукупність цінностей, методів, підходів, технологічних навичок та засобів дослідження геосистеми;

– науково обґрунтовану, прийнятну та практично реалізовану в більшості країн світу методологію організації виробництва геопросторових даних для забезпечення потреб сучасного суспільства в геоінформаційних ресурсах та послугах;

– сукупність стандартів, що охоплюють усі процеси збирання, виробництва та використання геопросторових даних;

– множину напрацьованих інституційних, правових та програмно-технологічних рішень у сфері ІГД;

– сотні геопорталів національних, регіональних, місцевих, галузевих (видових) інфраструктур геопросторових даних.

Разом із цим, ІГД – це динамічна, ієрархічна та мультидисциплінарна концепція, яка постійно розвивається та удосконалюється як під впливом технологічних інновацій, так і зі збільшенням обсягів геопросторових даних та зростанням потреб суспільства в них. У еволюції ІГД розвинених країн вирізняють три покоління ІГД [Rajabifard A. et al., 2006; Masser I., 2011].

ІГД першого покоління (1990–1998 рр.) були зорієнтовані на дані та зосереджувалися переважно на технологічних питаннях гармонізації даних, стандартизації метаданих і вебсервісів для виявлення, візуалізації та завантаження даних, що продукуються в державному секторі. Ініціативи щодо створення ІГД та координація взаємодії виробників даних були зосереджені переважно в центральних органах влади, зокрема національних службах із геодезії та картографії.

Друге покоління ІГД (2000–2006 рр.) зосереджується на процесах підтримання даних в актуальному стані та їх використання у різних сферах як на загальнодержавному, так і на субнаціональних рівнях; реалізації програм зі створення інтероперабельних геопросторових даних у різних галузях, а також на регіональному і місцевому рівнях. Ініціативи керівників окремих секторів економіки, органів місцевого самоврядування, партнерських груп націлені на багатозагове використання геопросторових даних для вирішення різних прикладних завдань на різних рівнях.

Третє покоління ІГД зорієнтовано на користувача (з 2007 р. до сьогодні) та розвивається як платформа геоінформаційно забезпеченого суспільства на основі технології GeoWeb 2.0, що дає змогу користувачам взаємодіяти та співпрацювати між собою як творцям вмісту у віртуальному середовищі інфраструктури. До них належать урядові та приватні ініціативи (наприклад, Google Maps) та краудсорсингові джерела даних. Офіційні урядові, регіональні та місцеві геопортали доповнюються функціями зворотного зв'язку із користувачами для актуалізації даних та надання послуг е-урядування із використанням геопросторових даних.

Важливим аспектом сучасних ІГД є створення та поширення відкритих даних, доступних для прямого завантаження через корпоративні геопортали (наприклад, Open Street Map, ESRI тощо). Спостерігається тенденція надання геопросторовим даним, виробленим у державному секторі, статусу відкритих урядових даних для вільного завантаження із офіційних урядових вебпорталів. Остання тенденція зафіксована в

національних стратегіях розвитку геопросторової інформації як вимога щодо якості геопросторових даних для систем прийняття рішень за принципом AAA (*Accurate, Ahouritative, Assured* – точні, офіційні та гарантовані).

Найціннішим джерелом досвіду, безсумнівно, є реалізація ІГД країн ЄС – INSPIRE [Cetl V. et al., 2017; Stormvoets J. et al., 2018]. Окрім ключової ідеї вдосконалення обміну даними, у INSPIRE вирішено надскладне завдання – забезпечення умов для досягнення інтероперабельності створюваних геоінформаційних ресурсів за допомогою розроблення докладних специфікацій для 34 тем геопросторових даних, метаданих і геосервісів. Серія стандартів ISO 19100 та стандарти консорціуму OGC стали основою для цих величезних зусиль. Створено великий обсяг стандартизованих наборів геопросторових даних і метаданих для обслуговування транскордонних програм охорони і моніторингу довкілля та інших секторів економіки. Разом з цим, виявилася проблема топологічної узгодженості наборів даних різних тем, а завдання повного узгодження даних було перенесено із 2016 на 2020 р. [Pashova L, Vandrova T., 2017].

На міжнародному рівні зріс інтерес до ІГД як ключового засобу підтримки сталого розвитку. Економічна та соціальна рада ООН (ECOSOC) у липні 2011 р. створила Комітет експертів ООН з управління глобальною геопросторовою інформацією (UN-GGIM) [UN, 2011]. Цей комітет за останні роки напрацював низку методичних матеріалів та рекомендацій щодо посилення інституційних механізмів управління геопросторовою інформацією, настанов і стандартів для забезпечення сталого розвитку ІГД та інтероперабельності геопросторових даних. Особливу увагу в своїй діяльності Комітет ООН приділяє розвитку НІГД у країнах, що розвиваються, та у країнах з перехідною економікою для подолання “геопросторового розриву” в рівні використання географічної інформації в цих країнах порівняно із країнами з розвиненими економіками в контексті цілей сталого розвитку [UN-GGIM, 2018].

