
СТАН СЕРВІСНО-ОРІЄНТОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ГЕОВІЗУАЛІЗАЦІЇ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ В УКРАЇНІ ТА ТЕНДЕНЦІЇ ЇХ РОЗВИТКУ

Р.О. ЗІНЕНКО,

аспірант кафедри геоінформатики і фотограмметрії

E-mail: zinenko@gki.com.ua

ORCID: 0000-0002-3337-7168

Київський національний університет будівництва та архітектури

Анотація. У статті досліджено сучасний стан технологій геовізуалізації геопросторових даних та визначено основні тенденції їх розвитку в умовах цифровізації. Досліджено архітектуру та функціональні можливості національного геопорталу, а також мережі геопорталів органів місцевого самоврядування та державних адміністрацій. Наукова новизна роботи полягає у системному аналізі впровадження сервіс-орієнтованої архітектури (SOA) та стандартів Open Geospatial Consortium (WMS, WMTS, WFS, CSW) у вітчизняну практику цифрового врядування. Виявлено перехід від статичного картографування до динамічних веб-орієнтованих ГІС-платформ. Результати дослідження, що ґрунтуються на аналізі реальних кейсів міських громад, демонструють високий рівень інтеграції сервісів візуалізації (WMTS, WMS) при дефіциті сервісів прямого доступу до об'єктів (WFS, VectorTile). Сформовані висновки сприяють оптимізації процесів просторового планування, моніторингу територій та прийняття обґрунтованих управлінських рішень у контексті цифровізації держави. Результати дослідження можуть бути використані для вдосконалення геопорталів і розвитку інфраструктури геопросторових даних.

Ключові слова: геоінформаційний сервіс; картографія; геопортал; геоінформаційна система; НІГД; геопросторові дані; база геопросторових даних; інтеграція; сервіс.

Постановка проблеми

Сучасний етап розвитку геоінформаційних технологій характеризується стрімкою трансформацією підходів до опрацювання, інтеграції та візуалізації геопросторових даних

з метою оперативного задоволення потреб користувачів в актуальній та якісній географічній інформації. Геовізуалізація виступає одним із основних інструментів підтримки прийняття управлінських рішень, просторового планування, моніто-

рингу територій та забезпечення відкритості даних. У контексті цифровізації державного управління та впровадження принципів відкритих даних виник попит на створення і використання геопорталів, які містять відповідні геоінформаційні сервіси.

В Україні для забезпечення інтероперабельності геопросторових даних різних їх виробників та держателів було сформовано нову сферу – національну інфраструктуру геопросторових даних (НІГД), одним із основних компонентів якої є національний геопортал [1-4]. Його функціонування забезпечує уніфікований доступ до базових і тематичних геопросторових даних, метаданих та геоінформаційних сервісів, що інтегруються в єдину мережу геопорталів різного рівня. Важливою особливістю цієї системи є децентралізована архітектура, яка дозволяє поєднувати різні джерела даних і геоінформаційні системи (зокрема на базі ArcGIS, QGIS тощо) в єдине інформаційне середовище.

Актуальність дослідження також зумовлена тим, що в Україні вже сформовано нормативно-технічну базу для розвитку геопорталів, зокрема розроблено технічне завдання на створення національного геопорталу НІГД і затверджено технічні вимоги до геоінформаційних сервісів, яке визначає вимоги до функціональності, інтероперабельності, структури метаданих та геоінформаційних сервісів. Це технічне завдання стало орієнтиром для розроблення аналогічних рішень на регіональному та місцевому рівнях.

На сьогодні вже реалізовано національний геопортал (у тому числі у форматі прототипу та дослідної експлуатації), який забезпечує пошук, перегляд і доступ до геопросторових

даних через стандартизовані сервіси (WMS, WFS, CSW тощо). Паралельно формується мережа взаємопов'язаних геопорталів, що включає [1]:

- геопортали центральних органів виконавчої влади (галузеві);
- геопортали обласних державних адміністрацій (ОДА);
- геопортали органів місцевого самоврядування (ОМС);
- геопортали підприємств та окремих територій.

Така багаторівнева система забезпечує інтеграцію геопросторових даних на національному, регіональному та місцевому рівнях і створює передумови для формування єдиного геоінформаційного простору держави.

