

DOI: 10.32347/2786-7269.2025.13.514-524

УДК 528.9

Зіненко Р.О.,

zinenko@gki.com.ua, ORCID: 0000-0002-3337-7168,

Київський національний університет будівництва і архітектури

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВЕБ СЕРВІСУ КАРТОГРАФІЧНИХ ТАЙЛІВ WMST В НАЦІОНАЛЬНОМУ ГЕОПОРТАЛІ НІГД

Розглянуто особливості використання одного з основних геоінформаційних сервісів - спеціалізованого веб-сервісу, що надається національним геопорталом національної інфраструктури геопросторових даних через інтерфейс прикладного програмування за стандартом Відкритого геопросторового консорціуму OGC (Open Geospatial Consortium) для перетворення, керування або відображення геопросторових даних, а саме веб-сервісу картографічних тайлів WMST – геоінформаційного сервісу, що надає зображення електронних карт із файлів багаторівневої серії квадратних фрагментів растрових зображень (тайлів), що генеруються картографічним сервером у різних масштабах відповідно до визначених рівнями деталізації картографічного подання.

Ключові слова: національний геопортал національної інфраструктури геопросторових даних; картографічні тайли; стандарти OGC.

Вступ

Сервіси візуалізації геопорталів інфраструктури геопросторових даних практично у всіх країнах, зокрема INSPIRE ("Infrastructure for Spatial Information in the European Community", Директива 2007/2/ЄС Європейського парламенту та Ради Європи від 14 березня 2007 р. щодо створення інфраструктури просторової інформації ЄС) [1] створюються на основі стандартів OGC щодо функцій та прикладних інтерфейсів API для двох типів картографічних веб-серверів: картографічний веб-сервіс WMS (Web Map Service) та веб сервіс картографічних тайлів WMST (Web Map Tile Service). Згідно з вимогами Порядку [2, п. 59] і Технічними вимогами до геопросторових даних, метаданих і геоінформаційних сервісів національної інфраструктури [3] сервіси візуалізації національного геопорталу Національної інфраструктури геопросторових даних повинні відповідати стандартам OGC, до яких передусім належать такі два базові:

1) OGC 06-042, OpenGIS Web Map Server Implementation Specification, V.:1.3.0. [4]

2) OGC 07-057r7, OGC Web Map Tile Service Implementation Standard, V.: 1.1.0. [5]

Методика дослідження

Методика дослідження ґрунтується на практичних рекомендаціях щодо застосування міжнародного стандарту ISO 19128:2005 «Geographic information – Web map server interface» та стандартів OGC для реалізації сервісів візуалізації геопорталів. Крім того використано керівництво INSPIRE: Technical Guidance for the implementation of INSPIRE View Services, V.: 3.11. – 2013 [6].

Стандарт OGC 07-057r7 визначає веб-сервіс картографічних тайлів WMTS, який надає доступ до серверної програми, що обслуговує передачу веб-клієнту тайлів карти із просторовою прив'язкою, використовуючи ієрархічну сукупність картографічних тайлів із попередньо визначеним вмістом, екстентом і просторовим розрізненням (масштабом карти). Кожному картографічному шару відповідає набір матриць тайлів (TileMatrixSet). Кожному рівню просторового розрізнення карти відповідає одна матриця тайлів (TileMatrix).

Матриця тайлів визначає розбиття простору карти на рівні прямокутні ділянки (тайли) та їх нумерацію.

Результати досліджень

Сервіси візуалізації типу WMTS повинні надавати операції, наведені в табл.1.

Таблиця 1

Операції сервісів візуалізації типу WMTS

Операція	Призначення
Отримати метадані сервісу візуалізації (<i>GetCapabilities</i> або <i>GetViewServiceMetadata</i> за специфікацією INSPIRE)	Надає всю необхідну інформацію (метадані про сервіс, операції, підтримувані параметри та перелік доступних шарів) про сервіс і описує його можливості
Отримати тайли (<i>GetTile</i> або <i>GetMap</i> за специфікацією INSPIRE)	Надає тайл карти, що містить географічну і тематичну інформацію, отриману із доступних наборів геопросторових даних. Зображенням тайла має координатну прив'язку
Отримати інформацію про об'єкт (<i>GetFeatureInfo</i>)	Опціональна (не обов'язкова) операція, яка дозволяє отримати інформацію (атрибути) геопросторового об'єкта за введеною координатою у вікні карти

Сервіс візуалізації WMTS повинен дозволяти виконання операції «Пов'язаний сервіс візуалізації» (*LinkViewService*), що рекомендована в Технічному керівництві INSPIRE та дозволяє держателю сервісу декларувати сервіс візуалізації за допомогою мережного сервісу, підтримуючи, в той же час, візуалізацію засобами держателя даних.