Ініціативи, стан і проблеми розвитку НІГД в Україні

Передусім у хронологічній послідовності варто згадати про деякі ключові ініціативи та проекти, що стосувалися формування НІГД в Україні:

- липень 1992 р. – утворення Державної комісії з ГІС при Кабінеті Міністрів України;
- 1992–1993 рр. – розроблення проекту “Концепції багаточільової Національної ГІС України” [Руденко Л. Г. та ін., 1994];
- 1995 р. – створення Технічного комітету ТК 103 “Географічна інформація/геоматика”;
- 1995–2000 рр. – реалізація “Державної програми з цифрового картографування України”;
- 2000–2003 рр. – українсько-шведський проект “Створення умов для впровадження національної інфраструктури геопросторових даних в Україні”;

- 2004 р. – створення геопорталу дослідної картографічної мережі України (uamap.net);

- 2006 р. – розроблення техніко-економічної доповіді щодо формування НІГД України;

- 2007 р. – завершення робіт зі створення Державної системи координат УСК-2000;

- 29.11.2007 р. – розпорядження КМУ № 1021 “Про схвалення Концепції проекту Закону України “Про національну інфраструктуру геопросторових даних”;

- 2008 р. – розроблення проекту Закону України “Про національну інфраструктуру геопросторових даних”;

- 2015–2017 р. – українсько-японський проект “Створення національної інфраструктури геопросторових даних в Україні”;

- 13.04.2020 р. – ухвалення Закону України “Про національну інфраструктуру геопросторових даних”;

- 9.09.2020 р. – постанова Кабінету Міністрів України про утворення Ради з національної інфраструктури геопросторових даних як колегіального радчого органу при Кабінеті Міністрів України;

- 5.11.2020 р. – розроблення та оприлюднення для широкого обговорення проекту постанови Кабінету Міністрів України “Про затвердження Порядку функціонування національної інфраструктури геопросторових даних”.

Варто також означити певні досягнення у забезпеченні доступу до геопросторових даних в мережі інтернет, зокрема це геопортали: Публічної кадастрової карти України, Державної геодезичної мережі України, адміністративно-територіального устрою України із моніторингом формування ОТГ тощо. На регіональному рівні створено геопортали системи містобудівного кадастру в 12 областях та 34 містах обласного значення.

Відповідно до українсько-японського проекту на основі базових стандартів серії ISO 19100 розроблено національні стандарти щодо правил моделювання геопросторових даних, складу метаданих, розроблення специфікацій геоінформаційних продуктів та оцінювання якості геопросторових даних.

Наведена хронологія ініціатив та проектів з НІГД в Україні підтверджує застереження багатьох експертів із розвинених країн про те, що за усієї важливості технологічних компонентів інфраструктури успішність створення ІГД залежить від політичних рішень, належного законодавчого та інституційного забезпечення. Проблеми НІГД не були пріоритетними в нашій країні в роки складних трансформацій на шляху до ринкової економіки. Ухвалення Закону України “Про національну інфраструктуру геопросторових даних”, якого професійна спільнота очікувала понад десять років, дає підстави сподіватись на прискорений розвиток НІГД України як складової сучасної державної стратегії розбудови цифрової країни.

Варто усвідомлювати, що ухвалення профільного закону – лише правова основа для практичного втілення складного міжгалузевого інфраструктурного проекту із виробництва та використання геопросторових даних на державному, регіональному та місцевому рівнях. Незважаючи на певні технологічні та секторальні ініціативи і досягнення, для створення повноцінної НІГД в Україні потрібно вирішити ще багато проблем і завдань.

За звітом ООН “Опитування електронного уряду 2016” (<https://publicadministration.un.org>) Україна займає 62-ге місце поміж 193 країн. Оцінки для України за всіма показниками (онлайн-сервіси, телекомунікації, інформаційна інфраструктура та людський капітал – 0.6076; 0.5870; 0.3968; 0.8390) нижчі за середні показники для європейського регіону (відповідно: 0.7241; 0.6926; 0.6438; 0.8360). Але за цими оцінками Україна входить у групу країн із високим рівнем е-урядування. Натомість, цього не можна сказати про оцінку стану НІГД в Україні за методикою Комітету експертів UN-GGIM (рис. 1), яку визначено на множині 98 індикаторів за такими напрямками: урядування та інституційне забезпечення; законодавство і політика; фінансове забезпечення; дані; інновації; стандарти; партнерство; спроможність та освіта; комунікації та залучення і співпраця.