Особливу роль у цьому процесі відіграють геопортали ОМС і ОДА, які виступають безпосередніми виробниками та держателями значної частини тематичних геопросторових даних, наприклад, містобудівної та земельпорядної, науково-проектної документації. Відповідно до чинного законодавства у сфері НІГД, вони зобов'язані забезпечувати створення, оновлення, стандартизацію та публікацію даних, а також їх інтеграцію з національним геопорталом через геоінформаційні сервіси. При цьому розроблення власних геопорталів територіальних громад здійснюється на основі типових підходів і технічних вимог НІГД, що сприяє уніфікації рішень і зменшенню витрат на створення локальної інфраструктури.

Незважаючи на досягнуті результати, актуальними залишаються проблеми інтероперабельності даних, забезпечення їх актуальності, уникнення дублювання, а також переходу від статичних картографічних продуктів до інтерактивних геоінформаційних сервісів і аналітичних

платформ. Це зумовлює необхідність подальших досліджень у сфері технологій геовізуалізації, зокрема щодо інтеграції великих обсягів геопросторових даних, використання веб-орієнтованих ГІС, хмарних технологій та сервіс-орієнтованих архітектур.

Таким чином, дослідження стану технологій геовізуалізації геопросторових даних та тенденцій їх розвитку, з урахуванням практичної реалізації НІГД, національного геопорталу та мережі геопорталів ОМС і ОДА, є актуальним та має практичне значення.

Метою цієї роботи є аналіз поточного стану технологій геовізуалізації геопросторових даних та формування напрямів та тенденцій їх розвитку з урахуванням функціонування національної інфраструктури геопросторових даних.

Матеріали і методи наукового дослідження

Основним методом дослідження виступає системний аналіз, який застосовано для дослідження архітектури сучасних геоінформаційних систем та сервісів геовізуалізації. Зокрема, проаналізовано підходи, закладені в стандартах Open Geospatial Consortium, зокрема в специфікації OpenGIS Service Architecture, що визначає концептуальні засади побудови інтероперабельних геосервісів у відкритому інформаційному середовищі. Це дозволило розглянути геовізуалізацію як складову сервіс-орієнтованої архітектури (SOA), де ключовими є сервіси доступу, оброблення та відображення геоданих.

Метод порівняльного аналізу використано для зіставлення міжнародних і національних підходів до реалізації геовізуалізації. У межах цього

методу досліджено реалізацію OGC Web Services (OWS), зокрема:

- сервісів візуалізації (WMS, WMTS);
- сервісів доступу до даних (WFS);
- сервісів каталогізації (CSW).

Порівняння здійснювалося з урахуванням їх впровадження у рамках Національної інфраструктури геопросторових даних, включаючи функціонування національного геопорталу та місцевих геопорталів. Це дало змогу оцінити рівень відповідності українських рішень міжнародним стандартам інтероперабельності.

Для оцінки сучасного стану в Україні застосовано кейс-метод, у межах якого проаналізовано:

- функціонування національного геопорталу НІГД;
- реалізацію геопорталів обласних державних адміністрацій (ОДА);
- впровадження геопорталів органів місцевого самоврядування (ОМС).

Це дозволило виявити практичні аспекти використання геосервісів, рівень інтеграції даних, а також проблеми інтероперабельності та стандартизації.

Таким чином, застосований комплекс методів дозволив всебічно дослідити як теоретичні засади геовізуалізації (на основі стандартів Open Geospatial Consortium), так і практичну реалізацію цих підходів в Україні у рамках розвитку національної інфраструктури геопросторових даних, що забезпечує обґрунтованість отриманих висновків щодо сучасного стану та перспектив розвитку цього наукового напрямку дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз сучасних наукових

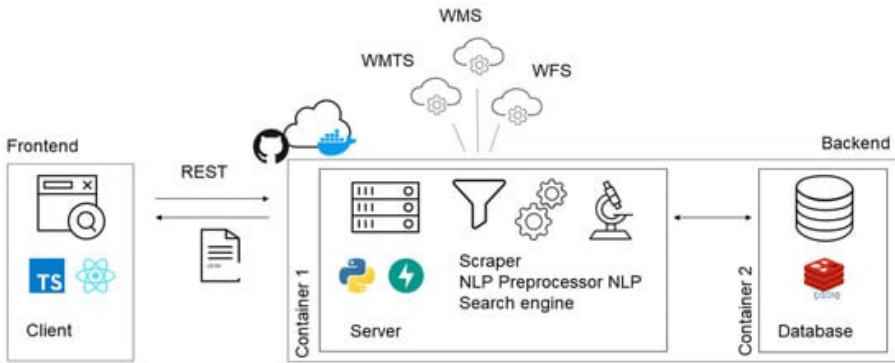


Рис.1. Приклад архітектури системи з використанням REST API

Джерело. [10, с. 6].