Стандарт OGC 07-057r7 визначає веб-сервіс картографічних тайлів WMTS, який надає доступ до серверної програми, що обслуговує передачу веб-клієнту тайлів карти із просторовою прив'язкою, використовуючи ієрархічну сукупність картографічних тайлів із попередньо визначеним вмістом, екстентом і просторовим розрізненням (масштабом карти). Кожному картографічному шару відповідає набір матриць тайлів (*TileMatrixSet*). Кожному рівню просторового розрізнення карти відповідає одна матриця тайлів (*TileMatrix*)..

Матриця тайлів визначає розбиття простору карти на рівні прямокутні ділянки (тайли) та їх нумерацію. Матриця тайлів задається такими параметрами:

- знаменник масштабу (*ScaleDenominator*);
- координати лівого верхнього кута лівого верхнього тайла в системі координат картографічного шару (*TopLeftCorner*);
- ширина тайлів у пікселях (*TileWidth*);
- висота тайлів у пікселях (*TileHeight*);
- кількість тайлів у матриці по горизонталі (*MatrixWidth*);
- кількість тайлів у матриці по вертикалі (*MatrixHeight*).

Кожен тайл ідентифікується номером рядка (*TileRow*) та номером стовпця (*TileCol*) у матриці. Нумерація тайлів починається з лівого верхнього кута з нульового значення. Горизонтальна вісь (*TileCol*) спрямована праворуч, вертикальна вісь (*TileRow*) спрямована вниз. Простір тайлів для однієї матриці показано на рис. 1.