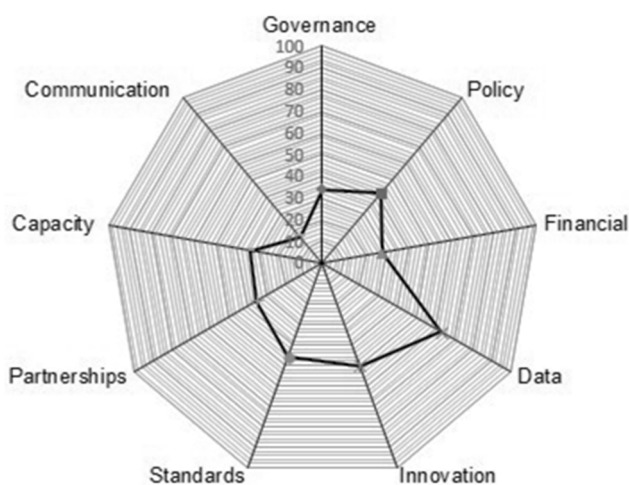


Рис. 1. Діаграма оцінки стану НІГД в Україні за індикаторами UN-GGIM

Загальна оцінка становить 0,39 або 39 %, що відповідає рейтингу країн з “геопросторовим розривом”. Найбільші проблеми ідентифіковано в напрямках: урядування та інституційне забезпечення, фінансове забезпечення, виробництво та оновлення даних, спроможність використання ГІС у державному секторі та освіта, комунікації та партнерство.

Незважаючи на доволі високу оцінку наявності даних (понад 60 %), у цьому напрямі в Україні теж є проблеми, що не виявляються набором індикаторів UN-GGIM, а саме: відсутність єдиного набору базових

геопросторових даних загальнодержавного рівня; відсутність специфікацій та метаданих для геопросторових даних; дані не інтероперабельні та практично недоступні на геопорталах тримачів даних для завантаження у форматах векторних даних.

У Законі України “Про національну інфраструктуру геопросторових даних” поставлено завдання за два роки забезпечити створення та надання на геопорталах НІГД доступу до наборів базових і тематичних даних за переліком 34 тем інфраструктури INSPIRE. А країнам ЄС для оновлення геопросторових даних, приведення їх до уніфікованої структури та створення мережі геопорталів за значно кращих економічних умов знадобилося понад десять років. Це свідчить як про природну націленість органів державної влади України на прискорене отримання результатів у розбудові НІГД, так і про недооцінку реальної складності завдань та обсягів ресурсів, необхідних для створення геопросторових даних НІГД.

Завдання розвитку і сталого функціонування

Згідно із законом НІГД в Україні повинна реалізуватися за базовою архітектурою (рис. 2) як мережа геопорталів, інформаційними вузлами якої є: національний геопортал; геопортали центральних органів виконавчої влади (галузеві геопортали); геопортали органів місцевого самоврядування; геопортали підприємств та локальних територій.



Рис. 2. Схема базової архітектури НІГД

Пересічні користувачі сприймають геопортал як спеціалізований вебсайт із пошуковими та геоінформаційними вебсервісами доступу до метаданих і геопросторових даних у мережі інтернет. Насправді геопортал – доволі складна клієнт-серверна система із тривірневою архітектурою засобів сервера сховища даних, вебсервера з прикладними застосунками вебкартографування та засобів підтримки ГІС-функціональності клієнтського рівня. В складі геопорталу можна виділити такі основні компоненти: база метаданих про геоінформаційні ресурси на певну територію (місто, регіон, країну тощо), база даних наборів геопросторових даних, геоінформаційні вебсервіси для перегляду електронних карт та отримання геопросторових даних у визначених уніфікованих форматах векторних даних.

Ключове завдання створення та сталого функціонування ІГД – забезпечити інтероперабельність її складових. Спрощений переклад з англійського поняття “*interoperability*” як “*сумісність*” пов’язує її досягнення із використанням уніфікованих інтерфейсів та уніфікованих форматів обміну даними. Але це лише одна зі складових інтероперабельності в широкому сенсі цієї властивості, яку згідно із ISO/IEC 2382-1:1993 визначають як “*здатність взаємодіяти, виконувати програму або передавати дані між різними функціональними компонентами у спосіб, який вимагає, щоб користувачі (люди чи програми) мало знали або зовсім не знали про унікальні властивості цих компонентів*”.

Інтероперабельність складових ІГД досягається дотриманням під час їх реалізації єдиних стандартів, які визначають уніфіковану архітектуру системи та інтерфейси (мову, формати і правила) взаємодії як між учасниками, так і між програмно-технологічними компонентами ІГД. Оскільки за природою сучасні геоінформаційні технології є міжгалузевими і глобальними, то географічна інформація та ІГД стали предметом міжнародної стандартизації. В еталонній моделі інтероперабельності виокремлено організаційний, технічний та семантичний рівні інтероперабельності.