досліджень дає можливість стверджувати, що розвиток геосервісів і технологій геовізуалізації відбувається у напрямі до розподілених сервіс-орієнтованих хмарних середовищ, що забезпечують інтеграцію різномірних геоінформаційних ресурсів.

У зв'язку з цим, інтероперабельність розглядається як базова вимога до геосервісів та геопросторових даних.

Дослідження [4-6] підтверджують, що стандартизація на основі стандартів ISO, Open Geospatial Consortium (WMS, WFS, CSW) є фундаментом для створення уніфікованих геоінформаційних середовищ, оскільки є необхідність інтеграції великої кількості різномірних джерел даних та забезпечення їх повторного використання в різних прикладних задачах.

У роботах [7-9] демонструється домінування веб-орієнтованих ГІС на основі сервіс-орієнтованих архітектур (SOA, REST API), що пояснюється потребою у віддаленому доступі до геоданих; масштабованістю і гнучкістю веб-технологій; можливістю інтеграції з іншими інформацій-

ними системами.

У роботах [10, 11] наголошено на активному розвитку інфраструктур геопросторових даних (ГД) та геоportalів як точок доступу до сервісів і метаданих (рис. 1). У результаті геовізуалізація трансформується з інструменту відображення даних у повноцінну платформу аналітики та підтримки прийняття рішень.

Окремим напрям дослідження є розвиток мультимасштабного подання баз геопросторових даних (Multi-Representation Databases, MRDB) [12-16], що демонструє тенденцію переходу від зберігання даних у фіксованому масштабі до динамічної генералізації та підтримки кількох рівнів деталізації. Це у свою чергу, потребує застосування методів автоматизації генералізації геопросторових даних, включаючи використання технологію штучного інтелекту [17].

Сучасні геосервіси розвиваються як відкриті, розподілені, масштабовані та інтелектуалізовані системи, що базуються на стандартах Open Geospatial Consortium і забезпечують інтеграцію різномірних геопросторових даних у єдиному інформацій-

ному середовищі. Цей розвиток обумовлено:

- зростанням обсягів даних;
- потребою в їх інтеграції та повторному використанні;
- розвиток веб- та хмарних технологій;
- автоматизація опрацювання і візуалізації;
- цифровізація управління територіями.

Виклад основного матеріалу дослідження

Переважає більшість геопорталів ОМС та ОДА, а також національний геопортал розроблений з урахуванням концепції «Публікація-Пошук-Виклик» (publish/find/bind), характерній для сервіс-орієнтованих систем (рис. 2). Цей підхід передбачає взаємодію трьох основних компонентів:

- постачальників геосервісів;
- користувачів;
- каталогів (реєстрів) геоданих і сервісів.

Під час розробки національного геопорталу Національної інфраструктури геопросторових даних через механізми е-ідентифікації та

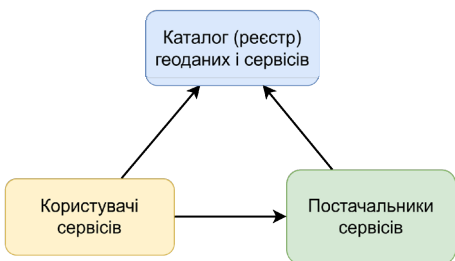


Рис. 2. Принципова схема підходу «Публікація-Пошук-Виклик» («Publish-Find-Bind») сервісно-орієнтованої архітектури (SOA)

Джерело. Адаптовано автором на основі даних [1, с. 251].

автентифікації користувачів було забезпечено режим доступу до геопросторових даних та метаданих за допомогою таких засобів:

- сервіс пошуку геопросторових даних, метаданих та геоінформаційних сервісів через веб-клієнт та інтерфейс програмування каталогу метаданих CSW;
- сервіс перегляду метаданих через веб-клієнт та інтерфейс програмування каталогу метаданих CSW;
- сервіси перегляду геопросторових даних у вигляді електронних карт через веб-клієнт та інтерфейс програмування геоінформаційного сервісу картографічних тайлів WMTS та/або картографічного веб-сервісу WMS.