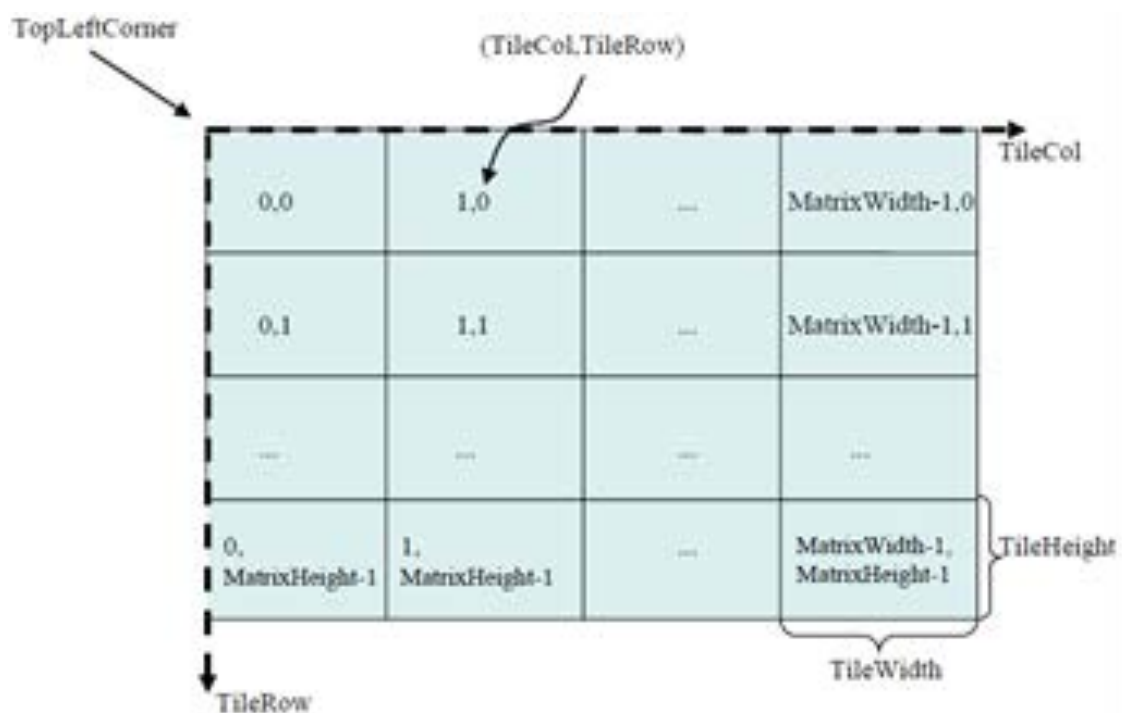


Рис. 1. Простір тайлів для однієї матриці за стандартом OGC 07-057r7

На відміну від сервісу WMS сервіс WMTS не забезпечує динамічного формування картографічним сервером із набору геопросторових даних, але використання наперед згенерованого набору матриці тайлів в різних масштабах дозволяє значно швидше надавати клієнту відповідні зображення при зміні масштабу карти на екрані клієнта. Використання технології WMTS рекомендується для візуалізації базових карт, вміст яких змінюється не так часто.

Вимоги до файл-серверу растрових зображень електронних карт, цифрових ортофотопланів та цифрових ортофотокарт

Склад та структура файл-сервера растрових зображень (тайлів) електронних карт, цифрових ортофотопланів та цифрових ортофотокарт повинні відповідати вимогам Порядку функціонування НІГД [4], Технічним вимогам до геоінформаційних сервісів національної інфраструктури геопросторових даних [5].

Файл-сервер растрових зображень (тайлів) електронних карт, цифрових ортофотопланів та цифрових ортофотокарт, призначених для відображення на національному геопорталі, повинен передбачати такі вимоги:

- підтримувати формати растрових зображень, наприклад, PNG, JPEG, GeoTIFF, ECW або GeoPDF. Ці растрові зображення повинні бути орієнтовані у системі координат, яка зареєстрована у репозитарії EPSG;

- у запиті до тайлового сервера опція імені файлу URL адреси тайла повинна мати таку структуру /z/x/y.png, в якій: z – каталог файлів, що відповідає номеру рівня масштабування; x – підкаталог файлів відповідає номеру стовпця матриці (сітки) тайлів; y – ім'я файлу як номеру тайл у стовпці матриці;

- початок нумерації тайлів (0, 0) на будь-якому рівні масштабування завжди слід розміщувати у верхній лівій чарунці сітки тайлів карти відповідно до OGC специфікації WMTS;

- фіксовані рівнів масштабування при відображенні тайлів геоінформаційними сервісами візуалізації повинні узгоджуватися з масштабним рядом топографічних карт, який відповідає положенням Закону України «Про топографо-геодезичну діяльність», Порядку загальнодержавного топографічного картографування та Порядку функціонування НІГД (табл. 2).

Формування фіксованих рівнів масштабування здійснено з урахуванням таких міжнародних ресурсів: OpenStreetMap [7], ESRI World Imagery [8].

Таблиця 2

Перелік фіксованих рівнів масштабування

Номер (zoom level)	Фіксовані рівні масштабування	Номер (zoom level)	Фіксовані рівні масштабування
1	1:250 000 000	11	1:250 000
2	1:150 000 000	12	1:150 000
3	1:70 000 000	13	1:70 000
4	1: 35 000 000	14	1:35 000
5	1:15 000 000	15	1:15 000
6	1:10 000 000	16	1:8 000
7	1:4 000 000	17	1:4 000
8	1:2 000 000	18	1:2 000
9	1:1 000 000	19	1:1 000
10	1:500 000	20	1:500

Фрагменти тайлового зображення національного геопорталу НІГД на 12, 15, 17 рівнях масштабування наведені рис. 1-3.



Рис. 1. Фрагмент тайлового зображення на 12 рівні масштабування (zoom level).



Рис. 2. Фрагмент тайлового зображення на 15 рівні масштабування (zoom level).



Рис. 3. Фрагмент тайлового зображення на 17 рівні масштабування (zoom level).

Операція «Отримати метадані сервісу візуалізації»

Запит *GetCapabilities* містить параметр, що ідентифікує природну мову для вмісту відповіді на цей запит.

Відповідь на запит *GetCapabilities* містить XML опис таких відомостей:

а) метадані сервісу містять, щонайменше, елементи мінімального набору метаданих для сервісу візуалізації;

б) метадані операцій описують операції сервісу візуалізації та містять, принаймні, опис обмінних даних та мережну адресу для кожної операції;

в) два елементи для мови: параметр «Мова відповіді», який ідентифікує природну мову, що використовується у відповіді щодо метаданих сервісу візуалізації, та елемент «Підтримувані мови», який містить перелік природних мов, що підтримуються сервісом візуалізації;

г) метадані шарів електронної карти містять елементи метаданих наведені в табл.3, що повинні бути забезпечені для кожного шару.