Організаційний рівень інтероперабельності стосується прагматичних аспектів взаємодії (ділових або політичних) суб’єктів НІГД. На цьому рівні узгоджують бізнес-цілі та досягають угод про співпрацю між суб’єктами НІГД, які обмінюються інформацією, хоча мають відмінні внутрішню структуру і процеси. Організаційна інтероперабельність має на меті задовольнити вимоги спільноти користувачів: служби повинні стати доступними, легко ідентифікуватись і бути орієнтованими на користувача.

Організаційна інтероперабельність досягається застосуванням нормативно-правових документів (угод, конвенцій, договорів про співпрацю). Основні напрями та методи досягнення організаційної інтероперабельності НІГД визначено в Законі із встановленням

відповідальності та порядку взаємодії центральних органів влади, органів місцевого самоврядування та інших тримачів геопросторових даних і користувачів даних у процесі виробництва, оновлення та надання доступу до наборів геопросторових даних, метаданих і геоінформаційних сервісів в НІГД.

У забезпеченні інтероперабельності компонентів НІГД на технічному та семантичному рівнях вирізняють такі два основні аспекти або підходи [CEN (2006)]:

1) *сервіс-центричний*, що передбачає типізацію сервісів, архітектуру та концепцію інтероперабельності сервісів, їх реалізацію, каталогізацію і використання на основі загальних базових стандартів інформаційних технологій;

2) *інформаційно-центричний*, що передусім пов’язаний із питаннями стандартизації моделей геопросторових даних, прикладних схем їх використання та метаданих.

Більшість питань сервіс-центричного аспекту загальні для усіх ІГД, а відповідні технологічні рішення, реалізовані й апробовані в НІГД інших країн, можна безпосередньо використати для створення НІГД України. Геопортали ІГД, як правило, будують за сервіс-орієнтованою архітектурою (SOA) та загальними принципами реалізації геоінформаційних сервісів, що визначені у специфікаціях Відкритого геопросторового консорціуму OGC (*Open Geospatial Consortium*) [OGC, 2004] та в міжнародних стандартах з географічної інформації [ДСТУ ISO, 2017].

У складі геопорталів НІГД передбачено реалізацію таких геоінформаційних сервісів:

– вебсервіс каталогу метаданих CSW (*Catalogue Services for the Web*), що забезпечує доступ до бази каталогу метаданих про набори геопросторових даних та геоінформаційні сервіси;

– вебкартографічний сервіс WMS (*Web Map Service*), що надає зображення електронних карт з їх просторовою прив’язкою, які генеруються застосунками картографічного сервера геопорталу переважно в растрових форматах;

– вебсервіс картографічних тайлів WMTS (*Web Map Tile Service*), що надає зображення електронних карт із файлів багаторівневої серії квадратних фрагментів растрових зображень (тайлів) з різними рівнями деталізації;

– вебсервіс покриття WCS (*Web Coverage Service*), що забезпечує отримання цифрових моделей географічних полів, які описують неперервне просторове поширення певної характеристики (сіткові моделі рельєфу, растрові моделі даних дистанційного зондування Землі, забруднення атмосферного повітря тощо);

– вебсервіс геопросторових об’єктів WFS (*Web Feature Service*), що забезпечує отримання векторних моделей геопросторових об’єктів із сервера бази геопросторових даних в уніфікованих форматах (GML,

GeoJSON тощо) для візуалізації або використання їх у ГІС на комп'ютері користувача;

– вебсервіс географічних назв WGS (*Web Gazetteer Service*) – спеціалізований WFS сервіс географічних назв (WFS-G), що надає доступ до реєстрів-довідників географічних назв, вулиць та адрес, які можуть бути використані для пошуку інформаційних ресурсів або об'єктів за географічними ідентифікаторами або адресами об'єктів та/або для геокодування наборів геопросторових даних за цими ідентифікаторами й отримання даних із відповідних реєстрів у форматах векторних даних;

– вебсервіси опрацювання геопросторових даних WPS (*Web Processing Service*), що забезпечують доступ до програм опрацювання, перетворення, аналізу та моделювання даних, розміщених на геопорталі.

Для геоінформаційного сервісу кожного типу в складі геопорталу реалізуються спеціальні програмні засоби, що підтримують в середовищі веббраузера на стороні клієнта графічний інтерфейс користувача для формування і передавання запитів до геоінформаційного сервісу геопорталу та отримання і відображення відповідей від нього.