На національному геопорталі реалізовано механізми завантаження векторних даних, які надають користувачам через функції е-ідентифікації та автентифікації в електронному кабінеті можливість отримання певних наборів геопросторових даних, разом з оновленням, у форматах завантаження даних з використанням таких засобів:

- веб-сервісу завантаження геопросторових об'єктів WFS, що забезпечує отримання векторних моделей геопросторових об'єктів в уніфікованих форматах (GML, GeoJSON, GPKG, KML тощо);
- веб-сервісу географічних назв WGS (WFS-G) для отримання векторних моделей даних із реєстрів географічних назв, вулиць та адрес чи геопросторових баз даних;
- веб-сервісу покриттів WCS для отримання цифрових моделей рельєфу, растрових моделей даних дистанційного зондування Землі та інший просторовий розподіл, що описують неперервне просторове поширення певної характеристики;

– веб-сервіс опрацювання WPS для забезпечення аналітичних функцій з використанням програм засобів для перетворення, аналізу та моделювання даних, розміщених на геопорталі.

В ході апробації перевірено два режими доступу до геопросторових даних та метаданих у системі національного геопорталу НІГД:

1) Інтерактивний, який забезпечує користувачу використовувати веб-клієнти геосервісів порталу. Такий доступ дозволяє самостійно формувати запити, переглядати результати, а також зберігати й документувати їх безпосередньо на комп'ютері користувача.

2) Автоматизований (електронна взаємодія), що передбачає прямий зв'язок між геоінформаційними системами користувача та сервісами геопорталів. Обмін даними реалізовано через уніфіковані URL-адреси та програмні інтерфейси (API), які базуються на стандартах Відкритого геопросторового консорціуму OGC.

На геопорталах місцевого рівня

оприлюднюють геопросторові дані, власниками та держателями яких є органи місцевого самоврядування. Ці дані публікують через геоінформаційні сервіси, що відповідають єдиним вимогам до функцій, базових операцій та інтерфейсів програмування (API) за специфікаціями Відкритого геопросторового консорціуму OGC.

У дослідженні було проаналізовано 6 геопорталів міських територіальних громад з метою визначення кількості наборів даних, які оприлюдненні сервісами WMTS, REST API (GeoJSON), VectorTile (табл. 1). Вибірка сформована за критеріями публічної доступності через відкриті пошукові системи, наявності відповідних метаданих та технічної можливості підключення до інтерфейсів API.

Наприклад, набір даних «Будівлі та споруди» Житомирської міської ради публікуються у вигляді сервісів VectorTile, WMTS (рис. 3). Також для обміну даними за допомогою сервісу REST API було реалізовано середо-

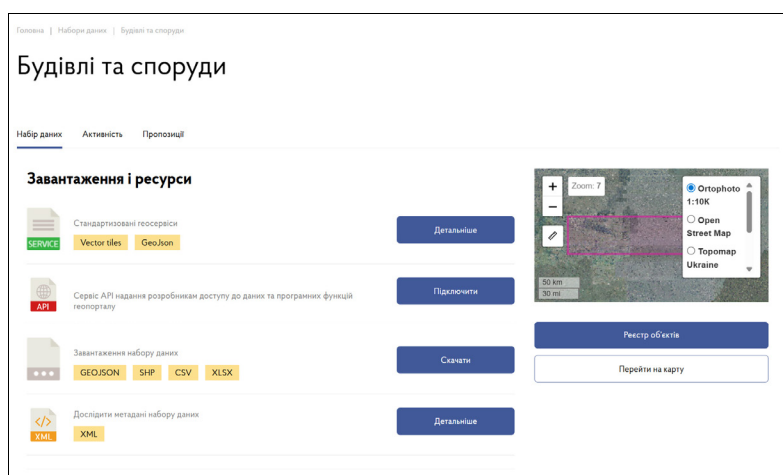


Рис. 3. Фрагмент веб-інтерфейсу набору даних «Будівлі і споруди». Джерело. Геопортал Житомирської міської ради.