Таблиця 3

Елементи метаданих шарів електронної карти

Елемент метаданих	Опис
<ows:Identifier>	Ідентифікатор шару. Текстовий рядок, який використовується для ідентифікації шару у запитах до сервісу. Обов'язковий.
<ows:Title>	Заголовок шару. Текстовий рядок, призначений для відображення користувачу.
<ows:Abstract>	Стислий опис тематики шару.
<Style>	Елемент, який визначає стиль відображення. Містить у собі дочірні елементи <ows:Identifier>, <ows:Title> та <ows:Abstract>, мають той самий сенс, що й шару. Допускається наявність кількох елементів <Style> одного шару. Обов'язковий.
<Format>	МІМЕ-тип для форматів зображень тайлів. Допускається кілька елементів <Format>. Обов'язковий.
<InfoFormat>	Формат видачі інформації про об'єкти. Допускається наявність кількох елементів < InfoFormat >. Опціональний
<TileMatrixSetLink>	Ідентифікатор набору матриць тайлів, що містять зображення цього шару. Допускається кілька елементів <TileMatrixSetLink>. Обов'язковий
<ResourceURL>	Шаблон посилання для отримання від сервісу тайлів у стилі REST. Містить атрибути: format – МІМЕ-тип даних, що повертаються; resourceType="tile" (для запитів отримання тайла) чи resourceType="FeatureInfo" (для запитів отримання інформації про об'єкт у точці зображення); template – шаблон посилання.

д) кожен доступний для використання набір матриць тайлів описується елементом <TileMatrixSet> наведеним в табл.4.

Таблиця 4

Елемент метаданих <TileMatrixSet>

Елемент метаданих	Опис
<ows:Identifier>	Ідентифікатор набору матриць тайлів. Текстовий рядок, що використовується для ідентифікації набору матриць у запитах до сервісу та у властивостях картографічних шарів.
<ows:Title>	Заголовок набору матриць тайлів.
<ows:Abstract>	Короткий текстовий опис.
<ows:SupportedCRS>	Система координат, що підтримується. Допускається наявність декількох елементів <ows:SupportedCRS> для одного набору матриць. Обов'язковий.

Е) метадані кожної матриці тайлів набору тайлів подаються елементами <TileMatrix> наведеним в табл. 5.

Таблиця 5

Елементи метаданих <TileMatrix>

Елемент метаданих	Опис
<ows:Identifier>	Ідентифікатор матриці тайлів. Текстовий рядок, що використовується для ідентифікації матриці у запитах до сервісу
ScaleDenominator	Знаменник масштабу
TopLeftCorner	Координати верхнього лівого кута в системі координат шару. Записуються через пропуск
TileWidth	Ширина тайлів у пікселях
TileHeight	Висота тайлів у пікселях
MatrixWidth	Кількість тайлів по горизонталі
MatrixHeight	Кількість тайлів по вертикалі

Запит «Отримати тайл»

Запит *GetTile* повинен підтримувати обов'язкові параметри наведені в табл. 6.

Таблиця 6

Параметри запити *GetTile*

Параметр	Опис
1	2
Service=WMTS	Найменування типу сервісу
Version=1.0.0	Версія протоколу
Request=GetTile	Тип запити
Layer	Ідентифікатор шару
Style	Ідентифікатор стилю шару, що використовується
Format	Формат тайлів, що запитуються.

1	2
TileMatrixSet	Ідентифікатор набору матриць тайлів, що належить шару, що запитується
TileMatrix	Ідентифікатор матриці тайлів
TileRow	Номер тайла по вертикалі
TileCol	Номер тайла по горизонталі

Запит «Отримати інформацію про об'єкт»

Запит *GetFeatureInfo* призначений для отримання інформації про об'єкти картки у точці зображення є опціональним для реалізації сервісу WMTS в складі національного геопорталу.

Параметри запиту *GetFeatureInfo* за специфікацією OGC 06-042 наведені в табл. 7.