Мета інформаційно-центричного підходу – забезпечити захист геопросторових даних як найціннішого і найкоштовнішого ресурсу НІГД від зміни програмно-технологічних компонентів НІГД та створення умов інтероперабельності під час використання геопросторових даних геоінформаційними сервісами геопорталу та геоінформаційними системами користувачів даних. Цього досягають документуванням структури моделі даних та усіх класифікаторів, що використовують у цих даних, у формалізованому вигляді, доступному для сприйняття як людиною, так і програмами під час автоматизованого завантаження даних та їх використання у ГІС кінцевого користувача. Для вирішення цього завдання у проєкті INSPIRE реалізовано модельно-керовану архітектуру ІГД (рис. 3), в якій забезпечено подання інформації способом, що передбачає можливість використання нових методів і засобів реалізації технологічних компонентів без зміни раніше структурованої, задокументованої та збереженої інформації.

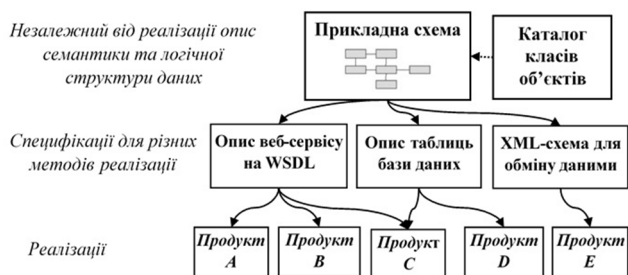


Рис. 3. Схема модельно-керованої архітектури НІГД (авторська модифікація схеми [CEN (2006)])

Технічні специфікації геопросторових даних INSPIRE [INSPIRE, 2008] ґрунтуються на використанні комплексу стандартів ISO 19100, які відповідають модельно-керованій архітектурі, оскільки згідно з ISO 19100 моделі геопросторових даних описують уніфікованою мовою моделювання UML формальною, незалежною від реалізації прикладною схемою із каталогом класів об'єктів та їх атрибутів. Способи реалізації для різних методів (наприклад: передавання XML-файлів, вебсервіси, реляційна або об'єктно-реляційна база даних) та середовищ реалізації (наприклад: J2EE, .Net) можуть бути отримані із прикладної схеми переважно автоматично. Зміни вимог до інформації застосовують до прикладної схеми і ніколи безпосередньо до реалізації.

Як ми уже зазначали, в межах українсько-японського проєкту “Створення національної інфраструктури геопросторових даних в Україні” (2015–2017 рр.) на основі базових стандартів серії ISO 19100 Технічний комітет ТК 103 розробив національний профіль стандартів із географічної інформації, зокрема: ДСТУ 8774:2018 “Географічна інформація. Правила моделювання геопросторових даних”, ДСТУ ISO 19131:2019 (ISO 19131:2007, IDT) “Географічна інформація. Специфікація геоінформаційного продукту”, ДСТУ ISO 19157:2020 (ISO 19157:2013, IDT) “Географічна інформація. Якість геопросторових даних”. Ці стандарти становлять основу для розроблення нормативних документів із виробництва і використання інтероперабельних наборів геопросторових даних у НІГД за концепцією модельно-керованого підходу.

Геопросторові дані НІГД повинні забезпечуватися документацією, наявність якої створює умови для того, щоб їх використовували фахівці та програми без залучення тримачів даних. Зокрема, до таких документів належать:

- докладна специфікація даних, що розробляється відповідно до національного стандарту ДСТУ ISO 19131:2019 (ISO 19131:2007; Amd 1:2011, IDT);
- XML електронний документ із описанням каталогу класів об'єктів, атрибутів об'єктів та класифікаторів відповідно до вимог стандартів ДСТУ 8774:2018 та ДСТУ ISO 19110:2017 (ISO 19110:2016, IDT);
- метадані відповідно до вимог профільного закону та ДСТУ ISO 19115-1:2020 (ISO 19115:2014, IDT) Географічна інформація. Метадані – Частина 1: Основи.

До усіх зазначених документів тримачі даних забезпечують відкритий доступ у мережі геопорталів.

Базовими форматами обміну векторними даними в НІГД варто визначити відкриті та нейтральні до ГІС-платформ формати, зокрема:

- формати, основані на використанні мови географічної розмітки GML відповідно до стандарту ДСТУ ISO 19136:2017 (ISO 19136:2007, IDT);
- формати, основані на використанні GeoJSON та TopoJSON, що розширюють загальновідому об'єктну нотацию JSON (*JavaScript Object Notation*) для подання просторових властивостей об'єктів та їх атрибутів.

Імпорт/експорт геопросторових даних у цих форматах підтримується засобами практично усіх поширених інструментальних ГІС та баз геопросторових даних, а тому відпадає потреба у розробленні додаткових засобів для їх використання у НІГД.