API KEY: 7836245842

Table: data_architecture.architecture

Offset:

Limit:

Filter:

Order:

ID:

XY:

Send

Спеціальні фільтри

cd - сьогодні cdate=cd, -cd - вчора cdate=-cd

sw - поточний тиждень cdate=sw, -sw - минулий тиждень cdate=-sw

cm - поточний місяць cdate=cm, -cm минулий місяць cdate=-cm

cq - поточний квартал cdate=cq, -cq минулий квартал cdate=-cq

cy - поточний рік cdate=cy, -cy - минулий рік cdate=-cy

Рис. 4. Фрагмент веб-інтерфейсу середовища API Server.

Джерело. Геопортал Хмельницької міської ради.

вище API Server геопорталу Хмельницької міської ради (рис. 4).

Також на національному геопорталі НІГД реалізовано сервіси візуалізації на основі геоінформаційних сервісів типу WMS та WMTS. Це дозволило налаштувати підключення до наборів даних, що вже опубліковані на існуючих геопорталах загальнодержавного, регіонального і локального рівнів.

На детальній картці метаданих кожного набору даних, що публікується на геопорталі НІГД, є можливість отримати посилання для підключення шару за допомогою сервісів або отримати безпосередньо дані в доступних форматах. Слід зазначити, що наявність створених сервісів REST API

1. Кількість опублікованих наборів даних на геопорталах ОМС

№ з/п	Назва геопорталу	Геоінформаційний сервіс	Кількість наборів даних на геопорталі
1	Офіційний геопортал Чернівецької міської ради	WMTS	2
2	Офіційний геопортал Чернівецької міської ради	REST API (GeoJSON)	30
3	Офіційний геопортал Чернівецької міської ради	VectorTile	30
4	Офіційний геопортал Житомирської міської ради	WMTS	26
5	Офіційний геопортал Житомирської міської ради	REST API (GeoJSON)	77
6	Офіційний геопортал Житомирської міської ради	VectorTile	77
7	Геопортал Львівської міської ради	REST API (GeoJSON)	8
8	Геопортал Львівської міської ради	VectorTile	8
9	Геопортал Львівської міської ради	WMTS	37
10	Геоінформаційна система Рівненської міської територіальної громади	REST API (GeoJSON)	11
11	Геоінформаційна система Рівненської міської територіальної громади	VectorTile	9
12	Геоінформаційна система Рівненської міської територіальної громади	WMTS	9
13	Геоінформаційна система Активи міста Ужгород	REST API (GeoJSON)	22
14	Геоінформаційна система Активи міста Ужгород	VectorTile	22
15	Геоінформаційна система Активи міста Ужгород	WMTS	5
16	Офіційний геопортал Хмельницької міської ради	REST API (GeoJSON)	40
17	Офіційний геопортал Хмельницької міської ради	WMTS	160

Джерело. Сформовано автором

(GeoJSON) та VectorTile на досліджених геопорталах не є альтернативою WFS-сервісу, оскільки другий є стандартизованим рішенням, яке має бути обов'язково реалізовано для базових наборів геопросторових даних громади в першу чергу.

Отже, встановлено, що на геопорталах ОМС та ОДА реалізовані різні типи геоінформаційних сервісів, які дають можливість користувачам використовувати геопросторові дані для задоволення власних потреб.

Також на геопорталі НІГД реалізовано сервіси CSW для забезпечення виявлення наборів та сервісів геопросторових даних на основі вмісту метаданих та відображення їх вмісту, отриманих з інших геопорталів, за відповідною структурою метаданих, враховуючи мінімальний набір критеріїв пошуку метаданих, що визначені у технічних вимогах до метаданих наборів даних та геоінформаційних сервісів.

Каталог геоінформаційних сервісів держателів даних містить відомості про реалізовані сервіси на геопорталі НІГД:

1) сервіси CSW для забезпечення виявлення наборів та сервісів геопросторових даних на основі вмісту метаданих та відображення їх вмісту;

2) сервіси візуалізації, наприклад, WMS для розподілу і використання наборів геопросторових даних публічними суб'єктами і третіми особами, а також з метою публікації наборів геопросторових даних за допомогою національного геопорталу;

3) сервіси завантаження, наприклад, WFS і WCS, для розподілу і використання наборів геопросторових даних публічними суб'єктами та третіми особами;

4) сервіси перетворення, вико-

ристовуючи стандартні технології для мережних сервісів SOAP, визначені за допомогою WSDL, і специфікації WS-Addressing, використовуючи формат RIF для визначень відповідності схем перетворення, мова розмітки XML для елементів конфігурації і мова GML для схеми-джерела перетворення.