Таблиця 7

Параметри запиту *GetFeatureInfo* за специфікацією OGC 06-042

Параметр	Опис
Service=WMTS	Назва типу сервісу
Version=1.0.0	Версія протоколу
Request=GetFeatureInfo	Тип запиту
Layer, Style, Format, TileMatrixSet, TileMatrix, TileRow, TileCol	Параметри, що визначають конкретний тайл, відповідають однойменним параметрам запиту <i>GetTile</i>
I= <i>pixel_column</i>	j-координата пікселя (номер рядка)
J= <i>pixel_row</i>	i-координата пікселя (номер стовпця)
InfoFormat	Формат виведення результату

Операція «Зв'язок сервісу візуалізації»

Операція *LinkViewService* надає всю інформацію (метадані) про сервіс візуалізації держателя даних або третьої особи, що виконує положення Технічних вимог до геоінформаційних сервісів НІГД [9], дозволяючи мережному сервісу отримувати карти від сервіса візуалізації держателя даних або третьої особи та групувати їх з іншими картами.

Висновки

Використання через інтерфейс прикладного програмування за стандартами Відкритого геопросторового консорціуму OGC веб-сервісу картографічних тайлів WMTS – геоінформаційного сервісу підвищує інформаційно-технологічний рівень відображення геопросторових даних на національному геопорталі та надає зображення електронних карт із файлів багаторівневої серії квадратних фрагментів растрових зображень (тайлів), що генеруються

картографічним сервером у різних масштабах відповідно до визначених рівнями деталізації картографічного подання.

При реалізації національного геопорталу Національної інфраструктури геопросторових даних апробіровано та активно застосовується веб-сервіс картографічних тайлів WMTS при публікації Основної державної топографічної карти та інших інформаційних ресурсів [11,12].

Важливим є те, що забезпечення інтеграції геоінформаційних ресурсів у глобальну та європейську інфраструктури геопросторових даних формальні назви операцій, структура, назви та зміст параметрів відповідей, коди та повідомлення про винятки сервісу WMTS національного геопорталу гармонізовані з рекомендаціями технічного керівництва INSPIRE [13].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Карпінський Ю.О., Лященко А.А. (2006). Стратегія формування національної інфраструктури геопросторових даних в Україні. К.:НДІГК, 106с.
2. Порядок функціонування національної інфраструктури геопросторових даних. Постанова Кабінету міністрів України від 26 травня 2021 р. № 532.
3. Технічні вимоги до метаданих для наборів геопросторових даних і геоінформаційних сервісів національної інфраструктури геопросторових даних. Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 10.11.2021 № 347
4. Стандарт OGC 06-042, OpenGIS Web Map Server Implementation Specification, V.:1.3.0. – 2006:
https://portal.ogc.org/files/?artifact_id=14416;
5. Стандарт OGC 07-057r7, OGC Web Map Tile Service Implementation Standard, V.: 1.1.0. – 2010: <http://docs.opengeospatial.org/is/13-082r2/13-082r2.html#34>.
6. Technical Guidance for the implementation of INSPIRE View Services, V.: 3.11. – 2013.
https://inspire.ec.europa.eu/documents/Network_Services/TechnicalGuidance_ViewServices_v3.0.pdf.
7. OpenStreetMap. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.openstreetmap.org/>
8. ESRI World Imagery. [Електронний ресурс].
<https://www.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html?layers=10df2279f9684e4a9f6a7f08febac2a9>
9. 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.
10. Основи створення інтегрованих геопросторових даних. / Ю.О. Карпінський. – Київ: КНУБА, 2023. – 302 с.
11. Карпінський Ю. Технічне завдання на створення національного геопорталу НІГД та його особливості./, Ю. Карпінський, А. Лященко, Д. Кінь Д. //Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Геофорум-2023», 19–21 квітня 2023 р., Львів– Брюховичі. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2022.«Геофорум-2023», с.. 61–64
12. Національний геопортал Національної інфраструктури геопросторових даних – Геопортал. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://nsdi.gov.ua>
13. Закон України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних». Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#Text> {in Ukrainian}