Для ефективного використання геопросторових даних НІГД у ГІС підтримки прийняття управлінських рішень необхідно забезпечити високу якість геопросторових даних, зокрема їх просторову та часову узгодженість. Це об'єктивно складне завдання, зважаючи на те, що тепер геопросторові дані продукують та постачають багато тримачів та/або виробників даних без належної координації та із використанням різних систем координат і різних наборів даних цифрової топографічної основи. Вочевидь, необхідною умовою забезпечення просторової узгодженості геопросторових даних, які постачаються з різних джерел, є створення уніфікованого набору базових геопросторових даних (НБГД) та обов'язковість його використання для усіх виробників тематичних геопросторових даних. З використанням мережі геопорталів НІГД необхідно організувати (інституційно і технологічно) постійний оперативний моніторинг та оновлення об'єктів набору базових геопросторових даних.

Висновки

Ураховуючи сучасний стан проблеми НІГД в Україні та з метою якнайшвидшого забезпечення доступу в мережі геопорталів НІГД до уже наявних наборів геопросторових даних, доцільно організувати реалізацію компонентів інфраструктури в такій черговості:

- насамперед вводять вже наявні цифрові топографічні карти і плани та набори тематичних геопросторових даних, для яких потрібно забезпечити координатну сумісність, створити мінімальні метадані та забезпечити доступ до них на національному геопорталі та/або геопорталах тримачів геопросторових даних;

- на наступних чергах необхідно сформувати набори базових геопросторових даних загальнодержавного, регіонального на місцевих рівнях і тематичні набори геопросторових даних, які визначено в ст. 5 та додатку до Закону, з урахуванням конкретних суспільних потреб і пріоритетів, але із обов'язковим дотриманням усіх вимог інтероперабельності геопросторових даних за концепцією модельно-керованої архітектури як необхідної умови забезпечення сталого функціонування НІГД.

Держгеокадастру необхідно не втрачати роль лідера в топографо-геодезичному та методичному забезпеченні НІГД, в розвитку її інституційних механізмів, партнерства і комунікацій державного і приватного секторів.

Для досягнення максимальної ефективності від реалізації НІГД важливо забезпечити підготовку

фахівців, здатних професійно використовувати геопросторові дані та ГІС в системах прийняття управлінських рішень.

Література

- Закон України “Про національну інфраструктуру геопросторових даних” (2020): прийнятий 13 квіт. 2020 р. № 554-IX. *Відомості Верховної Ради України*, № 37, Ст. 277.
- Географічна інформація. Сервіси: ДСТУ ISO 19119:2017 (ISO:19119:2016, ІДТ). [Чинний від 2017-10-01]. К: ДП “УкрНДНЦ”.
- Карпінський Ю. О., Лященко А. А. (2006). Стратегія формування національної інфраструктури геопросторових даних в Україні. К.: НДІГК, 106 с.
- Руденко Л. Г., Чабанюк В. С., Бондар А. Л. та ін. (1994). Концепція багатоцільової національної ГІС України: матеріали науково-практичного семінару з геоінформаційних систем, 22–25 листопада 1993 р., Вінниця – Київ, С. 4–33.
- CEN (2006). CEN/TR 15449:2006. Geographic information – Standards, specifications, technical reports and guidelines, required to implement Spatial Data Infrastructure. URL: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/4fe3122d-15f3-460c-b404-0dca99ef39ef/cen-tr-15449-2006>.
- Cetl V., Nunes de Lima V., Tomas R., Lutz, J., D'Eugenio M., Nagy A., Robbrecht J. (2017). Summary Report on Status of implementation of the INSPIRE Directive in EU, EUR 28930 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, DOI:10.2760/162895, JRC109035.
- Gómez P. M., García M. P., Seco G. G., Santiago A. R., Johnson C. T. (2019). The Americas' Spatial Data Infrastructure. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, 8(10), 432; DOI: 10.3390/ijgi8100432.
- 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.art16.
- GSDI Association. (2004). Global Spatial Data Infrastructure: The SDI Cookbook, Ver. 2.0. URL: http://gsdiassociation.org/images/publications/cookbooks/SDI_Cookbook_GSDI_2004_ver2.pdf.
- Guigoz Y., Giuliani G., Nonguierma A., Lehmann A., Mlisa A., Ray N. (2017). Spatial Data Infrastructures in Africa: A Gap Analysis. *Journal of Environmental Informatics*, 30 (1), pp. 53–62.
- INSPIRE (2008): D2.6: Drafting Team “Data Specifications” – deliverable D2.6: Methodology for the development of data specifications, 2008-06-20. URL: http://inspire.ec.europa.eu/reports/ImplementingRules/DataSpecifications/D2.6_v3.0.pdf.
- Masser I. (2011). Emerging Frameworks in the Information Age: The Spatial Data Infrastructure (SDI) Phenomenon.