Адміністратор національної інфраструктури геопросторових даних забезпечує пошук і доступ до мережних сервісів, за допомогою належного йому національного геопорталу і виконує тестування і моніторинг цих сервісів.

Висновки

З урахуванням розглянутих реалізованих геопорталів та їх геоінформаційних сервісів сформовано загальний стан розвитку технологій геовізуалізації та основні її тенденції:

– високий темп впровадження геопорталів в органах влади та місцевого самоврядування до лютого 2022 року;

– функціонал національного геопорталу НІГД дає можливість держателям даних вносити метадані та підключати геосервіси власних геопорталів, а користувачам їх використовувати;

– активне використання веб-орієнтованих ГІС і хмарних технологій органами місцевого самоврядування;

– практична відсутність геосервісів типу WFS, особливо для базових геопросторових даних, що є обов'язковим відповідно до вимог чинного законодавства у сфері НІГД.

Отже, на сьогодні технології геовізуалізації використовуються у геоінформаційному середовищі з метою прийняття управлінських рішень,

забезпечення прозорості влади, проте залишаються невирішеними питання створення та функціонування геоінформаційних сервісів базових геопросторових даних на загальнодержавному та місцевому рівнях.

Список використаної літератури

1. Карпінський Ю. О., Лященко А. А., Лазоренко Н. Ю., Кінь Д. О. Основи створення інтероперабельних геопросторових даних. Київ : КНУБА, 2023. URL: <https://repository.knuba.edu.ua/handle/123456789/14205>.
2. Karpinskyi Yu., Lazorenko-Hevel N., Kin D. INSPIREID implementation in the topographic database of the main state topographic map of Ukraine. *ISTCG-CAIP*. 2020. Vol. 91. P. 20–27. <https://doi.org/10.23939/istcgcap2020.91.020>.
3. Karpinskyi Yu., Lyashchenko A., Lazorenko-Hevel N., Cherin A., Kin D., Havryliuk Ye. Main state topographic map: structure and principles of the creation of a database. *Geoinformatics*. 2021. Vol. 2021. P. 1–6. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215521043>.
4. Лященко А., Карпінський Ю., Гаврилюк Є., Черін А. Методи та засоби забезпечення інтероперабельності компонентів національної інфраструктури геопросторових даних. *Містобудування та територіальне планування*. 2021. № 77. С. 309–319. <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2021.77.309-319>.
5. Huang M., Fan X., Jian H., Zhang H., Guo L., Di L. Bibliometric analysis of OGC specifications between 1994 and 2020 based on Web of Science. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2022. Vol. 11, No. 4. P. 251. <https://doi.org/10.3390/ijgi11040251>.
6. Varol M. B., Şanlıoğlu İ. Open geospatial consortium web map and feature services and free/open source server/client software. *International Journal of Engineering and Geosciences*. 2017. Vol. 2, No. 1. P. 17–26. <https://doi.org/10.26833/ijeg.286691>.
7. Hamza M. H., Chmit M. GIS-based planning and web/3D web GIS applications for the analysis and management of MV/LV electrical networks (a case study in Tunisia). *Applied Sciences*. 2022. Vol. 12, No. 5. P. 2554. <https://doi.org/10.3390/app12052554>.
8. Iadanza C., Trigila A., Starace P., Dragoni A., Biondo T., Roccisano M. IdroGEO: a collaborative web mapping application based on REST API services and open data on landslides and floods in Italy. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2021. Vol. 10, No. 2. P. 89. <https://doi.org/10.3390/ijgi10020089>.
9. Netek R., Pohankova T., Bittner O., Urban D. Geospatial analysis in web browsers: comparison study on WebGIS process-based applications. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2023. Vol. 12, No. 9. P. 374. <https://doi.org/10.3390/ijgi12090374>.
10. Ferrari E., Striewski F., Tiefenbacher F., Bereuter P., Oesch D., Di Donato P. Search engine for Open Geospatial Consortium web services: improving discoverability through natural language processing-based processing and ranking. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2024. Vol. 13, No. 4. P. 128. <https://doi.org/10.3390/ijgi13040128>.
11. Trystuła A., Dudzińska M., Żróbek R. Evaluation of the completeness of spatial data infrastructure in the context of cadastral data sharing. *Land*. 2020. Vol. 9, No. 8. P. 272. <https://doi.org/10.3390/land9080272>.
12. Baella B., Lleopard A., Pla M. ICC topographic databases: design of a MRDB for data management optimization. In: Proceedings of the 15th ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation. Istanbul, 2012. URL: <https://kartographie.geo.tu-dresden.de/downloads/>