Roman Zinenko,
Kyiv National University of Construction and Architecture

FEATURES OF USING THE WMTS CARTOGRAPHIC TILE WEB SERVICE IN THE NATIONAL GEOPORTAL OF THE NSDI

The article examines the features of implementation and use of the Web Map Tile Service (WMTS) within the structure of the National Geoportal of the National Spatial Data Infrastructure (NSDI) of Ukraine. It analyzes the technical and regulatory foundations for deploying the service in accordance with international standards of the Open Geospatial Consortium (OGC), particularly the OGC 07-057r7 standard. The functional capabilities of WMTS are defined in the context of geospatial data visualization using a multilevel system of raster image tiles, generated from pre-configured matrices with specific parameters for scale, coordinate reference, and tile indexing. Special attention is paid to the structuring requirements for raster map and orthophotos file servers compatible with the geoportal, as well as to the mechanisms for handling tile server requests (GetTile, GetFeatureInfo, GetCapabilities). The role of WMTS in enhancing the performance of electronic map visualization, especially for rarely updated base layers, is highlighted. The harmonization of WMTS specifications of the national geoportal with the INSPIRE technical guidance is emphasized, facilitating the integration of the NSDI into the European geospatial infrastructure. The research results confirm the effectiveness of WMTS in providing access to state cartographic resources and ensuring their interoperability within the digital spatial data infrastructure.

Keywords: national geoportal of the national spatial data infrastructure; cartographic tiles; OGC standards.

REFERENCES

1. Karpinskyi Yu.O., Liashchenko A.A. (2006). Stratehiia formuvannia natsionalnoi infrastruktury heoprostorovykh danykh v Ukraini. K.:NDIHK, 106s. {in Ukrainian}
2. Poriadok funktsionuvannia natsionalnoi infrastruktury heoprostorovykh danykh. Postanova Kabinetu ministriv Ukrainy vid 26 travnia 2021 r. № 532. [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/532-2021-%D0%BF#Text> {in Ukrainian}
3. Tekhnichni vymohy do metadanykh dlia naboriv heoprostorovykh danykh i heoinformatsiinykh servisiv natsionalnoi infrastruktury heoprostorovykh danykh. Nakaz Ministerstva ahrarynoi polityky ta prodovolstva Ukrainy vid 10.11.2021 № 347

[Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0021-22#Text> {in Ukrainian}

4. Standard OGC 06-042, OpenGIS Web Map Server Implementation Specification, V.:1.3.0. – 2006 [Electronic resource]. Access mode: https://portal.ogc.org/files/?artifact_id=14416 {in English}

5. Standard OGC 07-057r7, OGC Web Map Tile Service Implementation Standard, V.: 1.1.0. – 2010 [Electronic resource]. Access mode: <http://docs.openeospatial.org/is/13-082r2/13-082r2.html#34>.

6. Technical Guidance for the implementation of INSPIRE View Services, V.: 3.11. – 2013 [Electronic resource]. Access mode:

https://inspire.ec.europa.eu/documents/Network_Services/TechnicalGuidance_ViewServices_v3.0.pdf {in English}

7. OpenStreetMap. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.openstreetmap.org/> {in English}

8. ESRI World Imagery. [Electronic resource]. Access mode:

<https://www.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html?layers=10df2279f9684e4a9f6a7f08febac2a9> {in English}

9. Karpinskyi Yu. Natsionalna infrastruktura heoprosorovykh danykh Ukrainy u svitovomu vymiri: stan ta nahalni zavdannia rozvytku i staloho funktsionuvannia / Yu. Karpinskyi, A. Liashchenko, D. Makarenko, A. Cherin // Suchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky ta vyrobnytstva. – 2021. – Vyp. I (41). – S. 104 – 112. {in Ukrainian}

10. Osnovy stvorennia interoperabelnykh heoprosorovykh danykh. / Yu. O. Karpinskyi. – Kyiv: KNUBA, 2023. – 302 s. {in Ukrainian}

11. Karpinskyi Yu. Tekhnichne zavdannia na stvorennia natsionalnoho heoportalu NIHD ta yoho osoblyvosti/, Yu. Karpinskyi, A. Liashchenko, D. Kin //Materialy Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii «Heoforum-2023», 19–21 kvitnia 2023 r., Lviv– Briukhovychi. – Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniky, 2022. «Heoforum-2023», s. 61–64 {in Ukrainian}

12. Natsionalnyi heoportalskiy Natsionalnoi infrastruktury heoprosorovykh danykh – Heoportalskiy. [Elektronnyi resurs]. Rezhym dostupu: <https://nsdi.gov.ua> {in Ukrainian}

13. Zakon Ukrainy «Pro natsionalnu infrastrukturu heoprosorovykh danykh» [Elektronnyi resurs]. Rezhym dostupu: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#Text> {in Ukrainian}