- In T. L. Nyerges, H. Couclelis, & R. McMaster (Eds.), *The SAGE Handbook of GIS and Society*, pp. 271–286. London, UK: SAGE Publications Ltd, DOI: 10.4135/9781446201046.n14
- Netherlands Geodetic Commission. (2009). *Spatial Data Infrastructure Convergence: Research, Emerging Trends, and Critical Assessment*. Editors: B. van Loenen, J. W. J. Besemer and J. A. Zevenbergen. Publisher: Netherlands Geodetic Commission, http://gsdiassociation.org/images/publications/SDI_Convergence_2009.pdf.
- OGC (2004). Open Geospatial Consortium. *Geospatial Portal Reference Architecture*, 23 p. URL: http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=6669.
- Pashova L, Bandrova T. (2017). A brief overview of current status of European spatial data infrastructures – relevant developments and perspectives for Bulgaria, *Geo. Inform. Science*, 20:2, pp. 97–108, DOI:10.1080/10095020.2017.1323524.
- Rajabifard A., Binns A., Masser I., Williamson I. P. (2006). The role of sub-national government and the private sector in future Spatial Data Infrastructures. *International Journal of Geographical Information Science*, 20 (7), pp. 727–741.
- Schade S., Granell C., Vancauwenberghe G., Keßler C., Vandenbroucke D., Masser I., Gould M. (2020). Geospatial Information Infrastructures. In: *Manual of Digital Earth*. Springer, Singapore, pp 161–190, DOI:10.1007/978-981-32-9915-3_5.
- UN. (2011). *Global Geospatial Information Management*. New York: United Nations. E/2011/89.
- UN Committee of Expert on Global Geospatial Information Management (UN-GGIM). (2018). *Integrated Geospatial Information Framework (IGIF). A Strategic Guide to Develop and Strengthen National Geospatial Information Management. Part 1: Overarching Strategic Framework*. UN-GGIM, 25 p., <http://ggim.un.org/IGIF/part1.cshhtml>.

Yu. KARPINSKYI¹, A. LYASHCHENKO¹, D. MAKARENKO², A. CHERIN²

¹ Department of Photogrammetry and Geoinformatics, Kyiv National University of Construction and Architecture, 31, Povitroflotsky aven., Kyiv, 03037, Ukraine, e-mail: karp@gki.com.ua

² Research Institute of Geodesy and Cartography, 69, Velyka Vasylykivska Str., Kyiv, 03150, Ukraine, e-mail: cherin.andrey@gmail.com

NATIONAL GEOSPATIAL DATA INFRASTRUCTURE OF UKRAINE
IN THE WORLD DIMENSION: STATE AND URGENT TASKS
OF DEVELOPMENT AND SUSTAINABLE FUNCTIONING

The purpose of this paper is to summarize world experience and trends in the development of geospatial data infrastructure (SDI) in developed countries, assess the state of formation of the national geospatial data infrastructure (NSDI) in Ukraine, identify key problems and tasks to ensure its sustainable development and functioning. **Methodology.** Monographic method for processing scientific publications, regulations, standards and other materials for the creation of NSDI. The assessment of the state of formation of the NSDI in Ukraine was made according to the indicators that were determined by the UN Committee of Experts on Global Geospatial Information Management (UN-GGIM). **Results.** The key principles, architecture and roles of producers, holders and users of data of three generations SDIs, observed in the evolution of SDIs in developed countries, are determined. Periodization of the main initiatives and projects in 1992–2020, concerning the formation of NSDI in Ukraine. The overall assessment of the state of NSDI in Ukraine according to UN-GGIM indicators at the time of the adoption of the Law of Ukraine “On National Geospatial Data Infrastructure” (2020) is 0.39, which corresponds to the rating of countries with a “geospatial gap”. The biggest challenges were identified in the areas of governance and institutional support, financial support, production and updating of data, ability and education, communication and partnership. The basic architecture, the composition of geoinformation services of the NSDI geoportals of Ukraine and the means of achieving interoperability of NSDI components based on the implementation of the national profile of geographic information standards harmonized with the international standards of the ISO 19100 series and the technical specifications of the Open Geospatial Consortium have been substantiated. **Scientific novelty.** Assessment of the state of formation of NSDI in Ukraine according to UN-GGIM indicators, substantiation of directions and technological models of ensuring interoperability of NSDI components taking into account the conditions of Ukraine. **Practical significance.** The key problems and urgent tasks of NSDI development in Ukraine are identified, the sequence of stages of its development is substantiated by the priority implementation of the basic network of infrastructure geoportals for access to existing geospatial data with the gradual provision of their interoperability and

consistency based on the use of the unified set of basic geospatial data and the implementation of the national profile of geoinformation standards.

Key words: spatial data; geospatial data; geospatial data infrastructure; metadata; geoportal; geoinformation web services; SDI; NSDI.