- ica-gen/submissions2012/genemr2012_session4_sub4.pdf.
13. Zhang X., Guo T., Huang J., Xin Q. Propagating updates of residential areas in multi-representation databases using constrained Delaunay triangulations. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2016. Vol. 5, No. 6. P. 80. <https://doi.org/10.3390/ijgi5060080>.
 14. Çobankaya O. N., Uluğtekin N. Updating the multiple representation database. In: Proceedings of the 26th International Cartographic Conference. 2013. P. 1–8. URL: https://icaci.org/files/documents/ICC_proceedings/ICC2013/_extended_Abstract/49_proceeding.pdf.
 15. Çobankaya O. N., Uluğtekin N. Creating multiple representation database for population object class: deriving representation levels and object matching. In: Proceedings of the 27th International Cartographic Conference. 2015. P. 1–14. URL: https://dev.icaci.org/files/documents/ICC_proceedings/ICC2015/papers/3/fullpaper/T3-530_1429279089.pdf.
 16. Stoter J., Visser T., van Oosterom P., Quak W., Bakker N. A semantic-rich multi-scale information model for topography. *International Journal of Geographical Information Science*. 2011. Vol. 25, No. 5. P. 739–763. <https://doi.org/10.1080/13658816.2010.490218>.
 17. Brewer C. A., Stanislawski L. V., Battenfield B. P., Sparks K. A., McGilloway J., Howard M. A. Automated thinning of road networks and road labels for multiscale design of The National Map of the United States. *Cartography and Geographic Information Science*. 2013. Vol. 40, No. 4. P. 259–270. <https://doi.org/10.1080/15230406.2013.799735>.
 1. Karpinskyi, Yu. O., Liashchenko, A. A., Lazorenko, N. Yu., & Kin, D. O. (2023). *Osnovy stvorennia interoperabelnykh heoprostorovykh danykh [Fundamentals of creating interoperable geospatial data]*. KNUBA. Available at: <https://repository.knuba.edu.ua/handle/123456789/14205> [in Ukrainian].
 2. Karpinskyi, Yu., Lazorenko-Hevel, N., & Kin, D. (2020). INSPIREID implementation in the topographic database of the main state topographic map of Ukraine. *ISTCGCAP*, 91(91), 20–27. <https://doi.org/10.23939/istcgcap2020.91.020>.
 3. Karpinskyi, Yu., Lyashchenko, A., Lazorenko-Hevel, N., Cherin, A., Kin, D., & Havryliuk, Ye. (2021). Main state topographic map: Structure and principles of the creation of a database. *Geoinformatics*, 2021, 1–6. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215521043>.
 4. Liashchenko, A., Karpinskyi, Yu., Havryliuk, Ye., & Cherin, A. (2021). Metody ta zasoby zabezpechennia interoperabelnosti komponentiv natsionalnoi infrastruktury heoprostorovykh danykh [Methods and tools for ensuring interoperability of components of the national geospatial data infrastructure]. *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia*, 77, 309–319. <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2021.77.309-319> [in Ukrainian].
 5. Huang, M., Fan, X., Jian, H., Zhang, H., Guo, L., & Di, L. (2022). Bibliometric analysis of OGC specifications between 1994 and 2020 based on Web of Science. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(4), 251. <https://doi.org/10.3390/ijgi11040251>.
 6. Varol, M. B., & Şanlıoğlu, İ. (2017). Open Geospatial Consortium web map and feature services and free/open source server/client software. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 2(1), 17–26. <https://doi.org/10.26833/ijeg.286691>.
 7. Hamza, M. H., & Chmit, M. (2022). GIS-based planning and web/3D web GIS applications for the analysis and management

References

1. Karpinskyi, Yu. O., Liashchenko, A. A., Lazorenko, N. Yu., & Kin, D. O. (2023).

- of MV/LV electrical networks (a case study in Tunisia). *Applied Sciences*, 12(5), 2554. <https://doi.org/10.3390/app12052554>.
8. Iadanza, C., Trigila, A., Starace, P., Dragoni, A., Biondo, T., & Roccisano, M. (2021). IdroGEO: A collaborative web mapping application based on REST API services and open data on landslides and floods in Italy. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(2), 89. <https://doi.org/10.3390/ijgi10020089>.
 9. Netek, R., Pohankova, T., Bittner, O., & Urban, D. (2023). Geospatial analysis in web browsers: Comparison study on WebGIS process-based applications. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 12(9), 374. <https://doi.org/10.3390/ijgi12090374>.
 10. Ferrari, E., Striewski, F., Tiefenbacher, F., Bereuter, P., Oesch, D., & Di Donato, P. (2024). Search engine for Open Geospatial Consortium web services: Improving discoverability through natural language processing-based processing and ranking. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 13(4), 128. <https://doi.org/10.3390/ijgi13040128>.
 11. Trystuła, A., Dudzińska, M., & Żróbek, R. (2020). Evaluation of the completeness of spatial data infrastructure in the context of cadastral data sharing. *Land*, 9(8), 272. <https://doi.org/10.3390/land9080272>.
 12. Baella, B., Lleopart, A., & Pla, M. (2012). ICC topographic databases: Design of a MRDB for data management optimization. In Proceedings of the 15th ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation. Available at: https://kartographie.geo.tu-dresden.de/downloads/ica-gen/submissions2012/genemr2012_session4_sub4.pdf.
 13. Zhang, X., Guo, T., Huang, J., & Xin, Q. (2016). Propagating updates of residential areas in multi-representation databases using constrained Delaunay triangulations. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 5(6), 80. <https://doi.org/10.3390/ijgi5060080>.
 14. Çobankaya, O. N., & Uluğtekin, N. (2013). Updating the multiple representation database. In Proceedings of the 26th International Cartographic Conference (pp. 1–8). Available at: https://icaci.org/files/documents/ICC_proceedings/ICC2013/_extended_Abstract/49_proceeding.pdf.
 15. Çobankaya, O. N., & Uluğtekin, N. (2015). Creating multiple representation database for population object class: Deriving representation levels and object matching. In Proceedings of the 27th International Cartographic Conference (pp. 1–14). Available at: https://dev.icaci.org/files/documents/ICC_proceedings/ICC2015/papers/3/full-paper/T3-530_1429279089.pdf.
 16. Stoter, J., Visser, T., van Oosterom, P., Quak, W., & Bakker, N. (2011). A semantic-rich multi-scale information model for topography. *International Journal of Geographical Information Science*, 25(5), 739–763. <https://doi.org/10.1080/13658816.2010.490218>.
 17. Brewer, C. A., Stanislawski, L. V., Battenfield, B. P., Sparks, K. A., McGilloway, J., & Howard, M. A. (2013). Automated thinning of road networks and road labels for multiscale design of The National Map of the United States. *Cartography and Geographical Information Science*, 40(4), 259–270. <https://doi.org/10.1080/15230406.2013.799735>.
-

Zinenko R.

THE STATE OF SERVICE-ORIENTED TECHNOLOGIES FOR THE GEOVISUALIZATION OF GEOSPATIAL DATA IN UKRAINE AND TRENDS IN THEIR DEVELOPMENT

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 2'26: 32-43.

<http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.02.03>

Abstract. *This article examines the current state of geospatial data visualization technologies and identifies the main trends in their development in the context of digitalization. It analyzes the architecture and functional capabilities of the national geoportal, as well as the network of geoportals operated by local governments and state administrations. The scientific novelty of the work lies in a systematic analysis of the implementation of service-oriented architecture (SOA) and Open Geospatial Consortium standards (WMS, WMTS, WFS, CSW) in domestic digital governance practices. A transition from static mapping to dynamic web-oriented GIS platforms has been identified. The research results, based on an analysis of real-world case studies of urban communities, demonstrate a high level of integration of visualization services (WMTS, WMS) despite a shortage of services providing direct access to objects (WFS, VectorTile). The conclusions drawn contribute to the optimization of spatial planning processes, territorial monitoring, and the making of informed management decisions in the context of the digital transformation of the state. The results of the study can be used to improve geoportals and develop geospatial data infrastructure.*

Keywords: *geoinformation service; cartography; geoportal; geographic information system; NSDI; geospatial data; geospatial database; integration; service.*