References

- Zakon Ukrainy “Pro natsionalnu infrastrukturu heoprosorovykh danykh”: pryiniaty 13 kvit. 2020 roku No. 554-IX [Law of Ukraine About National Geospatial Data Infrastructure from April 13 2020, No. 554-IX] (2020). *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy – Bulletin of Verkhovna Rada of Ukraine* [in Ukrainian].
- Heohrafichna informatsiia. Servisy [Geographic information. Services] (2017). DSTU ISO 19119:2017 (ISO:19119:2016, IDT) from 1d October 2019. Kyiv. DP “UkrNDNTs” [in English].
- Karpinskyi Yu. O., Lyashchenko A. A. (2006). *Strategia formuvannia natsionalnoi infrastruktury geoprosorovykh danykh v Ukraini* [Strategy formation of national geospatial data infrastructure in Ukraine]. Kyiv: NDIGK. (Ser. “Geodesy, cartography, cadastre”), 108 p. [in Ukrainian].
- Rudenko L. H., Chabaniuk V. S., Bondar A. L. (1994). *Kontseptsiia bahatotsilovoi natsionalnoi HIS Ukrainy*. [The concept of multi-purpose national GIS of Ukraine] *Materialy naukovo-praktychnoho seminaru z heoinformatsiinykh system*. 22–25 November 1993, Vinnytsia – Kyiv, p. 4–33 [in Ukrainian].
- CEN (2006). CEN/TR 15449:2006. Geographic information – Standards, specifications, technical reports and guidelines, required to implement Spatial Data Infrastructure. URL: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/4fe3122d-15f3-460c-b404-0dca99ef39ef/cen-tr-15449-2006>.
- Cetl V., Nunes de Lima V., Tomas R., Lutz, J., D’Eugenio M., Nagy A., Robbrecht J. (2017). Summary Report on Status of implementation of the INSPIRE Directive in EU, EUR 28930 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, DOI:10.2760/162895, JRC109035.
- Gómez P. M., García M. P., Seco G. G., Santiago A. R., Johnson C. T. (2019). The Americas’ Spatial Data Infrastructure. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, 8(10), p. 432; DOI: 10.3390/ijgi8100432.
- 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.art16.
- GSDI Association. (2004). *Global Spatial Data Infrastructure: The SDI Cookbook*, Ver. 2.0. URL: http://gsdiassociation.org/images/publications/cookbooks/SDI_Cookbook_GSDI_2004_ver2.pdf.
- Guigoz Y., Giuliani G., Nonguierma A., Lehmann A., Mlisa A., Ray N. (2017). Spatial Data Infrastructures in Africa: A Gap Analysis. *Journal of Environmental Informatics*, 30 (1), pp. 53–62.
- Masser I. (2011). Emerging Frameworks in the Information Age: The Spatial Data Infrastructure (SDI) Phenomenon. In T. L. Nyerges, H. Couclelis, & R. McMaster (Eds.), *The SAGE Handbook of GIS and Society*. London, UK: SAGE Publications Ltd, pp. 271–286. DOI: 10.4135/9781446201046.n14
- Netherlands Geodetic Commission. (2009). *Spatial Data Infrastructure Convergence: Research, Emerging Trends, and Critical Assessment*. Editors: B. van Loenen, J. W. J. Besemer and J. A. Zevenbergen. Publisher: Netherlands Geodetic Commission/ http://gsdiassociation.org/images/publications/SDI_Convergence_2009.pdf.
- OGC (2004). Open Geospatial Consortium. *Geospatial Portal Reference Architecture*, 23 p. URL: http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=6669.
- Pashova L., Bandrova T. (2017). A brief overview of current status of European spatial data infrastructures – relevant developments and perspectives for Bulgaria, *Geo. Inform. Science*, 20:2, pp. 97–108, DOI:10.1080/10095020.2017.1323524.
- Rajabifard A., Binns A., Masser I., Williamson I. P. (2006). The role of sub-national government and the private sector in future Spatial Data Infrastructures. *International Journal of Geographical Information Science*, 20 (7), pp. 727–741.
- Schade S., Granell C., Vancauwenberghe G., Keßler C., Vandenbroucke D., Masser I., Gould M. (2020). Geospatial Information Infrastructures. In: *Manual of Digital Earth*. Springer, Singapore, pp. 161–190, DOI:10.1007/978-981-32-9915-3_5.
- UN (2011). *Global Geospatial Information Management*. New York: United Nations. E/2011/89.
- UN Committee of Expert on Global Geospatial Information Management (UN-GGIM). (2018). *Integrated Geospatial Information Framework (IGIF). A Strategic Guide to Develop and Strengthen National Geospatial Information Management. Part 1: Overarching Strategic Framework*. UN-GGIM, 25 p. URL: <http://ggim.un.org/IGIF/part1.cshml>.